การแก้ปัญหาการจัดสรรงาน แบบหลายระดับชั้น กรณีศึกษา ระบบการขนส่งมันสำปะหลัง ในเขตพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์

เอกชัย คุปตาวาทิน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
พ.ศ. 2555

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

THE METHODOLOGY OF SOLVING THE MULTI – ECHELON ALLOCATION PROBLEM, A CASE STUDY IN CASSAVA TRANSPORTATION IN MUANG DISTRICT OF KALASIN PROVINCE

AEKACHAI KHUPTAWATIN

A THESIS SUBMITED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS

FOR THE DEGREE OF MASTER OF ENGINEERING

MAJOR IN INDUSTRIAL ENGINEERING

FACUTY OF ENGINEERING

UBON RATCHATHANI UNIVERSITY

YEAR 2012

COPYRIGHT OF UBON RATCHATHANI UNIVERSITY

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

เรื่อง การแก้ปัญหาการจัดสรรงาน แบบหลายระดับชั้น กรณีศึกษาระบบการขนส่งมันสำปะหลังในเขตพื้นที่ อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์

ผู้วิจัย นายเอกชัย คุปตาวาทิน

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ระพีพันธ์ ปิตาคะโส)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ สินธุเชาวน์)

..... กรรมการ

(ดร.ธารชุดา พันธ์นิกุล)

..... กรรมการ

(ดร.รักน้อย อัครรุ่งเรืองกุล)

..... คณบดี

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นท แสงเทียน)

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.อุทิศ อินทร์ประสิทธิ์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

ปฏิบัติราชการแทนอธิการบดี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปีการศึกษา 2555

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจากท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ระพีพันธ์ ปีตาคะโส อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ซึ่ง กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ ข้อคิดเห็น ให้คำปรึกษา เป็นอย่างดีตลอดมา จึงขอกราบขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูง นอกจากนี้ขอขอบพระคุณท่าน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ สินธุเชาวน์ และท่านผู้ช่วย-ศาสตราจารย์ ดร.นลิน เพียรทอง ผู้สอนวิชาที่มีเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์ ขอขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ และให้โอกาสเข้ารับการศึกษา ณ สถาบันแห่งนี้

ขอขอบพระคุณท่านคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่สละเวลาอันมีค่าของท่านมาเป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ สินธุเชาวน์ อาจารย์ ดร.ธารชุดา พันธ์นิกุล และอาจารย์ ดร.รักน้อย อัครรุ่งเรืองกุล ที่ช่วยกรุณาตรวจสอบวิทยานิพนธ์และให้คำแนะนำ

ขอขอบพระคุณ ทางมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตกาฬสินธุ์ ที่ให้โอกาสในการเข้ารับการศึกษาต่อ รวมทั้งคณาอาจารย์ บุคลากรของทางมหาวิทยาลัยทุกท่าน ที่คอยให้กำลังใจและให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ ตลอดจน ท่านเกษตรอำเภอและท่านเกษตรจังหวัดกาฬสินธุ์ เกษตรกร เจ้าของกิจการลานมัน และโรงงานแป้งมัน ในเขตพื้นที่อำเภอเมืองจังหวัดกาฬสินธุ์ ทุกๆท่าน ที่ให้ข้อมูลในการทำวิจัยในครั้งนี้อย่างดียิ่ง

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอขอบพระคุณ คุณแม่หนูพิน ภูปรางค์ ตลอดจนทุกคนในครอบครัว โดยเฉพาะอย่างยิ่ง คุณรัชนี และเด็กชายธรรมคุณ คุปตาวาทิน ที่เป็นภรรยาและลูก ที่คอยให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา และนอกจากนี้ยังมีบุคคลที่เกี่ยวข้องอีกหลายท่านซึ่งไม่อาจกล่าวนามของท่านในที่นี้ได้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณท่านทั้งหลายไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

(นายเอกชัย คุปตาวาทิน)
ผู้วิจัย

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่อง : การแก้ปัญหาการจัดสรรงาน แบบหลายระดับชั้น กรณีศึกษา ระบบการขนส่งมันสำปะหลัง ในเขตพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์

โดย : เอกชัย คุปตาวาทิน

ชื่อปริญญา : วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา : วิศวกรรมอุตสาหการ

ประธานกรรมการที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ระพีพันธ์ ปีตาคะโส

ศัพท์สำคัญ : การจัดสรรงาน ดิฟเฟอเรนเชียลอีโวลูชั่น หลายระดับชั้น ระบบการขนส่ง

งานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอการแก้ปัญหาการจัดสรรงานแบบหลายระดับชั้น กรณีศึกษา ระบบการขนส่งมันสำปะหลังในเขตพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์ และตัวอย่างปัญหาที่ได้จากการสุ่มอีก 5 ตัวอย่าง ถูกนำมาใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของวิธีการหาคำตอบภายใต้วัตถุประสงค์ในการได้กำไรสูงสุด และใช้เวลาในการคำนวณคำตอบต่ำสุด โดยที่มีรูปแบบการขนส่งแบบหลายระดับชั้นคือ เกษตรกร เลือกส่งวัตถุดิบไปยังลานมันหรือโรงงานแป้งมัน จากนั้นถ้าลานมันได้รับวัตถุดิบจากเกษตรกรแล้วจะต้องส่งต่อไปยังโรงงานแป้งมัน โดยได้พัฒนาวิธีการเพื่อแก้ปัญหา 2 วิธีด้วยกัน ได้แก่ 1) การสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์แล้วแก้ปัญหาด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Lingo V.11 และ 2) พัฒนาวิธีการ ดิฟเฟอเรนเชียลอีโวลูชั่น (DE)

ผลการทดลองพบว่า 1) ในการทดสอบกับปัญหากรณีศึกษาจริง 2 กรณี ในกรณีที่ 1 วิธีการของ DE สามารถให้คำตอบที่แย่กว่าคำตอบที่ได้จากโปรแกรมสำเร็จรูป Lingo V.11 เฉลี่ย ร้อยละ 0.562 แต่ใช้ระยะเวลาในการหาคำตอบที่สั้นกว่าเฉลี่ย ร้อยละ 30 และในกรณีที่ 2 วิธีการหาคำตอบของ DE สามารถให้คำตอบที่แย่กว่าคำตอบที่ได้จากโปรแกรมสำเร็จรูป Lingo V.11 เฉลี่ย ร้อยละ 1.78 แต่ใช้ระยะเวลาในการหาคำตอบที่สั้นกว่าเฉลี่ย ร้อยละ 82.46 2) ในการทดสอบกับปัญหาตัวอย่างจำนวน 5 ตัวอย่าง พบว่า วิธีการหาคำตอบของ DE ให้คำตอบที่แย่กว่าคำตอบที่ได้จากโปรแกรมสำเร็จรูป Lingo V.11 เฉลี่ย ร้อยละ 0.424 แต่ใช้ระยะเวลาในการหาคำตอบที่เร็วกว่าเฉลี่ย ร้อยละ 87.46 เมื่อเทียบกับผลที่ได้จากโปรแกรมสำเร็จรูป Lingo V.11

ABSTRACT

TITLE : METHODOLOGY OF SOLVING MULTI – ECHELON ALLOCATION PROBLEM, A CASE STUDY IN CASSAVA TRANSPORTATION IN MUANG DISTRICT OF KALASIN PROVINCE

BY : AEKACHAI KHUPTAWATIN

DEGREE : MASTER ENGINEERING

MAJOR : INDUSTRIAL ENGINEERING

CHAIR : ASST.PROF. RAPEEPAN PHITAKHASO, Ph.D.

KEYWORDS : ALLOCATION / DIFFERENTIAL EVOLUTION / MUTI – ECHELON / TRANSPORTATION SYSTEM

This research aims to find solution methods to solve multi - echelon location problem. A case study of a transport system of cassava in Muang of Kalasin province and 5 random data sets are used for evaluating a proposed algorithm which is in conditions of maximum profit and less computation time. Multi-transportation allows farmers to choose where raw materials are to be delivered to a starch factory or cassava collecting center which will be forwarded to a starch factory by two methods which are 1) Formulate the mathematical model and solve it by Lingo V.11 and 2) design the differential evolution algorithm (DE).

The results show that 1) in the case study with two real cases, In the first case, DE generates 0.562 % worse solution quality than that of the results gain from Lingo V.11, but DE takes 30 % less of computational time and in the second case, DE generates 1.78 % worse solution quality than that of the results gain from Lingo V.11, but DE takes 82.46 % less of computational time. 2) In 5 random data sets, DE generates 0.424 % worse than that of Lingo V.11 while using 87.46 % faster computational time than that of Lingo V.11.

สารบัญ

		หน้า
กิตติกรรมประกาศ		**ก**
บทคัดย่อภาษาไทย		**ข**
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		**ค**
สารบัญ		**ง**
สารบัญตาราง		**ช**
สารบัญภาพ		**ญ**
บทที่		
1 บทนำ		
	1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
	1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
	1.3 ขอบเขตของการวิจัย	4
	1.4 กรอบแนวความคิดของการวิจัย	5
	1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	6
	1.6 ระยะเวลาการดำเนินการ	6
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง		
	2.1 ข้อมูลพื้นฐานของมันสำปะหลัง	7
	2.2 อุตสาหกรรมการแปรรูปมันสำปะหลัง	8
	2.3 แนวความคิดและทฤษฎีเกี่ยวโลจิสติกส์ กับปัญหาการหาที่ตั้งและการจัดสรรทรัพยากร	9
	2.4 แนวความคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับปัญหาการมอบหมายงาน	14
	2.5 วิธีการหาคำตอบแบบฮิวริสติก (Heuristic Optimization)	16
	2.6 ขั้นตอนและหลักการในการค้นหาคำตอบด้วยวิธี Differential Evolution (DE)	19
	2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธี Differential Evolution (DE) เพื่อแก้ปัญหาทางวิศวกรรม	22

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ระเบียบวิธีในการดำเนินการวิจัย 27
3.2 การสร้างและวิธีการตรวจสอบเครื่องมือ 27
3.3 สถานที่เก็บข้อมูล 27
3.4 ขั้นตอนในการเก็บรวบรวมข้อมูล 27
3.5 ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ 28
3.6 กรณีศึกษาระบบการขนส่งมันสำปะหลัง ในเขตพื้นที่ อำเภอเมือง จังหวัด กาฬสินธุ์ 30
3.7 การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานเพื่อนำไปใช้ในการคำนวณ 31
3.7.1 ข้อมูลต้นทุนของระบบขนส่งมันสำปะหลัง 31
3.8 ทดสอบปัญหา 34
3.8.1 ทดสอบปัญหาการโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Lingo V.11 34
3.8.2 ทดสอบปัญหาด้วยวิธีเมตาฮิวริสติกโดยใช้ Differential Evolution 35

4 การแก้ปัญหา กรณีศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Lingo V.11

4.1 การสร้างตัวแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 39
4.2 ผลการทดลองกับปัญหาจริงในกรณีศึกษา 42
4.3 ผลการทดลองการสร้างตัวอย่างเพิ่มเติมเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบความแม่นยำของวิธีการ 43

5 การแก้ปัญหา กรณีศึกษาโดยใช้วิธี Differential Evolution (DE)

5.1 การประยุกต์ใช้วิธี Differential Evolution (DE) เพื่อแก้ปัญหาในงานวิจัย 45
5.2 ผลการทดลองกับปัญหาจริงในกรณีศึกษา 52
5.3 ผลการทดลองการสร้างตัวอย่างเพิ่มเติมเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบความแม่นยำของวิธีการ 55

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

6 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

6.1 เปรียบเทียบผลการทดลองกับปัญหาจริงในกรณีศึกษา 58

6.2 เปรียบเทียบความแม่นยำกับวิธีการที่พัฒนาขึ้น 61

6.3 สรุปผลการวิจัย 63

6.4 ข้อเสนอแนะ 65

เอกสารอ้างอิง **67**

ภาคผนวก

ก ข้อมูลเพื่อประกอบการแก้ปัญหา ของกรณีศึกษา 76

ข โปรแกรมลินโก สำหรับการแก้ปัญหาการจัดสรรงาน แบบหลายระดับชั้น กรณีศึกษาระบบการขนส่งมันสำปะหลัง ในเขตพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์ 93

ประวัติผู้วิจัย **96**

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	เนื้อที่เพาะปลูก, เนื้อที่เก็บเกี่ยว และผลผลิตของ จากมันสำปะหลัง แต่ละจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปี 2552 – 2553	2
1.2	สถิติการเพาะปลูกมันสำปะหลังจังหวัดกาฬสินธุ์ ฤดูการผลิตปี 2553	2
1.3	จำนวนโรงงานผลิตมันสำปะหลัง ในเขตพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์	3
1.4	แผนการดำเนินการวิจัย	6
2.1	งานวิจัยเกี่ยวกับการเลือกสถานที่ตั้ง Location Problem	13
2.2	งานวิจัยเกี่ยวที่ข้องกับการจัดสรร Allocation Problem	13
3.1	ปริมาณผลผลิตมันสำปะหลังที่ได้จากแหล่งปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกร	30
3.2	ตำแหน่งพิกัด X,Y ของกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกมันสำหลัง	32
3.3	ตำแหน่งพิกัด X,Y ของลานมันสำปะหลัง	33
3.4	ตำแหน่งพิกัด X,Y ของโรงงานแป้งมัน	33
3.5	ค่าขนส่งวัตถุดิบต่อหน่วย จากกลุ่มเกษตรกรไปยังลานมันสำปะหลัง (บาทต่อตัน)	33
3.6	ค่าขนส่งวัตถุดิบต่อหน่วย จากกลุ่มเกษตรกรไปยังโรงงานแป้งมัน (บาทต่อตัน)	34
3.7	ค่าขนส่งวัตถุดิบต่อหน่วย จากลานมันหนองสอไปยังโรงงานแป้งมัน (บาทต่อตัน)	34
3.8	ลานมันใหม่ที่คำนวณได้ และค่าขนส่งวัตถุดิบต่อหน่วย จากเกษตรกร ไปยังลานมันทั้งหมด (บาทต่อตัน)	35
3.9	ค่าขนส่งวัตถุดิบต่อหน่วย จากเกษตรกรไปยังโรงงานแป้งมัน (บาทต่อตัน)	37
3.10	ค่าขนส่งวัตถุดิบต่อหน่วย จากลานมันไปยังโรงงานแป้งมัน (บาทต่อตัน)	37
4.1	การส่งวัตถุดิบมันสำปะหลังจากไปยังลานมันและส่งต่อโรงงานแป้งมัน (กรณีที่หนึ่ง ใช้กลุ่มเกษตรกรที่ได้จากการเก็บข้อมูลจริง จำนวน 110 กลุ่ม ลานมัน จำนวน 1 ลาน และโรงงานแป้งมันจำนวน 4 โรงงาน)	42

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.2	ตารางในการส่งวัตถุดิบจากเกษตรกรไปยังลานมันและส่งต่อโรงงานแป้งมัน (กรณีที่ สอง ใช้กลุ่มเกษตรกรที่ได้จากการใช้สูตร CG จำนวน 99 กลุ่ม ลานมัน จำนวน 12 ลาน และโรงงานแป้งมันจำนวน 4 โรงงาน)	43
4.3	จำนวน กลุ่มเกษตรกร ลานมัน และโรงงานแป้งมัน ในแต่ละกรณีศึกษา	44
4.4	ผลของการหาคำตอบด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Lingo V.11 กับกรณีศึกษาตัวอย่าง	44
5.1	ผลของการเปรียบเทียบคำตอบจากการทดสอบหาค่า F และ ค่า CR ที่เหมาะสม ในงานวิจัยในกรณี เกษตรกร 110 กลุ่ม ลานมัน 1 ลาน และโรงงานแป้งมัน 4 โรงงาน	48
5.2	ผลการทดสอบหาค่า CR และรอบการคำนวณที่เหมาะสม ในงานวิจัยโดย ใช้ค่า F =2	50
5.3	การส่งวัตถุดิบจากเกษตรกรไปยังลานมันและส่งต่อโรงงานแป้งมัน โดยการประยุกต์ใช้ Differential Evolution (DE) (ตัน) กับการแก้ปัญหากรณีที่ 1	54
5.4	แสดงการส่งวัตถุดิบจากเกษตรกรไปยังลานมันและส่งต่อโรงงานแป้งมัน โดยการประยุกต์ใช้ Differential Evolution (DE) (ตัน) กับการแก้ปัญหากรณีที่ 2	54
5.5	จำนวน กลุ่มเกษตรกร ลานมัน และโรงงานแป้งมัน ในแต่ละกรณีศึกษา	56
5.6	ผลของการหาคำตอบด้วยวิธี DE ในการทดสอบกับกรณีศึกษาตัวอย่าง	57
6.1	การส่งวัตถุดิบจากเกษตรกรไปยังลานมันและส่งต่อโรงงานแป้งมัน (ตัน)	58
6.2	การส่งวัตถุดิบจากเกษตรกรไปยังลานมันและส่งต่อโรงงานแป้งมัน โดยการประยุกต์ใช้ Differential Evolution (DE) (ตัน)	59
6.3	การส่งวัตถุดิบจากเกษตรกรไปยังลานมันและส่งต่อโรงงานแป้งมัน (ตัน)	59
6.4	การส่งวัตถุดิบจากเกษตรกรไปยังลานมันและส่งต่อโรงงานแป้งมัน โดยการประยุกต์ใช้ Differential Evolution (DE) (ตัน)	60
6.5	ผลของคำตอบของการใช้การหาคำตอบด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Lingo V.11 และ ผลการหาคำตอบด้วยวิธี DE ในแต่ละกรณีศึกษา	62
ก.1	ชื่อกลุ่มเกษตรกรในเขตพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์	76

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ก.2	พิกัด กลุ่มเกษตรกร จาก GIS	81
ก.3	ค่าขนส่งวัตถุดิบต่อหน่วย จากเกษตรกร ไปยังลานมันที่เพิ่มโดยใช้เทคนิคศูนย์ถ่วง	85
ก.4	ค่าขนส่งวัตถุดิบต่อหน่วย จากเกษตรกร ไปยังโรงงานแป้งมัน	88
ก.5	ค่าขนส่งวัตถุดิบต่อหน่วย จากลานมัน ไปยังโรงงานแป้งมัน	91

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	ปริมาณพื้นที่ของการปลูกมันสำปะหลังของแต่ละอำเภอในจังหวัดกาฬสินธุ์ ปี 2553	3
1.2	รูปแบบการส่งมันสำปะหลังไปยังลานมันและโรงงานแป้งมันสำปะหลัง	5
2.1	เขตการเกษตรที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกมันสำปะหลังด้วยน้ำฝนตามธรรมชาติ	8
2.2	องค์ประกอบของระบบโลจิสติกส์	10
2.3	การค้นหา Mutant Vector ของฟังก์ชัน 2 ตัวแปร	20
2.4	การ Crossover ของ Target Vector และ Mutant Vector ที่มีค่า D=7	21
2.5	กระบวนการหาค่าความเหมาะสมโดยวิธี Differential Evolution จากขั้นที่ 1 ถึง 4	22
3.1	ลำดับขั้นตอนแผนการดำเนินงานวิจัย	26
3.2	กรณีเกษตรกรสามารถเลือกส่งวัตถุดิบไปลานมัน หรือโรงงานแป้งมัน	28
3.3	กรณีเกษตรกรสามารถเลือกส่งวัตถุดิบไปลานมัน แล้วส่งต่อโรงงานแป้งมัน	29
3.4	กรณีเกษตรกรสามารถเลือกส่งวัตถุดิบให้โรงงานแป้งมัน โดยไม่ส่งไปลานมัน	29
3.5	ตำแหน่งของพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง ลานมัน และโรงงานแป้งมัน	31
5.1	ขั้นตอนของวิธี Differential Evolution ของการหาคำตอบในงานวิจัย	46
5.2	ตัวอย่างลักษณะของตารางตัวเลขสุ่ม Trial Vector ของ NP#1- NP#5	47
5.3	ตัวอย่างการคำนวณหาค่าของ Mutant Vector แต่ละค่า จากสูตรของ NP#1	49
5.4	ตัวอย่างผลของการคำนวณของกระบวนการ Recombination ของ NP#1	51
5.5	ตัวอย่างการคัดเลือกประชากร ของ NP#1	52
6.1	ผลของการเปรียบเทียบค่าคำตอบของกรณีศึกษาโดยใช้การหาคำตอบด้วยโปรแกรม สำเร็จรูป Lingo V.11 และวิธี DE	62
6.2	ผลของการเปรียบเทียบด้านเวลาของการหาคำตอบในแต่ละกรณีศึกษาของการหาคำตอบด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Lingo V.11 และ วิธี DE	62

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วิกฤติการณ์ด้านพลังงานถือเป็นประเด็นใหญ่ที่ทั่วโลกให้ความสำคัญ เนื่องจากต้นทุนด้านพลังงานในปัจจุบันปรับราคาสูงขึ้นมาก ส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจ ในประเทศต่างๆ ทั่วโลก ปัญหาที่เกิดข้างต้นมีสาเหตุมาจากปัญหาของการใช้แล้วหมดไปในกลุ่มของพลังงานฟอสซิว ซึ่งเป็นพลังงานหลักที่ใช้ในการพัฒนาอุตสาหกรรม และการขนส่ง ในประเทศไทยเองก็ต้องนำเข้าพลังงานเพื่อใช้ในการพัฒนาประเทศจึงได้รับผลกระทบอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ทำให้รัฐบาลต้องหา มาตรการทางออกเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยมีนโยบาย การใช้พลังงานทดแทนที่ได้จากวัตถุดิบทางการเกษตร เช่น มันสำปะหลัง อ้อยโรงงาน เป็นต้น

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรเขต 3 กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2550) ได้ทำการอธิบายไว้ว่า มันสำปะหลังเป็นพืชล้มลุกชนิดหนึ่ง นิยมปลูกมากทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันออกของประเทศไทย มันสำปะหลังแบ่งออกเป็น 2 ชนิดด้วยกัน คือ ชนิดขมและชนิดหวาน แป้งมันสำปะหลังนั้นนอกจากจะนำมาใช้ในการบริโภคแล้ว ยังใช้เป็นวัตถุดิบในหลายๆ อุตสาหกรรมได้อีก เช่น อุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมกระดาษ เป็นต้น ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตมันสำปะหลังรายใหญ่ของโลกมีผลผลิตหัวมันสดประมาณ 20 ล้านตันต่อปี ผลผลิตส่วนใหญ่ถูกแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังที่สำคัญ ได้แก่ มันเส้น มันอัดเม็ด และแป้งมันสำปะหลัง ประเทศไทยส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังมากที่สุดในโลก สร้างรายได้ให้กับประเทศไม่ต่ำกว่า 2 หมื่นล้านบาทต่อปี

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2553) ได้ทำการรายงานข้อมูลทางด้านสถิติการเกษตรของประเทศไทยไว้ว่า ผลผลิตของมันสำปะหลังจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จะอยู่ในรูปของหัวมันสด และจะมีบ้างเล็กน้อยประมาณร้อยละ 5 ที่เกษตรกรจะผลิตเป็นหัวมันสับตากแห้ง ผลผลิตต้นน้ำจะเข้าเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมขั้นต้น หรือลานมัน แล้วจะส่งต่อไปยังโรงงานแป้งมันสำปะหลังต่อไป ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีทั้งหมด 19 จังหวัด ซึ่งปริมาณการปลูกมันสำปะหลังและผลผลิตของแต่ละจังหวัด สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 เนื้อที่เพาะปลูก, เนื้อที่เก็บเกี่ยว และผลผลิตของมันสำปะหลังแต่ละจังหวัด ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปี 2552 - 2553

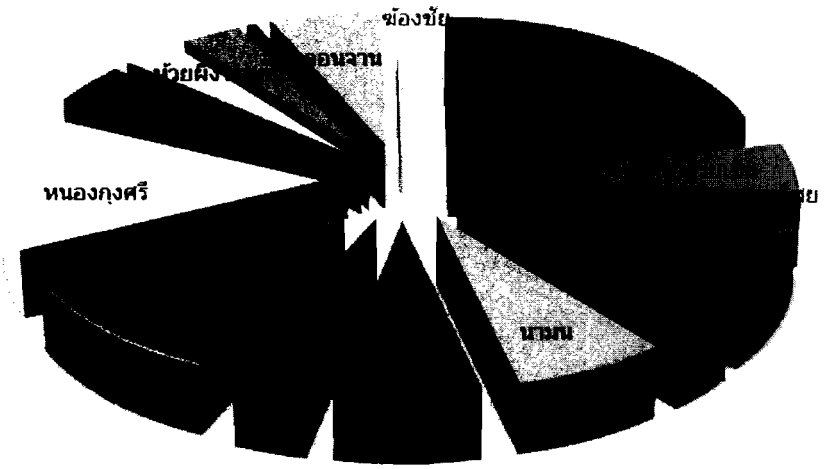
รายชื่อจังหวัด	เนื้อที่เพาะปลูก (ไร่)		เนื้อที่เก็บเกี่ยว (ไร่)		ผลผลิต (ตัน)		ผลผลิตต่อไร่ (กก.)	
	2552	2553	2552	2553	2552	2553	2552	2553
เลย	169,483	167,503	160,894	159,014	566,669	531,902	3,522	3,345
อุดรธานี	190,790	181,417	183,623	174,602	667,286	579,329	3,634	3,318
หนองบัวลำภู	45,804	45,114	44,496	43,825	161,788	140,810	3,636	3,213
หนองคาย	40,288	38,635	38,829	37,236	128,912	119,788	3,320	3,217
สกลนคร	68,939	74,442	65,168	70,370	212,578	220,047	3,262	3,127
นครพนม	14,896	16,441	13,765	15,193	44,805	46,734	3,255	3,076
มุกดาหาร	106,986	99,240	100,481	93,206	346,961	309,071	3,453	3,316
ยโสธร	54,160	57,333	52,159	55,214	190,224	187,010	3,647	3,387
อำนาจเจริญ	41,599	37,872	39,367	35,840	144,595	124,006	3,673	3,460
อุบลราชธานี	144,175	132,265	140,069	128,498	499,766	425,328	3,568	3,310
ศรีสะเกษ	83,696	88,203	77,599	81,777	284,944	247,703	3,672	3,029
สุรินทร	55,494	48,459	51,500	44,972	184,628 in	127,451	3,585	2,834
บุรีรัมย	237,095	204,850	229,786	198,535	842,395	546,368	3,666	2,752
มหาสารคาม	130,372	98,663	121,712	92,109	408,466	280,011	3,356	3,040
ร้อยเอ็ด	108,060	55,593	103,230	53,108	350,156	164,051	3,392	3,089
กาฬสินธุ์	312,734	291,652	302,165	281,795	1,164,846	909,352	3,855	3,227
ขอนแก่น	255,143	226,063	242,069	214,479	790,113	661,024	3,264	3,082
ชัยภูมิ	419,022	371,793	410,058	363,839	1,452,015	1,039,124	3,541	2,856
นครราชสีมา	2,035,147	1,804,213	1,983,725	1,758,626	7,129,508	5,050,774	3,594	2,872

จากตารางที่ 1.1 พบว่าจังหวัดกาฬสินธุ์มีผลผลิตมันสำปะหลังที่มากกว่าจังหวัดชัยภูมิ และจังหวัดนครราชสีมา เมื่อเทียบกับพื้นที่ปลูก โดยผลผลิตปี 2553 สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 สถิติการเพาะปลูกมันสำปะหลัง จังหวัดกาฬสินธุ์ ฤดูการผลิตปี 2553 (สำนักงานพาณิชย์จังหวัดกาฬสินธุ์, 2554)

รายการ	ปี 2553
พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)	291,652
ผลผลิตเฉลี่ย (กก./ไร่)	3,227
ผลผลิตรวม (ตัน)	909,352

จังหวัดกาฬสินธุ์มีจำนวนโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังถึง 8 แห่งและโรงงานผลิตเอทานอลอีก 1 แห่ง จากการสำรวจพบว่าแต่ละอำเภอในจังหวัดกาฬสินธุ์มีการปลูกมันสำปะหลังที่มีปริมาณแตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสภาพของพื้นที่ของแต่ละอำเภอ โดยขนาดของพื้นที่ในการเพาะปลูกมันสำปะหลังแต่ละอำเภอ สามารถแสดงได้ดัง ภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 ปริมาณพื้นที่ของการปลูกมันสำปะหลังของแต่ละอำเภอในจังหวัดกาฬสินธุ์ปี 2553

จากภาพที่1.1 จะพบว่าอำเภอเมืองกาฬสินธุ์ มีเนื้อที่ในการปลูกมันสำปะหลังเป็นอันดับหนึ่งรวมถึงผลผลิตที่ได้มีปริมาณที่สูงกว่าอำเภออื่นๆ อีกทั้งโรงงานแปรรูปมันสำปะหลังที่อยู่ในเขตพื้นที่อำเภอเมืองกาฬสินธุ์มีจำนวนถึง 4 โรงงาน ดังตารางที่ 1.3

ตารางที่ 1.3 จำนวนโรงงานผลิตมันสำปะหลัง ในเขตพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์ (สมาคมแป้งมันสำปะหลังไทย, 2554)

ชื่อโรงงาน	กำลังการรับซื้อ (ตัน) ต่อวัน
สยามโปรดักส์ (1994)จำกัด	100
บริษัทเอเชียโมดิฟายด์สตาร์ชจำกัด	100
บริษัท จิรัฐพัฒนาการเกษตร	50
บริษัทเนชั่นแนลสตาร์ชแอนเคมิเคิล(ประเทศไทย)	200

จากการลงสำรวจพื้นที่กรณีศึกษา เกี่ยวกับการขนส่งวัตถุดิบมันสำปะหลัง พบว่า ลักษณะของการนำผลผลิตไปขายให้กับลานมัน และโรงงานแป้งมันของเกษตรกรนั้น จะเป็นการเหมาซื้อของพ่อค้าคนกลางเป็นส่วนใหญ่ จากการสอบถามพ่อค้าคนกลางรายหนึ่งได้ให้ข้อมูลว่าการนำวัตถุดิบไปขายนั้นแต่ละรายก็จะมีลานมัน และโรงงานแป้งมันที่ทำข้อตกลงกัน ที่เกี่ยวข้องกับราคาการรับซื้อ คุณภาพของวัตถุดิบ ในส่วนของลานมันเอง เมื่อรับซื้อเต็มความจุแล้วก็ต้องส่งต่อไปยังโรงงานแป้งมัน เพื่อรอรับการซื้อวัตถุดิบใหม่ จะพบว่า เกษตรกรจะมีผลกำไรที่ค่อนข้างไม่แน่นอน เนื่องจากผลผลิตที่ขายไปอาจจะมีคุณภาพที่ดีกว่าราคาที่เหมาซื้อของพ่อค้าคนกลาง

ดังนั้นเพื่อเป็นการตอบสนองนโยบายของรัฐบาล และส่งเสริมให้ผลผลิตที่ขนส่งสู่โรงงานอย่างเป็นระบบ ผู้วิจัยจึงมุ่งที่จะการศึกษารูปแบบของปัญหาการขนส่งหัวมันสำปะหลังของกลุ่มเกษตรกรเข้าสู่โรงงานแปรรูปโดยนำเอาความรู้ หลักการและทฤษฎีทางด้านการวิจัยดำเนินงานมาประยุกต์ร่วมกับการจำลองรูปแบบทางคณิตศาสตร์ วิธีการแก้ปัญหาทางด้านฮิวริสติก เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาให้กับกลุ่มเกษตรกรต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาและพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับการหาผลกำไรสูงสุด จากการจัดสรรงาน แบบหลายระดับชั้น กรณีศึกษา ระบบการขนส่งมันสำปะหลังของกลุ่มเกษตรกรในการขนส่งมันสำปะหลังให้กับ ลานมัน และโรงงานแป้งมันสำปะหลัง ในเขตพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์

1.2.2 เพื่อศึกษาและประยุกต์ใช้อัลกอริทึ่ม Differential Evolution ในการจัดสรรงานแบบหลายระดับชั้น กรณีศึกษา ระบบการขนส่งมันสำปะหลังของกลุ่มเกษตรกรในการขนส่งมันสำปะหลังให้กับ ลานมัน และโรงงานแป้งมันสำปะหลัง ในเขตพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาและพัฒนาตัวแบบคณิตศาสตร์ ตลอดจนประยุกต์ใช้อัลกอริทึ่ม Differential Evolutionในการแก้ปัญหาการจัดสรรงานแบบหลายระดับชั้น กรณีศึกษา ระบบการขนส่งมันสำปะหลัง ในเขตพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์

1.3.1 วัตถุดิบที่กลุ่มเกษตรกรขนส่งไปยังลานมัน และโรงงานแป้งมันสำปะหลังคือ วัตถุดิบประเภท หัวมันสำปะหลัง

1.3.2 ปริมาณของพื้นที่การปลูกมันสำปะหลังและผลผลิตของวัตถุดิบ มาจากข้อมูลที่เกษตรกรได้ขึ้นทะเบียนไว้กับสำนักงานเกษตรอำเภอและสำนักงานเกษตรจังหวัด กาฬสินธุ์ โดยครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด 17 ตำบล

1.3.3 กลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังมีจำนวนทั้งสิ้น 110 กลุ่ม จะใช้ข้อมูล จากการขึ้นทะเบียนไว้กับ สำนักงานเกษตรอำเภอและสำนักงานเกษตรจังหวัดกาฬสินธุ์

1.3.4 โรงงานแป้งมันมีทั้งสิ้น 4 โรงงาน และลานมันมีจำนวน 1 ลาน ในเขตพื้นที่ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์

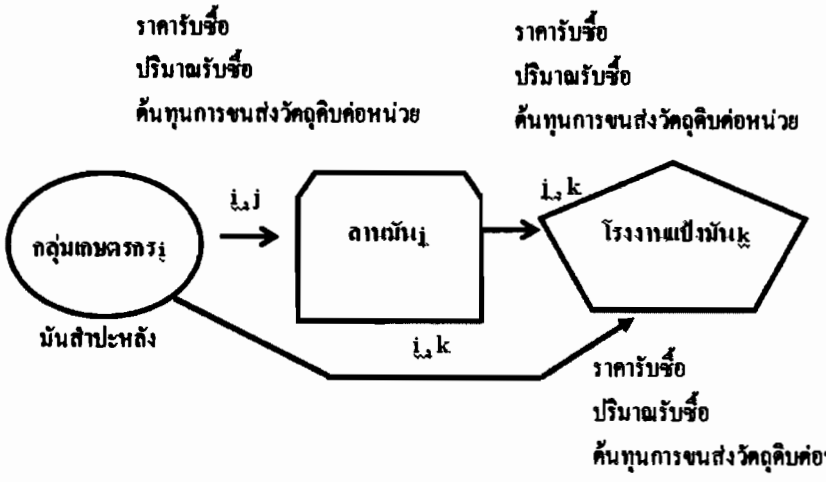
1.3.5 ในการขนส่งมันสำปะหลังจากกลุ่มเกษตรกรไปยังลานมันและโรงงานแป้งมันจะไม่มีเงื่อนไขของเวลา สภาพผิวจราจร เข้ามาเกี่ยวข้อง

1.3.6 ลานมันและโรงงานแป้งมันสำปะหลัง เมื่อได้รับซื้อวัตถุดิบเต็มอัตรารับซื้อแล้วห้ามรับซื้อวัตถุดิบเพิ่ม

1.3.7 ความต้องการวัตถุดิบหัวมันสำปะหลังของลานมัน และโรงงานแป้งมันสำปะหลังมีปริมาณที่แน่นอน

1.4 กรอบแนวความคิดของการวิจัย

ในการศึกษาและวิจัย ผู้วิจัยได้มีกรอบแนวความคิดในจัดสรรงานแบบหลายระดับชั้น กรณีศึกษา ระบบการขนส่งมันสำปะหลังของกลุ่มเกษตรกร โดยพิจารณาส่วนประกอบต่างๆในขอบเขตการวิจัยที่ได้ตั้งไว้ ดังภาพที่ 1.2



ภาพที่ 1.2 รูปแบบการส่งมันสำปะหลังไปยังลานมันและโรงงานแป้งมันสำปะหลังของกลุ่มเกษตร

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

1.5.1 ช่วยแก้ไขปัญหาและได้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับ การจัดสรรวัตถุดิบ ในการขนส่งมันสำปะหลัง กรณีศึกษา เขตพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์

1.5.2 เป็นแนวทางในการนำวิธีการแก้ไขปัญหาไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริงของหน่วยงานหรือผู้สนใจ

1.5.3 เป็นประโยชน์ต่อโครงการส่งเสริมธุรกิจโรงงานแป้งมันสำปะหลัง ลานมัน และส่งเสริมอาชีพเกษตรกรรมตามนโยบาย ของกรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

1.6 ระยะเวลาดำเนินการ

ตารางที่ 1.4 แผนการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ภาคการศึกษา/ปีการศึกษา					
	2553		2554		2555	
	1/2553	2/2553	1/2552	2/2554	1/2555	
1. ทบทวนวรรณกรรมและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องตลอดจนรวบรวมข้อมูลที่จำเป็น	■	■				
2. ศึกษาและพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับแก้ปัญหาการระบบการขนส่งมันสำปะหลังในพื้นที่กรณีศึกษา	■	■				
3. ศึกษาและสร้างอัลกอริทึ่ม DE สำหรับการแก้ปัญหาระบบการขนส่งมันสำปะหลังในพื้นที่กรณีศึกษา			■	■		
4. ทดสอบอัลกอริทึ่มที่ออกแบบไว้กับพื้นที่กรณีศึกษา และสร้างตัวอย่างเพิ่มเติมเพื่อทดสอบความแม่นยำของวิธี DE				■	■	
5. เปรียบเทียบผลของอัลกอริทึ่ม DE กับโปรแกรมสำเร็จรูปLingo V.11 และสรุปผล					■	
6. จัดทำรูปเล่มวิจัยฉบับสมบูรณ์					■	■

บทที่ 2
ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 2 ผู้วิจัยจะกล่าวถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสำคัญๆกับงานวิจัยนี้เช่น ข้อมูลพื้นฐานของมันสำปะหลัง อุตสาหกรรมการแปรรูปมันสำปะหลัง โดยจะเน้นไปที่แนวความคิดของปัญหา การหาที่ตั้งและการจัดสรรทรัพยากร (Location – Allocation Problem) ทฤษฎีเกี่ยวกับปัญหาการมอบหมายงาน วิธีการหาคำตอบแบบฮิวริสติก (Heuristic Optimization) ขั้นตอนและหลักการในการค้นหาคำตอบด้วยวิธี Differential Evolution (DE) และการประยุกต์ใช้ Differential Evolution (DE) เพื่อแก้ปัญหาทางวิศวกรรม

2.1 ข้อมูลพื้นฐานของมันสำปะหลัง

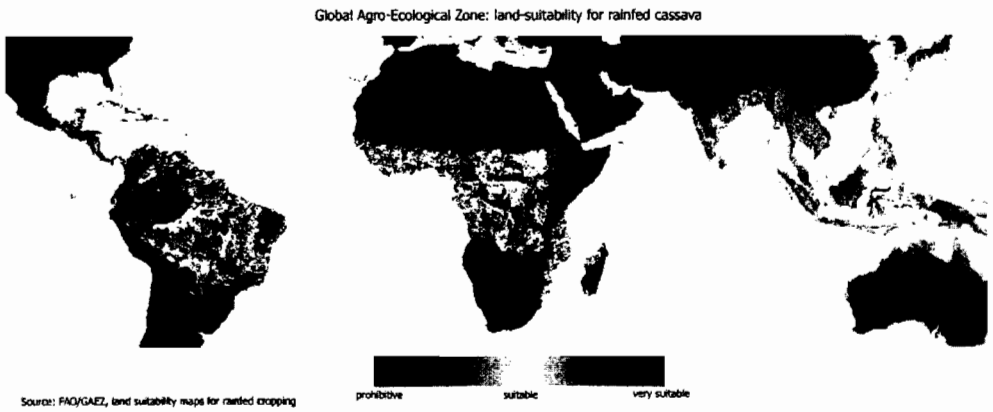
เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์ (2546) ได้ศึกษาข้อมูลทั่วไปของมันสำปะหลังพบว่า มันสำปะหลัง (ชื่อวิทยาศาสตร์ Manihot Esculenta Crantz) มีชื่อสามัญเรียกได้หลายชื่อ แตกต่างตามท้องถิ่นและภาษาที่ใช้ ในภาษาอังกฤษ เรียกว่า Cassava หรือ Tapioca แต่โดยทั่วไป คำว่า Tapioca มักจะใช้แทนผลิตภัณฑ์ที่ทำจากมันสำปะหลังในภาษาสเปน โดยประเทศแถบอเมริกาใต้และอเมริกากลาง เรียกว่า Yuca ในภาษาโปรตุเกส โดยประเทศบราซิล เรียกว่า Mandioca และในภาษาฝรั่งเศส โดยประเทศทวีปแอฟริกาที่ใช้ภาษาฝรั่งเศสเป็นภาษาพูด เรียกว่า Manioc

คนัย ศุภาหาร (2537 : 14-29) ได้กล่าวว่า มันสำปะหลังมีถิ่นกำเนิดอยู่ในเขตร้อนของทวีปอเมริกา ต่อมาได้มีการขยายการเพาะปลูกไปสู่แหล่งอื่นๆ และเป็นพืชอาหารความที่สำคัญเป็นอันดับ 5 ของโลก รองจากข้าวสาลี ข้าวโพด ข้าว และมันฝรั่ง สำหรับประเทศไทย ได้มีการนำมันสำปะหลังจากประเทศมาเลเซียเข้ามาปลูกในไทยเมื่อประมาณปี พ.ศ. 2329

จรุงสิทธ์ ลิ่มศิลา และอัจฉรา ลิ่มศิลา (2547 : 1-3) ได้ทำการศึกษาข้อมูลพบว่า มันสำปะหลังได้มีการเริ่มปลูกเพื่อใช้ทำแป้งและสาคูในภาคใต้ ในระหว่างแถวของต้นยางพารา ต่อมาเมื่อมีการขยายการเพาะปลูกยางพาราในเขตภาคใต้มากขึ้น การปลูกมันสำปะหลังในภาคใต้จึงค่อยๆ ลดลง และแพร่กระจายการเพาะปลูกไปยังเขตภาคตะวันออกและภาคตะวันออกเฉียงเหนือมากขึ้น จนกระทั่งปัจจุบัน พบว่าไม่มีการเพาะปลูกมันสำปะหลังในภาคใต้แล้ว (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553)

มันสำปะหลังเป็นพืชเขตร้อน สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการปลูก คือ เขตร้อนช่วงบริเวณเส้นรุ้งที่ 30 องศาเหนือ ถึง 30 องศาใต้ และที่ความสูงระดับน้ำทะเลจนถึง 2,000 เมตรจากระดับน้ำทะเลสามารถเจริญเติบโตได้ในดินทุกชนิด แต่ชอบดินร่วนปนทรายเพราะจะลงหัวง่าย

สภาพอากาศที่เหมาะสมคือที่ ระดับอุณหภูมิ 10-35 องศาเซลเซียส แต่อุณหภูมิที่เหมาะสมโดยเฉลี่ยต้องไม่ต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียส ประเทศไทยมีสภาพแวดล้อมและสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมต่อการปลูกมันสำปะหลังมากแห่งหนึ่งของโลก ดังแสดงในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 เขตการเกษตรที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกมันสำปะหลังด้วยน้ำฝนตามธรรมชาติ (FAO / GAEZ, 2000; อ้างอิงจาก Biopact, 2007)

จำลอง เจียมจำนรรจา (2547 : 81-93) ได้บอก ข้อดีของมันสำปะหลังว่าเป็นพืชที่ปลูกง่าย ทนแล้งได้ดีกว่าพืชอื่นๆต้องการการดูแลต่ำ มีโรคและศัตรูพืชรบกวนน้อย และสามารถปลูกได้ผลแม้จะปลูกในพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ของดินไม่เพียงพอ จึงทำให้เกษตรกรนิยมปลูกมันสำปะหลังกันมาก พันธุ์ที่นิยมปลูกในประเทศไทยแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม คือ พันธุ์ที่ใช้ประดับ พันธุ์ที่ใช้บริโภคเป็นอาหารโดยตรง (พันธุ์หวาน) และพันธุ์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูปต่างๆ (พันธุ์ขม)

2.2 อุตสาหกรรมการแปรรูปมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังเป็นพืชที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย ทั้งในรูปของการบริโภคสด และผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแปรรูปแล้ว ทุกส่วนของต้นมันสำปะหลังสามารถนำมาใช้

ประโยชน์ได้ทั้งสิ้น ในส่วนของหัวมันสำปะหลังสด สามารนำมาใช้เป็นอาหารมนุษย์โดยตรง หรือนำมาผลิตเป็นแป้งเพื่อแปรรูปเป็นอาหารชนิดต่างๆ สามารถนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ และส่งโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์จากมันสำปะหลัง โดยปรารถนา ปรารถนาดีและคณะ (2552) ได้จำแนกอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการแปรรูปมันสำปะหลัง 4 อุตสาหกรรมดังต่อไปนี้

2.2.1 อุตสาหกรรมมันเส้น (Cassava Chips) ผลิตโดยนำหัวมันสำปะหลังสดเข้าเครื่องโม่มันเส้น เพื่อให้กลายเป็นชิ้นเล็กๆ จากนั้นนำไปตากแดดให้แห้ง มันเส้นที่ได้จะนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตมันอัดเม็ดอาหารสัตว์ หรือเอทานอลต่อไป

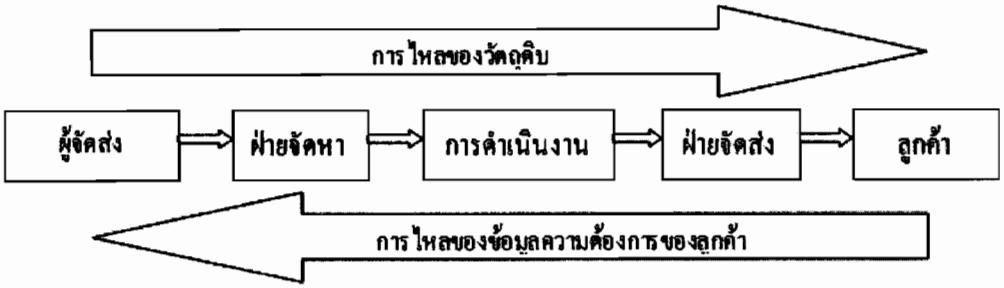
2.2.2 อุตสาหกรรมมันอัดเม็ด (Cassava Pellets) เป็นการนำมันเส้นมาแปรรูป เพื่อลดขนาดและปริมาตรลง เพื่อประโยชน์ในการลดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง มันอัดเม็ดที่ได้จะนำไปจำหน่ายเป็นอาหารสัตว์ต่อไป

2.2.3 อุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งในที่นี้ หมายถึง แป้งดิบ (Native Starch) ซึ่งเป็นแป้งมันสำปะหลังที่สกัดจากหัวมันสำปะหลังสด และยังไม่มีการดัดแปร แป้งมันสำปะหลังดิบนี้สามารถนำไปใช้บริโภคโดยตรง และใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตและแปรรูปผลิตภัณฑ์อื่นๆ

2.2.4 อุตสาหกรรมการผลิตเอทานอล (Ethanol) หรือ เอทิลแอลกอฮอล์ (Ethyl alcohol) ผลิตโดยการย่อยสลายแป้งในหัวมันสำปะหลังสดหรือมันเส้นให้เป็นน้ำตาลกลูโคส แล้วนำไปหมักโดยยีสต์ เพื่อเปลี่ยนกลูโคสเป็นแอลกอฮอล์ จากนั้น นำไปกรองและกลั่นเพื่อให้ได้แอลกอฮอล์ไร้น้ำ หรือ แอลกอฮอล์บริสุทธิ์ 99.5% ปัจจุบันมีความต้องการนำเอทานอลที่ผลิตขึ้นนี้ ไปใช้ผสมน้ำมันเบนซิน (Gasohol) หรือน้ำมันดีเซล (Diesel) เพื่อลดปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงโดยรวม

2.3 แนวความคิดและทฤษฎีโลจิสติกส์ กับปัญหาการหาที่ตั้งและการจัดสรรทรัพยากร

การจัดการโลจิสติกส์ถือได้ว่าเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการโซ่อุปทานซึ่งเป็นกระบวนการวางแผน การปฏิบัติการและการควบคุม การไหลของสินค้า การเคลื่อนย้าย และการจัดเก็บสินค้าอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลรวมถึงการให้บริการ และสารสนเทศที่เกี่ยวข้องตั้งแต่จุดกำเนิดจนถึงจุดการบริโภคสินค้า เพื่อวัตถุประสงค์ในการตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค ดังในภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 องค์ประกอบของระบบโลจิสติกส์ (The Business Value of Cloud Computing, 2554)

กมลชนก สุทธิวาทนฤพุฒิ และคณะ (2546) ได้ให้จำกัดความ "กิจกรรมโลจิสติกส์" ว่าเป็นกิจกรรมสนับสนุนการทำงานภายในองค์กร เพื่อให้ทุกหน่วยงานภายในเชื่อมโยงเข้าหากัน รวมถึงการเชื่อมโยงภายนอกองค์กรทั้งด้านอุปสงค์ และอุปทาน ในส่วนของการเลือกทำเลที่ตั้งเป็นที่เหมาะสมและการจัดการทรัพยากรก็เช่นเดียวกัน หากเราสามารถสนับสนุนปัจจัยเหล่านี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้นย่อมส่งผลโดยตรงต่อค่าใช้จ่ายทั้งที่เป็นต้นทุนคงที่ และต้นทุนแปรผันต่างๆที่เกี่ยวข้องต่อองค์ กร บริษัท หรือผู้ที่เกี่ยวข้องได้อย่างชัดเจน อย่างไรก็ตาม ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกที่ตั้งอาจแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ ปัจจัยที่เกี่ยวกับทรัพยากรการผลิต และปัจจัยที่เกี่ยวกับสภาพแวดล้อม ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิต ประกอบด้วย วัตถุดิบ ตลาดสินค้า แรงงาน ที่ดิน แหล่งพลังงาน และสารธารูปโภคต่างๆ

Zvi Drezner et al. (1996)ได้ทำการกำหนดรูปแบบในการหาที่ตั้งและการจัดสรรของการกระจายสินค้าเพื่อลดต้นทุนด้านการขนส่งและต้นทุนต่ำสุดของการกระจายสินค้าสู่ลูกค้าโดยการกำหนดรูปแบบที่สนใจลงไปในการแก้ปัญหาคือรูปแบบของการกระจายสินค้าบนเส้นของความต้องการหนาแน่นของลูกค้า

Jeng-Fung Chen (2007) ทำการประยุกต์ใช้วิธีการผสมผสานการแก้ไขปัญหาการหาที่ตั้งและการกระจายสินค้าของฮับคือวิธี Simulated Annealing (SA) และ Tabu Search (TS) สามารถให้ผลของคำตอบที่ดีเมื่อปัญหามีขนาดเล็ก ซึ่งจะให้คุณภาพของคำตอบดีกว่าการใช้วิธีการหาคำตอบในกรณีที่ใช้ Simulated Annealing และ Genetic Algorithm ในการหาคำตอบ

Martin Bischoff et al. (2009)ได้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาการที่ตั้งและจัดสรรของสถานที่ซึ่งมีอุปสรรคหลายอุปสรรค โดยหาสถานที่ตั้งใหม่จากการพิจารณาสถานที่ตั้งเดิม เพื่อใช้ในการกระจาย การจัดสรรนั้น ถ้าเป็นปัญหาในการหาที่ตั้งแบบเดี่ยววิธีการที่เหมาะสมและให้คำตอบที่ดีในการจัดสรรทรัพยากรคือรูปแบบของการมอบหมายงานแบบหนึ่งต่อหนึ่ง แต่หากในการหาที่ตั้งนั้นมีอุปสรรค ประสิทธิภาพในการจัดสรรก็จะไม่ดี ดังนั้นควรมีการพัฒนาอัลกอลิทึ่มขึ้นมาเพื่อใช้

ในการแก้ปัญหาในกรณีที่มีการหาสถานที่ตั้งหลายสถานที่ หลายอุปสรรค โดยผลปรากฏว่า อัลกอลิทึ่มที่พัฒนาขึ้นสามารถให้คำตอบที่ดีทั้งเรื่องของเวลาในการทดสอบและผลของคำตอบ โดยสามารถใช้ในการแก้ปัญหาของตัวเลขที่มีความหลากหลาย รวมไปถึงผลของฮิวริสติกที่มีประสิทธิภาพ ในการหาคำตอบของปัญหาเอ็นพีฮาร์ด

Martin Bischoff and Kerstin Dachert (2009)ได้ศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบการแก้ปัญหา การหาที่ตั้ง การจัดสรร (MFLPO) โดยทำการประยุกต์การแก้ปัญหาแบบเดิมกับวิธีการใหม่ เช่น วิธี Multi-Start Method (MS), K-Neighborhood Search (KNS), Variable Neighborhood Search (VNS), Tabu Search (TS), Simulated Annealing(SA), Threshold Accepting(TA), Evolutionary Algorithm (EA), Ant Colony System (ACO) ซึ่งวิธีการทั้งหมดล้วนแต่เป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับ ผลที่ได้จากการคำนวณแสดงให้เห็นถึงคุณภาพของคำตอบ สมรรถนะของการวิธีการที่นำมารวมกันในการค้นหาคำตอบในพื้นที่สนใจ และการหาคำตอบที่ดีจนถึงดีที่สุด

Kuban Altınel et al. (2009)ได้นำหลักการทางฮิวริสติกมาแก้ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งและการจัดสรรสำหรับความจุของสถานที่ตั้งมีหลายสถานที่กับลูกค้าแบบอาศัยความน่าจะเป็น Multi-Facility Weber Problem (MFWP) โดยวิธีที่ใช้คือ Local Search Heuristic นำมาใช้ในการกำหนดรูปแบบทั่วๆไปของปัญหา จากนั้น ใช้วิธี Bivariate Probability Distribution มาใช้ในแบบจำลองของที่ตั้งของลูกค้า แล้วก็ใช้ วิธีการ Alternate Location–Allocation Heuristic มาใช้ในการแก้ปัญหาการกระจายสินค้าให้กับลูกค้าผลปรากฏว่า ทำให้ทราบ ปัจจัย ที่เกี่ยวข้องที่น่าสนใจเพื่อนำไปพัฒนาวิธีการหาคำตอบที่ได้ขึ้นได้ เช่นกันกับ Zhishuang Yao et al. (2010) ได้นำเสนอการแก้ปัญหาที่ตั้งและการจัดสรรในกรณีที่มีหลายวัตถุดิบ และปัญหาสินค้าคงคลัง โดยได้สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และพัฒนา รูปแบบคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้น รวมไปถึงการใช้วิธีการทางฮิวริสติกซึ่งได้ทำการเปรียบเทียบการหาคำตอบตลอดจนตรวจสอบค่าที่ได้ว่าอยู่ในขอบเขตของ Lower Bound หรือไม่

Alper Murat et al. (2010)ได้เสนอแบบจำลองของความต้องการของตลาดด้วยฟังก์ชั่นความหนาแน่นอย่างต่อเนื่อง และผลของการทดลองใช้เทคนิคของแคลคูลัสในการหาคำตอบ โดยจะให้ความสำคัญของตัวแปรตัดสินใจในการจัดสรร มากกว่าการเลือกสถานที่ตั้ง อัลกอริทึ่มวิธีการแก้ปัญหาที่ใช้ในงานวิจัยคือหลักการของ Local Search Heuristic โดยชื่อว่า Steepest-Descent Algorithm และเป็นวิธีการที่ใช้ได้กับการตัดสินใจในการจัดสรรที่อยู่ในรูปแบบของรูปหลายเหลี่ยม โดยผลของการทดลองจะเป็นตัวยืนยันประสิทธิภาพของวิธีการที่นำเสนอไป โดย กรอบการแก้ปัญหาการจัดสรรที่ใช้สำหรับปัญหาการจัดสรรสถานที่ที่มีความต้องการที่หนาแน่น ความแปลกใหม่ของวิธีการนี้อยู่ในการจัดลำดับความสำคัญของการตัดสินใจการจัดสรรซึ่งตรงข้ามกับ

การตัดสินใจของสถานที่ ส่วนสำคัญของกระบวนการ การคำนวณที่ใช้ในการกำหนดแบบ Single - Facility Location (SFL) โดยการ Relaxing ความต้องการที่เหมาะสม โดยพิจารณาความมีนัยสำคัญของความเร็วของการค้นหาคำตอบของอัลกอลิทึ่ม เมื่อมีการเพิ่มระดับนัยสำคัญของความเชื่อมั่นในข้อมูลเชิงปริมาณ พบว่า สามารถมีประสิทธิภาพมากขึ้นกว่าเดิมได้และมีส่วนต่อการจัดลำดับความสำคัญของการเลือกสถานที่ตั้ง

ต่อมา Alper Murat (2011)ได้นำเสนอการพัฒนา Allocation-Based Solution Framework (ABSF) สำหรับปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสม 2 ตำแหน่งด้วยข้อมูลความต้องการที่หนาแน่นโดยกำหนดปัญหาเป็นปัญหาค่าขอบเขตหลายมิติ (Multi Dimensional Boundary Value Problem) โดยจะแสดงผลลัพธ์ความต้องการไม่ต่อเนื่องสามารถขยายไปสู่ปัญหาที่มีข้อมูลความต้องการที่หนาแน่นสูง โดยสามารถสรุปวิธีการเป็นแบบการตัดสินใจของ Non – Convex Allocation โดยสูตรนี้จะถูกแสดงสำหรับกรณี Euclidean Metric ซึ่งจะแสดง Affine Bisector ของสองจุด Specilized Multi – Dimensional Shooting Algorithm จะถูกนำเสนอพร้อมภาพประกอบในตัวอย่างและเปรียบเทียบกับวิธีการอื่นเพื่อเป็นการยืนยันประสิทธิภาพของวิธีการ

Puerto et al. (2011) ทำการแก้ไขปัญหาการหาที่ตั้งฮับเพื่อกระจายสินค้าแบบเดี่ยว ทำทำการจำลองรูปแบบการแก้ปัญหาที่แตกต่างกัน สามกรณีเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้งสามซึ่งทำให้เห็นถึงแนวทางในการพัฒนาคำตอบรวมไปถึงควรที่จะนำวิธีการทาง ฮิวริสติกเข้ามาช่วยในการแก้ไขปัญหาต่อไป

Meilin Wen and Rui Kang (2011) ได้นำเสนอการสร้างแบบจำลองที่เหมาะสมในการหาที่ตั้งและการจัดสรรสถานที่โดย 1) คาดหวังว่าจะได้แบบจำลองเพื่อหาต้นทุนต่ำสุด 2)ได้แบบจำลองที่ต่ำกว่าแบบจำลองแบบแรก และ 3) ความบังเอิญที่จะทำให้ได้แบบจำลองที่มีค่าสูงสุด ด้วยการสุ่มความต้องของลูกค้าแบบ คลุมเครือ และการตั้งระดับการหาที่ตั้งและการจัดสรรไว้ 2 ระดับ ซึ่งในงานวิจัยได้ใช้ขั้นตอนของซิมเพ็ก (Simplex Algorithm) การสุ่มและจำลองสถานการณ์(Random Fuzzy Simulations) และเจเนติกอัลกอลิทึ่ม (Genetic Algorithm)มาผสมผสานในการแก้ปัญหา ผลปรากฏว่า ตัวเลขที่เกิดจากการทดลองให้ผลแบบมีนัยว่าให้ผลแก้ปัญหาได้ผลที่มีประสิทธิภาพทั้งสามแบบจำลอง

ตารางที่ 2.1 งานวิจัยเกี่ยวกับการเลือกสถานที่ตั้ง Location Problem

ปัญหา	นักวิจัย	วิธีการ
Location Problem	Mladenovic et al. (1996)	Tabu Search
	Murray andChurch (1996)	Simulated Annealing
	Dai and Cheung (1997)	Decomposition
	Hribar and Daskin (1997)	Dynamic Programming
	Hansen and Mladenovic (1997)	VNS
	Rosing et al. (1998)	Heuristic Concentration
	V.J.M.F.Filho (1998)	Tabu Search
	Levanova and Loresh (2004)	Ant Colony
	Nenad Mladenovic (2007)	PMP

ตารางที่ 2.2 งานวิจัยเกี่ยวที่ข้องกับการจัดสรร Allocation Problem

ปัญหา	นักวิจัย	วิธีการ
Allocation Problem	Giovanni Giallombardo et al. (2010)	Tabu Search
	Bierwirth and Meisel. (2009)	Tabu Search
	Pierre Hansen et al. (2008)	VNS
	Dijin Gong et al. (1997)	Genetic Algorithms (GA) และ Evolutionary Strategy (ES)
	Siddhartha S., MurrayJ. (2010)	Simulated Annealing
	Stefan Creemers et al. (2012)	Step-Wise Heuristic
	Siddhartha S. Syam (2008)	Lagrangian Relaxation และ Primal Heuristic
	Panagiotis and Lazaros G. (2008)	Mixed Integer Linear Programming (MILP) model
	Mehmet Aydinel et al. (2008)	Developed Mixed-Integer Programming (MILP) model

2.4 แนวความคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับปัญหาการมอบหมายงาน

บุญสม ศิริโสภณา (2553) ได้ให้ความหมายของ การกำหนดงาน (Assignment) คือการแจกแจงจัดสรรทรัพยากร (Resources) ที่มีอยู่อย่างจำกัด จากแหล่งทรัพยากรต่างๆ ที่มีประสิทธิภาพต่างๆ กันไปสู่จุดหมาย ที่ได้กำหนดไว้แล้ว ให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ในกระบวนการกำหนดงานนี้ จะต้องมีจำนวนแหล่งทรัพยากรเท่ากับจำนวนจุดหมายพอดี เช่น ถ้าต้องการกำหนดงานให้คนงานไปทำงานให้แล้วเสร็จ โดยให้การทำงานมีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด ซึ่งเช่นเดียวกับ ยรรยง ศรีสม (2553) ที่กล่าวว่า ปญหาการมอบหมายงาน เป็นปัญหา ที่ใช้สำหรับจัดงานแกเครื่องจักรหรือการจัดสรรทรัพยากร ต่างๆไดแก คนงานเครื่องจักรหรือเงินทุนเพื่อใช้ในการผลิตหรือการบริการโดยมีเป้าหมายที่จะทำให้ไดกำไรสูงสุด ตนทุนต่ำสุด หรือประสิทธิภาพสูงสุด โดยการแจกงานให้แก่พนักงาน เครื่องจักรหรือหน่วยงานมี่รับผิดชอบในงานต่างๆ ให้เหมาะสม

Biskup (1999) ได้เสนอรูปแบบที่จะพิจารณาอาจจะเรียกว่า " งาน" และ "ตัวแทน" โดยที่งานแต่ละงานจะได้รับจากตัวแทนเป็นลักษณะหนึ่งต่อหนึ่ง โดยมีนักวิจัยได้มีการสร้างวิธีในการหาคำตอบของรูปแบบที่จะกำหนดงานในการมอบหมายงานลักษณะอย่างนี้ เช่น Kuhn (2005) ได้นำวิธีฮังกาเรียน (Hungarian Method) มาใช้ในการแก้ปัญหาการมอบหมายงานซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายและได้รับความนิยมจากนักวิจัย โดยส่วนใหญ่ได้นำเอาไปเป็นวิธีการพื้นฐานในการพัฒนาวิธีการ วิธีอื่นๆ เช่นเดียวกันกับ David (2007) ที่ได้นำเสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดงานให้กับผู้ปฏิบัติงานโดยที่ ผู้ปฏิบัติงานจะได้รับงานในแบบหนึ่งต่อหนึ่งกับงานที่ได้รับ จะไม่สามารถรับงานได้มากกว่าหนึ่งงานเพื่อก่อให้เกิดระยะเวลาในการทำงานต่ำที่สุด ซึ่งแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเขาสามารถแสดงได้ดังนี้

$$\text{Minimize} \quad \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} C_{ij}X_{ij}$$

$$\text{Subject to:} \quad \sum_{i=1}^{n} X_{ij} = 1 \quad j = 1, \ldots, n,$$

$$\sum_{j=1}^{n} X_{ij} = 1 \quad i = 1, \ldots, n,$$

$$X_{ij} = 0 \text{ or } 1,$$

โดยที่ $X_{ij} = 1$ ถ้าตัวแทน i ถูกมอบหมายให้กับงานที่ j เป็น 0 หากไม่ได้ถูกมอบหมายงานและ C_{ij} = ค่าใช้จ่ายของตัวแทนในการมอบหมายงาน i ไปที่งาน j เงื่อนไขหรือข้อจำกัดที่หนึ่ง

เพื่อให้มั่นใจว่าทุกงานจะถูกกำหนดให้เป็นตัวแทนเพียงหนึ่งและเงื่อนไขหรือข้อจำกัดที่สอง เพื่อให้แน่ใจว่าตัวแทนทุกคนจะได้รับมอบหมายให้งาน และค่าของ X_{ij} เป็นค่าไบนารี

Caron et al. (1999) ได้เสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการขยายของ ปัญหาการมอบหมายงานซึ่งในแบบจำลองที่เขาสร้างขึ้นมีการกำหนดตัวแปรที่สำคัญ โดยกำหนดให้มีการจับคู่ในการทำงาน ประกอบด้วย ตัวแทนที่รับงาน (M) และ งาน (N) โดยตัวแทนทุกคนจะไม่ได้จับคู่กับทุกงานและวัตถุประสงค์ที่ต้องการคือประสิทธิภาพของงานสูงสุด

Balas and Padberg (1999) ได้สร้างแบบจำลองปัญหาการมอบหมายงานให้อยู่ในรูปของเซ็ท (Set partitioning) โดยกำหนดให้แถวแทนด้วยผู้รับงาน (Agents) และคอลัมน์แทนด้วยงาน (Jobs) ซึ่งเงื่อนไขแบบเซ็ทประกันว่างานหนึ่งๆ จะถูกกระทำโดยผู้รับงานผู้ใดผู้หนึ่งเท่านั้น สามารถเขียนอยู่ในรูปของสมการได้ดังนี้

$$\text{Minimize} \quad \sum_{i\in I}\sum_{j\in J} C_{ij}X_{ij}$$

$$\text{Subject to:} \quad \sum_{j\in J} W_{ij}X_{ij} \le b_i \qquad ;\forall i \in I$$

$$\sum_{i\in I} X_{ij} = 1 \qquad ;\forall j \in J$$

$$X_{ij} \in \{0,1\} \qquad ;\forall i \in I, j \in J$$

เมื่อ

i คือ ดัชนีของผู้รับงาน j คือ ดัชนีของงาน ที่จะต้องมอบหมายให้ผู้รับงานรับผิดชอบ

I คือ เซตของผู้รับงาน (Agent)

J คือ เซตของงาน (Job)

X_{ij} คือ ตัวแปรการตัดสินใจแบบไบนารี $X_{ij} = 1$ เมื่องาน i กำหนดให้ถูก กระทำโดยผู้รับงาน j และ $X_{ij} = 0$ ในกรณีอื่นๆ

C_{ij} คือ ค่าใช้จ่ายของงาน j ถูกมอบหมายให้ผู้รับผิดชอบ i ทำ หรือในทางกลับกันถ้าฟังก์ชันวัตถุประสงค์หาค่าสูงสุดจะใช้ P_{ij} แทน ซึ่งหมายถึงผลกำไร (Profit) ที่งาน j ถูกมอบหมายให้ผู้รับผิดชอบ i ทำ

b_i คือ ขีดจำกัดของความสามารถสูงสุดในการดำเนินงานของผู้รับผิดชอบ i

และ W_{ij} คือปริมาณงานของงาน j ที่ต้องการมอบหมายให้ผู้รับผิดชอบ i ทำ

Aneja and Punnen (1999) ได้นำเสนอเกี่ยวกับวิธีการแก้ปัญหาในกรณีที่มีการทำงานหลายงานและกำหนดรับงานเพียงหนึ่งคนที่ ซึ่งเกินความสามารถของผู้รับงาน ปัญหาในลักษณะที่

เป็นจะเกิดปัญหาคอขวดและปัญหาที่เรียกว่าการทำงานของปัญหาที่ได้รับมอบหมายทั่วไป เช่นเดียวกับ Cattrysse and Van (1992) ได้ทำการสำรวจจากอัลกอริทึ่ม สำหรับปัญหาการมอบหมายงาน ซึ่งพบว่า ปัญหาการมอบหมายงาน มีการใช้ทั้งทางตรงหรือเป็นปัญหาย่อยภายในประเภทของรูปแบบที่กว้างขึ้น การประยุกต์ใช้การอ้างอิง รวมถึงยานพาหนะ เส้นทาง สถานที่ตั้งของปัญหาค่าใช้จ่ายคงที่ การจัดกลุ่มและการรับภาระสำหรับการผลิตที่ยืดหยุ่น ระบบการตั้งเวลาโครงการเรือจัดสรร พื้นที่เก็บข้อมูลในการออกแบบเครือข่ายการสื่อสาร การตั้งเวลาการชำระเงินในบัญชีมอบหมายงาน การพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อโปรแกรมเมอร์ การกำหนดงานให้กับคอมพิวเตอร์ในเครือข่ายการจัดตารางการโฆษณาทางโทรทัศน์ความยาวตัวแปรและกำหนดสิ่งอำนวยความสะดวกในการยกเครื่อง และ Campbell and Diaby (2002) ก็ได้นำเสนอการใช้งานของ GAP ว่าเป็นการประมาณการ สำหรับปัญหาของการจัดสรรแรงงานที่ผ่านการฝึกอบรมไปยังหน่วยงานหลายหน่วยงาน เพื่อให้เกิดผลประโยชน์ของการกำหนดบุคลากรเพิ่มเติมให้แก่ฝ่ายจะได้รับ

2.5 วิธีการหาคำตอบแบบฮิวริสติก (Heuristic Optimization)

วิธีฮิวริสติก หมายถึง วิธีการคิดค้นขึ้นมา เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาใดปัญหาหนึ่งโดยเฉพาะ ซึ่งไม่มีแบบแผนที่แน่นอนตายตัว โดยการสร้างฮิวริสติกนั้นมักต้องอาศัยความเข้าใจและประสบการณ์ในการแก้ไขปัญหานั้นๆ เป็นอย่างดี ดังนั้นวิธีฮิวริสติกที่ ใช้ในการแก้ปัญหาหนึ่งอาจไม่สามารถนำไปใช้แก้ไขปัญหาอีกปัญหาหนึ่งได้ และไม่สามารถรับประกันได้ว่าจะได้คำตอบที่ดีที่สุดหรือคำตอบที่เท่ากันทุกครั้ง แต่สามารถได้คำตอบในเวลาที่รวดเร็ว หรือสามารถแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนจนไม่สามารถเขียนเป็นตัวแบบทางคณิตศาสตร์ได้

วิธีฮิวริสติกแบ่งออกเป็น 2 ประเภทตามลักษณะของวิธีการในการสร้างคำตอบได้แก่ ประเภทที่ 1 คือ วิธีฮิวริสติกแบบสร้างคำตอบ วิธีนี้จะเริ่มสร้างคำตอบโดยเริ่มจากการค่อยๆ เพิ่มลูกค้าในเส้นทางทีละรายหรือเพิ่มโหนดทีละโหนด จนประกอบกันเป็นคำตอบที่สมบรูณ์ เช่น วิธี Saving, Matching Based, Nearest Insertion, Nearest Neighbor เป็นต้น และประเภทที่ 2 คือ วิธีฮิวริสติกแบบค้นหาคำตอบใกล้เคียง (Neighbourhood Search Heuristic) ตัวอย่างของวิธีฮิวริสติกที่นิยมใช้ในงานวิจัยโลจิสติกส์ เช่น วิธี Saving วิธี Matching Based วิธี Nearest Insertion วิธี Nearest Neighbor และวิธี Local Search เป็นต้น ดังนั้นวิธีฮิวริสติกจึงถูกพัฒนาให้มีความยืดหยุ่นรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เรียกว่า เมตาฮิวริสติก (Meta-Heuristic)

Blum and Roli (2003) ได้สรุปหลักการเบื้องต้นของเมตาฮิวริสติกไว้ว่า (1) เมตาฮิว-ริสติกมีระเบียบวิธีในการค้นหาคำตอบที่ดีภายในเซตของคำตอบที่เป็นไปได้ (2) เมตาฮิวริสติก

มีจุดประสงค์เพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุดหรือคำตอบที่ใกล้เคียงที่ดีที่สุด ภายในระยะเวลาที่เหมาะสม (3) วิธีเมตาฮิวริสติกอาจมีทั้งแบบซับซ้อนและไม่ซับซ้อน เช่น วิธีโลคอล เซิร์ช (Local Search) วิธีระบบมด (Ant System) วิธีทางพันธุกรรม (Genetic Algorithm) วิธีการค้นหาต้องห้าม (Tabu Search) และวิธีเลียนแบบการอบอ่อน (Simulated Annealing) เป็นต้น (4) เมตาฮิวริสติกอาจเกิดจากการรวมหลากหลายวิธีเทคนิคเพื่อค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดภายในพื้นที่คำตอบที่เป็นไปได้ (5) เมตาฮิวริสติกมีระเบียบขั้นตอนที่แน่นอนแต่สามารถปรับเปลี่ยนในรายละเอียดเมื่อนำไปใช้แต่ละปัญหา (6) เมตาฮิวริสติกบางประเภทมีการใช้ความจำชั่วคราวมากขึ้น ในการจดจำคำตอบเดิม เพื่อให้การค้นหาคำตอบที่ไม่ซ้ำที่เดิม

นอกจากนี้ Blum and Roli (2003) ยังได้เสนอการแบ่งเมตาฮิวริสติกไว้ 6 ประเภทดังนี้ ประเภทที่ 1 เมตาฮิวริสติกที่เกิดจากแรงบันดาลใจจากธรรมชาติ ได้แก่ วิธีระบบมด (Ant System) วิธีทางพันธุกรรม (Genetic Algorithm) วิธีเลียนแบบการอบอ่อน (Simulated Annealing) และวิธีการเกาะกลุ่มประชากรแบบ Particle Swarm Optimization (PSO) เป็นต้น ประเภทที่ 2 เมตาฮิวริสติกที่ไม่ได้เกิดจากแรงบันดาลใจจากธรรมชาติ ได้แก่ วิธีการค้นหาต้องห้าม (Tabu Search) เป็นต้น ประเภทที่ 3 เมตาฮิวริสติกแบบใช้ประชากรคือในหนึ่งรอบของการค้นหาคำตอบจะได้คำตอบมากกว่าหนึ่งคำตอบให้เลือก เช่น วิธีระบบมด (Ant System) วิธีทางพันธุกรรม (Genetic Algorithm) วิธีการลอกแบบ (Memetic Algorithm) และวิธีการเกาะกลุ่มประชากรแบบ Particle Swarm Optimization (PSO) เป็นต้น ประเภทที่ 4 เมตาฮิวริสติกแบบไม่ใช้ประชากร คือในหนึ่งรอบของการค้นหาคำตอบจะได้คำตอบออกมาเพียงหนึ่งคำตอบเท่านั้น เช่น วิธีเลียนแบบการอบอ่อน (Simulated Annealing) วิธีการค้นหาต้องห้าม (Tabu Search) และวิธีการค้นหาในพื้นที่คำตอบที่เป็นไปได้ในแบบวนซ้ำ (Iterated Local Search) เป็นต้น ประเภทที่ 5 เมตาฮิวริสติกแบบสมการเป้าหมายคงที่ คือในหนึ่งรอบของการคำนวณอาจมีการเปลี่ยนแปลงสมการเป้าหมาย เพื่อให้ได้คำตอบใหม่ๆ เกิดขึ้น เช่น วิธี Guided Local Search เป็นต้น ประเภทที่ 6 เมตาฮิวริสติกแบบไม่มีการเปลี่ยนแปลงสมการเป้าหมาย เช่น วิธีระบบมด (Ant System) วิธีทางพันธุกรรม (Genetic Algorithm) วิธีเลียนแบบการอบอ่อน (Simulated Annealing) และวิธีการลอกแบบ (Memetic Algorithm) เป็นต้น

Nagy and Salhi (1996) นำเสนอวิธีการทางฮิวริสติกเพื่อแก้ปัญหาข้อจำกัดของขนาดปัญหา โดยวิธีฮิวริสติกที่นำมาใช้เป็นวิธีการประมาณการแบ่งลูกค้าออกเป็นกลุ่มๆ เรียกว่า "Cluster-Based" ในการจัดสรรลูกค้าให้กับศูนย์กระจายสินค้า และขั้นตอนต่อจากนั้นจะเป็นการสร้างเส้นทางด้วยวิธี Clarke and Wright Saving Heuristic อีก 3 ปีต่อมา Tuzun and Burke (1999) ได้นำเสนอวิธีทาบูเซิร์ช (Tabu Search) แบบสองเฟสเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งและจัด

เส้นทางการขนส่งที่มีขนาดของปัญหา 200 ลูกค้า โดยเปรียบเทียบคำตอบที่ได้และเวลาที่ใช้กับวิธีฮิวริสติกแบบ Saving ซึ่งผลที่ได้ปรากฏว่าวิธี Tabu Search ที่ออกแบบมาได้คำตอบที่ดีกว่า วิธี Saving แต่ใช้เวลาในการคำนวณมากกว่า

ณกร อินทร์พยุง (2548) ได้สรุปว่าปัญหาทีเหมาะสำหรับการแก้ด้วยวิธีฮิวริสติกจะมีลักษณะต่างๆ ประกอบด้วย (1) ปัญหาการตัดสินใจที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ (Ill = Structured Problem) (2) ปัญหาที่ผู้วิจัยพยายามทำให้เป็นปัญหาที่มีโครงสร้างสมบูรณ์แต่ได้ละเลยเงื่อนไขของปัญหาบางอย่างหรือทำให้ง่ายขึ้น (3) ปัญหาที่มีตัวแปรการตัดสินใจและเงื่อนไขของปัญหาที่เป็นจำนวนมาก และ (4) ปัญหาที่ไม่ต้องการคำตอบที่ดีที่สุด (Good Feasible Solution)

ตัวอย่างของวิธีฮิวริสติกที่นิยมใช้ในงานวิจัยด้านโลจิสติกส์ เช่น วิธีในกลุ่มของ Constructive เช่น วิธีละโมบ (Greedy) และวิธีประหยัด (Saving) วิธีหาคำตอบแบบเนเบอร์ฮูด (Neighborhood Search) หรือวิธี Local Search

Clarke and Wright (1964) ทำการจัดเส้นทางการเดินรถที่มีหลายขนาดโดยส่งสินค้าออกจากศูนย์กลางการกระจายสินค้าเพียงแห่งเดียว โดยใช้วิธีการทางฮิวริสติกจัดเรียงลำดับของค่าประหยัด (Saving) และเชื่อมเส้นทางต่างๆ เข้าด้วยกัน ทำให้ทราบจำนวนรถบรรทุกที่ต้องการใช้และปริมาณสินค้าในแต่ละคัน จากการคำนวณค่าเวลาหรือระยะทางใช้จ่ายในการขนส่งที่ประหยัดสูงที่สุด นอกจากวิธีฮิวริสติกที่กล่าวมา ในอดีตที่ผ่านมามีการศึกษาหาวิธีหาคำตอบโดยใช้วิธีฮิวริสติกเพื่อแก้ไขปัญหาต่างๆ เช่น วิธีเชิงพันธุกรรม วิธี Greedy Randomized Adaptive Search Procedure (GRASP) วิธี Simulated Annealing (SA) เป็นต้น

จากการศึกษาและผลงานวิจัยข้างต้น การใช้วิธีฮิวริสติก ด้วยวิธีต่างๆ สามารถที่จะแก้ไขปัญหาการเลือกจุดกระจายสินค้าและจัดเส้นทางการขนส่ง วิธีการต่างๆ ล้วนมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกัน และมีความเหมาะสมกับปัญหาในแต่ละแบบ

เมตาฮิวริสติก (Meta-heuristic) เป็นฮิวริสติกแบบมาตรฐานที่มีความยืดหยุ่นมาก และสามารถดัดแปลงเพื่อใช้ในการหาคำตอบของปัญหาการตัดสินใจได้อย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ เมตาฮิวริสติกมีระเบียบวิธีการหาคำตอบที่ดีภายในเซตคำตอบที่เป็นไปไม่ได้ มีวัตถุประสงค์เพื่อหาคำตอบที่ดีภายในระยะเวลาที่เหมาะสม ซึ่งมีหลายวิธี เช่น Local Search, Ant System, Genetic algorithm, Tabu Search, Simulated annealing, Iterated Local Search เป็นต้น เมตาฮิวริสติกอาจเกิดจากการรวมหลากหลายเทคนิคเพื่อค้นหาคำตอบที่ดีทีสุดภายในคำตอบที่เป็นไปได้

Clarke and Wright (1964) ทำการจัดเส้นทางการเดินรถที่มีหลายขนาดโดยส่งสินค้าออกจากศูนย์กระจายสินค้าเพียงแห่งเดียว ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการทางฮิวริสติกจัดเรียงลำดับของค่าประหยัด

(Saving) และเชื่อมเส้นทางต่างๆเข้าด้วยกันทำให้ทราบจำนวนรถบรรทุกที่ต้องการใช้และปริมาณสินค้าในแต่ละคัน

Christophides and Eilson (1969) ได้นำเสนอวิธีการปรับปรุงเส้นทางภายหลังจากที่ได้เส้นทางเบื้องต้น ซึ่งผู้วิจัยได้เสนอการปรับปรุงเส้นทางด้วยการแลกเปลี่ยนเส้นทางเพื่อให้ได้ระยะทางใหม่ที่เกิดขึ้นมีค่าน้อยกว่าค่าเดิม โดยมีการเริ่มต้นจากการสมมติ เส้นทางเริ่มต้นขึ้นมาแล้วค่อยปรับปรุงจนกระทั่งได้เส้นทางที่ดีที่สุด

2.5 ขั้นตอนและหลักการในการค้นหาคำตอบด้วยวิธี Differential Evolution (DE)

ขั้นตอนและหลักการในการค้นหาคำตอบด้วยวิธี Differential Evolution (DE) ที่เสนอโดย Storn and Price (1997) ซึ่งได้อธิบายว่า กรอบทฤษฎีของวิธีการเป็นรูปแบบง่ายๆและมีระยะเวลา ในการคำนวณที่น้อย ไม่สิ้นเปลืองพื้นที่เก็บข้อมูลในเครื่องคอมพิวเตอร์ Bin et al. (2008) ได้สรุปว่า การวิวัฒนาการของ DE ถูกประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายและมีการแสดงจุดแข็งในหลายพื้นที่ ที่มีการประยุกต์ใช้

ในวิธีการค้นหาที่ยึดตามหลักประชากร การวิวัฒนาการจะเริ่มสุ่มประชากรเริ่มต้นในขนาด N ของ เวกเตอร์มิติ D การแก้ไขปัญหาการวิวัฒนาการอัลกอริทึ่มจะไปแทนที่มิติของเวกเตอร์ D ซึ่งค่าของตัวแปรแต่ละตัวในพื้นที่ของมิติจะถูกแสดงเป็นเลขในระบบจำนวนจริง ลักษณะที่เด่นชัดของกระบวนการ คือ กลไกใหม่สำหรับการสร้างเวกเตอร์ของการทดลองการวิวัฒนาการ จะสร้างเวกเตอร์การทดลองโดยการเปลี่ยนแปลงและมองข้ามหลักการดำเนินงาน จากนั้นทดแทนการดำเนินงานเฉพาะรายบุคคลที่เราเรียกว่า การดำเนินการคัดเลือก ที่เกิดขึ้นเมื่อเวกเตอร์การทดลองนี้มีประสิทธิภาพมากกว่าเวกเตอร์ที่สอดคล้องกัน กระบวนการเหล่านี้จะถูกดำเนินการอีกครั้งจนกว่าจะมีเกณฑ์ยับยั้งให้มีการหยุด ทั้งนี้การวิวัฒนาการของประชากรก็จะถูกดำเนินการโดยผ่านวิธีการทำซ้ำของ 3 ผู้ประกอบการหลักซึ่งก็คือ การกลายพันธุ์ ขั้นตอนทางพันธุกรรมแบบครอสโอเวอร์ และการคัดเลือก ด้วย กระบวนการทำงานในการวิวัฒนาการแบบคลาสสิค โดย Price et al. (2005) ได้สรุปการแบ่งลำดับขั้นตอนที่สำคัญของการวิวัฒนาการแบบคลาสสิคไว้ดังนี้

2.6.1 Initial population คือขั้นตอนการสุ่มเลือกจำนวนประชากรตั้งต้นภายใต้ขอบเขตข้อจำกัด จำนวนหนึ่งซึ่งสามารถกำหนดได้ หรือค่า NP: Number of population เป็น ตัวแปรตัดสินใจ เพื่อนำมาคำนวณหาค่าคำตอบ Cost Value, Fitness Value หรือ FunctionValue ในความหมายเดียวกัน

2.6.2 Mutation คือ ขั้นตอนการคูณตัวแปรตัดสินใจด้วยปัจจัยตัวคูณ เรียกว่า Weighting Factor: F หรือ เรียกว่า Mutation Factor: F อีกชื่อหนึ่งเช่นกันเพื่อจุดประสงค์ของการผ่าเหล่า กลายพันธุ์ ให้ได้คำตอบใหม่ที่แปลกแตกต่างไปจากกลุ่มจำนวนประชากรในข้อแรก มีขั้นตอนย่อย ดังนี้

2.6.2.1 ทำการกำหนด Target Vector ($X_{i,G}$) โดยที่ i = 1,2,3, … , NP

2.6.2.2 สุ่มเลือกจำนวน 2 Vector ($X_{r2,G}$, $X_{r3,G}$) จากประชากรตั้งต้นที่ไม่ซ้ำกับ Target Vector

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

$$V_{i,G+1} = X_{r1,G} + F(X_{r2,G} - X_{r3,G}) \qquad (1)$$

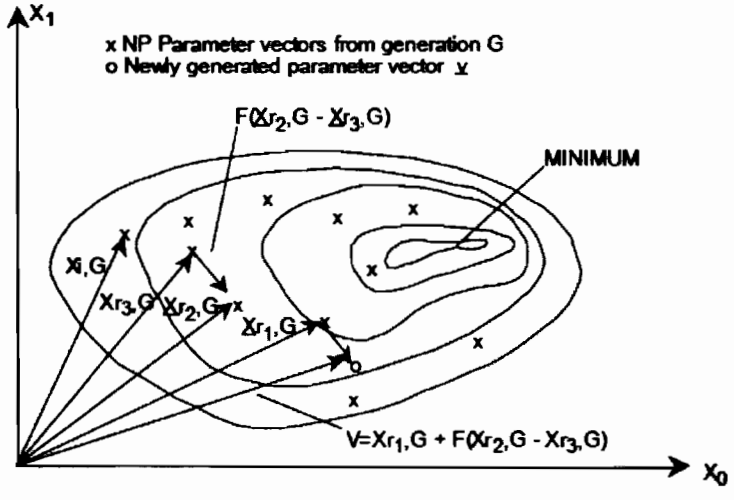
เมื่อ

$X_{r1,G}$ = Target Vector

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

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

F = Weighting Factor



ภาพที่ 2.3 การค้นหา Mutant Vector ของฟังก์ชัน 2 ตัวแปร (Storn and Price, 1997)

2.6.3 Crossover หรือ Recombination คือขั้นตอนการผสมสายพันธุ์ ซึ่งจะได้สายพันธุ์ใหม่ของคำตอบที่ดีกว่าและแย่กว่าออกมาอย่างหลากหลาย เพื่อเฟ้นหาสายพันธุ์จากตัวแปรตัดสินใจใหม่ๆ โดยมีการสร้าง Trial Vector ($U_{i,G+1}$) ดังแสดงในสมการที่ (2) เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบและพิจารณาในการผสมสายพันธุ์ดังสมการ (3) ตัวอย่างการ Crossover สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 2.4

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

$$V_{ji,G+1} \quad \text{if (randb (j)} \leq \text{CR) or j = rnbr(i)}$$
$$X_{ji,G+1} \quad \text{if (randb(j) > CR) or j} \neq \text{rnbr(i)} \qquad (3)$$

เมื่อ

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

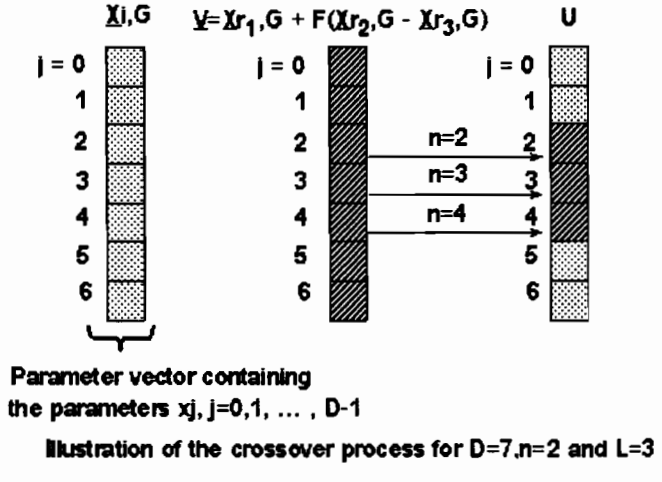
$V_{ji,G+1}$ = Mutant Vector

$X_{ji,G+1}$ = Target Vector

randb(j) = การสุ่ม จำนวนจริงมีค่า 0 ถึง 1 ครั้งที่ j

CR = Crossover Constant จำนวนจริงมีค่า 0 ถึง 1

rnbr(i) = Index จากการสุ่มเลือก จำนวนเต็ม 1,2, … ,D และ j = 1,2, … ,D



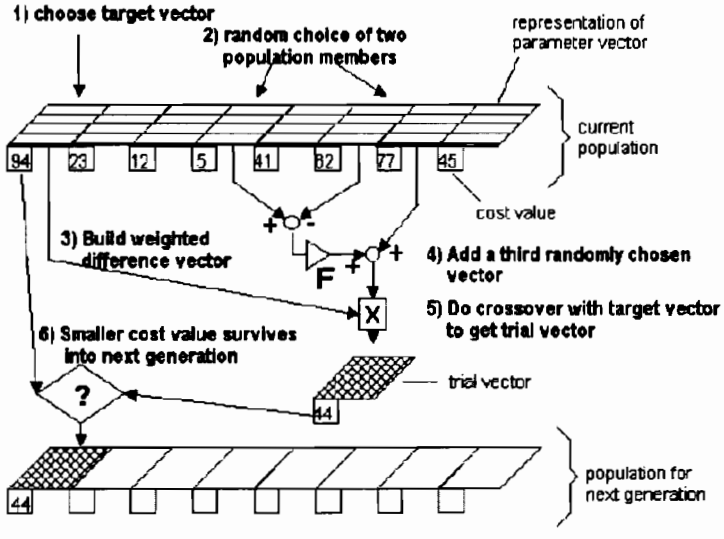
ภาพที่ 2.4 การCrossover ของ Target Vector และ Mutant Vector ที่มีค่า D=7

(Storn and Price, 1997)

2.6.4 Selection คือขั้นตอนการคัดเลือกประชากรในรุ่นต่อไป (G+1) โดยคัดเลือกเอาแต่เฉพาะ คำตอบที่ดีกว่า โดยการเปรียบเทียบ Function Value หรือ Cost Value ของ Trial Vector กับ Target Vector ในกรณีที่ค่า Function Value ของ Trial Vector ดีกว่า Target Vector จะถูกแทนที่ด้วย Trial Vector ในรุ่นต่อไป

2.6.5 Evaluation & Re-Generation ดำเนินการซ้ำจากข้อ 2.6.2 ถึง ข้อ 2.6.4 โดยเปลี่ยน Target Vector จนถึง i = NP

2.6.6 Reach Convergence Tolerance นำ Target Vector ที่ได้จากข้อ 2.6.4 มาทำซ้ำขั้นตอนทั้งหมดจนครบตามความต้องการ โดยแสดงในภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 กระบวนการหาค่าความเหมาะสม โดยวิธี Differential Evolution จากขั้นที่ 1 ถึง 4 (Storn and Price, 1997)

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธี Differential Evolution (DE) เพื่อแก้ปัญหาทางวิศวกรรม

Jarmo et al. (2003) นำเสนอว่า วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการวิวัฒนาการอีกมากที่มีช่องว่างในการค้นหาอย่างต่อเนื่อง DE เพิ่งได้รับการประสบความสำเร็จนำไปใช้กับโลกแห่งความจริง เกี่ยวกับปัญหาการเพิ่มประสิทธิภาพ และยังเสนอให้ใช้สำหรับโครงข่ายประสาทเทียม แต่ DE ยังไม่ได้รับการศึกษาทั่วถึงในบริบทของโครงข่ายประสาทเทียม เช่นน้ำหนัก ประโยชน์ของ DE สามารถหาค่าคำตอบที่ดีที่สุดได้ เมื่อเทียบกับความเร็วในการหาคำตอบ โดยได้ทำการศึกษา เปรียบเทียบวิธี DE กับวิธี Gradient Based Methods พบว่า DE มีแนวโน้มที่ดีและให้ผลของคำตอบที่เหมาะสม เช่นเดียวกับ Lopez Cruz et al. (2003) ที่นำเสนอประสิทธิภาพของ DE กรณีที่มีปัญหาการควบคุมที่เหมาะสมหลายรูปแบบ โดยได้อธิบายว่ามีวิธีการมากมายในการแก้ปัญหาการควบคุมที่เหมาะสมไม่ว่าจะโดยตรงหรือโดยอ้อม อาศัยข้อมูลไล่ระดับ ก็อาจมีโอกาสที่จะเข้าหาพื้นที่ ที่เหมาะสม วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพที่นิยมเช่น Evolutionary Algorithms (EA) จาก

การศึกษาพบว่า ผลของการใช้ วิธีEvolutionary Algorithms (EA) วิธีDifferential Evolution Algorithms (DEA) และ วิธีGenetic algorithm (GA) DE จะมีความโดดเด่นในแง่ของประสิทธิภาพเมื่อเทียบกับ GA และมีค่าที่ต่างจากวิธี EA อาจเป็นเพราะว่า พารามิเตอร์ใน DE โดยมีพารามิเตอร์คือ ขนาดของประชากร ครอสโอเวอร์คงที่ และแปรผันค่าสัมประสิทธิ์ ซึ่งการเลือก ขนาดของประชากร มีบทบาทสำคัญในการแก้ปัญหาการควบคุมที่เหมาะสม การเลือกขนาดของประชากรที่มีขนาดเล็ก เปรียบเสมือนโอกาสที่จะได้ค่าของคำตอบ Global Solution จะมีโอกาสที่น้อยตาม แต่ถ้าหากเพิ่มขนาดประชากรก็เหมือนการเพิ่มโอกาสที่ได้ Global Solution ซึ่งถ้าเปรียบเทียบระยะเวลาคำนวณ อัลกอลิทึมที่มีประสิทธิภาพที่ดีด้านเวลาก็คือ DE นั่นเอง

Dervis and Selcuk (2004) ได้อธิบายว่า Differential Evolution Algorithms (DEA) เป็นหนึ่งในวิธีการ Evolutionary Algorithms (EA) ซึ่งเป็นหนึ่งในขั้นตอนวิธีการวิวัฒนาการที่เป็นเทคนิคใหม่ในการเพิ่มประสิทธิภาพ ความสามารถในการจัดการที่เป็นลักษณะของปัญหา Non-Differentiable, Non-Linear และ Multimodal Objective Functions เนื่องจาก DE ต้องใช้เวลาในการทำงานเมื่อมีขนาดของปัญหาขนาดใหญ่ที่ซับซ้อน เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการค้นหาค่าของฟังก์ชันวัตถุประสงค์เป้าหมาย ในการศึกษาแบบจำลองของ De Jong ก็พบว่าความเร็วในการบรรจบกันของ DE มีนัยสำคัญที่ ดีกว่า อัลกอริทึ่มพันธุกรรม (GA) ดังนั้นอัลกอริทึ่ม DE น่าจะเป็นวิธีการที่มีแนวโน้มในการแก้ปัญหาและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพทางด้านวิศวกรรม ซึ่งทำให้ Liu and Lampinen (2005) ได้ทำการปรับปรุงวิธี DE โดยการปรับค่าฟัซซี่ Fuzzy Adaptive Differential Evolution Algorithm (FADE) ซึ่งทำการปรับค่า Weighing factor (F) และ Crossover rate (CR) วิธีการนี้จะปรับตัวแปรควบคุมการกลายพันธุ์และ ครอสโอเวอร์พารามิเตอร์การควบคุม การใช้ตรรกะวิธีการควบคุมฟัซซี่ พารามิเตอร์ของ FADE ตอบสนองต่อข้อมูลประชากรของคือ เวกเตอร์พารามิเตอร์ฟังก์ชั่นซึ่งช่วยให้ DE หาคำตอบได้เร็วขึ้นค่า F และ CR ที่ปรับใหม่สามารถให้คำตอบที่ดีกว่า DE แบบเดิม เช่นเดียวกับ Omran (2005) ที่ทำการปรับเปลี่ยนค่า F ในสูตรการกลายพันธุ์ของ DE ในการทดสอบกับกรณีศึกษา

Qin (2005) ใช้วิธีที่เรียกว่า SADE ทำการปรับปรุงปัจจัยควบคุมค่า Weighing factor (F) และ Crossover rate (CR) ไม่จำเป็นต้องกำหนดไว้ล่วงหน้า ในระหว่างการวิวัฒนาการพารามิเตอร์ที่จะค่อยๆปรับตัวเองตามประสบการณ์การเรียนรู้ประสิทธิภาพการทำงาน โดยใช้วิธีทางฮิวริสติกที่ชื่อว่า Safe Adaptive Differential Evolution (SADE) มีรายงานเกี่ยวกับชุดของฟังก์ชั่น 25 มาตรฐาน ในกรณีของ CEC2005 โดยใช้ค่าพารามิเตอร์จริง

Chakraborty (2006) นำเสนอวิธีการใหม่ในการกลายพันธ์ของDE โดยหาการจำลองรูปแบบของ DE สองแบบ เพื่อทดสอบการกลายพันธ์ของ 3 ปัจจัย การนำเสนอนี้จะถูกแสดงให้เห็น

ว่านัยสำคัญทางสถิติที่ดีขึ้นกว่า 3 ปัจจัย สายพันธุ์ที่นิยมใน DE โดยใช้หกฟังก์ชั่นการทดสอบ เพื่อหามาตรการประสิทธิภาพเช่น วิธีการแก้ปัญหาที่มีคุณภาพ ระยะเวลาในการแก้ปัญหา ความถี่ในการแก้ปัญหา และขนาดของการแก้ปัญหา

Shaheen et al. (2011) ได้ทำการนำเสนอวิธีการใหม่บนเงื่อนไขของวิธีการของ DE เพื่อหาตำแหน่งที่เหมาะสมและการตั้งค่าของพารามิเตอร์ของตัวควบคุมการไหล (UPFC) สำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพของความปลอดภัยภายใต้กรณีมีเส้นเกิดเหตุฉุกเฉิน โดยเริ่มจากการวิเคราะห์เรื่องฉุกเฉินและการจัดอันดับกระบวนการที่อาจเกิดเหตุฉุกเฉินเพื่อกำหนดเส้นฉุกเฉินในระบบโดยพิจารณาเรื่องของการรับภาระโหลดเกินที่เส้นเหล่านั้นรับได้ ต่อมานำหลักการของ DE มาประยุกต์เพื่อหาตำแหน่งและการตั้งค่าพารามิเตอร์ โดยการจำลองกับระบบกำลัง IEEE 14-bus และ IEEE 30-bus พบว่าวิธีการที่นำมาแก้ปัญหาโดยใช้ DE สามารถให้ค่าคำตอบที่เหมาะสม ตำแหน่งที่จะเกิดการรับภาระโหลดเกิน และการไหลของไฟฟ้าต่ำสุดได้เมื่อนำมาทดสอบอย่างมีนัยสำคัญ

Dexuan zou et al. (2011) ได้ทำการพัฒนาวิธีการหาคำตอบของวิธี DE สำหรับการแก้ปัญหาการมอบหมายงานโดยได้ทำการปรับปรุง 2 ส่วนที่สำคัญของพารามิเตอร์ในขั้นตอนของ DE คือ Weighting Factor (F) และค่าของ Crossover Rate (CR) โดยใช้วิธีที่เรียกว่า Improve Differential Evolution (IDE) โดยให้ค่าของ F สามารถปรับค่าได้และค่าของ CR มีการเปลี่ยนค่าเป็นลักษณะเป็นขั้นๆ โดยได้เอาตัวอย่างของปัญหามาเปรียบเทียบคำตอบกับวิธี DE สองวิธีได้แก่ ODE และ JADE ผลปรากฏว่า IDE ที่พัฒนาขึ้นให้คำตอบดีกว่าทั้งสองวิธี ไม่ว่าจะเป็นลักษณะการลดต้นทุนและประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นในระบบ

Jazebi et al. (2011) ได้ทำการเปรียบเทียบผลของวิธีการหาคำตอบระหว่าง Differential Evolution Algorithm (DEA) กับ Particle Swarm Optimization (PSO) เพื่อแก้ปัญหาการจัดสรร การชดเชยการกระจายของไฟฟ้าสถิต (DSTATCOM) ในเครือข่ายการกระจายเมื่อมีการพิจารณาปรับโครงสร้างผลพบว่า DE ช่วยแก้ปัญหาการปรับโครงสร้างเครือข่ายของระบบการจัดจำหน่าย ในกรณีอื่น ๆ ได้การกระจายตัวของอุปกรณ์ FACTSในการกระจายเครือข่ายระบบที่มีความยืดหยุ่นในการส่งการกระจายกระแสแบบสลับ AC (DFACTS) และ DSTATCOM วิธีการนี้ได้สามารถหาขนาดที่เหมาะสมและที่ตั้งของ DSTATCOM และยังลดการสูญเสียการกระจายของเครือข่ายและแรงดัน จากข้อมูลการทดสอบสามารถสรุปได้ว่า วิธีการใช้ DSTATCOM และการปรับโครงสร้างเพื่อลดความสูญเสียของระบบและปรับปรุงรายละเอียดของแรงดันได้เป็นที่น่าพอใจ อีกทั้ง DE ยังถูกนำไปทดสอบในการศึกษาเครือข่ายการกระจายที่มีประสิทธิภาพสูงในการค้นหา คำนวณการจัดสรร DSTATCOM ในเครือข่ายการกระจายการพิจารณาปรับโครงสร้างซึ่งผลปรากฏว่าวิธี DE ให้ผลเป็นที่น่าพอใจเมื่อเทียบกับ PSO

Xianhui Zeng et al. (2012) ได้นำเสนอวิธี PUDDE หรือ วิธีพาเรโต้วิวัฒนาการแบบไม่ต่อเนื่อง ในการจัดการกับปัญหาการจัดสรรผู้ปฏิบัติงานที่เรียกว่าปัญหา Operator Allocation Problems (OAP) เพื่อการจัดสรรงานที่เหมาะสมกับการควบคุมความสมดุลของสายการประกอบเมื่อมีการสร้างฟังก์ชั่นเป้าหมายหลายวัตถุประสงค์และเงื่อนไข และไม่สามารถตัดสินใจได้ในวัตถุประสงค์เดียวได้ มีขั้นตอนคือใช้ วิธี DES Model ในการจำลองสถานการณ์ทั่วไปและใช้ PUDDE ในการแก้ปัญหา OAP โดยการปรับปรุงผู้ปฏิบัติงานมีสองแบบคือ ลดจำนวนหรือเพิ่มจำนวน ผลการทดลองสรุปได้ว่าวิธีการ PUDDE สามารถหาคำตอบได้อย่างมีประสิทธิภาพแต่อย่างไรก็ตามวิธีการนี้เหมาะกับการจัดสรรลดจำนวนผู้ปฏิบัติงาน หากเปรียบเทียบกับวิธีการ DE แบบเดิมแล้ว วิธีการ PUDDE จะมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าในกรณีการหาวัตถุประสงค์ที่มีการผสมผสานของสายงานการประกอบในปัญหาเดียวกัน

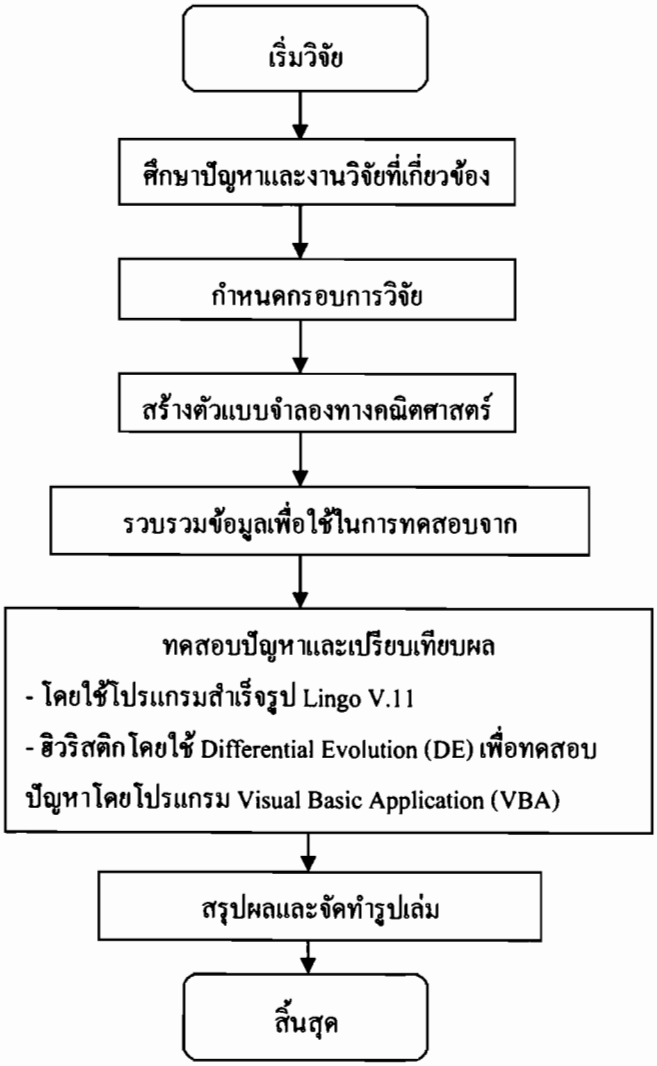
Kaelo and Ali (2006) ใช้ตัวเลขชุดปัญหาทั้งหมด 50 ชุดในการทดสอบการกลายพันธุ์ของ DE แบบเดิมและแบบใหม่ที่พัฒนาขึ้นพบว่า วิธีใหม่สามารถให้คำตอบที่ดีถึง 20 ชุดปัญหาจากการเปรียบเทียบในส่วนก่อนหน้านั้นค่อนข้างชัดเจนว่าขั้นตอนวิธีการใหม่ที่ดีกว่า DE แบบเดิม

Yang (2008a) ใช้วิธีการที่เรียกว่า การค้นหาพื้นที่ใกล้เคียง (NSDE) จะเสนอขึ้นอยู่กับลักษณะทั่วไปของกลยุทธ์การ NS ข้อดีของกลยุทธ์ NS ใน DE มุ่งเน้นไปที่การเปลี่ยนแปลงของขนาดขั้นตอนการค้นหาและความหลากหลายของประชากรหลังจากที่ใช้ค้นหาพื้นที่ใกล้เคียง ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า NSDE สามารถค้นหาคำตอบในพื้นที่คำตอบ มีค่าที่ใกล้เคียงกับคำตอบที่ดีที่สุด มากกว่าอัลกอริทึ่มอื่น ๆ ซึ่งเกี่ยวข้องกับความหลากหลายของฟังก์ชั่นของ NSDE มาตรฐานที่แตกต่างกัน ขยายขีดความสามารถของ NSDE โดยนำไปทดสอบกับจำนวนของปัญหามาตรฐานซึ่งมีมิติช่วง 50-200

จากการทบทวน งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธี DE เพื่อแก้ปัญหาทางวิศวกรรม จะเห็นได้ว่าวิธีการหาคำตอบของ DE สามารถให้ค่าของคำตอบที่เหมาะสมและมีระยะเวลาในการหาคำตอบที่เร็วกว่าวิธีการหาคำตอบอื่นๆ และมีขั้นตอนการหาคำตอบที่ไม่ซับซ้อน ดังนั้นในงานวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยจึงเลือกและนำหลักการหาคำตอบของวิธี DE มาประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบของงานวิจัย

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

สำหรับการดำเนินการวิจัยในการแก้ปัญหาการจัดสรรงาน แบบหลายระดับชั้น กรณีศึกษาระบบขนส่งมันสำปะหลังในเขตพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์ โดยผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยเพื่อแก้ปัญหาดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 ลำดับขั้นตอนแผนการดำเนินงานวิจัย

3.1 ระเบียบวิธีในการดำเนินการวิจัย

วิธีในการดำเนินการวิจัย เริ่มจากการศึกษาข้อมูลจากสภาพพื้นที่และที่ตั้งของกลุ่มเกษตรกร ลานมัน และโรงงานแป้งมันในเขตพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์ พร้อมทั้งปริมาณของผลผลิตมันสำปะหลัง เส้นทางในการขนส่งมันสำปะหลัง ราคารับซื้อ ราคาค่าขนส่งวัตถุดิบต่อหน่วย ลักษณะการขนส่ง การซื้อขายผลผลิต เพื่อจะนำมากำหนดสถานะของปัญหาในการวิจัยโดยกำหนดเป็นตัวแบบทางคณิตศาสตร์ในรูปของกำหนดการเชิงเส้นที่เป็นจำนวนเต็ม (Integer Linear Programming) ที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์ในการจัดสรรทรัพยากรกับตำแหน่งที่ตั้งในการขนส่งมันสำปะหลัง ภายใต้วัตถุประสงค์เป้าหมายเพื่อให้มีกำไรสูงสุด ที่เกิดขึ้นในโซ่อุปทานของการจัดสรรงานแบบหลายระดับชั้น ในระบบการขนส่งมันสำปะหลัง โดยรูปแบบดังแสดงในภาพที่ 1.2 จากนั้น ผู้วิจัยจะทำการสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์จากปัญหา ที่กำหนดแล้วและนำมาทดสอบปัญหาด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Lingo V.11 และวิธีการฮิวริสติก Differential Evolution (DE) จากปัญหาที่กำหนดและหาคำตอบ

3.2 การสร้างและวิธีการตรวจสอบเครื่องมือ

ผู้วิจัยได้สร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์และนำมาทดสอบปัญหาด้วยโปรแกรม สำเร็จรูป LingoV.11 เพื่อใช้ในการหาคำตอบการจัดสรรงานแบบหลายระดับชั้น ในระบบการขนส่งมันสำปะหลังเพื่อให้ได้ค่าที่ดีที่สุด ในกรณีนี้คือ การจัดสรรทรัพยากรกับตำแหน่งที่ตั้ง ได้ถูกนำมาใช้เพื่อเพิ่มกำไรสูงสุดและตรงกับวัตถุประสงค์ของปัญหาที่ตั้งไว้โดยข้อมูลดังกล่าวจะถูกประมวลผลผ่านระบบคอมพิวเตอร์ที่เป็นที่น่าเชื่อถือได้และนำผลมาเปรียบเทียบกับวิธีฮิวริสติก

3.3 สถานที่เก็บข้อมูล

ผู้วิจัยจะใช้สถานที่ในการเก็บข้อมูลจากปริมาณการปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกรและการรับซื้อมันสำปะหลังของลานมัน โรงงานแป้งมัน ในเขตพื้นที่อำเภอเมืองกาฬสินธุ์

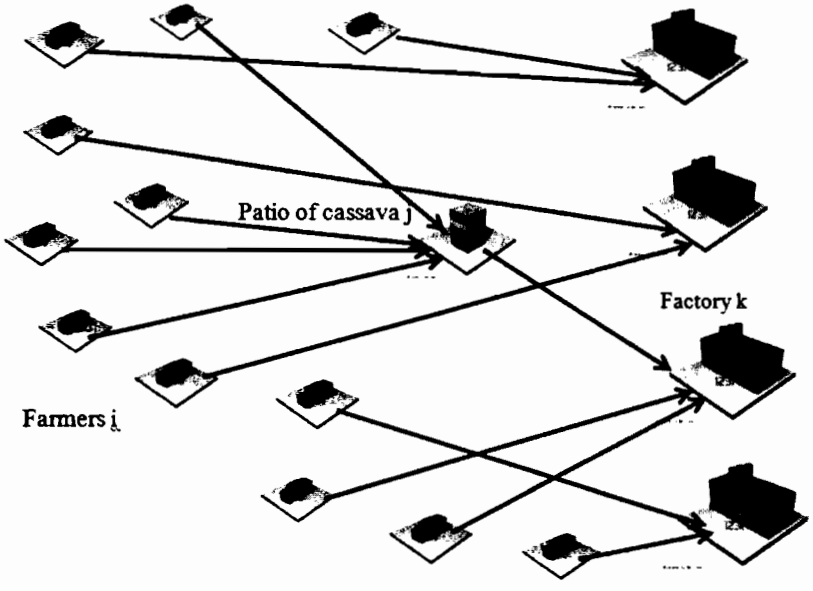
3.4 ขั้นตอนในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากปริมาณพื้นที่การปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกรในเขตพื้นที่อำเภอเมือง จำนวน 110 หมู่บ้านของจังหวัดกาฬสินธุ์ เพื่อที่จะนำมาพิจารณาในการเลือกส่งมันสำปะหลังไปยังลานมันและโรงงานแป้งมัน โดยมีข้อพิจารณาต่อในรายละเอียดต่อดังต่อไปนี้ได้แก่

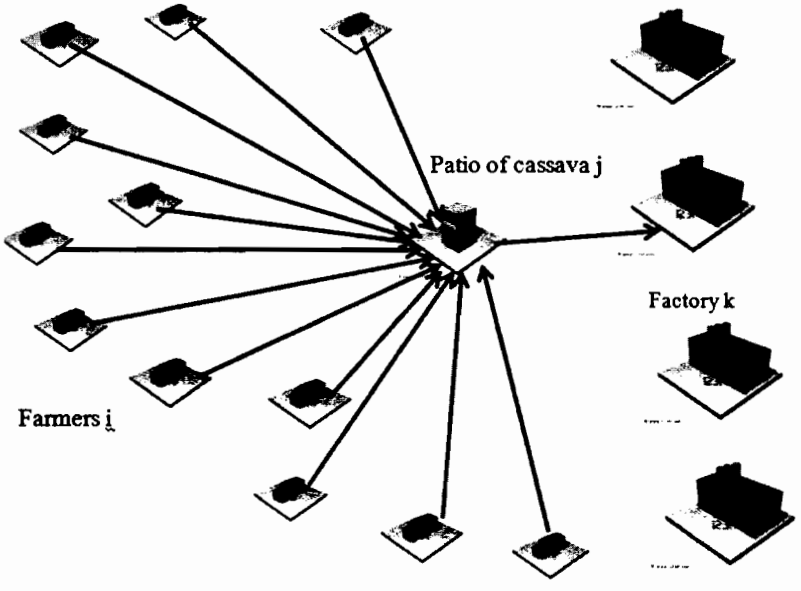
ราคาค่าขนส่งวัตถุดิบต่อหน่วย ราคารับซื้อของลานมัน และโรงงานแป้งมัน เพื่อก่อให้เกิดกำไรสูงสุดในการจัดสรรงาน แบบหลายระดับชั้น กรณีศึกษาระบบการขนส่งมันสำปะหลัง

3.5 ตัวแบบทางคณิตศาสตร์

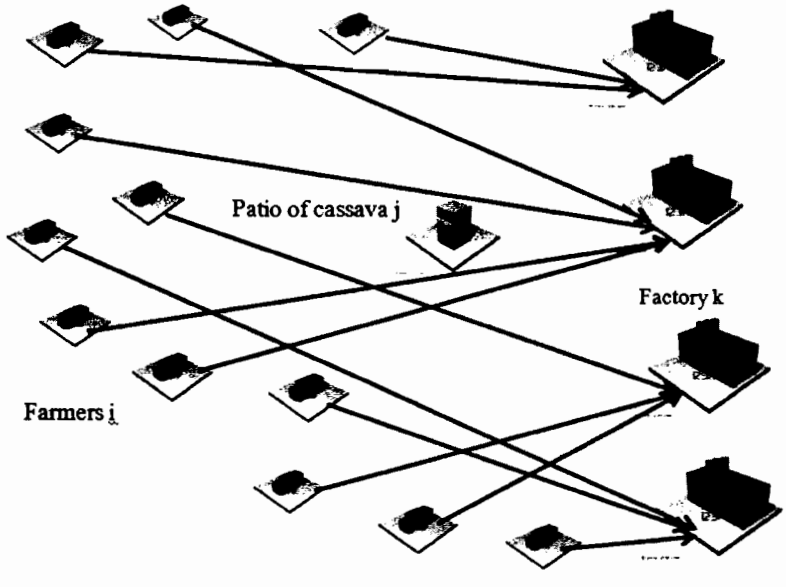
ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ ประกอบไปด้วยฟังก์ชั่นเป้าหมายและเงื่อนไขต่างๆและครอบคลุมไปถึงนิยามของดัชนีที่ใช้ ตัวแปรต่างๆสมมติฐานที่เกี่ยวข้องพร้อมทั้งคำอธิบายในแต่ละเงื่อนไข เพื่อให้เข้าใจถึงลักษณะของระบบการขนส่งมันสำปะหลังของกลุ่มเกษตร ซึ่งจะทำให้สามารถนำตัวแบบที่ได้นี้ไปประยุกต์ใช้ในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อหาคำตอบได้ต่อไป โดยในแบบจำลองมีการออกแบบรูปแบบปัญหาไว้ 3 กรณีโดยในตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นสามารถครอบคลุมได้ทั้งหมด ดังภาพที่ 3.2 ภาพที่ 3.3 และ ภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.2 กรณีเกษตรกรสามารถเลือกส่งวัตถุดิบไปยังลานมัน หรือโรงงานแป้งมันได้เพียง 1 แห่ง



ภาพที่ 3.3 กรณีเกษตรกรสามารถเลือกส่งวัตถุดิบไปลานมัน แล้วส่งต่อโรงงานแป้งมัน



ภาพที่ 3.4 กรณีเกษตรกรสามารถเลือกส่งวัตถุดิบให้โรงงานแป้งมัน โดยไม่ส่งไปลานมัน

จากภาพที่ 3.2 ภาพที่ 3.3 และภาพที่ 3.4 เกษตรกรหนึ่งรายสามารถเลือกส่งวัตถุดิบไปยังลานมัน หรือโรงงานแป้งมันได้เพียง 1 แห่งเท่านั้นเพราะโดยสภาพจริงแล้วหากเกษตรกรขนวัตถุดิบไปขาย จะไม่มีการการแบ่งขาย ดังนั้นเกษตรกรบางรายอาจจะเลือกส่งไปยังลานมัน อีกรายหนึ่งอาจจะเลือกส่งไปยังโรงงานแป้งมัน และในบางกรณีก็อาจจะส่งไปยังลานมันทั้งหมดหรือ

ส่งไปยังโรงงานแป้งมันทั้ง ลานรับซื้อมันเมื่อรับซื้อจนเต็มความจุแล้วก็ต้องนำไปขายต่อให้กับโรงงานแป้งมันจะเป็นลักษณะที่เลือกส่งโรงงานใดโรงงานหนึ่งเช่นเดียวกัน โดยการพิจารณาเรื่องราคารับซื้อมันสำปะหลัง คุณภาพของมันสำปะหลังจากการพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ของเพลี้ยแป้งพร้อมกับค่าขนส่งวัตถุดิบต่อหน่วยที่ต้องจ่ายในการขนส่งมันสำปะหลัง

3.6 กรณีศึกษาระบบการขนส่งมันสำปะหลัง ในเขตพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัด กาฬสินธุ์

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาเกี่ยวกับระบบการขนส่งมันสำปะหลัง จากแหล่งวัตถุดิบของเกษตรกร ไปยังลานมันและโรงงานแป้งมัน โดยข้อมูลที่ได้ ได้จากการลงพื้นที่หาข้อมูลจริงจากเกษตรกร และหลายหน่วยงานราชการในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์ ซึ่งปริมาณของวัตถุดิบทั้งหมดของแต่ละกลุ่มเกษตรกรนั้น แสดงอยู่ในภาคผนวก ก ตารางที่ ก.1 และตัวอย่างข้อมูลของปริมาณของวัตถุดิบสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ปริมาณผลผลิตมันสำปะหลังที่ได้จากแหล่งปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกร (สำนักงานเกษตรอำเภอเมืองกาฬสินธุ์, 2554)

ลำดับที่	แหล่งปลูกมันสำปะหลัง	ปริมาณมันสำปะหลัง (ตัน)
1	เทศบาลเมืองกาฬสินธุ์	1.48
2	บ้านโนนสำราญ	135.13
3	บ้านสิมลี	135.13
...	.....	.....
33	บ้านทุ่งมนพัฒนา	4.24
34	บ้านหนองหอยใหญ่	4.24
35	บ้านดงสว่าง	3.71
...	.....	.....
107	บ้านหาดทอง	10.13
108	บ้านหนองม่วง	10.13
109	บ้านอัมพวัน	10.13
110	บ้านปลาเค้าน้อย	10.13
	รวม	1838.01

ภาพที่ 3.5 ตำแหน่งของพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง ลานมัน และโรงงานแป้งมัน

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานเพื่อนำไปใช้ในการคำนวณ

3.7.1 ข้อมูลต้นทุนของระบบขนส่งมันสำปะหลัง

เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อให้ได้ระยะทางระหว่างแหล่งปลูกมันสำปะหลัง ลานมันและโรงงานแป้งมันเพื่อเป็นข้อมูลในการคำนวณหาต้นทุนในการขนส่งวัตถุดิบต่อหน่วย รวมถึงต้นทุนของการรับซื้อมันสำปะหลัง เพื่อหาผลของกำไรสูงสุดที่เกิดขึ้นในซัพพลายเชน ในการหาระยะทางของกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังไปยังลานมัน ของจำนวนเกษตรกร 110 หมู่บ้าน และระยะทางจากกลุ่มเกษตรกรไปยังโรงงานแป้งมัน รวมไปถึงระยะทางจากลานมันไปยังโรงงานแป้งมัน โดยหาได้จากข้อมูลที่ตั้ง จากตำแหน่งพิกัด X,Y โดยใช้โปรแกรม GIS และโปรแกรม Arc View 3.2a ดังแสดงในตารางที่ 3.2 ตารางที่ 3.3 และตารางที่ 3.4 ซึ่งในการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยใช้ข้อมูลจากจากตำแหน่งพิกัด X,Y นำมาทำการคำนวณหาระยะทางจากจุดไปจุดระยะทางของ เกษตรไปยังลานมัน และโรงงานแป้งมัน ลานมันไปยังโรงงานแป้งมัน เพื่อนำมาคิดเป็นต้นทุนของวัตถุดิบต่อหน่วยโดยใช้สูตรดังนี้

ต้นทุนวัตถุดิบต่อหน่วย = ระยะทางการขนส่ง X อัตราค่าขนส่งมันสำปะหลัง

โดยระยะทางที่ใช้ในการหาคำตอบเป็นระยะทางขจัด และอัตราค่าขนส่งที่ใช้ในการคำนวณ เป็นข้อมูลที่มาจากงานวิจัยของ ปรารถนา ปรารถนาดี และคณะ (2552) ที่สรุปว่า อัตราค่าขนส่งมันสำปะหลังโดยรวม จากการจ้างขนส่งปริมาณ 1 ตันโดยมีระยะการขนส่ง 1 กิโลเมตร จะมีอัตราค่าขนส่งเฉลี่ยที่ 6.01 บาทต่อตันต่อกิโลเมตร โดยทำการคำนวณ ณ ราคาขายปลีกน้ำมันดีเซลในช่วงเดือนมีนาคม- เมษายน พ.ศ. 2551 เท่ากับ 29.94 - 33.44 บาทต่อลิตร ซึ่งเป็นราคาในช่วงเดียวกันกับราคาน้ำมัน ณ เดือนกันยายน- ธันวาคม พ.ศ. 2554 ที่ผู้วิจัยทำการวิจัย (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2554) ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้จึงใช้อัตราค่าขนส่งเฉลี่ยที่ 6.01 บาทต่อตันต่อกิโลเมตร และผลการคำนวณค่าขนส่งวัตถุดิบต่อหน่วยของกลุ่มเกษตรกรไปยังลานมันและโรงงานแป้งมัน สามารถแสดงผลตัวอย่างของค่าขนส่งวัตถุดิบต่อหน่วยของกรณีศึกษาจริงในปัจจุบัน ดังตารางที่ 3.5 ตารางที่ 3.6 และตารางที่ 3.7 (ข้อมูลค่าขนส่งวัตถุดิบต่อหน่วยของกรณีศึกษาจริงทั้งหมด อยู่ในภาคผนวก ก ตารางที่ ก.3 ตารางที่ ก.4 และตารางที่ ก.5)

ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างตำแหน่งพิกัด X, Y ของกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกมันสำหลัง

กลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง	พิกัดX	พิกัดY
1. เทศบาลเมืองกาฬสินธุ์	16.435029	103.519144
2. บ้านโนนสำราญ	16.420381	103.558009
3. บ้านสิมลี	16.432134	103.564854
4. บ้านหนาดใต้	16.448104	103.571162
5. บ้านต้อน	16.42917	103.565047
6. บ้านต้อนใต้	16.425712	103.56303
7. บ้านหนองสาหร่าย	16.435591	103.557644
8. บ้านสะอาดสมศรี	16.418241	103.572943
.....	.....	.....
108. บ้านหนองม่วง	16.590193	103.451073
109. บ้านอัมพวัน	16.584012	103.446969
110. บ้านปลาเค้าน้อย	16.598807	103.468614

ตารางที่ 3.3 ตำแหน่งพิกัด X,Y ของลานมันสำปะหลัง

ลานมันสำปะหลัง	พิกัดX	พิกัดY
1. ลานมันหนองสอ	16.559238	103.509412

ตารางที่ 3.4 ตำแหน่งพิกัด X,Y ของโรงงานแป้งมัน

ลานมันสำปะหลัง	พิกัดX	พิกัดY
1. สยามโปรดักส์(1994)จำกัด	16.491707	103.522067
2. บริษัทเอเชียโมดิฟายด์สตาร์ชจำกัด	16.485391	103.559146
3. บริษัท จิรัฐพัฒนาการเกษตร	16.6123	103.513741
4. บริษัทเนชั่นแนลสตาร์ชแอนเคมิเคิล(ประเทศไทย)	16.56422	103.6642

ตารางที่ 3.5 ตัวอย่างค่าขนส่งวัตถุดิบต่อหน่วย จากกลุ่มเกษตรกรไปยังลานมันสำปะหลัง (บาทต่อตัน)

กลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง	ลานมันหนองสอ
1. เทศบาลเมืองกาฬสินธุ์	99.92
2. บ้านโนนสำราญ	117.99
3. บ้านสิมลี	111.21
4. บ้านหนาดใต้	101.96
5. บ้านต้อน	113.46
6. บ้านต้อนใต้	115.40
7. บ้านหนองสาหร่าย	106.44
8. บ้านสะอาดสมศรี	124.03
9. บ้านกกกอก	113.26
10. บ้านเหล็กใต้	117.58
.....	.....
108. บ้านหนองม่วง	52.97
109. บ้านอัมพวัน	53.88
110. บ้านปลาเค้าน้อย	45.58

ตารางที่ 3.6 ตัวอย่างค่าขนส่งวัตถุดิบต่อหน่วย จากกลุ่มเกษตรกรไปยังโรงงานแป้งมัน (บาทต่อตัน)

กลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง	สยามโปรดักส์ (1994) จำกัด	เอเชียโมดิฟายด์สตาร์ช จำกัด	จิรัฐพัฒนาการเกษตร	บริษัทเนชั่ลแนลสตาร์ช
1. เทศบาลเมืองกาฬสินธุ์	45.52	51.58	142.24	155.81
2. บ้านโนนสำราญ	64.06	52.15	157.96	143.41
3. บ้านสิมลี	58.82	42.96	150.20	132.57
4. บ้านหนาดใต้	52.66	31.42	139.51	119.35
5. บ้านต้อน	60.86	45.34	152.53	134.39
.....	.....	.....	.....	.....
105. บ้านสะอาดใต้	127.17	151.35	74.61	199.29
106. บ้านหนองสองห้อง	161.50	179.08	75.25	196.60
107. บ้านหาดทอง	117.44	134.70	35.22	161.79
108. บ้านหนองม่วง	97.37	120.74	53.30	172.23
109. บ้านอัมพวัน	95.43	119.79	58.16	174.98
110. บ้านปลาเค้าน้อย	96.00	116.38	37.78	159.33

ตารางที่ 3.7 ตัวอย่างค่าขนส่งวัตถุดิบต่อหน่วย จากลานมันหนองสอไปยังโรงงานแป้งมัน (บาทต่อตัน)

ลานมันสำปะหลัง	สยามโปรดักส์ (1994) จำกัด	เอเชียโมดิฟายด์สตาร์ช จำกัด	จิรัฐพัฒนาการเกษตร	บริษัทเนชั่ลแนลสตาร์ช
1. ลานมันหนองสอ	55.10	71.40	42.70	124.24

3.8 ทดสอบปัญหาและเปรียบเทียบผล

วิธีการทดสอบปัญหาการแก้ปัญหาการจัดสรรงาน แบบหลายระดับชั้น กรณีศึกษาระบบการขนส่งมันสำปะหลัง จะแยกวิธีการออกเป็น 2 วิธีคือ

3.8.1 ทดสอบปัญหาโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Lingo V.11

ในการทดสอบปัญหาด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Lingo V.11 จะใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยได้ออกแบบสร้างขึ้นสามารถครอบคลุมได้ทั้ง 3 กรณีดังภาพที่ 3.2 ภาพที่ 3.3

และ ภาพที่ 3.4 จากนั้นทำการสร้างตัวอย่าง เพิ่มเติมเพื่อเปรียบเทียบความแม่นยำของวิธีการ โดยการจำลองค่าพารามิเตอร์ โดยจะนำผลการทดลองมาเปรียบเทียบในด้านเศรษฐศาสตร์ และระยะเวลาในการหาคำตอบของแต่ละวิธี ในการทดลองทั้งสิ้น 5 กรณี ซึ่งมีขนาดของปัญหาที่แตกต่างกันดังตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 จำนวน กลุ่มเกษตรกร ลานมัน และโรงงานแป้งมัน ในแต่ละกรณีศึกษา

กรณีศึกษา	กลุ่มเกษตรกร (กลุ่ม)	ลานมัน (ลาน)	โรงงานแป้งมัน (โรงงาน)
1	99	12	4
2	200	24	8
3	800	36	12
4	800	36	36
5	800	72	36

3.8.2 ทดสอบปัญหาด้วยวิธีเมตาฮิวริสติกโดยใช้ Differential Evolution

วิธีหาคำตอบของปัญหาจะทำการประมวลผลผ่านคอมพิวเตอร์ที่มีหน่วยประมวลผลแบบ Intel(R) core(TM) 5 Duo CPU 2.30 GHzs หน่วยความจำ (RAM) 4.00 GB โดยทำการประมวลผลของคำตอบด้วย โปรแกรม Visual Basic Application (VBA)

ในการทดสอบกับปัญหาในงานวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดรูปแบบของการทดสอบของปัญหาออกเป็น 2 รูปแบบ คือ รูปแบบที่ 1 การทดสอบกับปัญหากรณีศึกษา และรูปแบบที่ 2 การทดสอบกับปัญหาตัวอย่างจำนวน 5 ตัวอย่าง

รูปแบบที่ 1 ใช้กลุ่มเกษตรกรที่ได้จากการเก็บข้อมูลจริง จำนวน 110 กลุ่ม ลานมัน จำนวน 1 ลาน และโรงงานแป้งมันจำนวน 4 โรงงาน และการจำลองสถานการณ์โดยทำการเพิ่มลานมันโดยเทคนิคศูนย์ถ่วง เพื่อหาที่ตั้งของลานมันใหม่จากข้อมูลจริง โดยใช้ตำแหน่งที่ตั้งของหมู่บ้านและผลผลิตของมันสำปะหลังเป็นตัวกำหนด ซึ่งในพื้นที่กรณีศึกษาผู้วิจัยได้ทำการแบ่งเขตของพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังออกเป็นทั้งสิ้น 11 เขตตามเขตรับผิดชอบของเทศบาล แล้วใช้จุดพิกัดทางภูมิศาสตร์ จำนวนผลผลิตของเกษตรแต่ละราย เป็นตัวกำหนดจุดของลานมันใหม่โดยการคำนวณจากสูตรต่อไปนี้

$$X_{CG} = \frac{\sum (X_i m_i)}{\sum m_i} \qquad Y_{CG} = \frac{\sum (Y_i m_i)}{\sum m_i}$$

(ปรับปรุงจาก ธนกร และระพีพันธ์, 2553)

XCG = พิกัดภูมิศาสตร์ x ของจุดศูนย์ถ่วงน้ำหนัก

YCG = พิกัดภูมิศาสตร์ y ของจุดศูนย์ถ่วงน้ำหนัก

Xi =พิกัดภูมิศาสตร์ x ของจุดศูนย์ถ่วงน้ำหนักตำแหน่ง i

Yi =พิกัดภูมิศาสตร์ y ของจุดศูนย์ถ่วงน้ำหนักตำแหน่ง i

mi = ผลผลิตของเกษตรกรตำแหน่งที่ i

เมื่อ i = 1,2,3,...n

จากสูตรการคำนวณ ผลการคำนวณหาที่ตั้งลานรับซื้อมันใหม่ ได้จำนวนลานลานใหม่ทั้งหมด จำนวน 11 ลาน จากจำนวน 11 เขตการผลิตมันสำปะหลังที่แบ่งตามความรับผิดชอบของแต่ละเทศบาลที่เพาะปลูกมันสำปะหลัง ซึ่งมีผล ทำให้กลุ่มเกษตรกรเหลือเพียง 99 กลุ่ม และโรงงานแป้งมัน จำนวน 4 โรงงาน ซึ่งสามารถแสดงตัวอย่างค่าขนส่งวัตถุดิบได้ดังตารางที่ 3.9 และ ตารางที่ 3.10 (ข้อมูลค่าขนส่งวัตถุดิบต่อหน่วยของกรณีของการเพิ่มลานมันด้วยวิธีเทคนิคศูนย์ถ่วง (CG) ทั้งหมด อยู่ในภาคผนวก ก ตารางที่ ก.3 ตารางที่ ก.4 และตารางที่ ก.5)

ดังนั้นในการทดสอบกับปัญหา จะใช้กลุ่มทดลองทั้งที่เป็นกรณีศึกษาจริงและจากการใช้เทคนิคศูนย์ถ่วง ทำให้ได้สองกลุ่มการทดลอง กลุ่มที่ 1 เกษตรกรจำนวน 110 กลุ่ม ลานมันจำนวน 1 ลาน และโรงงานแป้งมันอีก 4 โรงงาน กลุ่มการทดลองที่ 2 เกษตรกรจำนวน 99 กลุ่ม ลานมันจำนวน 12 ลาน และโรงงานแป้งมันอีก 4 โรงงาน เป็นผลการทดสอบของกรณีศึกษาจริง

รูปแบบที่ 2 สร้างกรณีศึกษาตัวอย่าง เพิ่มเติมเพื่อเปรียบเทียบความแม่นยำของวิธีการโดยการจำลองค่าพารามิเตอร์ โดยจะนำผลการทดลองมาเปรียบเทียบในด้านเศรษฐศาสตร์ และระยะเวลาในการหาคำตอบของแต่ละวิธี ในการทดลองทั้งสิ้น 5 กรณี ดังแสดงในตารางที่ 3.8 โดยวิธีการหาคำตอบของ DE มีขั้นตอนการหาคำตอบดังได้กล่าวไว้ในบทที่ 2

ตารางที่ 3.9 ตัวอย่างค่าขนส่งวัตถุดิบต่อหน่วย จากเกษตรไปยังลานมัน (บาทต่อตัน)

กลุ่มเกษตรกร	1.หนองสอ (ลานมันเดิม)	2.หนาด (ลานมันใหม่)	3.โนนสมบูรณ์ (ลานมันใหม่)	...	12.สะอาดนาทม (ลานมันใหม่)
1. เมืองกาฬสินธุ์	99.92	43.11	136.85	...	187.88
2. บ้านโนนสำราญ	117.99	24.74	156.56	...	212.19
3. บ้านสิมลี	111.21	13.89	149.93	...	206.89
4. บ้านหนาดใต้	101.96	0.13	140.62	...	199.01
5. บ้านต้อน	113.46	16.08	152.16	...	208.99
.....	.....	.....	.....	...	.....
97. บ้านหนองม่วง	52.97	149.17	32.05	...	52.04
98. บ้านอัมพวัน	53.88	147.63	36.93	...	55.73
99. บ้านปลาค้าน้อย	45.58	146.15	16.64	...	52.90

ตารางที่ 3.10 ค่าขนส่งวัตถุดิบต่อหน่วย จากลานมันไปยังโรงงานแป้งมัน (บาทต่อตัน)

ลานมันสำปะหลัง	สยามโปรดักส์ (1994) จำกัด	เอเชียโมดิฟายด์ สตาร์ช จำกัด	จิรัฐพัฒนาการเกษตร	บริษัทเนชั่นแนล สตาร์ช
1. ลานมันหนองสอ	55.10	71.40	42.70	124.24
2. บ้านหนาด	52.65	31.34	139.43	119.23
3. บ้านโนนสมบูรณ์	93.10	109.83	21.26	143.99
4. บ้านโนนเบี๋ญ	86.46	57.13	154.39	94.54
5. บ้านคงสว่าง	97.04	88.64	193.04	175.64
6. บ้านสว่าง	120.64	129.91	24.12	132.85
7. บ้านหนองกุงใต้	16.42	25.04	86.71	112.64
8. บ้านห้วยตูมเหนือ	163.36	139.73	156.60	35.61
9. บ้านโคกใหม่	79.59	75.66	51.55	77.44
10. บ้านหนองโพนพัฒนา	33.69	29.00	79.55	96.29
11. บ้านประปาสามัคคี	79.43	59.56	94.18	48.91
12. บ้านสะอาดนาทม	148.23	169.28	75.29	201.70

หลังจากที่ได้ผลจากการเปรียบเทียบผลของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ประมวลผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Lingo V.11 และวิธี Differential Evolution ผู้วิจัยจะได้นำผลของการทดลองเปรียบผลทั้งในกรณีศึกษาจริงและกรณีที่สร้างตัวอย่างเพิ่มเติมเพื่อทดสอบความแม่นยำของวิธีการที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ซึ่งผลการทดสอบที่ได้จะทำการเปรียบเทียบในเรื่องของกำไรสูงสุดที่ได้จากการจัดสรรวัตถุดิบและระยะเวลาในการคำนวณหาคำตอบ เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดจากการทดสอบ มาเป็นคำตอบของงานวิจัย

เมื่อดำเนินการตามกระบวนการที่จัดเตรียมแผนการดำเนินการวิจัยทั้งหมดแล้วผู้วิจัยจะรวบรวมงานทั้งหมด จัดพิมพ์และเข้ารูปเล่มตามรูปแบบวิทยานิพนธ์ และนำผลงานการวิจัยบางส่วนออกเผยแพร่ในวารสารวิชาการในลำดับต่อไป

บทที่ 4
การแก้ปัญหา กรณีศึกษา ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Lingo V.11

ในบทนี้ผู้วิจัยจะนำเสนอเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และผลการทดลอง จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Lingo V.11ในการประมวลผล ในการแก้ปัญหาการจัดสรรงานแบบหลายระดับชั้น กรณีศึกษาระบบการขนส่งมันสำปะหลัง โดยจะทำการทดสอบกับปัญหาจริงในกรณีศึกษาและ การสร้างตัวอย่างเพิ่มเติมในการเปรียบความแม่นยำกับวิธีการที่พัฒนาขึ้น

4.1 การสร้างตัวแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ตัวแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ประกอบไปด้วยฟังก์ชั่นเป้าหมายและเงื่อนไขต่างๆและครอบคลุมไปถึงนิยามของดัชนีที่ใช้ ตัวแปรต่างๆสมมติฐานที่เกี่ยวข้องพร้อมทั้งคำอธิบายในแต่ละเงื่อนไข เพื่อให้เข้าใจถึงลักษณะของระบบการขนส่งมันสำปะหลังของกลุ่มเกษตร โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆจากข้อมูลที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 ในการป้อนค่าในการหาคำตอบต่อไป

4.1.1 ดัชนี

i = จำนวนกลุ่มเกษตร i

j = ลานมันรับซื้อ j

k = โรงงานแป้งมัน k

4.1.2 ตัวแปรตัดสินใจ

X_{ij} = จำนวนวัตถุดิบมันสำปะหลังที่ขนจากกลุ่มเกษตรกร i ไปลานมัน j

Y_{ik} = จำนวนวัตถุดิบมันสำปะหลังที่ขนจากกลุ่มเกษตรกร i ไปโรงงานแป้งมัน k

G_{jk} = จำนวนวัตถุดิบมันสำปะหลังที่ขนจากลานมัน j ไปโรงงานแป้งมัน k

B_{ij} = 1 เมื่อมีการขนส่งวัตถุดิบจากแหล่งวัตถุดิบ i ไปยังลานมันรับซื้อ j

0 เมื่อเป็นกรณีอื่นๆ

F_{ik} = 1 เมื่อมีการขนส่งวัตถุดิบจากแหล่งวัตถุดิบ i ไปยังโรงงานแป้งมัน k

0 เมื่อเป็นกรณีอื่นๆ

L_{jk} = 1 เมื่อมีการขนส่งวัตถุดิบจากลานมันรับซื้อ j ไปยังโรงงานแป้งมัน k

0 เมื่อเป็นกรณีอื่นๆ

4.1.3 พารามิเตอร์

M_j = ราคารับซื้อวัตถุดิบต่อหน่วยที่ลานมัน j

N_k = ราคารับซื้อวัตถุดิบต่อหน่วยที่โรงงานแป้งมัน k

S_i = จำนวนวัตถุดิบที่กลุ่มเกษตรกร i ผลิตได้

C_j = จำนวนวัตถุดิบที่ลานมันรับซื้อ j รับซื้อได้สูงสุด

P_k = จำนวนวัตถุดิบที่โรงงานแป้งมัน k รับซื้อได้สูงสุด

D_{ij} = ต้นทุนต่อหน่วยในการขนวัตถุดิบจากแหล่งวัตถุดิบ i ไปลานมันรับซื้อ j

W_{ik} = ต้นทุนต่อหน่วยในการขนวัตถุดิบจากแหล่งวัตถุดิบ i ไปโรงงานแป้งมัน k

R_{jk} = ต้นทุนต่อหน่วยในการขนวัตถุดิบจากลานมันรับซื้อ j ไปโรงงานแป้งมัน k

4.1.4 สมการเป้าหมาย (Objectives)

$$\textbf{Maximize } Z = \left(\sum_{j=1}^{J}\sum_{i=1}^{I} M_j X_{ij} B_{ij}\right)+\left(\sum_{k=1}^{K}\sum_{i=1}^{I} N_k Y_{ik} F_{ik}\right)+\left(\sum_{k=1}^{K}\sum_{j=1}^{J}(N_k - M_j) G_{jk} L_{jk}\right)$$
$$-\left[\left(\sum_{j=1}^{J}\sum_{i=1}^{I} D_{ij} X_{ij} B_{ij}\right)+\left(\sum_{k=1}^{K}\sum_{i=1}^{I} W_{ik} Y_{ik} F_{ik}\right)+\left(\sum_{k=1}^{K}\sum_{j=1}^{J} R_{jk} G_{jk} L_{jk}\right)\right] \quad (3.1)$$

4.1.5 สมการขอบข่าย (Constraints)

Subject to;

$$\sum_{j=1}^{J} X_{ij} + \sum_{k=1}^{K} Y_{ik} = S_i \qquad \forall i \quad (3.2)$$

$$\sum_{j=1}^{J} X_{ij} \le C_j \qquad \forall j \quad (3.3)$$

$$\sum_{i=1}^{I} Y_{ik} + \sum_{j=1}^{J} G_{jk} \le P_k \qquad \forall k \quad (3.4)$$

$$\sum_{j=1}^{J} B_{ij} + \sum_{k=1}^{K} F_{ik} = 1 \qquad \forall i \qquad (3.5)$$

$$\sum_{i=1}^{I} X_{ij} = \sum_{k=1}^{K} G_{jk} \qquad \forall j \qquad (3.6)$$

$$\sum_{j=1}^{J} L_{jk} = 1 \qquad \forall j \qquad (3.7)$$

$$B_{ij} = \{0,1\} \qquad \forall ij \qquad (3.8)$$

$$F_{ik} = \{0,1\} \qquad \forall ik \qquad (3.9)$$

$$L_{jk} = \{0,1\} \qquad \forall jk \qquad (3.10)$$

$$X_{ij} \geq 0 \qquad \forall ij \qquad (3.11)$$

$$Y_{ik} \geq 0 \qquad \forall ik \qquad (3.12)$$

$$G_{jk} \geq 0 \qquad \forall jk \qquad (3.13)$$

สมการเป้าหมายประกอบด้วย 6 พจน์ (3.1) คือ พจน์ที่ (1) เป็นสมการต้นทุนของการรับซื้อมันสำปะหลังของลานมัน พจน์ที่ (2) และพจน์ที่ (3) สมการต้นทุนของการรับซื้อมันสำปะหลังของโรงงานแป้งมัน พจน์ที่ (4) เป็นสมการต้นทุนการขนส่งวัตถุดิบต่อหน่วยของเกษตรกรไปยังลานมัน พจน์ที่ (5) เป็นสมการต้นทุนการขนส่งวัตถุดิบต่อหน่วยของเกษตรกรไปยังโรงงานแป้งมัน และพจน์ที่ (6) เป็น เป็นสมการต้นทุนการขนส่งวัตถุดิบต่อหน่วยของลานมันไปยังโรงงานแป้งมัน

สมการเงื่อนไขประกอบไปด้วย สมการขอบข่ายที่ (3.2) เป็นสมการที่เป็นข้อจำกัดของปริมาณวัตถุดิบจากแหล่งปลูก i ไป j และ i ไป k จะต้องสมดุลกับปริมาณของวัตถุดิบที่มี ณ แหล่งปลูก i สมการขอบข่ายที่ (3.3) เป็นสมการที่ระบุว่าปริมาณวัตถุดิบ i จะถูกส่งไปยังลานมัน j ต้องไม่เกินความจุที่ลานมัน j รับได้ สมการขอบข่ายที่ (3.4) เป็นสมการที่ระบุว่าปริมาณวัตถุดิบ i ที่ถูก

ส่งไปยังโรงงานแป้งมัน k เมื่อรวมกับ ปริมาณวัตถุดิบ j ที่ส่งไปยังโรงงานแป้งมัน k ต้องไม่เกินความจุที่โรงงานแป้งมัน k รับได้ สมการขอบข่ายที่ (3.5) เป็นสมการตัวแปรตัดสินใจในการเลือกส่งวัตถุดิบของเกษตรกร i ไปยังลานมัน j หรือโรงงาน k ได้เพียง 1 แห่ง สมการขอบข่ายที่ (3.6) เป็นสมการสมดุลของลานมัน j เมื่อรับปริมาณวัตถุดิบจากเกษตรกร i มาแล้วต้องส่งต่อวัตถุดิบต่อไปยังโรงงานแป้งมัน k ทั้งหมด โดยไม่มีการเก็บคงคลัง สมการขอบข่ายที่ (3.7) เป็นสมการของตัวแปรการตัดสินใจในการเลือกส่งวัตถุดิบของลานมัน j ซึ่งสามารถเลือกส่งไปที่โรงงานแป้งมัน k ได้เพียง 1 แห่ง สมการขอบข่ายที่ (3.8 3.9 และ 3.10) เป็นสมการแสดงตัวแปรแบบไบนารี สมการขอบข่ายที่ (3.11 3.12 และ 3.13) เป็นสมการเงื่อนไขที่ระบุว่าค่าตัวแปรที่คำนวณได้ติดลบไม่ได้ หรือเรียกว่า Non -Negativity Constraint

4.2 ผลการทดลอง กับปัญหาจริงในกรณีศึกษา

ผลการคำนวณด้านเศรษฐศาสตร์ จากการทดสอบกับปัญหาจริงในกรณีศึกษาโดยใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่วิเคราะห์จากโปรแกรมสำเร็จรูป Lingo V. 11 แสดงรายละเอียดตาม ตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การส่งวัตถุดิบมันจากเกษตรกรไปยังลานมันและส่งต่อโรงงานแป้งมัน (ตัน)
(กรณีที่หนึ่ง ใช้กลุ่มเกษตรกรที่ได้จากการเก็บข้อมูลจริง จำนวน 110 กลุ่ม ลานมัน จำนวน 1 ลาน และโรงงานแป้งมันจำนวน 4 โรงงาน)

กลุ่มเกษตรกร	ลานมัน	โรงงานแป้งมัน
1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20, 21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40, 41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60 61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,71,72,73,74,75,76,77,78,79,80 81,82,83,84,85,86,87,88,89,90,91,92,93,94,95,96,97,98,99,100 101, 102, 103 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110 ส่งวัตถุดิบไปยังลานมันทุกกลุ่ม ไม่มีการส่งไปยังโรงงานแป้งมัน	รับวัตถุดิบจากกลุ่มเกษตรกรทุกกลุ่ม	โรงงานแป้งมัน 1 (สยามโปรดักส์ (1994) จำกัด) เป็นผู้รับซื้อวัตถุดิบทั้งหมดจากลานมัน

จากผลการทดลอง จะเห็นว่ากลุ่มเกษตรกรจะเลือกส่งวัตถุดิบให้กับลานมันโดยไม่ส่งไปที่โรงงานแป้งมันทำให้ได้กำไรทั้งหมดจากกรณีศึกษา 4,954,651 บาท ระยะเวลาที่ใช้ในการคำนวณ 10 วินาที จากกรณีศึกษาจริงข้างต้นผู้วิจัยจึงได้ทำการเพิ่มลานมันโดยเทคนิคศูนย์ถ่วง ที่อ้างอิงจาก

ข้อมูลจริง เพื่อหาที่ตั้งลานมันใหม่ จากแต่ละเทศบาลโดยใช้ตำแหน่งที่ตั้งของหมู่บ้านและผลผลิตของมันสำปะหลังเป็นตัวกำหนด โดยใช้สูตรของเทคนิคศูนย์ถ่วง ดังที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 โดยผลการคำนวณที่ตั้งลานรับซื้อมันใหม่ที่ได้ คือ จำนวน 11 ลาน กลุ่มเกษตรกร 99 กลุ่ม และโรงงานแป้งมัน จำนวน 4 โรงงาน โดยใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่วิเคราะห์จากโปรแกรมสำเร็จรูป Lingo V. 11 แสดงรายละเอียดตาม ตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 การส่งวัตถุดิบจากเกษตรกรไปยังลานมันและส่งต่อโรงงานแป้งมัน (ตัน)
(กรณีที่ สอง ใช้กลุ่มเกษตรกรที่ได้จากการใช้สูตรคำนวณ CG จำนวน 99 กลุ่ม ลานมัน จำนวน 12 ลาน และโรงงานแป้งมันจำนวน 4 โรงงาน)

กลุ่มเกษตรกร	ลานมัน	โรงงานแป้งมัน
1, 20,21,22,23,24,25,26,27 ,28,29,30,31 ,32,33,34, 35,36,37,38 , 49, 50,51, 52,53,54,55 , 75,76,77,78,79,81,82,83 ,94,95,96,97,98,99	ลานมันที่ 12 เป็นผู้รับวัตถุดิบ	ลานมันที่ 12 ส่งวัตถุดิบ มายังโรงงานแป้งมัน 3 (บริษัทจิรัฐพัฒนาการเกษตร)
2,3,4,5,6,7,8,9,1011,12,13,14,15,16,17,18, 19, 39,40,41,42,43,44,45,46,47,48, 56,57,58,59, 60,61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,71,72,73,74 ,84,85,86,87,88,89,90,91,92,93	ไม่มีการส่งวัตถุดิบ	กลุ่มเกษตรกรส่งวัตถุดิบ มายังโรงงานแป้งมัน 4 บริษัทเนชั่นแนลสตาร์ชแอนเคมิเคิล (ประเทศไทย)

จากตารางที่ 4.2 ผลการทดลอง จะเห็นว่ากลุ่มเกษตรกรจะมีการเลือกส่งวัตถุดิบไปที่ลานมันก่อนบางส่วน ก่อนที่จะถูกส่งไปที่โรงงานแป้งมัน โดยทำให้ได้กำไรทั้งสิ้นเท่ากับ 5,102,988 บาท ระยะเวลาที่ใช้ในการคำนวณ 57 วินาที

4.3 ผลการทดลองการสร้างตัวอย่างเพิ่มเติมเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบความแม่นยำของวิธีการ

ผลการทดลองนี้เป็นผลของการสร้างตัวอย่างเพิ่มเติมเพื่อใช้ในการเปรียบความแม่นยำกับวิธีการที่พัฒนาขึ้น ผู้วิจัยได้ทำการจำลองสถานการณ์ของปัญหาการจัดสรรงานแบบหลายระดับชั้น กรณีศึกษาระบบการขนส่งมันสำปะหลัง โดยค่าของพารามิเตอร์ในส่วนของการขยายปัญหา เป็นเพียงค่าที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น โดยใช้ โปรแกรม

สำเร็จรูป Lingo V. 11ในการหาคำตอบ โดยได้จำลองกรณีศึกษาเพิ่มเติมจากกรณีศึกษาเดิม ซึ่งมีกรณีศึกษาทั้งสิ้น 5 กรณีศึกษา ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 จำนวนกลุ่มเกษตรกร ลานมัน และโรงงานแป้งมัน ในแต่ละกรณีศึกษา

กรณีศึกษา	กลุ่มเกษตรกร(กลุ่ม)	ลานมัน(ลาน)	โรงงานแป้งมัน(โรงงาน)
1	99	12	4
2	200	24	8
3	800	36	12
4	800	36	36
5	800	72	36

จากตารางที่ 4.3 การสร้างตัวอย่างเพิ่มเติมเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบความแม่นยำของวิธีการผลของการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น แล้วใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Lingo V. 11 ในการหาคำตอบ สามารถแสดงผลของการหาคำตอบในแต่ละกรณีได้ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลของการหาคำตอบด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Lingo V.11 กับกรณีศึกษาตัวอย่าง

	ผลการหาคำตอบด้วยโปรแกรม Lingo V.11	
กรณีศึกษา	คำตอบ (บาท)	ระยะเวลา (วินาที)
1	5,102,988	57
2	46,192,800	135
3	182,812,000	200
4	183,032,000	250
5	183,416,000	358
เฉลี่ย	120,111,158	200

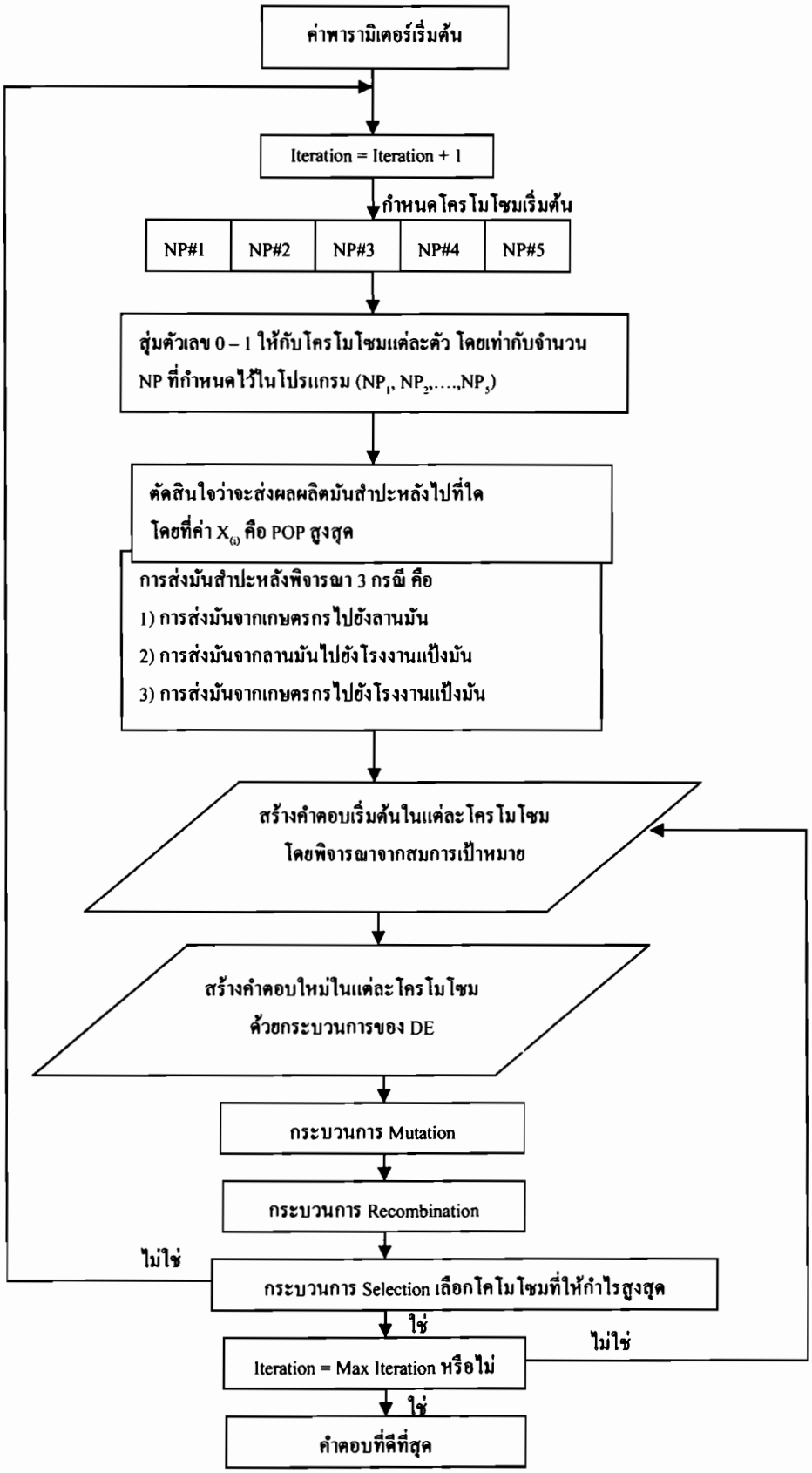
จากตารางที่ 4.4 พบว่า เมื่อขนาดของปัญหามีขนาดที่ใหญ่ขึ้น จะมีผลให้ระยะเวลาในการคำนวณ เพิ่มขึ้นตามขนาดของปัญหาที่ใหญ่ขึ้นอย่างชัดเจนตามขนาดของปัญหาที่เพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มที่สูงขึ้นเรื่อยๆ

บทที่ 5
การแก้ปัญหา กรณีศึกษา โดยใช้วิธี Differential Evolution (DE)

ในบทนี้ผู้วิจัยจะนำเสนอเกี่ยวกับการทดลองของวิธี Differential Evolution (DE) โดยใช้โปรแกรม Visual Basic Application (VBA) ในการประมวลผล ของการแก้ปัญหาการจัดสรรงานแบบหลายระดับชั้น กรณีศึกษาระบบการขนส่งมันสำปะหลัง โดยจะทำการทดสอบกับปัญหาจริงในกรณีศึกษาและ การสร้างตัวอย่างเพิ่มเติมในการเปรียบความแม่นยำกับวิธีการที่พัฒนาขึ้น

5.1 การประยุกต์ใช้วิธี Differential Evolution (DE) เพื่อแก้ปัญหาในงานวิจัย

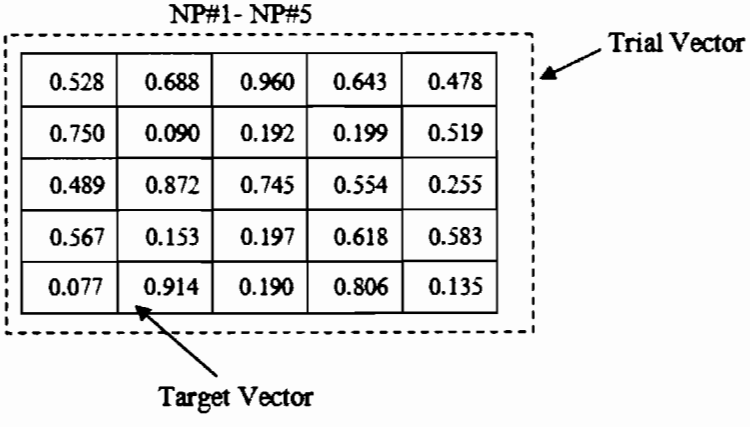
ในงานวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้วิธีการ DE มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในงานวิจัย โดยจากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในบทที่ 2 ซึ่งจะเห็นว่าวิธี DE เป็นวิธีการที่สามารถให้คำตอบที่ดีและเวลาในการหาคำตอบที่เหมาะสมและเป็นวิธีที่นักวิจัยกำลังให้ความสนใจ ซึ่งผู้วิจัยได้ออกแบบขั้นตอนการประยุกต์ไว้ดังแสดงในภาพที่ 5.1 โดยในขั้นตอนของกระบวนการนำวิธี DE มาประยุกต์ใช้กับงานวิจัย ผู้วิจัยได้นำโปรแกรม Visual Basic Application (VBA) มาใช้ในการประมวลผลของคำตอบเพื่อใช้ในการเปรียบผลการหาคำตอบ กับผลของคำตอบด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Lingo V.11



ภาพที่ 5.1 ขั้นตอนของวิธี Differential Evolution ของการหาคำตอบในงานวิจัย

5.1.1 การสร้างคำตอบเริ่มต้น (Number of Population (NP))

การสร้างคำตอบเริ่มต้นของวิธี DE ในงานวิจัยนี้เป็นการสร้างคำตอบใหม่โดยใช้ค่าที่ได้จาก การสร้างคำตอบเริ่มต้นโดยใช้โคโมโซมเริ่มต้น NP เท่ากับ 5 แล้วจะเลือกโคโมโซมมาเพียง 1 โคโมโซมจากจำนวน 5 โคโมโซม ซึ่งได้ผ่านการพิจารณาจากฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์แล้วว่าเป็นโคโมโซมที่ส่งผลให้เกิดกำไรสูงสุดในการจัดสรรวัตถุดิบจากเกษตรกรไปยังลานมันและโรงงานแป้งมัน มาเป็นโคโมโซมเริ่มต้นในการพัฒนาคำตอบใน DE ดังแสดงในภาพที่ 5.1 ซึ่งค่าทั้งหมดจะถูกเรียกว่า Trial Vector และตัวเลขสุ่มแต่ละตำแหน่งใน Trial Vector จะถูกเรียกว่า Target Vector โดยกำหนดค่าของ NP ของ DE มีจำนวนเท่ากับ 5 เช่นเดียวกับการสร้างคำตอบเริ่มต้นหมายความว่าทุกค่าของ NP จะเริ่มต้นด้วย Trial Vector ชุดเดียวกัน สามารถแสดงตัวอย่างลักษณะของตารางตัวเลขสุ่ม Trial Vector ได้ดังภาพที่ 5.2



ภาพที่ 5.2 ตัวอย่างลักษณะของตารางตัวเลขสุ่ม Trial Vector ของ NP#1- NP#5

5.1.2 กระบวนการ Mutation

หลังจากที่ได้ทำการสร้าง Trial Vector แล้วนำค่าของ Target Vector ทำการคำนวณหา Mutant Vector ($V_{i,G+1}$) ทีละค่า โดยสูตร Mutation

$$V_{i,G+1} = X_{r1,G} + F(X_{r2,G} - X_{r3,G})$$

เมื่อ

$X_{r1,G}$ = Target Vector

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

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

F = Weighting Factor

จากการศึกษางานวิจัยของ Dexuan zou และคณะ (2011) ที่ทำกรปรับปรุงค่า Weighting Factor (F) และค่าของ Crossover Rate (CR) โดยใช้วิธีที่เรียกว่า Improve Differential Evolution (IDE) ซึ่งพบว่า ค่า F และค่าของ CR ที่พัฒนาขึ้นให้คำตอบดีในการศึกษาซึ่งช่วยลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพของ การแก้ปัญหาการมอบหมายงาน ซึ่งค่า F ที่เขาใช้คือ 0.5 และค่าของ CR = 0.85 ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำค่า F และ CR จากงานวิจัยของ Dexuan zou มาทำการทดสอบกับปัญหา และทำการสร้างค่า F และ CR เพิ่มเติมเพื่อหาค่าของ F และ CR ที่เหมาะสมกับงานวิจัย โดยทำการทดสอบกับปัญหาจริงในกรณีศึกษา กลุ่มเกษตรกรจำนวน 110 กลุ่ม ลานมัน 1 ลาน และโรงงานแป้งมัน 4 โรงงาน โดยใช้รอบคำนวณ 1,000 รอบ ทำการรันโปรแกรม 5 ครั้งในแต่ละคู่ของค่า F กับ CR แล้วเลือกคำตอบที่ดีที่สุดในการรันทั้งหมด มาเป็นผลคำตอบ ดังแสดงได้ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ผลของการเปรียบเทียบคำตอบจากการทดสอบหาค่า F และ ค่า CR ที่เหมาะสมในงานวิจัยในกรณี เกษตรกร 110 กลุ่ม ลานมัน 1 ลาน และโรงงานแป้งมัน 4 โรงงาน

	CR							คำตอบของ
F	0.75	0.80	0.85	0.88	0.90	0.95	1.00	Lingo V.11
0.1	4,651,633	4,371,245	4,471,890	4,571,115	4,551,223	4,541,044	4,544,369	4,954,651
0.2	4,653,709	4,373,111	4,473,880	4,573,356	4,553,110	4,543,100	4,546,876	4,954,651
0.3	4,654,687	4,374,432	4,474,234	4,574,789	4,554,000	4,544,500	4,547,332	4,954,651
0.4	4,651,665	4,371,345	4,471,300	4,571,900	4,551,234	4,541,840	4,544,563	4,954,651
0.50	4,654,651	4,374,651	4,474,651	4,574,651	4,554,651	4,544,651	4,547,651	4,954,651
0.60	4,657,401	4,377,411	4,477,422	4,577,434	4,557,466	4,547,499	4,550,489	4,954,651
0.70	4,659,234	4,379,212	4,479,256	4,579,278	4,559,290	4,549,323	4,552,675	4,954,651
0.80	4,661,201	4,381,235	4,481,233	4,581,278	4,561,212	4,551,245	4,554,205	4,954,651
0.90	4,662,251	4,382,267	4,482,256	4,582,290	4,562,251	4,552,200	4,555,287	4,954,651
1.00	4,662,471	4,382,561	4,482,481	4,582,671	4,562,881	4,552,261	4,555,901	4,954,651
1.10	4,662,801	4,382,821	4,482,241	4,582,871	4,562,991	4,552,781	4,555,981	4,954,651
1.20	4,663,231	4,383,251	4,483,471	4,583,891	4,563,251	4,553,891	4,556,561	4,954,651
1.30	4,663,425	4,383,12	4,483,566	4,583,453	4,563,467	4,553,489	4,556,490	4,954,651

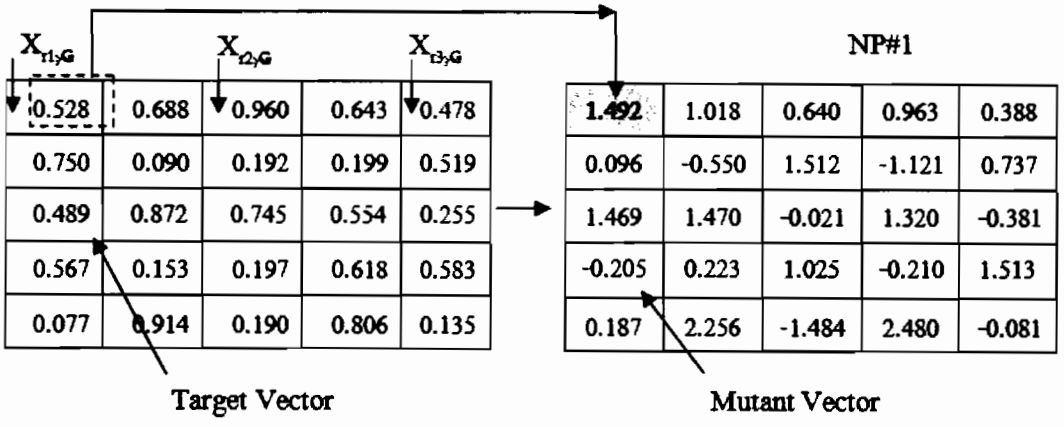
ตารางที่ 5.1 ผลของการเปรียบเทียบคำตอบจากการทดสอบหาค่า F และ ค่า CR ที่เหมาะสมในงานวิจัยในกรณี เกษตรกร 110 กลุ่ม ลานมัน 1 ลาน และโรงงานแป้งมัน 4 โรงงาน (ต่อ)

F	CR							คำตอบของ Lingo V.11
	0.75	0.80	0.85	0.88	0.90	0.95	1.00	
1.40	4,667,456	4,387,666	4,487,786	4,587,006	4,567,246	4,557,676	4,560,906	4,954,651
1.50	4,671,482	4,391,542	4,491,672	4,591,009	4,571,789	4,561,456	4,564,897	4,954,651
1.60	4,674,772	4,394,389	4,494,357	4,594,887	4,574,345	4,564,789	4,567,245	4,954,651
1.70	4,866,450	4,396,670	4,496,780	4,596,830	4,576,800	4,566,820	4,569,835	4,954,651
1.80	4,816,500	4,696,900	4,796,560	4,896,761	4,876,547	4,866,345	4,869,790	4,954,651
1.90	4,886,450	4,706,470	4,806,890	4,906,870	4,886,880	4,876,990	4,879,790	4,954,651
2.00	4,710,890	4,726,870	4,826,820	**4,926,800**	4,906,830	4,896,812	4,899,800	4,954,651

จากตารางที่ 5.1 พบว่า ผลของการเปรียบเทียบคำตอบจากการทดสอบหาค่า F และ ค่า CR ที่เหมาะสมในงานวิจัยในกรณีศึกษาจริงที่มีจำนวน กลุ่มเกษตรกร 110 กลุ่ม ลานมัน 1 ลาน และโรงงานแป้งมัน 4 โรงงาน จะเห็นได้ว่าค่า F และ ค่า CR ที่ให้คำตอบที่เหมาะสมเมื่อเทียบกับคำตอบจากโปรแกรม Lingo V.11 คือ F เท่ากับ 2 และ ค่า CR เท่ากับ 0.88 ที่รอบคำนวณจำนวน 1,000 รอบ ผลของการทดสอบ พบว่า วิธี DE ทำให้ได้กำไรทั้งหมดจากกรณีศึกษา 4,926,800 บาท ระยะเวลาที่ใช้ในการคำนวณ 7 วินาที ซึ่งตัวอย่างการ Mutation ของกระบวนการ DE สามารถอธิบายได้ดังนี้ เช่น ในค่าคำตอบของ NP#1 สมมติว่าเราต้องการหาค่าของ Mutant Vector จาก Target Vector ด้วยกระบวนการ Mutationในตำแหน่งที่ 1 ($X_{r1,G}$) ตำแหน่งของ $X_{r2,G}$ และ $X_{r3,G}$ ในสูตร Mutation จะเป็นตำแหน่งที่เกิดจากการสุ่มตำแหน่งในแถวแนวนอนเดียวกัน โดยตำแหน่งจะไม่ซ้ำกันกับตำแหน่งที่ทำการ Mutation สมมติว่าได้ตำแหน่งที่ 3 กับ ตำแหน่งที่ 5 ก็นำค่าตัวเลขสุ่มที่ได้นำไปคำนวณในในสูตรที่นี้จะได้ว่า

$$V_{1,G+1} = 0.528 + 2*(0.96 - 0.478) = 1.492$$

โดยจะต้องทำการคำนวณเปลี่ยนค่าของ Target Vector ให้เป็นค่า Mutant Vector ทุกค่า จากสูตรการคำนวณ ตัวอย่างการ Mutation สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 5.3



ภาพที่ 5.3 ตัวอย่างการคำนวณหาค่าของ Mutant Vector แต่ละค่า จากสูตรของ NP#1

5.1.3 กระบวนการ Recombination

เมื่อทำกระบวนการ Mutation จนหมดทุกค่าของ Mutant Vector และทุกคำตอบ NP ขั้นตอนต่อไปจะเป็นขั้นตอนการประสมสายพันธุ์ อันจะได้ทั้งสายพันธุ์ใหม่ของคำตอบที่ดีกว่าและแย่กว่าออกมาอย่างหลากหลาย เพื่อเฟ้นหาสายพันธุ์จากตัวแปรตัดสินใจใหม่ๆ โดยการสร้าง Trial Vector ($U_{i,G+1}$) มาใช้ในการตัดสินใจจากสูตร

$$V_{ji,G+1} \quad \text{if (randb (j)} \leq \text{CR) or j = rnbr(i)} \qquad (1)$$

$$X_{ji,G+1} \quad \text{if (randb(j) > CR) or j} \neq \text{rnbr(i)} \qquad (2)$$

โดยหากทำการเปรียบเทียบค่าของ Trial Vector กับค่า CR = Crossover Rate โดยการเปรียบเทียบทุกตำแหน่งที่อยู่ใน Target Vector ของแต่ละค่าของ NP โดยที่ค่าของ Trial Vector เป็นตารางตัวเลขสุ่ม 0 -1 โดยหากเปรียบเทียบแล้ว พบว่า ค่าของ Trial Vector มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าของCR จะทำให้การเลือกในตำแหน่งนั้นๆ เป็นค่าของ Mutant Vector ตามเงื่อนไขในสมการ (1) หากมีค่ามากว่าค่าของ CR ให้ใช้ค่า Target Vector ค่าเดิม ตามเงื่อนไขในสมการ(2)

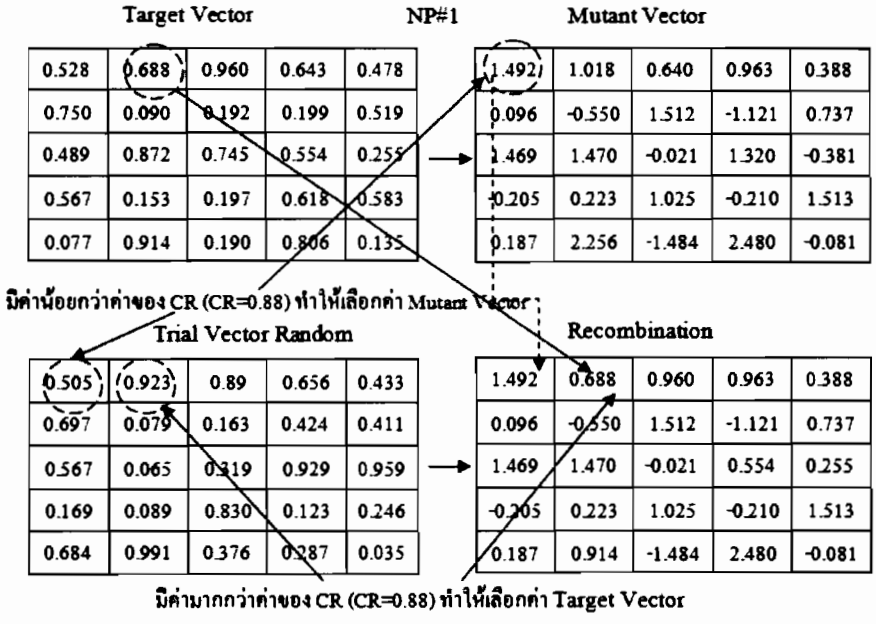
ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบหาค่า CR เพื่อหาค่าที่เหมาะสมพร้อมกับการหาจำนวนรอบการคำนวณในการแก้ปัญหาของงานวิจัย เนื่องจาก CR เป็นจำนวนจริงที่มีค่า 0 ถึง 1 ดังนั้น จากการทดสอบกับปัญหากรณีที่ใช้ กลุ่มเกษตรกรจำนวน 110 กลุ่ม ลานมัน 1 ลาน และโรงงานแป้งมัน 4 โรงงาน พบว่า ค่า F ที่เหมาะสมมีค่าเท่ากับ 2 และค่า CR เท่ากับ 0.88 จากผลการทดสอบดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้กำหนดค่า F เท่ากับ 2 โดยทำการทดสอบหาค่า CR เพื่อเป็นการยืนยันประสิทธิภาพของ ซึ่งการทดสอบหลายๆค่ากับปัญหา และจำนวนรอบการคำนวณโดยวิธี DE เพื่อ

เปรียบเทียบค่าคำตอบที่ให้คำตอบที่ดีเมื่อเปรียบเทียบผลคำตอบจากโปรแกรมสำเร็จรูป Lingo V.11 ซึ่งใช้กรณีศึกษาที่มีการจำลองค่าของพารามิเตอร์ซึ่งใช้กลุ่มเกษตรกรจำนวน 99 กลุ่ม ลานมัน 12 ลาน และโรงงานแป้งมัน 4 โรงงาน โดยผลการทดสอบสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 ผลการทดสอบหาค่า CR และรอบการคำนวณที่เหมาะสม ในงานวิจัยโดยใช้ค่า F =2

CR	จำนวนรอบคำนวณ					Lingo V.11
	50	100	200	500	1,000	
0.30	4,617,421.48	4,645,281.15	4,622,505.27	4,624,461.12	4,648,840.73	5,102,988.00
0.35	4,748,685.26	4,739,076.81	4,672,535.08	4,707,634.86	4,717,421.48	5,102,988.00
0.45	4,811,982.94	4,722,535.08	4,820,112.90	4,798,685.26	4,794,929.13	5,102,988.00
0.55	4,803,428.81	4,708,287.83	4,811,604.40	4,732,535.08	4,775,336.14	5,102,988.00
0.65	4,708,287.83	4,708,287.83	4,708,287.83	4,708,287.83	4,708,287.83	5,102,988.00
0.70	4,633,875.92	4,961,982.94	4,916,882.91	4,919,861.22	4,961,331.96	5,102,988.00
0.75	4,649,816.03	4,856,772.35	4,882,450.99	4,920,711.38	4,945,732.80	5,102,988.00
0.85	4,650,156.69	4,629,081.26	4,659,024.27	4,548,287.83	4,629,359.95	5,102,988.00
0.87	4,988,482.89	4,948,185.02	4,939,402.33	4,939,809.26	4,973,795.50	5,102,988.00
0.88	**4,988,809.89**	**5,080,887.84**	**5,087,139.84**	**5,080,693.10**	**5,087,873.00**	5,102,988.00
0.90	4,867,634.86	4,906,916.25	4,903,428.81	4,855,385.71	4,899,076.81	5,102,988.00

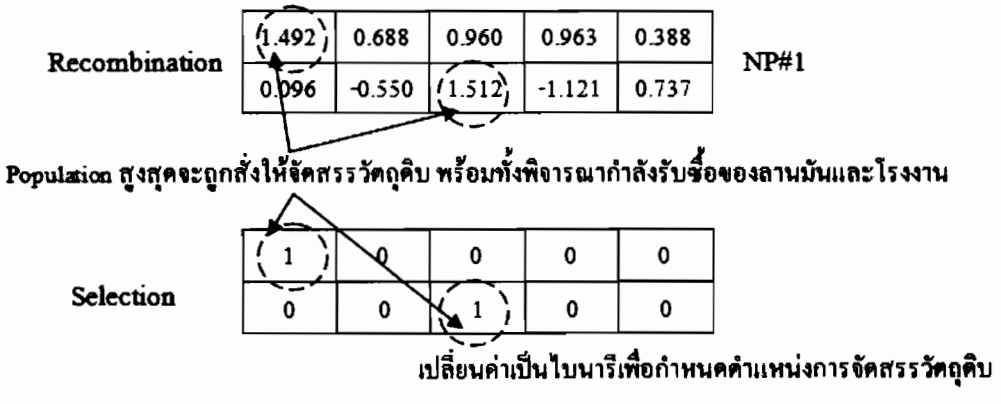
จากตารางที่ 5.2 ผลการทดสอบหาค่า Crossover Rate (CR) และรอบการคำนวณที่เหมาะสม ในงานวิจัยโดยใช้ค่า F =2 จะเห็นได้ว่าค่า CR ที่ให้คำตอบที่เหมาะสมเมื่อเทียบกับคำตอบจากโปรแกรม Lingo V.11 คือ 0.88 ที่รอบคำนวณจำนวน 1,000 รอบ ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้ค่า CR = 0.88 รอบคำนวณ 1,000 รอบในงานวิจัยครั้งนี้ โดยสามารถแสดงตัวอย่างการ Recombination ดังแสดงในภาพที่ 5.4



ภาพที่ 5.4 ตัวอย่างผลของการคำนวณของกระบวนการ Recombination ของ NP#1

5.1.4 กระบวนการ Selection

ในกระบวนการขั้นตอนการคัดเลือกประชากรในรุ่นต่อไป (G+1) โดยในงานวิจัยนี้ใช้การกำหนดให้การจัดสรรการขนส่งมันสำปะหลังของกรณีศึกษาโดยใช้ค่า Population สูงสุดจะถูกกำหนดให้ส่งทันที จากนั้นทำการเปรียบเทียบจากผลของคำตอบที่สามารถทำให้สมการวัตถุประสงค์ด้านกำไรสูงสุดจะทำการเลือกโครโมโซมนั้นเป็นคำตอบเพื่อจะถูกนำไปหาคำตอบในรุ่นต่อไป ดำเนินการซ้ำจากกระบวนการ Mutation, Recombination และ Selection จนครบทุก NP โดยที่ตัวอย่างการคัดเลือกประชากรเพื่อใช้เป็นคำตอบสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 5.5



ภาพที่ 5.5 ตัวอย่างการคัดเลือกประชากร ของ NP#1

5.1.5 เปรียบเทียบค่าของฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์

หลังจากดำเนินการตามขั้นตอนต่างๆของกระบวนการของ DE จะมีการพิจารณาเปรียบเทียบค่าของ NP แต่ละค่าเมื่อดำเนินการจนครบการวนรอบการคำนวณเพื่อเลือกค่าของ NP ที่เหมาะสมในการให้คำตอบในด้านเศรษฐศาสตร์ที่ส่งผลให้เกิดกำไรสูงสุดจากการจัดสรรมันสำปะหลัง ของกลุ่มเกษตรกร ลานมัน และโรงงานแป้งมัน เพื่อใช้เป็นคำตอบในการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการโปรแกรมสำเร็จรูป Lingo V.11 ต่อไป

5.2 ผลการทดลองจากวิธี การ Differential Evolution (DE) กับปัญหาจริงในกรณีศึกษา

การใช้วิธีฮิวริสติก Differential Evolution (DE) มาประยุกต์ใช้เข้ากับปัญหาเพื่อหาค่าเหมาะสมของคำตอบ โดยได้พิจารณาทั้ง 2 กรณี คือ กรณีที่ 1 จากสภาพปัญหาจริง ใช้กลุ่มเกษตรกรจำนวน 110 กลุ่ม ลานมัน 1 ลาน และโรงงานแป้งมัน 4 โรงงาน และ กรณีที่ 2 การเพิ่มลานมันด้วยเทคนิคศูนย์ถ่วง ซึ่งใช้กลุ่มเกษตรกรจำนวน 99 กลุ่ม ลานมัน 12 ลาน และโรงงานแป้งมัน 4 โรงงาน ซึ่งผลจากการประยุกต์ใช้ DE มาใช้ในคำนวณจำนวน 1,000 รอบ โดยทำการรันโปรแกรมจำนวน 5 ครั้งในแต่ละกรณีศึกษา แล้วเลือกคำตอบที่ดีที่สุดในการรันทั้งหมดมาเป็นผลคำตอบ ในกรณีที่ 1 ผลของการนำวิธี DE มาประยุกต์ใช้กับปัญหาแล้วจะทำให้ได้คำตอบ 4,926,800 บาท ระยะเวลาที่ใช้ในการคำนวณ 7 วินาที จำนวนการส่งวัตถุดิบ สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 5.3 และ ผลการหาคำตอบในกรณีที่ 2 ผลของการนำวิธี DE มาประยุกต์ใช้กับปัญหาแล้วจะทำให้ได้คำตอบ 5,087,873.00 บาท จำนวนการส่งวัตถุดิบ สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 5.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการคำนวณ 10 วินาที

ตารางที่ 5.3 การส่งวัตถุดิบจากเกษตรกรไปยังลานมันและส่งต่อโรงงานแป้งมัน
โดยการประยุกต์ใช้ Differential Evolution (DE) (ต้น) กับการแก้ปัญหากรณีที่ 1

กลุ่มเกษตรกร	ลานมัน	โรงงานแป้งมัน
1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17, 18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30, 31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42, 43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54 ,55,56,57,58,59,60	ไม่มีการส่งวัตถุดิบ	กลุ่มเกษตรกรส่ง วัตถุดิบ มายัง โรงงานแป้งมัน 1 สยามโปรดักส์(1994)จำกัด
61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,71,72,73, 74,75,76,77,78,79,8081,82,83,84,85,86, 87,88,89,90,91,92,93,94,95,96,97,98,99,100, 101, 102, 103 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110	รับวัตถุดิบจากกลุ่ม เกษตรกร	ลานมันส่ง วัตถุดิบ มายัง โรงงานแป้งมัน 2 บริษัทเอเชียโมดิฟายด์สตาร์ชจำกัด

ตารางที่ 5.4 การส่งวัตถุดิบจากเกษตรกรไปยังลานมันและส่งต่อโรงงานแป้งมัน
โดยการประยุกต์ใช้ Differential Evolution (DE) (ต้น) กับการแก้ปัญหากรณีที่ 2

กลุ่มเกษตรกร	ลานมัน	โรงงานแป้งมัน
11,1,14,18,21,27,28,30,32,33,41,45,51	ไม่มีการส่งวัตถุดิบ	กลุ่มเกษตรกรส่งวัตถุดิบ มายัง โรงงานแป้งมัน 1 สยามโปรดักส์ (1994)จำกัด
2,7,10,26,37,63,98	ไม่มีการส่งวัตถุดิบ	กลุ่มเกษตรกรส่งวัตถุดิบ มายัง โรงงานแป้งมัน 3 บริษัท จิรัฐพัฒนาการเกษตร
3,13,31,44,5466,80,83	ลานมันที่ 5 เป็น ผู้รับวัตถุดิบ	ลานมันที่ 5 ส่งวัตถุดิบ มายัง โรงงานแป้งมัน 4 บริษัทเนชั่ลแนลสตาร์ชแอนเคมิเคิล (ประเทศไทย)
50,65,70	ไม่มีการส่งวัตถุดิบ	กลุ่มเกษตรกรส่งวัตถุดิบ มายัง โรงงานแป้งมัน 4 บริษัทเนชั่ลแนลสตาร์ชแอนเคมิเคิล (ประเทศไทย)

ตารางที่ 5.4 การส่งวัตถุดิบจากเกษตรกรไปยังลานมันและส่งต่อโรงงานแป้งมัน
โดยการประยุกต์ใช้ Differential Evolution (DE) (ต่อ)

กลุ่มเกษตรกร	ลานมัน	โรงงานแป้งมัน
54,86	ลานมันที่ 4 เป็นผู้รับวัตถุดิบ	ลานมันที่ 4 ส่งวัตถุดิบ มายัง โรงงานแป้งมัน 2 บริษัทเอเชียโมดิฟายด์สตาร์ชจำกัด
49,52	ลานมันที่ 6 เป็นผู้รับวัตถุดิบ	ลานมันที่ 6 ส่งวัตถุดิบ มายัง โรงงานแป้งมัน 3 บริษัท จิรัฐพัฒนาการเกษตร
38,39,42,68,8288	ลานมันที่ 7 เป็นผู้รับวัตถุดิบ	ลานมันที่ 7 ส่งวัตถุดิบ มายัง โรงงานแป้งมัน 1 สยามโปรดักส์ (1994)จำกัด
15,19,22,40,43,67,74,78,99	ลานมันที่ 8 เป็นผู้รับวัตถุดิบ	ลานมันที่ 8 ส่งวัตถุดิบ มายัง โรงงานแป้งมัน 2 บริษัทเอเชียโมดิฟายด์สตาร์ชจำกัด
5,6,9,16,24,35,36	ลานมันที่ 9 เป็นผู้รับวัตถุดิบ	ลานมันที่ 9 ส่งวัตถุดิบ มายัง โรงงานแป้งมัน 4 บริษัทเนชั่ลแนลสตาร์ชแอนเคมิเคิล (ประเทศไทย)
8,25,57,60	ลานมันที่ 10 เป็นผู้รับวัตถุดิบ	ลานมันที่ 10 ส่งวัตถุดิบ มายัง โรงงานแป้งมัน 4 บริษัทเนชั่ลแนลสตาร์ชแอนเคมิเคิล (ประเทศไทย)
17,47,89	ลานมันที่ 11 เป็นผู้รับวัตถุดิบ	ลานมันที่ 11 ส่งวัตถุดิบ มายัง โรงงานแป้งมัน 1 สยามโปรดักส์ (1994)จำกัด
61,76,79,85	ลานมันที่ 12 เป็นผู้รับวัตถุดิบ	ลานมันที่ 12 ส่งวัตถุดิบ มายัง โรงงานแป้งมัน 1 สยามโปรดักส์ (1994)จำกัด
4,20,23,34,53,93,95	ลานมันที่ 3 เป็นผู้รับวัตถุดิบ	ลานมันที่ 3 ส่งวัตถุดิบ มายัง โรงงานแป้งมัน 1 สยามโปรดักส์ (1994)จำกัด

ตารางที่ 5.4 การส่งวัตถุดิบจากเกษตรกรไปยังลานมันและส่งต่อโรงงานแป้งมัน
โดยการประยุกต์ใช้ Differential Evolution (DE) (ต่อ)

กลุ่มเกษตรกร	ลานมัน	โรงงานแป้งมัน
48,59,73,75,91,97	ลานมันที่ 1 เป็นผู้รับวัตถุดิบ	ลานมันที่ 1 ส่งวัตถุดิบ มายัง โรงงานแป้งมัน 3 บริษัท จิรัฐพัฒนาการเกษตร
12,69,71,96	ลานมันที่ 2 เป็นผู้รับวัตถุดิบ	ลานมันที่ 2 ส่งวัตถุดิบ มายัง โรงงานแป้งมัน 2 บริษัทเอเชียโมดิฟายด์สตาร์ชจำกัด

5.3 ผลการทดลองการสร้างตัวอย่างเพิ่มเติมเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบความแม่นยำของวิธีการ

ผลการทดลองนี้เป็นผลของการสร้างตัวอย่างเพิ่มเติมเพื่อใช้ในการเปรียบความแม่นยำกับวิธีการที่พัฒนาขึ้น ผู้วิจัยได้ทำการจำลองสถานการณ์ของปัญหาการจัดสรรงานแบบหลายระดับชั้น กรณีศึกษาระบบการขนส่งมันสำปะหลัง โดยค่าของพารามิเตอร์ในส่วนของการขยายปัญหา เป็นเพียงค่าที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น โดยการนำวิธี Differential Evolution ในการหาคำตอบโดยใช้โปรแกรม Visual Basic Application (VBA) ในการประมวลผล ซึ่งมีกรณีศึกษาทั้งสิ้น 5 กรณีศึกษา ดังตารางที่ 5.4 โดยใช้ค่า F =2 และCR = 0.88 รอบในการหาคำตอบคือ 1,000 รอบ

ตารางที่ 5.5 จำนวนกลุ่มเกษตรกร ลานมัน และโรงงานแป้งมัน ในแต่ละกรณีศึกษา

กรณีศึกษา	กลุ่มเกษตรกร(กลุ่ม)	ลานมัน (ลาน)	โรงงานแป้งมัน(โรงงาน)
1	99	12	4
2	200	24	8
3	800	36	12
4	800	36	36
5	800	72	36

จากตารางที่ 5.5 เมื่อทำการสร้างตัวอย่างเพิ่มเติมเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบความแม่นยำของวิธีการด้วย วิธี Differential Evolution (DE) โดยใช้โปรแกรม Visual Basic Application (VBA)

ในการประมวลผล โดยการวนรอบหาคำตอบจำนวน 1,000 รอบในการหาคำตอบนั้น สามารถแสดงผลของการหาคำตอบในแต่ละกรณีได้ดังตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.6 ผลของการหาคำตอบด้วยวิธี DE ในการทดสอบกับกรณีศึกษาตัวอย่าง

	ผลการหาคำตอบด้วยวิธี DE	
กรณีศึกษา	**คำตอบ (บาท)**	**ระยะเวลา (วินาที)**
1	5,011,988	10
2	46,050,800	14
3	182,796,000	18
4	183,025,820	24
5	183,381,840	58
เฉลี่ย	120,053,290	25

จากตารางที่ 5.6 จากการทดลองพบว่า เมื่อขนาดของปัญหามีขนาดที่ใหญ่ขึ้น จะมีผลให้ระยะเวลาในการคำนวณของวิธี DE เพิ่มขึ้นตามขนาดของปัญหาที่ใหญ่ขึ้นแต่ระยะเวลาในการคำนวณยังคงมีค่าที่ต่ำเฉลี่ย 25 วินาที

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

ในบทนี้ผู้วิจัยจะนำเสนอผลการทดลอง จากการวิเคราะห์จากปัญหาการจัดสรรงานแบบหลายระดับชั้น กรณีศึกษาระบบการขนส่งมันสำปะหลัง ทั้ง 2 วิธี ดังได้กล่าวมาดังรายละเอียดในขั้นตอนการดำเนินการวิจัย โดยการเปรียบคำตอบจากโปรแกรมสำเร็จรูป Lingo V.11 กับ วิธีการของ Differential Evolution (DE) ในตัวปัญหาจริงของกรณีศึกษา และการสร้างตัวอย่างเพิ่มเติมเพื่อทดสอบความแม่นยำของวิธี DE โดยจะนำผลการทดลองมาเปรียบเทียบในด้านเศรษฐศาสตร์ และระยะเวลาในการหาคำตอบ

6.1 เปรียบเทียบผลวิเคราะห์กับปัญหาจริงในกรณีศึกษา

จากผลการคำนวณด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Lingo V. 11 กับวิธี DE ในกรณีแก้ปัญหาเดียวกัน ในกรณีที่ 1 ใช้กลุ่มเกษตรกร จำนวน 110 กลุ่ม ลานมัน จำนวน 1 ลาน และโรงงานแป้งมัน จำนวน 4 โรงงาน ผลการคำนวณด้วยโปรแกรม Lingo V. 11 จะทำให้ได้กำไรทั้งสิ้น เท่ากับ 4,954,651 บาท ระยะเวลาคำนวณ 7 วินาที การขนส่งวัตถุดิบ สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 6.1 และผลของการคำนวณด้วยวิธี Differential Evolution ได้คำตอบ 4,926,800 บาท ระยะเวลาคำนวณ 10 วินาที การขนส่งวัตถุดิบไปยังลานมัน และโรงงานแป้งมัน สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 6.2 จากผลการเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่าวิธีการของ DE ที่นำมาแก้ปัญหา ให้คำตอบที่ใกล้เคียงกับคำตอบที่ได้จากโปรแกรมสำเร็จรูป Lingo V. 11 เทียบเป็นเปอร์เซ็นต์เฉลี่ย 0.562 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 6.1 การส่งวัตถุดิบจากเกษตรกรไปยังลานมันและส่งต่อโรงงานแป้งมัน (ตัน)

กลุ่มเกษตรกร	ลานมัน	โรงงานแป้งมัน
1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20, 21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40, 41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60 61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,71,72,73,74,75,76,77,78,79,80 81,82,83,84,85,86,87,88,89,90,91,92,93,94,95,96,97,98,99,100 101, 102, 103 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110	รับวัตถุดิบจาก กลุ่มเกษตรกร ทุกกลุ่ม	โรงงานแป้งมัน 1 (สยามโปรดักส์ (1994) จำกัด) เป็นผู้รับซื้อวัตถุดิบทั้งหมด จากลานมัน

ตารางที่ 6.2 การส่งวัตถุดิบจากเกษตรกรไปยังลานมันและส่งต่อโรงงานแป้งมัน โดยการประยุกต์ใช้ Differential Evolution (DE) (ต้น) (ต่อ)

กลุ่มเกษตรกร	ลานมัน	โรงงานแป้งมัน
1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17, 18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30, 31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42, 43 ,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56 ,57,58,59,60	ไม่มีการส่งวัตถุดิบ	กลุ่มเกษตรกรส่ง วัตถุดิบ มายัง โรงงานแป้งมัน 1 สยามโปรดักส์(1994)จำกัด
61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,71,72,73, 74,75,76,77,78,79,8081,82,83,84,85,86, 87,88,89,90,91,92,93,94,95,96,97,98,99,100, 101, 102, 103 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110	รับวัตถุดิบจากกลุ่ม เกษตรกร	ลานมันส่ง วัตถุดิบ มายัง โรงงานแป้งมัน 2 บริษัทเอเชียไมดิฟายด์สตาร์ชจำกัด

ผลการเปรียบเทียบในกรณีที่ 2 ใช้กลุ่มเกษตรกร จำนวน 99 กลุ่ม ลานมัน จำนวน 12 ลาน และโรงงานแป้งมันจำนวน 4 โรงงาน ผลการคำนวณด้วยโปรแกรม Lingo V. 11 จะทำให้ได้กำไรทั้งสิ้น เท่ากับ 5,102,988 บาท ระยะเวลาคำนวณ 57 วินาทีและผลของการคำนวณด้วยวิธี DE ได้คำตอบ 5,087,873.00 บาท ระยะเวลาคำนวณ 10 วินาที โดยปริมาณการขนส่งวัตถุดิบไปยังลานมัน และโรงงานแป้งมัน สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 6.3 และตารางที่ 6.4 จากผลการเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่า วิธีการของ DE ที่นำมาแก้ปัญหา ให้คำตอบที่ใกล้เคียงกับคำตอบที่ได้จากโปรแกรมสำเร็จรูป Lingo V. 11 เทียบเป็นเปอร์เซ็นต์เฉลี่ย 1.78 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 6.3 แสดงการส่งวัตถุดิบจากเกษตรกรไปยังลานมันและส่งต่อโรงงานแป้งมัน (ต้น)

กลุ่มเกษตรกร	ลานมัน	โรงงานแป้งมัน
1,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34, 35,36,37,38 , 49, 50,51,52,53,54,55, 75,76,77,78,79,81,82,83,94,95,96,97,98,99	ลานมันที่ 12 เป็น ผู้รับวัตถุดิบ	ลานมันที่ 12 ส่งวัตถุดิบ มายัง โรงงานแป้งมัน 3 (บริษัทจิรัฐพัฒนาการเกษตร)
2,3,4,5,6,7,8,9,1011,12,13,14,15,16,17,18, 19, 39,40,41,42,43,44,45,46,47,48, 56,57,58,59, 60,61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,71,72,73,74 ,84,85,86,87,88,89,90,91,92,93	ไม่มีการส่ง วัตถุดิบ	กลุ่มเกษตรกรส่งวัตถุดิบ มายัง โรงงานแป้งมัน 4 บริษัทเนชั่นแนลสตาร์ชแอนเคมิเคิล (ประเทศไทย)

ตารางที่ 6.4 การส่งวัตถุดิบจากเกษตรกรไปยังลานมันและส่งต่อโรงงานแป้งมัน โดยการประยุกต์ใช้ Differential Evolution (DE) (ต่อ)

กลุ่มเกษตรกร	ลานมัน	โรงงานแป้งมัน
11,1,14,18,21,27,28,30,32,33,41,45,51	ไม่มีการส่งวัตถุดิบ	กลุ่มเกษตรกรส่งวัตถุดิบ มายัง โรงงานแป้งมัน 1 สยามโปรดักส์ (1994)จำกัด
2,7,10,26,37,63,98	ไม่มีการส่งวัตถุดิบ	กลุ่มเกษตรกรส่งวัตถุดิบ มายัง โรงงานแป้งมัน 3 บริษัท จิรัฐพัฒนาการเกษตร
3,13,31,44,5466,80,83	ลานมันที่ 5 เป็นผู้รับวัตถุดิบ	ลานมันที่ 5 ส่งวัตถุดิบ มายัง โรงงานแป้งมัน 4 บริษัทเนชั่ลแนลสตาร์ชแอนเคมิเคิล (ประเทศไทย)
50,65,70	ไม่มีการส่งวัตถุดิบ	กลุ่มเกษตรกรส่งวัตถุดิบ มายัง โรงงานแป้งมัน 4 บริษัทเนชั่ลแนลสตาร์ชแอนเคมิเคิล (ประเทศไทย)
54,86	ลานมันที่ 4 เป็นผู้รับวัตถุดิบ	ลานมันที่ 4 ส่งวัตถุดิบ มายัง โรงงานแป้งมัน 2 บริษัทเอเชียโมดิฟายด์สตาร์ชจำกัด
49,52	ลานมันที่ 6 เป็นผู้รับวัตถุดิบ	ลานมันที่ 6 ส่งวัตถุดิบ มายัง โรงงานแป้งมัน 3 บริษัท จิรัฐพัฒนาการเกษตร
38,39,42,68,8288	ลานมันที่ 7 เป็นผู้รับวัตถุดิบ	ลานมันที่ 7 ส่งวัตถุดิบ มายัง โรงงานแป้งมัน 1 สยามโปรดักส์ (1994)จำกัด
15,19,22,40,43,67,74,78,99	ลานมันที่ 8 เป็นผู้รับวัตถุดิบ	ลานมันที่ 8 ส่งวัตถุดิบ มายัง โรงงานแป้งมัน 2 บริษัทเอเชียโมดิฟายด์สตาร์ชจำกัด
5,6,9,16,24,35,36	ลานมันที่ 9 เป็นผู้รับวัตถุดิบ	ลานมันที่ 9 ส่งวัตถุดิบ มายัง โรงงานแป้งมัน 4 บริษัทเนชั่ลแนลสตาร์ชแอนเคมิเคิล (ประเทศไทย)

ตารางที่ 6.4 การส่งวัตถุดิบจากเกษตรกรไปยังลานมันและส่งต่อโรงงานแป้งมัน โดยการประยุกต์ใช้ Differential Evolution (DE) (ต่อ)

กลุ่มเกษตรกร	ลานมัน	โรงงานแป้งมัน
8,25,57,60	ลานมันที่ 10 เป็นผู้รับวัตถุดิบ	ลานมันที่ 10 ส่งวัตถุดิบ มายัง โรงงานแป้งมัน 4 บริษัทเนชั่ลแนลสตาร์ชแอนเคมิเคิล (ประเทศไทย)
17,47,89	ลานมันที่ 11 เป็นผู้รับวัตถุดิบ	ลานมันที่ 11 ส่งวัตถุดิบ มายัง โรงงานแป้งมัน 1 สยามโปรดักส์ (1994)จำกัด
61,76,79,85	ลานมันที่ 12 เป็นผู้รับวัตถุดิบ	ลานมันที่ 12 ส่งวัตถุดิบ มายัง โรงงานแป้งมัน 1 สยามโปรดักส์ (1994)จำกัด
4,20,23,34,53,93,95	ลานมันที่ 3 เป็นผู้รับวัตถุดิบ	ลานมันที่ 3 ส่งวัตถุดิบ มายัง โรงงานแป้งมัน 1 สยามโปรดักส์ (1994)จำกัด
48,59,73,75,91,97	ลานมันที่ 1 เป็นผู้รับวัตถุดิบ	ลานมันที่ 1 ส่งวัตถุดิบ มายัง โรงงานแป้งมัน 3 บริษัท จิรัฐพัฒนาการเกษตร
12,69,71,96	ลานมันที่ 2 เป็นผู้รับวัตถุดิบ	ลานมันที่ 2 ส่งวัตถุดิบ มายัง โรงงานแป้งมัน 2 บริษัทเอเชียโมดิฟายด์สตาร์ชจำกัด

6.2 เปรียบเทียบความแม่นยำกับวิธีการที่พัฒนาขึ้น

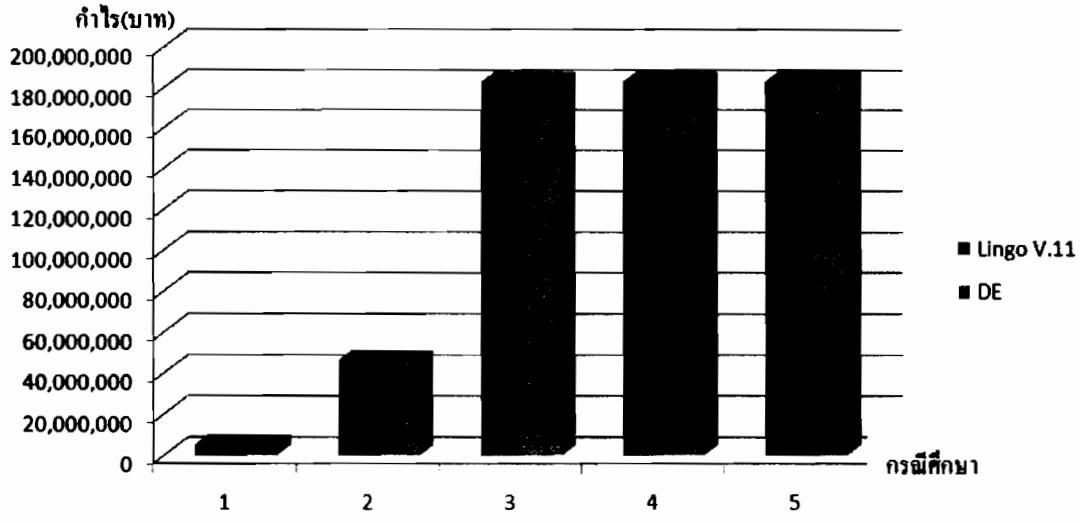
ผลของการเปรียบเทียบการหาคำตอบของการสร้างตัวอย่างเพิ่มเติมเพื่อใช้ในการเปรียบความแม่นยำกับวิธีการที่พัฒนาขึ้น ผู้วิจัยได้ทำการจำลองสถานการณ์ของปัญหาการจัดสรรงานแบบหลายระดับชั้น กรณีศึกษาระบบการขนส่งมันสำปะหลัง โดยค่าของพารามิเตอร์ในส่วนของการขยายปัญหา เป็นเพียงค่าที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการวิจัยเปรียบเทียบผลของ วิธี Differential Evolution (DE) กับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Lingo V. 11ในการหาคำตอบ ซึ่งผู้วิจัยได้ออกแบบขั้นตอนในการหาคำตอบของวิธี DE โดยได้จำลองกรณีศึกษาเพิ่มเติมจากกรณีศึกษาเดิม ซึ่งมีกรณีศึกษาทั้งสิ้น 5 กรณีศึกษา ดังตารางที่ 4.4 และ5.5 โดยรอบในการหาคำตอบคือ 1,000 รอบ

จากการสร้างตัวอย่างเพิ่มเติมเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบระหว่างของ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Lingo V.11 ในการประมวลผลกับวิธี Differential Evolution (DE) โดยใช้โปรแกรม Visual Basic Application (VBA) โดยการวนรอบหาคำตอบจำนวน 1,000 รอบในการหาคำตอบนั้น สามารถแสดงผลของการหาคำตอบในแต่ละกรณีได้ดังตารางที่ 6.5

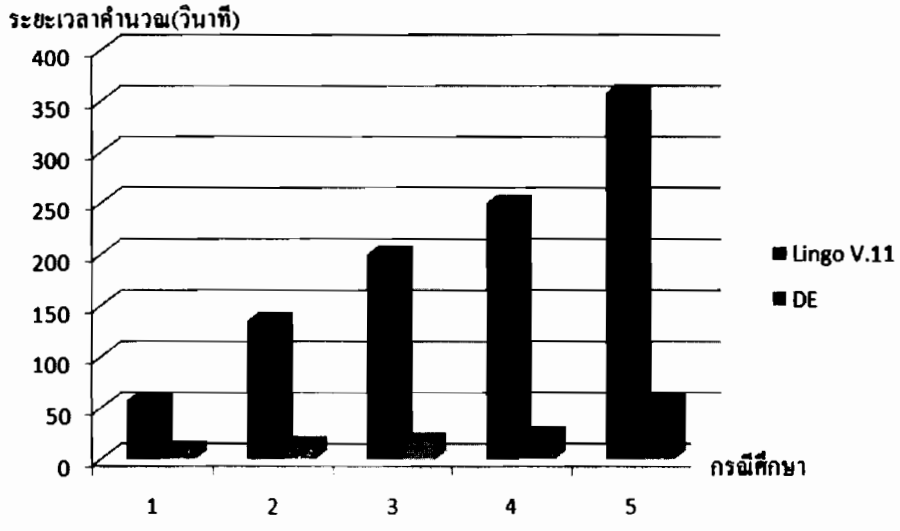
ตารางที่ 6.5 ผลของคำตอบของการใช้การหาคำตอบด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Lingo V.11 และ ผลการหาคำตอบด้วยวิธี DE ในแต่ละกรณีศึกษา

กรณีศึกษา	ผลการหาคำตอบด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Lingo V.11		ผลการหาคำตอบด้วย Differential evolution		ความแตกต่างของคำตอบ (%)	
	คำตอบ (บาท)	ระยะเวลา (วินาที)	คำตอบ (บาท)	ระยะเวลา (วินาที)	คำตอบ	ระยะเวลา
1	5,102,988	57	5,011,988	10	1.78	82.46
2	46,192,800	135	46,050,800	14	0.30	89.63
3	182,812,000	200	182,796,000	18	0.008	91
4	183,032,000	250	183,025,820	24	0.003	90.4
5	183,416,000	358	183,381,840	58	0.0186	83.80
เฉลี่ย	120,111,158	200	120,053,290	25	0.424	87.46

จากตารางที่ 6.5 เมื่อมีการสร้างตัวอย่างเพิ่มเติมเพื่อขนาดของปัญหา พบว่า ขนาดของปัญหาในการทดลองที่ต่างกัน มีผลทำให้การประมวลผล ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Lingo V.11 ใช้ระยะเวลาในการหาคำตอบที่มากขึ้นตามขนาดของปัญหา โดยที่วิธีการของ DE ยังคงที่สามารถหาคำตอบในระยะเวลาที่น่าพอใจ ถึงแม้ว่าขนาดของปัญหาจะมีขนาดที่ใหญ่ขึ้นก็ตาม โดยผลของการเปรียบเทียบในด้านคุณภาพของคำตอบและระยะเวลาในการหาคำตอบ สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 6.1 และ ภาพที่ 6.2



ภาพที่ 6.1 ผลของการเปรียบเทียบค่าคำตอบของกรณีศึกษาโดยใช้การหาคำตอบด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Lingo V.11 และวิธี DE



ภาพที่ 6.2 ผลของการเปรียบเทียบด้านเวลาของการหาคำตอบในแต่ละกรณีศึกษา ของการหาคำตอบด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Lingo V.11 และ วิธี DE

6.3 สรุปผลการวิจัย

จากทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีข้อสรุปที่ตรงกันว่า ปัญหาการจัดสรรทรัพยากรนับเป็นปัญหาที่มีความยุ่งยากซับซ้อนปัญหาหนึ่งและจัดเป็นปัญหาเอ็นพีฮาร์ด (NP-Hard) กล่าวคือเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหามีอัตราส่วนเพิ่มขึ้นแบบเอกโปเนนเชียลกับขนาดของปัญหาที่เพิ่มขึ้น

ดังนั้นการใช้วิธีการค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดกับปัญหานี้นั้นจะมีความยุ่งยากซับซ้อน การประยุกต์ใช้วิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด (Exact Method) หรือใช้เทคนิค Linear Programming อาจกระทำได้ยากหรือไม่สามารถกระทำได้เลย เมื่อจำนวนตัวแปรตัดสินใจเพิ่มจำนวนมากขึ้นอย่างรวดเร็ว จนบางครั้งอาจไม่สามารถหาขอบเขตต่ำสุดและสูงสุดได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ประยุกต์ใช้วิธีการเมตาฮิว-ริสติกที่มีชื่อเรียกว่า " Differential Evolution (DE)" เพื่อแก้ปัญหาของกรณีศึกษาในครั้งนี้

ในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาและพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาการจัดสรรงาน แบบหลายระดับชั้น กรณีศึกษา ระบบการขนส่งมันสำปะหลัง ในเขตพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์ โดยการเปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นในการแก้ปัญหาแล้วประมวลผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Lingo V. 11 กับวิธี Differential Evolution โดยใช้โปรแกรม Visual Basic Application (VBA) ในการประมวลผล

ผลการทดลองพบว่า จากการคำนวณคำตอบด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Lingo V. 11 กับวิธีการของ Differential Evolution (DE) ในกรณีแก้ปัญหาเดียวกัน ในกรณีที่ 1 ใช้กลุ่มเกษตรกร จำนวน 110 กลุ่ม ลานมัน จำนวน 1 ลาน และโรงงานแป้งมันจำนวน 4 โรงงานนั้น ผลการคำนวณด้วยโปรแกรม Lingo V. 11 จะทำให้ได้กำไรทั้งสิ้น เท่ากับ 4,954,651 บาท และผลของการคำนวณด้วยวิธี Differential Evolution (DE) ได้คำตอบ 4,926,800 บาท จากผลการเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่าวิธีการของ DE ที่พัฒนาขึ้น ให้คำตอบที่ดี มีค่าผิดพลาดของคำตอบเฉลี่ย 0.562 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับคำตอบที่ได้จากโปรแกรมสำเร็จรูป Lingo V. 11 และมีระยะเวลาคำนวณที่สั้นกว่าเฉลี่ย 30 เปอร์เซ็นต์ และผลการเปรียบเทียบในกรณีที่ 2 ใช้กลุ่มเกษตรกร จำนวน 99 กลุ่ม ลานมัน จำนวน 12 ลาน และโรงงานแป้งมันจำนวน 4 โรงงาน ผลการคำนวณด้วยโปรแกรม Lingo V. 11 จะทำให้ได้กำไรทั้งสิ้น เท่ากับ 5,102,988 บาท และผลของการคำนวณด้วยวิธี Differential Evolution ได้คำตอบ 5,087,873.00 บาท ผลการเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่าวิธีการของ DE ที่พัฒนาขึ้น ให้คำตอบที่ดี มีค่าผิดพลาดของคำตอบเฉลี่ย 1.78 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับคำตอบที่ได้จากโปรแกรมสำเร็จรูป Lingo V. 11 และมีระยะเวลาคำนวณที่สั้นกว่าเฉลี่ย 82.46 เปอร์เซ็นต์

การสร้างตัวอย่างเพิ่มเติมเพื่อเปรียบเทียบความแม่นยำของวิธี DE กับการแก้ปัญหาโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Lingo V. 11 จำนวน 5 กรณีศึกษา พบว่า คุณภาพของการหาคำตอบด้วย DE สามารถให้คำตอบที่น่าพอใจในทุกกรณีศึกษา โดยผลการทดลองเป็นดังนี้ 1) การเปรียบเทียบคุณภาพของคำตอบ ในกรณีที่ 1 ค่าความแตกต่างของคำตอบเฉลี่ย 1.78 เปอร์เซ็นต์ กรณีที่ 2 ค่าความแตกต่างของคำตอบเฉลี่ย 0.30 เปอร์เซ็นต์ กรณีที่ 3 ค่าความแตกต่างของคำตอบเฉลี่ย 0.008 เปอร์เซ็นต์ กรณีที่ 4 ค่าความแตกต่างของคำตอบเฉลี่ย 0.003 เปอร์เซ็นต์ และกรณีที่ 5 ค่าความแตกต่างของคำตอบเฉลี่ย 0.0186 เปอร์เซ็นต์ 2) ระยะเวลาในการคำนวณคำตอบ ในกรณีที่ 1 วิธี DE

ใช้เวลาคำนวณ 10 วินาที โปรแกรม Lingo ใช้เวลา 57 วินาที ในกรณีที่ 2 วิธี DE ใช้เวลาคำนวณ 14 วินาที โปรแกรม Lingo ใช้เวลา 135 วินาที ในกรณีที่ 3 วิธี DE ใช้เวลาคำนวณ 18 วินาที โปรแกรม Lingo ใช้เวลา 200 วินาที ในกรณีที่ 4 วิธี DE ใช้เวลาคำนวณ 24 วินาที โปรแกรม Lingo ใช้เวลา 250 วินาที และในกรณีที่ 5 วิธี DE ใช้เวลาคำนวณ 58 วินาที โปรแกรม Lingo ใช้เวลา 358 วินาที

จะเห็นได้ว่าการสร้างตัวอย่างเพิ่มเติมเพื่อเปรียบเทียบความแม่นยำของวิธี DE นั้น เมื่อขนาดของปัญหามีขนาดที่ใหญ่จะส่งผลให้ระยะเวลาของการประมวลผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Lingo V. 11 มีค่าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย แต่วิธี DE ยังคงมีระยะเวลาในการหาคำตอบที่สั้นกว่า โดยมีค่าความแตกต่างของคำตอบทั้ง 5 กรณีเฉลี่ย 0.424 เปอร์เซ็นต์ และค่าความแตกต่างของเวลาเฉลี่ย 87.46 เปอร์เซ็นต์

สรุปได้ว่าวิธี DE ที่ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาขึ้นมาแก้ปัญหาการจัดสรรงาน แบบหลายระดับชั้น กรณีศึกษา ระบบการขนส่งมันสำปะหลัง ในเขตพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์ มีประสิทธิภาพที่ดีทั้งในเรื่องของคุณภาพของคำตอบ และระยะเวลาในการคำนวณ

6.4 ข้อเสนอแนะ

แนวทางการพัฒนาและทำการศึกษา การแก้ปัญหาการจัดสรรงาน แบบหลายระดับชั้น กรณีศึกษาระบบขนส่งมันสำปะหลัง ในเขตพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์ ในอนาคตควรจะมุ่งเน้นทำการศึกษาดังนี้

6.4.1 ควรศึกษาการจัดเส้นทางยานพาหนะในการขนส่งมันสำปะหลังโดยการเพิ่ม เรื่องของเวลาในการขนส่งแต่ละเที่ยว มีขนาดของความจุของรถขนส่งมาเกี่ยวข้อง

6.4.2 เพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ฮิวริสติก Differential Evolution (DE)ในการแก้ไขปัญหาเพื่อให้ผลลัพธ์ของคำตอบดีขึ้น โดยควรปรับปรุงในขั้นตอนของการ Mutation และ Recombination ให้มีการเปรียบเทียบหลายๆแบบเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของคำตอบให้กับวิธีการหาคำตอบของ Differential Evolution

6.4.3 ควรเพิ่มจำนวนของประชากรเริ่มต้นในขั้นตอนของวิธี DE ให้มีปริมาณที่มากพอในการหาคำตอบหรือมีปริมาณที่เท่ากับจำนวนของกลุ่มตัวอย่างเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการหาคำตอบให้กับวิธี DE

6.4.4 ควรศึกษาฮิวริสติกหลายๆวิธี เพื่อนำมาแก้ไขปัญหาในการเลือก จัดสรรทรัพยากรเป็นลักษณะการผสมผสานวิธีการหรือเปรียบเทียบเพื่อหาฮิวริสติกที่ดี มีประสิทธิภาพเหมาะกับการแก้ปัญหา

6.4.5 งานวิจัยนี้จะไม่เกิดประโยชน์หาก หน่วยงาน และผู้ที่เกี่ยวข้อง เกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง ผู้ประกอบการลานมัน และเจ้าของโรงงานแป้งมัน ไม่นำไปใช้กับการแก้ไขปัญหาจริง ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำได้แค่เสนอแนะให้ผู้ที่เกี่ยวข้องรับไว้พิจารณาเท่านั้น

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

กมลชนก สุทธิวาทนฤพุฒิ และคณะ. การจัดการโลจิสติกส์. กรุงเทพฯ : แมรคอฮิล อินเตอร์เนชั่นแนลเอ็นเตอร์ไพรส์ อิงค์, 2546.

จรุงสิทธ์ ลิ่มศิลา และ อัจฉรา ลิ่มศิลา. "ประวัติและความสำคัญ", ใน เอกสารวิชาการมันสำปะหลัง เอกสารวิชาการลำดับที่ 7/2547. กรุงเทพฯ : หจก.ไอเดีย สแควร์, 2547.

จำลอง เจียมจำนรรจา. "มันสำปะหลัง". พืชเศรษฐกิจ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2547.

เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับมันสำปะหลัง. กรุงเทพฯ : มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย, 2546.

ณกร อินทร์พยุง. การแก้ปัญหาการตัดสินใจอุตสาหกรรมการขนส่งและลอจิสติกส์. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น (มหาชน), 2548.

คนัย ศุภาหาร. "พฤกษศาสตร์และพันธุศาสตร์ของมันสำปะหลัง",ใน เอกสารวิชาการมันสำปะหลัง. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, 2537.

ธนกร จันทร์ทอง และระพีพันธ์ ปีตาคะโส. "การใช้เทคนิคศูนย์ถ่วงในการหาทำเลที่ตั้งโรงงานเอทานอล จากมันสำปะหลังและอ้อย ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง",ใน เอกสารการประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ 2553 (IE-Network 2010). น. 340 (SCM 18). อุบลราชธานี : โรงแรมสุนีย์แกรนด์ แอนด์ คอนเวนชั่นเซ็นเตอร์ .

บุญสม ศิริโสภณา. "การมอบหมายงาน", จุลสารเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง. 6(2) : 80-91 ; กันยายน-พฤศจิกายน, 2550.

ปรารถณา ปรารถนาดี และคณะ. รายงานวิจัย การจัดการโซ่อุปทานและโลจิสติกส์ของผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังในประเทศไทย. กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา (สกอ.), 2552.

ยรรยง ศรีสม. "ปัญหาการมอบหมายงาน", วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 1(2) : 87-96 ; ธันวาคม, 2531.

สมาคมแป้งมันสำปะหลังไทย. "รายชื่อโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังที่ติดตั้งระบบก๊าซชีวภาพ", ข้อมูลเทคนิคการผลิต. http://www.thailandtapiocastarch.net/.../download-th-39.pdf. 2 ตุลาคม, 2554.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) กระทรวงพลังงาน. "การเปลี่ยนแปลงราคาน้ำมันในกรุงเทพ", ข้อมูลพลังงาน ราคาน้ำมัน ขายปลีก กทม. และปริมณฑล. http://www.eppo.go.th/retail_changes.html. 10 ตุลาคม, 2554.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2552. กรุงเทพฯ : กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2553.

สำนักงานเกษตรอำเภอเมืองกาฬสินธุ์. รายงานภาวะ การผลิตมันสำปะหลัง ปีการผลิต 2553 อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์ อ้างอิง ณ เดือนตุลาคม 2554. กาฬสินธุ์ : สำนักงานเกษตรอำเภอเมืองกาฬสินธุ์, 2554.

สำนักงานพาณิชย์จังหวัดกาฬสินธุ์ กระทรวงพาณิชย์. สถิติการเพาะปลูกมันสำปะหลังจังหวัดกาฬสินธุ์ ฤดูการผลิตปี 2553. กาฬสินธุ์ : สำนักงานพาณิชย์จังหวัดกาฬสินธุ์, 2554.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรเขต 3 กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. โลจิสติกส์และห่วงโซ่อุปทานยางพารา มันสำปะหลัง อ้อยโรงงาน ในภูมิภาคตะวันออก เฉียงเหนือตอนบน. อุดรธานี : กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2550.

Alper Murat, Vedat Verter, and Gilbert Laporte. "A continuous analysis framework for the solution of location-allocation problem with dense demand", Computer&Operations Research. 37: 123-136, 2010.

Alper Murat, Vedat Verter, and Gilbert Laporte. "A multi-dimensional shooting algorithm for the two-facility location–allocation problem with dense demand", Computer&Operations Research. 38: 405-463, 2011.

Balas, E., and Padberg, M., "Set partitioning: a survey", SIAM Review. 18: 710-760, 1976.

Blum C, and Roli A. "Metaheuristics in Combinatorial Optimization: Overview and Conceptual Comparison", ACM Computing Surveys. 35: 3, 2003.

Bin Q., Ling W., De-Xian H., and Xiong W. "Scheduling multi-objective job shop using a memetic algorithm based on differential evolution", International Journal of Advanced Manufacturing and Technology. 35: 1014-1027, 2008.

Biopact . 2007. "First comprehensive energy balance study reveals cassava is a highly efficient biofuel feedstock", Biopact. http://news.mongabay.com/bioenergy/2007/04/first-full-energy-balance-study-reveals.html. October 10, 2011.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Chakraborty, U.K., Das, S., and Konar, A. "Differential evolution with local neighborhood", in IEEE Congress on Evolutionary Computation. New Jerry: IEEE Press, 2006.

Christian Bierwirth and Frank Meisel. "A survey of berth allocation and quay crane scheduling problems in container terminals", European Journal of Operational Research. 202: 615-627, 2010.

Christofides, W., and Eilon, S. "An Algorithm for the Vehicle Dispatching Problem", Operational Research Quarterly. 20: 309-19, 1969.

Clark, G. and Wright, J. "Scheduling or vehicles from a center depot to a number of delivery point", Operation Research. 12(4): 568-58, 1964.

Dai Z. and Cheung T-Y., "A new heuristic approach for the p-median problem", Journal of the Operational Research Society. 48(9): 950-960, 1997.

Dervis and Selcuk . "A Simple and Global Optimization Algorithm for Engineering Problems: Differential Evolution Algorithm", Turk J Elec Engin. 12(1): 53-60, 2004.

Dexuan, Zou and et al. "An improved differential evolution algorithm for the task assignment problem", Engineering Applications of Artificial Intelligence. 24: 616-624, 2011.

Dijin Gong and et al. "Hybrid Evolutionary Method for Capacitated Location-allocation Problem", Computers ind. Engng. 33: 577-580, 1997.

D. Biskup. "Single machine scheduling with learning considerations", European journal of Operational Research. 115: 173-178, 1999.

D.G. Cattrysse, and L.N. Van Wassenhove. "A survey of algorithms for the generalized assignment problem", European Journal of Operational Research . 60(3): 260-272, 1992.

Giovanni, Giallombardo and et al. "Modeling and solving the Tactical Berth Allocation Problem",Transportation Research Part B. 44: 232-245, 2010.

G.M. Campbell and M. Diaby. "Development and evaluation of an assignment heuristic for allocating cross-trained workers", European Journal of Operational Research. 138(1): 9-20, 2002.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

G. Caron, P. Hansen, and B. Jaumard. "The assignment problem with seniority and job priority constraints", Operations Research. 47: 449-454, 1999.

Hribar, M., and Daskin, M.S. "A dynamic programming heuristic for the p-median problem", European Journal of Operational Research. 101: 499–508, 1997.

H. W. Kuhn, "The Hungarian method for the assignment problem", Naval Research Logistics. 52: 7-21, 2005.

I. Kuban Altınel , and et al. "A location–allocation heuristic for the capacitated multi-facility Weber problem with probabilistic customer locations", European Journal of Operational Research. 198: 790-799, 2009.

I.L. Lopez Cruz, L.G. Van Willigenburg and G. Van Straten. "Efficient Differential Evolution algorithms for multimodal optimal control problems", Applied Soft Computing. 3: 97-122, 2003.

Jarmo, Ilonen and et al. "Differential Evolution Training Algorithm for Feed-Forward Neural Networks", Neural Processing Letters. 17: 93-105, 2003.

Jeng-Fung Chen. "A hybrid heuristic for the uncapacitated single allocation hub location problem", Omega. 35: 211-220, 2007.

J. Puerto , A.B.Ramos and A.M.Rodrı´guez-Chı´a . "Single-allocation ordered median hub location problems", Computers & Operations Research. 38: 559-570, 2011.

Kaelo, P. and Ali, M.M. "A numerical study of some modified differential evolution algorithms", European Journal of Operational Research. 169(3): 1176-1184, 2006.

Liu, J. and Lampinen, J. "A fuzzy adaptive differential evolution algorithm", Soft Computing-A Fusion of Foundations Methodologies and Applications. 9(6): 448-462, 2005.

Levanova T., and Loresh, M.A. "Algorithms of Ant System and Simulated Annealing for the p-median Problem", Automation and Remote Control. 65: 431-438, 2004.

Meilin Wen and Rui Kang. "Some optimal models for facility location–allocation problem with random fuzzy demands", Applied Soft Computing. 11: 1202–1207, 2011.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Martin Bischoff and Kerstin Dachert. "Allocation search methods for a generalized class of location–allocation problems", European Journal of Operational Research. 192: 793-807, 2009.

Martin Bischoff, Tina Fleischmann and Kathrin Klamroth. "The multi-facility location–allocation problem with polyhedral barriers", Computers & Operations Research. 36: 1376-1392, 2009.

Mehmet, Aydinel and et al. "Optimization of production allocation and transportation of customer orders for a leading forest products company", Mathematical and Computer Modelling. 48: 1158–1169, 2008.

Mladenovic, N., and et al. "Tabu search in solving p-facility location-allocation problems", Les Cahiers du GERAD, G-95-38; Montreal, 1995.

Mladenovic, N., and et al. "A chain-interchange heuristic method", Yugoslav Journal of Operations Reserch. 6: 41-54, 1996.

Murray, A.T., and Church, R.L. "Applying simulated annealing to planning-location models", Journal of Heuristics. 2: 31-53, 1996.

Mladenovic, N. and Hansen, P. "Variable neighborhood search", Computers & Operations Research. 24: 1097-1100, 1997.

Nagy, G., and Salhi, S. "Nested heuristic methods for the location-routing problem", Journal of Operational Research Society. 47: 1184-1174, 1996.

Nenad Mladenovic., et al. "The p-median problem: A survey of metaheuristic approaches", European Journal of Operational Research. 179: 927-939, 2007.

Qin, A.K. and Suganthan, P.N. "Self-adaptive differential evolution algorithm for numerical optimization", Proceedings of the 2005 IEEE Congress on Evolutionary Computation. 2: 1785-1791, 2005.

Orhan Karasakal. "Air defense missile-target allocation models for a naval task group", Computers & Operations Research. 35: 1759-1770, 2008.

Omran, M. G.H, Salmon, A., Engelbrecht, A. P. "Self-adaptive differential evolution", In Lecture Notes in Artificial Intelligence. 192-199; Berlin: Springer-Verlag, 2005.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Panagiotis Tsiakisa, Lazaros G. Papageorgiou. "Optimal production allocation and distribution supply chain networks", Int. J. Production Economics. 111: 468-483, 2008.

Pierre Hansen , Ceyda Oguz and Nenad Mladenovic. "Variable neighborhood search for minimum cost berth allocation", European Journal of Operational Research. 191: 636-649, 2008.

Price, K., Storn, R.M., and Lampinen, J.A. "Differential Evolution: A Practical Approach to Global Optimization", Natural Computing Series. New York: Springer, 2005.

Rosing, K.E., et al. "Heuristic concentration and Tabu search : A head to head comparison", EuropeanJournal of Operational Research. 104: 93-99, 1998.

S. Jazebi, S.H. Hosseinian, B. Vahidi. "DSTATCOM allocation in distribution networks considering reconfiguration using differential evolution algorithm", Energy Conversion and Management. 52: 2777-2783, 2011.

Storn, R. and Price, K. "Differential evolution – a simple and efficient adaptive scheme for global optimization over continuous spaces", International Computer Science. 11(4): 341-359, 1997.

Siddhartha S. Syama and Murray J.Côtéb. "A location–allocation model for service providers with application to not-for-profit health care organizations", Omega. 38: 157-166, 2010.

Siddhartha S. Syam. "A multiple server location–allocation model for service system design", Computers & Operations Research. 35: 224 -2265, 2008.

Stefan Creemers , Jeroen Belin and Marc Lambrecht. " The optimal allocation of server time slots over different classes of patients", European Journal of Operational Research. 219: 508-521, 2012.

The Business Value of Cloud Computing. "องค์ประกอบของระบบโลจิสติกส์", Distribution Channel. http://www.bestwitted.com/?p=34. 10 October, 2011.

Tuzun, D., and Burke, L. I., "A two-phase tabu search approach to the location routing problem", European Journal of Operational Research. 116: 87-99, 1999.

V.J.M.F. Filho and R.D. Galvão. "A tabu search heuristic for the concentrator location problem", Location Science. 6: 189-209, 1998.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Xianhui Zeng , Wai-KeungWong and SunneyYung-SunLeung. "An operator allocation optimization model for balancing control of the hybrid assembly lines using Pareto utility discrete differential evolution algorithm", Computers & Operations Research. 39: 1145-1159, 2012.

Yang, Z., He, J. and Yao, X. "Making a difference to differential evolution", In Z. Michalewicz & P. Siarry (Eds) Advances in Metaheuristics for Hard Optimization. 397-414; Heidelberg: Springer, 2008a.

Y.P. Aneja and A.P. Punnen. "Multiple bottleneck assignment problem", European Journal of Operational Research . 112(1): 167-173, 1999.

Zvi Drezner and George O. Wesolowsky. "Location-allocation on a line with demand-dependent costs", European Journal of Operational Research. 9: 444-450, 1996.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ข้อมูลเพื่อประกอบการแก้ปัญหา ของกรณีศึกษา

ตารางที่ ก.1 ชื่อกลุ่มเกษตรกรในเขตพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์

ลำดับ	ชื่อกลุ่มเกษตรกร	ผลผลิต (ตัน)
1	เทศบาลเมืองกาฬสินธุ์	1.48
2	บ้านโนนสำราญ	15.01
3	บ้านสิมลี	15.01
4	บ้านหนาดใต้	15.01
5	บ้านหนาด	15.01
6	บ้านต้อน	15.01
7	บ้านต้อนใต้	15.01
8	บ้านหนองสาหร่าย	15.01
9	บ้านสะอาดสมศรี	15.01
10	บ้านกกกอก	15.01
11	บ้านเหล็กใต้	15.01
12	บ้านโนนอุดม	28.36
13	บ้านโนนสะอาด	28.36
14	บ้านป่ากล้วย	28.36
15	บ้านโนนสมบูรณ์	28.36
16	บ้านวังแสนคำ	28.36
17	บ้านท่าสำราญ	28.36
18	บ้านโนนตูม	28.36
19	บ้านมิตรสัมพันธ์	28.36
20	บ้านปลาค้าใหญ่	28.36
21	บ้านเชียงเครือ	4.24
22	บ้านโพนสว่าง	4.24

ตารางที่ ก.1 ชื่อกลุ่มเกษตรกรในเขตพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์ (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อกลุ่มเกษตรกร	ผลผลิต (ตัน)
23	บ้านดอนเชียงบาน	4.24
24	บ้านหนองหอย	4.24
25	บ้านดอนเชียงคูณ	4.24
26	บ้านหนองสนม	4.24
27	บ้านทุ่งมน	4.24
28	บ้านโคกสว่าง	4.24
29	บ้านนาคำไฮ	4.24
30	บ้านโนนเบ็ญ	4.24
31	บ้านโนนศิลา	4.24
32	บ้านดอนเชียงบนใหญ่	4.24
33	บ้านทุ่งมนพัฒนา	4.24
34	บ้านหนองหอยใหญ่	4.24
36	บ้านดงสว่าง	4.71
37	บ้านโหมน	4.71
38	บ้านดงน้อย	4.71
39	บ้านเหล่าสูง	4.71
40	บ้านดอนปอแดง	4.71
41	บ้านดอนม่วง	4.71
42	บ้านดงพยอม	4.71
44	บ้านสว่าง	26.12
45	บ้านค่ายลูกเสือ	26.12
46	บ้านคำใหญ่	26.12

ตารางที่ ก.1 ชื่อกลุ่มเกษตรกรในเขตพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์ (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อกลุ่มเกษตรกร	ผลผลิต (ตัน)
47	บ้านโนนหัวเขื่อน	26.12
48	บ้านเหล่าหลวง	26.12
49	บ้านนาทม	26.12
50	บ้านโคกนางาม	26.12
51	บ้านเหล่าหลวงใต้	26.12
52	บ้านโนนศิลา	26.12
53	บ้านภูทอง	26.12
54	บ้านโคกสำราญ	26.12
55	บ้านหนองกุงใต้	26.12
57	บ้านหนองกุงเหนือ	26.12
58	บ้านนาดอกควาย	26.12
59	บ้านท่าลำควล	26.12
60	บ้านโนนสง่า	26.12
61	บ้านกุดลาย	26.12
62	บ้านคำไผ่	20.66
63	บ้านห้วยยุงใต้	20.66
64	บ้านกลางหมื่น	20.66
65	บ้านขมิ้น	26.12
66	บ้านห้วยตูมเหนือ	20.66
67	บ้านหัวนาคำ	20.66
68	บ้านหนองหัวช้าง	20.66
69	บ้านคำบอน	20.66

ตารางที่ ก.1 ชื่อกลุ่มเกษตรกรในเขตพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์ (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อกลุ่มเกษตรกร	ผลผลิต (ตัน)
70	บ้านน้ำปุ้น	20.66
71	บ้านเหล่ากลาง	20.66
72	บ้านท่าสำราญ	35.84
73	บ้านเหล่าเหนือ	35.84
74	บ้านนาโก	35.84
75	บ้านาอินทร์แปลง	35.84
76	บ้านโคกใหม่	35.84
79	บ้านคำปลาผา	35.84
80	บ้านโนนชัย	35.84
81	บ้านโนนทอง	35.84
82	บ้านโนนนคร	35.84
83	บ้านไผ่คำบอน	35.84
84	บ้านหนองแวงใต้	35.84
85	บ้านโพนทอง	10.64
86	บ้านสีดา	10.64
87	บ้านหนองไห	10.64
88	บ้านหนองคู	10.64
90	บ้านหนองโพนพัฒนา	10.64
91	บ้านหนองโพนใต้	10.64
92	บ้านหนองคู 11	10.64
93	บ้านโพนบูรพา	10.64
94	บ้านโนนสะอาด	17.88

ตารางที่ ก.1 ชื่อกลุ่มเกษตรกรในเขตพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์ (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อกลุ่มเกษตรกร	ผลผลิต (ตัน)
95	บ้านเจิญจิตร	17.88
96	บ้านนาจารย์พัฒนา	17.88
97	บ้านศรีบูรพา	17.88
98	ชุมชนอยู่ดีมีสุข	17.88
99	บ้านชัยสิทธิธรรม	17.88
100	บ้านแก่งนาขาม	17.88
101	บ้านโนนคำม่วง	17.88
102	บ้านคำโพน	17.88
103	ชุมชนสวนป่า	17.88
104	บ้านสะอาดนาทม	10.13
105	บ้านสะอาดใต้	10.13
106	บ้านหนองสองห้อง	10.13
107	บ้านหาดทอง	10.13
108	บ้านหนองม่วง	10.13
109	บ้านอัมพวัน	10.13
110	บ้านปลาเค้าน้อย	10.13

ตารางที่ ก.2 พิกัด กลุ่มเกษตรกร จาก GIS

เกษตรกร	พิกัด X	พิกัด Y	เกษตรกร	พิกัด X	พิกัด Y
เทศบาลเมืองกาฬสินธุ์	16.435029	103.519144	บ้านดอนเชียงบาน	16.454321	103.621453
บ้านโนนสำราญ	16.420381	103.558009	บ้านหนองหอย	16.45643	103.623321
บ้านสิมลี	16.432134	103.564854	บ้านดอนเชียงคูณ	16.453234	103.622987
บ้านหนาดใต้	16.448104	103.571162	บ้านหนองสนม	16.453307	103.62289
บ้านหนาด	16.448233	103.571256	บ้านทุ่งมน	16.453229	103.623421
บ้านต้อน	16.42917	103.565047	บ้านโคกสว่าง	16.453589	103.622089
บ้านต้อนใต้	16.425712	103.56303	บ้านนาคำไฮ	16.454872	103.632158
บ้านหนองสาหร่าย	16.435591	103.557644	บ้านโนนเบ็ญ	16.453798	103.622986
บ้านสะอาดสมศรี	16.418241	103.572943	บ้านโนนศิลา	16.453689	103.622774
บ้านกกกอก	16.421678	103.541336	ดอนเชียงบนใหญ่	16.454367	103.623789
บ้านเหล็กใต้	16.418652	103.550992	บ้านทุ่งมนพัฒนา	16.454432	103.6228845
บ้านโนนอุดม	16.604344	103.497324	บ้านหนองหอยใหญ่	16.453897	103.623421
บ้านโนนสะอาด	16.604199	103.497133	บ้านดงสว่าง	16.374992	103.553996
บ้านป่ากล้วย	16.607262	103.477993	บ้านโหมน	16.377894	103.572042
บ้านโนนสมบูรณ์	16.602965	103.488936	บ้านดงน้อย	16.446622	103.595581
บ้านวังแสนคำ	16.603289	103.47658	บ้านเหล่าสูง	16.404141	103.618755
บ้านท่าสำราญ	16.603278	103.47664	บ้านดอนปอแดง	16.380698	103.541154
บ้านโนนตูม	16.602113	103.48453	บ้านดอนม่วง	16.380786	103.5409978
บ้านมิตรสัมพันธ์	16.572488	103.491039	บ้านดงพยอม	16.380427	103.540821
บ้านปลาเค้าใหญ่	16.574997	103.487005	บ้านสว่าง	16.642072	103.518033
บ้านเชียงเครือ	16.453208	103.622704	บ้านค่ายลูกเสือ	16.661191	103.531036
บ้านโพนสว่าง	16.453321	103.62289	บ้านดอนเชียงบาน	16.454321	103.621453
เทศบาลเมืองกาฬสินธุ์	16.435029	103.519144	บ้านหนองหอย	16.45643	103.623321
บ้านโนนสำราญ	16.420381	103.558009	บ้านดอนเชียงคูณ	16.453234	103.622987

ตารางที่ ก.2 พิกัด กลุ่มเกษตรกร จาก GIS (ต่อ)

เกษตรกร	พิกัด X	พิกัด Y	เกษตรกร	พิกัด X	พิกัด Y
บ้านคำใหญ่	16.659875	103.506317	บ้านพักสุขใจ	16.666321	103.48657
บ้านโนนหัวเขื่อน	16.640797	103.500137	บ้านเหล่าหลวง	16.656586	103.510437
บ้านคำดอกไม้	16.678293	103.471985	บ้านเหล่าหลวงกลาง	16.645813	103.49473
บ้านพักสุขใจ	16.666321	103.48657	บ้านโคกนางาม	16.690913	103.544769
บ้านเหล่าหลวง	16.656586	103.510437	บ้านเหล่าหลวงใต้	16.624103	103.490696
บ้านเหล่าหลวงกลาง	16.645813	103.49473	บ้านโนนศิลา	16.815058	103.581848
บ้านโคกนางาม	16.690913	103.544769	บ้านภูทอง	16.665137	103.540649
บ้านเหล่าหลวงใต้	16.624103	103.490696	บ้านโคกสำราญ	16.513124	103.529663
บ้านโนนศิลา	16.815058	103.581848	บ้านหนองกุงใต้	16.506541	103.536186
บ้านภูทอง	16.665137	103.540649	บ้านหนองกุงเหนือ	16.517733	103.53344
บ้านโคกสำราญ	16.513124	103.529663	บ้านนาดอกดวาย	16.580262	103.53447
บ้านหนองกุงใต้	16.506541	103.536186	บ้านท่าลำดวน	16.521353	103.540306
บ้านหนองกุงเหนือ	16.517733	103.53344	บ้านโนนสง่า	16.53419	103.520737
บ้านนาดอกดวาย	16.580262	103.53447	บ้านกุดลาย	16.484156	103.52108
บ้านท่าลำดวน	16.521353	103.540306	บ้านคำไผ่	16.519708	103.516703
บ้านโนนสง่า	16.53419	103.520737	บ้านห้วยยุงใต้	16.577745	103.703587
บ้านกุดลาย	16.484156	103.52108	บ้านกลางหมื่น	16.500143	103.643239
บ้านคำไผ่	16.519708	103.516703	บ้านห้วยตูมเหนือ	16.578946	103.706131
บ้านห้วยยุงใต้	16.577745	103.703587	บ้านหัวนาคำ	16.55782	103.6445563
บ้านกลางหมื่น	16.500143	103.643239	บ้านหนองหัวช้าง	16.55262	103.644333
บ้านคำใหญ่	16.659875	103.506317	บ้านคำบอน	16.625665	103.687592
บ้านโนนหัวเขื่อน	16.640797	103.500137	บ้านน้ำปุ้น	16.59803	103.682785
บ้านคำดอกไม้	16.678293	103.471985	บ้านเหล่ากลาง	16.521683	103.643646

ตารางที่ ก.2 พิกัด กลุ่มเกษตรกร จาก GIS (ต่อ)

เกษตรกร	พิกัด X	พิกัด Y	เกษตรกร	พิกัด X	พิกัด Y
บ้านโคกอุดม	16.542208	103.643709	บ้านนาจารย์พัฒนา	16.541041	103.607972
บ้านวังแสนคำ	16.580382	103.704133	บ้านหลักเมืองพัฒนา	16.541551	103.607883
บ้านท่าสำราญ	16.571557	103.70159	บ้านประปาสามัคคี	16.541689	103.607576
บ้านเหล่าเหนือ	16.574459	103.559251	ราชธรรมสามัคคี	16.541354	103.607895
บ้านนาโก	16.616693	103.56412	บ้านศรีบูรพา	16.570354	103.631266
บ้านาอินทร์แปลง	16.579118	103.56799	ชุมชนอยู่ดีมีสุข	16.570868	103.630772
บ้านโคกใหม่	16.579225	103.56886	บ้านชัยสิทธิธรรม	16.570769	103.631652
บ้านคำปลาผา	16.579344	103.57865	บ้านแก่งนาขาม	16.570929	103.630662
บ้านโนนชัย	16.633799	103.560995	บ้านโนนคำม่วง	16.590671	103.656755
บ้านโนนทอง	16.631003	103.551983	บ้านคำโพน	16.59791	103.666368
บ้านโนนนคร	16.631119	103.551886	ชุมชนสวนป่า	16.59891	103.667768
บ้านไผ่คำบอน	16.608199	103.570877	บ้านสะอาดนาทม	16.650904	103.428164
บ้านหนองแวงใต้	16.608319	103.57236	บ้านสะอาดใต้	16.613657	103.420722
บ้านโพนทอง	16.520306	103.55819	บ้านหนองสองห้อง	16.678771	103.447515
บ้านสีคา	16.520456	103.55919	บ้านหาดทอง	16.629852	103.473483
บ้านหนองไห	16.520126	103.55439	บ้านหนองม่วง	16.590193	103.451073
บ้านหนองคู	16.520325	103.55098	บ้านอัมพวัน	16.584012	103.446969
บ้านหนองโพนพัฒนา	16.520897	103.55227	บ้านปลาเค้าน้อย	16.598807	103.468614
บ้านหนองโพนใต้	16.52342	103.56432			
บ้านหนองคู 11	16.520406	103.54337			
บ้านโพนบูรพา	16.520496	103.55844			
บ้านโนนสะอาด	16.536045	103.59427			
บ้านเจิญจิตร	16.520436	103.55879			

ตารางที่ ก.3 ค่าขนส่งวัตถุดิบต่อหน่วย จากเกษตรกร ไปยังลานมันที่เพิ่มโดยใช้เทคนิคศูนย์ถ่วง (CG) (บาทต่อตัน)

กลุ่มเกษตรกร	ลานมัน											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
เมืองกาฬสินธุ์	99.92	43.11	136.85	84.63	55.67	166.05	58.96	189.24	122.33	73.81	111.12	187.88
บ้านโนนสำราญ	117.99	24.74	156.56	58.60	36.54	180.66	71.28	174.02	127.69	80.75	105.10	212.19
บ้านสิมลี	111.21	13.89	149.93	49.75	46.65	172.51	63.95	163.41	118.01	71.90	94.31	206.89
บ้านหนาดใต้	101.96	0.13	140.62	41.81	60.23	161.29	54.62	150.76	105.18	60.31	80.54	199.01
บ้านต้อน	113.46	16.08	152.16	50.49	44.35	174.86	66.23	165.02	120.38	74.28	96.47	208.99
บ้านต้อนใต้	115.40	19.23	154.08	53.10	41.32	177.23	68.31	168.15	123.21	76.82	99.64	210.52
บ้านหนองสาหร่าย	106.44	14.90	145.10	54.40	48.69	168.62	59.45	165.53	115.55	68.55	94.04	201.50
บ้านสะอาดสมศรี	124.03	24.09	162.75	49.23	37.87	184.84	76.71	167.40	129.15	83.98	102.83	219.77
บ้านกกกอก	113.26	32.08	151.34	70.37	38.79	177.74	68.19	182.69	128.27	80.06	109.94	205.02
บ้านเหล็กใต้	117.58	28.76	155.97	64.25	35.10	181.12	71.48	178.91	129.57	82.01	108.61	210.71
บ้านโนนอุดม	37.45	138.53	6.82	157.27	189.47	34.52	84.40	168.70	60.81	80.13	101.70	66.86
บ้านโนนสะอาด	37.38	138.49	6.65	157.28	189.40	34.69	84.35	168.84	60.91	80.12	101.78	66.80
บ้านป่ากล้วย	46.03	147.86	9.43	169.32	196.00	42.55	93.29	184.37	76.27	91.36	116.47	53.12
บ้านวังแสนคำ	44.06	145.70	9.91	167.81	193.33	45.53	91.14	185.13	76.48	89.73	116.09	54.46
บ้านท่าสำราญ	44.03	145.67	9.86	167.77	193.31	45.50	91.10	185.08	76.43	89.69	116.05	54.50
บ้านโนนคูม	39.76	141.66	3.60	162.72	190.48	41.82	87.13	178.69	70.08	84.82	109.94	59.79
บ้านมิตรสัมพันธ์	18.17	118.61	24.50	142.33	166.24	59.86	64.10	172.58	62.65	64.21	96.67	80.61
บ้านเชียงเครือ	21.97	122.07	22.48	146.09	169.16	59.27	67.60	175.77	65.74	67.99	100.32	77.03
บ้านปลาค้าใหญ่	124.45	41.45	161.04	0.52	83.49	173.18	81.51	121.02	109.90	78.34	71.99	222.44
บ้านโพนสว่าง	124.49	41.61	161.07	0.39	83.66	173.17	81.59	120.86	109.88	78.39	71.93	222.48
บ้านคอนเชียงบาน	123.10	40.55	159.71	1.30	83.51	171.91	80.19	120.84	108.69	77.00	70.95	221.10
บ้านหนองหอย	123.06	42.27	159.46	2.13	85.77	171.16	80.61	118.60	107.73	76.94	69.53	220.96
บ้านคอนเชียงคูณ	124.60	41.68	161.18	0.45	83.66	173.27	81.69	120.88	109.97	78.49	72.01	222.59
บ้านหนองสนม	124.50	41.61	161.08	0.40	83.65	173.18	81.60	120.87	109.89	78.40	71.94	222.49
บ้านทุ่งมน	124.85	42.03	161.41	0.57	83.89	173.44	81.99	120.69	110.12	78.75	72.07	222.84
บ้านโคกสว่าง	123.88	40.99	160.49	0.74	83.40	172.67	80.93	121.04	109.43	77.78	71.61	221.88
บ้านนาคำไฮ	129.22	49.13	165.23	7.41	89.63	175.83	87.42	115.85	111.91	83.12	72.36	226.90
บ้านโนนศิลา	124.22	41.55	160.79	0.19	83.82	172.87	81.36	120.67	109.57	78.12	71.62	222.21
บ้านคอนเชียงบนใหญ่	124.45	42.42	160.93	0.79	84.77	172.79	81.77	119.76	109.40	78.34	71.23	222.40
บ้านทุ่งมนพัฒนา	123.88	41.70	160.41	0.51	84.33	172.39	81.12	120.12	109.06	77.77	71.05	221.85
บ้านหนองหอยใหญ่	124.49	42.08	161.02	0.36	84.29	172.97	81.71	120.24	109.62	78.38	71.55	222.45

ตารางที่ ก.3 ค่าขนส่งวัตถุดิบต่อหน่วย จากเกษตรกร ไปยังลานมันที่เพิ่มโดยใช้เทคนิคศูนย์ถ่วง (CG) (ต่อ) (บาทต่อตัน)

กลุ่มเกษตรกร	ลานมัน											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
บ้านโหมน	153.87	56.42	192.42	73.31	14.66	216.25	107.11	193.81	161.49	115.78	134.42	247.50
บ้านคงน้อย	113.72	19.55	151.78	22.72	66.43	168.64	67.66	138.29	108.49	68.96	76.85	211.82
บ้านเหล่าสูง	152.19	51.98	190.44	39.97	56.96	207.21	105.50	156.73	146.01	107.76	110.68	250.06
บ้านคอนปอแดง	145.43	59.30	183.11	88.00	11.27	210.44	101.00	206.85	160.76	112.79	139.67	234.89
บ้านคอนม่วง	145.34	59.29	183.01	88.05	11.41	210.36	100.93	206.87	160.71	112.73	139.65	234.78
บ้านคงพะยอม	145.60	59.61	183.26	88.35	11.43	210.63	101.21	207.19	161.01	113.03	139.98	234.99
บ้านค่ายลูกเสือ	83.59	173.81	57.63	181.94	230.27	18.54	124.10	155.15	72.40	113.80	113.81	82.91
บ้านคำใหญ่	80.75	177.55	47.72	189.92	231.65	17.09	125.29	172.90	81.85	117.40	124.82	63.09
บ้านโนนหัวเขื่อน	65.83	164.63	31.64	179.44	217.51	14.39	111.49	172.49	74.00	104.86	117.23	58.29
บ้านคำดอกไม้	100.09	200.95	61.92	216.98	251.98	46.99	147.05	203.99	111.13	141.70	154.36	41.44
บ้านพักสุขใจ	87.81	187.63	50.85	202.54	239.82	31.86	134.18	189.52	96.10	127.98	139.32	48.45
บ้านเหล่าหลวง	78.08	174.07	46.33	186.01	228.52	13.14	122.10	168.85	77.75	113.88	120.67	66.14
บ้านเหล่าหลวงกลาง	70.42	169.93	34.68	185.19	222.34	18.93	116.54	177.82	79.92	110.30	123.14	53.54
บ้านโคกนางาม	109.34	195.79	83.55	200.25	253.48	44.66	148.03	157.52	91.63	136.49	129.85	98.87
บ้านเหล่าหลวงใต้	54.14	155.14	17.01	172.95	206.14	26.24	101.10	176.53	72.29	96.38	114.70	54.56
บ้านโนนศิลา	213.23	294.32	185.70	291.60	353.64	147.87	250.13	213.99	189.42	237.11	220.21	180.34
บ้านภูทอง	88.55	175.68	64.86	181.90	232.94	25.91	127.24	149.64	72.52	116.06	112.62	90.93
บ้านโคกสำราญ	40.39	61.82	79.11	88.69	112.49	103.84	7.43	151.05	61.63	19.17	66.55	137.25
บ้านหนองกุงเหนือ	38.46	63.46	77.11	88.24	115.66	100.48	9.24	146.94	56.91	15.31	62.48	136.15
บ้านนาคอกควาย	26.23	109.92	40.81	123.80	165.37	51.29	59.14	137.68	27.59	49.70	66.29	102.37
บ้านท่าลำดวน	39.21	63.68	77.34	85.63	117.89	98.45	12.33	140.78	51.76	9.60	56.36	137.42
บ้านโนนสง่า	22.05	79.96	60.77	104.31	130.43	86.55	25.40	152.96	52.86	27.44	69.90	119.47
บ้านกุดลาย	60.94	49.49	98.71	85.28	91.44	126.67	21.66	166.75	85.33	38.65	83.31	153.09
บ้านคำไผ่	32.24	72.11	70.39	100.30	119.85	98.14	18.86	159.18	63.47	28.54	74.98	126.94
บ้านหัวยุงใต้	156.43	148.50	173.33	118.58	202.08	157.50	145.90	2.26	108.06	129.64	82.25	228.55
บ้านกลางหมื่น	117.33	71.18	148.71	40.56	123.28	151.79	86.01	80.86	87.07	74.83	43.91	210.65
บ้านหัวนาคำ	108.39	105.74	129.95	85.20	163.63	121.91	96.15	52.21	63.09	79.72	32.36	188.92
บ้านหนองหัวช้าง	108.34	102.19	131.01	81.08	159.82	124.12	94.28	53.87	64.18	78.09	30.76	190.45
บ้านคำบอน	152.51	170.16	160.36	147.25	227.81	136.62	154.51	40.31	102.25	137.25	93.03	209.04
บ้านน้ำปุ้น	142.48	149.78	155.52	125.22	206.56	136.77	138.59	24.18	92.60	121.59	75.37	208.56
บ้านเหล่ากลาง	111.79	82.71	140.16	56.91	137.88	139.54	87.03	67.97	75.68	73.29	33.08	201.51

ตารางที่ ก.3 ค่าขนส่งวัตถุดิบต่อหน่วย จากเกษตรกร ไปยังลานมันที่เพิ่มโดยใช้เทคนิคศูนย์ถ่วง (CG) (ต่อ) (บาทต่อตัน)

กลุ่มเกษตรกร	ลานมัน											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
บ้านโคกอุดม	108.57	95.17	133.35	72.83	152.19	128.74	90.85	58.09	66.97	75.30	28.98	193.60
บ้านวังแสนคำ	157.08	150.30	173.54	120.59	204.04	157.24	147.14	1.97	108.49	130.80	83.42	228.44
บ้านท่าสำราญ	154.44	143.90	172.40	113.55	197.14	157.70	142.53	6.96	106.63	126.46	79.11	228.33
บ้านเหล่าเหนือ	41.79	101.69	60.85	109.44	160.03	63.51	57.53	117.85	8.60	43.32	46.83	121.70
บ้านนาโก	63.63	135.23	61.29	138.91	194.01	42.20	91.14	117.85	30.29	77.41	69.52	112.44
บ้านาอินทร์แปลง	49.61	105.00	66.22	109.76	164.09	64.45	63.55	110.79	0.70	48.37	43.69	126.06
บ้านคำปลาผา	57.82	105.32	74.40	106.78	165.08	69.96	67.59	102.24	7.85	51.43	38.08	133.64
บ้านโนนชัย	72.71	149.05	62.86	152.68	207.64	35.09	103.98	124.43	44.22	90.82	82.78	107.41
บ้านโนนทอง	66.92	147.39	55.34	153.10	205.33	28.64	100.62	130.49	43.68	88.31	84.37	100.58
บ้านโนนนคร	66.96	147.49	55.31	153.22	205.42	28.54	100.70	130.59	43.79	88.40	84.49	100.49
บ้านไผ่คำบอน	63.02	128.29	65.85	130.69	187.52	50.34	86.15	110.98	23.29	71.59	60.92	119.47
บ้านหนองแวงใต้	64.02	128.39	67.04	130.41	187.71	51.29	86.63	109.84	23.50	71.94	60.44	120.58
บ้านโพนทอง	50.05	58.74	86.48	74.47	116.59	102.83	20.82	127.63	48.02	4.77	43.16	147.80
บ้านสีดา	50.61	58.73	86.91	74.00	116.74	102.97	21.56	126.84	47.77	5.56	42.38	148.28
บ้านหนองไห	47.80	59.22	84.67	76.53	116.40	102.05	18.22	130.52	48.80	1.81	46.03	145.77
บ้านหนองคู	45.67	60.06	82.88	78.62	116.58	101.15	16.22	133.02	49.37	1.13	48.52	143.77
บ้านหนองโพนใต้	52.58	60.56	87.89	73.02	119.33	102.14	26.31	122.14	44.90	9.87	37.66	149.59
บ้านหนองคู 11	41.37	62.05	79.31	83.25	116.93	99.67	12.52	138.72	51.41	7.15	54.25	139.61
บ้านโพนบูรพา	50.11	58.86	86.50	74.44	116.75	102.75	21.07	127.39	47.84	4.96	42.92	147.83
บ้านโนนสะอาด	70.55	72.80	100.08	69.87	133.14	104.73	52.25	96.08	40.18	35.81	11.59	161.96
บ้านเจิญจิตร	50.37	58.76	86.71	74.21	116.71	102.88	21.28	127.14	47.84	5.24	42.68	148.07
บ้านนาจารย์พัฒนา	80.38	80.05	107.61	71.00	140.03	108.48	63.88	84.39	43.84	47.50	0.61	168.99
บ้านหลักเมืองพัฒนา	80.24	80.40	107.36	71.41	140.40	108.13	63.99	84.31	43.50	47.58	0.27	168.72
บ้านราษธรรมสามัคคี	80.28	80.26	107.44	71.26	140.25	108.25	63.93	84.36	43.62	47.53	0.37	168.81
บ้านศรีบูรพา	98.13	109.13	117.11	93.71	168.49	107.50	91.84	60.44	50.55	74.75	29.82	175.23
ชุมชนอยู่ดีมีสุข	97.78	109.32	116.63	94.10	168.73	106.94	91.74	60.78	50.10	74.63	29.90	174.71
บ้านชัยสิทธิธรรม	98.47	109.56	117.33	94.07	168.91	107.58	92.28	60.09	50.81	75.19	30.28	175.40
บ้านแก่งนาขาม	97.69	109.33	116.53	94.14	168.74	106.84	91.69	60.87	50.01	74.58	29.88	174.61
บ้านโนนคำม่วง	120.83	133.24	134.95	113.06	191.60	118.65	117.91	40.70	71.09	100.76	55.67	189.59
บ้านคำโพน	129.64	142.23	142.36	120.70	200.21	124.13	127.55	35.33	79.62	110.40	65.24	195.71
ชุมชนสวนป่า	130.93	143.51	143.46	121.80	201.43	124.98	128.93	34.68	80.88	111.78	66.61	196.63

ตารางที่ ก.3 ค่าขนส่งวัตถุดิบต่อหน่วย จากเกษตรกร ไปยังลานมันที่เพิ่มโดยใช้เทคนิคศูนย์ถ่วง (CG) (ต่อ) (บาทต่อตัน)

กลุ่มเกษตรกร	ลานมัน											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
บ้านสะอาดใต้	83.45	198.97	62.08	222.27	243.21	72.42	144.60	230.28	126.64	144.15	168.45	0.01
บ้านหนองสองห้อง	107.96	209.84	69.28	228.82	258.16	63.76	155.36	222.33	125.88	151.95	169.01	27.21
บ้านหาดทอง	63.54	165.42	24.87	185.24	214.35	37.05	110.95	191.00	86.60	107.83	128.70	40.08
บ้านหนองม่วง	52.97	149.17	32.05	176.00	191.31	67.93	95.71	204.76	94.87	98.36	131.41	52.04
บ้านอัมพวัน	53.88	147.63	36.93	175.60	188.33	73.60	94.76	207.89	97.83	98.46	133.20	55.73
บ้านปลาเค้าน้อย	45.58	146.15	16.64	169.86	192.12	52.68	91.72	191.15	81.92	91.68	120.49	52.90

หมายเหตุ:

ลานมัน 1 คือ ลานมันหนองสอ

ลานมัน 2 คือ ลานมันบ้านหนาด

ลานมัน 3 คือ ลานมันบ้านโนนสมบูรณ์

ลานมัน 4 คือ ลานมันบ้านโนนเบ็ญ

ลานมัน 5 คือ ลานมันบ้านดงสว่าง

ลานมัน 6 คือ ลานมันบ้านสว่าง

ลานมัน 7 คือ ลานมันบ้านหนองกุงใต้

ลานมัน 8 คือ ลานมันบ้านห้วยตูมเหนือ

ลานมัน 9 คือ ลานมันบ้านโคกใหม่

ลานมัน 10 คือ ลานมันบ้านหนองโพนพัฒนา

ลานมัน 11 คือ ลานมันบ้านประปาสามัคคี

ลานมัน 12 คือ ลานมันบ้านสะอาดนาทม

ตารางที่ ก.4 ค่าขนส่งวัตถุดิบต่อหน่วย จากเกษตรกร ไปยังโรงงานแป้งมัน (บาทต่อตัน)

กลุ่มเกษตรกร	สยามโปรดักส์ (1994) จำกัด	บริษัทเอเชียโมดิฟายด์ สตาร์ช จำกัด	บริษัท จิรัฐ พัฒนาการเกษตร	บริษัทเนชั่นแนลสตาร์ช แอนเคมิเคิล
เทศบาลเมืองกาฬสินธุ์	45.52	51.58	142.24	155.81
บ้านโนนสำราญ	64.06	52.15	157.96	143.41
บ้านสิมลี	58.82	42.96	150.20	132.57
บ้านหนาดใต้	52.66	31.42	139.51	119.35
บ้านต้อน	60.86	45.34	152.53	134.39
บ้านต้อนใต้	62.29	47.96	154.78	137.58
บ้านหนองสาหร่าย	53.29	39.96	146.03	133.98
บ้านสะอาดสมศรี	71.67	54.98	162.72	138.09
บ้านกกกอก	58.25	53.06	154.47	150.95
บ้านเหล็กใต้	63.02	53.92	158.15	147.92
บ้านโนนอุดม	92.49	107.52	14.63	137.68
บ้านโนนสะอาด	92.41	107.48	14.82	137.81
บ้านป่ากล้วย	99.19	117.43	28.95	153.31
บ้านวังแสนคำ	96.64	115.44	30.67	153.74
บ้านท่าสำราญ	96.61	115.40	30.62	153.69
บ้านโนนคูม	93.52	111.10	24.81	147.30
บ้านมิตรสัมพันธ์	69.40	88.67	36.76	139.07
บ้านปลาเค้าใหญ่	72.48	92.26	36.81	142.41
บ้านเชียงเครือ	86.42	57.14	154.65	95.06
บ้านโพนสว่าง	86.52	57.23	154.66	94.92
บ้านดอนเชียงบาน	85.16	55.84	153.35	94.59
บ้านหนองหอย	85.99	56.47	152.81	92.47
บ้านดอนเชียงคูณ	86.62	57.33	154.76	94.96
บ้านหนองสนม	86.53	57.23	154.67	94.93
บ้านทุ่งมน	86.95	57.64	154.96	94.85
บ้านโคกสว่าง	85.85	56.56	154.12	94.95
บ้านนาคำไฮ	93.10	63.47	157.99	91.40
บ้านโนนศิลา	86.33	57.01	154.36	94.68
บ้านดอนเชียงบนใหญ่	86.90	57.51	154.38	93.89
บ้านทุ่งมนพัฒนา	86.21	56.83	153.92	94.09

ตารางที่ ก.4 ค่าขนส่งวัตถุดิบต่อหน่วย จากเกษตรกร ไปยังโรงงานแป้งมัน (บาทต่อตัน) (ต่อ)

กลุ่มเกษตรกร	สยามโปรดักส์ (1994) จำกัด	บริษัทเอเชียโมดิฟายด์ สตาร์ช จำกัด	บริษัท จิรัฐ พัฒนาการเกษตร	บริษัทเนชั่นแนลสตาร์ช แอนเคมิเคิล
บ้านหนองหอยใหญ่	86.76	57.40	154.52	94.34
บ้านโหมน	99.69	86.83	193.72	166.73
บ้านคงน้อย	69.16	42.67	148.20	109.21
บ้านเหล่าสูง	104.62	80.82	186.98	133.47
บ้านดอนปอแดง	90.34	85.19	187.04	177.23
บ้านดอนม่วง	90.24	85.15	186.96	177.24
บ้านคงพยอม	90.51	85.45	187.23	177.55
บ้านค่ายลูกเสือ	136.12	142.78	41.59	132.14
บ้านคำใหญ่	135.46	146.21	38.62	148.08
บ้านโนนหัวเขื่อน	120.86	133.32	25.33	145.24
บ้านคำดอกไม้	154.94	169.77	62.63	179.29
บ้านพักสุขใจ	142.90	156.34	48.50	164.35
บ้านเหล่าหลวง	132.56	142.75	35.62	143.89
บ้านเหล่าหลวงกลาง	125.52	138.64	30.90	150.88
บ้านโคกนางาม	160.80	165.23	67.78	139.66
บ้านเหล่าหลวงใต้	109.12	124.05	20.77	147.24
บ้านโนนศิลา	263.72	265.02	171.54	211.75
บ้านภูทอง	139.89	144.92	47.55	127.97
บ้านโคกสำราญ	18.22	32.46	80.56	115.45
บ้านหนองกุงเหนือ	22.78	33.13	77.47	111.33
บ้านนาดอกคว้าย	71.71	78.62	30.60	104.87
บ้านท่าลำดวน	27.92	32.56	75.99	105.18
บ้านโนนสง่า	34.09	49.81	62.89	117.59
บ้านกุดลาย	6.11	30.54	102.94	131.55
บ้านคำไผ่	22.87	43.77	74.30	123.60
บ้านห้วยยุงใต้	161.10	137.50	154.76	33.36
บ้านกลางหมื่น	97.42	68.47	137.39	54.08
บ้านหัวนาคำ	111.63	89.81	113.65	16.60
บ้านหนองหัวช้าง	109.55	87.03	115.15	18.48
บ้านคำบอน	170.78	152.54	139.84	52.72

ตารางที่ ก.4 ค่าขนส่งวัตถุดิบต่อหน่วย จากเกษตรกร ไปยังโรงงานแป้งมัน (บาทต่อตัน) (ต่อ)

กลุ่มเกษตรกร	สยามโปรดักส์ (1994) จำกัด	บริษัทเอเชียโมดิฟายด์ สตาร์ช จำกัด	บริษัท จิรัฐ พัฒนาการเกษตร	บริษัทเนชั่นแนลสตาร์ช แอนเคมิเคิล
บ้านน้ำปุ้น	154.55	134.14	136.06	30.92
บ้านเหล่ากลาง	100.43	73.76	127.03	37.90
บ้านโคกอุดม	105.63	81.71	118.43	24.14
บ้านวังแสนคำ	162.41	139.01	154.83	34.52
บ้านท่าสำราญ	157.58	133.52	154.16	30.52
บ้านเหล่าเหนือ	72.76	71.43	47.47	84.61
บ้านนาโก	105.76	105.38	40.56	90.66
บ้านาอินทร์แปลง	79.19	75.50	51.00	78.12
บ้านคำปลาผา	83.66	76.96	58.38	69.71
บ้านโนนชัย	118.16	119.03	41.64	99.85
บ้านโนนทอง	114.26	116.92	34.14	104.76
บ้านโนนนคร	114.34	117.02	34.11	104.88
บ้านไผ่คำบอน	101.30	98.94	45.94	82.77
บ้านหนองแวงใต้	101.85	99.16	47.12	81.74
บ้านโพนทอง	36.95	28.01	81.94	92.06
บ้านสีดา	37.66	28.12	82.18	91.27
บ้านหนองไห	34.52	28.12	80.79	94.94
บ้านหนองคู	32.63	28.77	79.58	97.42
บ้านหนองโพนใต้	42.37	30.78	82.02	86.56
บ้านหนองคู 11	28.66	30.80	77.44	103.11
บ้านโพนบูรพา	37.20	28.16	81.89	91.82
บ้านโนนสะอาด	67.95	49.44	88.95	60.50
บ้านเจิญจิตร	37.39	28.11	82.06	91.58
บ้านนาจารย์พัฒนา	79.45	59.37	94.75	48.81
บ้านหลักเมืองพัฒนา	79.59	59.64	94.45	48.72
บ้านราชธรรมสามัคคี	79.52	59.52	94.55	48.77
บ้านศรีบูรพา	107.93	89.38	100.08	26.90
ชุมชนอยู่ดีมีสุข	107.85	89.44	99.57	27.37
บ้านชัยสิทธิธรรม	108.37	89.83	100.26	26.66

ตารางที่ ก.4 ค่าขนส่งวัตถุดิบต่อหน่วย จากเกษตรกร ไปยังโรงงานแป้งมัน (บาทต่อตัน) (ต่อ)

กลุ่มเกษตรกร	สยามโปรดักส์ (1994) จำกัด	บริษัทเอเชียโมดิฟายด์ สตาร์ช จำกัด	บริษัท จิรัฐ พัฒนาการเกษตร	บริษัทเนชั่ลแนลสตาร์ช แอนเคมิเคิล
บ้านแก่งนาขาม	107.81	89.42	99.47	27.47
บ้านโนนคำม่วง	134.04	115.14	116.00	22.05
บ้านคำไพน	143.69	124.65	122.95	27.07
ชุมชนสวนป่า	145.07	126.01	124.00	27.96
บ้านสะอาดใต้	127.17	151.35	74.61	199.29
บ้านหนองสองห้อง	161.50	179.08	75.25	196.60
บ้านหาดทอง	117.44	134.70	35.22	161.79
บ้านหนองม่วง	97.37	120.74	53.30	172.23
บ้านอัมพวัน	95.43	119.79	58.16	174.98
บ้านปลาเค้าน้อย	96.00	116.38	37.78	159.33

ตารางที่ ก.5 แสดงค่าขนส่งวัตถุดิบต่อหน่วย จากลานมันไปยังโรงงานแป้งมัน (บาทต่อตัน)

ลานมันสำปะหลัง	สยามโปรดักส์ (1994) จำกัด	เอเชียโมดิฟายด์ สตาร์ช จำกัด	จิรัฐพัฒนาการ เกษตร	บริษัทเนชั่ลแนล สตาร์ช
1.ลานมันหนองสอ	55.10	71.40	42.70	124.24
2.บ้านหนาด	52.65	31.34	139.43	119.23
3.บ้านโนนสมบูรณ์	93.10	109.83	21.26	143.99
4.บ้านโนนเบ็ญ	86.46	57.13	154.39	94.54
5.บ้านคงสว่าง	97.04	88.64	193.04	175.64
6.บ้านสว่าง	120.64	129.91	24.12	132.85
7.บ้านหนองกุงใต้	16.42	25.04	86.71	112.64
8.บ้านห้วยตูมเหนือ	163.36	139.73	156.60	35.61
9.บ้านโคกใหม่	79.59	75.66	51.55	77.44
10.บ้านหนองโพนพัฒนา	33.69	29.00	79.55	96.29
11.บ้านประปาสามัคคี	79.43	59.56	94.18	48.91
12.บ้านสะอาดนาทม	148.23	169.28	75.29	201.70

ภาคผนวก ข

โปรแกรมลินโก สำหรับการแก้ปัญหาการจัดสรรงาน แบบหลายระดับชั้น กรณีศึกษาระบบการขนส่งมันสำปะหลัง ในเขตพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์

MODEL:

SETS:

Farmer/1..99/:S; *จำนวนกลุ่มเกษตรกร*

Patio/1..12/:C,M; *จำนวนลานมัน*

factory/1..4/:P,N; *จำนวนโรงงานแป้งมัน*

link(Farmer,Patio):X,B,D;

link1(Patio,factory):G,L,R;

link2(Farmer,factory):Y,F,W;

ENDSETS

DATA:

D = ค่าขนส่งวัตถุดิบต่อหน่วยจาก iไป j

(ใช้ข้อมูลจากภาคผนวก ก ตารางที่ ก.3);

W = ค่าขนส่งวัตถุดิบต่อหน่วยจาก iไป k

(ใช้ข้อมูลจากภาคผนวก ก. ตารางที่ ก.4);

R = ค่าขนส่งวัตถุดิบต่อหน่วยจาก jไป k

(ใช้ข้อมูลจากภาคผนวก ก. ตารางที่ ก.5);

C = 18250 18250 18250 18250 18250 18250 18250 18250 18250 18250 18250 18250 ;ปริมาณการรับซื้อของลานมัน j หน่วยเป็นตัน

S = ผลผลิตของกลุ่มเกษตรกร iหน่วยเป็นตัน

(ใช้ข้อมูลจากภาคผนวก ก. ตารางที่ ก.1);

P = 36500 36500 18250 73000;

ปริมาณการรับซื้อของโรงงานแป้งมัน k หน่วยเป็นตัน

M = 1600 1600 1600 1600 1600 1600 1600 1600 1600 1600 1600 1600;

ราคารับซื้อของลานมัน j บาทต่อตัน

N = 1760 1760 1700 1770; ราคารับซื้อของโรงงาน k บาทต่อตัน

ENDDATA

OBJECTIVE FUNCTION:

MAX = (@sum(link(i,j):M(j)*X(i,j)*B(i,j)) + @sum(link2(i,k):N(k)*Y(i,k)*F(i,k))+ @sum(link1(j,k):(N(k)-M(j))*G(j,k)*L(j,k)))- (((@sum(link(i,j):X(i,j)*B(i,j)*D(i,j)))+ (@sum(link2(i,k):Y(i,k)*F(i,k)*W(i,k)))+ (@sum(link1(j,k):G(j,k)*L(j,k)*R(j,k))));

SUBJECT TO:

@for(Farmer(i):(@sum(Patio(j):X(i,j))+ @sum(factory(k):Y(i,k))) = S(i)); *ปริมาณการขนวัตถุดิบจาก i ไป j รวมกับปริมาณการขนวัตถุดิบจาก i ไปโรงงาน k ต้องไม่เกิน supply i*

@for(Patio(j):(@sum(Farmer(i):X(i,j)))<=C(j)); *ปริมาณวัตถุดิบ i ที่ส่งจาก i ไปที่ลานมัน j ต้องไม่เกิน ความจุของ j*

@for(factory(k):((@sum(Farmer(i):Y(i,k)))+(@SUM(PATIO(J):G(j,k))))<=P(k)); *จำนวนวัตถุดิบที่ส่งให้กับ โรงงานต้องไม่เกิน ความจุของโรงงานแป้งมัน*

@for(Farmer(i):@sum(Patio(j):B(i,j))+@sum(factory(k):F(i,k)) = 1); *เกษตร i แต่ละรายจะเลือกส่งวัตถุดิบให้กับ ลานมัน j หรือ โรงงานk ได้เพียง 1 แห่ง*

@for(Patio(j): @sum(factory(k):L(j,k)) =1);

ลานมัน j แต่ละแห่ง จะเลือกส่งผลผลิตให้กับโรงงาน k ได้เพียง 1 แห่ง

@for(Patio(j):@sum(Farmer(i):X(i,j))= @sum(factory(k):G(j,k)));

เมื่อลานมัน j รับซื้อจนเต็มกำลังแล้วต้องส่งต่อไปที่โรงงาน k ทั้งหมด

@for(link(i,j):@bin(B(i,j))); *ตัวแปรตัดสินใจในของเกษตรกร i การเลือกวัตถุดิบให้กับ ลานมัน j*

@for(link2(i,k):@bin(F(i,k))); *ตัวแปรตัดสินใจในของเกษตรกร i การเลือกวัตถุดิบให้กับ โรงงาน k*

@for(link1(j,k):@bin(L(j,k))); *ตัวแปรตัดสินใจในของลานมัน j การเลือกวัตถุดิบให้กับ โรงงาน k*

END

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นายเอกชัย คุปตาวาทิน
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2552 ครุศาสตรอุตสาหกรรมบัณฑิต (วิศวกรรมอุตสาหการ– ออกแบบการผลิต) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
งานวิจัยด้านที่สนใจ	การวางแผนการผลิต การควบคุมคุณภาพ การออกแบบและสร้างเครื่องจักรกลในงาน อุตสาหกรรม การจัดสมดุล สายการผลิต การวิจัยดำเนินงาน
ประวัติการทำงาน	พ.ศ. 2552 เจ้าหน้าเขียนแบบ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาลำปาว จังหวัดกาฬสินธุ์ พ.ศ. 2553 – ปัจจุบัน อาจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหการ คณะเทคโนโลยี อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ราชมงคลอีสาน วิทยาเขตกาฬสินธุ์
ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน	อาจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขต กาฬสินธุ์