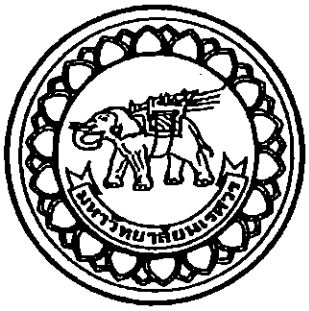


การใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการขนส่งของห่วงโซ่อุปทานมันสำปะหลัง

MATHEMATICAL MODELING OF TRANSPORTATION PROBLEM FOR CASSAVA SUPPLY CHAIN

นางสาวพรพิมล กาญจนะ รหัส 49363274

นางสาวมีนา ฟองเทพย์ รหัส 49363342

นายรัฐพล เสนีย์วรรณ รหัส 49363366

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 14 ก.ค. 2553
เลขทะเบียน 1507048x c.2
เลขเรียกหนังสือ ป5. ท.249ป
มหาวิทยาลัยนเรศวร 2552

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2552

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการขนส่งของห่วงโซ่อุปทานมันสำปะหลัง	
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวพรพิมล กาญจนะ	รหัส 49363274
	นางสาวมีนา ฟองเทพย์	รหัส 49363342
	นายรัฐพล เสนีย์วรรณ	รหัส 49363366
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผศ. ดร. ภูพงษ์ พงษ์เจริญ	
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ	
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ	
ปีการศึกษา	2552	

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภูพงษ์ พงษ์เจริญ)

.....กรรมการ
(ดร. ขวัญนิธิ คำเมือง)

.....กรรมการ
(ดร.สมลักษณ์ วรรณฤมล)

.....กรรมการ
(อ.สุชาดา อิศราภรณ์)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	**การใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการขนส่งของห่วงโซ่อุปทานมันสำปะหลัง**		
ผู้ดำเนินโครงงาน	**นางสาวพรพิมล**	**กาญจนะ**	**รหัส 49363274**
	นางสาวมีนา	**ฟองเทพย์**	**รหัส 49363342**
	นายรัฐพล	**เสนีย์วรรณ**	**รหัส 49363366**
ที่ปรึกษาโครงงาน	**ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภูพงษ์ พงษ์เจริญ**		
สาขาวิชา	**วิศวกรรมอุตสาหการ**		
ภาควิชา	**วิศวกรรมอุตสาหการ**		
ปีการศึกษา	2552		

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการขนส่งของห่วงโซ่อุปทานมันสำปะหลังในจังหวัดกำแพงเพชร เพื่อหาต้นทุนการขนส่งอันเนื่องมาจากค่าเชื้อเพลิง การดำเนินงานวิจัย เริ่มจากการศึกษาข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องนำมาจัดทำเป็นโครงข่ายและกิจกรรมโลจิสติกส์ของมันสำปะหลัง พร้อมทั้งจัดสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ทั้งหมด 3 แบบจำลองด้วยกัน คือ 1. เพื่อหาต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งมันสำปะหลังที่ต่ำที่สุด 2. เพื่อหาต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งมันสำปะหลังที่ต่ำที่สุด คิดการขนส่งทั้งเที่ยวไปและกลับ และ3. เพื่อหาต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งมันสำปะหลังที่ต่ำที่สุดโดยคิดต้นทุนค่าจ้างพนักงานขับรถ แล้วนำตัวแบบคณิตศาสตร์ไปคำนวณโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 เพื่อหาค่าต้นทุนของค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำที่สุด สรุปผลและข้อเสนอแนะงานวิจัย

จากผลการวิจัยพบว่า ในห่วงโซ่อุปทานของมันสำปะหลังในจังหวัดกำแพงเพชรนั้น พบว่าเกษตรกรถือเป็นผู้ประกอบการในขั้นต้นน้ำซึ่งมีจำนวน 11 อำเภอ ลานมันหรือพ่อค้าท้องถิ่นจะเป็นผู้ประกอบการขั้นกลางมีจำนวน 25 ตำบลและโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์หรือแปรรูปมันต่างๆ เป็นขั้นปลายน้ำที่มีทั้งหมด 9 โรงงานตั้งแต่เกษตรกรผู้ปลูกผ่านลานมันและส่งต่อไปยังโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง จากผลการคำนวณเพื่อหาต้นทุนค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำที่สุดพบว่ามีค่าเท่ากับ 65,890.18 บาท และเมื่อคิดเที่ยวไปกลับรวมจะส่งผลให้ได้ต้นทุนค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำที่สุดเท่ากับ 111,506.46 บาท ดังนั้นเมื่อรวมต้นทุนค่าเชื้อเพลิงทั้งเที่ยวไปและกลับเข้ากับต้นทุนค่าจ้างพนักงานขับรถ 173,066.46 บาท คือต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งที่ต่ำที่สุดของห่วงโซ่อุปทานมันสำปะหลังนี้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องมาจากทางคณะผู้จัดทำได้รับความช่วยเหลือ คำแนะนำ คำชี้แนะต่างๆ จาก ผศ.ดร. ภูพงษ์ พงษ์เจริญ ซึ่งเป็นที่ปรึกษาการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ อาจารย์วิสาข์ เจ่าสกุล ซึ่งได้ให้ความรู้เพิ่มเติมที่มีประโยชน์ในการทำปริญญานิพนธ์ รวมทั้งอาจารย์ กรรมการสอบทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการปรับปรุงแก้ไข ข้อบกพร่องต่างๆ

ขอขอบคุณหน่วยงานราชการต่างๆที่ให้ข้อมูลที่สำคัญในการทำงาน พร้อมทั้งเพื่อนๆที่ช่วยสอน หรือแลกเปลี่ยนความรู้ให้กันเป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้ทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณทุกๆท่าน รวมทั้งครอบครัวซึ่งเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมาในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

คณะผู้ดำเนินโครงงานวิศวกรรม
นางสาวพรพิมล กาญจนะ
นางสาวมีนา ฟองเทพย์
นายรัฐพล เสนีย์วรรณ
กุมภาพันธ์ 2552

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์.....ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....ข
กิตติกรรมประกาศ.....ค
สารบัญ.....ง
สารบัญตาราง.....ช
สารบัญรูป.....ฌ

บทที่ 1 บทนำ
1.1 หลักการและเหตุผล.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน.....2
1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output).....2
1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome).....2
1.5 ขอบเขตในการดำเนินงานวิจัย.....3
1.6 สถานที่ในการดำเนินการวิจัย.....3
1.7 ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย.....3
1.8 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....4

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี
2.1 ระบบโลจิสติกส์.....5
2.2 นิยามและความหมายของโลจิสติกส์.....5
2.3 ขอบเขตทางโลจิสติกส์.....6
2.4 กิจกรรมทางโลจิสติกส์.....7
2.5 บทบาทและความสำคัญของระบบโลจิสติกส์ที่มีต่อการพัฒนาภาคเกษตร.....11
2.6 ห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain).....11
2.7 ความหมายห่วงโซ่อุปทาน.....11
2.8 องค์ประกอบของห่วงโซ่อุปทาน.....13
2.9 กิจกรรมหลักในห่วงโซ่อุปทาน.....14

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.10 ความสัมพันธ์ระหว่างโลจิสติกส์ และการจัดการห่วงโซ่อุปทาน.....15
2.11 ต้นทุน.....15
2.12 ต้นทุนการขนส่ง.....16
2.13 การจัดเส้นทางและการกำหนดตารางการขนส่ง.....17
2.14 ปัญหาการขนส่ง (The transportation problem).....19
2.15 การแก้ปัญหาการขนส่ง.....22
2.16 การวิเคราะห์ความไว.....22
2.17 มันสำปะหลัง.....23
2.18 ชนิดและพันธุ์ของมันสำปะหลัง.....24
2.19 การปลูกมันสำปะหลัง.....26
2.20 การดูแลรักษาต้นมันสำปะหลัง.....27
2.21 การเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง.....28
2.22 การขนส่ง.....28
2.23 การใช้ประโยชน์จากมันสำปะหลัง.....29
2.24 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....32
2.25 นิยามคำศัพท์เฉพาะ.....34

บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงงาน
3.1 ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย.....35
3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....37
3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล.....38

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์
4.1 ระบบโลจิสติกส์มันสำปะหลัง.....39
4.2 แบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับค่าใช้จ่ายรวมในการขนส่ง
มันสำปะหลังในเขตจังหวัดกำแพงเพชร..... 50

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุป....81

5.2 ปัญหาที่พบในระหว่างดำเนินโครงงาน....82

5.3 แนวทางการแก้ไขปัญหา....82

5.4 ข้อเสนอแนะ....83

เอกสารอ้างอิง....85

ภาคผนวก ก....87

ภาคผนวก ข....92

ภาคผนวก ค....94

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 เนื้อที่และปริมาณผลผลิตของมันสำปะหลังในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่างปี2551.....2

1.2 แผนการดำเนินงาน.....4

2.1 พันธุ์ของมันสำปะหลัง.....25

4.1 คำอธิบายค่าต่างๆ ในโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 for Microsoft Excel ในส่วนของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.1.....58

4.2 แสดงปริมาณการไหลของมันสำปะหลังจากเกษตรกร *i* ไปยังลานมัน *j* ภายใน 1 วัน.....61

4.3 แสดงปริมาณการไหลมันสำปะหลังจากลานมัน *j* ไปยังโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง*k* ภายใน 1 วัน.....62

4.4 แสดงรอบในการเดินทางขนส่งมันสำปะหลังของยานพาหนะจากเกษตรกร *i* ไปยังลานมัน *j* ภายใน 1 วัน.....63

4.5 แสดงรอบในการเดินทางขนส่งมันสำปะหลังของยานพาหนะจากลานมัน *j* ไปยังโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง *k* ภายใน 1 วัน.....64

4.6 คำอธิบายค่าต่างๆ ในโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 for Microsoft Excelในส่วนของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.2.....66

4.7 คำอธิบายค่าต่างๆ ในโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 for Microsoft Excel ในส่วนของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.3.....71

4.8 แสดงค่าจ้างพนักงานขับรถขนส่งมันสำปะหลัง จากเกษตรกร *i* ไปยังลานมัน *j* ภายใน 1 วัน จากเกษตรกร *i* ไปยังลานมัน *j* ภายใน 1 วัน (ในกรณีคิดทั้งเที่ยวไปและกลับ).....75

4.9 แสดงค่าจ้างพนักงานขับรถขนส่งมันสำปะหลัง จากลานมัน *j* ไปยังโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง *k* ภายใน 1 วัน.....76

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ก.1 ข้อมูลจำนวน ที่ตั้ง และกำลังการผลิตของเกษตรกรในเขตจังหวัดกำแพงเพชร.....88

ก.2 ข้อมูลจำนวน ที่ตั้ง และความสามารถในการจัดเก็บของลานมัน ในเขตจังหวัด กำแพงเพชร.....89

ก.2.1 (ต่อ) ข้อมูลจำนวน ที่ตั้ง และความสามารถในการจัดเก็บของลานมัน ในเขตจังหวัด กำแพงเพชร.....90

ก.3 ข้อมูลจำนวน ที่ตั้ง และกำลังการผลิตที่สามารถรับได้ของโรงงานแป้งมันสำปะหลัง ในเขตจังหวัด กำแพงเพชร.....91

ข.1 พื้นที่เพาะปลูก และผลผลิต มันสำปะหลัง ปี 2551 จังหวัดกำแพงเพชร.....93

ค.1 ข้อมูลระยะทางในการขนส่งจากเกษตรกร ไปยังลานมัน.....95

ค.2 ข้อมูลระยะทางในการขนส่งจากลานมัน ไปยังโรงงานแป้งมันสำปะหลัง.....96

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 การบริการลูกค้า....7

2.1 กระบวนการสั่งซื้อ....8

2.3 การควบคุมสินค้าคงคลังในโกดัง....9

2.4 การบริหารคลังสินค้า....9

2.5 กระบวนการขนส่ง....10

2.6 การจัดซื้อและการจัดหาวัตถุดิบ....10

2.7 แสดงโครงข่ายของโซ่อุปทาน....12

2.8 แสดงห่วงโซ่อุปทานผักและผลไม้....12

2.9 แสดงความสัมพันธ์ของห่วงโซ่อุปทาน....14

2.10 แสดงความสัมพันธ์ของโลจิสติกส์ และห่วงโซ่อุปทาน....15

2.11 แสดงต้นทุนการขนส่ง....16

2.12 แสดง Running Cost....17

2.13 แสดงเส้นทางการจัดส่งของ Web Van โดยใช้วิธีการ Generalized Assignment....19

2.14 แสดงเส้นทางการขนส่งของแหล่งผลิตเป็นโรงงาน และแหล่งเก็บสินค้าเป็นคลังสินค้า....20

2.15 มันสำปะหลัง....24

2.16 กรรมวิธีการผลิตมันเส้น....29

2.17 ประโยชน์ที่ได้จากมันสำปะหลังเส้น....30

3.1 แผนภาพขั้นตอนการดำเนินงาน....35

3.2 แสดงห่วงโซ่อุปทานมันสำปะหลัง....36

4.1 กระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังแปรรูป....43

4.2 แผนผังและกิจกรรมของระบบโลจิสติกส์มันสำปะหลังในประเทศไทย....45

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.3 (ต่อ) แผนผังและกิจกรรมของระบบโลจิสติกส์มันสำปะหลังในประเทศไทย..... 46
4.4 (ต่อ) แผนผังและกิจกรรมของระบบโลจิสติกส์มันสำปะหลังในประเทศไทย..... 47
4.5 โครงข่ายโลจิสติกส์มันสำปะหลังในประเทศไทย..... 48
4.6 (ต่อ) โครงข่ายโลจิสติกส์มันสำปะหลังในประเทศไทย..... 49
4.7 แสดงโครงข่ายการขนส่งมันสำปะหลังในเขตจังหวัดกำแพงเพชร..... 50
4.8 แสดงค่าที่ใช้ในการหาคำตอบของปัญหาการขนส่งมันสำปะหลัง..... 54
4.9 แสดงตัวอย่าง Interface ที่ใช้ในการคำนวณ..... 54
4.10 แสดงตัวอย่าง Interface ของเซลล์สมการเป้าหมาย
(เมื่อมีการคิดเฉพาะค่าน้ำมันเชื้อเพลิงเที่ยวไปอย่างเดียว)..... 55
4.11 แสดงตัวอย่าง Interface ของเซลล์สมการเป้าหมาย
(เมื่อมีการคิดทั้งเที่ยวไปและกลับ)..... 56
4.12 แสดงตัวอย่าง Interface ของเซลล์สมการเป้าหมาย
(เมื่อมีการคิดรวมค่าจ้างพนักงานเพิ่มเข้ามา)..... 56
4.13 แสดงตัวอย่างการเขียนข้อจำกัดต่างๆ ในการใช้หาคำตอบของ
แบบจำลองทางคณิตศาสตร์..... 57
4.14 แสดงการเขียนข้อจำกัดต่างๆ ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.1 ลงในโปรแกรม
Risk Solver Platform V.9.6..... 59
4.15 แสดงตัวอย่างการเขียนข้อจำกัดต่างๆ ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.1 ลงใน
โปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6..... 60

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.16 แสดงการเขียนข้อจำกัดต่างๆ ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.2 ลงในโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 68
4.17 แสดงตัวอย่างการเขียนข้อจำกัดต่างๆ ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.2 ลงในโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 69
4.18 แสดงการเขียนข้อจำกัดต่างๆ ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.3 ลงในโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 73
4.19 แสดงตัวอย่างการเขียนข้อจำกัดต่างๆ ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.3 ลงในโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 74
4.20 แสดงตัวอย่าง Answer Report ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ 77
4.21 แสดงตัวอย่าง Answer Report ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ 77
4.22 แสดงตัวอย่าง Answer Report ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ 78
4.23 แสดง Report Sensitivity ส่วน Decision Variable ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.1 79
4.24 แสดง Report Sensitivity ส่วน Constrains 80

บทที่ 1
บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

ในยุคโลกาภิวัฒน์และโลกการค้าเสรี มีการแข่งขันทางตลาดที่สูงขึ้น ภาคอุตสาหกรรมจึงให้ความสำคัญกับระบบโลจิสติกส์และห่วงโซ่อุปทานให้เข้ามามีบทบาทในการจัดการกับกระบวนการผลิต และการขนส่ง ก่อให้เกิดแนวทางปรับปรุงพัฒนาภาคอุตสาหกรรมให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น สินค้าทางการเกษตรเป็นสินค้าเศรษฐกิจของไทยที่สร้างรายได้ให้กับประเทศ ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงทำการศึกษาระบบโลจิสติกส์และห่วงโซ่อุปทาน เพื่อนำทฤษฎีและหลักการของการจัดการของระบบโลจิสติกส์และห่วงโซ่อุปทานมาประยุกต์ใช้ในการขนส่งสินค้าทางการเกษตร เพื่อเป็นแนวทางในการลดต้นทุนการขนส่งอันเนื่องมาจากค่าเชื้อเพลิง

มันสำปะหลัง เป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย เนื่องจากเป็นประเทศที่มีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังเป็นอันดับที่ 3 ของโลกรองจากประเทศไนจีเรีย และ บราซิล นอกจากนั้นแล้วประเทศไทยยังเป็นผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังเป็นอันดับหนึ่งของโลกมายาวนาน และสร้างรายได้เข้าประเทศมากกว่าปีละ 3 หมื่นกว่าล้านบาท จึงเป็นพืชที่นิยมปลูกที่สำคัญของเกษตรกรในประเทศ (มูลนิธิพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย, 2550)

ปัจจุบันมันสำปะหลังในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง ถือว่ามีบทบาทสำคัญในการเสริมสร้างเศรษฐกิจในภูมิภาค ซึ่งประกอบไปด้วย 9 จังหวัด ได้แก่ กำแพงเพชร ตาก นครสวรรค์ พิจิตร พิษณุโลก เพชรบูรณ์ สุโขทัย อุตรดิตถ์ อุทัยธานี โดยแสดงข้อมูลพื้นที่และผลผลิตในแต่ละจังหวัดดังตารางที่ 1.1 สำหรับในภาคเหนือตอนล่างนั้น จะเห็นได้ว่ามันสำปะหลังในจังหวัดกำแพงเพชรมีพื้นที่เพาะปลูกและมีปริมาณผลผลิตมากที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญ ดังนั้น มันสำปะหลังจึงเป็นอุตสาหกรรมการเกษตรที่สร้างรายได้ให้กับผู้ที่อยู่ในห่วงโซ่อุปทาน ตั้งแต่ต้นน้ำไปจนถึงปลายน้ำ ส่งผลให้มีเงินทุนหมุนเวียนในระบบเศรษฐกิจของประเทศ

ตารางที่ 1.1 เนื้อที่และปริมาณผลผลิตของมันสำปะหลังในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่างปี2551

ลำดับ	จังหวัด	เนื้อที่ให้ผลผลิตทั้งจังหวัด (ไร่)	ผลผลิตรวมทั้งจังหวัด (ตัน)
1	กำแพงเพชร	422,573	1,503,515
2	สุโขทัย	2,264	7,274
3	ตาก	5,298	17,505
4	พิจิตร	3,452	11,053
5	นครสวรรค์	232,727	793,366
6	เพชรบูรณ์	30,876	104,145
7	พิษณุโลก	175,687	594,701
8	อุตรดิตถ์	8,947	29,149
9	อุทัยธานี	211,539	724,098
รวม		1,093,363	3,784,806

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

เพื่อศึกษาและสร้างตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการขนส่งของห่วงโซ่อุปทานมันสำปะหลังในจังหวัดกำแพงเพชร

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output)

ตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการขนส่งของห่วงโซ่อุปทานมันสำปะหลังในจังหวัดกำแพงเพชร

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome)

ตัวแบบคณิตศาสตร์ของห่วงโซ่อุปทานมันสำปะหลังในจังหวัดกำแพงเพชร ซึ่งสามารถวิเคราะห์และคำนวณเพื่อหาต้นทุนการขนส่งที่ต่ำที่สุด

1.5 ขอบเขตในการดำเนินงานวิจัย

1.5.1 ศึกษาระบบโลจิสติกส์และห่วงโซ่อุปทานของมันสำปะหลัง ในจังหวัดกำแพงเพชร ทำการศึกษาเฉพาะมันสำปะหลังโรงงาน

1.5.2 ศึกษาลักษณะกิจกรรมการขนส่งมันสำปะหลังในจังหวัดกำแพงเพชรเท่านั้น

1.5.3 ศึกษากิจกรรมการขนส่งมันสำปะหลังจากเกษตรกรไปยังลานมัน และกิจกรรมการขนส่งจากลานมันไปโรงงานแป้งมันสำปะหลังในจังหวัดกำแพงเพชร โดยพิจารณาความต้องการของลานมันจากปริมาณผลผลิตของเกษตรกร และความต้องการของโรงงานแป้งมันสำปะหลังจากปริมาณผลผลิตจากลานมันในจังหวัดกำแพงเพชร

1.5.4 ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเฉพาะต้นทุนการขนส่งที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากค่าเชื้อเพลิง

1.5.5 ปริมาณในการกระจายสินค้าในตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการขนส่งนั้นจะพิจารณาถึงความต้องการสินค้าในแต่ละจุด

1.6 สถานที่ในการดำเนินการวิจัย

1.6.1 ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์

1.6.2 ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

1.6.3 หอสมุดมหาวิทยาลัยนเรศวร

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย

กรกฎาคม 2552 - เมษายน 2553

1.8 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.2 แผนการดำเนินงาน

ลำดับ	การดำเนินงาน	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1	ศึกษาหลักการและทฤษฎีที่ใช้ในการคำนวณตัวแบบปัญหาการขนส่งและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง											
2	เก็บรวบรวมข้อมูล											
3	สร้างตัวแบบห่วงโซ่อุปทาน											
4	วิเคราะห์ผลการสร้างตัวแบบห่วงโซ่อุปทาน											
5	สรุปผลการดำเนินการวิจัย และข้อเสนอแนะ											
6	จัดพิมพ์รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์											

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

2.1 ระบบโลจิสติกส์

คำว่า Logistics มาจากภาษาฝรั่งเศส "Logistique" ซึ่งรากศัพท์คือ Lodge ตรงกับศัพท์ภาษาอังกฤษว่า Quarter และ Lodge ซึ่งแปลว่า การจัดการที่อยู่ ซึ่งกำเนิดมาจากกองทัพอังกฤษในสมัยก่อนสงครามโลกครั้งที่ 1 ซึ่งในขณะนั้นมีความหมายถึง การจัดระบบส่งกำลังบำรุงทางทหาร ซึ่งมีการขนย้าย ขนส่งอาวุธยุทโธปกรณ์มาเพื่อทำสงครามกับอิรัก โดยในยุคนั้นถือว่ามีการจัดการและการบริหารเคลื่อนย้ายอย่างมีประสิทธิภาพที่สุดเท่าที่เคยมีมา หลังจากนั้นการจัดการโลจิสติกส์ได้มีวิวัฒนาการเรื่อยมา เนื่องจากสหรัฐอเมริกาเริ่มมีการแพร่กระจายสินค้าพืชผลทางการเกษตร การแลกเปลี่ยนสินค้าอุปโภคบริโภคอย่างแพร่หลาย

ดังนั้นในปัจจุบันคำว่า โลจิสติกส์ จึงไม่ได้ถูกจำกัดเพื่อใช้แต่เพียงวงการทางทหารเท่านั้น แต่มุมมองของโลจิสติกส์ได้กว้างขึ้นและนำมาใช้ในวงการธุรกิจและวงการอุตสาหกรรมอย่างกว้างขวาง

2.2 นิยามและความหมายของโลจิสติกส์

สำหรับคำนิยามเกี่ยวกับระบบโลจิสติกส์ได้มีผู้ให้คำนิยามในระดับสากลดังนี้

2.2.1 The Council of Logistics Management (CLM)

ซึ่งได้ให้คำนิยามเกี่ยวกับการจัดการในด้านโลจิสสติกส์ไว้ว่า "กระบวนการในการวางแผน ดำเนินการ และควบคุมประสิทธิภาพ และประสิทธิผลในการไหล การจัดเก็บวัตถุดิบ สินค้าคงคลัง ในกระบวนการ สินค้าสำเร็จรูป และสารสนเทศที่เกี่ยวข้องจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดที่มีการใช้งาน โดยมีเป้าหมายเพื่อสอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภค

2.2.2 Logistix Partnersoy Helsinki,Fl

ให้คำนิยามโลจิสติกส์ธุรกิจว่า "โครงสร้างของการวางแผนทางธุรกิจ สำหรับการบริหารจัดการกับวัตถุดิบ การบริการการไหลของข้อมูล และเงินทุน ซึ่งรวมถึงข้อมูลที่มีความซับซ้อน การติดต่อสื่อสาร และกระบวนการควบคุม ให้ตรงกับความต้องการในสภาวะแวดล้อมทางธุรกิจปัจจุบัน"

2.2.3 Christo – Pher, (1988)

ได้นำนิยามเกี่ยวกับทฤษฎีโลจิสติกส์ความว่า การจัดการทางด้านของโลจิสติกส์ คือ การจัดการเชิงกลยุทธ์ในการจัดซื้อจัดหา การเคลื่อนย้ายและจัดเก็บวัตถุดิบ ชิ้นส่วนและสินค้าคงคลังตลอดทุกหน่วยขององค์กรโดยผ่านช่องทางทางการตลาดเพื่อสร้างประโยชน์สูงสุดเพื่อให้บรรลุเป้าหมายในด้านต้นทุนที่มีประสิทธิภาพ

2.2.4 โอ๊ก บรู๊ก (2544)

ได้นิยามเกี่ยวกับทฤษฎีโลจิสติกส์ความว่า การจัดการโลจิสติกส์ หมายถึง กระบวนการวางแผนการปฏิบัติการและการควบคุม การเคลื่อนย้ายและการจัดเก็บสินค้าอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลรวมถึงการให้บริการและสารสนเทศที่เกี่ยวข้อง ตั้งแต่จุดกำเนิดจนถึงจุดการบริโภคสินค้า เพื่อวัตถุประสงค์ในการตอบสนองความต้องการของลูกค้า

เมื่อพิจารณาจากคำนิยามของนักวิจัยและแหล่งที่มาต่างๆสามารถกล่าวโดยสรุปได้ว่า

โลจิสติกส์ คือ กระบวนการวางแผนการปฏิบัติการและควบคุมอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล ในการเคลื่อนย้าย การจัดเก็บวัตถุดิบ สินค้าระหว่างผลิตและสินค้าสำเร็จรูป รวมทั้งสารสนเทศที่เกี่ยวข้อง จากจุดเริ่มต้นของกระบวนการผลิต ไปจนกระทั่งสินค้าและบริการถูกนำไปถึงมือผู้บริโภค โดยมีเป้าหมายในการตอบสนองความต้องการของลูกค้าให้มีความพอใจสูงสุดและเกิดประโยชน์สูงสุดแก่องค์กรด้วย และกล่าวได้ว่าหน้าที่ของระบบโลจิสติกส์ คือ การนำสินค้าหรือบริการที่ตรงกับความต้องการของลูกค้า (Right Product Service) ส่งมอบไปยังสถานที่ที่ถูกต้อง (Right Place) ในเวลาที่ถูกต้อง (Right Time) ด้วยราคาที่ถูกต้อง (Right Cost) เพื่อสร้างความพอใจให้กับลูกค้าและเกิดประโยชน์สูงสุดแก่องค์กร (ดร.ทวีศักดิ์ เทพพิทักษ์, 2550)

2.3 ขอบเขตทางโลจิสติกส์

โลจิสติกส์มีหลายกิจกรรมด้วยกัน เช่น การพยากรณ์ การวางแผนการผลิต การจัดซื้อ บรรจุภัณฑ์ การเคลื่อนย้ายภายในองค์กร การผลิต คลังสินค้า การขนส่ง การกระจายสินค้า การบริการลูกค้า เป็นต้น ทุกกิจกรรมในโลจิสติกส์ต้องทำงานอย่างต่อเนื่อง และเกี่ยวข้องกันแบบเป็นกระบวนการ โดยมีการแบ่งขอบเขตของโลจิสติกส์เป็น 2 กลุ่มกิจกรรมหลัก ดังนี้

2.3.1 การจัดการวัสดุ (Material Management)

โลจิสติกส์ขาเข้า (Inbound Logistics) หรือ โลจิสติกส์เพื่อการผลิต (Manufacturing Logistics) จะสนับสนุนในการผลิตเป็นหลัก มีหน้าที่ที่เกี่ยวข้องคือ เป็นการศึกษาอุปสงค์ของพื้นที่จัดเก็บและ

การเคลื่อนย้ายของวัตถุดิบ สินค้า ชิ้นส่วน บรรจุภัณฑ์ ที่ต้องจัดซื้อจัดหา เพื่อการผลิต รวมถึงต้นทุนและบริการ เพื่อให้มีมูลค่าเพิ่มในกิจกรรมทางเลือกที่ดีที่สุด

2.3.2 การจัดการการกระจายสินค้า (Physical Distribution Management)

โลจิสติกส์ขาออก (Outbound Logistics) จะสนองความต้องการในการขาย และการตลาดเป็นหลัก มีหน้าที่หลักคือ การจัดการคลังสินค้า และการขนส่ง โดยคลังสินค้าจะต้องมีสาธารณูปโภคพื้นฐานอุปกรณ์ต่างๆ ระบบจัดการคลังสินค้าและโครงสร้างการบริหารจัดการ ส่วนงานขนส่งจะเกี่ยวข้องกับการเลือกพนักงาน ที่มีทักษะ รูปแบบการขนส่ง วิธีการขนส่ง และมูลค่าจากการทำงาน (ข้อมูลของบริษัท โลจิสติกส์ เทรนนิ่ง แอนด์ คอนซัลติ้ง จำกัด)

2.4 กิจกรรมทางโลจิสติกส์

2.4.1 การพยากรณ์ (Forecast)

คือ การคาดการณ์ถึงสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่จะเกิดขึ้นในช่วงเวลาในอนาคต และนำค่าพยากรณ์ที่ได้มาใช้ประโยชน์ เพื่อการตัดสินใจใดๆ

2.4.2 การบริการลูกค้า (Customer Service)

เป็นกระบวนการที่ตอบสนองถึงการสั่งซื้อของลูกค้าให้สำเร็จ และสามารถสร้างความรู้สึกที่ดีต่อลูกค้าในการดำเนินธุรกิจร่วมกัน

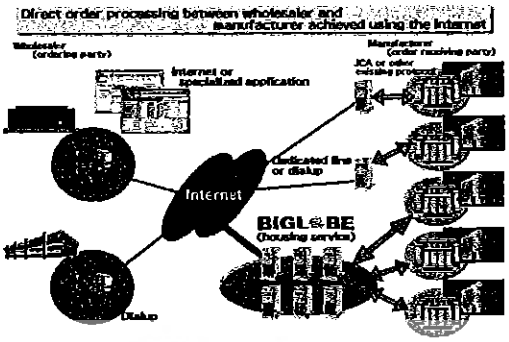
รูปที่ 2.1 การบริการลูกค้า

ที่มา : สำนักพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยี

2.4.3 กระบวนการสั่งซื้อ (Order Processing)

เป็นระบบกระบวนการทางรายการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญ ซึ่งการได้รับและการดำเนินการสั่งซื้อที่ได้รับจากลูกค้า เพื่อสร้างข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์การขายและการควบคุมสินค้าคงคลัง ในหลายๆ หน่วยงานมีการติดตามสถานภาพในการสั่งซื้อของลูกค้าจนกระทั่งสินค้าได้รับการจัดส่ง ระบบประมวลผลด้านการขายด้วยคอมพิวเตอร์ ที่ช่วยบันทึกและตรวจสอบลูกค้า หรือ

การสั่งซื้อ รวมทั้งรายการเปลี่ยนแปลงด้านการขายให้เป็นไปอย่างรวดเร็ว ถูกต้อง และมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 2.2 กระบวนการสั่งซื้อ

ที่มา: สำนักพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยี

2.4.4 การกระจายสินค้า (Distribution)

หมายถึง การบริหารระบบการขนส่ง ระบบช่องทางการจัดซื้อ ระบบช่องทางการจัดจำหน่าย ระบบสินค้าคงคลัง เพื่อให้ได้มาซึ่งประสิทธิภาพในการจัดซื้อวัสดุ วัตถุดิบเพื่อการผลิต และเพื่อให้ได้มาซึ่งประสิทธิภาพทางการตลาดที่จะขายสินค้าสำเร็จรูปและบริการสู่มือผู้บริโภค การบริหารการกระจายสินค้า แบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ คือ

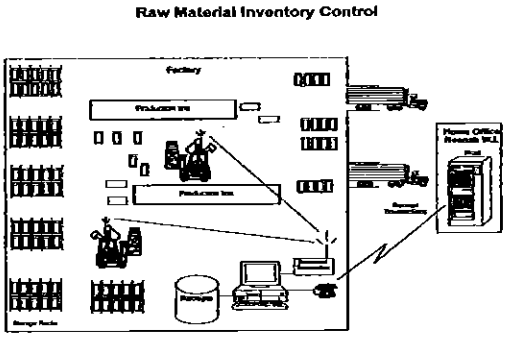
2.4.4.1 การเก็บสินค้าในคลังสินค้า

2.4.4.2 การหีบห่อสินค้า

2.4.4.3 การกระจายสินค้าในการขาย

2.4.5 คลังสินค้า (Inventory)

คลังสินค้ามักมีส่วนเกี่ยวข้องกับหลายๆ ขั้นตอนในการจัดหา ในการผลิต และในการกระจายสินค้า การจัดการคลังสินค้าให้มีประสิทธิภาพนั้นจะต้องวัดผลทั้งในแง่ต้นทุนและการบริการ เป้าหมายหลักของการควบคุมสินค้า คือ การจัดการเคลื่อนที่ของสินค้าผ่านโซ่อุปทานถึงลูกค้าคนสุดท้าย



รูปที่ 2.3 การควบคุมสินค้าคงคลังในโกดัง

ที่มา: สำนักพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยี

2.4.6 การบริหารคลังสินค้า (Warehousing and Storage)

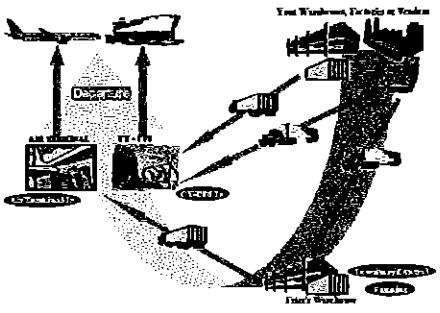
เพื่อให้เกิดการดำเนินการเป็นระบบให้คุ้มกับการลงทุน การควบคุมคุณภาพของการเก็บการหยิบสินค้า การป้องกัน ลดการสูญเสียจากการดำเนินงานเพื่อให้ต้นทุนการดำเนินงานต่ำที่สุดและการใช้ประโยชน์เต็มที่จากพื้นที่

รูปที่ 2.4 การบริหารคลังสินค้า

ที่มา: สำนักพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยี

2.4.7 กระบวนการขนส่ง (Traffic and Transportation)

คือ การเคลื่อนย้ายบุคคลหรือสิ่งของจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง ถ้าเป็นการเคลื่อนย้ายบุคคล เรียกว่า การขนส่งผู้โดยสาร หากเป็นการเคลื่อนย้ายสัตว์หรือสิ่งของต่างๆ เรียกว่า การขนส่งสินค้า (ประชด ไกรเนตร, 2541)

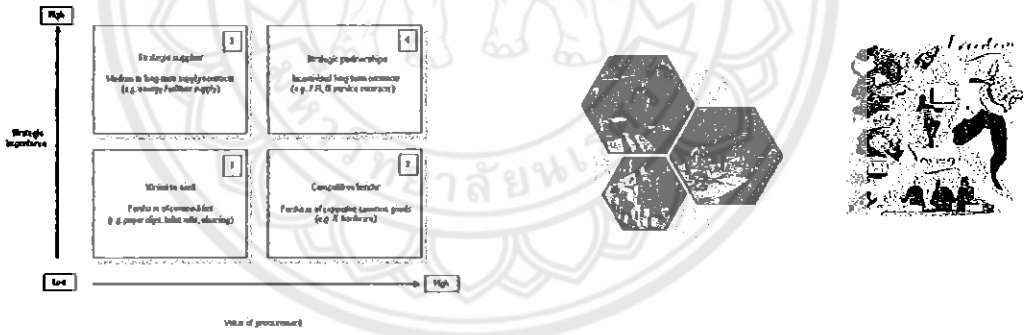


รูปที่ 2.5 กระบวนการขนส่ง

ที่มา: สำนักพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยี

2.4.8 การจัดซื้อและการจัดหาวัตถุดิบ (Procurement)

การจัดการวัตถุดิบเป็นเรื่อง เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบ การปฏิบัติงานระหว่างดำเนินการ หรือสินค้าสำเร็จรูปภายในโรงงานหรือคลังสินค้า ส่วนกระบวนการสั่งซื้อจะเกี่ยวข้องกับการรับคำสั่งซื้อจากลูกค้าการตรวจสอบสถานะของคำสั่งซื้อและการติดต่อสื่อสารไปยังลูกค้า การเปิดคำสั่งซื้อจริงและการส่งมอบสินค้าตามคำสั่งซื้อนั้น



รูปที่ 2.6 การจัดซื้อและการจัดหาวัตถุดิบ

ที่มา: สำนักพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยี

2.5 บทบาทและความสำคัญของระบบโลจิสติกส์ที่มีต่อการพัฒนาภาคเกษตร

1) ช่วยให้ภาคการเกษตรเกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลในกระบวนการด้านโลจิสติกส์และการจัดการซัพพลายเชน

2) สามารถเพิ่มกิจกรรมสำคัญในการสนับสนุนการขายและบริการในภาคการเกษตร

3) ช่วยเพิ่มอรรถประโยชน์ด้านเวลา และสถานที่สำหรับลูกค้าเมื่อต้องการบริโภค หรือนำไปใช้ผลิตด้วยต้นทุนที่ภาคการเกษตรกำหนดไว้

4) สามารถนำเทคโนโลยีสารสนเทศและระบบการสื่อสารมาประยุกต์ใช้เพื่อช่วยลด ระยะเวลาดำเนินงานในขั้นตอนต่างๆ ของกระบวนการผลิตไปจนถึงมือผู้บริโภค และซัพพลายเออร์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

5) เสริมสร้างอำนาจแข่งขันของภาคการเกษตรเข้าด้วยกัน ทำให้เกิดการประสานงานกันอย่างต่อเนื่องในการสร้างความพึงพอใจสูงสุดแก่ลูกค้าและผู้บริโภค

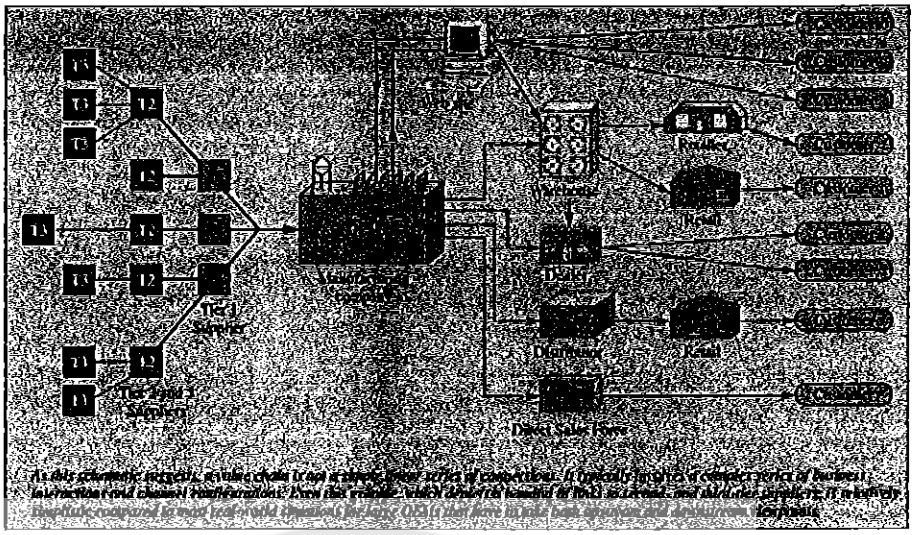
2.6 ห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain)

ห่วงโซ่อุปทานเริ่มขึ้นในช่วงต้นทศวรรษที่ 1990 ที่ประเทศสหรัฐอเมริกาก่อนและญี่ปุ่นก็เริ่มให้ความสนใจมากหลังจากเกิดเศรษฐกิจฟองสบู่แตก ก่อนหน้านั้นผู้บริหารไม่ได้ให้ความสนใจในเรื่องการกระจายสินค้า คิดว่า ต้นทุนไม่สูง แต่เมื่อทำการผลิตแบบลอตเล็กๆ การจัดส่งสินค้าก็เป็นลอตเล็กๆ และมีจำนวนมากขึ้นเรื่อยๆ พบว่า ต้นทุนของการกระจายสินค้าสูงมาก จึงทำให้ผู้บริหารเริ่มให้ความสนใจเกี่ยวกับห่วงโซ่อุปทานมากขึ้น (Prof. Tsutomu Araki,1999)

2.7 ความหมายห่วงโซ่อุปทาน

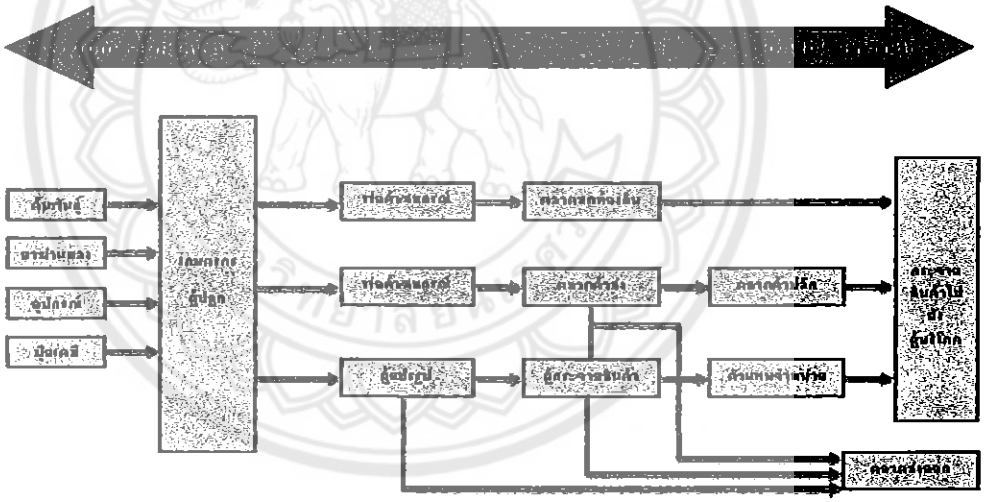
ห่วงโซ่อุปทาน คือ การเคลื่อนย้าย และเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในกระบวนการแต่ละขั้นตั้งแต่จุดเริ่มต้นจนถึงปลายทางผู้บริโภค ซึ่งจะเพิ่มคุณค่าสินค้าที่เกิดจากการประสานงานและบูรณาการโลจิสติกส์ในทุกขั้นตลอดเส้นทางห่วงโซ่อุปทานอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล โดยใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ในการลดต้นทุนที่ต่ำที่สุดและตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคให้สูงสุด

ระบบห่วงโซ่อุปทานคือสินค้าที่ออกจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสุดท้ายจนถึงมือผู้บริโภคได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยไม่เกิดการสูญเสีย ดังตัวอย่าง รูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แสดงโครงข่ายของโซ่อุปทาน

ที่มา: http://www.pimtraining.com/wizContent.asp?wizConID=124&txtmMenu_ID=7 (2552)



รูปที่ 2.8 แสดงห่วงโซ่อุปทานผักและผลไม้

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2551)

สินค้าหรือบริการต่างๆ ที่ผลิตออกสู่ตลาดจะต้องผ่านทุกจุดหรือหน่วยต่างๆ ตลอดทั้งสายของห่วงโซ่อุปทาน ดังนั้นคุณภาพของสินค้าและบริการนั้น จะขึ้นอยู่กับทุกหน่วยมิใช่หน่วยใดหน่วยหนึ่งโดยเฉพาะ ด้วยเหตุผลนี้จึงทำให้มีแนวความคิดในการบูรณาการทุกๆ หน่วยเพื่อให้การผลิตสินค้าหรือบริการเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีคุณภาพตามที่ลูกค้าคาดหวัง

2.8 องค์ประกอบของห่วงโซ่อุปทาน

2.8.1 ผู้ส่งมอบ (Suppliers)

หมายถึงผู้ที่ส่งวัตถุดิบให้กับโรงงานหรือหน่วยบริการ เช่น เกษตรกรที่ปลูกมันสำปะหลังโดยที่เกษตรกรเหล่านี้จะนำหัวมันไปส่งโรงงานทำแป้งมันหรือโรงงานทำกลูโคส

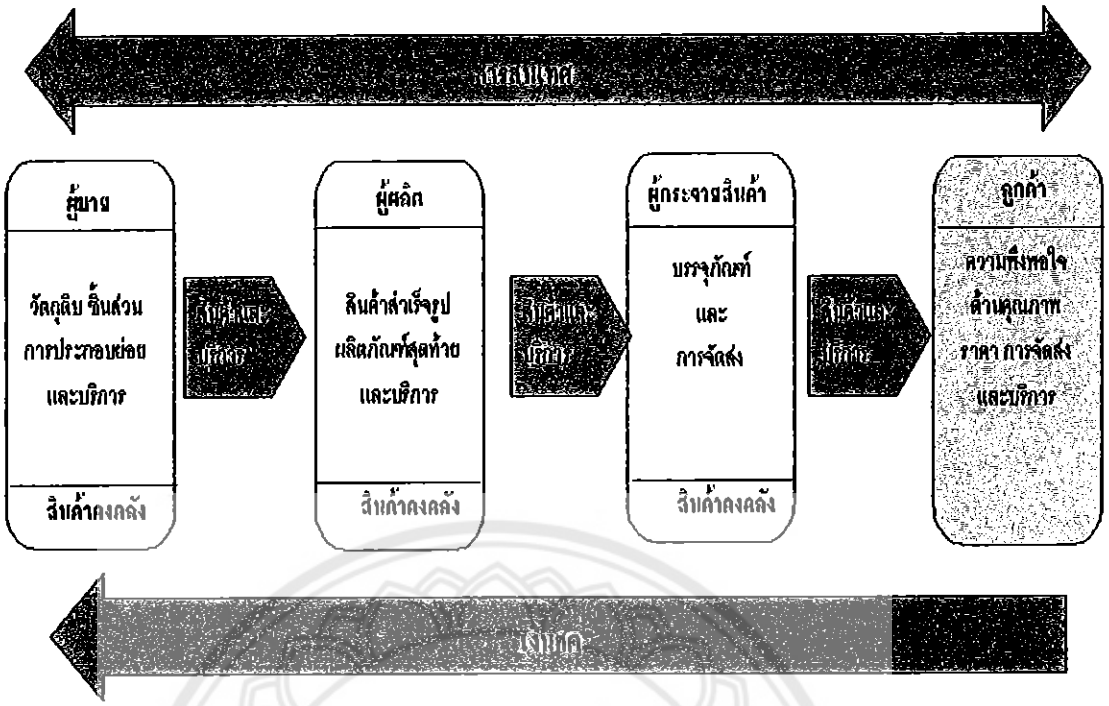
2.8.2 โรงงานผู้ผลิต (Manufacturers)

หมายถึงผู้ที่ทำหน้าที่ในการแปรสภาพวัตถุดิบที่ได้รับจากผู้ส่งมอบ ให้มีคุณค่าสูงขึ้น

2.8.3 ศูนย์กระจายสินค้า (Distribution Centers)

หมายถึงจุดที่ทำหน้าที่ในการกระจายสินค้าไปให้ถึงมือผู้บริโภคหรือลูกค้าที่ศูนย์กระจายสินค้าหนึ่งๆ อาจจะมีสินค้าที่มาจากหลายโรงงานการผลิต เช่นศูนย์กระจายสินค้าของซุปเปอร์มาร์เก็ตต่างๆ จะมีสินค้ามาจากโรงงานที่ต่างๆ กัน เช่น โรงงานผลิตยาสระผม, โรงฆ่าสัตว์, เบเกอรี่ เป็นต้น

ร้านค้าย่อยและลูกค้าหรือผู้บริโภค (Retailers or Customers) คือจุดปลายสุดของโซ่อุปทาน ซึ่งเป็นจุดที่สินค้าหรือบริการต่างๆ จะต้องถูกใช้จนหมดมูลค่าและโดยที่ไม่มีการเพิ่มคุณค่าให้กับสินค้าหรือบริการนั้นๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.9 แสดงความสัมพันธ์ของห่วงโซ่อุปทาน



รูปที่ 2.9 แสดงความสัมพันธ์ของห่วงโซ่อุปทาน

ที่มา: บริษัท โลจิสติกส์ เทรนนิ่ง แอนด์ คอนซัลติ้ง จำกัด

2.9 กิจกรรมหลักในห่วงโซ่อุปทาน

2.9.1 การจัดหา (Procurement)

เป็นการจัดหาวัตถุดิบหรือวัสดุที่ป้อนเข้าไปยังจุดต่างๆ ในสายของห่วงโซ่อุปทาน การจัดหาถือเป็นกิจกรรมหนึ่งที่จะส่งผลต่อคุณภาพและต้นทุนการผลิต

2.9.2 การขนส่ง (Transportation)

เป็นกิจกรรมที่เพิ่มคุณค่าของสินค้าในแง่ของการย้ายสถานที่ หากการขนส่งไม่ดี สินค้าอาจจะได้รับความเสียหายระหว่างทางจะเห็นว่าการขนส่งก็มีผลต่อต้นทุนโดยตรง

2.9.3 การจัดเก็บ (Warehousing)

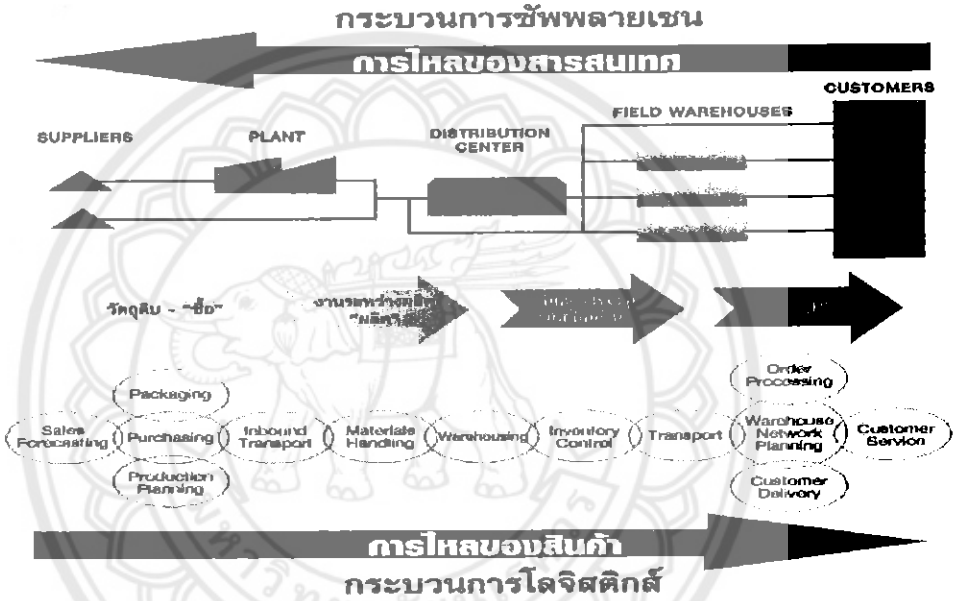
เป็นกิจกรรมที่มิได้เพิ่มคุณค่าให้กับตัวสินค้าเลย แต่ก็เป็นกิจกรรมที่ต้องมีเพื่อรองรับกับความต้องการของลูกค้าที่ไม่คงที่ รวมทั้งประโยชน์ในด้านของการประหยัดเมื่อมีการผลิตของจำนวนมากในแต่ละครั้ง หรือผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่มีปริมาณวัตถุดิบที่ไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับฤดูกาลและสภาพลม ฟ้า อากาศ

2.9.4 การกระจายสินค้า (Distribution)

เป็นกิจกรรมที่ช่วยกระจายสินค้าจากจุดจัดเก็บส่งต่อไปยังร้านค้าปลีกหรือซุปเปอร์มาร์เก็ต

2.10 ความสัมพันธ์ระหว่างโลจิสติกส์ และการจัดการห่วงโซ่อุปทาน

โลจิสติกส์จะควบคุมการไหลของวัสดุและสินค้าผ่านกิจกรรมโลจิสติกส์ต่างๆ จากผู้ขายปัจจัยการผลิตไปยังผู้บริโภคคนสุดท้าย ส่วนการจัดการซัพพลายเชนจะเน้นการไหลของสารสนเทศย้อนกลับจากผู้บริโภคคนสุดท้ายมายังผู้ขายปัจจัยการผลิต



รูปที่ 2.10 แสดงความสัมพันธ์ของโลจิสติกส์ และห่วงโซ่อุปทาน

ที่มา : บริษัท โลจิสติกส์ เทรนนิ่ง แอนด์ คอนซัลติ้ง จำกัด

2.11 ต้นทุน

2.11.1 ความหมายของต้นทุน

ต้นทุน (Cost) คือ รายจ่ายที่เกิดขึ้นเพื่อให้ได้มาซึ่งสินค้าหรือบริการซึ่งอาจจ่ายเป็นเงินสด สินทรัพย์อื่น หุ้นทุนหรือการให้บริการ หรือการก่อหนี้ ทั้งนี้รวมถึงผลขาดทุนที่วัดค่าเป็นตัวเงินได้ที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการได้มาซึ่งสินค้าหรือบริการ

2.11.2 ความสำคัญของต้นทุน

ถ้าสามารถควบคุมให้ต้นทุนที่เกิดขึ้นในกิจการลดต่ำลงได้ก็จะช่วยเพิ่มกำไรให้กิจการและเป็นรายการที่กิจการสามารถควบคุมได้ง่ายกว่าการเพิ่มกำไรโดยการเพิ่มรายได้

2.11.3 การจำแนกประเภทของต้นทุน จำแนกเป็น 4 ลักษณะ คือ

2.11.3.1 จำแนกต้นทุนเพื่อใช้ในการจัดทำงบการเงินเสนอต่อบุคคลภายนอก

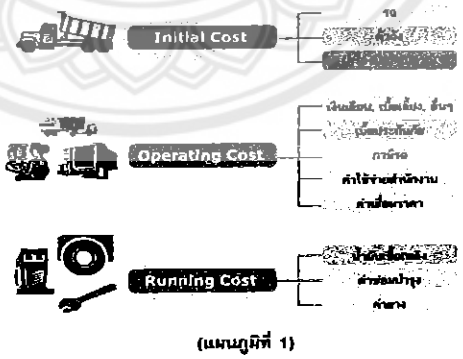
2.11.3.2 จำแนกต้นทุนตามลักษณะพฤติกรรม

2.11.3.3 จำแนกต้นทุนเพื่อใช้ในการคิดหรือกำหนดต้นทุนของสิ่งที่จะคิดต้นทุน

2.11.3.4 จำแนกต้นทุนเพื่อใช้ในการตัดสินใจ

2.12 ต้นทุนการขนส่ง

ต้นทุนการขนส่งมีหลายประเภท ได้แก่ ต้นทุนเบื้องต้น (Initial Cost) ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อมีการซื้อรถบรรทุก การต่อตัวถังหรือติดตั้งเครื่องมืออุปกรณ์บนรถ ต้นทุนดำเนินงาน (Operating Cost) ส่วนใหญ่จะเป็นต้นทุนคงที่และลดได้ยาก เช่น เงินเดือน ค่าประกันภัย ภาษีรถ ค่าใช้จ่ายสำนักงาน ค่าเช่า ค่าเสื่อมราคาต่างๆ เป็นต้นและต้นทุนอย่างหนึ่งที่มีความสำคัญคือ Running Cost หรือต้นทุนการวิ่งขนส่ง เช่น ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าซ่อมบำรุง และค่ายาง ปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของ Running Cost คือ สภาพรถ สมรรถนะ การจัดการด้านต่างๆ ระบบการบริหารงาน แต่ปัจจัยที่สำคัญมากที่สุด คือบุคลากร โดยเฉพาะพนักงานขับรถ

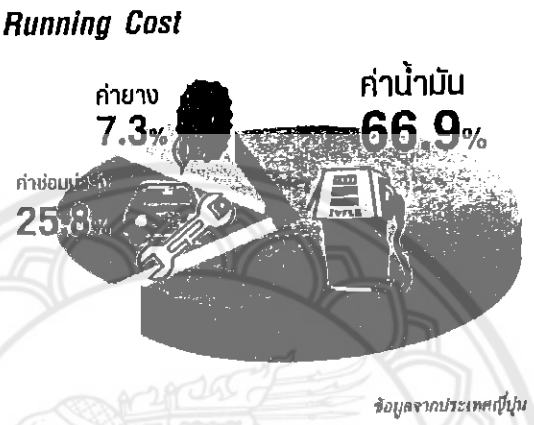


(แผนภูมิที่ 1)

รูปที่ 2.11 แสดงต้นทุนการขนส่ง

ที่มา: http://www.kanok.co.th/substance_detail.php? (2552)

การควบคุมการบริหาร Running Cost นั้น อยู่ที่การปรับเปลี่ยนบทบาทและพฤติกรรมการขับขี่ของพนักงานขับรถนั้นเป็นสำคัญ หากพนักงานขับรถได้รับการอบรมเพื่อเพิ่มพูนความรู้ และทักษะในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการขับขี่อย่างประหยัดน้ำมันอย่างสม่ำเสมอ และมีการวิเคราะห์เก็บข้อมูล ตรวจสอบวัดผล รวมถึงการสร้างกลไกในการสร้างแรงจูงใจในการปฏิบัติอย่างจริงจัง ก็จะสามารถลดค่าใช้จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงได้



(แผนภูมิที่ 2)

รูปที่ 2.12 แสดง Running Cost

ที่มา : http://www.kanok.co.th/substance_detail.php? (2552)

2.13 การจัดเส้นทางและการกำหนดตารางการขนส่ง

การตัดสินใจเกี่ยวกับการปฏิบัติการที่สำคัญที่สุดที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งในโซ่อุปทาน คือ เส้นทางและตารางการขนส่งผู้จัดการต้องตัดสินใจว่าจะกำหนดลูกค้ารายใดให้กับพาหนะคันใด และจัดลำดับพาหนะที่จะใช้ ตัวอย่าง เช่น ร้านขายของสดออนไลน์อย่าง Web Van และ Peapod และบริษัทส่งสินค้าออนไลน์ เช่น Kozmo นั้นถูกสร้างมาเพื่อรับคำสั่งซื้อสินค้าของลูกค้าไปยังบ้านของลูกค้า เพื่อให้ประสบความสำเร็จในการดำเนินการ บริษัทเหล่านี้จำเป็นที่จะต้องลดต้นทุนการขนส่ง ในขณะเดียวกันต้องรักษาระดับการตอบสนองที่ได้ให้สัญญาไว้กับลูกค้า เช่น Kozmo สัญญาว่าจะส่งสินค้าให้ถึงมือลูกค้าภายในหนึ่งชั่วโมง และ Web Van สัญญาว่าจะส่งสินค้าให้ถึงมือลูกค้าภายในครึ่งชั่วโมง เมื่อมีการสั่งซื้อสินค้าจากลูกค้ากลุ่มหนึ่ง เป้าหมายของทั้งสองบริษัทคือ การกำหนดเส้นทางและการกำหนดตารางเวลาให้กับพาหนะ เพื่อให้ต้นทุนที่สามารถทำได้ตามสัญญานั้นต่ำสุดเท่าที่จะเป็นไปได้ วัตถุประสงค์ทั่วไปเมื่อกำหนดเส้นทางและจัดตารางเวลาทำให้

พาหนะ คือ การผสมผสานของการลดต้นทุนให้ต่ำสุด โดยการลดจำนวนพาหนะที่ไม่จำเป็น และการลดระยะทางรวมที่ต้องเดินทางโดยพาหนะ และเวลารวมที่ใช้ในการเดินทางของพาหนะ เช่นเดียวกับการลดความบกพร่องของการให้บริการ เช่น การส่งสินค้าช้ากว่าที่สัญญาไว้

ผู้จัดการศูนย์กระจายสินค้าต้องกำหนดลูกค้าให้กับแต่ละพาหนะก่อน และต่อไปจึงตัดสินใจเกี่ยวกับเส้นทางของพาหนะแต่ละคัน หลังจากกำหนดแล้ว ลำดับเส้นทางและกระบวนการพัฒนาเส้นทางจะถูกใช้ เพื่อทำการตัดสินใจเกี่ยวกับเส้นทางของแต่ละพาหนะ ผู้จัดการศูนย์กระจายสินค้าจำเป็นต้องตัดสินใจที่จะใช้กระบวนการคำนวณดังต่อไปนี้ เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจ คือ วิธีการ Savings Matrix

วิธีการนี้ง่ายที่จะนำมาปฏิบัติและสามารถใช้ในการกำหนดลูกค้าให้กับพาหนะได้ แม้เมื่อมีข้อจำกัดด้านเวลาการขนส่งและข้อจำกัดด้านอื่นๆ ขั้นตอนหลักในการใช้วิธีการ Savings Matrix คือ

1) บ่งชี้ Distance Matrix

2) บ่งชี้ Savings Matrix

3) กำหนดลูกค้าให้กับพาหนะและเส้นทาง

4) จัดลำดับลูกค้าในแต่ละเส้นทาง

สามขั้นแรกใช้ในการกำหนดลูกค้าให้กับพาหนะ และขั้นที่สี่ใช้ในการกำหนดเส้นทาให้พาหนะแต่ละคัน เพื่อให้ระยะทางที่ต้องเดินทางน้อยที่สุด

วิธีการ Generalized Assignment นั้นซับซ้อนมากกว่าวิธีการ Savings Matrix และให้ผลที่ดีกว่าเมื่อมีข้อจำกัดในการขนส่งน้อย กระบวนการสำหรับการกำหนดเส้นทางและการจัดลำดับของพาหนะ ประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

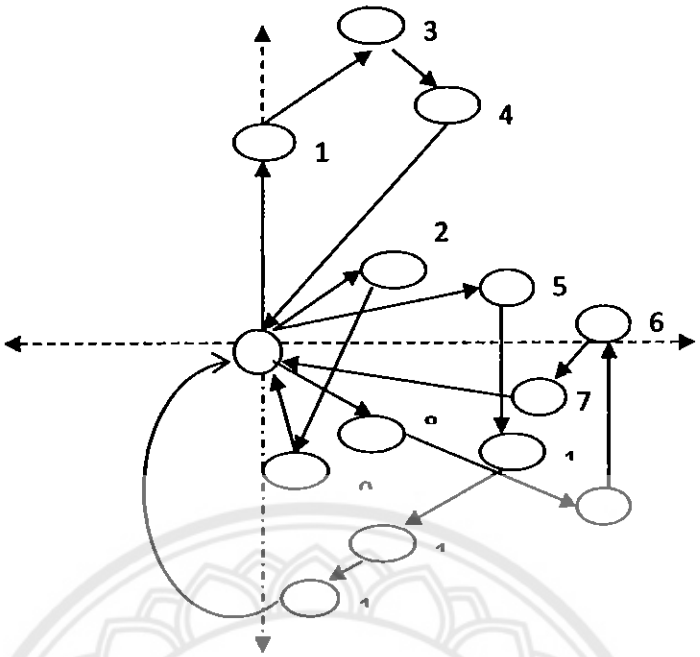
1) กำหนด Seed Point สำหรับแต่ละเส้นทาง

2) ประมาณต้นทุนการแทรกสำหรับลูกค้าแต่ละราย

3) กำหนดลูกค้าสำหรับแต่ละเส้นทาง

4) จัดลำดับลูกค้าในแต่ละเส้นทาง

สามขั้นตอนแรกเป็นการกำหนดลูกค้าให้กับพาหนะ และขั้นตอนที่สี่เป็นการบ่งชี้เส้นทางให้กับพาหนะแต่ละคัน เพื่อลดระยะทางที่ต้องเดินทาง สามารถอธิบายรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนเรื่องการตัดสินใจเกี่ยวกับการเดินทางที่ Web Van



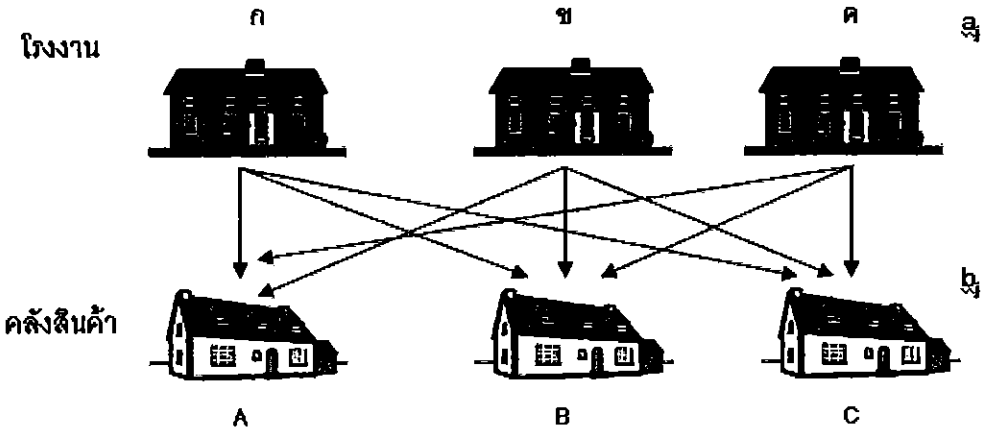
รูปที่ 2.13 แสดงเส้นทางการจัดส่งของ Web Van โดยใช้วิธีการ Generalized Assignment

ที่มา : วิทยา (2545)

2.14 ปัญหาการขนส่ง (The Transportation Problem)

การขนส่งนับว่าเป็นสาขาเศรษฐกิจที่สำคัญมากสาขาหนึ่ง และมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งต่อการเพิ่มขึ้นของรายได้ประชาชาติและความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศ การพัฒนาทางเทคโนโลยีและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทำให้มีการขนส่งสินค้าจากแหล่งผลิตไปสู่แหล่งบริโภคได้อย่างรวดเร็วขึ้นและต้นทุนต่อหน่วยที่ต่ำลง นอกจากนั้น การขนส่งอาจก่อให้เกิดตลาดใหม่และช่วยให้เศรษฐกิจของแต่ละประเทศเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน

วิธีการโปรแกรมเชิงเส้นตรงเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ใช้งานได้อย่างกว้างขวาง โดยช่วยให้ฝ่ายจัดการสามารถตัดสินใจดำเนินงานในปัญหาที่สนใจอย่างมีประสิทธิภาพ มีการพยายามใช้การโปรแกรมเชิงเส้นตรง เพื่อประยุกต์กับปัญหาทางการขนส่ง โดยมีเป้าหมายเพื่อจัดรายการขนส่งให้มีค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด ลักษณะของรูปแบบปัญหาในเบื้องต้นเป็นการแก้ปัญหาการจัดการขนส่งจำนวนผลิตภัณฑ์จากแหล่งเก็บสินค้าเพื่อรอการนำออกจำหน่าย โดยที่แหล่งผลิตมีอยู่หลายแห่งและอยู่ในที่ต่างๆ กัน และมีขนาดสมรรถภาพของการผลิตที่ต่างกันด้วย นอกจากนี้แหล่งที่เก็บสินค้าก็มีอยู่หลายแห่งซึ่งอยู่ในสถานที่ต่างๆ กัน และมีขนาดความสามารถในการเก็บหรือจัดขายสินค้าได้จำกัดในจำนวนไม่เท่ากัน



รูปที่ 2.14 แสดงเส้นทางการขนส่งของแหล่งผลิตเป็นโรงงาน และแหล่งเก็บสินค้าเป็นคลังสินค้า

ที่มา: jamthailand.50webs.com/hw32703_QA_part02_02.doc (2552)

ปริมาณสินค้าที่โรงงาน (ก) ผลิตได้จะนำส่งเก็บคลังสินค้า A B หรือ C ได้ แต่ผลรวมของการจัดส่งอาจจะต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับปริมาณที่ผลิตได้ และในลักษณะเดียวกันโรงงาน (ข) และ (ค) ก็เหมือนกัน ส่วนคลังสินค้า A B หรือ C ก็มีขีดความสามารถในการเก็บรักษา ดังนั้นปริมาณสินค้าที่ส่งมาจากโรงงาน (ก) (ข) และ (ค) รวมกันในระยะเวลาใดๆ จะต้องไม่มากไปกว่าปริมาณตามขีดความสามารถของคลังสินค้าของแต่ละคลัง

ถ้าให้ Cij เป็นค่าขนส่งต่อหน่วยของสินค้าที่ส่งมาจากโรงงาน i ไปยังคลังสินค้า j

Xij เป็นปริมาณสินค้าที่ส่งมาจากโรงงาน i ไปยังคลังสินค้า j

a เป็นปริมาณสินค้าที่โรงงาน i ผลิตได้ในช่วงระยะเวลาหนึ่งๆ

b เป็นปริมาณสินค้าที่คลังสินค้า j จะรับได้ในช่วงระยะเวลาหนึ่งๆ

ในรูป i = (ก) (ข) (ค) แทนด้วย 1,2,3

และ j = A, B, C แทนด้วย 1,2,3

ดังนั้นสมการเป้าหมายคือการหาค่าขนส่งต่ำสุดซึ่งจะเขียนได้ดังนี้

$$\text{Min.}Z = \sum\sum Cij\ Xij = C_{11}X_{11} + C_{12}X_{12} + C_{13}X_{13} + C_{21}X_{21} + C_{22}X_{22} + C_{23}X_{23} + C_{31}X_{31} + C_{32}X32 + C_{33}X_{33} \quad (2.1)$$

สมการขอบข่ายแบ่งเป็น

(ก) ขนาดสมรรถภาพการผลิตของโรงงานแต่ละโรงงาน

ดังนั้น $j = 1$

$$\begin{aligned} \sum X_{ij} &= X_{11} + X_{12} + X_{13} <= a_1 \\ \sum X_{2j} &= X_{21} + X_{22} + X_{23} <= a_2 \\ \sum X_{3j} &= X_{31} + X_{32} + X_{33} <= a_3 \end{aligned} \qquad \textbf{(2.2)}$$

(ข) ขนาดความสามารถในการเก็บของคลังสินค้าแต่ละคลัง

ดังนั้น $i = 1$

$$\begin{aligned} \sum X_{i1} &= X_{11} + X_{21} + X_{31} <= b_1 \\ \sum X_{i2} &= X_{12} + X_{22} + X_{32} <= b_2 \\ \sum X_{i3} &= X_{13} + X_{23} + X_{33} <= b_3 \end{aligned} \qquad \textbf{(2.3)}$$

โดยค่าของตัวแปรเป็นค่าบวก $Xij >= 0$

ถ้าจะเขียนเป็นรูปแบบปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้นตรงโดยทั่วไปจะได้ดังนี้

สมการเป้าหมาย $\quad Min.Z = \sum\sum Cij\ Xij \qquad$ **(2.4)**

อสมการของขอบข่าย $\quad \sum Xij <= a_i \quad i = 1, 2, 3, \ldots m$

$$\sum Xij <= b_j \quad j = 1, 2, 3, \ldots m$$

$$Xij >= 0$$

โดยมี m = จำนวนโรงงาน (ต้นทาง)

n = จำนวนคลังสินค้า (ปลายทาง)

รูปแบบปัญหาการขนส่งที่แสดงบนนี้เรียกว่า ปัญหาการขนส่งแบบทั่วไป (Generalized Transportation Problem) ซึ่งรูปแบบปัญหานี้ถ้าจะใช้วิธี Simplex Method เพื่อแก้ปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้นตรงในลักษณะปัญหาการคิดค่าขนส่งดังกล่าว เราอาจจะต้องใช้เวลาอย่างมากในการแก้ปัญหา เช่นในกรณีที่มีเพียง 3 โรงงาน คลังสินค้า 3 แห่ง จะมีสมการขอบข่ายถึง 6 อสมการ ซึ่งหมายความว่าจะต้องเพิ่มค่าตัวแปรออกไปอีกอย่างน้อย 6 ตัว รวมกับตัวแปรที่มีอยู่เดิม 9 ตัว จะเป็นการแก้ปัญหาซึ่งใช้เวลาอย่างมาก ถึงแม้ว่าการใช้คอมพิวเตอร์จะช่วยได้มากก็ตาม ก็ยังดูไม่คุ้มค่าในการแก้ปัญหาง่ายๆ โดยวิธี Simplex Method ดังนั้นจึงมีผู้ใช้ความพยายามในการหาวิธีการ

ช่วยให้เกิดความง่ายในการแก้ปัญหาการคิดค่าขนส่ง ปัญหาการขนส่งที่สามารถทำให้อยู่ในรูปที่ง่ายต่อการคำนวณนี้เรียกว่า ปัญหาการขนส่งแบบมาตรฐาน

2.15 การแก้ปัญหาการขนส่ง

การสร้างตารางการขนส่งเป็นเพียงจุดเริ่มต้นของการแก้ไขปัญหาเท่านั้น การหาค่าคำตอบโดยวิธีวิเคราะห์ตารางการขนส่งจึงมี 3 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

2.15.1 การกำหนดค่าเบื้องต้น (Feasible Solution)

เป็นการคำนวณหาค่าคำตอบที่เป็นไปได้ เพื่อตรวจสอบและปรับปรุง ให้เป็นผลลัพธ์ที่เหมาะสมต่อไป ซึ่งมีวิธีการหาคำตอบเบื้องต้นที่สำคัญ คือ

- วิธีมุมตะวันตกเฉียงเหนือ (Northwest Corner Method)
- วิธีค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด (Least Cost Method)
- วิธีประมาณค่าของ Vogel (Vogel Approximation Method) หรือ VAM

2.15.2 การตรวจผลลัพธ์

การตรวจผลลัพธ์และประเมินค่าที่ได้จากการคำนวณว่าเป็นไปตามที่ต้องการหรือไม่ ซึ่งสามารถดำเนินการได้ 2 วิธีคือ

- วิธี (Stepping Stone)
- วิธีการปรับปรุงการกระจายสินค้า (Modified Distribution Method) หรือ MODI

2.16 การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis)

เป็นการทดสอบความมั่นคงของข้อสรุปที่ได้จากการวิเคราะห์บนพิสัยของการประมาณค่าความน่าจะเป็น การใช้ดุลพินิจเกี่ยวกับตัวเลขต่างๆ ตลอดจนข้อสมมติพื้นฐานที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ครั้งนั้น ทั้งนี้โดยการแทนที่ข้อสมมติ หรือตัวเลขตัวใหม่ ซึ่งแตกต่างไปจากเดิมในระดับที่กำหนดหรือต้องการทดสอบ ลงไปแทนข้อสมมติหรือตัวเลขที่ใช้อยู่เดิมในการประมาณการงบประมาณ และทำการคำนวณใหม่อีกครั้ง แล้วพิจารณาผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ว่า แตกต่างไปจากเดิมมากน้อยเพียงใด หากผลการวิเคราะห์ไม่แตกต่างไปจากเดิมมากนัก หรือแตกต่างเพียงเล็กน้อยในระดับที่ไม่มีผลในทางปฏิบัติ อาจกล่าวได้ว่า วิธีการที่ใช้วิเคราะห์ต้นทุนหรือประมาณการงบประมาณนั้นมีความมั่นคง ไม่อ่อนไหว ได้ผลการวิเคราะห์ที่น่าเชื่อถือและถูกต้อง แต่หากผลลัพธ์ที่ได้แตกต่างจากเดิมมาก จะทำให้เกิดความไม่มั่นใจในความน่าเชื่อถือและความถูกต้องของผลการวิเคราะห์ที่ได้มาก่อนหน้า เช่น ในการบริหารโรงพยาบาลหลายครั้งจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบปัจจัยด้านการบริหารที่ส่งผลถึงรายรับและรายจ่ายของการบริการ ทั้งโดยตรงและโดยอ้อมได้ ผู้บริหารโรงพยาบาลที่ต้องตัดสินใจโดยมีข้อมูล มักต้องการทราบ

ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวที่จะเกิดต่อรายรับและรายจ่ายของการบริการได้ การจัดทำงบประมาณที่ถูกต้อง แม่นยำ เป็นการทำงานที่มีความละเอียดอ่อน ต้องอาศัยข้อมูลในเรื่องต่างๆ จากแหล่งต่างๆ เป็นจำนวนมาก ต้องมีข้อมูลในด้านโครงสร้างองค์การ หน่วยงาน ต้นทุนประเภทต่างๆ การให้บริการระหว่างกัน การจัดสรรกระจายต้นทุน ตลอดจนการประมาณการจำนวนครั้งและลักษณะของการบริการที่ให้แก่ผู้ป่วย ข้อมูลเหล่านี้หลายกรณีเป็นข้อเท็จจริงที่สามารถวัดสังเกต หรือประเมินได้โดยตรงอย่างเป็นรูปธรรม อย่างไรก็ตาม ข้อมูลบางประการอาจไม่สามารถใช้ตัววัดหรือค่าตัวเลขที่แท้จริงได้ เนื่องจากวัดได้ยาก ไม่สามารถวัดได้ หรือไม่คุ้มค่าที่จะวัด จึงจำเป็นต้องใช้ตัวแทน ใช้การประมาณค่า ตั้งเป็นข้อสมมติหรือกำหนดข้อตกลงเบื้องต้นเป็นพื้นฐานของการวิเคราะห์ ซึ่งย่อมแน่นอนว่าการใช้ตัวเลขประมาณค่า ตัวแทน หรือข้อสมมติ ที่ย่อมมีโอกาสไม่เป็นความจริง และส่งผลทำให้ผลของการวิเคราะห์ผิดพลาดได้

การวิเคราะห์ความไว ของกำหนดการเชิงเส้นเป็นการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของคำตอบที่ดีที่สุด เมื่อค่าคงที่ ตัวแปร และข้อจำกัดของตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นเปลี่ยนไป การวิเคราะห์ความไวนี้มีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า การวิเคราะห์ผลลัพธ์หลังจากหาคำตอบที่ดีที่สุด (Post Optimality Analysis) หลังจากที่ได้คำตอบที่เหมาะสมของปัญหาเรียบร้อยแล้ว แต่ปรากฏว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของปัญหาไปจากเดิมเพียงบางส่วน เช่นเปลี่ยนแปลงข้อจำกัด หรือเปลี่ยนแปลงสัมประสิทธิ์ของตัวแปร คำตอบของปัญหาย่อมจะเปลี่ยนไป ในการที่จะหาคำตอบใหม่ สามารถทำได้ 2 วิธีคือ

1) หาคำตอบใหม่ตั้งแต่ต้นซึ่งจะทำให้เสียเวลามาก

2) ใช้คุณสมบัติของปัญหาเดิมและปัญหาควบคู่ ช่วยในการวิเคราะห์ความไว เพื่อหาคำตอบใหม่

2.17 มันสำปะหลัง

มันสำปะหลังจัดเป็นพืชหัวชนิดหนึ่ง ชื่อทางวิทยาศาสตร์คือ Manihot esculenta (L.) Crantz มีชื่อเรียกกันทั่วไปในภาษาอังกฤษว่า แคสซาวา (Cassava) หรือ ทาปิโอก้า (Tapioca)

ลักษณะของมันสำปะหลังคือลำต้นมีลักษณะคล้ายข้อสีของลำต้นบริเวณใกล้ยอดจะมีสีเขียว ส่วนที่ต่ำลงมาจะมีสีแตกต่างกันไปตามลักษณะพันธุ์ใบมีก้านใบยาวติดกับลำต้น แผ่นใบเว้าเป็นแฉกมี 3-9 แฉก มันสำปะหลังมีดอกตัวผู้และดอกตัวเมียอยู่ในช่อเดียวกัน แต่อยู่แยกคนละดอก

สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการปลูก มันสำปะหลังสามารถปลูกได้ทั่วไป ยกเว้นในแถบที่ชุ่ม ฝนตก หรือดินเกลือเค็ม

รูปที่ 2.15 มันสำปะหลัง
ที่มา : กรมวิชาการเกษตร

2.18 ชนิดและพันธุ์ของมันสำปะหลัง

2.18.1 ชนิดของมันสำปะหลัง

2.18.1.1 ชนิดหวาน (Sweet Type) เป็นมันสำปะหลังที่มนุษย์ใช้บริโภคได้ เพราะไม่มีรสขมและเป็นมันสำปะหลังที่มีกรดไฮโดรไซยานิดต่ำเนื้อของมันสำปะหลังจะมีทั้งชนิดเนื้อร่วนนุ่ม และชนิดเนื้อแน่น เหนียว ในประเทศไทยไม่มีการปลูกเป็นพื้นที่ใหญ่ๆ เนื่องจากมีตลาดจำกัด ส่วนใหญ่จะปลูกรอบๆ บ้าน หรือตามร่องสวน เพื่อบริโภคเองในครัวเรือนหรือเพื่อจำหน่ายตามตลาดสดในท้องถิ่นในปริมาณไม่มาก

2.18.1.2 ชนิดขม (Bitter Type) เป็นมันสำปะหลังที่ไม่เหมาะต่อการบริโภคของมนุษย์หรือใช้หัวสดเลี้ยงสัตว์โดยตรง แต่จะใช้สำหรับอุตสาหกรรมแปรรูปต่างๆ เช่น แป้งมัน มันอัดเม็ด แอลกอฮอล์ และเป็นมันสำปะหลังที่มีปริมาณ กรดไฮโดรไซยานิดสูงเป็นพิษมีรสขมและมีปริมาณแป้งสูง มันสำปะหลังที่ปลูกในประเทศไทยส่วนใหญ่จะเป็นชนิดขมสำหรับใช้ในอุตสาหกรรม

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร 1507048 25
ปร.
พ2490
2552
ค.2

2.18.2 พันธุ์มันสำปะหลัง

ตารางที่ 2.1 พันธุ์ของมันสำปะหลัง

ชื่อพันธุ์	ผลผลิต (ตัน/ไร่)	% แป้ง		สีเนื้อหัว	สีเปลือกหัว	ระยะเวลาการเก็บต้นพันธุ์ (วัน)	พื้นที่ปลูกที่เหมาะสม
		ฤดูฝน	ฤดูแล้ง				
ระยอง 1	3.6	18.3	24	ขาว	น้ำตาลอ่อน	30	-
ระยอง 2	2.5 -3.0	ใกล้เคียงระยอง 1		เหลืองอ่อน	น้ำตาลอ่อน	-	-
ระยอง 3	3.18	24	28	ขาว	น้ำตาลอ่อน	30	ตะวันออกและตะวันออกเฉียงเหนือ
ระยอง 5	4.42	23	26	ขาว	ชมพู	30	ตะวันออกและตะวันออกเฉียงเหนือ
ระยอง 60	4.25	20	25	ขาว	น้ำตาลอ่อน	30	ตะวันออกและตะวันออกเฉียงเหนือ
ระยอง 90	3.96	25	30	ขาว	น้ำตาลเข้ม	15	ตะวันออกและตะวันออกเฉียงเหนือ
เกษตรศาสตร์ 50	4.4	23	28	ขาว	น้ำตาลอ่อน	30	ทุกภาค
ศรีราชา 1		21.9	-	ครีม	ขาวนวล	-	-
ห้วยบง 60	1.5-2.0	14	-	ขาว	น้ำตาลเข้ม	-	-
ระยอง 72	5.2	22	28	ขาว	ชมพู	30	ตะวันออกเฉียงเหนือ
ห้วยบง 60	5.8	25.5	-	ขาว	น้ำตาลอ่อน	-	-
ระยอง 9	4.9	24.4	28-30	ขาว	น้ำตาลอ่อน	-	ตะวันออกและตะวันออกเฉียงเหนือ
ระยอง 7	6.3	27.2	27.6	ขาว	น้ำตาลอ่อน	-	ทุกแหล่งที่ปลูกมันได้

2.19 การปลูกมันสำปะหลัง

2.19.1 การเตรียมดิน

การเตรียมดินควรไถ 2 ครั้ง ด้วยผาล 3 และไถลึกประมาณ 8-12 นิ้ว โดยไถกลบมันสำปะหลังที่เหลือจากการเก็บเกี่ยวในฤดูเพาะปลูกที่ผ่านมา สำหรับพื้นที่ปลูกที่ลาดเอียง การไถควรขวางทิศทางของความลาดเอียง เพื่อลดการสูญเสียหน้าดิน และพื้นที่ปลูกที่มีน้ำท่วมขัง ก็ควรทำร่องระบายน้ำและยกร่องปลูก

2.19.2 การปรับปรุงดิน

ดินที่ใช้ปลูกมันสำปะหลังในประเทศไทย มีความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ เป็นดินทราย อินทรียวัตถุต่ำ ไม่อุ้มน้ำ รากมันสำปะหลังไม่สามารถหาอาหารได้ไกล เจริญเติบโตไม่ดี ผลผลิตจะต่ำลงเมื่อปลูกมันสำปะหลังติดต่อกันเป็นเวลานานหลายปี เกษตรกรควรมีการปรับปรุงดิน เพื่อรักษาระดับผลผลิตในระยะยาว ด้วยการใส่ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมักเปลือกมันชนิดเก่าค้างปี (จากโรงแป้งทั่วไป) ที่หาได้ในท้องถิ่น หรือ ปลูกพืชตระกูลถั่วต่าง ๆ หมุนเวียนบำรุงดิน ในกรณีที่พื้นที่ประเภทหญ้าคา ควรใช้ยาราวด์อัพหรือเครือเถาต่างๆ ควรใช้ยาสตาร์เรน ฉีดพ่นยาจำกัดเสียก่อนการไถ จากนั้นไถครั้งแรกโดยไถกลบวัชพืชก่อนปลูกด้วยผาล 3 (อย่าเผาทำลายวัชพืช) ให้ลึกประมาณ 20 - 30 ซม. แล้วทิ้งระยะไว้ประมาณ 20 - 30 วัน เพื่อหมักวัชพืชเป็นปุ๋ยในดินต่อไป ไถพรวนด้วยผาล 7 อีก 1-2 ครั้ง ตามความเหมาะสม และรีบปลูกโดยเร็วในขณะที่ดินยังมีความชื้นอยู่

2.19.3 การเตรียมท่อนพันธุ์

มันสำปะหลังเป็นพืชที่ขยายพันธุ์ด้วยลำต้น ทำให้การขยายพันธุ์เป็นไปอย่างช้า และไม่สามารถเก็บรักษาท่อนพันธุ์ไว้ได้นาน ท่อนพันธุ์จะเสียหายได้ง่าย จึงแตกต่างจากพืชอื่นๆ ที่ขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด โดยอายุของท่อนพันธุ์ที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 8-12 เดือน ซึ่งเมื่อนำไปปลูกจะมีเปอร์เซ็นต์อยู่รอดถึง 90-64 เปอร์เซ็นต์ ขนาดความยาวของท่อนพันธุ์ ประมาณ 20-25 เซนติเมตร มีจำนวนตาประมาณ 10 ตาขึ้นไปต่อ 1 ท่อนพันธุ์ และต้นพันธุ์ที่ตัดมานั้น หากยังไม่นำไปปลูกเลยก็ควรตั้งกองไว้ในที่ร่มมีแดดผ่านได้เล็กน้อย และไม่ควรเก็บไว้นานเกิน 7-15 วัน เพราะคุณภาพของท่อนพันธุ์จะเสื่อมและอัตราการงอกจะลดลงได้

2.19.4 การปลูก

วิธีการปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกรมี 2 วิธี คือ การปลูกแบบนอน และ การปลูกแบบปัก โดยการปลูกแบบปักจะให้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกแบบนอน เนื่องจากมันสำปะหลังจะงอกได้เร็วกว่า สะดวกต่อการปลูกซ่อม และกำจัดวัชพืช การปลูกแบบปักสามารถปลูกได้ทั้งปัก

ตรงและปักเอียง โดยปักท่อนพันธุ์ลึกลงไปในดินประมาณ 10-15 เซนติเมตร แต่ไม่ควรปักลึกมาก และควรมีการตรวจสอบความงอกหลังปลูกเพื่อทำการปลูกซ่อมได้ทันเวลา โดยระยะการปลูก

-พื้นที่ราบ ไม่ต้องยกร่อง ใช้ระยะปลูกระหว่างแถว 80 - 100 เซนติเมตรระหว่างต้น 80- 100 เซนติเมตร ซึ่งมีจำนวนต้น ประมาณ 1,600-2,500 ต้นต่อไร่

-พื้นที่ลุ่มหรือลาดเอียง ให้ยกร่องขวางแนวลาดเอียง ความสูงสันร่องประมาณ 30 - 40 เซนติเมตร ใช้ระยะปลูกระหว่างร่อง 80 เซนติเมตร ระหว่างต้น 80 เซนติเมตรเพื่อช่วยลดปัญหาการชะล้างพังทลายของดิน

-พื้นที่ลาดเอียงมากกว่า 3 เปอร์เซ็นต์ควรปลูกแฝกตามแนวระดับระหว่างแถวมันสำปะหลัง เพื่อป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน ทุกระยะ 20 - 30 เมตร ระยะระหว่างหลุมแฝก 10 เซนติเมตร หลุมละ 1 ต้น

2.20 การดูแลรักษาต้นมันสำปะหลัง

2.20.1 การบำรุงรักษา

เนื่องจากวัชพืช เป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้ผลผลิตของมันสำปะหลังลดลง และระยะที่วัชพืชจะรบกวนมันสำปะหลังมากที่สุด คือ ระยะที่มันสำปะหลังยังเล็กอยู่อายุ 1- 2 เดือนแรก ดังนั้นหลังจากปลูกมันสำปะหลังแล้วประมาณ 1 เดือนก็ต้องกำจัดวัชพืชเป็นครั้งแรก การกำจัดวัชพืชมักใช้แรงงานสัตว์ เช่น โคหรือกระบือลากไถเข้าพรวนดินระหว่างแถว ซึ่งกสิกรมักเรียกกันว่า "แทงร่อง" ส่วนวัชพืชที่ยังเหลืออยู่ในแถวก็ใช้จอบถาก หลังจากที่แทงร่องแล้ว โคหรือกระบือตัวหนึ่งสามารถแทงร่องได้ประมาณ วันละ 10 ไร่ การใช้แรงงานสัตว์เข้าพรวนดินดังกล่าวช่วยให้การกำจัดวัชพืชทำได้รวดเร็วยิ่งขึ้น โดยทั่วไปกสิกรมักจะกำจัดวัชพืช พอมันสำปะหลังโตคลุมพื้นที่แล้ว คืออายุประมาณ 4 - 5 เดือนเป็นต้นไป การกำจัดวัชพืชก็ไม่จำเป็นแล้ว

2.20.2 การใส่ปุ๋ย

การปลูกพืชติดต่อกันเป็นเวลานานและนำผลผลิตออกไปทุกปีนั้น พืชจะดึงเอาปุ๋ยออกไปจากดิน ถ้าไม่มีการใส่ปุ๋ยบำรุงดิน ดินจะมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำลง ทำให้ผลผลิตพืชต่ำลงด้วย ถึงแม้มันสำปะหลังจะเป็นพืช ซึ่งต้องการปุ๋ยไม่มากกว่าพืชไร่ชนิดอื่น แต่การปลูกมันสำปะหลังก็ต้องใส่ปุ๋ยบำรุงดินอยู่เสมอ เพื่อให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินยังคงอยู่ การปลูกมันสำปะหลังจึงจะได้ผลผลิตสูงอยู่เสมอ

2.21 การเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง

2.21.1 ระยะเก็บเกี่ยว

ฤดูกาลเก็บเกี่ยวเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อคุณภาพหัวมันสำปะหลัง หัวมันที่เก็บเกี่ยวในฤดูแล้งจะมีเปอร์เซ็นต์แป้งสูงขึ้น เนื่องจากหัวมันมีน้ำน้อย มันสำปะหลังเป็นพืชที่ไม่จำกัดอายุการเก็บเกี่ยวแต่ควรเก็บเกี่ยวเมื่ออายุครบ 8 เดือนขึ้นไป ยิ่งอายุมากผลผลิตยิ่งมาก แต่ถ้าอายุมากเกินไปคุณภาพของหัวมันจะไม่ดี แต่อายุเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังในช่วงที่เหมาะสม คือ ประมาณ 10 - 12 เดือน หลังปลูก (เหมาะสมที่สุด คือ 12 เดือน) พร้อมทั้ง วางแผนการเตรียมท่อนพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อการปลูกในคราวต่อไป ไม่ควรเก็บเกี่ยวในช่วงที่มีฝนชุก เนื่องจากหัวมันสำปะหลังจะมีเปอร์เซ็นต์แป้งต่ำ

2.21.2 วิธีการเก็บเกี่ยว วิธีการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังของเกษตรกรมี 2 วิธี คือ

2.21.2.1 ใช้แรงงานคน โดยทำการตัดต้นมันให้เหลือส่วนล่างของลำต้นไว้ประมาณ 30-70 เซนติเมตร จากนั้นขุดหัวมันขึ้นมาด้วยจอบหรือใช้วิธีถอน ตัดแยกส่วนของหัวมันสำปะหลังออกจากต้น หรือเหง้า (ในกรณีที่ดินมีความชื้นสูง เมื่อสับเหง้าออก ไม่ควรกองทิ้งไว้ในไร่ เพราะมันสำปะหลังจะเน่าเสียได้) และไม่ควรมีส่วนของต้น เหง้า หรือดิน ติดปนไปกับหัวมันสดที่จะนำออกจำหน่าย เนื่องจากใช้ประโยชน์ไม่ได้ และจะทำให้คุณค่าทางอาหารของมันเส้นที่แปรสภาพจากมันสำปะหลังนั้นลดลง

2.21.2.2 ใช้เครื่องทุ่นแรง ในจังหวัดที่มีปัญหาการขาดแคลนแรงงานสูง จะมีการใช้เครื่องทุ่นแรงติดท้ายรถแทรกเตอร์ทำการพลิกหน้าดินเพื่อให้หัวมันสำปะหลังหลุดจากดิน จากนั้นจึงใช้แรงงานคนเดินตามตัดหัวมันจากเหง้า และขนส่งไปยังโรงงานเพื่อแปรสภาพต่อไป

2.22 การขนส่ง

ในการขนส่งมันสำปะหลัง รถบรรทุกหัวมันสำปะหลังต้องสะอาดและเหมาะสมกับปริมาณหัวมันสด ไม่ควรเป็นรถที่ใช้บรรทุกดิน สัตว์ หรือมูลสัตว์ เพราะอาจมีการปนเปื้อนของเชื้อโรคปากและเท้าเปื่อย และไม่ควรเป็นรถที่บรรทุกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ หรือถั่วลิสง เพราะอาจมีการปนเปื้อนของสารพิษอะฟลาทอกซิน ยกเว้น จะมีการทำความสะอาดอย่างเหมาะสมก่อนนำมาบรรทุกหัวมันสำปะหลัง และไม่ควรเป็นรถที่ใช้บรรทุกปุ๋ยเคมีและสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช

2.23 การใช้ประโยชน์จากมันสำปะหลัง

2.23.1 การบริโภคเป็นอาหารโดยตรง

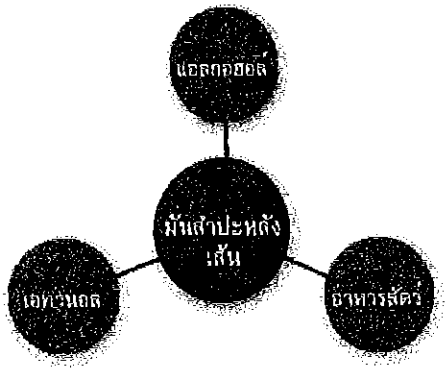
ปกติที่นิยมรับประทานจะเป็นหัวมันสำปะหลังชนิดหวาน การบริโภคส่วนใหญ่นิยมนำหัวมันมาทำขนมหรือของหวาน เช่น มันเชื่อม มันปิ้ง เป็นต้น

2.23.2 อุตสาหกรรมมันเส้น (Cassava Chips)

เป็นอุตสาหกรรมที่ได้มาจากการนำหัวมันสำปะหลังสด มาผ่านกรรมวิธีแปรรูป โดยใช้เครื่องตีหัวมันเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วตากบนลานซีเมนต์ ประมาณ 2-3 วันการใช้ประโยชน์จากมันสำปะหลังเส้นสำหรับผลิตภัณฑ์หลักๆ ที่ผลิตจากมันสำปะหลังเส้นหรือใช้มันสำปะหลังเส้นเป็นวัตถุดิบ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์, แอลกอฮอล์ และเอทานอล โดยเฉพาะเอทานอลนั้น เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทั้งภาครัฐ และภาคเอกชนให้ความสำคัญในการผลักดันเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนในขณะที่ราคาน้ำมันอยู่ในระดับที่สูง

รูปที่ 2.16 กรรมวิธีการผลิตมันเส้น

ที่มา : http://www.afet.or.th/v081/thai/product/tc (2552)



รูปที่ 2.17 ประโยชน์ที่ได้จากมันสำปะหลังเส้น

ที่มา : http://www.afet.or.th/v081/thai/product/tc/ (2552)

2.23.3 อุตสาหกรรมมันอัดเม็ด (Cassava Pellets)

มันอัดเม็ดหรือที่เรียกว่ามันเม็ด เป็นการนำมันเส้นมาแปรรูปโดยผ่านกระบวนการที่เรียกว่า Extrusion เพื่อลดปริมาตรลง และลดมลภาวะภายในท่าเรือขณะที่มีการขนย้าย ทำให้สะดวกต่อการขนส่งมากขึ้น อัตราการแปรรูปจากมันเส้นเป็นมันอัดเม็ดขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ประสิทธิภาพของเครื่องอัดเม็ด ความชื้นของมันเส้น สิ่งเจือปนต่างๆ เป็นต้น

2.23.4 อุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง (Cassava Starch)

ในบรรดาประเทศที่ปลูกมันสำปะหลังจำนวนมาก ประเทศไทยเป็นประเทศเดียวที่ใช้มันสำปะหลังมาผลิตเป็นแป้งมากที่สุด และถือได้ว่าเป็นผู้ผลิตแป้งมันสำปะหลังรายใหญ่ที่สุดของโลก นอกจากนี้แป้งมันสำปะหลังยังเป็นอุตสาหกรรมแป้งที่มีการผลิตมากที่สุดในประเทศไทย กระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังในประเทศไทยที่ใช้กันอยู่ทั่วไปในปัจจุบัน จะเป็นกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังแบบสลัดแห้ง ซึ่งเป็นกระบวนการผลิตแบบใหม่ที่ใช้เวลาในการผลิตน้อย โดยตั้งแต่เป็นหัวมันสดเข้าโรงงานจนได้แป้งแห้งใช้เวลาน้อยกว่า 30 นาที แป้งมันสำปะหลังที่ผลิตได้จะมีลักษณะเป็นผงละเอียด สีขาว และมีความบริสุทธิ์สูง มีสิ่งปนเปื้อนต่ำ โดยจะมีปริมาณแป้ง (Starch) อยู่มากกว่าร้อยละ 95 และมีปริมาณโปรตีนและไขมัน รวมถึงฟอสฟอรัส ค่อนข้างต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับแป้งชนิดอื่นๆ และเมื่อได้รับความร้อนจะมีความหนืดสูง ทำให้ได้แป้งเปียกที่ใส ไม่ทึบแสง และมีอัตราการคืนตัวต่ำ (Retrogradation) อย่างไรก็ตาม บางครั้งแป้งดิบ (Native Starch) ก็ไม่เป็นที่ต้องการต่อการใช้ในระดับอุตสาหกรรม จึงมีการนำแป้งมาปรับเปลี่ยนคุณสมบัติให้มีความเหมาะสมต่อการใช้งานมากขึ้น โดยกระบวนการดัดแปรแป้ง (Starch Modification) ซึ่งแป้งที่ได้จะเรียกว่า แป้งดัดแปร

2.23.5 อุตสาหกรรมแป้งดัดแปร

ในประเทศไทยใช้กระบวนการดัดแปรทั้ง 3 วิธี คือ การดัดแปรทากายภาพ(Physical Modification) ทางเคมี (Chemical Modification) และทางชีวภาพ (Biological Modification) ทำให้ได้แป้งดัดแปร 3 ประเภท คือ แป้งพรีเจลาริไนซ์ แป้งดัดแปรทางเคมี และอนุพันธุ์แป้งจากการย่อย โดยแป้งดัดแปรที่มีความสำคัญและมีการนำมาใช้อย่างแพระหลายในเชิงอุตสาหกรรมมากที่สุด ได้แก่ แป้งดัดแปรทางเคมี

แป้งพรีเจลาติไนซ์ หรือ อัลฟาสตาร์ช (Alpha Starch) เป็นแป้งมันสำปะหลังที่ผ่านการดัดแปรทางกายภาพ ซึ่งส่วนใหญ่จะส่งออกไปยังประเทศคู่ค้าสำคัญคือ เกาหลีและไต้หวัน ส่วนแป้งดัดแปรทางเคมี จะเป็นแป้งที่ผ่านการดัดแปรโดยใช้ปฏิกิริยาเคมี

แป้งดัดแปรทางเคมีสามารถจำแนกออกเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ได้ตามการเกิดปฏิกิริยาได้เป็น 4 ประเภทคือ การเกิดอนุพันธ์ (Derivertization) การลดขนาดโมเลกุลแป้งด้วยกรด (Acid Thinning) เด็กซ์ทริไนเซชัน (Dextrinization) และ ออกซิเดชัน (Oxidation) ซึ่งแป้งดัดแปรทางเคมีที่ผลิตในเชิงอุตสาหกรรมที่สำคัญ ได้แก่ แป้งดัดแปรที่มีความคงตัวสูง แป้งครอสลิง (Crosslinked Starch) แป้งดัดแปรด้วยกรด (Acid-thinned starch) และแป้งออกซิไดซ์ (Oxidized Starch) ซึ่งแป้งดัดแปรทางเคมีที่ได้จะมีต้นทุนที่สูงกว่าแป้งดัดแปรทางกายภาพ เนื่องจากใช้เทคโนโลยีที่สูงกว่า

แป้งดัดแปรอีกประเภทหนึ่งคือ ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการย่อยแป้ง ซึ่งจะแตกต่างกันตามชนิดของเอนไซม์และระดับการย่อย โดยชนิดของเอนไซม์ที่ใช้ย่อยแป้งที่สำคัญได้แก่ เอนไซม์ย่อยภายนอก (Exo-Enzyme) เอนไซม์ย่อยภายใน (Endo-Enzyme) เอนไซม์ย่อยพันธะกิ่ง (Debranching enzyme) และเอนไซม์ Transferase ซึ่งจะทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่สำคัญ ได้แก่ มอลโตเดกซ์ตริน และน้ำเชื่อมกลูโคส ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบเริ่มต้นในการผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆ นอกจากการดัดแปรแป้งโดยใช้เทคโนโลยีแต่ละประเภทดังที่ได้กล่าวมาข้างต้นแล้ว บางครั้งการดัดแปรแป้งเพื่อประโยชน์ทางการค้าอาจใช้เทคโนโลยีการดัดแปรหลายวิธีร่วมกันเพื่อช่วยปรับปรุงคุณภาพของแป้งให้มีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานมากยิ่งขึ้น

การใช้ประโยชน์แป้งมันสำปะหลังทั้งแป้งดิบและแป้งดัดแปรภายในประเทศนอกจากจะใช้เป็นการบริโภคในครัวเรือนแล้วยังสามารถนำแป้งมันสำปะหลังไปใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่างๆ ได้ โดยอุตสาหกรรมที่ใช้แป้งมันสำปะหลังมากที่สุดคือ อุตสาหกรรมอาหาร ผงชูรสไลซีน สารให้ความหวาน สิ่งทอและกระดาษ ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับปัจจัย 4 ทั้งสิ้น

ผงชูรสไลซีน สารให้ความหวาน สิ่งทอและกระดาษ ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับปัจจัย 4 ทั้งสิ้น

2.24 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาการสร้างตัวแบบคณิตศาสตร์ของห่วงโซ่อุปทานมันสำปะหลังในจังหวัดกำแพงเพชรคณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษางานวิจัยที่มีความเกี่ยวข้อง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

อานุภาพ สังข์ศรีอินทร์ (2551) ได้ทำการศึกษาการจัดการโซ่อุปทานผักสดในจังหวัดนครปฐมมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัญหาและอุปสรรคของการจัดการโซ่อุปทานผักสดในจังหวัดนครปฐมและศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยบุคคลของเกษตรกรกับการประเมินความสำคัญของลักษณะคุณภาพของผักสดและศึกษาการรับรู้ของเกษตรกรในเรื่องคุณภาพของผักสดในจังหวัดนครปฐม โดยขอบเขตของงานวิจัยนั้นเริ่มตั้งแต่การเพาะปลูกของเกษตรกร ระบบการขนส่งจากฟาร์มถึงโรงงานผลิตกระบวนการจัดหาวัตถุดิบหรือผักสด ระบบผลิต ระบบการจัดการคุณภาพ ระการควบคุมคุณภาพในการขนส่งระบบการตลาดและการกระจายสินค้าไปยังปลายทางจากการศึกษาพบว่าข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนามแล้วนำมาวิเคราะห์ทางสถิติแบ่งเป็น ขั้นตอนดังนี้ 1. การวิเคราะห์เชิงพรรณนา 2. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงอนุมาน 3. การวิเคราะห์ข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึก รูปแบบของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในห่วงโซ่อุปทานผักสดประกอบด้วย เกษตรกร ผู้รวบรวมและโรงคัดบรรจุโดย สามารถอธิบายรูปแบบของผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในระดับต้นน้ำ ระดับ กลางน้ำ ระดับปลายน้ำ

ในปี พ.ศ. 2550 สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรเขต 3 ได้ทำการศึกษาโลจิสติกส์และห่วงโซ่อุปทานยาง มันสำปะหลัง อ้อยโรงงาน ในภูมิภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน เป็นการศึกษาเพื่อให้ทราบห่วงโซ่อุปทาน วิถีตลาดการเคลื่อนย้ายสินค้าในห่วงโซ่อุปทานและการปรับเส้นทางให้มีต้นทุนการขนส่งสินค้าที่ต่ำลง ของสินค้ายางพารา มันสำปะหลัง อ้อยโรงงาน ในภูมิภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน โดยมีขอบเขตการศึกษาเป็นรวบรวมข้อมูลจากภาคราชการและภาคเอกชนในพื้นที่ซึ่งเป็นข้อมูลเบื้องต้น ในรายละเอียดการศึกษาจึงไม่ครอบคลุมในกระบวนการของโลจิสติกส์ทั้งหมด จากการศึกษาจะได้ห่วงโซ่อุปทานของ ยางพารา มันสำปะหลังและอ้อย โดยเริ่มต้นจากเกษตรกรขนส่งไปยังจังหวัดต่างๆ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนไปยังอุตสาหกรรมแปรรูปขั้นจนเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป รวมไปถึงแผนผังเส้นทางการขนส่งภายในภูมิภาคและการปรับเส้นทางการขนส่งในภูมิภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

วิจิตรสวัสดิ์ สุขสวัสดิ์ ณ อยุธยา และถิระ ฉวรรณกุล ได้ทำการศึกษาการตัดสินใจในการเลือกเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ดังนี้การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านการขนส่งของประเทศไทยในอดีตที่ผ่านมา มักมุ่งเน้นการขนส่งทางถนนเป็นหลัก ซึ่งได้รับการพัฒนามากกว่าการขนส่งในรูปแบบอื่นๆ ในขณะที่การขนส่งด้านอื่นที่เป็นการขนส่งครั้งละมากๆ เช่น ทางราง หรือ ทางน้ำ กลับไม่ได้รับการพัฒนามากนัก ทั้งที่ประเทศไทยได้เปรียบในเชิงกายภาพและภูมิศาสตร์ โดยตั้งอยู่ตรงกลางของกลุ่มประเทศอินโดจีน ซึ่งเป็นตำแหน่งที่เหมาะสมต่อการพัฒนาเส้นทางการขนส่งระหว่างประเทศที่มีประสิทธิภาพ การพัฒนาเส้นทาง ฝั่งตะวันออก (มุกดาหาร-สุหวัดนะเขต-คองฮา-ดานัง)ที่เรียกว่า East-West Economic Corridor ถือได้ว่าเป็นเส้นทางเชื่อมต่อไปยังประเทศอื่นๆ ซึ่งเป็นโอกาสของประเทศไทยที่จะได้ใช้เส้นทางเหล่านี้เป็นทางเลือกในการขนส่งสินค้าไปยังประเทศเพื่อนบ้านหรือประเทศอื่นซึ่งเส้นทางเหล่านี้จะช่วยประหยัดเวลาหรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า ดังนั้นจุดมุ่งหมายของบทความ จะเป็นการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการตัดสินใจเลือกเส้นทางการส่งสินค้าต่อเนื่องหลายรูปแบบ เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพที่ดีที่สุดเมื่อพิจารณาในแง่ค่าใช้จ่าย และ/หรือความรวดเร็วในการส่งสินค้า โดยมีกรณีศึกษาเป็นการเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังของภาคอีสานตอนบนไปยังตลาดต่างประเทศ

พรศิริ คำหล้า, ดร. รักน้อย อัครรุ่งเรือง ได้ให้คำนิยามของโซ่อุปทานความว่า เป้าหมายสูงสุดของการจัดการโซ่อุปทาน คือ การเพิ่มคุณค่าโดยรวมให้เกิดขึ้นมากที่สุด การที่จะทราบได้ว่าการจัดการโซ่อุปทานนั้นเป็นไปตามกลยุทธ์หรือเป้าหมายที่วางไว้หรือไม่ มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องวัดประสิทธิภาพตลอดทั้งห่วงโซ่อุปทาน เนื่องจากโซ่อุปทานที่มีประสิทธิภาพสูงย่อมสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าด้วยต้นทุนที่ต่ำที่สุดและตรงตามเวลาที่ต้องการ งานวิจัยนี้ทำการศึกษารวบรวมบทความและวิเคราะห์วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการวัดประสิทธิภาพการทำงานของโซ่อุปทาน (Supply ChainPerformance Measurement) เพื่อกำหนดเป็นเกณฑ์และแนวทางในการวัดประสิทธิภาพ จากผลการศึกษาเบื้องต้น พบว่าเกณฑ์การวัดประสิทธิภาพที่เลือกใช้นั้นขึ้นอยู่กับมุมมองที่มีต่อโซ่อุปทานในการวัดประสิทธิภาพ ซึ่งการวัดประสิทธิภาพการทำงานของโซ่อุปทานมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการพัฒนาขีดความสามารถในการแข่งขัน และการเสริมสร้างความสามารถในการตอบสนองความต้องการของลูกค้า

2.25 นิยามคำศัพท์เฉพาะ

Cash and Carry คือ ที่จ่ายเป็นเงินสด

ร้านค้าปลีก คือ ร้านชำหรือร้านโชห่วย ขายปลีกสินค้าประเภท สบู่ ยาสีฟัน บะหมี่สำเร็จรูป เครื่องดื่ม เป็นต้น

สินค้าคงคลัง (Inventory) จัดเป็นสินทรัพย์หมุนเวียนชนิดหนึ่ง ซึ่งกิจการต้องมีไว้เพื่อขายหรือผลิต หมายถึง

- วัตถุดิบ คือสิ่งของหรือชิ้นส่วนที่ซื้อมาเพื่อใช้ในการผลิต

- งานระหว่างกระบวนการผลิต เป็นชิ้นงานที่อยู่ในขั้นตอนการผลิตหรือรอคอยที่จะผลิตในขั้นตอนต่อไปโดยที่ยังผ่านกระบวนการผลิตไม่ครบทุกขั้นตอน

- วัสดุซ่อมบำรุง คือ ชิ้นส่วนหรืออะไหล่เครื่องจักรที่สำรองไว้เผื่อเปลี่ยนเมื่อชิ้นส่วนเดิมเสียหายหรือหมดอายุการใช้งาน

- สินค้าสำเร็จรูป คือ ปัจจัยการผลิตที่ผ่านทุกกระบวนการผลิตครบถ้วน พร้อมที่จะนำไปขายให้ลูกค้าได้

- แรงงาน คือ แรงงานที่เกิดจากกำลังกายและสติปัญญาของมนุษย์ ค่าตอบแทนคือ ค่าจ้างหรือเงินเดือน

- เงินลงทุน คือ เงินที่ใช้ในการประกอบกิจกรรมทางการผลิตในด้านต่างๆ

- เครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์

ซัพพลายเออร์ คือ คนหรือองค์กรที่จัดหาสินค้าและบริการให้กับธุรกิจอื่น การค้นหาซัพพลายเออร์ที่ให้ราคาดี (ถูกกว่าของรายอื่น) เปรียบเสมือนหัวใจของความสำเร็จของธุรกิจ การต่อรองกับซัพพลายเออร์มักจะเกี่ยวข้องกับประเด็นหลักๆ อาทิ วิธีการชำระเงิน ราคาและมูลค่าที่จะต้องชำระ รวมทั้งความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นได้จากกระบวนการต่างๆ เช่น การจ่ายเงินล่าช้า ความผิดพลาด ยังไม่ได้รับสินค้าหรือได้รับช้ากว่ากำหนด เป็นต้น

ต้นน้ำ คือ แหล่งที่เกิดของกระบวนการผลิต

ปลายน้ำ คือ บริเวณตอนปลายของกระบวนการผลิต ที่มีการไหลออกของผลผลิต

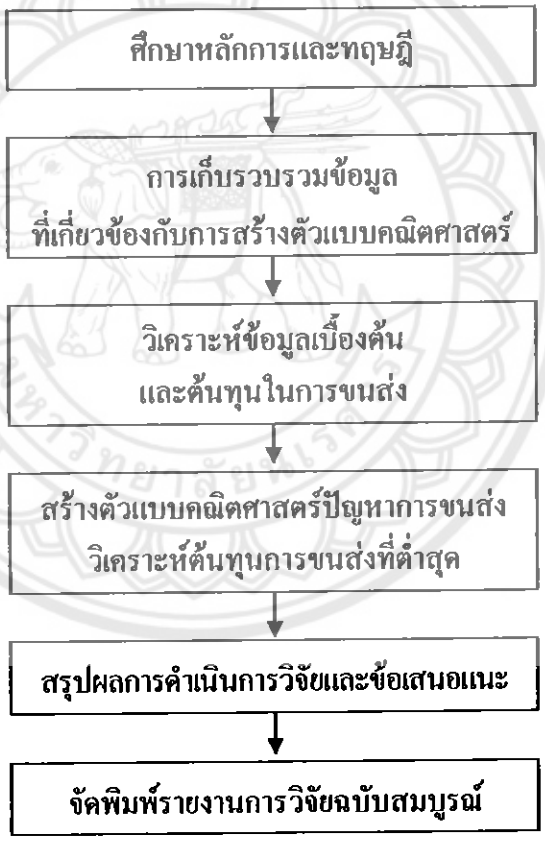
ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ คือ ค่าของข้อมูลต่างๆ ในรูปสมการทางคณิตศาสตร์

ตลาดย่อย คือ การแบ่งกลุ่มลูกค้าที่อยู่ในตลาดออกเป็นกลุ่มย่อยๆ การแบ่งตลาดกลุ่มย่อยนั้นช่วยให้เราสามารถเข้าใจถึงสภาพของตลาดและความต้องการสินค้าของลูกค้าได้ดีขึ้น

บทที่ 3
วิธีดำเนินโครงงาน

การศึกษาระบบโลจิสติกส์และห่วงโซ่อุปทานของมันสำปะหลังในจังหวัดกำแพงเพชร วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและสร้างตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการขนส่งของห่วงโซ่อุปทานมันสำปะหลังในจังหวัดกำแพงเพชร เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ต้นทุนการขนส่งที่ต่ำที่สุดของห่วงโซ่การ กำหนดขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยดังต่อไปนี้

3.1 ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย



รูปที่ 3.1 แผนภาพขั้นตอนการดำเนินงาน

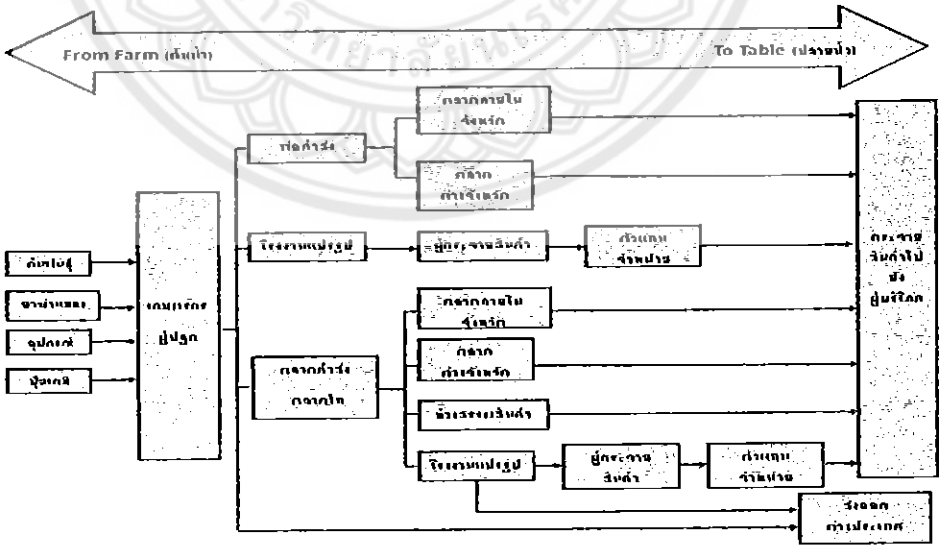
3.1.1 ศึกษาหลักการและทฤษฎี

เป็นการศึกษาการจัดการระบบโลจิสติกส์และ หลักการของระบบห่วงโซ่อุปทาน รวมไปถึงความหมาย องค์ประกอบ และโครงสร้างของระบบโลจิสติกส์และห่วงโซ่อุปทาน และศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับการขนส่ง ต้นทุนในการขนส่งสินค้าและต้นทุนโลจิสติกส์ ศึกษาทฤษฎีและวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหาการขนส่ง เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบที่ดีที่สุด เพื่อนำมาประกอบในการวิเคราะห์และคำนวณในการสร้างตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการขนส่ง เพื่อให้ได้มาซึ่งต้นทุนในการขนส่งที่ต่ำที่สุด เพื่อแนวทางในการดำเนินงานวิจัย

ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับมันสำปะหลัง ทำการศึกษาขั้นตอนการขนส่งมันสำปะหลัง เช่น พาหนะที่ใช้ เส้นทางการขนส่งมันสำปะหลังในเขตจังหวัดกำแพงเพชร เป็นต้น

3.1.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบคณิตศาสตร์

เป็นการศึกษารวบรวมข้อมูลของระบบห่วงโซ่อุปทานมันสำปะหลังในจังหวัดกำแพงเพชร โดยรวมรวบข้อมูลที่เกี่ยวข้อง อาทิเช่น ข้อมูลเส้นทางการไหลตั้งแต่ผู้ผลิต จนถึงผู้บริโภคในระบบห่วงโซ่อุปทาน ข้อมูลผลผลิตมันสำปะหลังในแต่ละอำเภอในจังหวัดกำแพงเพชร ข้อมูลพ่อค่าส่ง และข้อมูลตลาดภายในจังหวัดกำแพงเพชร เป็นต้น จะได้ห่วงโซ่อุปทานของมันสำปะหลังดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แสดงห่วงโซ่อุปทานมันสำปะหลัง

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

3.1.3 วิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น และต้นทุนในการขนส่ง

เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวม มาทั้งข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิ โดยเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น เพื่อให้ทราบถึงลักษณะทั่วไปของการขนส่งมันสำปะหลังในเขตจังหวัดกำแพงเพชร ขั้นตอนการขนส่ง และต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งในส่วนต่างๆ

3.1.4 สร้างตัวแบบห่วงโซ่อุปทาน

การสร้างตัวแบบคณิตศาสตร์ปัญหาการขนส่ง เป็นการวิเคราะห์กระบวนการขนส่งมันสำปะหลังในเขตจังหวัดกำแพงเพชร โดยใช้หลักการและทฤษฎีของห่วงโซ่อุปทานรวมไปถึงข้อมูลที่ได้จากโครงข่ายห่วงโซ่อุปทาน มาใช้ในการวิเคราะห์วิธีการแก้ปัญหาสมการทางคณิตศาสตร์โดยการกำหนดค่าตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการตัดสินใจ เพื่อคำนวณหาต้นทุนในการขนส่งมันสำปะหลังที่ต่ำที่สุดที่เกิดขึ้นในเขตจังหวัดกำแพงเพชร

3.1.5 สรุปผลการดำเนินการวิจัยและข้อเสนอแนะ

สรุปผลและทำการอภิปรายผลที่ได้จากการศึกษาระบบโลจิสติกส์และห่วงโซ่อุปทานของมันสำปะหลังในจังหวัดกำแพงเพชร เสนอแนะแนวทางในการปรับปรุงหรือพัฒนาระบบการขนส่งของมันสำปะหลังต่อไป

3.1.6 จัดพิมพ์รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

จัดทำรายงานการศึกษาวิจัยฉบับสมบูรณ์ โดยปฏิบัติตามขั้นตอนและรูปแบบของคู่มือการเขียนปริญญานิพนธ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ฉบับ พ.ศ. 2552

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

เมื่อทำการศึกษาข้อมูลทางทฤษฎีแล้วสิ่งที่ต้องทำคือ ขั้นตอนของการเก็บรวบรวมข้อมูล ในการเก็บรวบรวมนั้นจะประกอบไปด้วยข้อมูลที่เก็บรวบรวมเพื่อทำการวิเคราะห์ 2 ส่วน

3.2.1 ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data)

ได้จากการรวบรวมการสังเกตการปฏิบัติงานจริงและการสัมภาษณ์บุคลากรในแผนกต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยการสัมภาษณ์ทางโทรศัพท์หรือการสัมภาษณ์แบบตัวต่อตัว

3.2.2 ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data)

ทำการศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมจากหนังสือ ตำรา จากอินเตอร์เน็ตหรือบทความหรือวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในที่นี้ได้ทำการเก็บข้อมูลทั้ง 2 ส่วนนี้แบบผสมผสานกันมีทั้งข้อมูลที่ทำการศึกษาเพิ่มเติมจากหนังสือ ข้อมูลจาก สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ปี พ.ศ. 2550-2552 และข้อมูลที่เก็บรวบรวมโดยการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ทำการเพาะปลูกรวมไปถึงผู้ประกอบการเจ้าของธุรกิจ โดยการลงพื้นที่จริง

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

รวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากการศึกษา การสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ บุคลากร รวมไปถึงเจ้าของไร่มันสำปะหลัง ที่มีความรู้ความสามารถและความชำนาญการเกี่ยวกับมันสำปะหลัง เพื่อมาทำการอธิบายการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอน ของห่วงโซ่อุปทานมันสำปะหลังทั้งระบบแล้วจึงนำมาวิเคราะห์เพื่อสร้างตัวแบบปัญหาการขนส่ง

หลังจากนั้นทำการคำนวณต้นทุนการขนส่ง โดยนำข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลมาวิเคราะห์และทำการคำนวณจากตัวแบบปัญหาการขนส่ง เพื่อหาต้นทุนการขนส่งที่ต่ำสุดในเขตจังหวัดกำแพงเพชร

มหาวิทยาลัยนเรศวร

บทที่ 4
ผลงานวิจัย

4.1 ระบบโลจิสติกส์มันสำปะหลัง

จะเห็นได้ว่าในห่วงโซ่อุปทานของมันสำปะหลังนั้นจะมีเกษตรกรเป็นผู้ผลิตเริ่มแรก หรือกล่าวได้ว่าเป็นต้นน้ำของห่วงโซ่อุปทานนี้ ผลผลิตที่ได้นั้นเกษตรกรจำเป็นต้องอาศัยปัจจัยทางด้านการผลิตหลายอย่าง เช่น ปุ๋ย เพื่อใช้ในการบำรุงรักษา และท่อนพันธุ์เพื่อใช้ในการปลูกโดยเลือกพันธุ์มันสำปะหลังที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ เกษตรกรควรมีความรู้และเทคนิควิธีการในการปลูกและการบำรุงรักษาเพื่อที่จะได้ผลผลิตเป็นจำนวนมาก

4.1.1 วิธีการปลูกมันสำปะหลัง

4.1.1.1 เตรียมดิน

- ไถด้วยผาลสาม 1 ครั้งลึก 20 - 30 เซนติเมตร ตากดินไว้ 7-10 วัน
- พรวนด้วยผาลเจ็ด 1 ครั้ง แล้วคราดเก็บเศษซาก ราก เหง้า หัว และไหล ของวัชพืชข้ามปีออกจากแปลง

4.1.1.2 การเตรียมท่อนพันธุ์

การเตรียมท่อนพันธุ์เพื่อปลูกมันสำปะหลังทำได้โดยการตัดท่อนพันธุ์ยาวประมาณ 20 เซนติเมตร และมีจำนวนตาในท่อนไม่น้อยกว่า 5 ตา

4.1.1.3 การปลูกมันสำปะหลัง

การปลูกมันสำปะหลังทำได้ 2 ลักษณะคือ การปลูกแบบนอน จะทำให้มันสำปะหลังจะงอกได้ช้า และกำจัดวัชพืช แต่จะสะดวกในการปลูก การปลูกแบบปัก จะทำให้มันสำปะหลังจะงอกได้เร็ว สะดวกต่อการปลูกซ่อม และกำจัดวัชพืช การปลูกแบบปักสามารถปลูกได้ทั้งปักตรงและปักเอียงโดยปักลึกลงไปในดินประมาณ 10-15 เซนติเมตร

4.1.1.4 การให้ปุ๋ย

สำหรับมันสำปะหลังทำได้โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-7-18 หรือ 15-15-15 หรือ 16-8-14 อัตรา 70 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับดินร่วนหรือดินร่วนปนทรายและอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับดินทราย โดยให้ปุ๋ยครั้งเดียวหลังปลูก 1-2 เดือน เมื่อดินมีความชื้นเพียงพอโดยโรยสองข้างของต้นตามแนวกว้างของพุ่มใบแล้วพรวนดินกลบ ระยะเวลาเก็บเกี่ยวที่ทำได้ตั้งแต่อายุ 8 เดือน แต่อายุเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม คือ 12 เดือน หลังปลูกและไม่ควรเก็บเกี่ยวในช่วงที่มีฝนตกชุกเนื่องจากหัวมันสำปะหลังจะมีเปอร์เซ็นต์ในแป้งต่ำ

4.1.1.5 การเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง

ใช้คนทำได้โดยการตัดต้นมันให้เหลือส่วนล่างของลำต้นไว้ประมาณ30-70 เซนติเมตร จากนั้นขุดหัวมันขึ้นมาด้วยจอบหรือใช้วิธีถอนในกรณีที่ดินมีความชื้นสูง แล้วนำมาสับเหง้าออกและส่งไปยังโรงงาน (ศูนย์บรรณสารและสื่อการศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2552)

4.1.2 พ่อค้าในระดับท้องที่

เป็นตลาดที่ใกล้ชิดกับเกษตรมากที่สุดหลังจากการเก็บเกี่ยวเกษตรกรจะนำหัวมันสำปะหลังที่ได้หลังจากการเก็บเกี่ยวไปขาย เกษตรกรส่วนใหญ่จะขายผลผลิตให้กับพ่อค้าท้องที่เพื่อรวบรวมหัวมันสด แล้วก็จะขายผลผลิตต่อให้แก่พ่อค้าท้องถิ่นหรือลานมันที่ใหญ่กว่าในท้องถิ่นของตัวเอง โดยจะขายในรูปของหัวมันสด

4.1.3 พ่อค้าท้องถิ่นหรือลานมัน

เป็นตลาดรวบรวมหัวมันสดที่ห่างไกลจากเกษตรกรออกไปโดยตั้งอยู่ตามอำเภอๆ ที่ลานมันจะวัดคุณภาพของมันโดยการวัดเปอร์เซ็นต์ของแป้งในหัวมันสำปะหลัง ปริมาณการรับซื้อสินค้าของลานมันจะมากกว่าพ่อค้าท้องที่ เมื่อทำการรับซื้อมันสดแล้วส่วนหนึ่งจะทำเป็นมันเส้นเพื่อส่งขายให้โรงงานมันอัดเม็ด และหากทำไม่ทันหรือมีปริมาณมันเข้ามามากในช่วงผลผลิตออกสู่ตลาดพร้อมกันก็จะนำไปขายให้กับโรงงานแปรรูป คือ โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง โรงงานผลิตมันเส้น และโรงงานผลิตมันอัดเส้น ในพื้นที่จังหวัดใกล้เคียง (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2550) หัวมันสด 100% ประมาณ 45% จะถูกส่งเพื่อไปทำมันเส้นและมันอัดเม็ดส่วนอีก 55% นั้นจะถูกส่งไปยังโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง (สมาคมแป้งมันสำปะหลังไทย, 2552)

4.1.4 โรงงานแปรรูป

เป็นตลาดที่รวบรวมหัวมันสำปะหลังสด จากเกษตรกร พ่อค้าท้องถิ่น เพื่อแปรรูปเป็นมันเส้น โดยกระบวนการทำมันเส้นจะใช้เครื่องตีหัวมันเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วตากบนลานซีเมนต์ประมาณ 2 - 3 วัน โดยปกติอัตราส่วนการผลิตมันสำปะหลังเส้น 1 กิโลกรัม จะใช้หัวมันสด 2 - 2.5 กิโลกรัม มีปริมาณแป้งร้อยละ 25 (อรุณี วงศ์ราเชน, 2549) เมื่อมันสำปะหลังเส้น แห้งดีแล้ว โดยปกติมาตรฐานทางการค้าจะมีความชื้นในมันสำปะหลังเส้นร้อยละ 14 ไม่มีวัตถุอื่นเจือปน เว้นแต่ดินทรายที่ติดมากับหัวมันสำปะหลังตามสภาพปกติไม่เกินร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก มันเส้นจะขายต่อไปให้กับโรงงานอาหารสัตว์ และโรงงานอุตสาหกรรมในประเทศที่ใช้มันสำปะหลังเส้นเป็นวัตถุดิบในการผลิต เช่น โรงงานผลิตเอทานอล แล้วส่งออกไปยังต่างประเทศโดยผ่านพ่อค้าคนกลาง และบริษัทส่งออก ส่วนโรงงานผลิตมันอัดเม็ด จะมีกรรมวิธีการผลิตมันสำปะหลังอัดเม็ดทุกแห่งไม่ว่าจะใช้เครื่องจักรจากต่างประเทศหรือในประเทศจะมีกรรมวิธีการผลิตเหมือนกัน กล่าวคือ ก่อนทำการอัดมันเส้นจะต้องนำมาร่อนเพื่อให้เศษที่เป็นผงและสิ่งเจือปนต่างๆออกเสียก่อน เสร็จแล้วแยกมันเส้นที่มีขนาดใหญ่มาตรฐานเข้าเครื่องบดแฮมเมอร์มิลล์ ต่อจากนั้นมันเส้นที่ได้ขนาดและเกินขนาดที่ถูกบดแล้วจะถูกลำเลียงไปยังถังใส่บนเครื่องอัดก่อนส่งเข้าเครื่องอัด

มันอัดเม็ดจะถูกพ่นน้ำเพื่อให้มีความชื้นในระดับที่เหมาะสม เมื่อออกจากเครื่องใหม่ๆ มันอัดเม็ดจะยังอุ่น และอ่อนนุ่ม เราต้องส่งเข้าเครื่องระบายความร้อนเพื่อลดอุณหภูมิและความชื้น หลังจากนั้นมันอัดเม็ดจะมีความแข็ง การระบายความร้อนโดยทั่วไปจะใช้รางเลื่อนทั้งแบบตั้งและแบบนอนโดยการเป่าพัดลม เมื่อมันอัดเม็ดเย็นตัวจะถูกส่งผ่านตะแกรงร่อน เพื่อคัดมันอัดเม็ดที่ใหญ่เกินขนาดก่อน ส่วนมันอัดเม็ดที่เล็กเกินไปจะถูกส่งเข้าไปอัดใหม่ ลมจากพัดลมที่ใช้เป่ามันอัดเม็ดจะมีกำลังแรงมาก เมื่อเวลาพัดผ่านมันอัดเม็ดจะทำให้มันอัดเม็ดพุ่งเข้าไปกองในถังใบใหญ่ ส่วนผงมันที่ปลิวไปกับลมจะถูกส่งเข้าสู่เครื่องป้อนอีกครั้ง

4.1.5 โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง

กระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังจะผลิตแป้งมันสำปะหลังด้วยกัน 2 ชนิด คือ แป้งมันสำปะหลังดิบ และแป้งมันสำปะหลังแปรรูป หัวมันสำปะหลังสด 4.75 กิโลกรัม จะได้แป้งมันสำปะหลัง 1 กิโลกรัม แป้งมันสำปะหลังดิบ (Native Tapioca Starch) หัวมันสำปะหลังสดมีแป้งเป็นส่วนประกอบเฉลี่ยประมาณร้อยละ 20 - 30 แป้งมันสำปะหลังที่สกัดจากหัวมันสำปะหลังสด ด้วยขบวนการแยกกากโปรตีน และไม่มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง ซึ่งหากผลิตจากหัวมันสำปะหลังสดทุกวัน ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ มีคุณภาพสูงและสามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน กรรมวิธีแบบสลัดแห้งนั้นเป็นกระบวนการผลิตแบบใหม่ ที่โรงงานโดยทั่วไปใช้กันอยู่ในปัจจุบัน มีขั้นตอนการผลิต ดังนี้

1) การเตรียมวัตถุดิบ หัวมันสำปะหลังจะถูกล้างให้สะอาดโดยผ่านเครื่องล้างหัวมันเพื่อล้างเอาเศษดินที่ยังติดอยู่กับหัวมันออกไปกับน้ำ

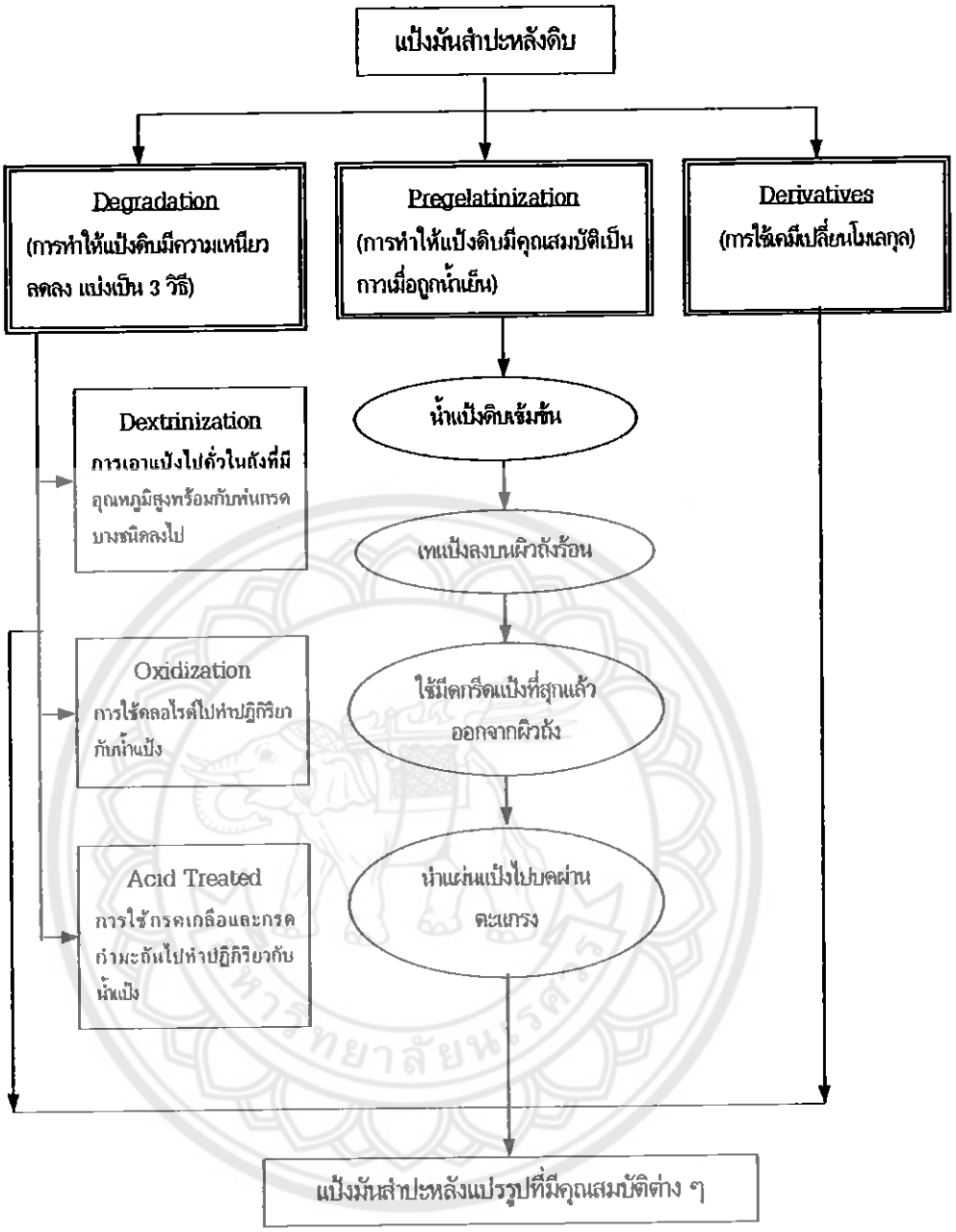
2) การโม่หัวมันสำปะหลัง มันสำปะหลังจะถูกลำเลียงเข้าสู่เครื่องสับหัวมันให้หัวมันมีขนาดเล็กลง ในระหว่างการโม่มีการเติมน้ำเพื่อให้สามารถโม่หัวมันได้ง่าย ในขั้นตอนนี้จะได้ของเหลวข้นที่มีส่วนผสมของแป้ง น้ำ กากมัน และสิ่งเจือปนต่างๆ

3) การสกัดแป้ง ของเหลวข้นจากเครื่องโม่จะถูกปั๊มเข้าสู่เครื่องแยกน้ำทิ้งที่มีโปรตีนและไขมันออกจากเนื้อแป้ง แล้วน้ำแป้งที่ได้จะเข้าสู่หน่วยสกัดแป้ง โดยจะถูกปั๊มเข้าสู่เครื่องสกัดแป้งซึ่งเป็นเครื่องแยกน้ำแป้งออกจากเส้นใยและกาก โดยเครื่องนี้จะแบ่งหน้าที่ตามการกรองออกเป็น 2 ชุด คือ ชุดสกัดหยาบ และชุดสกัดละเอียด ซึ่งน้ำแป้งจะผ่านชุดสกัดหยาบก่อนเพื่อแยกกากหยาบออก แล้วจึงเข้าสู่ชุดสกัดละเอียดเพื่อทำให้บริสุทธิ์ขึ้นโดยผ่านผ้ากรองที่มีขนาดเล็กลงของเครื่องสกัดละเอียด จากนั้นน้ำแป้งที่มีความบริสุทธิ์สูงจะถูกสูบจากถังพักมายังเครื่องสลัดแห้ง ซึ่งจะเหวี่ยงแยกน้ำออกจากน้ำแป้งทำให้ได้แป้งหมาดที่มีความชื้นประมาณร้อยละ 35-40

4) การอบแห้ง แป้งหมาดจะถูกเป่าด้วยลมร้อนอุณหภูมิ 180-200 องศาเซลเซียสจากเตาเผาขึ้นไปบนปล่องอบแห้ง แล้วตกลงมาเข้าสู่ไซโคลนความร้อนทำให้ความชื้นหายไปบางส่วน

5) เครื่องร่อนแป้ง (Siever) แป้งที่ผ่านเครื่องอบแห้งมานั้น จะถูกนำมาผ่านเครื่องร่อนแป้ง เพื่อคัดขนาดเม็ดแป้ง ให้ได้ขนาดตามที่ต้องการ

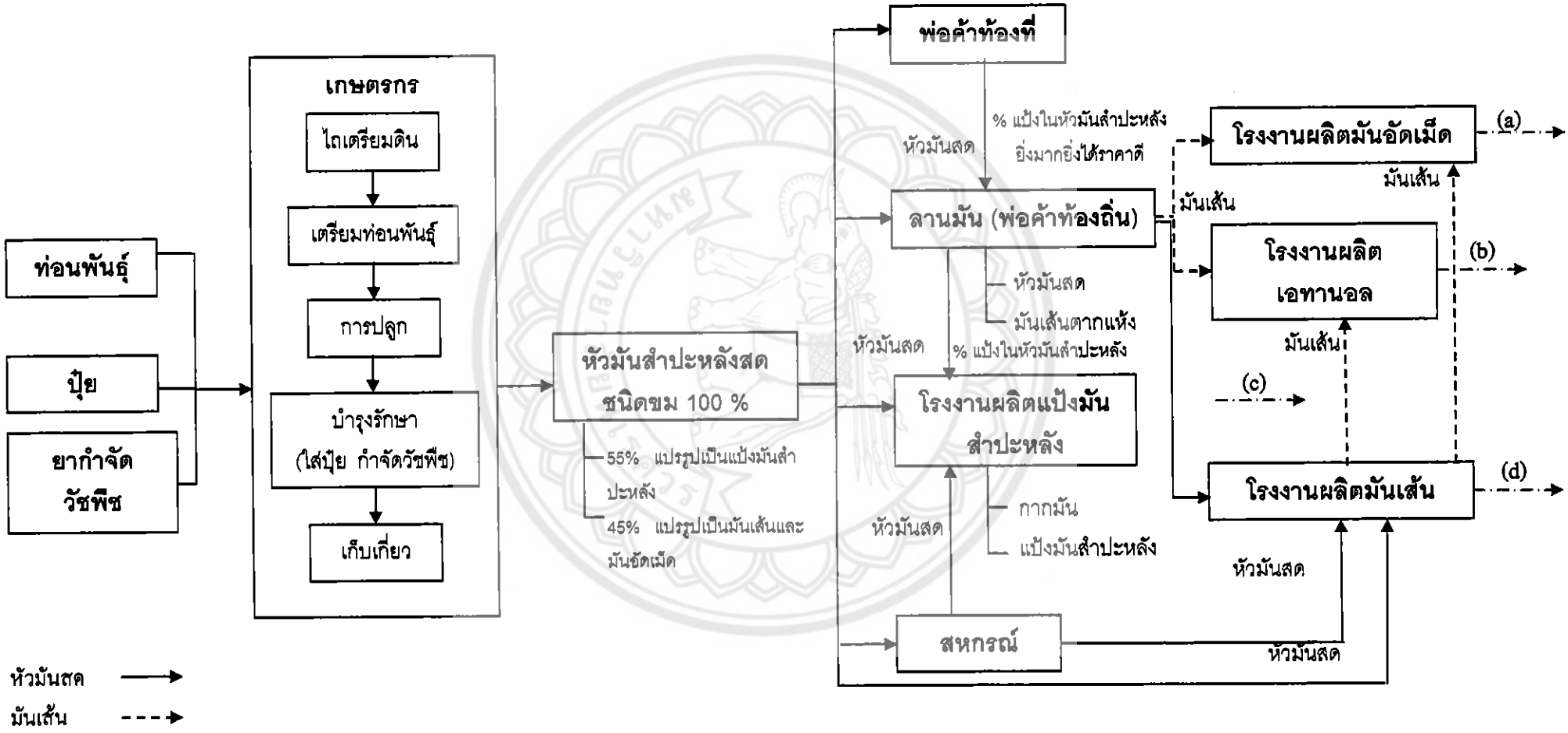
6) การบรรจุ และเก็บรักษา ทำได้โดยการบรรจุแป้งที่ได้ในกระสอบ แป้งที่ผลิตได้จะถูกนำมาบรรจุใส่ถุงขนาด 25, 50, 500 และ 1000 กิโลกรัม แล้วแต่คำสั่งของลูกค้า แล้วเรียงกระสอบบนที่รองรับเป็นชั้นๆ โดยพยายามหลีกเลี่ยงการทับซ้อนกันถึง 4-5 เมตร ควรใช้หัวมันสดที่เก็บเกี่ยวใหม่ๆ เพราะหากใช้หัวมันสดที่เก็บเกี่ยวไว้นานแล้ว จะทำให้แป้งที่ได้มีกลิ่นและสีไม่ดี (สมาคมแป้งมันสำปะหลังไทย, 2552) แป้งดิบที่ได้จะส่งต่อไปยังอุตสาหกรรมที่ใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบต่อไป แป้งมันสำปะหลังแปรรูป (Modified Starch) เป็นแป้งที่ได้จากการนำแป้งดิบไปผ่านกระบวนการปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางโมเลกุลเพื่อให้มีคุณสมบัติเฉพาะ เช่น คุณสมบัติทางด้านความเหนียว สำหรับนำไปใช้ในอุตสาหกรรมแต่ละประเภท จะเห็นได้จากกรรมวิธี ดังรูปที่ 4.1



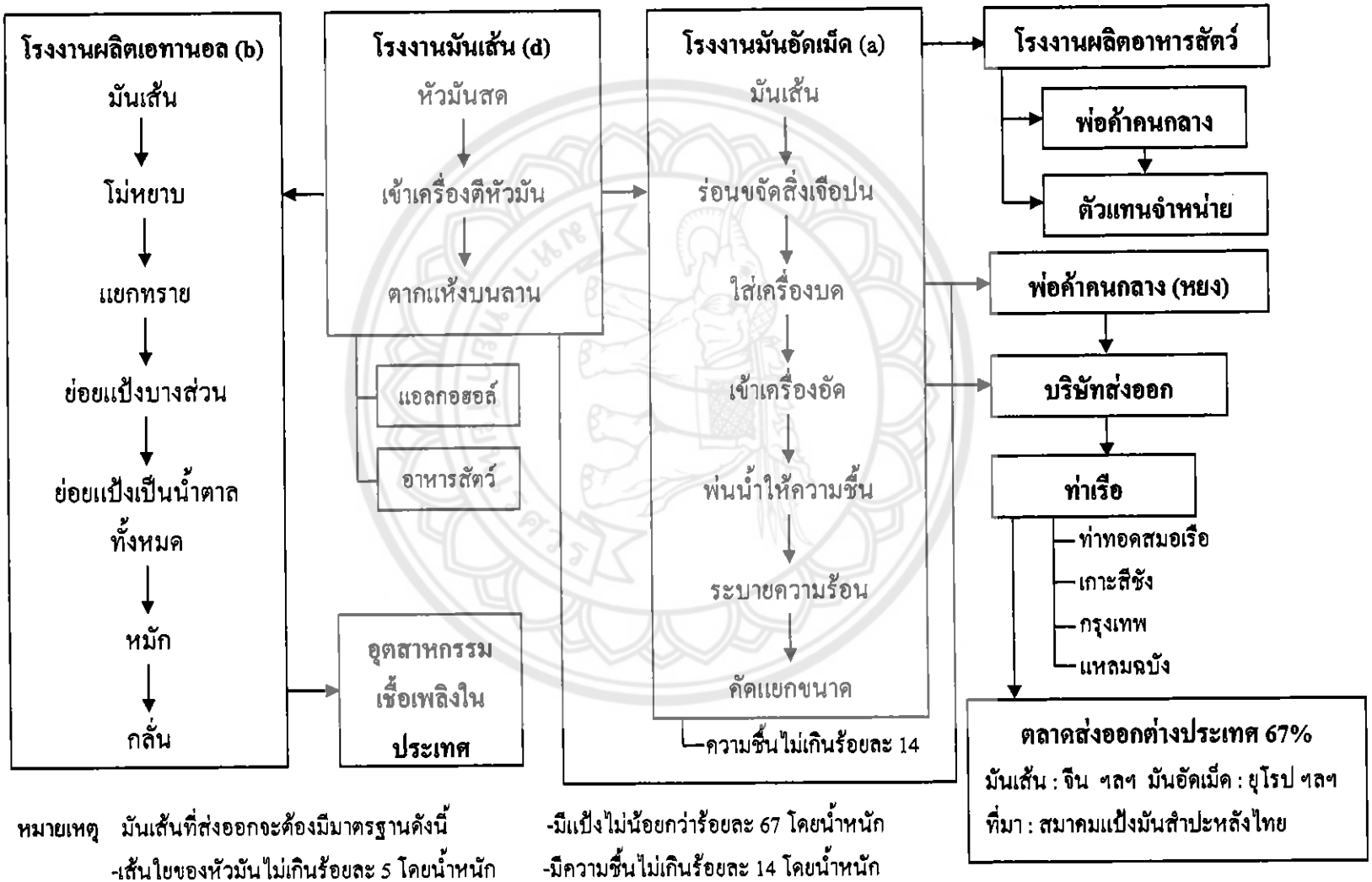
รูปที่ 4.1 กระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังแปรรูป
ที่มา : สมาคมแป้งมันสำปะหลังไทย

สิ่งที่ได้จากกระบวนการผลิตแป้งจะเป็นพวก กากมันสำปะหลัง (Tapioca Fiber) กากมันสำปะหลัง มีทั้งชนิดแห้งและชนิดเปียก ซึ่งได้จากกระบวนการแยกกากด้วยเครื่องแยกกาก (Extractor) ประกอบด้วยเยื่อใยและไฟเบอร์ เหมาะสำหรับอัดเม็ดทำเป็นอาหารสัตว์ และส่งให้กับอุตสาหกรรมผลิตเป็นแอลกอฮอล์หรือเอทานอลต่อไป ส่วนเปลือกมันสำปะหลัง (Clean Tapioca Peel) ที่ได้จากกระบวนการร่อนด้วยเครื่องร่อนทราย (Sieving and Washing) เหมาะสำหรับนำไป

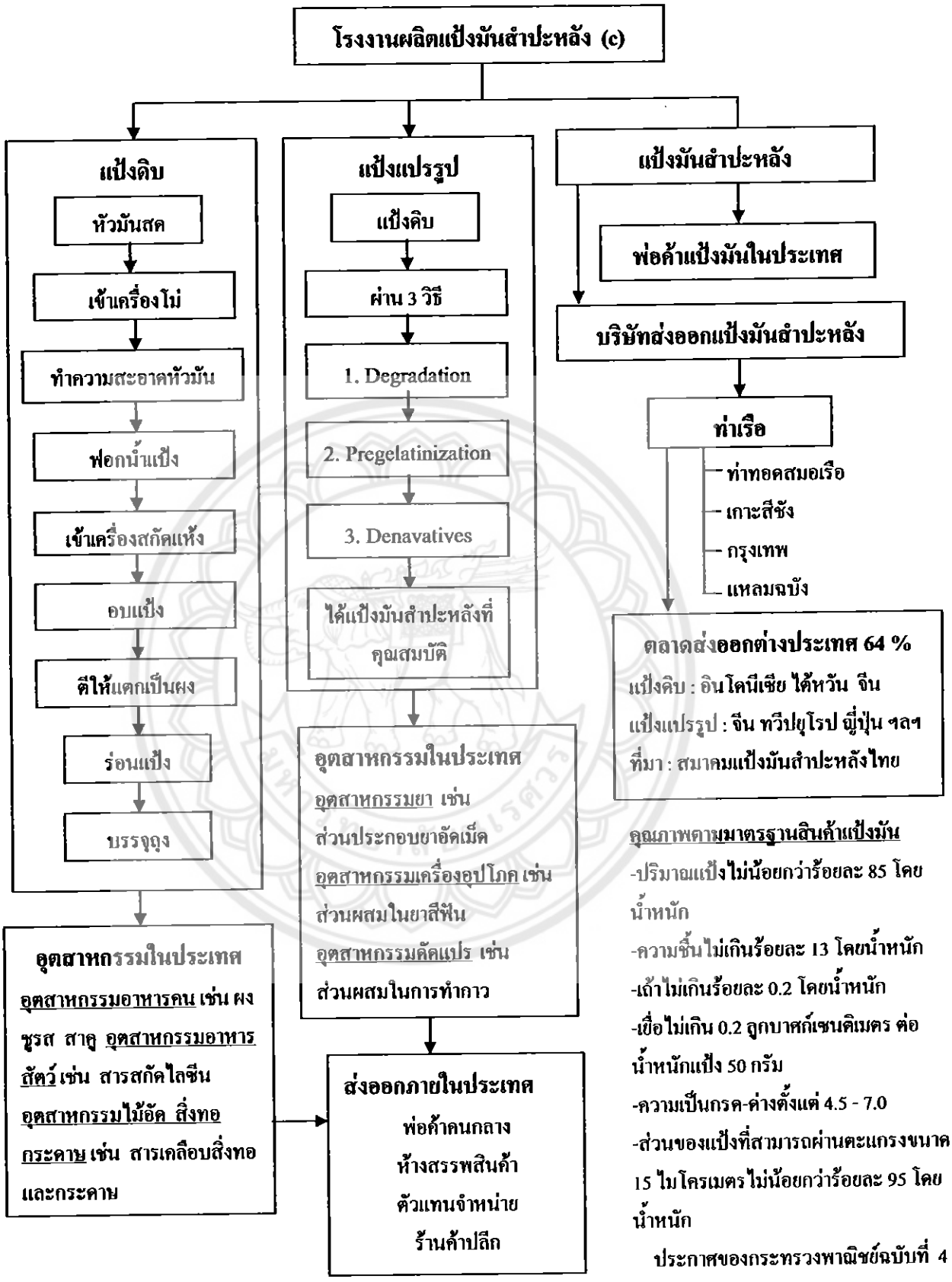
เพาะเห็ด เป็นส่วนผสมทำปุ๋ย และตะกอนจุลินทรีย์ (Organic Waste) ตะกอนที่ได้จากการหมักของบ่อน้ำเสีย เนื่องจากมีแร่ธาตุ ไนโตรเจนสูงเหมาะสำหรับเป็นส่วนผสมทำปุ๋ยต่างๆ โรงงานแปรรูปจะขายสินค้าให้กับอุตสาหกรรมภายในประเทศหรือใช้บริโภคภายในประเทศ 1.2 ล้านตันต่อปี หรือประมาณร้อยละ 36 ของผลผลิตที่ได้ และทำการส่งออกไปยังตลาดต่างประเทศร้อยละ 64 ของแป้งมันสำปะหลังที่ผลิตได้ 2 - 2.3 ล้านตันต่อปี โดยการส่งออกนั้นจะผ่านพ่อค้าคนกลาง และบริษัทส่งออก ไปยังท่าเรือ 4 ท่าเรือ คือ ท่าทอดสมอเรือ เกาะสีชัง ท่าเรือกรุงเทพ และท่าเรือแหลมฉบังสัดส่วนมูลค่าส่งออกของไทยไปประเทศคู่ค้าหลักที่สำคัญเมื่อเทียบกับมูลค่าส่งออกรวม ประเภทแป้งมันสำปะหลังดิบ คือ ประเทศจีน 30% ไต้หวัน 19% มาเลเซีย 10.9% ญี่ปุ่น 8% ประเภทแป้งมันสำปะหลังแปรรูป คือ ประเทศญี่ปุ่น 34.5% จีน 12.4% อินโดนีเซีย 10.1% เกาหลีใต้ 5.6% และสาคูทำจากแป้งมันสำปะหลัง คือ ประเทศญี่ปุ่น 19.6% ฮ่องกง 14.2% บังกลาเทศ 10.7% จีน 8.6%
(กระทรวงพาณิชย์, 2552)



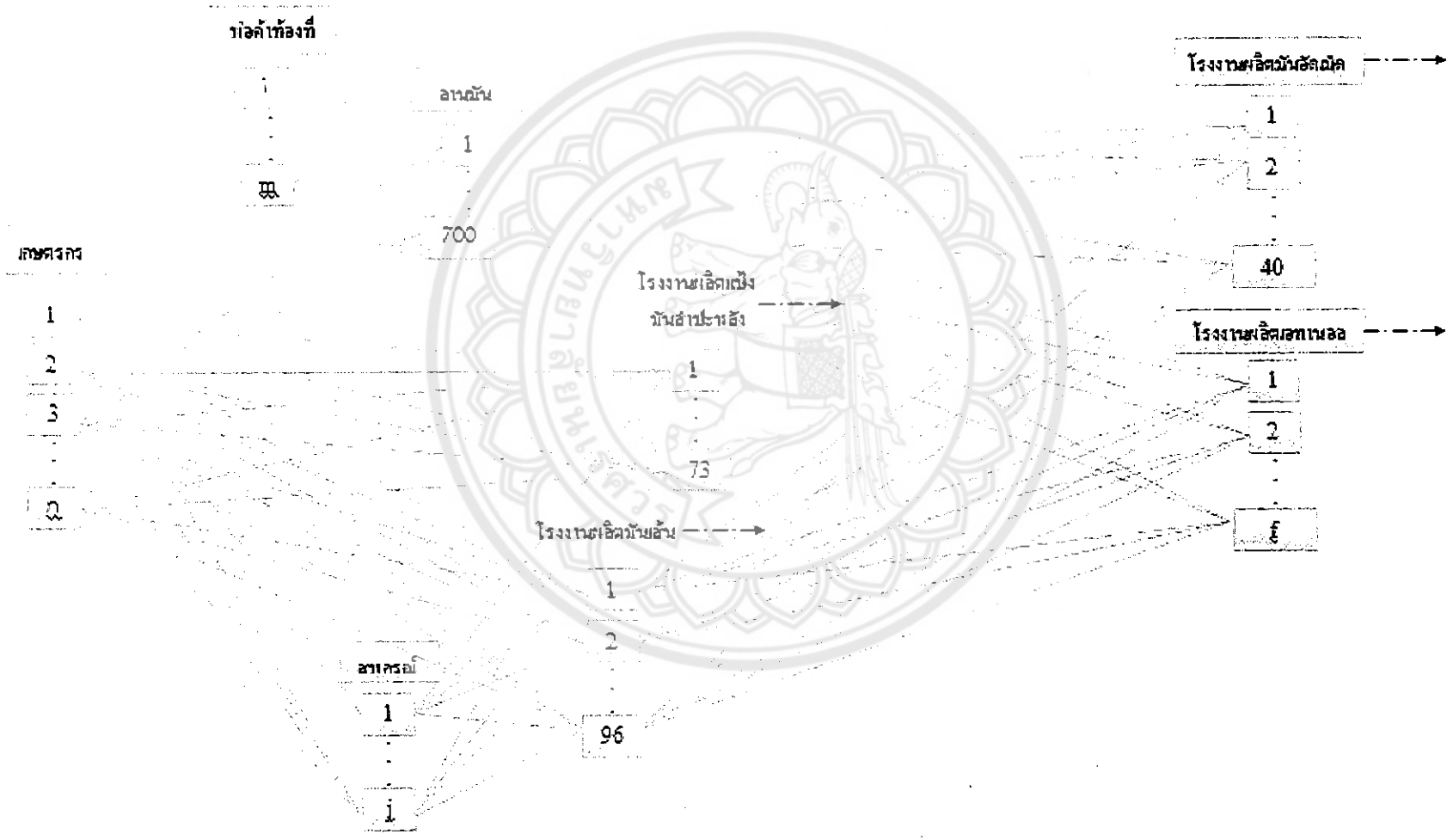
รูปที่ 4.2 แผนผังและกิจกรรมของระบบโลจิสติกส์มันสำปะหลังในประเทศไทย



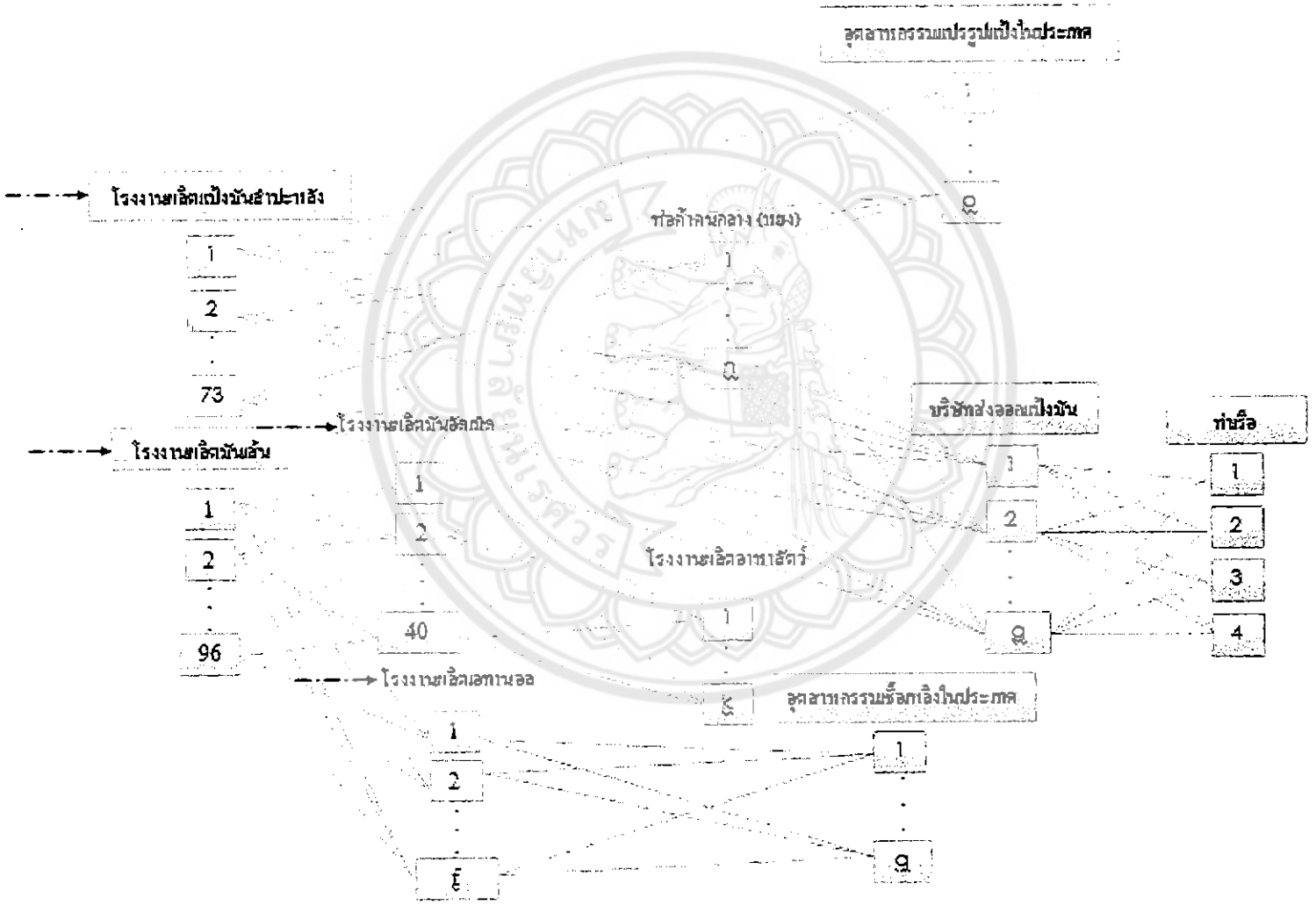
รูปที่ 4.3 แผนผังและกิจกรรมของระบบโลจิสติกส์มันสำปะหลังในประเทศไทย



รูปที่ 4.4 แผนผังและกิจกรรมของระบบโลจิสติกส์มันสำปะหลังในประเทศไทย



รูปที่ 4.5 โครงข่ายโลจิสติกส์มันสำปะหลังในประเทศไทย



รูปที่ 4.6 (ต่อ) โครงข่ายโลจิสติกส์มันสำปะหลังในประเทศไทย

4.2 แบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งมันสำปะหลังในเขตจังหวัดกำแพงเพชร

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหาการขนส่ง ซึ่งในการขนส่งนั้นจำเป็นต้องเลือกเส้นทางในการขนส่งที่เหมาะสมที่สุดและเกิดค่าใช้จ่ายในการขนส่งอันเนื่องมาจากค่าเชื้อเพลิงต่ำที่สุด โดยพิจารณาจากระยะทางการขนส่ง ความจุและความสามารถของยานพาหนะที่ใช้ขนส่ง โดยจะอธิบายถึง ดัชนี (Indices) ต่อจากนั้นจะกล่าวถึง สมการขอบข่าย (Constraints) และสมการเป้าหมาย (Objective Function)

รูปที่ 4.7 แสดงโครงข่ายการขนส่งมันสำปะหลังในเขตจังหวัดกำแพงเพชร

4.2.1 แบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อหาต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งมันสำปะหลังที่ต่ำที่สุด

แบบจำลองคณิตศาสตร์นี้เป็นการหาค่าต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งมันสำปะหลัง โดยเริ่มตั้งแต่เกษตรกรไปยังลานมันและลานมันไปโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง โดยคำนึงถึงต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งให้ต่ำที่สุดเท่านั้น และสำหรับข้อมูลที่ต้องนำมาใช้ในการคำนวณหาคำตอบ รวมไปถึงปริมาณผลผลิตของเกษตรกรและกำลังการผลิตของโรงงาน ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก และภาคผนวก ข

สมมติฐาน

1) กำหนดให้เกษตรกรทุกรายในเขตจังหวัดกำแพงเพชร จะขายผลผลิตหัวมันสำปะหลังที่ได้ให้ลานมันไม่เกินความสามารถในการจัดเก็บหัวมันสำปะหลังของลานมัน โดยปริมาณผลผลิตมันสำปะหลังที่มีปริมาณเกินต่อความต้องการของลานมัน เกษตรกรจะขายผลผลิตหัวมันสำปะหลังให้กับลานมันเส้นหรือโรงงานมันเส้น และโรงงานมันอัดเม็ด

2) ยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งจะมีความเร็วคงที่ และอัตราการบริโภคน้ำมันเชื้อเพลิงคงที่

3) กำหนดให้ยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งคือรถบรรทุก 10 ล้อ (10 Wheel) 3 เพลา มีการบรรทุกเต็มพิกัดความจุ 20 ตัน อัตราการบริโภคน้ำมัน 4.5 กิโลเมตร/ลิตร(www.truckfanclub.com, 2552)

4) เนื่องจากเส้นทางการขนส่งนั้นอ้างอิงมาจากแผนที่อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งสามารถลงรายละเอียดเส้นทางได้เพียงตำบลเท่านั้น ทำให้สถานที่บางแห่งซึ่งอยู่ในตำบลเดียวกันไม่สามารถวัดระยะทางได้จริง ทั้งนี้จึงมีการกำหนดให้สถานที่ซึ่งอยู่ในตำบลเดียวกันมีระยะทางห่างกัน 1 กิโลเมตร

5) อ้างอิงราคาน้ำมันดีเซล (DELTA-X) ของบริษัท ปตท. ณ วันที่ 14 เมษายน พ.ศ. 2553 เท่ากับ 29.89 บาท/ลิตร

ดัชนี (Indices)

i = ดัชนีของเกษตรกร (Suppliers) ($i = 1, 2, 3, \ldots\ldots, S$)

j = ดัชนีของลานมัน (Venders) ($j = 1, 2, 3, \ldots\ldots, V$)

k = ดัชนีของโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง (Manufacturers) ($k = 1, 2, 3, \ldots\ldots, M$)

S = ดัชนีของจำนวนเกษตรกร

V = ดัชนีของจำนวนลานมัน

M = ดัชนีของจำนวนโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง

ข้อมูลค่าคงที่ (Parameters)

Z = ค่าใช้จ่ายรวมในการขนส่ง (บาท)

D_{ij} = ระยะทางในการขนส่งผลผลิตหัวมันสำปะหลังจากเกษตรกร i ไปยังลานมัน j (กิโลเมตร)

D_{jk} = ระยะทางในการขนส่งผลผลิตหัวมันสำปะหลังจากลานมัน j ไปยังโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง k (กิโลเมตร)

C = อัตราการบริโภคน้ำมันเชื้อเพลิงของยานพาหนะเมื่อมีการบรรทุกเต็มพิกัดความจุ (กิโลเมตร/ลิตร)

C_f = ราคาน้ำมันดีเซล (บาท/ลิตร)

CP_i = ผลผลิตหัวมันสำปะหลังของเกษตรกร i (กิโลกรัม)

CP_i = ผลผลิตหัวมันสำปะหลังของเกษตรกร i (กิโลกรัม)

CP_j = ความสามารถในการจัดเก็บผลผลิตหัวมันสำปะหลังของลานมัน j (กิโลกรัม)

CP_k = กำลังการผลิตแป้งมันสำปะหลังของโรงงาน k (กิโลกรัม)

L = พิกัดบรรทุกของยานพาหนะ (ตัน)

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variable)

X_{ij} = ปริมาณการขนส่งผลผลิตหัวมันสำปะหลังจากเกษตรกร i ไปยังลานมัน j (กิโลกรัม/ครั้ง)

X_{jk} = ปริมาณการขนส่งผลผลิตหัวมันสำปะหลังจากลานมัน j ไปยังโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง k (กิโลกรัม/ครั้ง)

สมการเป้าหมาย (Objective function)

$$MinZ = \sum_{i=1}^{S}\sum_{j=1}^{V}\frac{C_f}{C}D_{ij}\frac{X_{ij}}{L} + \sum_{j=1}^{V}\sum_{k=1}^{M}\frac{C_f}{C}D_{jk}\frac{X_{jk}}{L} \qquad (4.1)$$

สมการหาต้นทุนค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำที่สุด (Minimize) ในการขนส่งผลผลิตหัวมันสำปะหลังจากเกษตรกร i ไปยังลานมัน j และจากลานมัน j ไปยังโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง k โดยการนำค่าใช้จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง(ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงหารกับอัตราการบริโภคน้ำมันเชื้อเพลิง เมื่อมีการบรรทุก) คูณกับระยะทางในการขนส่งผลผลิต และคูณด้วยจำนวนรอบในการขนส่ง(ปริมาณการขนส่งผลผลิตหารกับพิกัดบรรทุกของยานพาหนะ)

สมการขอบข่าย (Subject to)

1) ปริมาณการขนส่งผลผลิตหัวมันสำปะหลังจากเกษตรกร i ไปยังลานมัน j จะต้องไม่เกินปริมาณผลผลิตหัวมันสำปะหลังของเกษตรกร i

$$\sum_{j=1}^{V} X_{ij} \le CP_i \quad , \qquad \text{for all } i. \qquad (4.2)$$

2) ปริมาณหัวมันสำปะหลัง ที่ขนส่งจากเกษตรกร i ไปยังลานมัน j ต้องไม่เกินความสามารถในการจัดเก็บหัวมันสำปะหลังของลานมัน j

$$\sum_{i=1}^{S} X_{ij} \le CP_j \quad , \qquad \text{for all } j. \qquad (4.3)$$

3) ปริมาณหัวมันสำปะหลังที่ขนส่งจากลานมัน j ไปยังโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง k ต้องเท่ากับกำลังการผลิตของโรงงาน k

$$\sum_{j=1}^{V} X_{jk} = CP_k \ , \qquad \text{for all } k. \tag{4.4}$$

4) ปริมาณหัวมันสำปะหลังทั้งหมดที่ขนส่งจากเกษตรกร i ไปยังลานมัน j และขนส่งจากลานมัน j ไปยังโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง k นั้นจะต้องมีปริมาณเท่ากัน หมายความว่าปริมาณผลผลิตมันสำปะหลังที่ขนส่งเข้ามายังลานมันจะต้องมีปริมาณเท่ากับผลผลิตที่จะขนส่งออกจากลานมัน

$$\sum_{i=1}^{S} X_{ij} = \sum_{k=1}^{M} X_{jk} \ , \qquad \text{for all } j. \tag{4.5}$$

5) สมการบังคับตัวแปรตัดสินใจ

$$X_{ij}, X_{jk} \geq 0 \ , \qquad \text{for all } i, j, k. \tag{4.6}$$

จากสมการที่ 4.1 สมการเป้าหมายข้างต้นสามารถลดรูปได้ดังนี้

$$MinZ = \frac{C_f}{C \times L}\left[\left(\sum_{i=1}^{S}\sum_{j=1}^{V} D_{ij} X_{ij}\right) + \left(\sum_{j=1}^{V}\sum_{k=1}^{M} D_{jk} X_{jk}\right)\right] \tag{4.7}$$

4.2.1.1 การเขียนโปรแกรม

การเขียนโปรแกรมจะช่วยในการคำนวณหาค่าคำตอบที่ใช้ในการขนส่งต่ำที่สุด โดยจะแยกเป็นค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าจ้างพนักงาน ในที่นี้จะใช้โปรแกรมในการคำนวณหาค่า คือ Risk Solver Platform V.9.6 for Microsoft Excel ในการคำนวณ เพื่อหาค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุด ในการขนส่งที่ต่ำที่สุด จะอาศัยการทำงานร่วมกันกับ Microsoft Excel 2003/2007 ก็ได้

ในโปรแกรม Microsoft Excel 2003/2007 ที่จะใช้ในการแสดงการคำนวณหาคำตอบด้วยโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 for Microsoft Excel นั้น จะต้องมีข้อมูลที่จำเป็นและข้อจำกัดต่างๆ เซลล์สมการเป้าหมายหรือเซลล์ที่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้ เพื่อใช้ในการหาคำตอบที่ดีที่สุดของปัญหาการขนส่ง ดังรูปที่ 4.8

	A	B	C	D
1	1.ราคาน้ำมันเชื้อเพลิง(ดีเซล DELTA-X) ของบริษัท ปตท.			
2	*ณ วันที่ 10 เมษายน 2553 (Cf)*	=	[redacted]	บาท/ลิตร
3	2.กำหนดพิกัดบรรทุกของรถบรรทุก 10 ล้อ (3เพลา)			
4	เท่ากับ L	=	[redacted]	ตัน
5	3.กำหนดอัตราการบริโภคน้ำมันเชื้อเพลิง ของรถบรรทุก 10 ล้อ *เมื่อบรรทุกเต็มพิกัดบรรทุก*			
6	เท่ากับ C	=	[redacted]	กม./ลิตร
7	4.กำหนดอัตราการบริโภคน้ำมันเชื้อเพลิง ของรถบรรทุก 10 ล้อ *เมื่อไม่มีการบรรทุก*			
8	เท่ากับ Co	=	[redacted]	กม./ลิตร
9	5.ดังนั้น เมื่อรถบรรทุก 10 ล้อ บรรทุกเต็มพิกัดบรรทุก			
10	จะเสียค่าน้ำมันเชื้อเพลิงกิโลเมตรละ Cf /C	=	6.6422222	บาท
11	6.ดังนั้น รถบรรทุก 10 ล้อ เมื่อไม่มีการบรรทุก			
12	จะเสียค่าน้ำมันเชื้อเพลิงกิโลเมตรละ Cf /Co	=	4.5984615	บาท
13	7.กำหนดอัตราค่าจ้างของพนักงานขับรถรอบละ			
14	เท่ากับ Cw	=	180	บาท
15				

รูปที่ 4.8 แสดงค่าที่ใช้ในการหาคำตอบของปัญหาการขนส่งมันสำปะหลัง

สำหรับการสร้าง Interface ในโปรแกรม Microsoft Excel 2003/2007

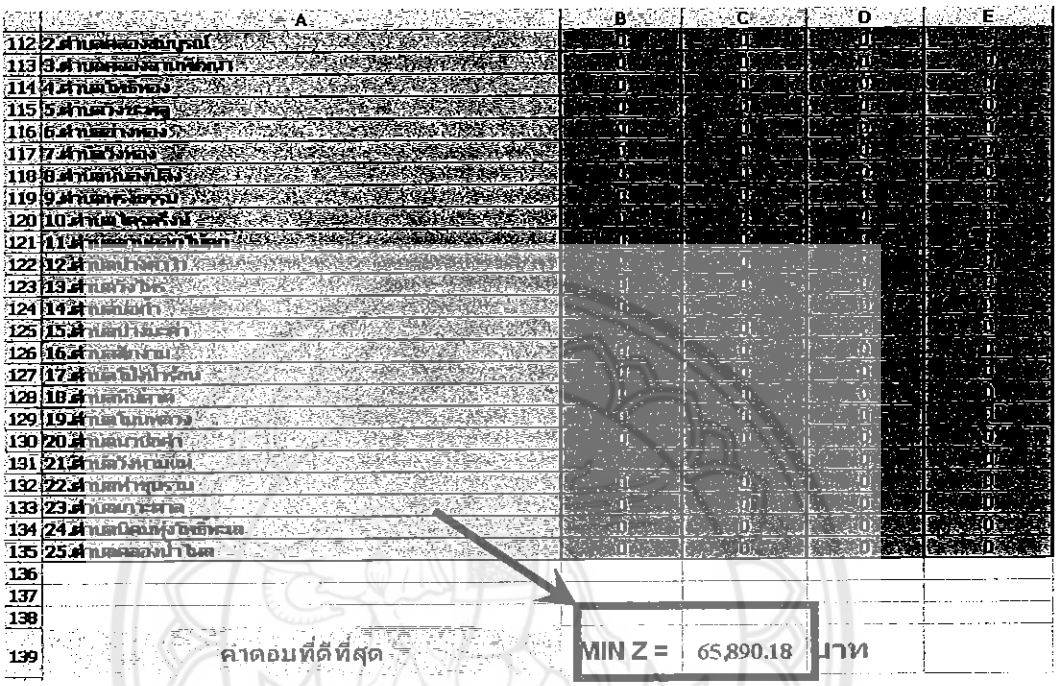
	A	B	C	D	E	F	G	H
1	ค่าขนส่งมันสำปะหลังจากแหล่งผลิต i ไปยังลานมัน j							
2	ค่าเชื้อเพลิง (ราคาต่อ i ไปยังลานมัน j) (บาท) (Cf /C)Dij	สระแก้ว	กรองสมบูรณ์	สามัคคีคณา	ไทรทอง	ไร่ระพฤ	ลำทอง	ไทยอง
3	1.ลานมันเมืองตำแยเหนือ	[redacted]	210.24	306.71	401.29	430.17	120.22	190.01
4	2.ลานมันหนองกุ่มใหญ่	72.40	373.96	520.09	325.47	239.78	442.37	606.43
5	3.ลานมันหนองตุ่ม	205.24	150.11	383.92	109.30	221.19	219.19	382.59
6	4.ลานมันหนองกระพ้อม	644.30	365.32	514.11	627.69	659.57	283.62	360.01
7	5.ลานมันหนองตาม	549.99	380.60	73.73	282.29	463.63	263.70	94.32
8	6.ลานมันไทรงาม	523.41	468.94	658.91	730.64	757.21	383.92	504.81
9	7.ลานมันหนองกระโดด	560.60	506.14	667.43	763.86	797.07	421.12	542.01
10	8.ลานมันหนองวัดกบา	327.46	292.92	551.97	357.35	389.23	354.03	517.43
11	9.ลานมันป่างิ้วทอง	331.45	239.78	498.83	304.21	336.10	300.89	464.96
12	10.ลานมันบึงสามัคคี	203.25	416.47	650.94	455.66	370.64	385.55	648.95
13	11.ลานมันโป่งหินแร่	625.70	350.71	495.51	609.09	641.64	265.69	341.41
14	[redacted]							
15								
16								
17	ปริมาณมันสำปะหลังจากแหล่งผลิต i ไปยังลานมัน j (ตัน) (Xij)	สระแก้ว	กรองสมบูรณ์	สามัคคีคณา	ไทรทอง	ไร่ระพฤ	ลำทอง	ไทยอง
18	1.ลานมันเมืองตำแยเหนือ	0.00	112.61	0.00	0.00	0.00	390.50	86.09
19	2.ลานมันหนองกุ่มใหญ่	39.90	0.00	0.00	0.00	42.96	0.00	0.00
20	3.ลานมันหนองตุ่ม	0.00	349.17	0.00	164.77	0.00	0.00	0.00
21	4.ลานมันหนองกระพ้อม	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22	5.ลานมันหนองตาม	0.00	0.00	196.82	0.00	0.00	0.00	0.00
23	6.ลานมันไทรงาม	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	7.ลานมันหนองกระโดด	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25	8.ลานมันหนองวัดกบา	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
26	9.ลานมันป่างิ้วทอง	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27	10.ลานมันบึงสามัคคี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28	11.ลานมันโป่งหินแร่	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
29	[redacted]							

รูปที่ 4.9 แสดงตัวอย่าง Interface ที่ใช้ในการคำนวณ

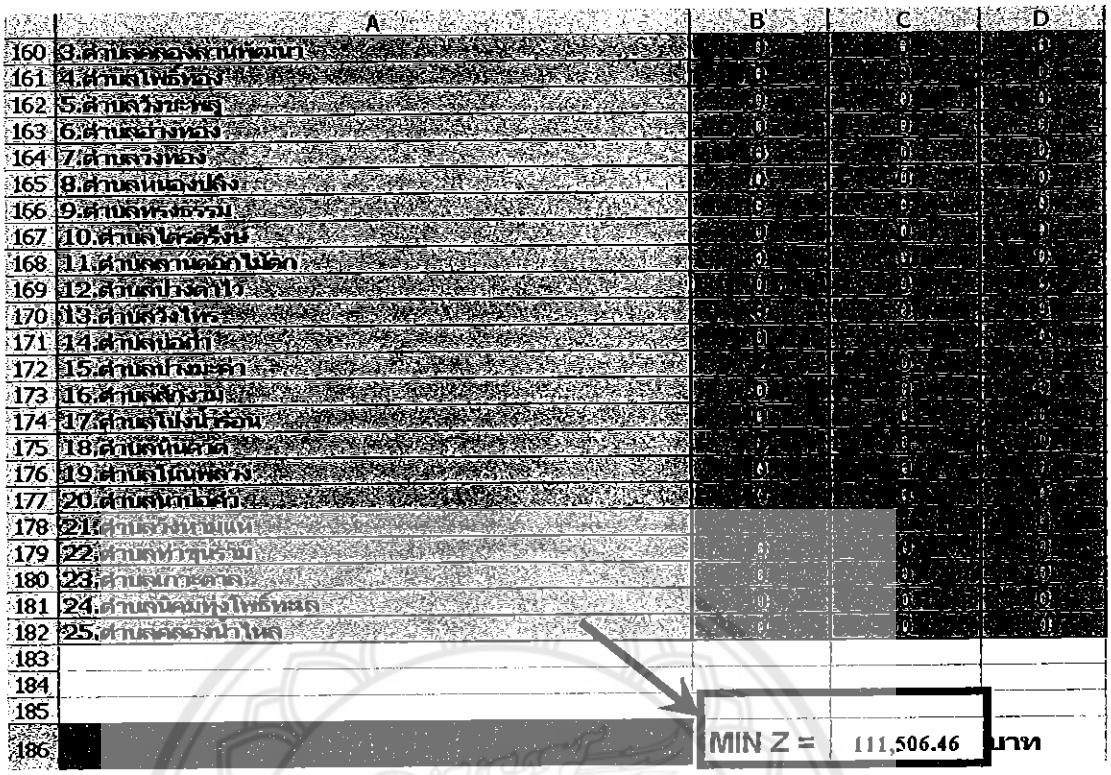
จากรูปที่ 4.9 จะเห็นว่าเซลล์ที่แสดงค่าคำตอบที่โปรแกรมรันออกมานั้นจะมีลักษณะตัวหนังสือสีแดงขึ้น ซึ่งเป็นลักษณะพิเศษของโปรแกรม Microsoft Excel 2003/2007 ที่สามารถ

ปรับเปลี่ยนได้และค่าที่ออกมาเป็นค่าคำตอบที่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้ โดยทั้งนี้ขึ้นอยู่กับข้อมูลที่จำเป็นและข้อจำกัดต่างๆ ที่เกิดขึ้นด้วย

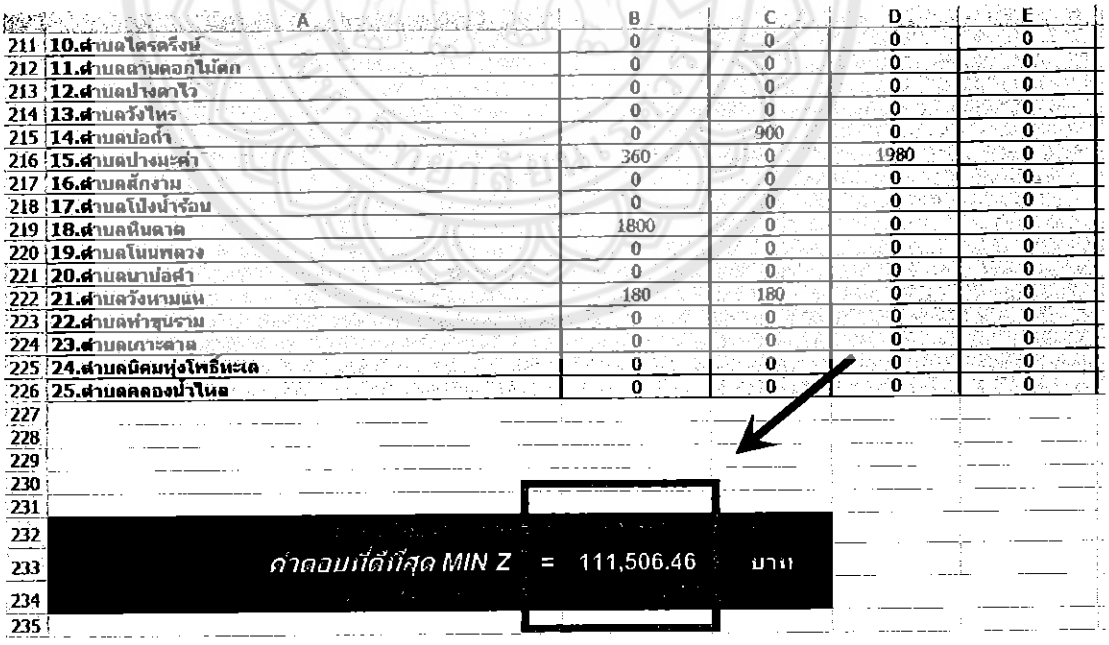
การหาค่าคำตอบที่ดีที่สุดหรือการหาค่า Min Z ของเซลล์เป้าหมาย



รูปที่ 4.10 แสดงตัวอย่าง Interface ของเซลล์สมการเป้าหมาย
(เมื่อมีการคิดเฉพาะค่าน้ำมันเชื้อเพลิงเที่ยวไปอย่างเดียว)



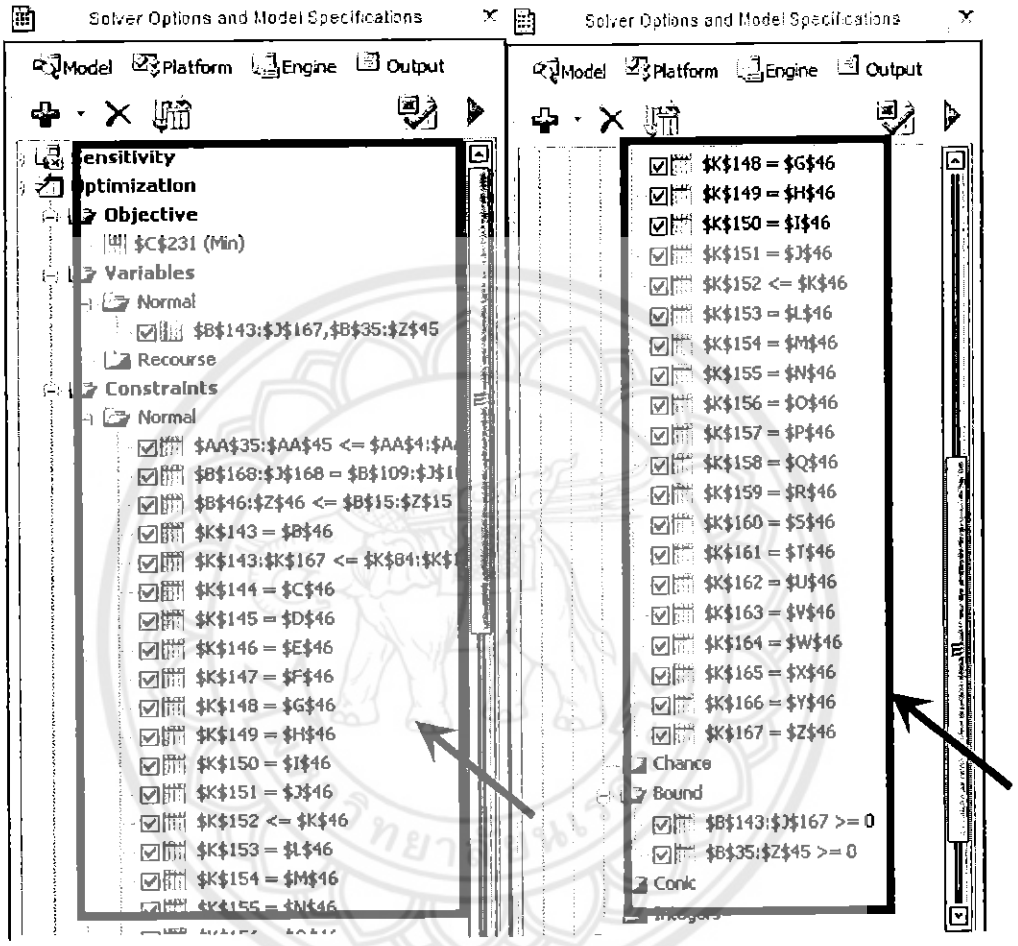
รูปที่ 4.11 แสดงตัวอย่าง Interface ของเซลล์สมการเป้าหมาย (เมื่อมีการคิดทั้งเที่ยวไปและกลับ)



รูปที่ 4.12 แสดงตัวอย่าง Interface ของเซลล์สมการเป้าหมาย
(เมื่อมีการคิดรวมค่าจ้างพนักงานเพิ่มเข้ามา)

จากรูปที่ 4.12 จะแสดงค่าคำตอบของเซลล์สมการเป้าหมายหรือค่า Min Z ที่เกิดขึ้น ซึ่งเป็นค่าคำตอบที่ดีที่สุดที่โปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 for Microsoft Excel ได้รันออกมา

การเขียนข้อจำกัดในโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 for Microsoft Excel



รูปที่ 4.13 แสดงตัวอย่างการเขียนข้อจำกัดต่างๆ ในการใช้หาคำตอบของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

จากรูปที่ 4.13 จะแสดงวิธีการเขียนข้อจำกัดต่างๆ ในการใช้หาคำตอบของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 for Microsoft Excel ในการกำหนด Constraints เพื่อใช้ในการรันหาค่าคำตอบที่ดีที่สุด

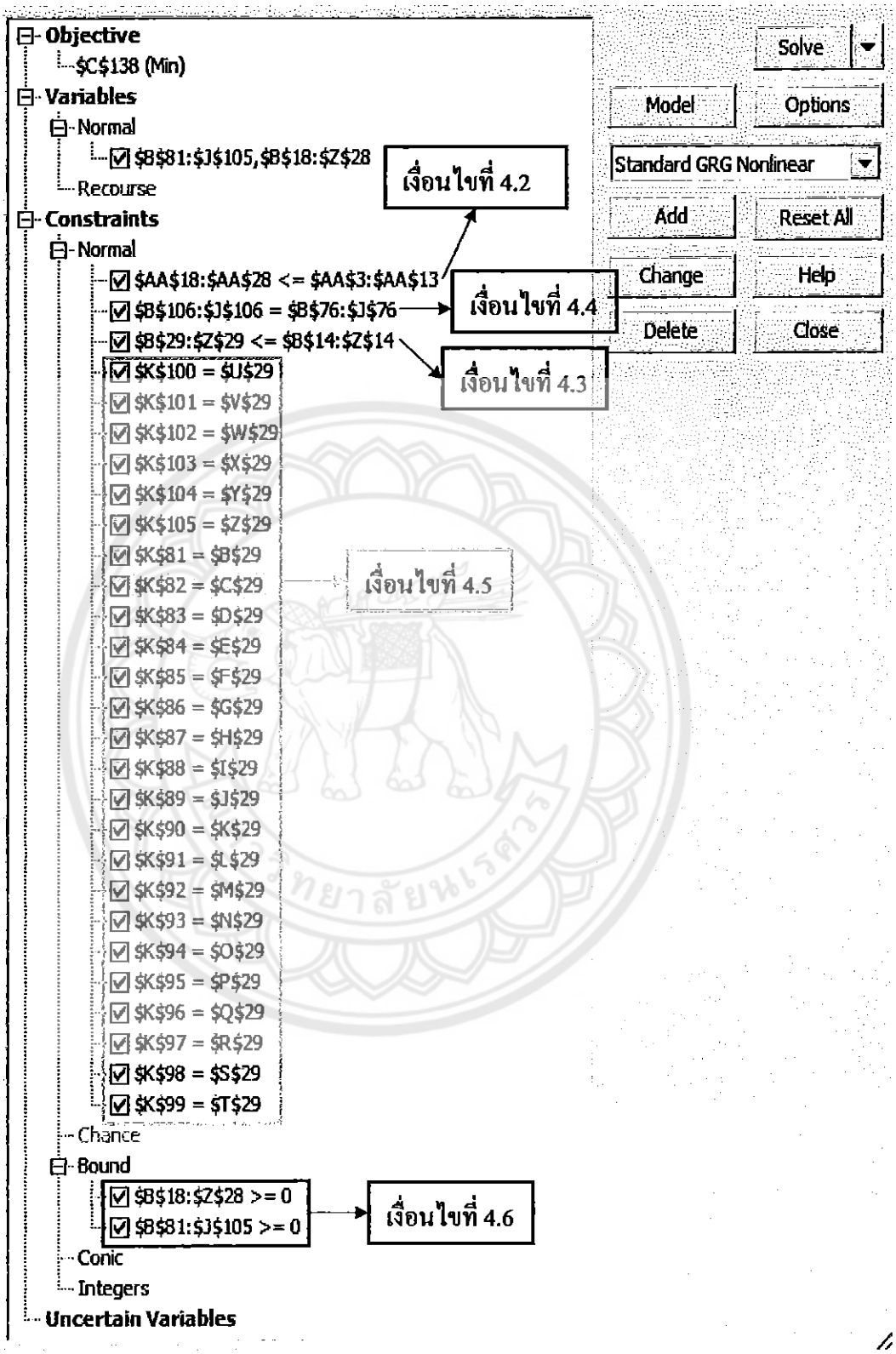
4.2.1.2 ความสัมพันธ์ของสมการกับโปรแกรม

ความสัมพันธ์ของสมการที่สร้างขึ้นมากับโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 for Microsoft Excel นั้นไม่สามารถที่จะแสดงด้วยภาพประกอบได้ทั้งหมด เนื่องมาจาก Interface ที่

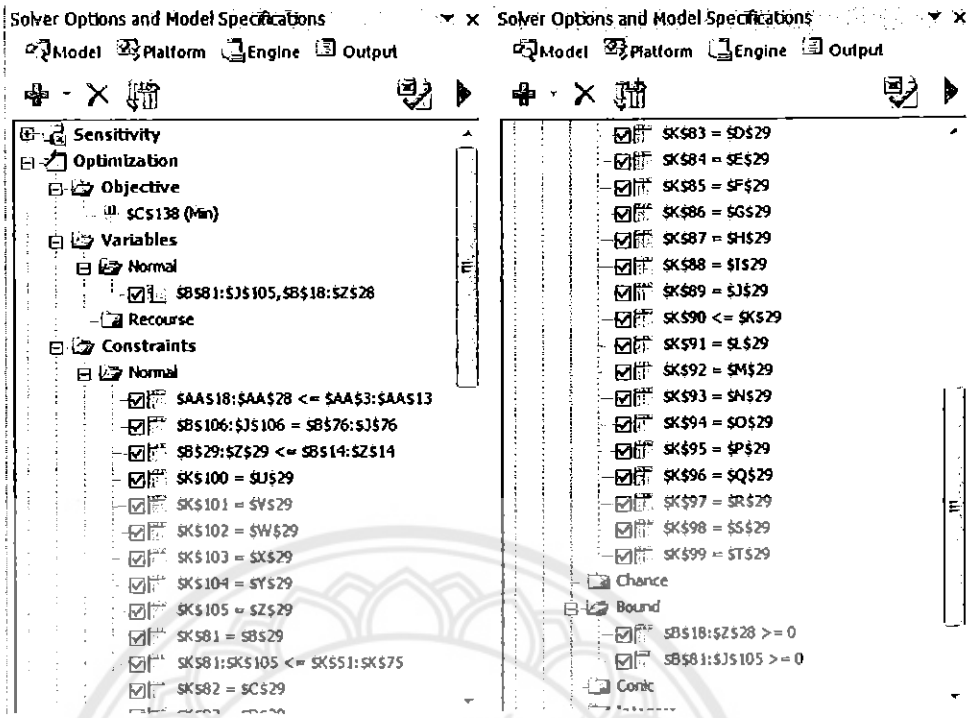
Interface ที่ใช้คำนวณนั้นมีขนาดที่กว้างเกินกว่าจะทำเป็นภาพได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงสรุปออกมาให้เห็นดังตารางด้านล่าง เพื่อนำไปเทียบกับตัวโปรแกรมใน CD-Rom ได้

ตารางที่ 4.1 คำอธิบายค่าต่างๆ ในโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 for Microsoft Excel ในส่วนของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.1

Field in Solver Parameters	**ค่าที่ป้อนเข้าไป**	**สมการ**	**คำอธิบาย**
Set Target Cell (Objective)	$C$138	4.1	เป็นการหาค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งที่เกิดขึ้น
Equal To	Min		จุดประสงค์คือ ต้องการหาค่าที่ต่ำที่สุด
By Changing Cell (Variables)	$B$81:$J$105,$B$18:$Z$28		ต้องการทราบว่าปริมาณการขนส่งมันสำปะหลังที่เหมาะสมควรมีปริมาณเท่าไร และขนส่งไปจุดใดบ้าง
Constraints (Subject to)	$AA$18:$AA$28 <= $AA$3:$AA$13	4.2	ปริมาณการขนส่งผลผลิตหัวมันสำปะหลังจากเกษตรกรไปยังลานมันต้องไม่เกินปริมาณผลผลิตหัวมันสำปะหลังของเกษตรกร
Constraints (Subject to)	$B$29:$Z$29 <= $B$14:$Z$14	4.3	ปริมาณหัวมันสำปะหลังที่ขนส่งจากเกษตรกรไปยังลานมัน ต้องไม่เกินความสามารถในการจัดเก็บหัวมันสำปะหลังของลานมัน
Constraints (Subject to)	$B$106:$J$106 = $B$76:$J$76	4.4	ปริมาณหัวมันสำปะหลังที่ขนส่งจากลานมัน ไปยังโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังต้องเท่ากับกำลังการผลิตของโรงงาน
Constraints (Subject to)	$K$90 =$K$29	4.5	ปริมาณหัวมันสำปะหลังทั้งหมดที่ขนส่งจากเกษตรกรไปยังลานมัน และขนส่งจากลานมัน ไปยังโรงงานผลิตแป้งมันและไปสู่ผู้บริโภค
Constraints (Subject to)	$B$18:$Z$28 >=0 $B$81:$J$105 >=0	4.6	เป็นสมการบังคับตัวแปรตัดสินใจไม่ให้เป็นค่าที่ติดลบ



รูปที่ 4.14 แสดงการเขียนข้อจำกัดต่างๆ ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.1 ลงในโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6



รูปที่ 4.15 แสดงตัวอย่างการเขียนข้อจำกัดต่างๆ ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.1 ลงในโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6

4.2.1.3 ผลการคำนวณตัวแบบคณิตศาสตร์

โดยการสร้างสมการคณิตศาสตร์และทำการแก้ฟังก์ชันคณิตศาสตร์ตามสมการข้างต้นนั้น ซึ่งผลของการแก้ฟังก์ชันคณิตศาสตร์คือต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งที่ต่ำที่สุดในการขนส่งมันสำปะหลังมีมูลค่าเป็น 65,890.18 บาท สำหรับปริมาณการไหลที่เหมาะสมของหัวมันสำปะหลัง และรอบในการเดินทางขนส่งมันสำปะหลังของยานพาหนะสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.2 ถึงตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.2 แสดงปริมาณการไหลของมันสำปะหลังจากเกษตรกร *i* ไปยังลานมัน *j* ภายใน 1 วัน

ลานมัน / เกษตรกร	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
1	-	112.61	-	-	-	390.30	86.03	2.84	-	380.01	61.10	-	-	-	-	121.92	22.60	-	-	8.22	-	84.93	-	2.70	-
2	38.90	-	-	-	42.88	-	-	-	-	-	-	-	-	89.86	294.52	-	-	-	-	-	12.33	-	21.92	-	-
3	-	349.17	-	164.77	-	-	-	-	-	-	-	-	23.29	-	-	-	-	268.05	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	196.82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34.21	-	-	-	-	1.41	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.58	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32.88
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	189.95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ หน่วย : ตัน

ตารางที่ 4.3 แสดงปริมาณการไหลมันสำปะหลังจากลานมัน *j* ไปยังโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง *k ภายใน 1 วัน*

ลานมัน \ โรงงาน	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-	38.90	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	246.58	-	215.20	-	-	-
3	-	-	-	-	130.48	-	66.34	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	164.77
5	-	-	-	-	-	-	-	-	42.88
6	-	-	-	-	390.30	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	86.03	-	-
8	-	-	-	-	2.84	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	189.95	-
10	-	-	-	-	17.48	362.53	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	31.87	29.23	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	23.29	-	-	-
14	-	89.86	-	-	-	-	-	-	-
15	30.94	-	219.18	-	-	-	-	-	44.40
16	-	-	-	-	-	-	121.92	-	-
17	-	-	-	-	-	-	22.60	-	-
18	184.14	-	-	-	-	83.91	-	-	-
19	-	-	-	-	54.69	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	8.22	-	-
21	4.10	8.23	-	-	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	84.93	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	21.92
24	-	-	-	-	4.11	-	-	-	-
25	-	-	-	-	-	-	32.88	-	-

หมายเหตุ หน่วย : ตัน

ตารางที่ 4.4 แสดงรอบในการเดินทางขนส่งมันสำปะหลังของยานพาหนะจากเกษตรกร i ไปยังลานมัน j ภายใน 1 วัน

ลานมัน / เกษตรกร	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
1	-	6	-	-	-	20	5	1	-	20	4	-	-	-	-	7	2	-	-	1	-	5	-	1	-
2	2	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	5	15	-	-	-	-	-	1	-	2	-	-
3	-	18	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	14	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	1	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 4.5 แสดงรอบในการเดินทางขนส่งมันสำปะหลังของยานพาหนะจากลานมัน j ไปยังโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง k ภายใน 1 วัน

โรงงาน / ลานมัน	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-	2	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	13	-	11	-	-	-
3	-	-	-	-	7	-	4	-	-
4	-	-	-	-	-	1	-	-	9
5	-	-	-	-	-	-	-	-	3
6	-	-	-	-	20	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	5	-	-
8	-	-	-	-	1	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	10	-
10	-	-	-	-	1	19	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	2	2	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	2	-	-	-
14	-	5	-	-	-	-	-	-	-
15	2	-	11	-	-	-	-	-	3
16	-	-	-	-	-	-	7	-	-
17	-	-	-	-	-	-	2	-	-
18	10	-	-	-	-	5	-	-	-
19	-	-	-	-	3	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	1	-	-
21	1	1	-	-	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	5	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	2
24	-	-	-	-	1	-	-	-	-
25	-	-	-	-	-	-	2	-	-

4.2.2 แบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อหาต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งมันสำปะหลังที่ต่ำที่สุด คิดการขนส่งทั้งเที่ยวไปและกลับ

ส่วนนี้จะกล่าวถึงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการหาต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งมันสำปะหลังที่ต่ำที่สุด โดยคิดการขนส่งทั้งเที่ยวไปและกลับ ยานพาหนะที่เดินทางกลับจะไม่มีการบรรทุกสินค้ากลับมายังจุดเริ่มต้นเพื่อทำการขนส่งรอบต่อไป ดังนั้นจึงทำให้ยานพาหนะมีอัตราการบริโภคน้ำมันที่เปลี่ยนแปลง ในกรณีนี้มีสมมติฐาน พารามิเตอร์ และสมการเป้าหมายที่เพิ่มเติมจากแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.1 ดังนี้

สมมติฐาน

1) กำหนดให้เส้นทางจราจรเป็นแบบ 2 – way เมื่อยานพาหนะส่งสินค้าที่จุดปลายทางเสร็จสิ้นแล้วจะต้องกลับมาด้วยเส้นทางเดิมเสมอ

2) กำหนดให้อัตราการบริโภคน้ำมันของรถบรรทุก 10 ล้อ (10 Wheel) 3 เพลา เมื่อไม่มีน้ำหนักบรรทุกเท่ากับ 6.5 กิโลเมตร/ลิตร (www.truckfanclub.com, 2552)

3) การขนส่งกำหนดให้มีการแบ่งเป็นรอบในการขนส่ง หากปริมาณการขนส่งรอบสุดท้ายไม่เต็มพิกัดบรรทุกของยานพาหนะให้ถือว่ายานพาหนะมีอัตราการบริโภคน้ำมันเท่ากับการบรรทุกเต็มพิกัดความจุ

ข้อมูลค่าคงที่ (Parameters)

D_{ji} = ระยะทางในการเดินทางกลับจากลานมัน j ไปยังเกษตรกร i (กิโลเมตร)

D_{kj} = ระยะทางในการเดินทางกลับจากโรงงานผลิตแป้งมัน สำปะหลัง k ไปยังลานมัน j (กิโลเมตร)

C_o = อัตราการบริโภคน้ำมันเชื้อเพลิงของยานพาหนะเมื่อไม่มีการบรรทุก (กิโลเมตร/ลิตร)

L = พิกัดบรรทุกของยานพาหนะ (ตัน)

สมการเป้าหมาย (Objective function)

$$MinZ = \sum_{i=1}^{S}\sum_{j=1}^{V}\frac{C_f}{C}D_{ij}\frac{X_{ij}}{L}+\sum_{j=1}^{V}\sum_{k=1}^{M}\frac{C_f}{C}D_{jk}\frac{X_{jk}}{L}+\sum_{i=1}^{S}\sum_{j=1}^{V}\frac{C_f}{C_0}D_{ji}\frac{X_{ij}}{L}+\sum_{j=1}^{V}\sum_{k=1}^{M}\frac{C_f}{C_o}D_{kj}\frac{X_{jk}}{L} \quad (4.8)$$

สมการหาต้นทุนค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำที่สุด (Minimize) ในการขนส่งผลผลิตหัวมันสำปะหลังจากเกษตรกร i ไปยังลานมัน j และจากลานมัน j ไปยังโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง k โดยมีการ

ดิดต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการเดินทางกลับจากลานมัน j ไปยังเกษตรกร i และจากโรงงานผลิตแป้งมัน สำปะหลัง k ไปยังลานมัน j

จากสมการที่ 4.8 สมการเป้าหมายข้างต้นสามารถลดรูปได้ดังนี้

$$MinZ = \frac{C_f}{C_0 \times L}\left[\left(\sum_{i=1}^{S}\sum_{j=1}^{V} D_{ji}X_{ij}\right)+\left(\sum_{j=1}^{V}\sum_{k=1}^{M} D_{kj}X_{jk}\right)\right] \quad \textbf{(4.9)}$$

สำหรับดัชนี สมการเงื่อนไขและตัวแปรตัดสินใจ ยังใช้เหมือนกับแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.1

4.2.2.1 ความสัมพันธ์ของสมการกับโปรแกรม

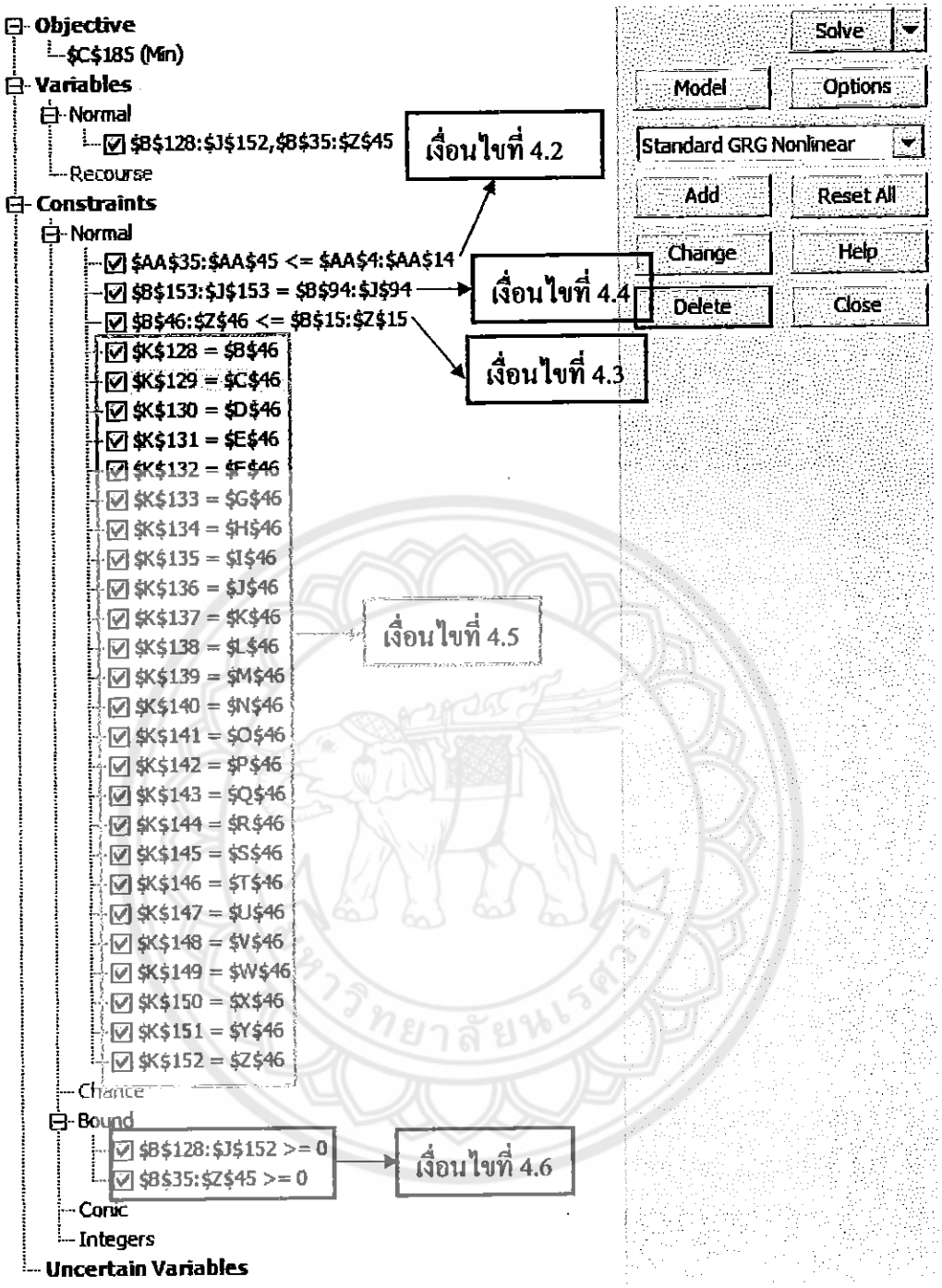
ความสัมพันธ์ของสมการกับโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 for Microsoft Excel ในส่วนนี้จะเหมือนกันกับแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.1 ทุกประการ(ตารางที่ 4.1) เนื่องจากมีสมการเงื่อนไขและสมการเป้าหมายที่เหมือนกัน

ตารางที่ 4.6 คำอธิบายค่าต่างๆ ในโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 for Microsoft Excel ในส่วนของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.2

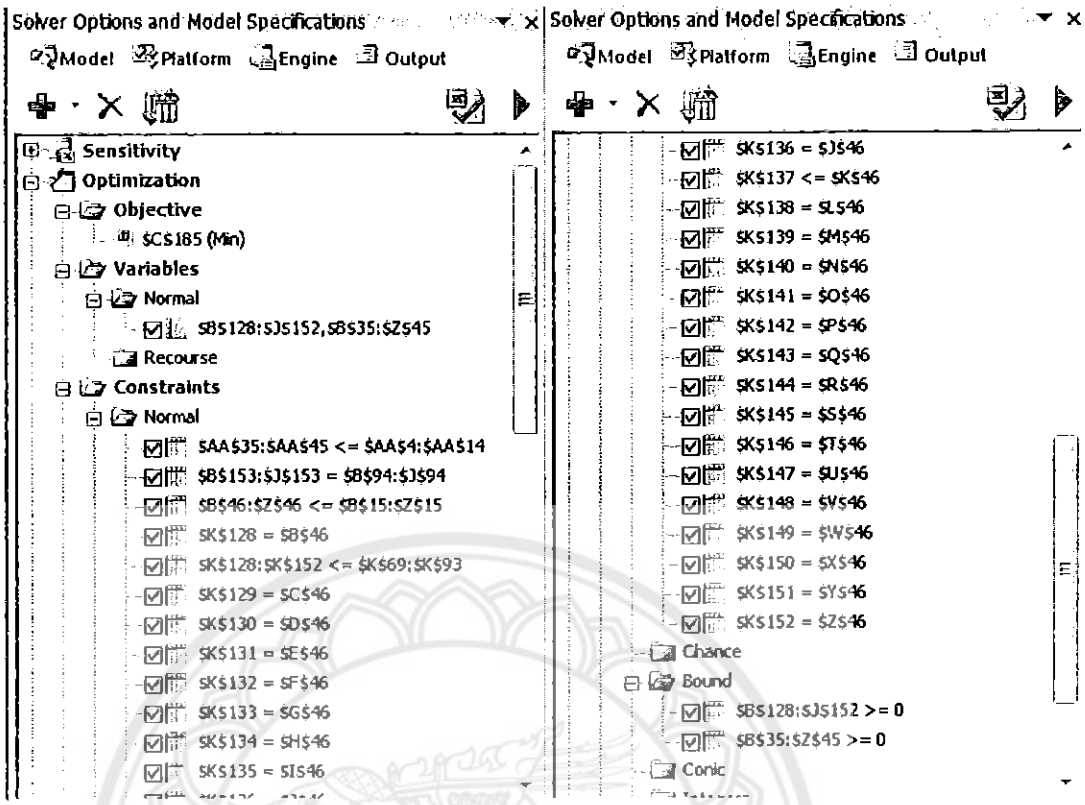
Field in Solver Parameters	ค่าที่ป้อนเข้าไป	สมการ	คำอธิบาย
Set Target Cell (Objective)	$C$185	4.1	เป็นการหาค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งที่เกิดขึ้น
Equal To	Min		จุดประสงค์คือ ต้องการหาค่าที่ต่ำที่สุด
By Changing Cell (Variables)	$B$128:$J$152,$B$35:$Z$45		ต้องการทราบว่าปริมาณการขนส่งมันสำปะหลังที่เหมาะสมควรมีปริมาณเท่าไรและขนส่งไปจุดใดบ้าง
Constraints (Subject to)	$AA$35:$AA$45 <= $AA$4:$AA$14	4.2	ปริมาณการขนส่งผลผลิตหัวมันสำปะหลังจากเกษตรกรไปยังลานมันต้องไม่เกินปริมาณผลผลิตหัวมันสำปะหลังของเกษตรกร
Constraints (Subject to)	$B$46:$Z$46 <= $B$15:$Z$15	4.3	ปริมาณหัวมันสำปะหลังที่ขนส่งจากเกษตรกรไปยังลานมัน ต้องไม่เกินความสามารถในการจัดเก็บหัวมัน

ตารางที่ 4.6 (ต่อ) คำอธิบายค่าต่างๆ ในโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 for Microsoft Excel ในส่วนของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.2

Field in Solver Parameters	ค่าที่ป้อนเข้าไป	สมการ	คำอธิบาย
Constraints (Subject to)	$B$153:$J$153 = $B$94:$J$94	4.4	ปริมาณหัวมันสำปะหลังที่ขนส่งจากลานมัน ไปยังโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง ต้องเท่ากับกำลังการผลิตของโรงงาน
Constraints (Subject to)	$K$137 =$K$46	4.5	ปริมาณหัวมันสำปะหลังทั้งหมดที่ขนส่งจากเกษตรกรไปยังลานมัน และขนส่งจากลานมัน ไปยังโรงงานผลิตแป้งมันและไปสู่ผู้บริโภค
Constraints (Subject to)	$B$128:$J$152 >=0 $B$35:$Z$45 >=0	4.6	เป็นสมการบังคับตัวแปรตัดสินใจไม่ให้เป็นค่าที่ติดลบ



รูปที่ 4.16 แสดงการเขียนข้อจำกัดต่างๆ ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.2 ลงในโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6



รูปที่ 4.17 แสดงตัวอย่างการเขียนข้อจำกัดต่างๆ ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.2 ลงในโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6

4.2.2.2 ผลการคำนวณตัวแบบคณิตศาสตร์

จากการสร้างตัวแบบคณิตศาสตร์ของห่วงโซ่อุปทาน เพื่อหาต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งที่ต่ำที่สุดโดยมีการคำนวณต้นทุนค่าเชื้อเพลิงของยานพาหนะทั้งเที่ยวไปและกลับโดยทำการสร้างสมการคณิตศาสตร์และทำการแก้ฟังก์ชันคณิตศาสตร์ตามสมการข้างต้น ซึ่งผลของการแก้ฟังก์ชันคณิตศาสตร์ มีมูลค่าเป็น 111,506.46 บาท สำหรับปริมาณการไหลที่เหมาะสมของมันสำปะหลังสามารถสรุปได้เหมือนดังตารางที่ 4.2 และตารางที่ 4.3 และรอบในการขนส่งมันสำปะหลังนั้นสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.4 และตารางที่ 4.5

4.2.3 แบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อหาต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งที่ต่ำที่สุดโดย การคิดต้นทุนค่าจ้างพนักงานขับรถ

แบบจำลองคณิตศาสตร์นี้มีการเพิ่มสถานการณ์ในการคิดค่าจ้างพนักงานขับรถ โดยการคิดค่าจ้างพนักงานขับรถนั้นจะคิดค่าจ้างรวมระยะทางการขนส่งไปยังปลายทางและกลับมายังจุดเริ่มต้น ในแบบจำลองนี้มีการคิดต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งเที่ยวไปและกลับด้วย ดังนั้นสถานการณ์นี้จึงมีสมมติฐาน พารามิเตอร์ และสมการเป้าหมายที่เพิ่มเติมจากแบบจำลองคณิตศาสตร์ก่อนหน้า ดังนี้

สมมติฐาน

1) กำหนดให้ยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งคือรถบรรทุก 10 ล้อ (10 Wheel) 3 เพลา มีการบรรทุกเต็มพิกัดความจุ 20 ตัน (กรมทางหลวง, 2548) และกำหนดอัตราค่าจ้างของพนักงานขับรถเท่ากับ 180 บาท/รอบ และอัตราค่าจ้างพนักงานขับรถนั้นเป็นอัตราเดียวกันหมด ซึ่งอัตราค่าจ้างนี้ได้รวมการเดินทางไปส่งสินค้าและเดินทางกลับมายังจุดต้นทางแล้ว

2) กำหนดให้ยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งมีอยู่แล้ว ไม่ได้ทำการเช่ามาจากที่อื่น

ข้อมูลค่าคงที่ (Parameters)

C_w = ค่าใช้จ่ายในการจ้างพนักงานขับรถ (บาท)

สมการเป้าหมาย (Objective function)

$$MinZ = \sum_{i=1}^{S}\sum_{j=1}^{V}\frac{Cf}{C}D_{ij}\frac{X_{ij}}{L}+\sum_{j=1}^{V}\sum_{k=1}^{M}\frac{Cf}{C}D_{jk}\frac{X_{jk}}{L}+\sum_{i=1}^{S}\sum_{j=1}^{V}\frac{Cf}{C_0}D_{ji}\frac{X_{ij}}{L}+$$
$$\sum_{j=1}^{V}\sum_{k=1}^{M}\frac{Cf}{C_0}D_{kj}\frac{X_{jk}}{L}+\sum_{i=1}^{S}\sum_{j=1}^{V}\frac{X_{ij}}{L}C_w+\sum_{j=1}^{V}\sum_{k=1}^{M}\frac{X_{jk}}{L}C_w \qquad (4.10)$$

สมการหาต้นทุนค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำที่สุด (Minimize) ในการขนส่งผลผลิตมันสำปะหลังจากเกษตรกร i ไปยังลานมัน j จากลานมัน j ไปยังโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง k โดยมีการคิดต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในเที่ยวกลับของยานพาหนะ และต้นทุนค่าจ้างพนักงานขับรถจากเกษตรกร i ไปยังลานมัน j จากลานมัน j ไปยังโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง k โดยค่าจ้างของพนักงานขับรถขึ้นอยู่กับจำนวนรอบของการขนส่ง และจำนวนรอบของการขนส่งนั้นหามาได้จากการนำปริมาณผลผลิตมันสำปะหลังที่ต้องขนส่งหารด้วยพิกัดบรรทุกของยานพาหนะ

จากสมการที่ 4.10 สมการเป้าหมายข้างต้นสามารถลดรูปได้ ดังนี้

$$MinZ = \frac{C_f}{C \times L}\left[\left(\sum_{i=1}^{S}\sum_{j=1}^{V} D_{ij}X_{ij}\right)+\left(\sum_{j=1}^{V}\sum_{k=1}^{M} D_{jk}X_{jk}\right)\right] + \frac{C_f}{C_0 \times L}\left[\left(\sum_{i=1}^{S}\sum_{j=1}^{V} D_{ji}X_{ij}\right)+\left(\sum_{j=1}^{V}\sum_{k=1}^{M} D_{kj}X_{jk}\right)\right] + \frac{C_w}{L}\left[\left(\sum_{i=1}^{S}\sum_{j=1}^{V} X_{ij}\right)+\left(\sum_{j=1}^{V}\sum_{k=1}^{M} X_{jk}\right)\right] \quad (4.11)$$

สำหรับดัชนี สมการเงื่อนไข และตัวแปรตัดสินใจ ยังใช้เหมือนกับแบบจำลองคณิตศาสตร์ ที่ 4.2.1 - 4.2.2

4.2.3.2 ความสัมพันธ์ของสมการกับโปรแกรม

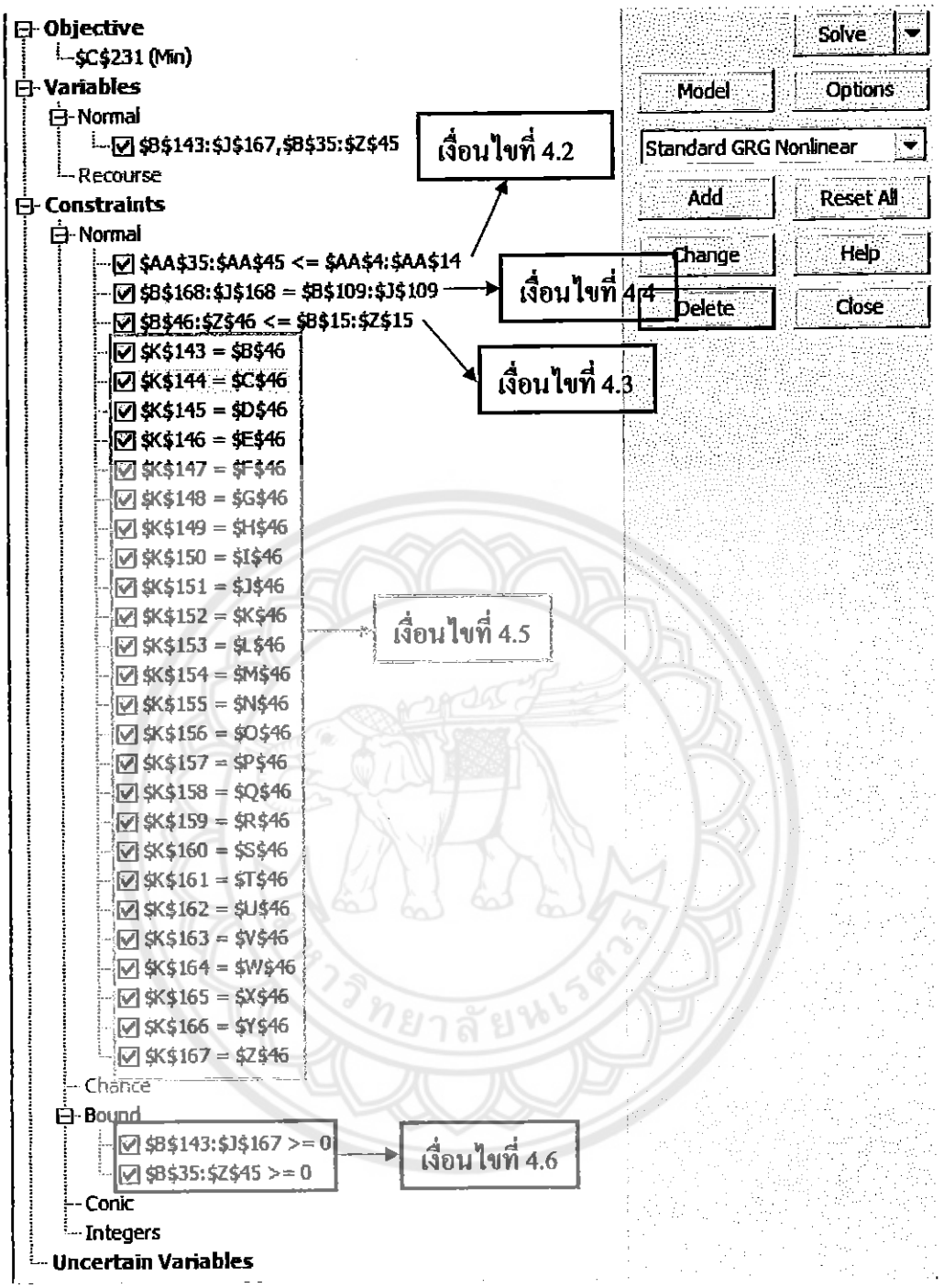
ความสัมพันธ์ของสมการที่สร้างขึ้นมากับโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 for Microsoft Excel มีความคล้ายคลึงกับแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ผ่านมา ต่างกันตรงที่สมการเป้าหมายมีการเพิ่มพจน์ของค่าจ้างพนักงานขับรถเข้าไป ดังนั้นความสัมพันธ์ของสมการและโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 for Microsoft Excel จะเหมือนเดิมทุกประการ

ตารางที่ 4.7 คำอธิบายค่าต่างๆ ในโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 for Microsoft Excel ในส่วนของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.3

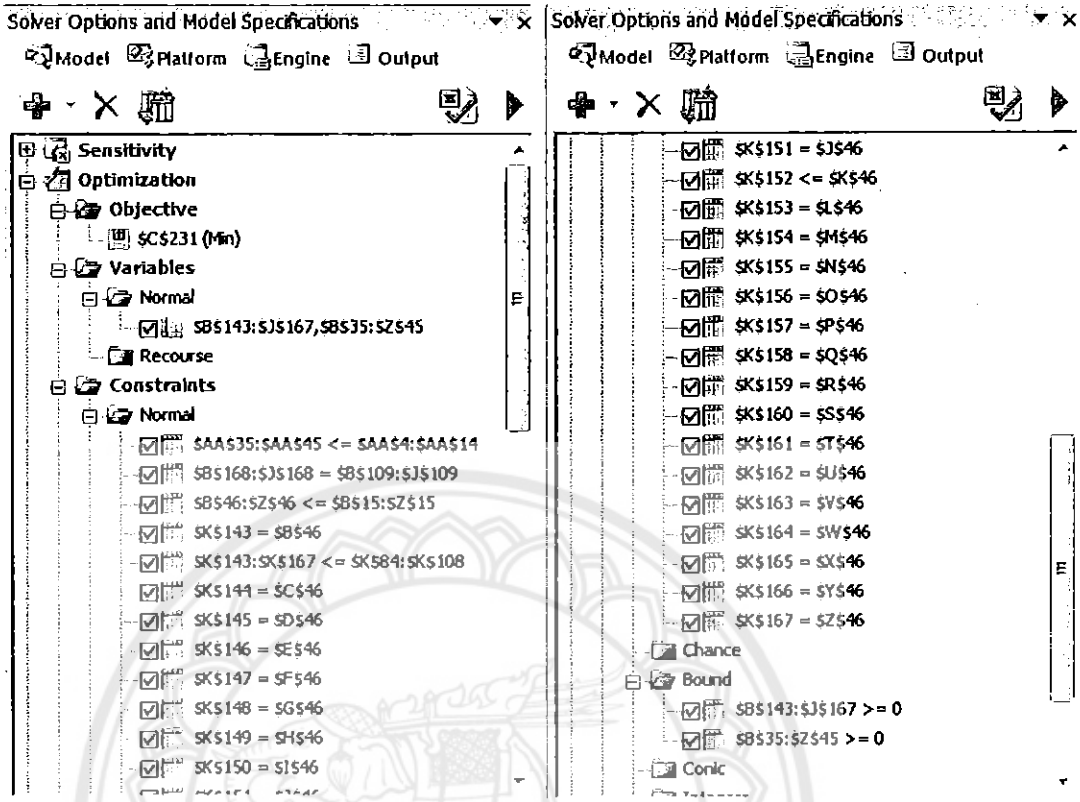
Field in Solver Parameters	ค่าที่ป้อนเข้าไป	สมการ	คำอธิบาย
Set Target Cell (Objective)	$C$231	4.1	เป็นการหาค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งที่เกิดขึ้น
Equal To	Min		จุดประสงค์คือ ต้องการหาค่าที่ต่ำที่สุด
By Changing Cell (Variables)	$B$143:$J$167,$B$35:$Z$45		ต้องการทราบว่าปริมาณการขนส่งมันสำปะหลังที่เหมาะสมควรมีปริมาณเท่าไรและขนส่งไปจุดใดบ้าง
Constraints (Subject to)	$AA$35:$AA$45 <= $AA$4:$AA$14	4.2	ปริมาณการขนส่งผลผลิตหัวมันสำปะหลังจากเกษตรกรไปยังลานมัน ต้องไม่เกินปริมาณผลผลิตหัวมันสำปะหลังของเกษตรกร

ตารางที่ 4.7 (ต่อ) คำอธิบายค่าต่างๆ ในโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 for Microsoft Excel ในส่วนของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.3

Field in Solver Parameters	ค่าที่ป้อนเข้าไป	สมการ	คำอธิบาย
Constraints (Subject to)	$B$46:$Z$46 <= $B$15:$Z$15	4.3	ปริมาณหัวมันสำปะหลังที่ขนส่งจากเกษตรกรไปยังลานมัน ต้องไม่เกินความสามารถในการจัดเก็บหัวมันสำปะหลังของลานมัน
Constraints (Subject to)	$B$168:$J$168 = $B$109:$J$109	4.4	ปริมาณหัวมันสำปะหลังที่ขนส่งจากลานมัน ไปยังโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังต้องเท่ากับกำลังการผลิตของโรงงาน
Constraints (Subject to)	$K$152 =$K$46	4.5	ปริมาณหัวมันสำปะหลังทั้งหมดที่ขนส่งจากเกษตรกรไปยังลานมัน และขนส่งจากลานมัน ไปยังโรงงานผลิตแป้งมันและไปสู่ผู้บริโภค
Constraints (Subject to)	$B$143:$J$167 >=0 $B$35:$Z$45 >=0	4.6	เป็นสมการบังคับตัวแปรตัดสินใจไม่ให้เป็นค่าที่ติดลบ



รูปที่ 4.18 แสดงการเขียนข้อจำกัดต่างๆ ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.3 ลงในโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6



รูปที่ 4.19 แสดงตัวอย่างการเขียนข้อจำกัดต่างๆ ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.3 ลงใน โปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6

4.2.3.1 ผลการคำนวณตัวแบบคณิตศาสตร์

จากการสร้างตัวแบบคณิตศาสตร์ของห่วงโซ่อุปทานมันสำปะหลังในเขตจังหวัดกำแพงเพชร เพื่อหาต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งที่ต่ำที่สุดโดยมีการคำนวณต้นทุนค่าเชื้อเพลิงของยานพาหนะทั้งเที่ยวไปและกลับและต้นทุนค่าจ้างพนักงานขับ เมื่อได้ค่าจ้างพนักงานขับรถทั้งหมดแล้วจึงนำมารวมกับค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำที่สุดของยานพาหนะโดยคิดทั้งเที่ยวไปและกลับ ซึ่งผลของการแก้ฟังก์ชันคณิตศาสตร์คือต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งที่ต่ำที่สุด มีมูลค่าเป็น 111,506.46 บาท และต้นทุนค่าจ้างของพนักงานขับรถ มีมูลค่าเป็น 61,560 บาท ซึ่งเมื่อรวมต้นทุนค่าเชื้อเพลิงและค่าจ้างพนักงานขับรถจะมีมูลค่าเป็น 173,066.46 บาท ดังนั้นค่าจ้างพนักงานขับ รถสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.8 และ 4.9 สำหรับปริมาณการไหลที่เหมาะสมของมันสำปะหลังสามารถสรุปได้เหมือนดังตารางที่ 4.2 และตารางที่ 4.3 และรอบในการขนส่งมันสำปะหลังนั้นสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.4 และตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าจ้างพนักงานขับรถขนส่งมันสำปะหลัง จากเกษตรกร i ไปยังลานมัน j ภายใน 1 วัน

ลานมัน / เกษตรกร	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
1	-	1,018	-	-	-	3,600	900	180	-	3,600	720	-	-	-	-	1,260	360	-	-	180	-	900	-	180	-
2	360	-	-	-	540	-	-	-	-	-	-	-	-	900	2,700	-	-	-	-	-	180	-	360	-	-
3	-	3,240	-	1,620	-	-	-	-	-	-	-	-	360	-	-	-	-	2,520	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	1,800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	360	-	-	-	-	180	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	360	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	360
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	1,800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ หน่วย : บาท

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าจ้างพนักงานขับรถขนส่งมันสำปะหลัง จากลานมัน j ไปยังโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง k ภายใน 1 วัน

ลานมัน \ โรงงาน	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-	360	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	2,340	-	1,980	-	-	-
3	-	-	-	-	1,260	-	720	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	1,620
5	-	-	-	-	-	-	-	-	540
6	-	-	-	-	3,600	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	900	-	-
8	-	-	-	-	180	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	1,800	-
10	-	-	-	-	180	3,420	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	360	360	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	360	-	-	-
14	-	900	-	-	-	-	-	-	-
15	360	-	1,980	-	-	-	-	-	540
16	-	-	-	-	-	-	1,260	-	-
17	-	-	-	-	-	-	360	-	-
18	1,800	-	-	-	-	900	-	-	-
19	-	-	-	-	540	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	180	-	-
21	180	180	-	-	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	900	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	360
24	-	-	-	-	180	-	-	-	-
25	-	-	-	-	-	-	360	-	-

หมายเหตุ หน่วย : บาท

4.2.4 Answer Report

เป็นรายงานที่แสดงรายละเอียดของคำตอบแบบจำลองคณิตศาสตร์ของแต่ละโมเดล ที่ใช้โปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 หาคำตอบที่ดีที่สุด

Microsoft Excel 12.0 Answer Report
Worksheet: [Solver กลุ่มมัน.xls]โมเดล1
Report Created: 30/4/2553 11:24:18
Result: Solver found a solution. All constraints and optimality conditions are satisfied.
Engine: Large-Scale LP Solver
Solution Time: 06 Seconds
Iterations: 0
Subproblems: 0
Incumbent Solutions: 0

Objective Cell (Min)

Cell	Name	Original Value	Final Value
$C$138	ค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำที่สุด	0	1181647.235

รูปที่ 4.20 แสดงตัวอย่าง Answer Report ของแบบจำลองคณิตศาสตร์

จากรูปที่ 4.17 Objective Cell คือ รายละเอียดของเซลล์เป้าหมาย ว่าต้องการให้มีค่าเป็นอย่างไร ในที่นี้ต้องการค่า Min คือ ค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำที่สุด Cell $C$138 ถูกกำหนดให้เป็นเซลล์เป้าหมาย และ เซลล์นี้มีชื่อว่า ค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำสุด Original Value รายงานค่าก่อนที่จะใช้โปรแกรมหาคำตอบ คือ 0 และFinal Value รายงานค่าสุดท้ายที่ใช้หาคำตอบ คือ 1181647.235 บาท (ค่าเชื้อเพลิงการขนส่งที่ต่ำที่สุด) ค่าเชื้อเพลิงใน Answer Report ที่โปรแกรมแสดงนี้ ไม่ได้นำจำนวนรอบในการขนส่งมาคิด เนื่องจากโปรแกรมมีข้อจำกัดในการคำนวณ

Decision Variable Cells

Cell	Name	Original Value	Final Value	Type
$B$81	1.ตำบลสลกบาตร หจก.ธนวัฒน์พืชผล ต.สลกบาตร	0.00	0.00	Normal
$C$81	1.ตำบลสลกบาตร บจก.ดีไอ ต.สลกบาตร	0.00	38.90	Normal
$D$81	1.ตำบลสลกบาตร บริษัท ที.ซี.เอส ต.แสนตอ	0.00	0.00	Normal

รูปที่ 4.21 แสดงตัวอย่าง Answer Report ของแบบจำลองคณิตศาสตร์

จากรูปที่ 4.18 Decision Variable Cells ได้อธิบายรายละเอียดของเซลล์ที่กำหนดให้เปลี่ยนค่า ของโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 ตัวอย่างเช่นเซลล์ $C$81 เป็นการขนส่งมันสำปะหลังจากตำบลสลกบาตรไปยังโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง หจก.ธนวัฒน์พืชผล มี

ค่าเริ่มต้นเท่ากับ 0 ตัน และค่าสุดท้ายเท่ากับ 38.90 ตัน ส่วนคำตอบอื่นๆ สามารถวิเคราะห์ได้ในลักษณะเดียวกัน

Constraints

Cell	Name	Cell Value	Formula	Status	Slack
$AA$18	1.อำเภอเมืองกำแพงเพชร ผลผลิตหัวมันสำปะหลังที่เกษตรกรปลูกได้ (Cpi) (ตัน)	1273.26	$AA$18<=$AA$3	Binding	0
$AA$19	2.อำเภอขาณุวรลักษบุรี ผลผลิตหัวมันสำปะหลังที่เกษตรกรปลูกได้ (Cpi) (ตัน)	500.41	$AA$19<=$AA$4	Not Binding	2178.98
$AA$20	3.อำเภอคลองขลุง ผลผลิตหัวมันสำปะหลังที่เกษตรกรปลูกได้ (Cpi) (ตัน)	805.28	$AA$20<=$AA$5	Binding	0

รูปที่ 4.22 แสดงตัวอย่าง Answer Report ของแบบจำลองคณิตศาสตร์

จากรูปที่ 4.19 อธิบายถึง Constrains ว่ามีรายละเอียดของเซลล์ที่ได้กำหนดเงื่อนไขข้อจำกัดของเซลล์ต่างๆ ว่าอย่างไร ตัวอย่างเช่นเซลล์ $AA$18 คือ ผลผลิตของเกษตรกรอำเภอเมืองกำแพงเพชรมีผลผลิตมันสำปะหลังเท่ากับ 1,273.26 ตัน โดยมีข้อจำกัด คือ $AA$18 <=$AA$3 ซึ่งจะทำให้ใช้ความสามารถการสีข้าวได้เต็มที่ (ทำให้ Slack เท่ากับ 0 และ Status เป็น Binding) $C$122 คือ ความสามารถการสีข้าวเปลือกของโรงสีข้าวของโรงสีข้าวเรืองไทยพาณิชย์ มีค่าเท่ากับ 51 ตัน โดยมีข้อจำกัด คือ $C$122<=$C$82 ซึ่งจะทำให้ใช้ความสามารถการสีข้าวได้ไม่เต็มที่ (ทำให้ Slack เท่ากับ 106.994 และ Status เป็น Not Binding)

Slack คือ สิ่งที่แสดงถึงว่าข้อจำกัดนั้นใช้หมดไป ถ้าเท่ากับ 0 หมายถึง ข้อจำกัดได้ใช้หมดไปเพื่อให้ได้คำตอบตามเป้าหมาย ถ้า Slack มีค่า หมายถึง ข้อจำกัดนั้นไม่ได้ถูกใช้ให้หมดไปและเหลือส่วนที่ไม่ได้ใช้เท่ากับ ค่า Slack

Binding คือ มีการใช้ทรัพยากรจนหมด ทำให้ Slack เท่ากับ 0 และจะทำให้ส่วนของ Status เป็น Binding แต่ถ้าใช้ทรัพยากรไม่หมด ทำให้ Slack ไม่เท่ากับ 0 จะทำให้ Status เป็น Not Binding

การวิเคราะห์ข้างต้นของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.1 นี้เป็นเพียงการแสดงตัวอย่างของวิธีการวิเคราะห์เท่านั้น เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านพื้นที่ของเล่มงานวิจัยเองทำให้ไม่สามารถนำผลของ Answer Report มาแสดงได้หมด (ประมาณ 2,900 บรรทัด)

4.2.5 การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis)

ในโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 สามารถที่จะวิเคราะห์ความไวได้ผ่านทาง Sensitivity Report เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลเพิ่มเติมหลังจากได้คำตอบที่ดีที่สุดแล้ว สามารถวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสัมประสิทธิ์ของสมการเป้าหมาย และการเปลี่ยนแปลงของสมการเงื่อนไข

Microsoft Excel 12.0 Sensitivity Report
Worksheet: [คำนวณโปรแกรม.xls]โมเดลที่ 1
Report Created: 25/4/2553 21:54:06

Objective Cell (Min)

Cell	Name	Final Value
$B$289	ค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำสุด	115701.53

Decision Variable Cells

Cell	Name	Final Value	Reduced Cost	Objective Coefficient	Allowable Increase	Allowable Decrease
$B$17	1 อำเภอบางระกำ 1 ตลาดกลางสินค้าเกษตร	1,230.16	0.00	20.59088889	5.313777878	1E+30
$C$17	1 อำเภอบางระกำ 2 โลกการเกษตร	0.00	204.58	188.6391111	1E+30	204.5804444
$D$17	1 อำเภอบางระกำ 3 นายยงยุทธ	0.00	93.66	192.6244444	1E+30	93.65533333
$E$17	1 อำเภอบางระกำ 4 นายสมบูรณ์	0.00	77.05	140.1508889	1E+30	77.04977778
$F$17	1 อำเภอบางระกำ 5 นายทักษ์พงษ์	0.00	92.33	134.8371111	1E+30	92.32688889

รูปที่ 4.23 แสดง Report Sensitivity ส่วน Decision Variable ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.1

จากรูปที่ 4.9 ในช่องหมายเลข 4 หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการเป้าหมายจะต้องได้รับการเปลี่ยนแปลงก่อนที่ Solver จะนำตัวแปรดังกล่าวมาพิจารณาเป็นคำตอบที่ดีที่สุด อธิบายเซลล์ $B$17 ได้ดังนี้ มีค่า Final Value เท่ากับ 1,230.16 ซึ่งคือ ปริมาณการขนส่งข้าวเปลือกจากอำเภอบางระกำไปท่าข้าวตลาดกลางสินค้าเกษตร และ Reduce Cost เท่ากับ 0 แสดงว่าไม่ต้องมีการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ของสมการเป้าหมาย เพราะตัวแปรนี้ได้เป็นคำตอบที่ดีที่สุดแล้ว แต่ถ้าค่า Final Value เป็น 0 ค่า Reduce Cost จะมีมากกว่า 0 ดังในเซลล์ที่ $C$17, $D$17 และ $E$17 หมายความว่า การขนส่งจะมีต้นทุนต่ำที่สุด ก็ต่อเมื่อต้นทุนค่าเชื้อเพลิงลดลงเป็นจำนวนเท่ากับค่า Reduce Cost ของเซลล์นั้นๆ ก็จะเป็นตัวแปรที่ Solver นำมาคำนวณค่าให้ (คือ นำมาคำนวณให้เกิดมีการขนส่งทำให้ต้นทุนการขนส่งต่ำที่สุด) แต่ถ้าทำการขนส่งจะทำให้ต้นทุนการขนส่งเพิ่มไปเท่ากับค่า Reduce Cost ของเซลล์นั้นๆ เช่น ถ้ามีการขนส่งในเซลล์ $C$17 จะทำให้ต้นทุนการขนส่งเพิ่มขึ้นไป 204.58 บาท เป็นต้น

ในช่องหมายเลข 5 หมายถึง การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของค่าสัมประสิทธิ์ในเซลล์เป้าหมาย โดยที่ค่าเชื้อเพลิงของการขนส่งที่ต่ำที่สุดนั้นยังเหมือนเดิม เช่น ในเซลล์ $B$17 ในช่อง Allowable Increase จะบอกว่าค่าเชื้อเพลิงในการเดินทางระหว่างโหนดสามารถเพิ่มขึ้นได้เท่าไหร่

คำตอบที่ดีที่สุดจึงจะเท่าเดิม และช่อง Allowable Decrease จะบอกว่าค่าเชื้อเพลิงในการเดินทางระหว่างโหนดสามารถลดลงได้เท่าไหร่ คำตอบที่ดีที่สุดจึงจะเท่าเดิม เช่น ในเซลล์ $B$17 ค่าเชื้อเพลิงในการเดินทางระหว่างโหนดสามารถเพิ่มขึ้นจากเดิมได้อีก 25.9 บาท (Objective Coefficient + Allowable Increase คือ 20.59 + 5.31) และค่าเชื้อเพลิงในการเดินทางระหว่างโหนดสามารถลดลงได้ไม่จำกัด และเซลล์ที่ $D$17 ก็อธิบายได้เช่นเดียวกัน คือ ค่าเชื้อเพลิงในการเดินทางระหว่างโหนดสามารถเพิ่มขึ้นได้ไม่จำกัด และค่าเชื้อเพลิงในการเดินทางระหว่างโหนดสามารถลดลงจากเดิมได้อีก 98.96 บาท (Objective Coefficient - Allowable Decrease คือ 192.62 – 93.66) ซึ่งจะทำให้คำตอบที่ดีที่สุดไม่เปลี่ยนแปลง

Constraints

Cell	Name	Final Value	(6) Shadow Price	Constraint R.H. Side	Allowable Increase	Allowable Decrease
$AA$87	1 บริษัท ตลาดกลางสินค้าเกษตร จ.พิษณุโลก จำกัด ความสามารถการ	1,230.16	-727.32	(7) 0	85.838	4.54747E-13
$AA$88	2 บริษัท โลกการเกษตร จำกัด ความสามารถการจัดเก็บข้าวเปลือกของท่าข้าว (ตัน)	145.00	-690.79	0	145	4.54747E-13
$AA$89	3 นายยงยุทธ เส็งหานิช ความสามารถการจัดเก็บข้าวเปลือกของท่าข้าว (ตัน)	0.00	-805.70	0	83.006	0
$AA$90	4 นายสมบูรณ์ ใจเที่ยงธรรม ความสามารถการจัดเก็บข้าวเปลือกของท่าข้าว (ตัน)	0.00	-769.83	0	85.838	0
$AA$91	5 นายทิพักษ์พงษ์ เกียรติคำรงค์กุล ความสามารถการ	0.00	-749.24	0	51.81928571	0

รูปที่ 4.24 แสดง Report Sensitivity ส่วน Constrains

จากรูปที่ 4.10 ในช่องที่ 6 Shadow Price คือ ค่าที่ลดลงของสมการเป้าหมายต่อการเปลี่ยนแปลงข้อจำกัดหนึ่งหน่วย เช่น เซลล์ที่ $AA$87 ถ้าหากเพิ่มการขนส่งข้าวเปลือกไปอีก 1 รอบการขนส่ง จะทำให้คำตอบของค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำที่สุดลดลง 727.32 บาท และในช่องหมายเลขที่ 7 หมายความว่า ค่าสูงสุดและต่ำสุดของข้อจำกัดที่สามารถทำได้ เช่น เซลล์ที่ $AA$89 สามารถเพิ่มการขนส่งข้าวเปลือกไปยังท่าข้าวนายยงยุทธได้จากเดิมอีก 83.006 ตัน (ตาม Constrains R.H. Side + Allowable Increase คือ 0 + 83.006) แต่ไม่สามารถลดจำนวนการขนส่งได้แล้ว เพราะค่า Allowable Decrease เป็น 0 และการเพิ่มหรือลดข้อจำกัด ทำให้คำตอบที่ดีที่สุดเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามสัดส่วนของ Shadow Price เช่น หากลดการขนส่งข้าวเปลือกไปท่าข้าวตลาดกลางสินค้าเกษตรเป็นจำนวน 1 รอบการขนส่ง จะทำให้ต้นค่าเชื้อเพลิงในการส่งเพิ่มขึ้นเป็น 727.32 บาท เป็นต้น

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาเรื่องการใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ มาใช้ในการแก้ปัญหาการขนส่งของห่วงโซ่อุปทานมันสำปะหลัง โดยได้ทำการศึกษามันสำปะหลังในเขตจังหวัดกำแพงเพชร จากการศึกษาพบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่นิยมปลูกมันสำปะหลังเป็นหลัก เนื่องจากมันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่ทำรายได้ให้กับเกษตรกรในภูมิภาคนี้ จากผลการศึกษาสามารถสรุปเป็นห่วงโซ่อุปทานมันสำปะหลังได้คือ เริ่มจากผู้ผลิตหรือเกษตรกร ลานมันหรือพ่อค้าท้องถิ่น และโรงงานแปรรูปมันสำปะหลัง โดยสามารถอธิบายความสัมพันธ์เป็นห่วงโซ่อุปทาน การจัดการกับปัญหาการขนส่งเพื่อให้เกิดค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด และแนวทางหรือข้อเสนอแนะในการวางแผน เพื่อพัฒนาจัดการเส้นทางการขนส่งและห่วงโซ่อุปทานมันสำปะหลังต่อไป

5.1 สรุปผล

จากที่ได้ทำการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยต่างๆพบว่าในระบบห่วงโซ่อุปทานมันสำปะหลังนั้นประกอบไปด้วยผู้ผลิตหรือเกษตรกร ไปยังลานมันหรือส่งให้กับพ่อค้าคนกลาง และส่งเข้าไปยังโรงงาน ออกมาในรูปแบบของผลิตภัณฑ์ต่างๆ และก็ส่งออก ซึ่งนั่นหมายถึงมีการเริ่มต้นจากระดับต้นน้ำและไปสิ้นสุดที่ระดับปลายน้ำ โดยภายในห่วงโซ่อุปทานนั้นมีการขนส่งมาเกี่ยวข้องทุกขั้นตอน จึงได้ทำการจัดการระบบการขนส่งโซ่อุปทานให้มีประสิทธิภาพและดีขึ้น

ในการศึกษาดังกล่าว สามารถสร้างเป็น Map Model ได้ดังนี้คือ เริ่มจากเกษตรกรซึ่งเป็นผู้ปลูกมันสำปะหลังได้ทำการเพาะปลูกมันสำปะหลัง เพื่อให้ได้ซึ่งหัวมันสำปะหลังออกมานั้นจำเป็นต้องอาศัยปัจจัยต่างๆเช่น ท่อนพันธุ์ ปุ๋ย ยากำจัดวัชพืช น้ำ และการดูแลรักษาที่ดีโดยต้องว่าจ้างคนงานมาช่วยในการดูแลและเก็บเกี่ยวผลผลิต ซึ่งปัจจัยดังกล่าวจึงทำให้เกิดต้นทุนการผลิตที่สูง และเกิดภาระต้นทุนการขนส่งขึ้นในการนำหัวมันไปขายยังผู้รับซื้อ จึงมีการจัดการกับปัญหาดังกล่าวโดยมีพ่อค้าท้องที่เข้ามารับซื้อโดยตรง และให้ราคามันสำปะหลังที่สูง แต่ถ้าเกษตรกรนำมันสำปะหลังไปขายให้กับลานมันและสหกรณ์รับซื้อมันจะได้ราคากลาง และโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังจะได้รับผลตอบแทนน้อยกว่าพ่อค้าที่ไปรับซื้อ โดยต้องขนส่งไปในระยะทางที่ไกล แต่ขนส่งน้อยครั้ง ซึ่งทำให้ลดต้นทุนในการขนส่งในส่วนนี้ลง แต่เกษตรกรไม่ได้คิดถึงจุดนี้

สดจะถูกส่งไปยังโรงงานแป้งมันสำปะหลัง โดยจะผลิตเป็นแป้งดิบและแป้งแปรรูปเพื่อเป็นส่วนผสมในอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังส่งออกให้กับอุตสาหกรรมอุปโภคบริโภคภายในประเทศต่อไป อีกส่วนของแป้งมันสำปะหลังจะถูกส่งออกไปยังตลาดต่างประเทศ นอกจากนี้หัวมันสดยังส่งไปยังโรงงานผลิตมันเส้นเพื่อแปรรูปเป็นมันเส้นและโรงงานมันอัดเม็ดเพื่อผลิตเอทานอล สำหรับทำเป็นอุตสาหกรรมเชื้อเพลิงภายในประเทศ

การใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับแก้ปัญหาการขนส่งเพื่อหาค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำที่สุด โดยการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ขึ้นมาแล้วใช้โปรแกรม Risk Solver Platform V. 9.6 for Microsoft Excel ช่วยคำนวณหาคำตอบที่ดีที่สุดออกมา ซึ่งหลังจากการใช้โปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 for Microsoft Excel คำนวณหาค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งที่ต่ำที่สุดออกมาแล้วซึ่งตรงกับสมมติฐานสมการเป้าหมายและสมการเงื่อนไขทุกประการและได้ค่าใช้จ่ายในการขนส่งที่ต่ำที่สุดออกมา ซึ่งเป็นคำตอบที่ดีที่สุด นอกจากคำตอบที่ได้จากโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 for Microsoft Excel ที่ได้กล่าวไปแล้วนั้น คำตอบอีกอย่างหนึ่งที่ได้จากโปรแกรม คือ คำตอบจากการวิเคราะห์ความไว ซึ่งเป็นการทดสอบความมั่นคงของข้อสรุปที่ได้จากการวิเคราะห์บนพิสัยของการประมาณค่าความน่าจะเป็น แล้วพิจารณาผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ว่าแตกต่างไปจากเดิมมากน้อยเพียงใด ซึ่งตัวโปรแกรมเองสามารถที่จะวิเคราะห์ความไวและแสดงผลลัพธ์ได้ทาง Sensitivity Analysis

5.2 ปัญหาที่พบในระหว่างดำเนินโครงงาน

โปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 for Microsoft Excel เป็นตัวที่ดาวโหลดมาเพื่อทดลองใช้งาน ซึ่งสามารถใช้ได้เพียง 15 วันเท่านั้น ทำให้คอมพิวเตอร์ที่ลงโปรแกรมครบ 15 วัน จะไม่สามารถใช้งานโปรแกรมหาคำตอบได้อีก ถ้าหากต้องการใช้งานโปรแกรมโดยตลอดต้องสั่งซื้อ License จากทางบริษัทผู้พัฒนาโปรแกรม

5.3 แนวทางการแก้ไขปัญหา

เนื่องจากตัวโปรแกรมมีข้อจำกัดของเวลาในการใช้งาน ดังนั้นจึงต้องสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ให้ถูกต้องครอบคลุมและรัดกุมมากที่สุด เพื่อที่จะสามารถใช้โปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 for Microsoft Excel ในการหาคำตอบได้ในระยะเวลา 15 วัน แต่ในบางครั้งที่มีการปรับปรุงหรือต้องหาคำตอบใหม่ซึ่งเกินกว่าระยะเวลา 15 วัน จำเป็นต้องหาคอมพิวเตอร์เครื่องใหม่มาใช้แทน

5.4 ข้อเสนอแนะ

ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัย และข้อเสนอแนะในการศึกษาวิจัยครั้งต่อไป

5.4.1 ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัย

5.4.1.1 เนื่องจากปัญหาเพลี้ยแป้งกำลังระบาดในหมู่เกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังดังนั้น ควรมีการอบรมและให้ความรู้แก่เกษตรกรในเรื่องการป้องกันและบำรุงรักษา เพื่อลดต้นทุนด้านการผลิตอีกทางหนึ่งด้วย

5.4.1.2 ควรส่งเสริมและให้ความรู้แก่เกษตรกรและผู้ประกอบการต่างๆ ในเรื่องของความสำคัญของต้นทุนในการขนส่ง เพราะต้นทุนการขนส่งนั้นถือได้ว่าเป็นต้นทุนที่มีความสำคัญต่อต้นทุนโดยรวม หากทำการลดต้นทุนการขนส่งได้ก็จะทำให้การค้าขายมีประสิทธิภาพและมีผลตอบแทนมากยิ่งขึ้น

5.4.1.3 ควรมีการนำระบบการจัดการห่วงโซ่อุปทานหรือโลจิสติกส์มาใช้กับสินค้าทางการเกษตร เพื่อลดต้นทุนการผลิต และต้นทุนทางด้านการขนส่งยกตัวอย่างเช่น การเพิ่มประสิทธิภาพการขนส่งด้วยการลดการวิ่งรถเที่ยวเปล่า เพราะการขนส่งโดยทั่วไปเมื่อส่งสินค้าเสร็จ จะตีรถวิ่งเที่ยวเปล่ากลับมา ซึ่งทำให้เกิดต้นทุนของการประกอบการเพิ่มสูงขึ้นโดยเปล่าประโยชน์ ดังนั้นผู้ประกอบการควรมีการจัดการให้มีการขนส่งสินค้าขากลับด้วย

5.4.1.4 การหาที่ตั้งศูนย์รวบรวมและกระจายสินค้า ตามจุดยุทธศาสตร์ต่างๆ ที่สามารถกระจายและส่งต่อไปยังจังหวัดใกล้เคียงหรือประเทศเพื่อนบ้าน การมีศูนย์กระจายสินค้า จะช่วยทำให้สามารถลดต้นทุนการขนส่งได้เนื่องจากการขนส่งตรงถึงลูกค้า

5.4.1.5 ผลจากการคำนวณของโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 for Microsoft Excel พบว่าไม่มีการขนส่งผลผลิตมันสำปะหลังจากเกษตร i ไปยังลานมัน j ในตำบลปางตาไว เนื่องจากระยะทางในการขนส่งผลผลิตของเกษตรกร i มีระยะทางค่อนข้างไกล จึงส่งผลให้ผลการคำนวณจาก Solver ไม่แสดงการขนส่งไปยังตำบลปางตาไว เพราะจะทำให้ต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งเพิ่มขึ้น

5.4.2 ข้อเสนอแนะในการศึกษาวิจัยครั้งต่อไป

5.4.2.1 การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ยังมีข้อจำกัดทั้งทางด้านซอฟแวร์ที่ใช้ในการคำนวณ ซึ่งเป็นซอฟแวร์สำหรับการทดลองใช้เท่านั้น ทำให้มีข้อจำกัดบางประการเกี่ยวกับข้อมูลที่จะคำนวณ

และระยะเวลาในการใช้งานซอฟแวร์ที่ถูกจำกัด ส่งผลให้ผลลัพธ์ที่ได้ไม่ดีเท่าที่ควร ซึ่งการวิจัยในครั้งต่อไปควรที่จะใช้ซอฟแวร์ในการคำนวณที่ไม่มีข้อจำกัดใดๆ เพื่อทำให้ผลลัพธ์ที่ออกมาดีที่สุด

5.4.2.2 การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ทำการศึกษาเฉพาะต้นทุนการขนส่งเท่านั้น สำหรับผู้ที่ต้องการทำวิจัยเกี่ยวกับต้นทุนมันสำปะหลังควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของต้นทุนการผลิตและต้นทุนการเก็บรักษาด้วย

5.4.2.3 การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ยังมีข้อจำกัดทั้งทางด้านข้อมูลที่ยังไม่ปรับปรุงให้เป็นปัจจุบันเท่าที่ควร ซึ่งทำให้ผลจากงานวิจัยที่ได้ไม่เป็นปัจจุบันเท่าที่ควร สำหรับผู้ที่จะทำการวิจัยในครั้งต่อไปหากมีข้อมูลที่ครบถ้วนและเป็นปัจจุบัน ก็จะทำให้ผลของงานวิจัยมีความเที่ยงตรงต่อสถานการณ์ปัจจุบันที่เป็นอยู่

เอกสารอ้างอิง

ดร. ทวีศักดิ์ เทพพิทักษ์. (2550). **การจัดการโลจิสติกส์และซัพพลายเชน.** กรุงเทพฯ: บริษัท ออฟเซ็ท ครีเอชั่น จำกัด.

นางสาวพิมพา เทียนรุ่งยอดภู และนางสาวสายฝน คำผิว . **หลักการการกระจายสินค้า.** สืบค้นเมื่อ 10 กรกฎาคม 2552, จากhttp://learners.in.th/file/saifon/.

ผศ.ดร.ดวงพรรณ กริชชาญชัย ศฤงคารินทร์. (2549).**โซ่อุปทานและโลจิสติกส์: ทฤษฎี-งานวิจัย-กรณีศึกษา.** กรุงเทพฯ: บริษัท ไอทีแอล เทรด มีเดีย จำกัด.

อุมาพร มณีเนียม.(30 มิถุนายน 2552).**ความเป็นมาและคำจำกัดความของโลจิสติกส์.** สืบค้นเมื่อ 1 สิงหาคม 2552, จาก http://www.logisticscorner.com/index.php/2009-05-25-00-45-43/40-logistics/367-logistics.html .

Alan Rushton, Phil Croucher , and Peter Baker(2006). **คู่มือการจัดการลอจิสติกส์และการกระจายสินค้า (The Handbook of Logistics and Distribution Management 3rd ed.)**(ดร.วิทยา สุหฤทดำรง, ดร. วิชัย รุ่งเรื่องอนันต์ และ ดร. บุญทรัพย์ พานิชการ,ผู้แปล) , กรุงเทพฯ: บริษัท อี.ไอ.สแควร์ พับลิชชิ่ง จำกัด.

Prof. Tsutomu Araki (1999). **Suppy Chain & Logistics: ทฤษฎีและตัวอย่าง** (รศ.กฤษดา วิศวธีรานนท์ และ ดร. กุลพงษ์ ยูนิพันธุ์, ผู้แปล). กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

Siaminfobiz. **การบริหารโลจิสติกส์และห่วงโซ่อุปทาน** . สืบค้นเมื่อ 6 สิงหาคม 2552 จาก http://www.siaminfobiz.com/mambo/content/view/116/39/

TPA Writer. **การบริหารการจัดการโลจิสติกส์ ตอนที่ 1 ความหมายโลจิสติกส์ในด้านการขนส่ง.** สืบค้นเมื่อ 31 กรกฎาคม 2552, จาก http:// www.tpa.or.th/writer /read_this book_topic . php ?

สืบค้นเมื่อวันที่ 2 สิงหาคม 2552 จาก http://msci.chandra.ac.th/econ/ch6costrevenue.doc

สืบค้นเมื่อวันที่ 2 สิงหาคม 2552 จาก http://www.phtnet.org/research/view-abstract.asp?research_id=ae344

สืบค้นเมื่อวันที่ 3 สิงหาคม 2552 จาก http://www.tanitsorat.com/file/16-2008_TNT-3.pps#302,35,END

สืบค้นเมื่อวันที่ 3 สิงหาคม 2552 จาก http://www2.oae.go.th/pdffile/commodity.pdf

สืบค้นเมื่อวันที่ 2 กันยายน 2552 จาก http://www.pimtraining.com/ wizContent.asp?

สืบค้นเมื่อวันที่ 12 มกราคม 2553 จาก http://www.kanok.co.th/substance_detail.php?

สืบค้นเมื่อวันที่ 20 มีนาคม 2553 จาก htt://gotoknow.org/blog/usathailand/251763

ภาคผนวก ก

ข้อมูลจำนวน ที่ตั้ง และกำลังการผลิตของเกษตรกร ลานมัน และโรงงานแป้งมันสำปะหลังในเขตจังหวัดกำแพงเพชร

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลจำนวน ที่ตั้ง และกำลังการผลิตของเกษตรกรในเขตจังหวัดกำแพงเพชร

ลำดับ	ที่ตั้ง	กำลังการผลิต
1	อำเภอเมืองกำแพงเพชร	1273.26
2	อำเภอขาณุวรลักษบุรี	2679.39
3	อำเภอคลองขลุง	805.28
4	อำเภอพรานกระต่าย	519.67
5	อำเภอคลองลาน	196.82
6	อำเภอไทรงาม	89.15
7	อำเภอลานกระบือ	20.58
8	อำเภอทรายทองวัฒนา	2.88
9	อำเภอปางศิลาทอง	303.65
10	อำเภอบึงสามัคคี	4.84
11	อำเภอโกสัมพีนคร	327.41

ที่มา : กรมการค้าภายในจังหวัดกำแพงเพชร

ตารางที่ ก.2 ข้อมูลจำนวน ที่ตั้ง และความสามารถในการจัดเก็บของลานมัน ในเขตจังหวัดกำแพงเพชร

ลำดับ	ที่ตั้ง	กำลังการผลิต (ตัน/วัน)
1	ต. สลกบาตร	38.90
2	ต.คลองสมบูรณ์	461.78
3	ต.คลองลานพัฒนา	197.81
4	ต. โพธิ์ทอง	164.77
5	ต. วังชะพลู	42.88
6	ต.อ่างทอง	390.30
7	ต.วังทอง	86.03
8	ต.หนองปลิง	2.84
9	ต.คลองน้ำไหล	189.95
10	ต.ทรงธรรม	380.01
11	ต.ไตรตรึงษ์	61.10
12	ต.ลานดอกไม้ตก	8.22

ที่มา : กรมการค้าภายในจังหวัดกำแพงเพชร (2552)

ตารางที่ ก.2.1 (ต่อ) ข้อมูลจำนวน ที่ตั้ง และความสามารถในการจัดเก็บของลานมัน ในเขตจังหวัดกำแพงเพชร

ลำดับ	ที่ตั้ง	กำลังการผลิต (ตัน/วัน)
13	ต. ปางตาไว	23.29
14	ต.วังไทร	89.86
15	ต.บ่อถ่ำ	294.52
16	ต. ปางมะค่ำ	121.92
17	ต. สักงาม	22.60
18	ต.โป่งน้ำร้อน	295.89
19	ต.หินดาต	54.79
20	ต.โนนพลวง	8.22
21	ต.นาบ่อคำ	12.33
22	ต.วังหามแห	84.93
23	ต.นิคมทุ่งโพธิ์ฯ	21.92
24	ต.ท่าขุนธรรม	4.11
25	ต.เกาะตาล	32.88

ที่มา : กรมการค้าภายในจังหวัดกำแพงเพชร (2552)

ตารางที่ ก.3 ข้อมูลจำนวน ที่ตั้ง และกำลังการผลิตที่สามารถรับได้ของโรงงานแป้งมันสำปะหลัง ในเขตจังหวัด กำแพงเพชร

ลำดับ	ชื่อสถานประกอบการ	ที่ตั้ง	กำลังการผลิตที่รับได้(ตัน/วัน)
1	ธนวัฒน์พืชผล	1169/1 ม.7 ต.สลกบาตร อ. ขาณุวรลักษบุรี	219.18
2	ดีไอ	771 ถ. พหลโยธิน ม. 1 ต.สลกบาตร อ.ขาณุวรลักษบุรี	136.99
3	ที.ซี.เอส.แป้งมันอุตสาหกรรม	199 ม. 7 ต. แสนตอ อ.ขาณุวรลักษบุรี	219.18
4	แก่นเจริญ	199 ม. 1 ต. คลองสมบูรณ์ อ. คลองขลุง	246.58
5	เจ้าพระยาพืชไร่	99/9 ม. 7 ต.พรานกระต่าย อ.พรานกระต่าย	684.93
6	เอส.เค.เอส อินเตอร์เนชั่นเนล สตาร์ช จำกัด	78 ม. 8 ต. คลองขลุง อ. คลองขลุง	369.86
7	เจริญสุขแป้งมัน	188 ถ.พหลโยธิน ม. 7 ต.เพชรชมพู อ.โกสัมพี	219.18
8	สหกรณ์นิคมนครชุมจำกัด	ม. 8 ต. ทรงธรรม อ.เมืองฯ	273.97
9	ชากังราวสตาร์ช	1169/1 ม. 7 ต.สลกบาตร อ.ขาณุวรลักษบุรี	219.18

ที่มา : กรมการค้าภายในจังหวัดกำแพงเพชร

ภาคผนวก ข

พื้นที่เพาะปลูก และผลผลิต มันสำประหลัง
ปีการผลิต 2551 จังหวัดกำแพงเพชร

ตารางที่ ข.1 พื้นที่เพาะปลูก และผลผลิต มันสำประหลัง ปี 2551 จังหวัดกำแพงเพชร

ลำดับ	อำเภอ	เนื้อที่ให้ผลผลิต ทั้งอำเภอ (ไร่)	ผลผลิตรวม ทั้งอำเภอ (ตัน)
1	เมืองกำแพงเพชร	119,774	464,740
2	ขาณุวรลักษบุรี	172,748	977,978
3	คลองขลุง	73,934	293,927
4	พรานกระต่าย	63,226	189,678
5	คลองลาน	17,960	71,840
6	ไทรงาม	6,524	32,538
7	ลานกระบือ	2,139	7,510
8	ทรายทองวัฒนา	237	1,050
9	ปางศิลาทอง	20,912	110,833
10	บึงสามัคคี	442	1,768
11	โกสัมพีนคร	21,640	119,505

ที่มา : สำนักงานเกษตรจังหวัดกำแพงเพชร

ภาคผนวก ค

ข้อมูลระยะทางในการขนส่ง

ตารางที่ ค.1 ข้อมูลระยะทางในการขนส่งจากเกษตรกร ไปยังลานมัน

ลานมัน / เกษตรกร	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
1	72.3	30.9	52.8	69.9	74.7	18.1	29.6	1	17	22.6	15.2	72.6	38.7	77	87.5	33.2	34.1	80.4	41.6	19	66.5	7.5	64.1	21.3	51.7
2	10.9	56.3	78.3	49	36.1	66.6	91.3	80.4	90.1	58.9	95.2	80.4	53.9	15.6	48.4	101	101	59.4	65.7	53	33.8	80.6	10.7	68.4	98.7
3	30.9	22.6	57.8	28.5	33.3	33	57.6	46.7	56.4	25.2	61.5	59.9	20.2	35.6	68.4	67.5	67.1	38.9	57.8	58.4	25.1	46.9	22.7	44	73.3
4	97	55	77.4	94.5	99.3	42.7	54.2	25	41.6	47.2	20.1	97.2	63.3	102	112	57.8	58.7	105	42.1	43.6	91.9	32.1	88.7	44.2	74.7
5	82.8	57.3	11.1	42.5	69.8	39.7	14.2	43.2	52.9	49	58	30.9	39.4	75.1	45.9	18.7	28.8	30	85.5	30	54.5	35.7	74.5	65.2	15.2
6	78.8	70.6	99.2	110	114	57.8	76	47.8	63.2	62.2	57.5	119	78.3	83.5	116	79.5	80.4	120	14.2	65.2	106	53.8	65.7	23	94.1
7	84.4	76.2	105	115	120	63.4	81.6	53.4	68.9	67.9	52.9	125	84	89.1	122	85.1	86	126	8.3	70.9	112	59.4	71.3	28.6	104
8	49.3	44.1	83.1	53.8	58.6	53.3	77.9	58.8	74.3	45.5	68.6	85.2	41.7	54	86.8	90.5	91.5	64.3	31.4	76.3	50.4	64.9	36.2	34.1	98.5
9	49.9	36.1	75.1	45.8	50.6	45.3	70	58	68.7	37.6	67.8	77.2	33.7	54.6	87.3	79.8	79.4	56.3	30.5	70.7	42.4	59.3	36.8	33.2	35.9
10	30.6	62.7	98	68.6	55.8	73.1	97.7	84.8	96.5	65.3	94.6	100	60.3	35.2	68	108	107	79.1	57.4	98.5	53.4	87	30.1	60.1	112
11	94.2	52.8	74.6	91.7	96.6	40	51.4	29	16.9	44.4	18.8	94.4	60.5	98.8	109	55	55.9	102	72.6	40.8	88.3	29.3	86	52.3	80.6

หมายเหตุ หน่วย : กิโลเมตร

ตารางที่ ค.2 ข้อมูลระยะทางในการขนส่งจากลานมัน ไปยังโรงงานแป้งมันสำปะหลัง

โรงงาน / ลานมัน	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	15.5	1	15.5	53	102	37.3	95.4	86.8	15.5
2	56.3	48.5	56.3	1	54.6	21.2	53.9	39.7	56.3
3	78.8	83	78.8	57.4	67.8	71.5	63.3	52.9	78.8
4	50.1	42.3	50.1	23	93.5	29.2	68.8	78.6	50.1
5	36	28.2	36	50.7	99.4	35.1	85.8	84.5	36
6	66.7	58.8	66.7	17.4	38.3	31.5	44.7	23.4	66.7
7	92.5	84.7	92.5	43.3	53.7	57.4	45.1	38.8	92.5
8	80.2	80	80.2	38.6	20.3	52.7	33.4	24.6	80.2
9	85.1	77.3	85.1	35.9	36.6	50	34.8	1	85.1
10	62.1	54.3	62.1	8.6	46.1	27	48	31.2	62.1
11	95.1	85.4	95.1	44	44.8	58.1	22	8.2	95.1
12	64.1	56.3	64.1	54.5	96.4	60.7	79	81.5	64.1
13	53.9	46.1	53.9	7.7	62.4	18.8	61.4	47.5	53.9
14	14.9	7	14.9	52.3	101	36.6	94.5	86.1	14.9
15	44.1	36.3	44.1	81.6	130	65.9	86.5	115	44.1
16	102	94.6	102	53.2	57.8	67.3	39.2	42.9	102
17	107	99.3	107	57.9	58.7	72	31.6	43.8	107
18	60.6	52.8	60.6	33.5	104	39.7	67.9	89.1	60.6
19	65.7	76.1	65.7	67.9	42.1	57.8	62.7	60.6	65.7
20	92	84.1	92	42.7	43.6	56.8	31.6	28.7	92
21	34.9	27	34.9	41.1	89.7	25.4	76	74.8	34.9
22	80.6	72.7	80.6	31.3	32.1	45.4	31.4	17.2	80.6
23	10.9	17.4	10.9	41.3	90	25.7	84	75.1	10.9
24	68.4	89	68.4	47.6	44.3	61.7	49.8	40.3	68.4
25	95.5	94	95.5	61.5	74.7	78	66	55	95.5

หมายเหตุ หน่วย : กิโลเมตร