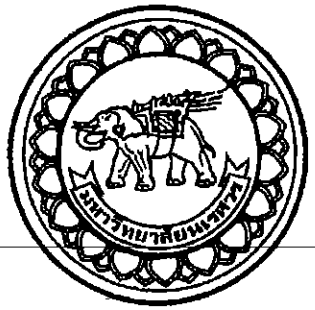


การใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการขนส่งของห่วงโซ่อุปทานอ้อย

MATHEMATICAL MODELING OF TRANSPORTATION PROBLEM FOR SUGARCANE SUPPLY CHAIN

นายอดิพงศ์ พุทธจร รหัส 49370760

นายอัครเดช ขำอ่อน รหัส 49371606

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 22 ธ.ค. 2553
เลขทะเบียน 152896
เลขเรียกหนังสือ ปร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร 0126ก

2552

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2552

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการขนส่งของห่วงโซ่อุปทานอ้อย		
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายอดิพงศ์	พุทธจร	รหัส 49370760
	นายอัครเดช	ขำอ่อน	รหัส 49371606
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผศ.ดร. ภูพงษ์	พงษ์เจริญ	
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ		
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ		
ปีการศึกษา	2552		

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(ผศ.ดร. ภูพงษ์ พงษ์เจริญ)

.....กรรมการ
(ดร.ขวัญนิธิ คำเมือง)

.....กรรมการ
(ดร. สมลักษณ์ ชรรณฤมล)

.....กรรมการ
(อาจารย์สุชาดา อยู่แก้ว)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการขนส่งของห่วงโซ่อุปทานอ้อย		
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายอดิพงศ์	พุทธจร	รหัส 49370760
	นายอัครเดช	ขำอ่อน	รหัส 49371606
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผศ.ดร. ภูพงษ์	พงษ์เจริญ	
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ		
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ		
ปีการศึกษา	2552		

.....

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อดำเนินการศึกษาการใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการขนส่งเพื่อคำนวณหาค่าต้นทุนการขนส่งอันเนื่องมาจากค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำที่สุดของห่วงโซ่อุปทานอ้อยในเขตภาคเหนือตอนล่าง โดยเริ่มกระบวนการศึกษาตั้งแต่ผู้ปลูกอ้อยจำนวน 9 แห่ง ไปยังโรงงานน้ำตาลจำนวน 8 แห่ง พ่อค้าส่งจำนวน 9 แห่ง ไปจนถึงบริษัทส่งออกจำนวน 7 แห่ง โดยวิธีการศึกษานั้นเริ่มจาก 1) ศึกษาหลักการและทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง 2) เก็บรวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานต่างๆที่เกี่ยวข้อง หรือจากการสอบถามและสัมภาษณ์เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่ต้องการ 3) วิเคราะห์ข้อมูลและจัดสร้างตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับแก้ปัญหาการขนส่ง 4) ใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์เพื่อทำการวิเคราะห์และคำนวณหาต้นทุนการขนส่งอันเนื่องมาจากค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำที่สุด 5) สรุปผลและข้อเสนอแนะเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพด้านการขนส่ง โดยได้จัดทำแบบจำลองคณิตศาสตร์ออกเป็น 3 แบบดังนี้ แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 1 เป็นการหาต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งที่ต่ำที่สุด ซึ่งได้ผลลัพธ์เท่ากับ 98,002.67 บาท แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 2 เป็นการหาต้นทุนเชื้อเพลิงในการขนส่งที่ต่ำที่สุดโดยคิดค่าเชื้อเพลิงทั้งเที่ยวไปและกลับ ซึ่งได้ผลลัพธ์เท่ากับ 165,266.15 บาท แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 3 เป็นการหาต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งที่ต่ำที่สุดโดยคิดค่าเชื้อเพลิงทั้งเที่ยวไปกลับและมีการคำนวณต้นทุนค้าจ้างพนักงานขับรถ ซึ่งได้ผลลัพธ์เท่ากับ 223,983.42 บาท

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานเรื่องการใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการขนส่งของห่วงโซ่อุปทานอ้อย ประสบความสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีต้องขอขอบคุณท่านอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภูพงษ์ พงษ์เจริญ ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำในการทำโครงงานนี้เป็นอย่างดีตลอดมา ขอขอบคุณ คุณวิทยา เทียนช้าง, คุณคงฤทธิ์ รอดแสวง, ข้าราชการประจำศูนย์ส่งเสริมการเกษตรจังหวัดพิษณุโลก และข้าราชการประจำสำนักงานเกษตรจังหวัด เขต 2 จังหวัดพิษณุโลก ที่คอยให้ข้อมูลต่างๆมาโดยตลอด รวมไปถึงทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆด้วยดีที่ซึ่งไม่ได้เอ่ยนามมา ณ ที่นี่ จนโครงงานนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณคณาจารย์และบุคลากรภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและคณะกรรมการทุกท่าน ซึ่งได้กรุณาให้คำแนะนำเสนอแนะแนวทางการศึกษา ค้นคว้า ให้คำปรึกษา แก้ไข ปรับปรุงข้อบกพร่องต่างๆ จนส่งผลให้โครงงานฉบับนี้สมบูรณ์

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ครอบครัว ญาติพี่น้อง เพื่อนๆ ทุกคนที่คอยเป็นห่วงและให้กำลังใจด้วยดีตลอดมา จนกระทั่งทำโครงงานสำเร็จลุล่วงได้ ประโยชน์อันพึงมาจากการศึกษาโครงงานวิจัยครั้งนี้ ขอมอบและอุทิศแด่บิดา มารดา บรรพบุรุษผู้ให้ชีวิตและทรัพย์สิน ครู อาจารย์ ผู้มอบวิชาความรู้แก่ผู้ทำการศึกษาวิจัยตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

คณะผู้ดำเนินโครงงานวิศวกรรม

นายอดิพงศ์ พุทธจร

นายอัครเดช ขำอ่อน

สิงหาคม 2553

สารบัญ

หน้า

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

บทที่ 1 บทนำ
1.1 หลักการและเหตุผล.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน.....3
1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output).....3
1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome).....3
1.5 ขอบเขตของงานวิจัย.....3
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ.....4
1.7 สถานที่ในการดำเนินงานวิจัย.....5
1.8 ระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย.....5
1.9 ขั้นตอนและแผนดำเนินงานวิจัย.....6

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น
2.1 ทำความเข้าใจเกี่ยวกับโลจิสติกส์ (logistics) และห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain).....7
2.2 การขนส่ง.....9
2.3 ต้นทุนโลจิสติกส์.....11
2.4 ตัวแบบการขนส่ง (Transportation Model).....12
2.5 การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis).....17
2.6 ข้อมูลและรายละเอียดของอ้อยและการผลิตน้ำตาลโดยสังเขป.....19
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....31

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงงาน

3.1 ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย.....34

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....35

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล.....36

บทที่ 4 ผลการวิจัย

4.1 โครงสร้างระบบโลจิสติกส์ของอ้อยโรงงาน.....37

4.2 แบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับค่าใช้จ่ายรวมในการขนส่งอ้อยและน้ำตาลทราย ในเขตภาคเหนือตอนล่าง.....43

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล.....68

5.2 อภิปรายผล.....70

5.3 ปัญหาที่พบในระหว่างดำเนินโครงงาน.....71

5.4 แนวทางการแก้ไขปัญหา.....72

5.5 ข้อเสนอแนะ.....72

เอกสารอ้างอิง.....74

ภาคผนวก ก.....77

ภาคผนวก ข.....81

ภาคผนวก ค.....84

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 ผลผลิตทางการเกษตรในภาคเหนือตอนล่างปี 2550.....1

1.2 ข้อมูลทางสถิติของอ้อยในแต่ละจังหวัดของภาคเหนือตอนล่าง ปี พ.ศ. 2551.....2

1.3 แสดงแผนการดำเนินงานวิจัย (Gantt Chart).....6

4.1 คำอธิบายค่าต่างๆ ในโปรแกรม Microsoft Excel 2007 ในส่วนของแบบจำลอง คณิตศาสตร์ที่ 4.2.1.....48

4.2 แสดงปริมาณการไหลของอ้อยจากผู้ปลูกอ้อย i ไปยังโรงน้ำตาล j ภายใน 1 วัน.....51

4.3 แสดงปริมาณการของน้ำตาลจากโรงงานน้ำตาล j ไปยังพ่อค้าส่ง k ภายใน 1 วัน.....51

4.4 แสดงปริมาณการไหลของน้ำตาลจากพ่อค้าส่ง k ไปยังบริษัทส่งออก l ภายใน 1 วัน.....52

4.5 แสดงรอบในการเดินทางขนส่งอ้อยของยานพาหนะจากผู้ปลูกอ้อย i ไปยังโรงงานน้ำตาล j ภายใน 1 วัน.....52

4.6 แสดงรอบในการเดินทางขนส่งน้ำตาลของยานพาหนะจากโรงงานน้ำตาล j ไปยังพ่อค้าส่ง k ภายใน 1 วัน.....53

4.7 แสดงรอบในการเดินทางขนส่งน้ำตาลของยานพาหนะจากพ่อค้าส่ง k ไปยังบริษัทส่งออก l ภายใน 1 วัน.....53

4.8 คำอธิบายค่าและสูตรต่างๆ ในโปรแกรม Microsoft Excel 2007 ในส่วนของแบบจำลอง คณิตศาสตร์ที่ 4.2.2.....56

4.9 คำอธิบายค่าและสูตรต่างๆ ในโปรแกรม Microsoft Excel 2007 ในส่วนของแบบจำลอง คณิตศาสตร์ที่ 4.2.3.....60

4.10 แสดงค่าจ้างพนักงานขับรถขนส่งอ้อย จากผู้ปลูกอ้อย i ไปยังโรงงานน้ำตาล j ภายใน 1 วัน.....61

4.11 แสดงค่าจ้างพนักงานขับรถขนส่งน้ำตาลทราย จากโรงงานน้ำตาล j ไปยังพ่อค้าส่ง k ภายใน 1 วัน.....62

4.12 แสดงค่าจ้างพนักงานขับรถขนส่งน้ำตาลทราย จากพ่อค้าส่ง k ไปยังบริษัทส่งออก l ภายใน 1 วัน.....62

4.13 สรุปค่าต่างๆ ที่ได้จากการใช้โปรแกรม Risk Solver Platform V.10.0 for Microsoft Excel ช่วยคำนวณหาคำตอบ.....63

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ก.1 ข้อมูลจำนวน เนื้อที่เพาะปลูก และผลผลิตของเกษตรกรชาวไร่อ้อย ปี 2550
ของแต่ละจังหวัดในเขตภาคเหนือตอนล่าง.....78
ก.2 ข้อมูลจำนวน ที่ตั้ง และกำลังการผลิตของโรงงานน้ำตาลในเขตภาคเหนือตอนล่าง.....79
ก.3 ข้อมูลจำนวนและที่ตั้งของบริษัทส่งออกในเขตกรุงเทพมหานคร.....80
ข.1 แสดงระยะทางการขนส่งจากเกษตรกรไปยังโรงงานน้ำตาล.....82
ข.2 แสดงระยะทางการขนส่งจากโรงงานน้ำตาลไปยังพ่อค้าส่ง.....82
ข.3 แสดงระยะทางการขนส่งจากพ่อค้าส่งไปยังบริษัทส่งออก.....83

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 แสดงการใช้โลจิสติกส์ในการควบคุมโซ่อุปทาน....8
2.1 การขนส่งในรูปแบบต่างๆ....10
2.3 รูปแบบของตารางการขนส่ง....14
2.4 อ้อย....19
2.5 ท่อนพันธุ์อ้อย....22
2.6 การปลูกอ้อยด้วยเครื่องปลูก....23
2.7 การปลูกอ้อยด้วยแรงงานคน....24
2.8 การเก็บเกี่ยวอ้อยโดยชาวไร่อ้อย....25
2.9 แสดงขั้นตอนต่างๆ ในการผลิตน้ำตาล....27
3.1 แผนภาพขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย....34
4.1 แผนผังและกิจกรรมของระบบโลจิสติกส์อ้อยและน้ำตาลในประเทศไทย....40
4.1 (ต่อ) แผนผังและกิจกรรมของระบบโลจิสติกส์อ้อยและน้ำตาลในประเทศไทย....41
4.2 โครงข่ายโลจิสติกส์อ้อยและน้ำตาลในประเทศไทย....42
4.3 แสดงโครงข่ายการขนส่งอ้อยและน้ำตาล....43
4.4 แสดงตัวอย่าง Interface ที่ใช้ในการคำนวณ....47
4.5 แสดงตัวอย่าง Interface ของเซลล์สมการเป้าหมาย....48
4.6 แสดงการเขียนข้อจำกัดต่างๆ ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ลงในโปรแกรม
Risk Solver Platform V.10.0....50
4.7 แสดงตัวอย่างตารางค่าเชื้อเพลิงของยานพาหนะเมื่อไม่มีการบรรทุก....55
4.8 แสดงตัวอย่างของ Interface ของสมการเป้าหมาย และฟังชันก์ Sumproduct....55
4.9 แสดงตัวอย่างตารางค่าจ้างพนักงานขับรถ....59
4.10 แสดงตัวอย่างเซลล์คำตอบของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.3....59
4.11 แสดงตัวอย่าง Answer Report ของแบบจำลองคณิตศาสตร์....63
4.12 แสดงตัวอย่าง Answer Report ของแบบจำลองคณิตศาสตร์....64
4.13 แสดงตัวอย่าง Answer Report ของแบบจำลองคณิตศาสตร์....64
4.14 แสดงตัวอย่าง Sensitivity Report ในส่วนของ Decision Variable....65
4.15 แสดงตัวอย่าง Sensitivity Report ในส่วนของ Decision Variable....66
4.16 แสดงตัวอย่าง Sensitivity Report ในส่วนของ Constrains....66
ค.1 หน้าต่างโปรแกรม Risk Solver Platform v.10.0....85

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

ค.2 การกำหนดเซลล์สมการเป้าหมาย....86
ค.3 การใส่ค่าเซลล์ของสมการเป้าหมายและรูปแบบของปัญหา....86
ค.4 หน้าต่างกำหนดเซลล์สมการเงื่อนไข....87
ค.5 การใส่เซลล์ของสมการเงื่อนไข....87
ค.6 การกำหนดเซลล์ตัวแปรตัดสินใจ....88
ค.7 การใส่เซลล์ของตัวแปรตัดสินใจ....88
ค.8 Analyze without Solving....89
ค.9 Solve Complete Problem or run a Simulation....89

บทที่ 1
บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

ไม่ผิดนักหากจะกล่าวว่า ลำต้นของอ้อยแม้ฝังรากลึกลงในดินเพียงไม่กี่เซนติเมตร แต่กลับหยั่งลึกในสังคมไทยมาช้านาน เพราะปัจจุบันนี้อ้อยยังคงความสำคัญในฐานะพืชเศรษฐกิจที่สำคัญต่อประเทศไทย เพราะอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายเป็นอุตสาหกรรมของคนไทย ไม่ต้องพึ่งพาการนำเข้าจากต่างประเทศ เป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศเป็นอันมาก โดยในปัจจุบันอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายมีผลผลิตอ้อยรวมทั้งประเทศกว่า 73,000,000 ตัน สามารถสร้างรายได้จากการส่งออก นำเงินตราต่างประเทศเข้ามาปีละกว่า 50,000 ล้านบาท ช่วยสร้างอาชีพและรายได้ให้กับประชาชนคนไทยจำนวนมาก โดยเฉพาะครอบครัวเกษตรกรกว่า 100,000 ครอบครัว หรือประมาณ 500,000 คน การจ้างงานทั้งในโรงงาน ในไร่อ้อย และในภาคการขนส่งกว่า 180,000 - 200,000 คน และยังมีอุตสาหกรรมต่อเนื่องเช่น พลังงาน อาหาร กระดาษ ฯลฯ นอกจากนี้อ้อยยังเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดเดียวที่อยู่ภายใต้การดูแลของคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล กระทรวงอุตสาหกรรม อีกทั้งยังมีพระราชบัญญัติคุ้มครองอีกด้วย และหากมองในแง่ของผลผลิตนั้น อ้อยก็มีผลผลิตรวมมากเป็นอันดับหนึ่งของภาคเหนือตอนล่าง จะเห็นได้ว่าอุตสาหกรรมอ้อยมีความสำคัญอย่างยิ่งเพราะนอกจากจะเป็นตลาดรองรับแรงงานแล้ว ยังเป็นแหล่งรายได้ของผู้คนและประเทศไทยมาช้านาน

ตารางที่ 1.1 ผลผลิตทางการเกษตรในภาคเหนือตอนล่างปี 2550

จำนวน	กิจกรรมการผลิต	ผลผลิตรวม (ตัน)
1	อ้อย	10,033,946
2	ข้าวนาปี	7,365,625
3	มันสำปะหลัง	5,733,505
4	ข้าวนาปรัง	4,094,875
5	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	1,589,053
6	ข้าวเหนียวนาปี	238,571
7	กะหล่ำปลี	196,436
8	หอมแดง	54,892
9	ถั่วเขียว	50,149

ที่มา: ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2550)

อย่างไรก็ตาม หากมองในด้านของการส่งออกแล้วจะพบว่าประเทศไทยถือว่าเป็นประเทศสำคัญในการส่งออกน้ำตาลสู่ตลาดโลกเช่นเดียวกับ บราซิล ออสเตรเลีย และแอฟริกาใต้ เพราะประเทศไทยมีสภาพอากาศเหมาะสำหรับเพาะปลูกอ้อย รวมไปถึงพื้นที่เพาะปลูกที่มาก ทำให้ได้ผลผลิตอ้อยที่มากนั่นเอง

ตารางที่ 1.2 ข้อมูลทางสถิติของอ้อยในแต่ละจังหวัดของภาคเหนือตอนล่าง ปี พ.ศ. 2551

จังหวัด	เนื้อที่เพาะปลูก(ไร่)	ผลผลิต(ตัน)
รวมทั้งประเทศ	6,588,174	73,501,611
กำแพงเพชร	427,894	4,114,894
สุโขทัย	150,270	856,896
ตาก	2,082	21,811
อุตรดิตถ์	90,559	854,532
พิษณุโลก	121,011	719,578
พิจิตร	43,819	466,165
นครสวรรค์	520,890	5,177,248
อุทัยธานี	185,194	1,027,750
เพชรบูรณ์	216,133	1,610,937

ที่มา: ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2551)

ส่วนปัญหาการทำไร่อ้อยที่พบมากก็คือชาวไร่กว่า 90% ยังพึ่งพาฝนตามธรรมชาติเป็นหลัก เนื่องจากขาดแคลนแหล่งน้ำชลประทาน หรืออยู่ในพื้นที่ห่างไกลไม่สามารถหาน้ำมาใช้ประโยชน์ได้ นอกจากนี้ก็ยังมีปัญหาการเตรียมดิน รวมไปถึงปัญหาในด้านฐานะทางเศรษฐกิจก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่ง ด้วยความที่เกษตรกรส่วนใหญ่มีฐานะยากจน จึงมักขาดแคลนเงินทุนในการทำกิจการ เช่น กำจัดวัชพืชไม่ทันหรือใส่ปุ๋ยล่าช้า หรือแม้แต่ใช้พันธุ์อ้อยเดิมที่ใช้มานานนับสิบปี เมื่อต้นพันธุ์เสื่อมสภาพก็ไม่มีเงินไปจัดซื้อพันธุ์ใหม่มาทดแทน หรืออาจจะเป็นปัญหาโรคแมลงระบาด

แม้จะได้อ้อยที่เติบโตเต็มที่แล้วก็ยังมีปัญหาเกี่ยวกับการเก็บเกี่ยวและขนส่ง เช่น ในการเก็บเกี่ยว ชาวไร่อ้อยบางเขตจะเผาอ้อยก่อนตัดเนื่องจากปัญหาแรงงาน ซึ่งหากคำนวณเนื้อที่การเผาไม่พอดีกับการตัดใน 1 วัน อาจจะเผาทั้งแปลงหรือเผาแล้วลุกลามไปยังแปลงอื่นๆ นอกจากนี้หากไม่สามารถตัดส่งโรงงานได้ภายใน 3 วันหลังจากเผาอ้อย จะส่งผลให้น้ำหนักและความหวานของอ้อยลดลง ทั้งนี้ความหวานของของอ้อยมีผลต่อรายได้ของเกษตรกรเป็นอย่างมาก เพราะนอกจากจะมี

การซื้อขายเป็นน้ำหนัก (ตัน) แล้ว ยังมีการซื้อขายแบบวัดคุณภาพความหวานโดยมีหน่วยวัดเป็น C.C.S. เพราะฉะนั้นยิ่งอ้อยที่มีความหวานสูงก็จะได้ราคาดี

ด้วยปัจจัยต่างๆเหล่านี้ชี้ให้เห็นว่า ถึงแม้อ้อยจะเป็นพืชที่มีศักยภาพสร้างความมั่นคงทางเศรษฐกิจ สร้างงานและรายได้ให้กับเกษตรกรในภาคเหนือตอนล่าง แต่ตลอดระยะเวลาที่ผ่านมาอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายยังขาดการพัฒนา ทำให้ต้นทุนในการผลิตสูงและผลผลิตน้อยเมื่อเทียบกับประเทศคู่แข่ง ทางคณะผู้จัดทำโครงงานจึงมีความประสงค์ที่จะศึกษาองค์ประกอบของโครงสร้างห่วงโซ่อุปทานและระบบโลจิสติกส์ในอุตสาหกรรมอ้อยโรงงาน เพื่อทำการสร้างตัวแบบคณิตศาสตร์และทำการวิเคราะห์ปัญหาการขนส่งที่เหมาะสมทำให้ได้ต้นทุนที่ต่ำที่สุด และเพื่อเป็นการหาเส้นทางการขนส่งที่เหมาะสมที่สุด ทั้งนี้เนื่องมาจากเศรษฐกิจในปัจจุบันมีความปั่นป่วนและวิกฤติ มีการแข่งขันกันในด้านของการตลาดสูง รวมไปถึงราคาน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีแนวโน้มจะสูงขึ้นเรื่อยๆในอนาคต ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อต้นทุนในการขนส่ง แต่ถ้าหากมีการจัดการที่ดีพอในด้านการขนส่งก็จะช่วยให้ต้นทุนในส่วนนี้ลดลงได้ ซึ่งส่งผลดีทางอ้อมต่อเศรษฐกิจของภูมิภาคอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อศึกษาและใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับแก้ปัญหาการขนส่งของห่วงโซ่อุปทานอ้อยในเขตภาคเหนือตอนล่าง

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output)

ตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการขนส่งของห่วงโซ่อุปทานอ้อยในเขตภาคเหนือตอนล่าง

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome)

เพื่อศึกษาและวิเคราะห์หาต้นทุนการขนส่งอันเนื่องมาจากค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำที่สุดพร้อมทั้งการวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของฟังก์ชันต่อเนื่องจากตัวแบบคณิตศาสตร์ของห่วงโซ่อุปทานอ้อยในเขตภาคเหนือตอนล่าง

1.5 ขอบเขตของงานวิจัย

1.5.1 ด้านพื้นที่

1.5.1.1 ศึกษาเฉพาะอ้อยโรงงาน โรงงานน้ำตาล และพ่อค้าส่งในเขตพื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง ส่วนบริษัทส่งออกนั้นตั้งอยู่ที่กรุงเทพมหานครทั้งหมด

1.5.2 ด้านเนื้อหา

1.5.2.1 การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษาเฉพาะต้นทุนการขนส่งที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากค่าเชื้อเพลิงเท่านั้น

1.5.2.2 ปริมาณในการกระจายสินค้าในตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการขนส่งนั้นจะพิจารณาถึงความต้องการสินค้าในแต่ละจุด

1.5.3 ด้านห่วงโซ่อุปทาน

1.5.3.1 ศึกษากิจกรรมการขนส่งอ้อยจากผู้ปลูกอ้อยในแต่ละจังหวัดในภาคเหนือตอนล่างไปยังโรงงานน้ำตาลในเขตภาคเหนือตอนล่าง, กิจกรรมการขนส่งน้ำตาลจากโรงงานน้ำตาลไปยังพ่อค้าส่งในแต่ละจังหวัดของภาคเหนือตอนล่าง, และกิจกรรมการขนส่งน้ำตาลจากพ่อค้าส่งไปยังบริษัทส่งออกในกรุงเทพมหานคร ตามลำดับ

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ห่วงโซ่อุปทาน หมายถึง โครงข่ายที่มีการเชื่อมโยงเกี่ยวพันกัน ตั้งแต่ต้นน้ำ ไปจนถึงปลายน้ำ โดยมีการไหลของวัตถุดิบไปข้างหน้า และมีการไหลกลับของข้อมูลสารสนเทศ

2. โลจิสติกส์ หมายถึง กระบวนการในการวางแผน รวมไปถึงการควบคุมการไหลที่มีประสิทธิภาพ การกระจาย การขนส่ง การบำรุงรักษา ตั้งแต่ผู้ผลิตไปสู่ผู้บริโภค

3. การจัดการการขนส่ง (Transportation Management) หมายถึง การเคลื่อนย้ายสินค้าจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งให้สำเร็จเสร็จสิ้นอย่างสมบูรณ์ โดยใช้เวลาและค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดและให้สินค้าถึงจุดหมายปลายทางได้ในสถานที่ปลอดภัยและมีการเสียหายน้อยที่สุด

4. คอขวด (Bottle Neck) ในเชิงอุตสาหกรรมนั้นเป็นปัญหาที่เกิดจากการที่มีหน่วยงานใดๆ สายการผลิตใดๆหรือพนักงานคนใดก็ตามมีอัตราการผลิตที่ต่ำหรือช้ากว่าหน่วยงานอื่นๆ สายการผลิตอื่นๆหรือพนักงานคนอื่นๆ ทำให้มีงานหรือส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์มากองสะสมรอการผลิตจากหน่วยงานนั้นๆ, สายการผลิตนั้นๆหรือพนักงานคนนั้น นั่นคือจะทำให้การผลิตต้องชะลอลงหรือช้าลงตามไปด้วย และเนื่องจากการผลิตช้าลงนั่นเองส่งผลทำให้ได้ผลิตภัณฑ์น้อยกว่าที่ควรจะได้ หมายความว่าสูญเสียรายได้ที่ควรจะได้รับไป เพราะในวงการอุตสาหกรรมนั้นเวลาทุกวินาทีมีค่าเป็นเงินทั้งสิ้น ทั้งนี้ในด้านอื่นๆ นั้นปัญหาคอขวดก็มีลักษณะคล้ายคลึงกัน จะแตกต่างกันตรงปัจจัยต่างๆ หรือองค์ประกอบต่างๆ นั่นเอง สรุปคือ ปัญหาคอขวดนั้นมีลักษณะเหมือนกับขวดน้ำที่ตรงตัวขวดมีลักษณะกว้างกว่าบริเวณคอขวดซึ่งมีขนาดเล็กหากเปรียบให้น้ำเป็นผลิตภัณฑ์ การที่น้ำไหลออกมาได้มากก็เท่ากับว่าได้ผลิตภัณฑ์ออกมามาก แต่ถ้าหากคอขวดไม่กว้างเท่ากับตัวขวดแต่มีขนาดเล็กกว่า ส่งผลให้น้ำที่ควรจะไหลออกมาได้มากต้องไหลออกมาได้เท่ากับช่องที่ปลายขวดเท่านั้น

5. ยี่ปั๊ว เป็นคำที่ใช้เรียกบุคคลผู้ใดก็ตามซึ่งประกอบอาชีพที่มีลักษณะคล้ายกับพ่อค้าขายส่งในอุตสาหกรรมเกษตรต่างๆ นั่นคือ รับสินค้าจากโรงงานหรือตลาดกลางไปขายต่อให้กับร้านค้าย่อยต่างๆหรือขายให้กับพ่อค้าส่งอีกต่อหนึ่งเพื่อกินกำไร แล้วแต่ว่าเป็นอุตสาหกรรมอะไร ตัวอย่างเช่น ในอุตสาหกรรมอ้อยนี้ ยี่ปั๊วเป็นผู้ที่รับน้ำตาลทรายจากโรงงานน้ำตาลไปขายต่อยังร้านค้าปลีกหรือบริษัทส่งออก และร้านค้าปลีกหรือบริษัทส่งออกก็ขายน้ำตาลทรายให้กับผู้บริโภคหรือคู่ค้าอื่นๆอีกทีหนึ่ง

6. C.C.S. อ้อยก็เหมือนสินค้าเกษตรอื่นๆ คือมีเงื่อนไขในการรับซื้อ ราคาจะขึ้นอยู่กับน้ำหนักสินค้าและคุณภาพ ซึ่งลักษณะทางคุณภาพที่สำคัญของอ้อยก็คือความหวาน C.C.S. (ย่อมาจาก Commercial Cane Sugar) เป็นดัชนีวัดค่าความหวานของอ้อยที่สามารถแปลงเป็นน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ได้ เป็นเทคนิคในการวัดค่าความหวานที่ได้มาจากแนวคิดของประเทศออสเตรเลีย ซึ่งค่าหยาบๆที่ใช้อ้างอิงคือ 10 ต่อ 1 นั่นคืออ้อยสด 10 ส่วนเมื่อผ่านกระบวนการผลิตแล้วจะได้เป็นน้ำตาล 1 ส่วน โดยในแต่ละปีคณะรัฐมนตรีจะกำหนดราคาอ้อยขั้นต้นพร้อมกับระดับมาตรฐานของ C.C.S. รวมไปถึงเงื่อนไขการตัดเงิน เพื่อเป็นเกณฑ์ในการรับซื้อนั่นเอง และถ้าหากอ้อยของเกษตรกรคนใดมีระดับ C.C.S. ต่ำกว่าที่กำหนดก็จะถูกตัดเงินที่ควรจะได้ไปตามเงื่อนไขที่กำหนด ตัวอย่างเช่น ในปี 2550 คณะรัฐมนตรีกำหนดราคาอ้อยขั้นต้นตันละ 800 บาท ที่ 10 C.C.S. โดยมีเงื่อนไขการตัดเงิน 48 บาทต่อ 1 C.C.S. ที่ลดลง

1.7 สถานที่ในการดำเนินงานวิจัย

1. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
2. สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.8 ระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย

มิถุนายน 2552 - สิงหาคม 2553

1.9 ขั้นตอน และแผนการดำเนินงานวิจัย

ตารางที่ 1.3 แสดงแผนการดำเนินงานวิจัย (Gantt Chart)

ลำดับ	การดำเนินงาน	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.
1	ศึกษาหลักการและทฤษฎี															
2	ศึกษาทฤษฎีที่ใช้ในการคำนวณตัวแบบคณิตศาสตร์															
3	เก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องและวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น															
4	ใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์แก้ปัญหาการขนส่ง															
5	สรุปผลการดำเนินการวิจัยและข้อเสนอแนะ															

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

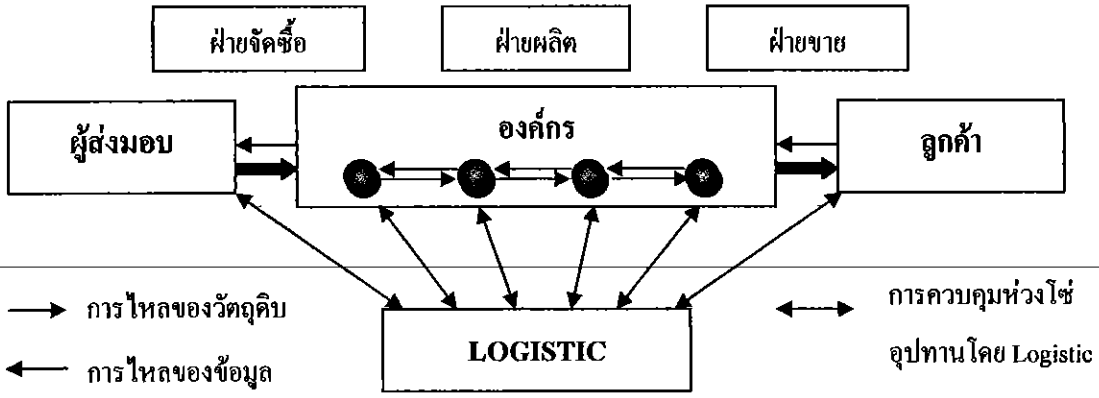
ในการศึกษาวิจัยเรื่อง การใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการขนส่งของห่วงโซ่อุปทานอ้อยนี้ ทางผู้วิจัยได้ทำการศึกษาทฤษฎี เอกสารและผลงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง สำหรับทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในงานวิจัย มีดังนี้ ทฤษฎีของโลจิสติกส์ (Logistics) และห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain), ทฤษฎีการขนส่ง, ทฤษฎีปัญหาการขนส่ง (Transportation problem), ทฤษฎีการวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis), ข้อมูลของอ้อยและกระบวนการผลิตน้ำตาลโดยสังเขป ซึ่งทฤษฎีทั้งหมดที่กล่าวมานั้นมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 ทำความเข้าใจเกี่ยวกับโลจิสติกส์ (Logistics) และห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain)

ในปัจจุบันมีผู้เข้าใจผิดว่าโลจิสติกส์นั้นครอบคลุมถึงระบบห่วงโซ่อุปทานแล้ว ซึ่งในความเป็นจริงนั้นสลับกันก็คือ ห่วงโซ่อุปทานหรือซัพพลายเชนนั้นกว้างใหญ่กว่าว่าด้วยโครงสร้างจากต้นน้ำถึงปลายน้ำ คือตั้งแต่วัตถุดิบจนถึงมือลูกค้า ส่วนโลจิสติกส์เป็นกิจกรรมห่วงโซ่อุปทานที่เราจะทำการบริหารจัดการโลจิสติกส์เพื่อให้ห่วงโซ่อุปทานดำเนินไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นคงต้องทำความเข้าใจว่าสองคำนี้ต้องไปด้วยกัน ไม่จำเป็นต้องหาความแตกต่าง

ความเข้าใจผิดประการที่ 2 ที่เกี่ยวกับโลจิสติกส์ก็คือ คนส่วนใหญ่เข้าใจว่าโลจิสติกส์คือการขนส่ง ซึ่งสังเกตได้จากการตั้งชื่อบริษัทรถขนส่งที่วิ่งไปวิ่งมาบนท้องถนน เช่น XXX โลจิสติกส์ คงต้องอธิบายว่า การขนส่งคือส่วนหนึ่งของโลจิสติกส์ เนื่องจากว่ากิจกรรมโลจิสติกส์นั้นว่าด้วยการจัดเก็บและเคลื่อนย้ายวัตถุดิบจนถึงมือผู้บริโภคในห่วงโซ่อุปทานนั้นมีกิจกรรมที่เห็นได้ในชีวิตประจำวันก็คือการขนส่ง จึงถูกเหมารวมว่าโลจิสติกส์นั้นคือการขนส่ง ซึ่งลืมมองถึงกิจกรรมตั้งแต่ต้นน้ำถึงปลายน้ำโดยรวมถึงการบริหารจัดการวัตถุดิบ การวางแผนจัดการการผลิต การจัดลำดับตารางการผลิต การจัดการวัสดุคงคลัง การจัดการโกดังสินค้า และการกระจายสินค้า ทั้งหมดนี้ล้วนเป็นกิจกรรมของโลจิสติกส์ทั้งสิ้น ไม่ใช่การขนส่งอย่างเดียว

อีกประการหนึ่งที่มีคนเข้าใจผิดก็คือการที่คนคิดว่าโลจิสติกส์นำมาใช้ในธุรกิจขนาดเล็กๆ (SMEs) ไม่ได้ ไม่เหมาะ เพราะเป็นหน่วยที่เล็กเกินไป โลจิสติกส์ควรใช้ในระดับประเทศ ซึ่งในความเป็นจริงแล้วแล้ว อะไรที่มีกิจกรรมการไหลของวัตถุดิบจนถึงมือผู้บริโภคนั้น การบริหารจัดการโลจิสติกส์จะเข้าไปถึงทั้งสิ้น ซึ่งจะแตกต่างกันตามการประยุกต์ใช้ แต่ทุกกรณีจะเริ่มจากการวิเคราะห์การไหลในห่วงโซ่อุปทานจึงจะทราบว่ากิจกรรมโลจิสติกส์ส่วนใดคือคอขวด (Bottle Neck) หรือจุดอ่อน (Weakest link) แล้วจึงเข้าไปรักษาซ่อมแซมในส่วนนั้นๆ



รูปที่ 2.1 แสดงการใช้โลจิสติกส์ในการควบคุมโซ่อุปทาน

ที่มา : http://www.pimtraining.com/wizContent.asp?wizConID=125 (2552)

โดยสรุปแล้วโลจิสติกส์คือ "การออกแบบและการจัดการระบบการควบคุมการเคลื่อนย้ายหรือการไหลของสินค้าและข้อมูลจากต้นทางไปยังผู้บริโภคอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล" หรือ "การเคลื่อนย้ายพัสดุและข้อมูลตั้งแต่วัตถุดิบไปจนเป็นสินค้าสำเร็จรูปจากต้นทางไปยังปลายทางจนถึงผู้บริโภคโดยมีการประสานงานแต่ละขั้นตอนอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล" ซึ่งจะเห็นว่าโลจิสติกส์นั้นจะครอบคลุมกิจกรรมและกระบวนการเคลื่อนย้ายสินค้าทั้งหมดทุกระดับและขั้นตอนการปฏิบัติการโดยวิธีการเชิงระบบ นอกจากนี้โลจิสติกส์จะถูกมองอย่างเป็นระบบและกระบวนการที่มีความต่อเนื่องเสมือนแม่น้ำที่ไหลผ่านภูมิประเทศที่แตกต่างกันไป ความแตกต่างของภูมิประเทศจึงไม่ใช่จุดสำคัญ แต่ว่าความสำคัญอยู่ที่การไหลของน้ำ ซึ่งในที่นี้ก็คือแบบโครงข่ายห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain Modeling) ซึ่งนิยามและความหมายของห่วงโซ่อุปทานและการบริหารห่วงโซ่อุปทานนั้นกล่าวได้โดยสังเขปดังนี้

David Heineke (2005) ได้ให้ความหมายว่า ห่วงโซ่อุปทานคือการวางแผนให้มีการจัดเก็บสินค้าคงคลังน้อยที่สุด แต่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ดีที่สุด ทำได้ยากมากในทางปฏิบัติและจะซับซ้อนมากเมื่อมีปัจจัยอื่นมาเกี่ยวข้อง เช่น มีคลังสินค้าหรือสถานที่จัดจำหน่ายสินค้าหลายแห่ง สินค้ามีอายุสั้น หรือโรงงานมีข้อจำกัด ดังนั้นข้อมูลจากทุกส่วน เช่น ประวัติการขาย คำสั่งซื้อจากลูกค้า การพยากรณ์การขาย ข้อมูลส่งเสริมการขาย ข้อมูลสินค้าที่จัดส่งจริงและปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องจำเป็นต้องปรับปรุงข้อมูลให้ถูกต้องตลอดเวลา เพื่อสามารถนำมาวิเคราะห์และวางแผนให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงที่สุด

วิทยา สุหฤทดำรง (2545) ให้ความหมายของห่วงโซ่อุปทานไว้ว่า ห่วงโซ่อุปทาน หมายถึง เครือข่ายธุรกิจที่มีแหล่งที่ตั้งอยู่กระจัดกระจายและเป็นเอกเทศต่อกันและกัน แต่ต้องร่วมกันในการวางแผนและดำเนินการจัดหาร้านค้าและบริการให้กับลูกค้า ห่วงโซ่อุปทานหนึ่งๆจะครอบคลุมการดำเนินการที่เกิดขึ้นตั้งแต่แหล่งวัตถุดิบเรื่อยไปผู้บริโภคขั้นสุดท้าย

ดังนั้น โดยรวมแล้วห่วงโซ่อุปทานหมายถึง การเคลื่อนย้ายของวัตถุดิบ สินค้า บริการ สารสนเทศ และค่าตอบแทนจากผู้ขายปัจจัยการผลิตรายแรก ผ่านการแปรรูปขององค์กรจนถึงผู้ใช้ประโยชน์จากสินค้าหรือบริการนั้น การเคลื่อนย้ายนี้อาจเป็นไปได้ 2 ทิศทาง เช่น การคืนสินค้าหรือการจ่ายสินค้าหรือบริการ นอกจากนี้ห่วงโซ่อุปทานในปัจจุบันยังรวมไปถึงขั้นตอนการใช้ประโยชน์จากสินค้าหรือบริการของลูกค้าจนกระทั่งสินค้านั้นหมดสภาพ และต้องนำไปแปรสภาพอย่างถูกต้องไม่ให้เกิดมลภาวะ

โดยทั่วไปแล้วห่วงโซ่อุปทานประกอบด้วยจุดที่สำคัญๆ คือ

ผู้ส่งมอบ (Suppliers) หมายถึงผู้ที่ส่งวัตถุดิบให้กับโรงงานหรือหน่วยบริการ เช่น เกษตรกรที่ปลูกพืชต่างๆ โดยที่เกษตรกรเหล่านี้จะนำผลผลิตไปส่งโรงงานแปรรูปที่แตกต่างกันไปเพื่อแปรรูปผลผลิตนั้นๆ

โรงงานผู้ผลิต (Manufacturers) หมายถึงผู้ที่ทำหน้าที่ในการแปรสภาพวัตถุดิบที่ได้รับจากผู้ส่งมอบ ให้มีคุณค่าสูงขึ้น

ศูนย์กระจายสินค้า (Distribution Centers) หมายถึงจุดที่ทำหน้าที่ในการกระจายสินค้าไปให้ถึงมือผู้บริโภคหรือลูกค้า ที่ศูนย์กระจายสินค้าหนึ่งๆอาจจะมีสินค้าที่มาจากหลายโรงงานการผลิต เช่น ศูนย์กระจายสินค้าของซุปเปอร์มาร์เก็ตต่างๆซึ่งจะมีสินค้าที่มาจากโรงงานหรือบริษัทที่แตกต่างกัน

ร้านค้าย่อยและลูกค้าหรือผู้บริโภค (Retailers or Customers) คือจุดปลายสุดของโซ่อุปทานซึ่งเป็นจุดที่สินค้าหรือบริการต่างๆจะต้องถูกใช้จนหมดมูลค่าและโดยที่ไม่มีการเพิ่มคุณค่าให้กับสินค้าหรือบริการนั้นๆอีก

2.2 การขนส่ง

การขนส่งเป็นการเคลื่อนย้ายบุคคลหรือสิ่งของจากสถานที่หนึ่งไปอีกสถานที่หนึ่ง โดยทางบก ทางน้ำหรือทางอากาศ หากเป็นการเคลื่อนย้ายบุคคลเราจะเรียกว่าการขนส่งผู้โดยสาร และหากเป็นการเคลื่อนย้ายสิ่งของหรือสัตว์เราจะเรียกว่าการขนส่งสินค้า ซึ่งการขนส่งนั้นมีบทบาทที่สำคัญในการสนับสนุนการกระจายสินค้าเข้าสู่ตลาด เพราะการขนส่งทำหน้าที่ในการเคลื่อนย้ายปัจจัยการผลิตจากแหล่งผลิตต่างๆมาสู่โรงงานเพื่อใช้ในการผลิตสินค้า เมื่อผลิตเป็นสินค้าสำเร็จรูปแล้ว ก็นำมาเก็บไว้คลังสินค้าเพื่อจัดส่งผ่านไปยังพ่อค้าคนกลาง จนกระทั่งถึงผู้บริโภค นอกจากนี้การขนส่งยังมีผลต่อต้นทุนรวมในการสนับสนุนการกระจายสินค้าสู่ตลาดอีกด้วย เพราะค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าถือเป็นต้นทุนส่วนหนึ่งในการนำมากำหนดราคาสินค้าที่จำหน่ายในตลาด

รูปที่ 2.2 การขนส่งในรูปแบบต่างๆ

ที่มา : ยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบโลจิสติกส์ของประเทศไทย, 2550

ประเภทของการขนส่งต่างๆมีดังต่อไปนี้

1) การขนส่งทางรถไฟ

2) การขนส่งทางรถยนต์หรือรถประจำทาง

3) การขนส่งทางอากาศ

4) การขนส่งทางน้ำ

5) การขนส่งทางท่อ

ซึ่งในแต่ละประเภทจะมีความแตกต่างกันในหลายๆด้านขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ รวมไปถึงการตัดสินใจของผู้ที่ต้องการขนส่งสินค้าเอง เช่น ต้นทุนในการขนส่งโดยเครื่องบินอาจจะมีค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างสูงแต่มีระยะเวลาที่ใช้ในการขนส่งที่สั้น รวดเร็วและปลอดภัยกว่าขนส่งโดยรถบรรทุก เป็นต้น ซึ่งรายละเอียดของต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งนั้นสามารถพิจารณาได้หลายทางขึ้นอยู่กับหน่วยในการวิเคราะห์ ต้นทุนค่าขนส่งสามารถแบ่งประเภทได้ตามลูกค้า ผลิตภัณฑ์หรือช่องทางการจัดจำหน่าย ต้นทุนชนิดนี้จะแปรผันตามปริมาณการขนส่ง น้ำหนัก และระยะทางระหว่างจุดต้นทางกับปลายทาง นอกจากนี้ต้นทุนยังแปรผันไปตามวิธีการขนส่งอีกด้วย ตัวอย่างของต้นทุนการขนส่งซึ่งประกอบไปด้วยส่วนที่เป็นค่าใช้จ่ายและต้นทุนต่างๆมีดังนี้ เช่น

- ค่าระวาง
- ค่าแรงคนขับรถ
- ค่าแรงของคนวางแผน
- ค่าเช่ารถ

- ค่าซ่อมบำรุง
- ค่าธรรมเนียมขนส่งของผู้รับจ้างขนส่ง
- ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง
- ภาษี
- ค่ารักษาความปลอดภัย
- ค่าวัสดุที่ใช้ในการหีบห่อ
- ต้นทุนที่เกิดจากการมีรถขนส่ง
- ต้นทุนที่เกิดจากการมีอุปกรณ์ซ่อมบำรุง เป็นต้น

2.3 ต้นทุนโลจิสติกส์

ต้นทุนส่วนของโลจิสติกส์แบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท คือ ต้นทุนการบริการ ต้นทุนการถือครองสินค้าคงคลัง ต้นทุนการจัดการคลังสินค้า และต้นทุนการขนส่ง ซึ่งแต่ละประเภทมีรายละเอียดดังนี้

2.3.1 ต้นทุนค่าขนส่ง

เป็นต้นทุนที่เกิดจากกิจกรรมด้านการขนส่ง ซึ่งสามารถพิจารณาได้หลายทางขึ้นอยู่กับหน่วยในการวิเคราะห์ ต้นทุนค่าขนส่งสามารถแบ่งประเภทได้ตามลูกค้า ผลิตภัณฑ์ ช่องทางการจัดจำหน่าย ต้นทุนชนิดนี้จะแปรผันตามปริมาณการขนส่ง น้ำหนัก ระยะทางระหว่างจุดต้นทางกับปลายทาง นอกจากนี้ต้นทุนยังแปรผันไปตามวิธีการขนส่งอีกด้วย

2.3.2 ต้นทุนคลังสินค้า

เป็นต้นทุนที่เกิดจากกิจกรรมในคลังสินค้าและการจัดเก็บสินค้า ต้นทุนคลังสินค้านี้จะแปรผันไปตามจำนวนและสถานที่ตั้งของคลังสินค้า กิจกรรมภายในคลังสินค้า มีดังนี้

2.3.2.1 การเคลื่อนย้าย (Movement) กล่าวรวมถึง การรับสินค้าเข้า การถ่ายโอนสินค้าเพื่อจัดเก็บไปยังคลังสินค้าหรือเพื่อส่งออกไปให้แก่ลูกค้า การเลือกหยิบสินค้าเพื่อเตรียมส่งให้กับลูกค้าตามคำสั่งซื้อ การส่งสินค้าผ่านคลังซึ่งจะส่งผ่านจุดที่รับสินค้าเข้าและจุดที่ส่งสินค้าออก และการบรรจุหีบห่อ

2.3.2.2 การจัดเก็บ (Storage) ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ การจัดเก็บชั่วคราว (Temporary storage) ซึ่งจัดเก็บสินค้าคงคลังตามปกติเท่าที่จำเป็น และการจัดเก็บกึ่งถาวร (Semi – permanent storage) เป็นการจัดเก็บสินค้าคงคลังที่เกินกว่าความต้องการตามปกติ หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า สินค้ากันชนหรือสินค้าปลอดภัย (Buffer or Safety stock)

2.3.2.3 การถ่ายโอนข้อมูล (Information Transfer) จัดเป็นหน้าที่สำคัญอย่างหนึ่งของการจัดการคลังสินค้า ซึ่งเกิดขึ้นไปพร้อมๆ กับการเคลื่อนย้ายและการจัดเก็บสินค้า

2.3.3 ต้นทุนในการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง (Inventory Carrying Cost)

กิจกรรมที่ทำให้ต้นทุนในการเก็บรักษาสินค้าคงคลังเพิ่มสูงขึ้น ได้แก่ การควบคุมสินค้าคงคลัง การซ่อมแซมสินค้าที่ชำรุด การบรรจุภัณฑ์ เป็นต้น ส่วนใหญ่แล้วต้นทุนในการเก็บรักษาสินค้าคงคลังจะแปรผันกับปริมาณสินค้าคงคลัง ต้นทุนในการเก็บรักษาสินค้าหลักๆ ได้แก่

- ต้นทุนเงินทุน (Capital Cost) และต้นทุนค่าเสียโอกาส (Opportunity Cost)
- ต้นทุนในการดูแลสินค้า
- ต้นทุนพื้นที่จัดเก็บสินค้า
- ต้นทุนความเสี่ยงจากการจัดเก็บสินค้า

2.3.4 ต้นทุนการบริการ (Administration Cost)

ต้นทุนการบริหารเกิดจากกิจกรรมหลัก 3 ประเภท ได้แก่

2.3.4.1 ระดับการให้บริการ (Customer service level) เป็นปัจจัยที่สำคัญในการพิจารณากำหนดระดับการให้บริการลูกค้า ซึ่งส่งผลอย่างมากต่อความพึงพอใจลูกค้าต่อองค์กร

2.3.4.2 ต้นทุนกระบวนการสั่งซื้อและระบบสารสนเทศ (Order processing and information costs) ได้แก่ ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสั่งซื้อ และการพยากรณ์อุปสงค์

2.3.4.3 ต้นทุนปริมาณ (Lot quantity cost) ได้แก่ การจัดซื้อและการผลิตซึ่งผันแปรไปตามการเปลี่ยนแปลงในปริมาณสินค้าหรือความถี่ในการสั่งซื้อ

2.4 ตัวแบบการขนส่ง (Transportation Model)

ตัวแบบการขนส่งเป็นเทคนิคการโปรแกรมชนิดพิเศษ ที่ออกแบบมาเพื่อใช้แก้ปัญหาการขนส่ง ซึ่งเป็นปัญหาเกี่ยวกับการกระจายหรือจัดส่งสินค้าจากแหล่งกำเนิดต้นทาง ไปยังจุดปลายทางหลายจุด ซึ่งปกติแล้วจะทราบกำลังการผลิตสินค้าของจุดต้นทาง ความต้องการสินค้า (Demand) ของจุดปลาย รวมทั้งต้นทุนการขนส่งต่อหน่วยในแต่ละเส้นทางที่เป็นไปได้ทั้งหมด โดยมีวัตถุประสงค์คือ กำหนดหาเส้นทางและภาระการขนส่งในแต่ละเส้นทาง ที่จะทำให้เกิดต้นทุนการขนส่งรวมต่ำสุด ซึ่งปัญหาการขนส่งนั้นสามารถหาคำตอบได้โดยการใช้ตัวแบบการโปรแกรมเชิงเส้นปกติหาคำตอบได้ แต่การคำนวณด้วยมือนั้นจะซับซ้อน ดังนั้นตัวแบบการขนส่งจึงได้รับการพัฒนาขึ้นมาเพื่อทำให้การแก้ปัญหาการขนส่งด้วยมือทำได้ง่ายและรวดเร็วขึ้น

2.4.1 รูปแบบของปัญหาการขนส่ง

รูปแบบของปัญหาการขนส่งโดยทั่วไปจะประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ดังนี้

1) แหล่งที่เป็นจุดต้นทาง (Sources) ได้แก่ โรงงานหรือแหล่งวัตถุดิบที่จะใช้ในการผลิตสินค้าชนิดใดชนิดหนึ่งหรือหลายชนิด อาจจะมีแหล่งต้นทางอยู่หลายแหล่งซึ่งมีความสามารถในการผลิตหรือมีปริมาณวัตถุดิบไม่เท่ากัน

2) แหล่งที่เป็นจุดปลายทาง ได้แก่ แหล่งที่มีความต้องการ (Demand) วัตถุดิบหรือสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ เช่น โรงงานหรือคลังสินค้า อาจจะมีหลายแหล่งหรือแหล่งเดียวก็ได้

3) ค่าขนส่ง เป็นต้นทุนที่เกิดจากการขนส่งจากแหล่งที่เป็นจุดต้นทางไปยังจุดปลายทาง ซึ่งการขนส่งระหว่างแต่ละจุดจะมีอัตราที่แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับระยะทางและลักษณะภูมิศาสตร์ของจุดต้นทางและจุดปลายทางแต่ละจุด

ตัวแบบการขนส่งเป็นการโปรแกรมเชิงเส้นชนิดพิเศษที่ออกแบบมาเพื่อใช้แก้ปัญหาการขนส่งโดยเฉพาะ ซึ่งมีขั้นตอนโดยสรุปดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 สรุปปัญหาการขนส่งให้อยู่ในรูปตารางการขนส่ง

ขั้นที่ 2 นำปัญหาการขนส่งที่อยู่ในรูปตารางการขนส่งไปหาคำตอบขั้นต้น โดยเลือกวิธีใดวิธีหนึ่งต่อไปนี้

1) วิธี Northwest Corner Method หรือ NWC

2) วิธี Least Cost Method

3) วิธี Vogal's Approximation Method หรือ VAM

ขั้นที่ 3 นำคำตอบขั้นต้นที่ได้ในขั้นที่ 2 ไปทดสอบหาคำตอบดีที่สุด โดยเลือกวิธีใดวิธีหนึ่งต่อไปนี้

1) วิธี Stepping - Stone

2) วิธี MODI (Modified Distribution Method)

2.4.2 ตารางการขนส่ง

เป็นจุดเริ่มต้นของตัวแบบการขนส่งและสามารถใช้ได้กับปัญหาการขนส่งทุกปัญหา เพราะต้องสรุปปัญหาการขนส่งให้อยู่ในรูปตารางการขนส่งนี้เสียก่อน โดยตารางการขนส่งประกอบด้วยส่วนประกอบดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 จุดต้นทางและกำลังการผลิตหรืออุปทาน นำเสนอในแถว (Rows) ของตารางการขนส่ง

ส่วนที่ 2 จุดปลายทาง และความต้องการหรืออุปสงค์ นำเสนอในแนวตั้ง (Columns) ของตารางการขนส่ง

ส่วนที่ 3 เส้นทางการขนส่ง และต้นทุนการขนส่งต่อหน่วยแต่ละเส้นทาง นำเสนอในช่องสี่เหลี่ยม (Cells) ที่เป็นจุดตัดของแต่ละจุดต้นทางและแต่ละจุดปลายทาง สำหรับต้นทุนการขนส่งต่อหน่วยนั้นนำเสนอเป็นสี่เหลี่ยมเล็กมุมขวาบนของสี่เหลี่ยมใหญ่ โดยที่ C11 หมายถึงต้นทุนของการขนส่งต่อหน่วยเส้นทางที่ 11 ส่วน C อื่นๆมีความหมายในทำนองเดียวกัน (ดูรูปที่ 2.3)

ถึง / จาก	ปลายทาง 1	ปลายทาง 2	ปลายทาง 3	อุปทาน
ต้นทาง 1	C1 เส้นทาง 11	C1 เส้นทาง 12	C1 เส้นทาง 13	ปริมาณต้นทาง 1
ต้นทาง 2	C2 เส้นทาง 21	C2 เส้นทาง 22	C2 เส้นทาง 23	ปริมาณต้นทาง 2
ต้นทาง 3	C3 เส้นทาง 31	C3 เส้นทาง 32	C3 เส้นทาง 33	ปริมาณต้นทาง 3
อุปสงค์	ปริมาณปลายทาง 1	ปริมาณปลายทาง 2	ปริมาณปลายทาง 3	ปริมาณรวม

รูปที่ 2.3 รูปแบบของตารางการขนส่ง

ที่มา : สำราญ บุญเจริญ (2552)

2.4.3 การหาคำตอบขั้นต้น

ในขั้นตอนนี้มีวิธีทำทั้งหมด 3 วิธีคือ

2.4.3.1 วิธี Northwest Corner Method

เป็นการหาคำตอบเบื้องต้นด้วยวิธีตามกฎของมุมทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และนับว่าเป็นวิธีที่ง่ายที่สุด โดยจะพิจารณาในด้านจำนวนสินค้าเท่านั้น จะไม่พิจารณาด้านค่าใช้จ่ายในการขนส่งเลย ซึ่งมีขั้นตอนและหลักเกณฑ์ในการหาคำตอบเบื้องต้น ดังนี้

1) เริ่มต้นการพิจารณาจากช่องในมุมบนซ้ายมือของตารางการขนส่ง (เส้นทาง 11) เป็นช่องทางแรกที่จะทำการขนส่ง ส่วนปริมาณการขนส่งจะพิจารณาจากขีดจำกัดในด้าน

อุปทานและอุปสงค์ ซึ่งแสดงอยู่ที่ปลายแถวนอนที่ 1 และปลายคอลัมน์ที่ 1 โดยจะเลือกตัวเลขที่มีค่าต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบระหว่างอุปสงค์และอุปทานซึ่งอยู่ปลายคอลัมน์และปลายแถวนอนนั้น

2) เมื่อเติมตัวเลขในข้อ 1 แล้วให้พิจารณาว่าปริมาณที่เติมแล้วนั้นเต็มขีดจำกัดของแถวนอนและคอลัมน์แล้วหรือยัง ถ้าเต็มที่แล้วให้เลื่อนลงมาพิจารณาเติมตัวเลขครั้งที่ 2 ในแถวนอนที่ 2 และคอลัมน์ที่ 2 ถัดมา แต่ถ้าตัวเลขที่เติมในครั้งที่ 1 ยังไม่เต็มขีดจำกัดด้านอุปทาน จะเลื่อนไปเติมตัวเลขครั้งที่ 2 ในแถวนอนที่ 1 และคอลัมน์ที่ 2 (เส้นทาง 12) แต่ถ้าตัวเลขที่เติมในครั้งที่ 1 ยังไม่เต็มขีดจำกัดด้านอุปสงค์แล้วจะเติมตัวเลขครั้งที่ 2 ในแถวนอนที่ 2 และคอลัมน์ 1 (เส้นทาง 21) สำหรับปริมาณที่จะเติมในครั้งที่ 2 จะเป็นตัวเลขที่มีค่าต่ำที่สุดเมื่อมีการเปรียบเทียบระหว่างขีดจำกัดด้านอุปสงค์และอุปทานที่อยู่ปลายคอลัมน์และปลายแถวนอนที่จะเติมตัวเลขนั้น

3) ดำเนินการตามข้อ 2 ซ้ำจนกว่าจะเติมตัวเลขในตารางได้ครบถ้วนภายใต้ข้อจำกัดด้านอุปทานและอุปสงค์

2.4.3.2 วิธี Least Cost Method

วิธีต่ำสุดใช้หลักการจัดสรรภาระให้กับเส้นทางที่มีต้นทุนการขนส่งต่อหน่วยต่ำสุด ซึ่งขั้นตอนการหาคำตอบขั้นต้นของวิธีนี้คือ

1) ให้ค้นหาเส้นทางที่มีต้นทุนการขนส่งต่อหน่วยต่ำที่สุด จากนั้น จัดสรรภาระการขนส่งให้กับเส้นทางนั้นมากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ ตามเงื่อนไขข้อจำกัดของอุปสงค์และอุปทาน แล้วตัดจุดต้นทาง และ/หรือ จุดปลายทางที่ใช้งานหรือได้รับการตอบสนองครบแล้วออกจากการพิจารณา

2) ย้อนกลับไปขั้นที่ 1 ใหม่จนอุปสงค์ทั้งหมดได้รับการตอบสนอง

2.4.3.3 วิธี Vogal's Approximation Method หรือ VAM

วิธี VAM นั้นใช้หลักแนวคิดต้นทุนค่าปรับ (Penalty cost) หรือ ค่าเสียโอกาส ซึ่งต้นทุนค่าปรับก็คือ ผลต่างระหว่างต้นทุนเส้นทางที่มีค่ามากที่สุดกับมากรองลงไปในแถวหรือแนวตั้ง ถ้าผู้ทำการตัดสินใจตัดสินใจผิดพลาดในการเลือกเส้นทางจากกลุ่มของเส้นทางทั้งหมด ค่าปรับอาจจะเกิดขึ้นได้ (และผู้ทำการตัดสินใจอาจจะเสียโอกาสในการตัดสินใจนั้น) ในปัญหาการขนส่งกลุ่มของการกระทำ คือ เส้นทางการเลือกและการตัดสินใจที่ผิด คือ การจัดสรรภาระให้กับเส้นทางที่ไม่ได้มีต้นทุนต่ำที่สุด ดังนั้น ในวิธี VAM จะจัดสรรภาระการขนส่งให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ให้กับเส้นทางที่มีต้นทุนต่ำสุดในแถว หรือแนวตั้งที่มีต้นทุนค่าปรับสูงสุด ซึ่งขั้นตอนโดยสรุปของวิธี VAM นั้นมีดังนี้

1) กำหนดหาต้นทุนค่าปรับในแต่ละแถวหรือแนวตั้งโดยการนำต้นทุนเส้นทางต่ำที่สุดในแถวหรือแนวตั้งนั้น ไปลบออกจากต้นทุนเส้นทางที่มีต้นทุนต่ำสุดรองลงไปของแถวหรือแนวตั้งเดียวกัน

2) คัดเลือกแถวหรือแนวตั้งที่มีต้นทุนค่าปรับสูงที่สุด

3) จัดสรรภาระการขนส่งให้กับเส้นทางที่เป็นไปได้ ที่มีต้นทุนการขนส่งต่อหน่วยต่ำสุดซึ่งอยู่ในแถวหรือแนวตั้งที่มีต้นทุนค่าปรับสูงที่สุด

4) ย้อนกลับไปขั้นที่ 1 ขั้นที่ 2 และขั้นที่ 3 จนกว่าความต้องการของจุดปลายทางทั้งหมดได้รับการตอบสนอง

2.4.4 การหาคำตอบที่ดีที่สุด

เป็นวิธีการที่ใช้ตรวจสอบว่าคำตอบที่ได้จากวิธี NWC ,วิธี Least Cost Method และวิธี VAM นั้นเป็นคำตอบที่ดีที่สุดหรือไม่ ซึ่งมีวิธีตรวจสอบ 2 วิธีคือ

2.4.4.1 วิธี Stepping Stone

ก่อนอื่นกำหนดให้ช่องที่ได้รับการจัดสรรตัวเลขผลเฉลยเบื้องต้นเรียกว่า Stone Cell และช่องที่ไม่ได้รับการจัดสรรตัวเลขลงไปเรียกว่า Water Cell จากนั้นเมื่อทำการระบุ Stone cell และ Water cell แล้ว จะตรวจสอบว่ายังสามารถหาคำตอบที่ประหยัดสุดอีกได้หรือไม่ด้วยวิธีการ Stepping Stone ดังนี้

1) ตรวจสอบ Stone Cell ต้องมีค่าเท่ากับ m + n - 1 ถ้าไม่ใช่แสดงว่าเป็นกรณี Degenerate ถ้าใช่ทำต่อในข้อถัดไป

2) เริ่มต้นที่ Water Cell ที่จะทำการทดสอบ

3) เลือกออกมาทีละช่องเพื่อสร้าง Loop ในการเปลี่ยนแปลงค่า เริ่มจาก Water Cell ที่ต้องการทดสอบเคลื่อนที่เข้าหาช่อง Stone Cell สร้างเป็น Loop ที่ย้อนกลับมาที่เดิม

4) ที่ช่องเริ่มต้นใส่เครื่องหมาย (+) ตัว Stone Cell ตัวถัดมาให้เครื่องหมาย (-) ทำอย่างนี้สลับกันไปจนครบวงจร

5) พิจารณาตัวเลขที่จะเปลี่ยนแปลงโดยนำค่าขนส่งมาทำการคำนวณซึ่งมีเครื่องหมาย + และ – ตามที่ใส่ลงไป ผลที่ได้จะเป็นเลขดัชนีการพัฒนาคำตอบ (Improve Index) ซึ่งเป็นการแสดงต้นทุนการขนส่งที่เปลี่ยนแปลงไป 1 หน่วย เช่นจาก Loop ที่เปลี่ยนแปลงจาก Water Cell (1,1) มีค่าดัชนีการพัฒนาคำตอบเท่ากับ -5 หมายความว่าเมื่อมีการขนส่งในช่อง (1,1) 1 หน่วย จะทำให้ต้นทุนการขนส่งลดลง 5 หน่วย ในทางกลับกันถ้าดัชนีการพัฒนาคำตอบเป็นค่าบวกจะทำให้ต้นทุนการขนส่งเพิ่มขึ้น 5 หน่วย ถ้าดัชนีการพัฒนาคำตอบเป็น 0 หมายความว่า เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการขนส่งจะไม่ทำให้ค่าขนส่งเปลี่ยนแปลง ซึ่งสามารถตรวจสอบผลของถ้าดัชนีการพัฒนาคำตอบได้ดังนี้

ก) พิจารณาดัชนีที่เป็นค่าลบที่มีค่ามากที่สุด (ตัวเลขน้อยที่สุด) โดยดิดเครื่องหมายของสายใดที่มีดัชนีน้อยที่สุดนี้จะเป็น Loop แรกที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าขนส่ง การที่เลือกเลขดัชนีที่มีตัวเลขน้อยที่สุดเพราะจะเป็นช่องที่จะประหยัดมากที่สุดมากที่สุดที่จะเป็นไปได้

และในกรณีที่มีดัชนีที่มีตัวเลขน้อยที่สุด 2 จำนวนจะเลือกสายใดในการเป็นการเปลี่ยนแปลงก่อนก็ได้

ข) พิจารณาเปลี่ยนแปลงปริมาณการขนส่งจากตัวเลขปริมาณการขนส่งที่น้อยที่สุดในช่องที่มีเครื่องหมายลบ แล้วนำจำนวนดังกล่าวนี้ไปบวกลบกับตัวเลขปริมาณการขนส่งเดิมตามเครื่องหมายในแต่ละช่องที่ใส่ไว้

6) ทำซ้ำขั้นที่ 4 จนกระทั่งค่าดัชนีการพัฒนาเป็นบวกหรือศูนย์แสดงว่าได้คำตอบดีที่สุดแล้ว จึงคำนวณค่าขนส่งทั้งหมด

2.4.4.2 วิธี Modified Distribution (MODI)

วิธีของ MODI จะแตกต่างกับ Stepping Stone ตรงที่การหาฐานของค่าขนส่งซึ่งจะทำให้ง่ายกว่าและเร็วกว่า โดยอาศัยหลักการสมมติค่าแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรฐานและหาค่าขนส่งจากความสัมพันธ์นี้ แล้วตรวจดูว่าได้ผลลัพธ์ตามเป้าหมายหรือยัง ถ้ายังไม่ได้ผลลัพธ์ตามเป้าหมายก็ให้ไปทำในข้อ ข) ของวิธี Stepping Stone ซึ่งขั้นตอนวิธีของ MODI มีดังนี้คือ

1) ให้ u_i เมื่อ $i=1,2,...,m$ และ v_j เมื่อ $i=1,2,...,n$ เป็นค่าสมมติที่ $u_i + v_j = C_{ij}$ ในช่องคำตอบของตัวแปรฐาน

2) สมมติให้ u_i ของแถวที่ i ที่มีจำนวนตัวแปรฐานอยู่ในแถวนั้นมากที่สุดมีค่าเป็น 0 แล้วแก้สมการหาค่า u_i และ v_j

3) จาก u_i และ v_j ที่หาได้ทำการหาค่าขนส่ง (C_{ij}) โดยใช้ $C_{ij} - (u_i + v_j)$

ก) ถ้าผลลัพธ์ที่ได้เป็นค่าบวกทุกตัวแสดงว่าได้ผลลัพธ์ตามเป้าหมายที่ต่ำสุดแล้ว (ในทางตรงข้ามถ้าผลลัพธ์ที่ได้เป็นค่าลบทุกตัวแสดงว่าได้ผลลัพธ์ตามเป้าหมายที่สูงสุด)

ข) ถ้ายังมีค่าที่ยังเป็นลบอยู่ให้กลับไปทำในขั้นตอนที่ ข) ของวิธี Stepping Stone

2.5 การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis)

เป็นการทดสอบความมั่นคงของข้อสรุปที่ได้จากการวิเคราะห์บนพิสัยของการประมาณค่าความน่าจะเป็น การใช้ดุลพินิจเกี่ยวกับตัวเลขต่างๆ ตลอดจนข้อสมมติพื้นฐานที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ครั้งนั้น ทั้งนี้โดยการแทนที่ข้อสมมติ หรือตัวเลขตัวใหม่ ซึ่งแตกต่างไปจากเดิมในระดับที่กำหนดหรือต้องการทดสอบ ลงไปแทนข้อสมมติหรือตัวเลขที่ใช้อยู่เดิมในการประมาณการงบประมาณ และทำการคำนวณใหม่อีกครั้ง แล้วพิจารณาผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ว่า แตกต่างไปจากเดิมมากน้อยเพียงใด หากผลการวิเคราะห์ไม่แตกต่างไปจากเดิมมากนัก หรือแตกต่างเพียงเล็กน้อยในระดับที่ไม่มีผลในทางปฏิบัติ อาจกล่าวได้ว่า วิธีการที่ใช้วิเคราะห์ต้นทุนหรือประมาณการงบประมาณนั้นมีความมั่นคง ไม่อ่อนไหว ได้ผลการวิเคราะห์ที่น่าเชื่อถือและถูกต้อง แต่หาก

ผลลัพธ์ที่ได้แตกต่างจากเดิมมาก จะทำให้เกิดความไม่มั่นใจในความน่าเชื่อถือและความถูกต้องของผลการวิเคราะห์ที่ได้มาก่อนหน้า เช่น ในการบริหารโรงพยาบาลหลายครั้งจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบปัจจัยด้านการบริหารที่ส่งผลถึงรายรับและรายจ่ายของการบริการ ทั้งโดยตรงและโดยอ้อมได้ ผู้บริหารโรงพยาบาลที่ต้องตัดสินใจโดยมีข้อมูล มักต้องการทราบผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวที่จะเกิดต่อรายรับและรายจ่ายของการบริการได้ การจัดทำงบประมาณที่ถูกต้อง แม่นยำ เป็นการทำงานที่มีความละเอียดอ่อน ต้องอาศัยข้อมูลในเรื่องต่างๆ จากแหล่งต่างๆเป็นจำนวนมาก ต้องมีข้อมูลในด้านโครงสร้างองค์การ หน่วยงาน ต้นทุนประเภทต่างๆ การให้บริการระหว่างกัน การจัดสรรกระจายต้นทุน ตลอดจนการประมาณการจำนวนครั้งและลักษณะของการบริการที่ให้แก่ผู้ป่วย ข้อมูลเหล่านี้หลายกรณีเป็นข้อเท็จจริงที่สามารถวัดสังเกต หรือประเมินได้โดยตรงอย่างเป็นรูปธรรม อย่างไรก็ตาม ข้อมูลบางประการอาจไม่สามารถใช้ตัววัดหรือค่าตัวเลขที่แท้จริงได้ เนื่องจากวัดได้ยาก ไม่สามารถวัดได้ หรือไม่คุ้มค่าที่จะวัด จึงจำเป็นต้องใช้ตัวแทน ใช้การประมาณค่า ตั้งเป็นข้อสมมติหรือกำหนดข้อตกลงเบื้องต้นเป็นพื้นฐานของการวิเคราะห์ ซึ่งย่อมแน่นอนว่าการใช้ตัวเลขประมาณค่าตัวแทนหรือข้อสมมติ ที่ย่อมมีโอกาสไม่เป็นความจริง และส่งผลทำให้ผลของการวิเคราะห์ผิดพลาดได้

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

1. หาคำตอบใหม่ตั้งแต่ต้นซึ่งจะทำให้เสียเวลามาก
2. ใช้คุณสมบัติของปัญหาเดิมและปัญหาควบคู่ช่วยในการวิเคราะห์เพื่อหาคำตอบใหม่

2.6 ข้อมูลและรายละเอียดของอ้อยและกระบวนการผลิตน้ำตาลโดยสังเขป

รูปที่ 2.4 อ้อย

ที่มา : สารสนเทศส่งเสริมการเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร (2552)

เนื่องจากการเพาะปลูกอ้อยของเกษตรกรไทยในปัจจุบันยังคงอาศัยความสมบูรณ์ของดินและปริมาณน้ำจากธรรมชาติเป็นสำคัญ การปลูกอ้อยจึงจำเป็นต้องทำเป็นฤดูกาล โดยเมื่อขั้นตอนการปลูกอ้อยมีรายละเอียดดังนี้

1) ต้องเป็นที่น้ำไม่ท่วมตลอดทุกฤดูกาล น้ำท่วมระยะสั้น อาจทำให้การเจริญเติบโตลดลง เป็นผลให้ผลผลิตลดลงด้วย ถ้าน้ำท่วมเป็นเวลานานอ้อยอาจตาย นอกจากนี้ต้องไม่เป็นที่ลาดชันเกินไป เพราะนอกจากจะไม่สะดวกต่อการใช้เครื่องมือแล้วยังทำให้ดินพังทลายเมื่อมีฝนตกมากอีกด้วย

2) มีถนนหนทางที่ใช้สัญจรไปมาได้สะดวกทุกฤดูกาล และถนนนั้นจะต้องสามารถรับน้ำหนักรถบรรทุกอ้อยได้ด้วย มิฉะนั้นอาจทำให้เกิดปัญหาเรื่องการขนส่งอ้อย

3) ไร่ที่อยู่ใกล้โรงงานมากกว่าย่อมได้เปรียบ ทั้งในด้านการขนส่งและติดต่อ ไร่อ้อยควรจะอยู่ห่างจากโรงงานไม่เกิน 30 กิโลเมตร

4) ควรเป็นบริเวณที่มีความปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สิน ไม่มีปัญหาจากนักเลงอันธพาลหรือโจรผู้ร้าย

นอกจากปัจจัยสี่ประการตามที่กล่าวแล้วจะต้องพิจารณาถึงปัจจัยอื่นๆ อีก ทั้งนี้เพื่อให้แน่ใจว่าการเลือกทำเลทำไร่อ้อยเป็นไปอย่างเหมาะสม ปัจจัยเหล่านี้ได้แก่

5) สภาพของดิน ต้องมีเนื้อดินลึกอย่างน้อย 80 เซนติเมตร เพราะอ้อยเป็นพืชอายุยืนและหยั่งรากลึก นอกจากนี้ต้องเป็นดินที่มีการระบายน้ำดีอีกด้วย

6) ดินต้องมีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงค่อนข้างดี จึงจะทำให้การปลูกอ้อยได้ผลดี ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงมากๆ เช่นป่าเปิดใหม่แม้ว่าจะได้น้ำหนักมาก แต่ก็มักประสบปัญหาเรื่องอ้อยมีความหวานต่ำ

7) น้ำฝนหรือน้ำชลประทาน เนื่องจากอ้อยเป็นพืชที่ต้องการน้ำมาก ถ้าเป็นน้ำฝนต้องไม่น้อยกว่าปีละ 1,500 มิลลิเมตร และต้องมีการกระจายดีโดยเฉพาะในระยะที่อ้อยกำลังเจริญเติบโต ถ้าที่ใดมีฝนตกน้อย หรือฝนกระจายไม่ดีจะต้องมีน้ำชลประทานช่วย นอกจากนี้ต้องมีระยะที่ขาดฝนและอากาศหนาวเพื่อให้อ้อยแก่และสุก ส่วนปัจจัยอื่นๆ นอกจากที่กล่าวมาแล้วก็คือ แสงแดดและอุณหภูมิ เนื่องจากอ้อยเป็นพืชต้องการแสงแดดจัดตลอดเวลาตั้งแต่ปลูกจนถึงเก็บเกี่ยว

ในส่วนของวิธีการเพาะปลูกอ้อยนั้นมีขั้นตอนดังนี้

2.6.1 การเตรียมพื้นที่

2.6.1.1 การเตรียมพื้นที่ หมายถึงการทำให้พื้นที่อยู่ในสภาพที่จะใช้เครื่องมือทำไร่อ้อยได้สะดวก พื้นที่ดังกล่าวอาจเป็นพื้นที่ป่าที่รกร้างว่างเปล่า หรือเคยปลูกพืชอื่นมาก่อน หรือพื้นที่ซึ่งปลูกอ้อยอยู่แล้ว วิธีการเตรียม เครื่องมือแรงงาน และทุนที่ต้องการใช้นั้นจะแตกต่างกันไปตามสภาพพื้นที่

2.6.1.2 การปรับปรุงสมบัติของดิน ดินที่ปลูกอ้อยหรือพืชอื่นนอกจากพืชตระกูลถั่วติดต่อกันมาเป็นเวลานาน มักจะมีความอุดมสมบูรณ์น้อยลงและสภาพทางกายภาพของดินจะเลวลงด้วย ทำให้ผลผลิตพืชที่ปลูกต่ำลง ซึ่งวิธีที่จะปรับปรุงให้ดินดีขึ้นกระทำได้ด้วยการใส่ปุ๋ยโดยเฉพาะพวกปุ๋ยอินทรีย์ต่างๆ หรือโดยวิธีปลูกพืชตระกูลถั่วแล้วไถกลบเป็นปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยอินทรีย์ได้แก่ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมักหรือผลพลอยได้จากโรงงานน้ำตาล ซึ่งได้แก่ กากตะกอน (filter-cake) และชานอ้อย (bagasse) เป็นต้น เมื่อใส่สารอินทรีย์วัตถุเหล่านี้ลงดินจะช่วยทำให้ดินนั้นมีสมบัติทางเคมี ทางกายภาพ และทางชีวภาพดีขึ้น เป็นผลให้ผลผลิตอ้อยเพิ่มขึ้นด้วย

2.6.1.3 การเตรียมดิน เนื่องจากอ้อยเป็นพืชอายุยืนและมีรากหยั่งลึกมาก และเมื่อปลูกครั้งหนึ่งแล้วสามารถไว้ตอหรือเก็บเกี่ยวได้หลายครั้ง ปริมาณผลผลิตที่ได้จากการเก็บเกี่ยวแต่ละครั้ง ตลอดจนความยาวนานของการไว้ตอนั้นนอกจากจะขึ้นอยู่กับพันธุ์และสภาพลมฟ้าอากาศแล้วยังขึ้นอยู่กับการเตรียมดินนับว่ามีบทบาทสำคัญมาก ซึ่งมีแนวทางปฏิบัติดังนี้

1) การไถ สำหรับการเตรียมพื้นที่ซึ่งปลูกอ้อยอยู่แล้ว และต้องการรื้อตอเก่าเพื่อปลูกใหม่ก็เริ่มต้นด้วยการเผาเศษที่เหลืออยู่บนดินโดยเร็วภายหลังการเก็บเกี่ยว เพราะขณะนั้นดินยังมีความชื้นพอที่จะปฏิบัติไถพรวนได้สะดวก ก่อนใช้ไถบุกเบิกรื้อตอเก่า ควรใช้เครื่องไถระเบิดดินดาน (subsoiler) หรือไถสิ่ว (ripper) ไถแบบตราหมากรุกเพื่อให้ดินนั้นเก็บน้ำไว้มากขึ้นภายหลังฝนตกและดินระบายน้ำได้ดีแล้ว ยังทำให้รากสามารถหยั่งลึกได้มากขึ้นอีก ถ้าพื้นดินอยู่ในสภาพที่ขาดน้ำก็จะเป็นทางซึ่งทำให้อ้อยใช้น้ำใต้ดินแทนได้อีกด้วย เมื่อไถระเบิดดินชั้นล่างแล้วก็ตามด้วย

ไถจาน 3 อีก 3-4 ครั้ง คือ ไถดะ 1 ครั้ง แล้วไถแปรอีก 1-2 ครั้ง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพของดินและฤดูกาลที่ปลูก สำหรับการปลูกต้นฝน อาจไม่จำเป็นต้องเตรียมดินให้ละเอียดมากนัก แต่ถ้าเป็นการปลูกปลายฝนการเตรียมดินให้ละเอียดเป็นสิ่งจำเป็นการไถควรไถให้ลึกมากๆ เพื่อให้สามารถเปิดร่องได้ลึกและปลูกได้ลึกด้วย ส่วนข้อควรระวังในการเตรียมดินก็คือ ไถในขณะที่ดินมีความชื้นพอเหมาะ ซึ่งวิธีที่ง่ายที่สุดที่จะทราบว่าดินนั้นมีความชื้นพอเหมาะหรือไม่ก็คือ เอาดินในชั้นที่จะมีการไถใส่ฝ่ามือกำพอแน่นแล้วแบมือออก ถ้าดินมีความชื้นพอเหมาะจะจับกันเป็นก้อนในลักษณะพร้อมที่จะแตกออกเมื่อมีอะไรมากระทบ นอกจากนี้ถ้าเป็นพื้นที่ลาดเอียง การปฏิบัติต่างๆ ในการเตรียมดินต้องกระทำในทิศทางตั้งฉากกับความลาดเอียงเสมอ ทั้งนี้เพื่อช่วยลดการกร่อนของดินเนื่องจากน้ำ

2) การปรับระดับ เมื่อไถเสร็จแล้วควรปรับระดับพื้นที่ให้ราบเรียบพอสมควรและให้มีความลาดเอียงเล็กน้อยทางใดทางหนึ่งที่จะสะดวกต่อการให้น้ำและระบายน้ำ ในกรณีที่ปลูกโดยอาศัยน้ำฝนการปรับระดับจะทำให้น้ำไหลช้าลงช่วยลดการชะกร่อนได้อีกทางหนึ่งด้วย ในที่บางแห่งซึ่งมีความลาดเอียงค่อนข้างมากอาจต้องทำคันดินกั้นน้ำเป็นตอนๆ ตัดขวางทางลาดเอียง พร้อมทั้งมีร่องระบายน้ำด้วย ทั้งคันดินและร่องน้ำควรให้มีความลาดเอียงเล็กน้อยเพื่อให้น้ำไหลช้าลง บริเวณที่ลาดเอียงมากไม่ควรใช้ปลูกอ้อย

3) การยกร่อง การยกร่องหรือการเปิดร่องสำหรับปลูกอ้อยเป็นสิ่งจำเป็น เพราะนอกจากจะสะดวกแก่การปฏิบัติต่างๆ เช่น การปลูก การให้น้ำและการระบายน้ำแล้ว ยังทำให้ปลูกได้ลึกอีกด้วย การปลูกลึกช่วยให้อ้อยไม่ล้มง่าย ทนแล้งได้ดี และสามารถไว้ตอได้นานกว่าการปลูกตื้น เครื่องยกร่องอาจเป็นผานหัวหมู หรือหางยกร่องซึ่งใช้สำหรับยกร่องโดยเฉพาะ แนวร่องที่ยกควรให้ตัดกับความลาดเอียงของพื้นที่ ระยะระหว่างร่องประมาณ 90-140 เซนติเมตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเครื่องมือที่ใช้

2.6.2 การเตรียมท่อนพันธุ์

ท่อนพันธุ์ที่ดีจำเป็นสำหรับการงอกที่ดีและการเจริญเติบโตที่ดีด้วย ท่อนพันธุ์ที่ดีต้องมีตาที่สามารถงอกและเจริญเติบโตได้อย่างน้อยท่อนละหนึ่งตา โดยทั่วไปชาวไร่ใช้ท่อนพันธุ์ที่มี 2 ตาปลูก แต่ถ้าใช้ท่อนที่มี 3 ตาจะให้ผลดีกว่าทั้งในด้านการงอกและการเจริญเติบโต โดยเฉพาะในระยะแรก ชาวไร่โดยทั่วไปมักจะขาดความระมัดระวังเรื่องท่อนพันธุ์ทำให้การงอกต่ำ จึงต้องมีการชดเชยโดยใช้ท่อนพันธุ์เกินความจำเป็นทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นโดยใช่เหตุ

รูปที่ 2.5 ท่อนพันธุ์อ้อย

ที่มา : www.212cafe.com/boardvip (2552)

ซึ่งการเตรียมท่อนพันธุ์ที่ดีสามารถกระทำได้ดังนี้

1) ตัดท่อนพันธุ์ให้มี 3 ตา ตัดกึ่งกลางปล้อง

2) ระวังอย่าให้ตาถูกกระทบกระเทือน มิฉะนั้นอาจไม่งอก

3) แช่ท่อนพันธุ์ด้วยยาฆ่าเชื้อราทันที หลังจากตัดเป็นท่อน

4) ถ้าสงสัยว่าจะมีโรคที่เกิดจากเชื้อไวรัสต้องแช่น้ำร้อน 50-52 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1/2 - 1 ชั่วโมง

5) ถ้าต้องขนส่งพันธุ์อ้อยควรขนส่งทั้งลำโดยไม่ลอกกาบ

6) ไม่ควรลอกกาบท่อนพันธุ์ เพราะจะทำให้ตาอ้อยขาดเครื่องป้องกัน ซึ่งอาจทำให้มีความงอกน้อย

7) ถ้าต้องเก็บท่อนพันธุ์ที่ได้สับเป็นท่อนแล้วไว้หลายวันควรกองไว้ในร่ม คลุมด้วยหญ้าแห้ง ฟาง หรือใบอ้อยแห้ง รดน้ำให้ชุ่ม

นอกจากปลูกด้วยท่อนพันธุ์แล้ว อาจใช้ชิ้นตา (bud chip) ซึ่งเป็นส่วนของข้อที่มีตาและปุ่มรากปลูกโดยตรงในไร่ หรือชำให้งอกแล้วย้ายไปปลูกก็ได้

2.6.3 การปลูกอ้อย

วิธีปลูกอ้อยเท่าที่ปฏิบัติในบ้านเรามี 2 วิธี คือ ปลูกด้วยเครื่องปลูก และปลูกด้วยแรงคน

2.6.3.1 ปลูกด้วยเครื่องปลูก เป็นเครื่องมือที่ติดกับรถแทรกเตอร์ ซึ่งทำหน้าที่หลายอย่างไปพร้อมๆ กัน นับตั้งแต่การเปิดร่อง ตัดลำต้นอ้อยออกเป็นท่อนๆ ยาวประมาณ 30 เซนติเมตร วางท่อนพันธุ์ในร่อง ใส่ปุ๋ยและกลบท่อนพันธุ์ การปลูกด้วยเครื่องต้องใช้แรงงาน 3

คน คนหนึ่งทำหน้าที่ขับ และควบคุมการทำงานของส่วนต่างๆ ส่วนอีกสองคนทำหน้าที่ป้อนอ้อยทั้งลำ การปลูกด้วยเครื่องไม่ต้องมีการเปิดร่องหรือยกร่องไว้ก่อนเพียงแต่ไถให้ดินร่วนซุยดีเท่านั้น ชาวไร่รายใหญ่นิยมใช้เครื่องปลูกเพราะทุ่นค่าใช้จ่าย และมีความงอกสม่ำเสมอดี เพราะความชื้นในดินสูญเสียไปน้อยกว่าการปลูกด้วยแรงคนซึ่งต้องยกร่องไว้ล่วงหน้า ในวันหนึ่งจะสามารถปลูกได้ประมาณ 15-20 ไร่

รูปที่ 2.6 การปลูกอ้อยด้วยเครื่องปลูก

ที่มา : www.rakbankerd.com/agriculture (2552)

2.6.3.2 ปลูกด้วยแรงคน ในทางทฤษฎีแนะนำให้เปิดร่องแล้วปลูกทันที แต่ในทางปฏิบัติชาวไร่มักจะเตรียมดินแล้วยกร่องคอยฝน เมื่อฝนตกมากพอก็จะรอจนดินหมาดแล้วจึงลงมือปลูก ก่อนปลูกควรใส่ปุ๋ยรองพื้นแล้วกลบปุ๋ยก่อนวางท่อนพันธุ์ การปลูกก็ใช้วิธีวางท่อนพันธุ์ให้ราบกับพื้นร่องแล้วกลบดินให้หนาประมาณ 5-15 เซนติเมตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับฤดูปลูก ถ้าปลูกหน้าฝนกลบบาง หน้าแล้งกลบหนา ขณะปลูกต้องมีการคัดเลือกท่อนพันธุ์ไปด้วย ควรปลูกเฉพาะท่อนพันธุ์ที่มีตาสมบูรณ์เท่านั้น

รูปที่ 2.7 การปลูกอ้อยด้วยแรงงานคน

ที่มา : http://locals.in.th/index.php?topic=8866.0 (2552)

2.6.4 การดูแลรักษาหลังการปลูก

ประกอบไปด้วยการให้น้ำ การกำจัดวัชพืช การปลูกซ่อม การใส่ปุ๋ย และการป้องกันและกำจัดโรคและแมลง

2.6.4.1 การให้น้ำและการระบายน้ำ เนื่องจากอ้อยปลูกเป็นร่องๆอยู่แล้ว ดังนั้นการให้น้ำจึงกระทำได้ง่ายโดยปล่อยน้ำเข้าไปตามร่องจากที่สูงสู่ที่ต่ำ ในขณะเดียวกันก็ทำร่องเพื่อจะได้ระบายน้ำที่เกินออกไปจากไร่ การให้น้ำภายหลังปลูกมักกระทำทันทีที่ปลูกเสร็จ ส่วนครั้งต่อๆ ไปควรให้เมื่ออ้อยเริ่มแสดงอาการขาดน้ำ ซึ่งจะเห็นได้จากอาการที่ใบห่อในเวลาเที่ยงวันหรือเวลาบ่าย ส่วนปริมาณน้ำและเวลาที่ให้แตกต่างกันตามชนิดของดิน ลมฟ้าอากาศ ตลอดจนระยะการเจริญเติบโตของอ้อยด้วย

2.6.4.2 การกำจัดวัชพืช กระทำได้โดยอาศัยแรงงานคนถางด้วยจอบ หรือใช้เครื่องจักรพรวนเมื่อเห็นว่ามีวัชพืชขึ้น ไม่นิยมใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชเนื่องจากสารเคมีอาจจะสะสมในลำต้นอ้อยแล้วปะปนกับน้ำอ้อยเมื่อทำการสกัดน้ำอ้อยออกมา

2.6.4.3 การปลูกซ่อม ถ้าปลูกด้วยท่อนพันธุ์ 3 ตาและมีการคัดเลือกเฉพาะท่อนที่มีตาสมบูรณ์ปลูกการซ่อมก็อาจไม่จำเป็น เพราะอ้อยจะงอกเป็นส่วนมาก ในความเป็นจริงนั้นท่อนพันธุ์ที่มี 3 ตาถ้างอกเพียงตาเดียวก็เพียงพอแล้ว แม้ว่าบางท่อนจะไม่งอกเลย แต่ถ้าช่องว่างที่ไม่งอกนั้นมีความยาวไม่เกิน 75 เซนติเมตร ก็ไม่จำเป็นต้องซ่อม ทั้งนี้เพราะกอที่อยู่ข้างๆ ช่องว่างนั้นจะมีการแตกกอมากขึ้นเป็นการชดเชย การปลูกซ่อมควรกระทำภายในเวลา 3-4 สัปดาห์ภายหลังการปลูก และควรใช้ท่อนพันธุ์หรือชิ้นตาที่ชำให้งอกก่อน แล้วปลูกซ่อมจะให้ผลดีกว่าใช้ท่อนพันธุ์โดยตรง

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

2.6.4.4 การใส่ปุ๋ย ชาวไร่ที่ส่งอ้อยแก่โรงงาน ที่ซื้อตามน้ำหนักมักนิยมใส่ปุ๋ยเดี่ยว คือ แอมโมเนียมซัลเฟต หรือแอมโมเนียมคลอไรด์อัตราประมาณ 10-20 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ เมื่ออ้อยอายุ 2 เดือนครึ่งถึง 3 เดือน และใส่ครั้งเดียว ส่วนพวกที่ขายอ้อยให้แก่โรงงานที่ซื้อตามคุณภาพมักจะใส่ปุ๋ยผสมสมบูรณ์สูตรต่างๆ เช่น 12-10-18 หรือ 13-13-21 หรือ 15-15-15 อัตรา 100-150 กิโลกรัมต่อไร่ ใส่ก่อนปลูกครึ่งหนึ่งและใส่ที่เหลือเมื่ออายุประมาณ 2 เดือนครึ่งถึง 3 เดือน การใส่ปุ๋ยครั้งที่สองนี้ จะทำโดยโรยปุ๋ยไปตามแถวอ้อย แล้วพรวนดินกลบ และเมื่อพิจารณาปริมาณปุ๋ยที่ชาวไร่ใส่กับอายุของอ้อยที่ยืนยาวนับปีแล้ว จะเห็นว่าปุ๋ยที่ใส่นั้นค่อนข้างน้อยมาก ชาวไร่บางรายนอกจากจะพรวนดินกลบปุ๋ยแล้วยังพูนโคน (hilling-up) อีกด้วยวิธีการก็คือการไถดินระหว่างร่องเข้ามากลบที่โคนอ้อย ทำให้มีร่องเกิดขึ้นระหว่างแถวอ้อย วิธีนี้อาจไม่จำเป็นสำหรับที่บางแห่ง โดยเฉพาะแห่งที่ปลูกโดยอาศัยน้ำฝน

2.6.4.5 การป้องกันและกำจัดโรคและแมลง ในปัจจุบันได้มีการนำเอาวิธีการบริหารแมลง (pest management) มาใช้ในส่วนของการบริหารแมลงศัตรูพืชไม่ใช่วิธีป้องกันกำจัด แต่เป็นแนวทางที่จะได้มาซึ่งข้อมูลในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชนั้นๆ ว่าควรจะดำเนินการอย่างไรเพื่อให้เกิดผลดีต่อสภาพแวดล้อมและได้รับผลคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ ตลอดจนเป็นที่ยอมรับในสังคมด้วย ตัวอย่างเช่น การใช้ศัตรูธรรมชาติทั้งที่เป็นแมลงและสัตว์อื่น รวมทั้งโรคของแมลงศัตรูพืชนั้นกำจัดตัวมันเอง เป็นต้น วิธีนี้กำลังได้รับความนิยมเพิ่มขึ้น

152895 06

2.6.5 การเก็บเกี่ยวอ้อย

ฝร. อ1217 2552

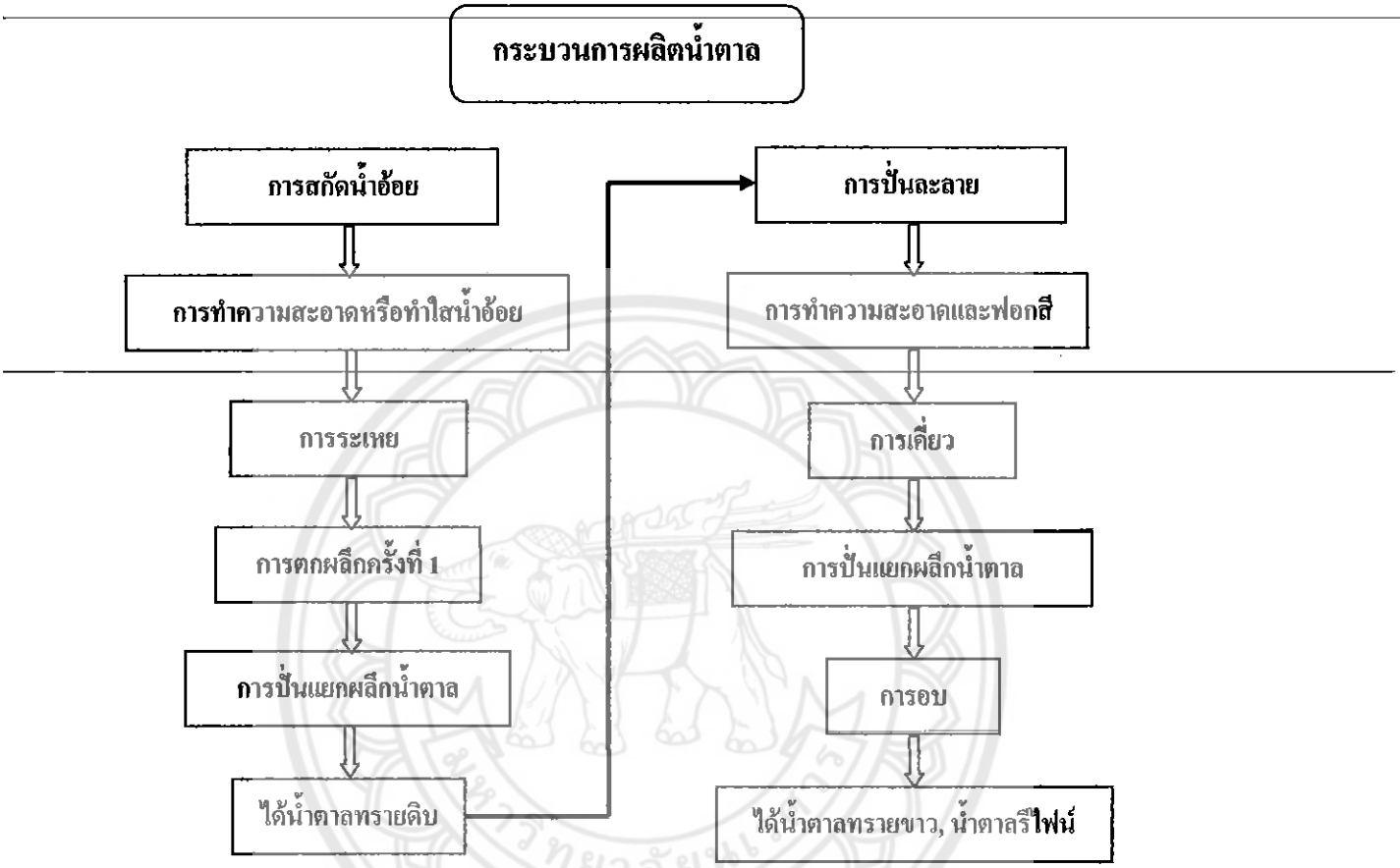
รูปที่ 2.8 การเก็บเกี่ยวอ้อยโดยชาวไร่อ้อย
ที่มา : สหพันธ์ชาวไร่อ้อย (2552)

การเก็บเกี่ยวอ้อยเข้าสู่โรงงานมี 2 แบบคือ ใช้รถบรรทุกเก็บเกี่ยวอ้อยและแรงงานคนในการเก็บเกี่ยว ในส่วนของการใช้รถบรรทุกเก็บเกี่ยวนั้น มีวิธีเก็บคือ ที่รถจะติดตั้งเครื่องตัดอ้อยขนาดใหญ่ไว้ข้างตัวรถจากนั้นก็วิ่งในไร่โดยวิ่งในลักษณะเป็นแนวตั้งหรือแนวนอนวนไปกลับเรื่อยๆ ซึ่งตัวเครื่องตัดจะทำการตัดอ้อยเป็นท่อนสั้นๆ แล้วดูดขึ้นมาปล่อยในกระบะของรถบรรทุกโดยอัตโนมัติ ส่วนวิธีที่ใช้แรงงานคนในการตัดอ้อยนั้นกระทำโดย ตัดในแปลงที่สุกเต็มที่เสียก่อน ถ้าจะให้การเก็บเกี่ยวได้ผลที่แน่นอนควรใช้เครื่องมือรีแฟคโตมิเตอร์แบบพกพา โดยเจาะวัดตรงส่วนโคนและส่วนยอด ถ้าค่าที่วัดได้ต่างกันไม่เกิน 2 องศาบริกซ์ แสดงว่าอ้อยสุกแก่พร้อมที่จะตัดเข้าโรงงาน

ส่วนเกษตรที่ไม่มีเครื่องมือวัดดังกล่าวก็สามารถสังเกตได้จากการออกดอก เมื่อดอกโรยก้านช่อดอกเป็นสีฟางข้าวแสดงว่าแก่เต็มที่ ส่วนพันธุ์ที่ไม่มีดอกก็สามารถสังเกตได้จากใบซึ่งจะรวมกันเป็นกระจุกอยู่ที่ยอดและมีสีเขียวอมเหลืองเวลาเดินผ่านไร่ช่วงใกล้ค่ำจะมีกลิ่นหอมคล้ายน้ำผึ้ง ส่วนการตัดอ้อยต้องตัดให้ชิดดิน เพราะหากตัดที่โคนสูงจะมีน้ำหนักและความหวานทิ้งไว้ในไร่ เช่น ตอที่ตัดสูงมีน้ำหนักเหลืออยู่ 1 ขีด ถ้า 1 ไร่มีจำนวนอ้อย 12,000 ลำก็จะเสียน้ำหนักไปประมาณ 1.2 ตันเลยทีเดียว ดังนั้นเวลาตัดอ้อยจำเป็นต้องควบคุมแรงงานให้ตัดอ้อยจนชิดติดดิน เรื่องการตัดอ้อยสูงเกินไปเป็นปัญหาที่ชาวไร่อ้อยจะต้องควบคุมแรงงานอย่างใกล้ชิดเพราะแรงงานส่วนใหญ่จะตัดที่โคนสูงเนื่องจากตัดได้ง่ายกว่า แต่ผู้เสียหายคือเกษตรกรชาวไร่อ้อยนั่นเองเพราะน้ำหนักอ้อยที่เหลืออยู่ในไร่ทั้งหลายนั้นคือรายได้ที่ควรได้ทั้งสิ้น สำหรับปลายลำอ้อยนั้นให้โน้มปลายอ้อยลงมา ถ้าปลายอ้อยหักที่จุดใดหมายความว่าจุดนั้นเป็นจุดเปราะ เหมาะที่จะตัดเพราะทำให้เสียน้ำหนักและความหวานไปน้อยที่สุด หากชาวไร่ไม่ตัดปลายอ้อยเลย แม้จะได้น้ำหนักเพิ่มขึ้นเล็กน้อยแต่ก็จะได้สิ่งสกปรก ไม่มีความหวาน เมื่อผ่านลูกหีบก็จะดึงเอาความหวานติดทิ้งไปด้วย ดังนั้นการตัดอ้อยที่ดีจึงต้องตัดให้ชิดดิน ตัดปลายและระมัดระวังเรื่องความสะอาด และอีกเรื่องที่ชาวไร่อ้อยมักมองข้ามไปก็คือการเผาอ้อย ซึ่งอ้อยไฟไหม้นั้นนอกจากจะทำให้น้ำหนักและความหวานลดลงแล้ว ยังกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งมลภาวะทางอากาศ ฝุ่นและละอองจากการเผาไหม้ ด้วยเหตุนี้คณะกรรมการบริหารตาม พ.ร.บ. อ้อยและน้ำตาล พ.ศ. 2527 จึงออกประกาศว่าด้วยหลักเกณฑ์วิธีการและเงื่อนไขการตัดสินข้อโต้แย้งเกี่ยวกับการตรวจสอบคุณภาพอ้อยไฟไหม้และความบริสุทธิ์ของอ้อย และกำหนดประสิทธิภาพการผลิตของโรงงานน้ำตาล พ.ศ. 2549 โดยมีบทลงโทษคือชาวไร่ที่ส่งอ้อยไฟไหม้เข้าโรงงานจะถูกหักเงินตันอ้อยละ 20 บาท และอ้อยที่มียอดยาวหรือมีกาบใบจะถูกหักเงิน 20 บาทต่อตันอ้อยเช่นกัน โดยเงินก้อนดังกล่าวจะนำไปจ่ายให้กับชาวไร่ที่ส่งอ้อยสดคุณภาพดีทั้งหมดไม่เกินตันอ้อยละ 50 บาท (อ้อย : สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ ๕, 2549)

2.6.6 การผลิตน้ำตาล

หลังจากที่เก็บเกี่ยวอ้อยแล้วชาวไร่อ้อยจะทำการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล โดยกว่าที่อ้อยจะออกมาเป็นน้ำตาลทรายได้นั้น ต้องผ่านกระบวนการต่างๆ มากมาย ตามขั้นตอนต่อไปนี้



รูปที่ 2.9 แสดงขั้นตอนต่างๆ ในการผลิตน้ำตาล

2.6.6.1 กระบวนการสกัดน้ำอ้อย (Juice Extraction)

ช่วงนี้จะเป็นการสกัดเอาน้ำอ้อย ซึ่งเป็นส่วนของเหลวที่มีซูโครสละลายน้ำอยู่ โดยอาจจะมีการลดขนาดของอ้อยลงก่อนด้วยการใช้ชุดใบมีดตัดอ้อยให้เป็นท่อนสั้นๆ เพื่อที่จะได้บีบเอาน้ำออกมาได้มากขึ้น ในการสกัดน้ำอ้อยจะผ่านอ้อยเข้าไปในชุดลูกหีบหรือ Crusher (4 – 5 ชุด) และกากอ้อยที่ผ่านการสกัดน้ำอ้อยจากลูกหีบชุดสุดท้าย จะถูกนำไปเป็นเชื้อเพลิงเผาไหม้ภายในหม้อไอน้ำ เพื่อผลิตไอน้ำมาใช้ในกระบวนการผลิตและน้ำตาลทราย

2.6.6.2 การทำความสะอาดหรือทำใสน้ำอ้อย (Juice Purification)

น้ำอ้อยที่ผลิตได้ทั้งหมดจะเข้าสู่กระบวนการทำใส เนื่องจากน้ำอ้อยมีสิ่งสกปรกต่างๆ จึงต้องแยกเอาส่วนเหล่านี้ออกโดยผ่านวิธีทางกล เพื่อแยกสารแขวนลอยออกไป ผ่านเครื่อง

กรองต่างๆ และวิธีทางเคมี เช่น ให้ความร้อนและผสมปูนขาว น้ำอ้อยบางส่วนที่นอนก้นในหม้อก็จะถูกรีดน้ำต่อไป จนได้สารละลายที่มีความเข้มข้นราว 12 – 16% ก่อนการป้อนเข้าสู่ระบบระเหยน้ำในขั้นตอนต่อไป

2.6.6.3 การระเหย (Evaporation)

น้ำอ้อยที่ผ่านการทำใสแล้วจะถูกนำเข้าสู่ชุดหม้อต้ม (Multiple Evaporation) เพื่อระเหยเอาน้ำออกจนได้น้ำอ้อยที่มีความเข้มข้นประมาณ 65% อุณหภูมิของหม้อระเหยแต่ละตัวจะไม่เท่ากัน ซึ่งขึ้นอยู่กับค่าความดันภายในที่ทำการควบคุมไว้ ในที่สุดจะได้น้ำอ้อยเข้มข้นที่ออกมาจากเครื่องระเหยที่เรียกว่าไซรัป (Syrup)

2.6.6.4 ขั้นตอนการตกผลึกครั้งที่หนึ่ง (Crystallization)

ไซรัป (Syrup) ที่ได้จากการระเหยจะถูกป้อนเข้าหม้อเคี่ยวระบบสุญญากาศ (Vacuum Pan) เพื่อทำการตกผลึก ซึ่งการตกผลึกในขั้นตอนนี้อาศัยหลักการทำให้ตัวถูกละลายละลายได้น้อยลง เพราะตัวทำละลายคือน้ำเดือดภายใต้สภาวะสุญญากาศนั่นเอง แล้วในที่สุดทำให้ตัวถูกละลายคือผลึกซูโครสที่อยู่ในสภาพอิ่มตัวยิ่งยวด ที่จุดนี้ผลึกซูโครสจะเกิดขึ้นมาพร้อมกับแมสสิควิท (Massecuite)

2.6.6.5 การปั่นแยกผลึกน้ำตาล (Centrifugaling)

แมสิควิทที่ได้จากการเคี่ยวจะถูกนำไปปั่นแยกผลึกน้ำตาลออกจากกากน้ำตาลโดยใช้เครื่องปั่น (Centrifugals) แล้วเข้าระบบเป่าเพื่อไล่ความชื้นออก ผลึกน้ำตาลที่ได้นี้จะเป็นน้ำตาลทรายดิบ (Raw Sugar) ซึ่งเป็นน้ำตาลที่ยังไม่ได้ผ่านการฟอกสี สามารถบรรจุขายได้ทันทีหรือนำไปฟอกสีออกในขั้นตอนต่อไป

ทัศนคติของผู้บริโภคทั่วไปนั้น น้ำตาลทรายที่ดีจะต้องมีผลึกที่ใสไม่มีสี ดังนั้นขั้นตอนนี้จึงเป็นการนำน้ำตาลทรายดิบไปฟอกสีออกจึงต้องมีกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายขาวและน้ำตาลรีไฟน์ ซึ่งน้ำตาลทรายดิบที่ผลิตจากกระบวนการข้างต้นจะถูกนำไปละลายน้ำ แล้วถูกผ่านขั้นตอนเพิ่มเติมดังต่อไปนี้

2.6.6.6 การปั่นละลาย (Affinated Centrifugaling)

นำน้ำตาลดิบมาผสมกับน้ำร้อน หรือน้ำเหลืองจากการปั่นละลาย (Green Molasses) จะได้สารละลายน้ำตาลดิบที่ผสมซึ่งเรียกว่าแมกม่า (Magma) และแมกม่านี้จะถูกนำไปปั่นละลายเพื่อล้างคราบน้ำเหลืองหรือกากน้ำตาลออก

2.6.6.7 การทำความสะอาดและฟอกสี (Clarification)

น้ำเชื่อมที่ได้จากการปั่นละลาย (Affinated Syrup) จะถูกนำไปละลายอีกครั้งเพื่อละลายผลึกน้ำตาลบางส่วนที่ยังละลายไม่หมดจากการปั่น และผ่านตะแกรงกรองเข้าผสมกับปูนขาว เข้าฟอกสีโดยผ่านเข้าไปในหม้อฟอก (ซึ่งปัจจุบันนิยมใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นตัวฟอก) จากนั้นจะผ่านเข้าสู่การกรองโดยหม้อกรองแบบใช้แรงดัน (Pressure Filter) เพื่อแยกตะกอน

ออก และน้ำเชื่อมที่ได้จะผ่านไปฟอกสีเป็นครั้งสุดท้ายโดยกระบวนการแลกเปลี่ยนประจุ (Ion Exchange Resin) จะได้น้ำเชื่อมรีไฟน์ (Fine Liquor)

2.6.6.8 การเคี่ยว (Crystallization)

น้ำเชื่อมรีไฟน์ที่ได้จะถูกนำเข้าหม้อเคี่ยวระบบสุญญากาศ (Vacuum Pan) เพื่อระเหยน้ำออกจนน้ำเชื่อมถึงจุดอิ่มตัว หากถ้าต้องการผลิตน้ำตาลกรวดที่มีราคาแพงก็สามารถทำในขั้นตอนนี้ โดยที่เทคนิคก็คือ จะต้องปล่อยให้การตกผลึกนั้นเกิดขึ้นอย่างช้าๆ (2 – 3 วัน) การตกผลึกช้าๆ นั้นจะทำให้ได้สารละลายที่มีโครงผลึกแน่นขึ้น เนื้อสัมผัสจึงแตกต่างจากน้ำตาลทรายปกตินั่นเอง

2.6.6.9 การปั่นแยกผลึกน้ำตาล (Centrifugaling)

แมสิควิทที่ได้จากการเคี่ยวจะถูกนำไปปั่นแยกผลึกน้ำตาลออกจากกากน้ำตาล โดยใช้เครื่องปั่น (Centrifugals) ผลึกน้ำตาลที่ได้นี้จะเป็นน้ำตาลรีไฟน์และน้ำตาลทรายขาว

2.6.6.10 การอบ (Drying)

ผลึกน้ำตาลรีไฟน์และน้ำตาลทรายขาวที่ได้จากการปั่นก็จะเข้าหม้ออบ (Dryer) เพื่อไล่ความชื้นออก โดยความชื้นสุดท้ายจะเหลือไม่ถึง 1% แล้วบรรจุกระสอบหรือแพ็คใส่ถุงเพื่อรอการจำหน่ายต่อไป

นอกจากน้ำตาลทรายขาวและน้ำตาลทรายดิบแล้ว ยังมีสิ่งที่ได้จากการผลิตน้ำตาลทรายหรือ By Product ต่างๆเช่น กากอ้อย กากน้ำตาล ยังสามารถนำไปเข้ากระบวนการแปรสภาพกลายเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่สร้างรายได้เสริมให้กับโรงงาน และนอกจากนี้ยังเป็นการลดขยะและรีไซเคิลของเสียที่อาจถูกทิ้งไปอย่างไร้ค่าอีกทางหนึ่งด้วย ซึ่งรายละเอียดโดยสังเขปของผลพลอยได้จากการผลิตน้ำตาลมีดังนี้

1) กากอ้อย เป็นเศษอ้อยที่ถูกสกัดน้ำอ้อยออกแล้ว สามารถนำไปผ่านกรรมวิธีผลิตเยื่อกระดาษ และส่งต่อไปยังอุตสาหกรรมผลิตกระดาษ ก่อนผ่านไปยังห้างสรรพสินค้า ตัวแทนจำหน่าย หรือร้านค้าปลีก และเข้าสู่ผู้บริโภค และในปัจจุบันนี้กำลังมีการค้นคว้าเกี่ยวกับการผลิตเอทานอลจากกากอ้อยอีกด้วย

2) กากน้ำตาลหรือโมลาส เป็นส่วนที่ไม่สามารถสกัดเอาความหวานออกมาได้อีกแล้ว สามารถนำไปผ่านกระบวนการผลิตเป็นเอทานอลได้ และในขั้นตอนการผลิตเอทานอลนั้น น้ำเสียที่ได้จากกระบวนการก็สามารถนำไปหมักกับแบคทีเรียกลายเป็นไบโอแก๊สได้อีกด้วย ซึ่ง By Product เหล่านี้จะถูกส่งขายให้กับอุตสาหกรรมเชื้อเพลิงต่อไป

3) โรงงานน้ำตาลสามารถผลิตไฟฟ้าได้โดยวิธีการเผาไหม้โดยตรง (Direct-Fired) โดยนำเชื้อเพลิงชีวมวล (กากอ้อยและชานอ้อย) มาเผาไหม้โดยตรงในหม้อไอน้ำ (Boiler) และถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นให้แก่น้ำในหม้อไอน้ำจนกลายเป็นไอน้ำที่ร้อนจัดและมีความดันสูง ซึ่งไอน้ำนี้

จะถูกนำไปปั่นกังหันที่ต่ออยู่กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้กระแสไฟฟ้าออกมา ซึ่งไฟฟ้าที่ได้นอกจากจะใช้เองภายในโรงงานแล้วบางส่วนจะขายให้กับโรงไฟฟ้าอีกทางหนึ่งด้วย

4) กากตะกอนจากการผลิตน้ำตาลสามารถทำเป็นปุ๋ยชีวภาพได้โดยนำไปผสมกับส่วนผสมทางชีวภาพ และทำการพลิกกลับกองปุ๋ยอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้จุลินทรีย์ในธรรมชาติช่วยย่อยสลายกากตะกอนให้กลายเป็นปุ๋ยต่อไป ซึ่งบริษัทจะนำปุ๋ยส่วนนี้ไปขายต่อให้กับชาวไร่ที่อยู่ใกล้เคียงในราคาที่ถูกมาก หรือส่งให้กับชาวไร่ในเขตพื้นที่ส่งเสริมการปลูกอ้อยของโรงงานฟรีๆ (ที่มาข้อมูลในส่วนของกระบวนการผลิตน้ำตาล : นายวิทยา เทียนช้างและนายคงฤทธิ์ รอดแสวง, 2552)

จากข้อมูลต่างๆ ข้างต้นจะเห็นว่าในการปลูกอ้อย 1 รอบต้องใช้เวลาทั้งหมดราว 8-12 เดือน ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่นานมากกว่าเกษตรกรจะได้เงินในแต่ละครั้ง ดังนั้นชีวิตของชาวไร่อ้อยและครอบครัวจึงฝากไว้กับปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาในแต่ละปีว่าจะมีมากน้อยเท่าใด ยิ่งปีไหนที่ฝนฟ้าไม่ตกตามฤดูกาลหรือตกลงมาน้อยปีนั้น ผลผลิตอ้อยจะได้น้อยและนั่นหมายถึงรายได้ของชาวไร่อ้อยจะลดลงไปด้วย และนอกจากนี้ชาวไร่อ้อยบางรายมีพื้นที่เพาะปลูกห่างจากโรงงานมากกว่า 100 กิโลเมตร เส้นทางขนส่งลำบากและหากติดต่อที่โรงงานด้วยแล้วจะทำให้เสียเวลาในการขนส่งนาน ทำให้อ้อยเสื่อมคุณภาพอย่างรวดเร็ว

พันธุ์อ้อยเป็นเรื่องที่สำคัญเป็นอันดับแรกในการทำไร่อ้อย ในแต่ละพื้นที่ก็จะมีพันธุ์อ้อยที่เหมาะสมแตกต่างกันไป ปัจจุบันศูนย์พันธุ์วิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติกำลังอยู่ระหว่างการปรับปรุงพัฒนาพันธุ์อ้อยให้มีคุณภาพด้านความหวานมากขึ้น ซึ่งในปัจจุบันมีหลายหน่วยงานที่ทำหน้าที่ปรับปรุงพันธุ์อ้อย เช่น ศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายทั้ง 4 ภาค คือ จังหวัดกาญจนบุรี กำแพงเพชร อุดรธานี และชลบุรี ซึ่งทำการวิจัยปรับปรุงและทดสอบพันธุ์ โดยระยะเวลา 20 ปีที่ผ่านมา ได้พัฒนาอ้อยในตระกูลเค ออกมามากถึง 22 พันธุ์ (2549) เช่น เค 84-200 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่นิยมอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน รวมถึงพันธุ์ใหม่ๆ เช่น เค 95-161, เค 95-283, เค 95-84 เป็นต้น

ในปัจจุบันชาวไร่อ้อยที่มีความต้องการอ้อยพันธุ์ใหม่ๆที่นอกจากจะต้องให้ผลผลิตและความหวานสูงแล้วยังต้องมีคุณสมบัติอื่นๆอีก เช่น ทิ้งกาบใบ แตกกอดี ทนแล้ง ต้านทานโรคและแมลงได้ดี ทั้งนี้ทุกหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกำลังเร่งพัฒนาพันธุ์เพื่อให้ได้อ้อยตัวใหม่ที่เหมาะสมกับการปลูกในสมัยใหม่มากขึ้นด้วย

เกษตรกรชาวไร่อ้อยนอกจากจะต้องเตรียมพร้อมเรื่องน้ำให้เพียงพอ ดูแลดินให้อุดมสมบูรณ์และให้ปุ๋ยแล้ว สิ่งที่ส่งผลกระทบต่อชาวไร่อ้อยอยู่เสมอก็คือวัชพืช โรคอ้อยและแมลงต่างๆที่มักทำลายจนทำให้ผลผลิตลดลง ปัญหาอีกประการของชาวไร่อ้อยนอกจากเรื่องน้ำแล้วยังคงต้องคอยกำจัดวัชพืชในไร่อ้อยอยู่เสมอ แต่ก็ยังไม่ทันเวลาและทำให้ผลผลิตลดลง แม้จะจ้างแรงงานเข้ามาช่วยก็ทำให้มีค่าจ้างซึ่งเป็นต้นทุนที่เพิ่มขึ้นจำนวนมาก

จากการวิจัยพบว่าความเสียหายของอ้อยจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความหนาแน่นและอายุของวัชพืช ยิ่งกำจัดวัชพืชขณะที่อ้อยอายุน้อยเท่าใดผลผลิตก็จะมากขึ้นเท่านั้น เช่น หากกำจัดวัชพืชเมื่ออ้อยมีอายุ 1-4 เดือนจะได้ผลผลิต 16.2 ตันต่อไร่ แต่หากกำจัดวัชพืชเมื่ออ้อยมีอายุ 3-4 เดือน ผลผลิตต่อไร่จะเหลือ 9.5 ตัน และหากกำจัดวัชพืชเมื่ออ้อยอายุ 5 เดือน ผลผลิตจะเหลือเพียง 2.5 ตันต่อไร่เท่านั้น ส่วนโรคที่สำคัญได้แก่โรคใบขาว กอตะไคร้ โรคเหี่ยวและเน่าคออ้อย ซึ่งวิธีแก้ปัญหานี้ให้ขุดหรือไถต้นอ้อยที่เป็นโรคทิ้งเพื่อกำจัดเชื้อโรคให้สิ้นซากจากแปลงอ้อย นอกจากนี้ควรเลือกใช้อ้อยพันธุ์ที่มีความต้านทานสูงปราศจากโรคและปลูกพืชสลับหรือปลูกพืชบำรุงดินบ้าง

จากข้อมูลของศูนย์เฉพาะกิจแก้ไขปัญหาหนอนกออ้อยและโรคใบขาว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ปี พ.ศ. 2535 พบว่าแหล่งเพาะพันธุ์อ้อยบริเวณจังหวัดสิงห์บุรีเป็นแหล่งสะสมโรคใบขาว ต่อมาเมื่อมีการซื้อขายและขนย้ายพันธุ์อ้อยข้ามเขตทำให้เกิดการระบาดอย่างกว้างขวาง ทำให้อุตสาหกรรมอ้อยเสียหายไปกว่า 400 ล้านบาท และปัจจุบันก็ยังพบการระบาดของโรคเกือบทุกพื้นที่ทั่วประเทศอีกด้วย

ส่วนศัตรูสำหรับอ้อยอีกอย่างนั่นก็คือ แมลง เช่น พวกหนอนเจาะลำต้นและยอดอ้อย หนอนเจาะลำต้นอ้อยสีชมพู แมลงหวี่ขาวอ้อย เพลี้ยแป้งอ้อยสีชมพู ปลวกหนอน ด้วงหนวดยาว ในฤดูกาลผลิตอ้อยปี พ.ศ. 2543-2544 มีการระบาดของหนอนกอลายจุดใหญ่ สร้างความเสียหายแก่อ้อยทั้งประเทศคิดเป็นมูลค่ากว่า 2,300 ล้านบาท วิธีการป้องกันนอกจากใช้สารเคมีแล้วยังสามารถใช้แมลงศัตรูธรรมชาติเช่น ตัวห้ำ ตัวเบียนมาช่วยควบคุมจำนวนแมลงศัตรูอ้อยได้อีกด้วย เช่น แตนเบียนไข่จะช่วยกำจัดพวกหนอนเจาะลำต้นและยอดอ้อย แตนเบียนเอ็นคาเซียและด้วงชนิดต่างๆ จะช่วยกำจัดแมลงหวี่ขาวอ้อยหรือตัวแตนเบียนอ่อน ตัวห้ำอ่อนจะช่วยกำจัดเพลี้ยแป้งอ้อยสีชมพู ซึ่งวิธีการนี้นอกจากจะเป็นผลดีต่อธรรมชาติแล้วยังช่วยลดต้นทุนค่าสารเคมีได้อีกด้วย

ส่วนปัญหาที่สำคัญในการเก็บเกี่ยวและขนอ้อยเข้าโรงงานก็ยังมีเรื่องอ้อยไฟไหม้ อ้อยมีสิ่งสกปรกเช่น กาบใบ หิน ดิน ทราย และในช่วงต้นและปลายฤดูหีบอ้อยจะมีอ้อยเข้าหีบน้อย เป็นการสิ้นเปลืองค่าแรงงานและค่าใช้จ่ายในการผลิตมาก สิ่งเหล่านี้ล้วนมีผลต่อการผลิตน้ำตาล ชาวไร่อ้อยควรประสานกับโรงงานก่อนเก็บเกี่ยวและขนส่งอ้อยเข้าโรงงานในเรื่องปริมาณและวันที่คาดว่าจะส่งอ้อยได้เพื่อให้โรงงานสามารถวางแผนการผลิตให้สอดคล้องกับปริมาณอ้อย ยกตัวอย่างเช่น ในกรณีอ้อยที่ถูกเผาก่อนตัด อาจจะเป็นเพราะไฟไหม้หรือตั้งใจเผาเพื่อให้ตัดได้เร็ว การเผาแล้วตัดนั้นจะทำให้น้ำหนักและความหวานลดลง และอีกกรณีหนึ่งคืออ้อยตัดทิ้งไว้แล้วไม่ได้นำส่งเข้าโรงงานโดยเร็วหรือที่เรียกว่าอ้อยค้างไร่ยิ่งตัดค้างไว้นานเท่าไหร่ก็จะทำให้น้ำหนักลดลงไปเรื่อยๆ เพราะฉะนั้น เมื่อตัดอ้อยแล้วควรส่งเข้าโรงงานทันทีภายใน 2 วันเพื่อให้น้ำหนักและความหวานดีที่สุดและชาวไร่ก็จะรับรายได้อย่างเต็มที่ สรุปคือ ชาวไร่จึงควรประสานกับทางโรงงานหรือวางแผนการเก็บเกี่ยวอ้อยร่วมกัน หากชาวไร่สามารถบริหารจัดการได้ตามหลักการทั้งหมดแล้ว คาดว่าจะเพิ่มรายได้ให้กับชาวไร่อ้อยขึ้นอีกมากทีเดียว

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กิตติคุณ และคณะ (2548) ได้ทำการศึกษาและพัฒนาระบบห่วงโซ่อุปทานและโลจิสติกส์ของการส่งออกมะม่วง โดยได้ทำการหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องแล้วได้ทำการวิเคราะห์เพื่อหาจุดที่เป็นช่องว่างหรือข้อบกพร่องที่สำคัญที่สุดที่ต้องให้ความสนใจในการปรับปรุงคือในส่วนของผู้ปลูก เมื่อได้แล้วก็ได้ทำการวิเคราะห์เพื่อหาทางแก้ไขข้อบกพร่องนั้น เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการกำหนดกลยุทธ์ ซึ่งมีอยู่ 2 ข้อคือ

1) พัฒนาระบบการพยากรณ์ความต้องการผลผลิตที่แม่นยำโดยจะเสนอเป็นโมเดล ในการพยากรณ์ความต้องการ ซึ่งโมเดลนั้นได้ทำการประยุกต์ใช้วิธี weighted moving average ผสมกับวิธี exponential smoothing with trend adjustment ได้วิธีใหม่คือ weighted moving average with trend adjustment ซึ่งจะคำนึงถึงน้ำหนักของข้อมูลในอดีตที่มีตัวแปรที่มีความคล้ายคลึงกันมาใช้ในการพิจารณาในการพยากรณ์และใช้แนวโน้มในปีที่มีตัวแปรมีความคล้ายคลึงกันก็จะทำให้การพยากรณ์มีความแม่นยำขึ้น

2) การส่งเสริมและพัฒนาระบบการจัดการแบบ Good Agricultural Practice (GAP) ในกลุ่มเกษตรกร เพื่อใช้ในวางแนวทางการพัฒนาแปลงเกษตรให้มีประสิทธิภาพเพื่อเพิ่มการตอบสนองความต้องการของลูกค้า

การนำกลยุทธ์ทั้งสองข้อนี้มาเพื่อใช้พัฒนาปรับปรุงระบบโลจิสติกส์และห่วงโซ่อุปทานของมะม่วงให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ในการวิเคราะห์ระบบโลจิสติกส์และห่วงโซ่อุปทานของการส่งออกมะม่วงให้มีความถูกต้องสมบูรณ์นั้นจะต้องใช้เวลามากกว่านี้และควรเข้าไปสัมผัสกระบวนการจริง ซึ่งในโครงการนี้ไม่มีเวลามากพอและไม่ได้เข้าไปสัมผัสกระบวนการจริงจึงอาจทำให้ข้อมูลมีความผิดพลาด ซึ่งอาจนำไปสู่การวิเคราะห์ที่ผิดพลาดได้

อานุภาพ (2551) ได้ทำการศึกษาการจัดการโซ่อุปทานผักสดในจังหวัดนครปฐมมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัญหาและอุปสรรคของการจัดการโซ่อุปทานผักสดในจังหวัดนครปฐมและศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยบุคคลของเกษตรกรกับการประเมินความสำคัญของลักษณะคุณภาพของผักสดและศึกษาการรับรู้ของเกษตรกรในเรื่องคุณภาพของผักสดในจังหวัดนครปฐม โดยขอบเขตของงานวิจัยนั้นเริ่มตั้งแต่การเพาะปลูกของเกษตรกร ระบบการขนส่งจากฟาร์มถึงโรงงานผลิตกระบวนการจัดหาวัตถุดิบหรือผักสด ระบบผลิต ระบบการจัดการคุณภาพ ระบบการควบคุมคุณภาพในการขนส่งระบบการตลาดและการกระจายสินค้าไปยังปลายทาง ซึ่งจากการศึกษาพบว่าข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนามแล้วนำมาวิเคราะห์ทางสถิติแบ่งเป็นขั้นตอนดังนี้ 1. การวิเคราะห์เชิงพรรณนา 2. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงอนุมาน 3. การวิเคราะห์ข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึก ซึ่งรูปแบบของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในห่วงโซ่อุปทานผักสดประกอบด้วย เกษตรกร

ผู้รวบรวมและโรงคัดบรรจุ โดยสามารถอธิบายรูปแบบของผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในระดับต้นน้ำ ระดับกลางน้ำ และระดับปลายน้ำ

สญชัย (2546) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับแบบจำลองปัญหาการขนส่งในการจัดการโลจิสติกส์และห่วงโซ่อุปทาน การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์สำคัญอยู่ 2 ประการคือ เพื่อศึกษาหลักการเกี่ยวกับการจัดการโลจิสติกส์และห่วงโซ่อุปทานและเพื่อวิเคราะห์ต้นทุนค่าขนส่งรวมและปริมาณการกระจายสินค้า จากตัวแบบปัญหาการขนส่ง การวิเคราะห์ต้นทุน ค่าขนส่งรวม และปริมาณการกระจายสินค้า เป็นการศึกษาในส่วนที่เป็นกรณีของปริมาณสินค้าที่จุดต้นทางรวมกันต้องเท่ากับปริมาณที่จุดปลายทางรวมกัน จากตัวแบบปัญหาการขนส่งมีการจำลองตัวแบบจากกรณีศึกษา เพื่อใช้ในการวิเคราะห์คือ มีโรงงานอยู่ 3 แห่ง ต้องการขนส่งสินค้าไปยังศูนย์กระจายที่ มีอยู่ 4 แห่ง โดยต้องการหาวิธีที่ทำให้ต้นทุนค่าขนส่งรวมต่ำที่สุด ซึ่งมีวิธีการวิเคราะห์เพื่อหาคำตอบเริ่มต้นอยู่ 3 วิธีคือ วิธี Northwest Corner, วิธี Least Cost และวิธี VAM (Vogel's Approximation Method) แล้วนำคำตอบที่ได้มาเปรียบเทียบ เพื่อดูว่าวิธีใดให้ต้นทุนต่ำกว่าแล้วนำไปทดสอบและปรับปรุงด้วยวิธี MODI (Modified Distribution Method) เพื่อให้ได้วิธีที่ให้ต้นทุนต่ำที่สุด

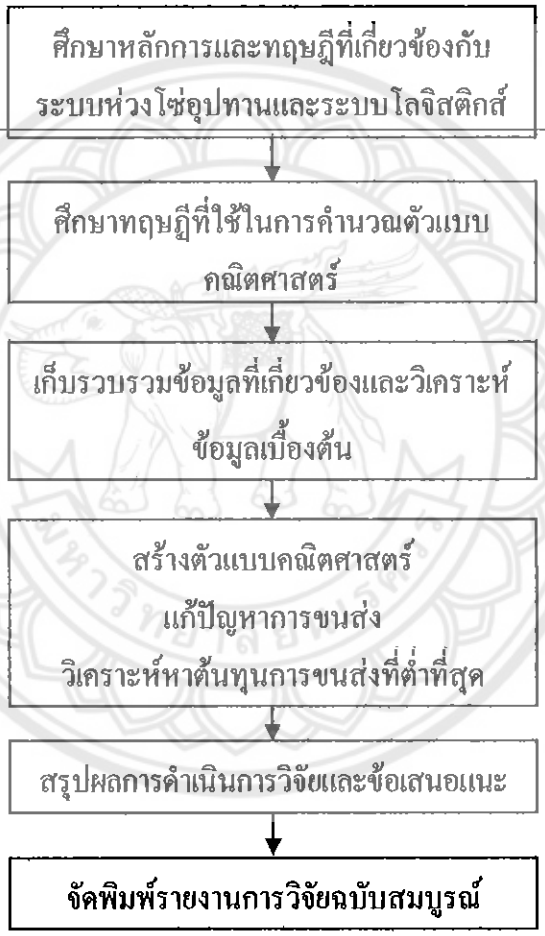
ผลจากการศึกษาพบว่า การวิเคราะห์หาคำตอบ เริ่มต้นด้วยวิธี Least Cost และวิธี VAM จะให้ต้นทุนที่ต่ำกว่าวิธี Northwest Corner โดยคำตอบที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Least Cost และวิธี VAM มีค่าเท่ากันเมื่อนำไปทดสอบ และปรับปรุงด้วยวิธี MODI (Modified Distribution Method) แล้วดัชนีปรับปรุงไม่ติดลบ แสดงว่าเป็นคำตอบที่ให้ต้นทุนต่ำที่สุด

บทที่ 3
วิธีดำเนินโครงงาน

ในการศึกษาวิจัยนี้เป็นการศึกษาเรื่องการใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการขนส่งของห่วงโซ่อุปทานอ้อย โดยกำหนดขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยดังต่อไปนี้

3.1 ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย

ในการศึกษาวิจัยนี้มีวิธีการในการศึกษาและวิจัยทั้งสิ้น 7 ขั้นตอนด้วยกัน มีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 3.1 แผนภาพขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.1.1 ศึกษาหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับระบบห่วงโซ่อุปทานและระบบโลจิสติกส์

เป็นการศึกษาการจัดการระบบโลจิสติกส์และหลักการของระบบห่วงโซ่อุปทาน รวมไปถึงความหมาย องค์ประกอบ โครงสร้างของระบบโลจิสติกส์และห่วงโซ่อุปทาน และศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับการขนส่ง ต้นทุนในการขนส่งสินค้าและต้นทุนโลจิสติกส์ ศึกษาทฤษฎีและวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหาการขนส่ง เพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินงานวิจัย

3.1.2 ศึกษาทฤษฎีที่ใช้ในการคำนวณตัวแบบคณิตศาสตร์

เป็นการศึกษาทฤษฎีและวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหาการขนส่ง เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบที่ดีที่สุด เพื่อนำมาประกอบในการวิเคราะห์และคำนวณในการจัดทำตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการขนส่ง เพื่อให้ได้มาซึ่งต้นทุนในการขนส่งอันเนื่องมาจากค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำที่สุด

3.1.3 เก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องและวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบห่วงโซ่อุปทาน รวมไปถึงระบบโลจิสติกส์ของอ้อยและน้ำตาล เช่น เส้นทางการไหลตั้งแต่ผู้ผลิตจนถึงผู้บริโภค กำลังการผลิตของผู้ปลูกอ้อย กำลังการผลิตของโรงงานน้ำตาล หรือข้อมูลความต้องการของบริษัทส่งออก เป็นต้นแล้ววิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมเหล่านั้น ทั้งข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิ เพื่อให้ทราบถึงลักษณะทั่วไปของการขนส่งอ้อยและน้ำตาลในเขตภาคเหนือตอนล่าง ขั้นตอนการขนส่ง และต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งในส่วนต่างๆ

3.1.4 สร้างตัวแบบคณิตศาสตร์ แก้ปัญหาการขนส่ง วิเคราะห์หาต้นทุนการขนส่งที่ต่ำที่สุด

เป็นการใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับแก้ปัญหาการขนส่งของห่วงโซ่อุปทานอ้อยในเขตภาคเหนือตอนล่าง โดยการกำหนดค่าตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการตัดสินใจ และใช้วิธีการแก้ปัญหาสมการทางคณิตศาสตร์ เพื่อคำนวณและวิเคราะห์หาต้นทุนในการขนส่งอ้อยและน้ำตาลอันเนื่องมาจากค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำที่สุด ตั้งแต่การขนส่งจากผู้ปลูกอ้อยไปยังโรงงานน้ำตาล การขนส่งข้าวจากโรงงานน้ำตาลไปยังพ่อค้าส่ง และการขนส่งจากพ่อค้าส่งไปยังบริษัทส่งออก และหาปริมาณและเส้นทางการไหลที่เหมาะสมของอ้อยและน้ำตาลทราย

3.1.5 สรุปผลการดำเนินการวิจัยและข้อเสนอแนะ

สรุปผลคำตอบที่ได้จากการศึกษา พร้อมทั้งเสนอแนะแนวทางในการปรับปรุงหรือพัฒนางานวิจัยต่อไป

3.1.6 จัดพิมพ์รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

จัดทำรายงานการศึกษาวิจัยฉบับสมบูรณ์ โดยปฏิบัติตามขั้นตอนและรูปแบบของคู่มือการเขียนปริญญานิพนธ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ฉบับ พ.ศ. 2552

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

เมื่อทำการศึกษาข้อมูลทางทฤษฎีแล้วสิ่งที่ต้องทำคือ ขั้นตอนของการเก็บรวบรวมข้อมูล ในการเก็บรวบรวมนั้นจะประกอบไปด้วยข้อมูล 2 ส่วน ดังนี้

3.2.1 ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data)

ได้จากการรวบรวมการสังเกตการปฏิบัติงานจริงหรือการสัมภาษณ์บุคลากรที่เกี่ยวข้องต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่สนใจจะศึกษา และครอบคลุมวัตถุประสงค์ โดยวิธีการสัมภาษณ์ทางโทรศัพท์ หรือสัมภาษณ์โดยตรง ผลที่ได้จากการสัมภาษณ์ได้นำมาประมวลและเรียบเรียงโดยมีรูปแบบการนำเสนอเป็นการเขียนเชิงพรรณนา

3.2.2 ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data)

เป็นข้อมูลที่ได้จากการศึกษา ค้นคว้า และเรียบเรียง จากแหล่งข้อมูลต่างๆ เช่น อินเตอร์เน็ต บทความ หนังสือหรือสิ่งพิมพ์อื่นๆ หรือข้อมูลจากหน่วยงานต่างๆที่เกี่ยวข้อง เช่น กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล เป็นต้น

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

สำหรับขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลกล่าวได้ดังนี้ หลังจากเก็บรวบรวมข้อมูลจนครบถ้วนแล้ว จึงนำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์เพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ไปทำการศึกษาในเรื่อง การสร้างตัวแบบปัญหาการขนส่งของห่วงโซ่อุปทานอ้อย โดยการวิเคราะห์นั้นจะแบ่งได้ 2 ส่วน คือ

วิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนา (Descriptive Analysis) เป็นการรวบรวมข้อเท็จจริงและข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า การสังเกตการณ์หรือการสัมภาษณ์ มาทำการอธิบายการดำเนินงานทุกขั้นตอน ตั้งแต่กระบวนการปลูกอ้อย กระบวนการผลิตน้ำตาล จนถึงผู้บริโภค เพื่อให้เข้าใจระบบห่วงโซ่อุปทานอ้อยและน้ำตาลทั้งระบบ แล้วจึงนำมาวิเคราะห์เพื่อใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์แก้ปัญหาการขนส่ง

วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ (Quantities Analysis) เป็นการคำนวณห่วงโซ่อุปทานทางด้านต้นทุนการขนส่ง โดยนำตัวเลขที่ได้จากการเก็บรวมรวมข้อมูลมาวิเคราะห์และคำนวณจากการใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์ เพื่อที่จะหาต้นทุนของการขนส่งอันเนื่องมาจากค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำที่สุดในระบบห่วงโซ่อุปทานอ้อยในเขตภาคเหนือตอนล่าง

บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 โครงสร้างระบบโลจิสติกส์ของอ้อยโรงงาน

ในระบบโครงสร้างระบบโลจิสติกส์ของอ้อยนั้น จะเริ่มต้นจากเกษตรกรจะทำการซื้อท่อนพันธุ์และปุ๋ย โดยเลือกพันธุ์อ้อยที่มีความเหมาะสมกับสภาพพื้นที่ที่จะทำการปลูก ซึ่งพื้นที่หรือทำเลนั้นมีความสำคัญมากเพราะถ้าทำเลไม่เหมาะสมก็อาจประสบกับการขาดทุน หรือไม่ได้ผลผลิตที่ดีเท่าที่ควร โดยในส่วนของท่อนพันธุ์นั้นชาวไร่อ้อยสามารถหาได้หลายวิธี เช่น โดยการเพาะพันธุ์อ้อยไว้ปลูกเองต่างหาก โดยปลูกแยกจากอ้อยที่จะจำหน่าย และถ้าหากทำตามขั้นตอนที่ถูกต้องก็จะสามารถปลูกอ้อยได้ประมาณ 10 ไร่ โดยใช้พันธุ์อ้อยเพียง 1 ไร่ หรืออีกวิธีหนึ่งคือซื้อพันธุ์อ้อยจากแหล่งจำหน่ายโดยตรง โดยติดต่อที่สมาคมชาวไร่อ้อยที่ตนอยู่ในเขตพื้นที่หรือลงทะเบียนเป็นเกษตรกรชาวไร่อ้อยไว้ โดยวิธีนี้จะมีต้นทุนที่สูงกว่า แต่ชาวไร่อ้อยส่วนใหญ่ก็นิยมซื้อพันธุ์อ้อยมาปลูกเลยเพราะสะดวกกว่าเพาะเอง และไม่ต้องการรอนาน เนื่องจากพันธุ์อ้อยที่เพาะเองนั้นจะใช้เวลาประมาณ 8 – 10 เดือน จึงจะนำมาทำเป็นท่อนพันธุ์ได้ ในส่วนของปุ๋ยนั้นชาวไร่อ้อยสามารถหาซื้อได้จากร้านค้าทั่วไปในเขตพื้นที่ เนื่องจากผู้ประกอบการเหล่านี้มักเปิดกิจการอยู่ใกล้แหล่งเพาะปลูกอยู่แล้ว อีกเรื่องหนึ่งคือยาฆ่าแมลง โดยในการปลูกอ้อยนั้นจะไม่นิยมใช้ยาฆ่าแมลงในการเพาะปลูกเลย ดังเหตุผลที่ได้กล่าวไปแล้วในบทที่ 2 ชาวไร่อ้อยจึงไม่มีการซื้อยาฆ่าแมลงมาใช้ และเมื่ออ้อยโตเต็มที่พร้อมเก็บเกี่ยว ชาวไร่อ้อยจะอาศัยการว่าจ้างแรงงานเข้ามาช่วยในการเก็บเกี่ยวอ้อย ทั้งนี้เพราะต้องการความรวดเร็วในการขนส่ง เพราะอ้อยที่ตัดแล้วหากทิ้งไว้นานจะเสียความหวานและน้ำหนักไปเรื่อยๆ โดยมีวิธีเก็บเกี่ยวอยู่ 2 แบบ คือ ใช้แรงงานคน กับใช้รถเก็บเกี่ยว ซึ่งแต่ละวิธีก็มีข้อดีข้อเสียแตกต่างกัน โดยแรงงานคนจะช้าแต่สามารถควบคุมการตัดให้ชิดติดดินได้ง่าย ส่วนถ้าใช้รถเก็บเกี่ยวจะเร็วกว่ามากแต่ไม่สามารถควบคุมการตัดให้ชิดติดดินได้ ส่งผลให้สูญเสียอ้อยไปบางส่วนโดยเปล่าประโยชน์ นอกจากนี้ถ้าหากชาวไร่อ้อยไม่แน่ใจว่าอ้อยของตนพร้อมเก็บเกี่ยวได้หรือยัง ก็สามารถประสานงานกับทางโรงงานน้ำตาลใกล้เคียง โดยทางโรงงานน้ำตาลจะส่งเจ้าหน้าที่ไปตรวจสอบคุณภาพของอ้อยให้ถึงที่ไร่

ในปัจจุบันในประเทศไทยมีโรงงานน้ำตาลทั้งสิ้น 47 โรงงาน โดยกระจายอยู่ในภาคอีสาน, ภาคเหนือตอนล่างและภาคกลางเป็นส่วนใหญ่ (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2552) ซึ่งหลังจากที่เก็บเกี่ยวอ้อยแล้วชาวไร่อ้อยจะทำการขนส่งอ้อยไปเข้าโรงงานน้ำตาลที่ใกล้กับแหล่งที่ปลูกหรือโรงงานน้ำตาลที่ตนติดต่อไว้ก่อนเก็บเกี่ยว และในกรณีที่ชาวไร่อ้อยไม่มีรถ ก่อนเก็บเกี่ยวก็สามารถที่จะแจ้งให้กับโรงงานน้ำตาลทราบว่าจะทำการเก็บเกี่ยวอ้อย ทางโรงงานก็จะมี

รถขนส่งอ้อยให้ แต่ทางโรงงานจะคิดค่าใช้จ่ายในการขนส่งในภายหลังตอนให้ราคาอ้อย ซึ่งในกรณีนี้ต้องมีการตกลงกันก่อน เมื่ออ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลแล้วก็ต้องมีการรับคิว ซึ่งในขั้นตอนนี้อาจต้องรอนานถึง 2 – 3 วัน แล้วแต่จำนวนของชาวไร่อ้อยที่ไปที่โรงงานนั้นๆ ส่วนในเรื่องของราคาอ้อยนั้นชาวไร่อ้อยจะไม่คำนึงถึงเพราะเป็นราคาตายตัวที่ถูกกำหนดไว้ในแต่ละปีดังที่กล่าวไปแล้วในบทที่ 2 ซึ่งรายละเอียดแผนผังและกิจกรรมของระบบโลจิสติกส์อ้อยและน้ำตาลในประเทศไทยในส่วนนี้ได้แสดงไว้แล้วในรูปที่ 4.1

และจากรูปที่ 4.1 (ต่อ) นั้น อ้อยจะผ่านกรรมวิธีต่างๆดังที่กล่าวไปแล้วในบทที่ 2 จนออกมาเป็นน้ำตาล ซึ่งน้ำตาลที่ได้สามารถแยกออกเป็น 2 ประเภทใหญ่คือ น้ำตาลทรายดิบและน้ำตาลทรายขาว โดยในส่วนของน้ำตาลทรายขาวที่ได้จะถูกขายต่อให้กับอุตสาหกรรมต่างๆ ที่ใช้น้ำตาลเป็นวัตถุดิบหรือส่วนประกอบซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นอุตสาหกรรมอาหาร เช่น น้ำอัดลม ขนม อาหารกระป๋อง ฯลฯ ซึ่งอุตสาหกรรมเหล่านี้จะติดต่อมายังโรงงานน้ำตาลโดยตรง และกลายเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่และส่งต่อไปยังห้างสรรพสินค้า ร้านค้าปลีก หรือตัวแทนจำหน่าย ก่อนถึงมือผู้บริโภคต่อไป นอกจากนี้บางส่วนจะมีพ่อค้าส่งมารับไปขายต่อให้กับร้านค้าปลีกก่อนถึงมือผู้บริโภค หรือบริษัทส่งออก (ที่ได้รับอนุญาตจากสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทรายให้ส่งออกน้ำตาลทรายได้ตามโควตาที่ทางสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทรายกำหนด) เพื่อส่งขายต่างประเทศอีกด้วย ส่วนน้ำตาลทรายดิบนั้นจะถูกส่งขายให้กับบริษัทส่งออกอย่างเดียวตามโควตาที่ได้รับเช่นกัน โดยในส่วนของการส่งออกนั้น ทั้งน้ำตาลทรายดิบและน้ำตาลทรายขาวจะถูกขายให้แก่ประเทศในหลายทวีปทั่วโลก เช่น ทวีปอเมริกา ทวีปแอฟริกา ทวีปเอเชีย ทวีปยุโรป และทวีปโอซิเอเนีย เป็นต้น โดยผ่านทางเรือและรถ ซึ่งอาจจะส่งในรูปของตู้คอนเทนเนอร์กระสอบ แล้วแต่ลักษณะการขนส่ง

นอกจากน้ำตาลทรายขาวและน้ำตาลทรายดิบแล้ว ยังมีสิ่งที่ได้จากการผลิตน้ำตาลทรายหรือ By Product ต่างๆเช่น กากอ้อย กากน้ำตาล ยังสามารถนำไปเข้ากระบวนการแปรสภาพกลายเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่สร้างรายได้เสริมให้กับโรงงาน และนอกจากนี้ยังเป็นการลดขยะและรีไซเคิลของเสียที่อาจถูกทิ้งไปอย่างไร้ค่าอีกทางหนึ่งด้วย ซึ่งรายละเอียดโดยสังเขปของผลพลอยได้จากการผลิตน้ำตาลมีดังนี้

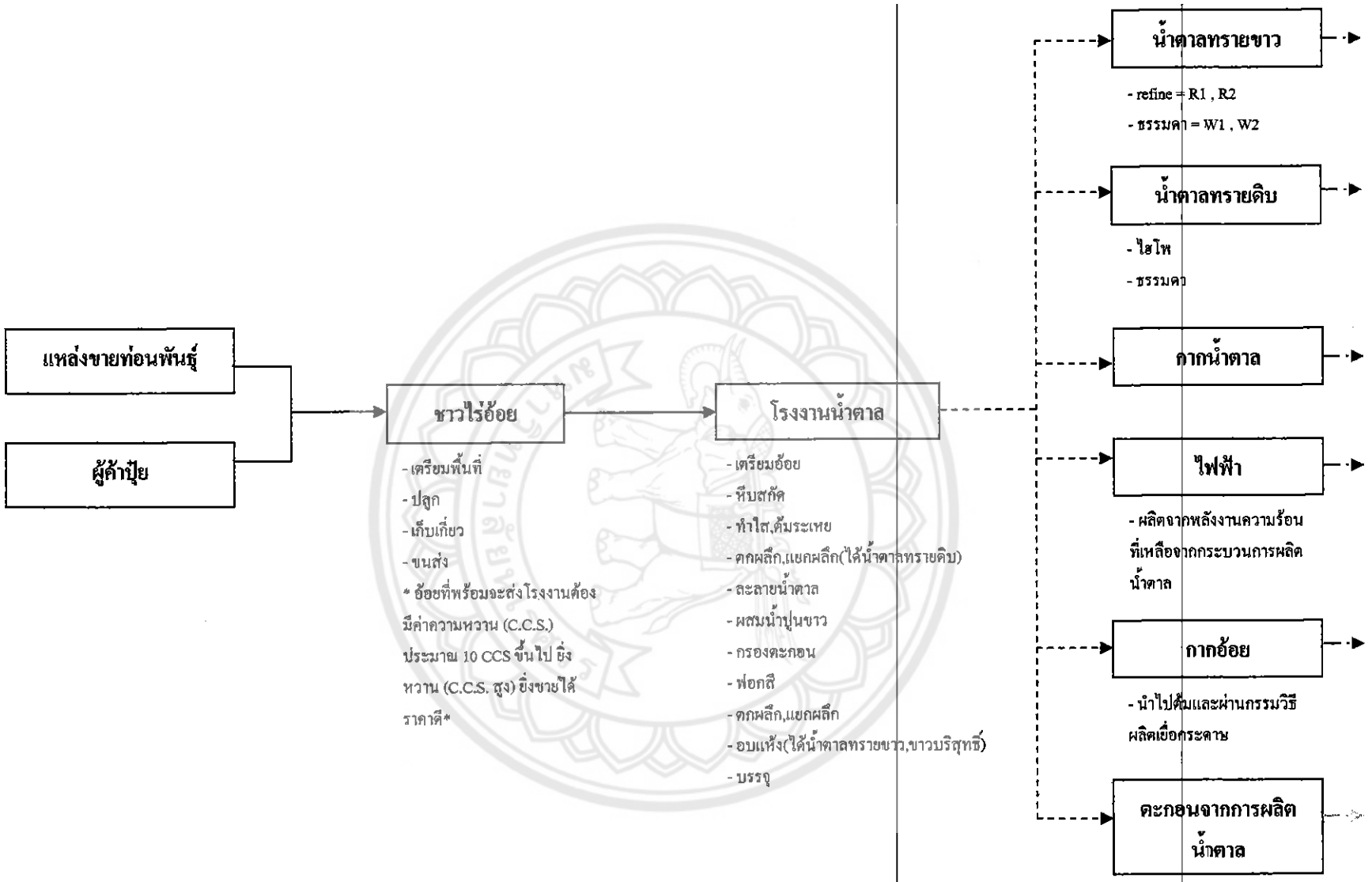
1) กากอ้อย เป็นเศษอ้อยที่ถูกสกัดน้ำอ้อยออกแล้ว สามารถนำไปผ่านกรรมวิธีผลิตเยื่อกระดาษ และส่งต่อไปยังอุตสาหกรรมผลิตกระดาษ ก่อนผ่านไปยังห้างสรรพสินค้า ตัวแทนจำหน่าย หรือร้านค้าปลีก และเข้าสู่ผู้บริโภค และในปัจจุบันนี้กำลังมีการค้นคว้าเกี่ยวกับการผลิตเอทานอลจากกากอ้อยอีกด้วย

2) กากน้ำตาลหรือโมลาส เป็นส่วนที่ไม่สามารถสกัดเอาความหวานออกมาได้อีกแล้ว สามารถนำไปผ่านกระบวนการผลิตเป็นเอทานอลได้ และในขั้นตอนการผลิตเอทานอลนั้น น้ำเสีย

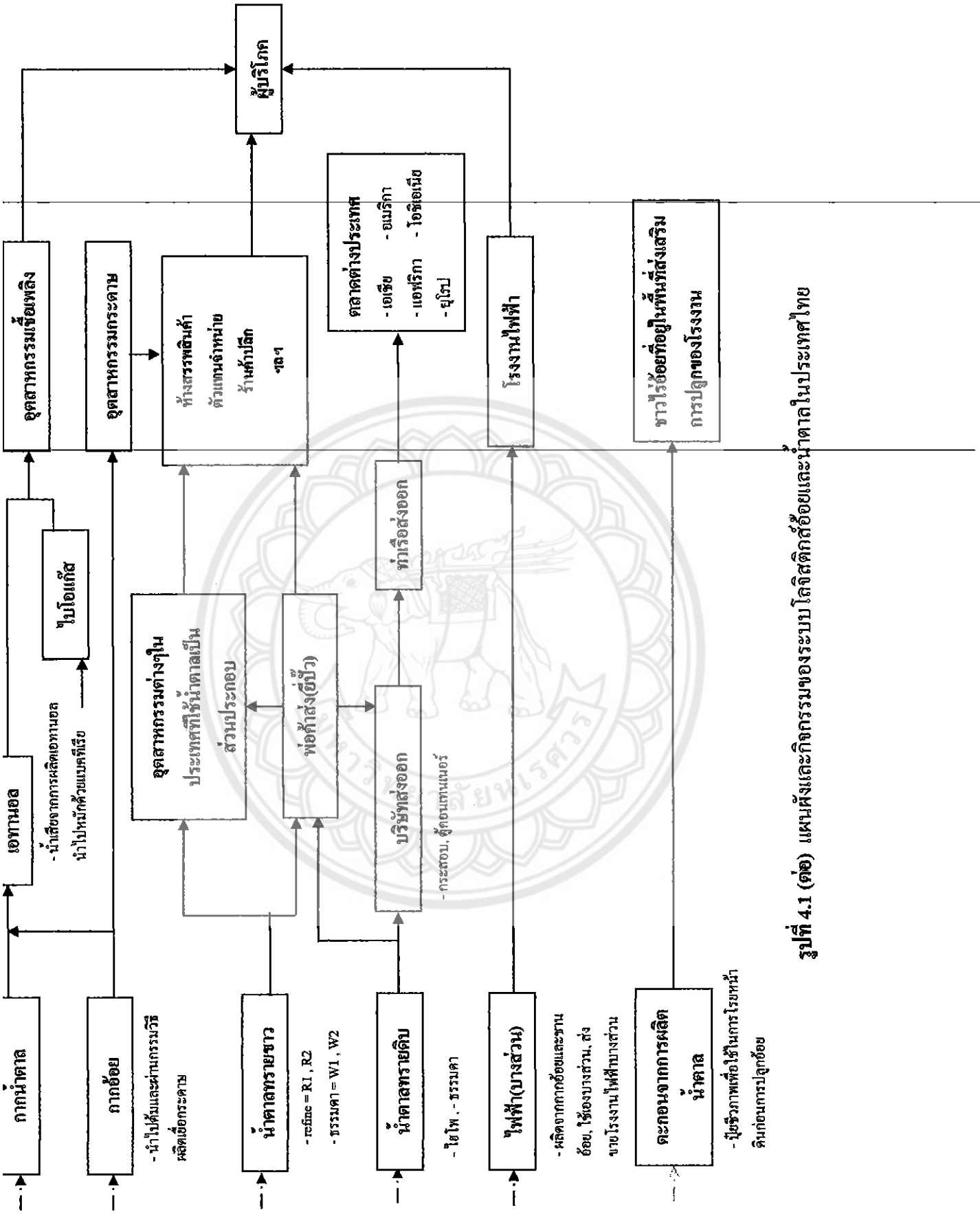
ที่ได้จากกระบวนการก็สามารถนำไปหมักกับแบคทีเรียกลายเป็นไบโอแก๊สได้อีกด้วย ซึ่ง By Product เหล่านี้จะถูกส่งขายให้กับอุตสาหกรรมเชื้อเพลิงต่อไป

3) โรงงานน้ำตาลสามารถผลิตไฟฟ้าได้โดยวิธีการเผาไหม้โดยตรง (Direct-Fired) โดยนำเชื้อเพลิงชีวมวล (กากอ้อยและชานอ้อย) มาเผาไหม้โดยตรงในหม้อไอน้ำ (Boiler) และถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นให้แก่น้ำในหม้อไอน้ำจนกลายเป็นไอน้ำที่ร้อนจัดและมีความดันสูง ซึ่งไอน้ำนี้จะถูกนำไปปั่นกังหันที่ต่ออยู่กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้กระแสไฟฟ้าออกมา ซึ่งไฟฟ้าที่ได้นอกจากจะใช้เองภายในโรงงานแล้วบางส่วนจะขายให้กับโรงไฟฟ้าอีกทางหนึ่งด้วย

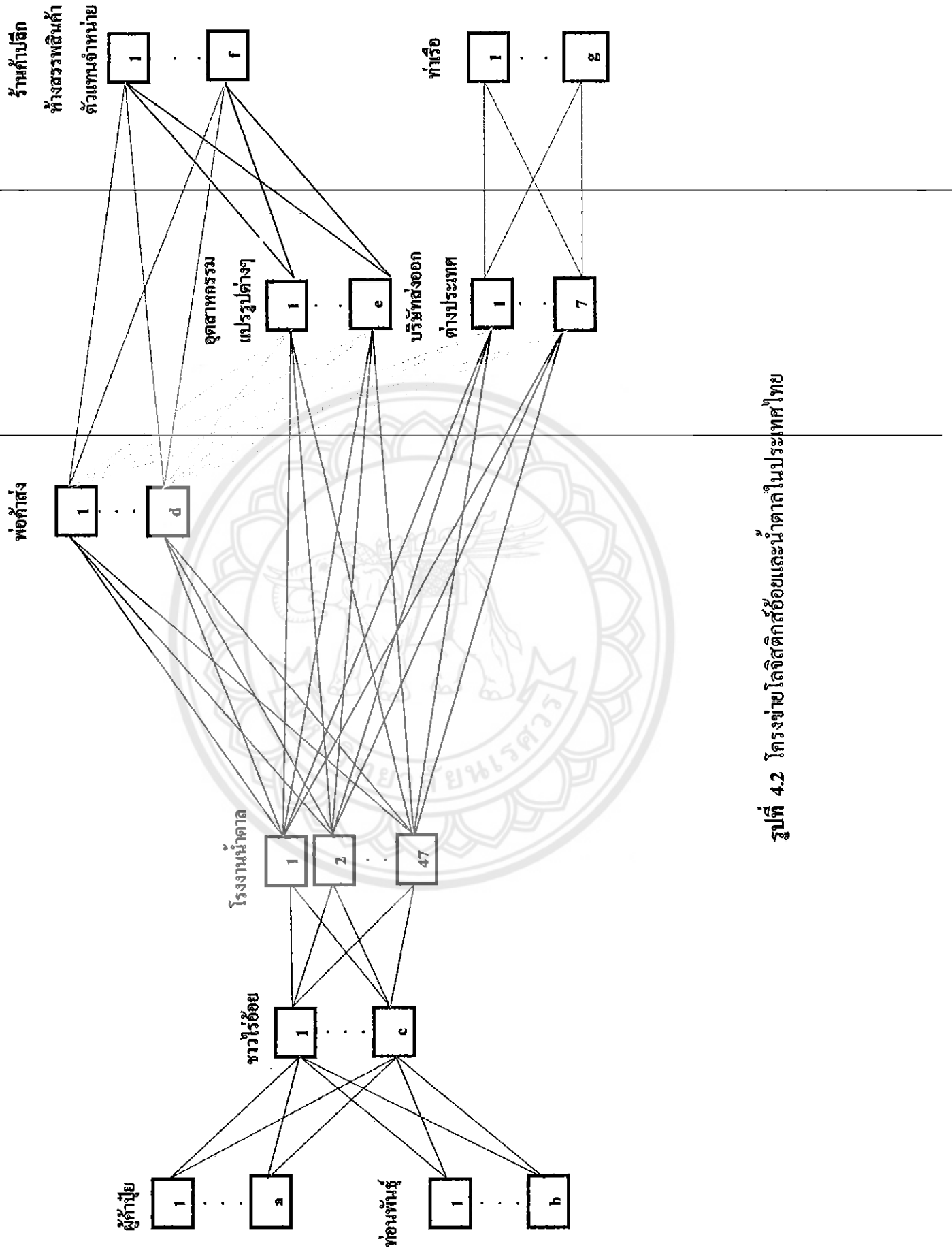
4) กากตะกอนจากการผลิตน้ำตาลสามารถทำเป็นปุ๋ยชีวภาพได้โดยนำไปผสมกับส่วนผสมทางชีวภาพ และทำการพลิกกลับกองปุ๋ยอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้จุลินทรีย์ในธรรมชาติช่วยย่อยสลายกากตะกอนให้กลายเป็นปุ๋ยต่อไป ซึ่งบริษัทจะนำปุ๋ยส่วนนี้ไปขายต่อให้กับชาวไร่ที่อยู่ใกล้เคียงในราคาที่ถูกมาก หรือส่งให้กับชาวไร่ในเขตพื้นที่ส่งเสริมการปลูกอ้อยของโรงงานฟรีๆ



รูปที่ 4.1 แผนผังและกิจกรรมของระบบโลจิสติกส์อ้อยและน้ำตาลในประเทศไทย



รูปที่ 4.1 (ต่อ) แผนผังและกิจกรรมของระบบโลจิสติกส์อ้อยและน้ำตาลในประเทศไทย

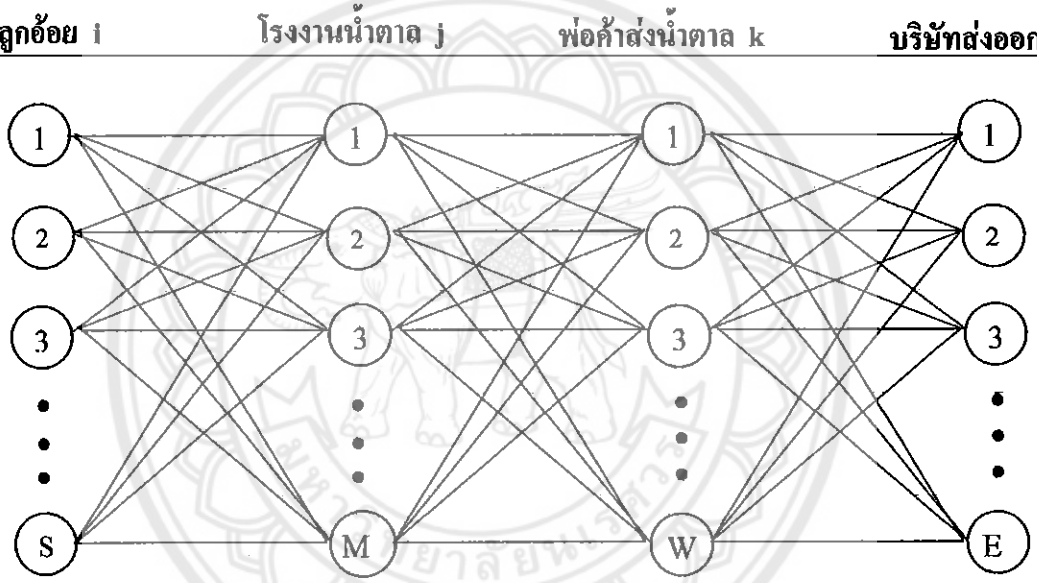


รูปที่ 4.2 โครงข่ายโลจิสติกส์อ้อยและน้ำตาลในประเทศไทย

4.2 แบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับค่าใช้จ่ายรวมในการขนส่งอ้อยและน้ำตาลทรายในเขตภาคเหนือตอนล่าง

การขนส่งทั้งอ้อยและน้ำตาลทรายไปยังผู้รับซึ่งกระจายอยู่ตามที่ต่างๆนั้น สามารถเลือกเส้นทางได้หลายเส้นทาง ซึ่งการขนส่งสินค้าแต่ละครั้งจำเป็นต้องเลือกเส้นทางในการขนส่งที่เหมาะสมที่สุดเพื่อให้เกิดค่าใช้จ่ายในการขนส่งต่ำสุด โดยพิจารณาจากจุดที่ตั้งของผู้รับสินค้า เส้นทาง ความจุและความสามารถของยานพาหนะที่ใช้ขนสินค้า

แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นนี้จะอยู่ในรูปแบบของสมการหลายวัตถุประสงค์ (Multi Objective Function) ทั้งนี้เพื่อให้ผู้ศึกษาสามารถพิจารณาในเรื่องของค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งอ้อยและน้ำตาลทรายได้ครอบคลุมยิ่งขึ้น



รูปที่ 4.3 แสดงโครงข่ายการขนส่งอ้อยและน้ำตาล

4.2.1 แบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อหาต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งที่ต่ำที่สุด

แบบจำลองคณิตศาสตร์นี้เป็นการหาค่าต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งอ้อยและน้ำตาลในเขตภาคเหนือตอนล่าง โดยเริ่มตั้งแต่ผู้ปลูกอ้อยไปจนถึงบริษัทส่งออก โดยคำนึงถึงเพียงหาค่าต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งให้ต่ำที่สุดเท่านั้น ไม่ได้คำนึงถึงปัจจัยภายนอกต่างๆ ที่อาจจะเกิดขึ้น ในส่วนของข้อมูลข้อจำกัดต่างๆ ที่ต้องนำมาใช้ในการคำนวณหาคำตอบ ได้แสดงไว้ในภาคผนวกแล้ว

สมมติฐาน

1) กำหนดให้ชาวไร่อ้อยทุกรายในเขตภาคเหนือตอนล่างขายผลผลิตอ้อยที่ได้ให้กับโรงงานน้ำตาลในเขตภาคเหนือตอนล่างเท่านั้นโดยไม่เกินกำลังการผลิตของโรงงานน้ำตาล หากเกินกำลังการผลิตของโรงงานน้ำตาลในเขตภาคเหนือตอนล่าง ชาวไร่อ้อยจะขายอ้อยให้กับโรงงานน้ำตาลในเขตภูมิภาคอื่นๆต่อไป

2) ในการคำนวณ ในส่วนของข้อมูลกำลังการผลิตน้ำตาลทรายของโรงงานน้ำตาลในเขตภาคเหนือตอนล่างนั้น จะใช้ข้อมูลปริมาณน้ำตาลทรายทั้งหมดที่แต่ละโรงงานผลิตได้ ซึ่งคิดมาจากผลรวมของปริมาณน้ำตาลทรายดิบและน้ำตาลทรายขาวที่ผลิตได้

3) เนื่องจากพ่อค้าส่งน้ำตาลทรายในภาคเหนือตอนล่างนั้นมีจำนวนมากและยากต่อการเก็บข้อมูลความต้องการ (demand) จึงทำการคำนวณโดยมองเป็นศักยภาพโดยรวมของผู้ค้าส่งน้ำตาลทรายในแต่ละจังหวัดโดยมีจุดอ้างอิงอยู่ในอำเภอเมือง กำหนดให้พ่อค้าส่งในแต่ละจังหวัดมีความสามารถในการรับซื้อน้ำตาลทรายเท่ากัน และความสามารถในการรับซื้อน้ำตาลทรายนั้นต้องเท่ากับปริมาณน้ำตาลทรายที่ผลิตได้

4) กำหนดให้ยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งคือรถบรรทุก 10 ล้อ 3 เพลา มีการบรรทุกเต็มพิกัดความจุ 20 ตัน (กรมทางหลวง, 2548) อัตราการบริโภคน้ำมัน 4.5 กิโลเมตร/ลิตร (www.truckfanclub.com, 2552)

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

6) ยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งจะมีความเร็วคงที่ และอัตราการบริโภคน้ำมันเชื้อเพลิงคงที่

ดัชนี (Indices)

i = ดัชนีของผู้ปลูกอ้อย (Suppliers), (i = 1, 2, 3,....., S)

j = ดัชนีของโรงงานน้ำตาล (Manufacturers), (j = 1, 2, 3,....., M)

k = ดัชนีของพ่อค้าส่ง (Wholesalers), (k = 1, 2, 3,....., W)

l = ดัชนีของบริษัทส่งออก (Export), (l = 1, 2, 3,.....,E)

S = ดัชนีของจำนวนผู้ปลูกอ้อย

M = ดัชนีของจำนวนโรงงานน้ำตาล

W = ดัชนีของจำนวนผู้ค้าส่งน้ำตาลทราย

E = ดัชนีของจำนวนบริษัทส่งออก

ค่าคงที่ (Parameters)

Z = ค่าใช้จ่ายรวมในการขนส่ง (บาท)

D_{ij} = ระยะทางในการขนส่งผลผลิตอ้อยจากผู้ปลูกอ้อย i ไปยังโรงงานน้ำตาล j (กิโลเมตร)

D_{jk} = ระยะทางในการขนส่งอ้อยจากโรงงานน้ำตาล j ไปยังพ่อค้าส่งน้ำตาลทราย k (กิโลเมตร)

D_{kl} = ระยะทางในการขนส่งอ้อยจากพ่อค้าส่งน้ำตาลทราย k ไปยังบริษัทส่งออก l (กิโลเมตร)

C = อัตราการบริโภคน้ำมันเชื้อเพลิงของยานพาหนะเมื่อมีการบรรทุกเต็มพิกัดความจุ (กิโลเมตร/ลิตร)

C_f = ราคาน้ำมันดีเซล (บาท/ลิตร)

CP_i = ผลผลิตอ้อยของผู้ปลูกอ้อย i (ตันอ้อย)

CP_j = กำลังการผลิตน้ำตาลของโรงงานน้ำตาล j (ตันน้ำตาล)

CP_k = ความสามารถในการรับซื้อน้ำตาลทรายของผู้ค้าส่ง k (ตันน้ำตาล)

CP_l = ความสามารถในการจัดเก็บน้ำตาลทรายของบริษัทส่งออก l (ตันน้ำตาล)

L = พิกัดบรรทุกของยานพาหนะ (ตัน)

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variable)

X_{ij} = ปริมาณการขนส่งผลผลิตอ้อยจากผู้ปลูกอ้อย i ไปยังโรงงานน้ำตาล j (ตันอ้อย)

X_{jk} = ปริมาณการขนส่งน้ำตาลจากโรงงานน้ำตาล j ไปยังพ่อค้าส่งน้ำตาลทราย k (ตันอ้อย)

X_{kl} = ปริมาณการขนส่งน้ำตาลทรายจากพ่อค้าส่งน้ำตาลทราย k ไปยังบริษัทส่งออก l (ตันน้ำตาล)

สมการเป้าหมาย (Objective function)

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

เป็นสมการหาต้นทุนค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำที่สุด (Minimize) ในการขนส่งจากผู้ปลูกอ้อย i ไปยังโรงงานน้ำตาล j จากโรงงานน้ำตาล j ไปยังพ่อค้าส่ง k และจากพ่อค้าส่ง k ไปยังบริษัทส่งออก l

เงื่อนไข (Subject to)

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

ปริมาณการขนส่งอ้อยจากผู้ปลูกอ้อย i ไปยังโรงงานน้ำตาล j จะต้องไม่เกินความสามารถในการผลิตอ้อยของผู้ปลูกอ้อย i

$$\sum_{i=1}^{S} \frac{X_{ij}}{10} \leq CP_j \quad , \qquad \text{for all j.} \qquad \textbf{(4.3)}$$

ปริมาณอ้อยที่ขนส่งจากผู้ปลูกอ้อย i ไปยังโรงงานน้ำตาล j ต้องไม่เกินกว่ากำลังการผลิตน้ำตาลของโรงงานน้ำตาล j และน้ำหนักอ้อยที่ขนส่งออกจากโรงงานน้ำตาล j จะต้องลดลง เนื่องจากกระบวนการผลิตน้ำตาลในอัตราส่วน อ้อย 1000 กิโลกรัม ได้น้ำตาล 100 กิโลกรัม โดยอ้างอิงจากการผลิตอ้อยออกมาเป็นน้ำตาลทราย 100% (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล กระทรวงอุตสาหกรรม, 2553)

$$\sum_{k=1}^{W} \frac{X_{jk}}{10} \leq CP_j \quad , \qquad \text{for all j.} \qquad \textbf{(4.4)}$$

ปริมาณน้ำตาลทรายที่ขนส่งจากโรงงานน้ำตาล j ไปยังพ่อค้าส่ง k ต้องไม่เกินกว่ากำลังการผลิตน้ำตาลทรายของโรงงานน้ำตาล j และมีน้ำหนักลดลงหลังกระบวนการผลิตน้ำตาล

$$\sum_{j=1}^{M} \frac{X_{jk}}{10} \leq CP_k \quad , \qquad \text{for all k.} \qquad \textbf{(4.5)}$$

ปริมาณน้ำตาลทรายที่ขนส่งจากโรงงานน้ำตาล j ไปยังพ่อค้าส่ง k ต้องไม่เกินความสามารถในการรับซื้อน้ำตาลทรายของผู้ค้าส่ง k และมีน้ำหนักลดลงหลังกระบวนการผลิตน้ำตาล

$$\sum_{l=1}^{E} X_{kl} \leq CP_k \quad , \qquad \text{for all k.} \qquad \textbf{(4.6)}$$

ปริมาณน้ำตาลทรายที่ขนส่งจากพ่อค้าส่ง k ไปยังบริษัทส่งออก l ต้องไม่เกินกว่าความสามารถในการรับซื้อน้ำตาลทรายของผู้ค้าส่ง k

$$\sum_{k=1}^{W} X_{kl} = CP_l \quad , \qquad \text{for all l.} \qquad \textbf{(4.7)}$$

ปริมาณน้ำตาลทรายที่ขนส่งจากพ่อค้าส่ง k ไปยังบริษัทส่งออก l ต้องเท่ากับความสามารถในการจัดเก็บน้ำตาลทรายของบริษัทส่งออก l

$$\sum_{i=1}^{S} X_{ij} = \sum_{j=1}^{M} X_{jk} \quad , \qquad \text{for all j.} \qquad \textbf{(4.8)}$$

ปริมาณอ้อยทั้งหมดที่ขนส่งจากผู้ปลูกอ้อย i ไปยังโรงงานน้ำตาล j และปริมาณอ้อยที่ขนส่งจากโรงงานน้ำตาล j ไปยังพ่อค้าส่ง k ต้องมีปริมาณเท่ากัน หมายความว่าปริมาณอ้อยที่ขนส่งเข้าไปยังโรงงานน้ำตาลจะต้องเท่ากับปริมาณอ้อยที่ขนส่งออกมาจากโรงงานน้ำตาล

$$\sum_{j=1}^{M} \frac{X_{jk}}{10} = \sum_{k=1}^{W} X_{kl} \quad , \quad \text{for all k.} \qquad \textbf{(4.9)}$$

ปริมาณน้ำตาลทรายทั้งหมดที่ขนส่งจากโรงงานน้ำตาล j ไปยังพ่อค้าส่ง k และปริมาณน้ำตาลทรายที่ขนส่งจากพ่อค้าส่ง k ไปยังบริษัทส่งออก l ต้องมีปริมาณเท่ากัน หมายความว่าปริมาณน้ำตาลที่ขนส่งเข้าไปยังพ่อค้าส่งจะต้องเท่ากับปริมาณน้ำตาลที่ขนส่งออกมาจากพ่อค้าส่ง

$$X_{ij}, X_{jk}, X_{kl} \geq 0 \quad , \quad \text{for all i, j, k, l.} \qquad \textbf{(4.10)}$$

เป็นสมการบังคับไม่ให้ตัวแปรตัดสินใจมีค่าติดลบ

4.2.1.1 การเขียนโปรแกรม

การเขียนโปรแกรมเพื่อช่วยในการคำนวณหาคำตอบของค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งที่ต่ำที่สุดนั้น จะใช้โปรแกรม Risk Solver Platform V.10.0 for Microsoft Excel ในการช่วยคำนวณหาคำตอบ ซึ่งจะใช้ร่วมกับฟังก์ชันบนโปรแกรม Microsoft Excel 2007 เช่น ฟังก์ชัน Sum เป็นต้น โดยจะต้องสร้างเซลล์ของข้อมูลหรือข้อจำกัดต่างๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในการหาคำตอบ เซลล์ของสมการเป้าหมาย และเซลล์ที่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้หรือเซลล์ที่โปรแกรมจะแสดงคำตอบ

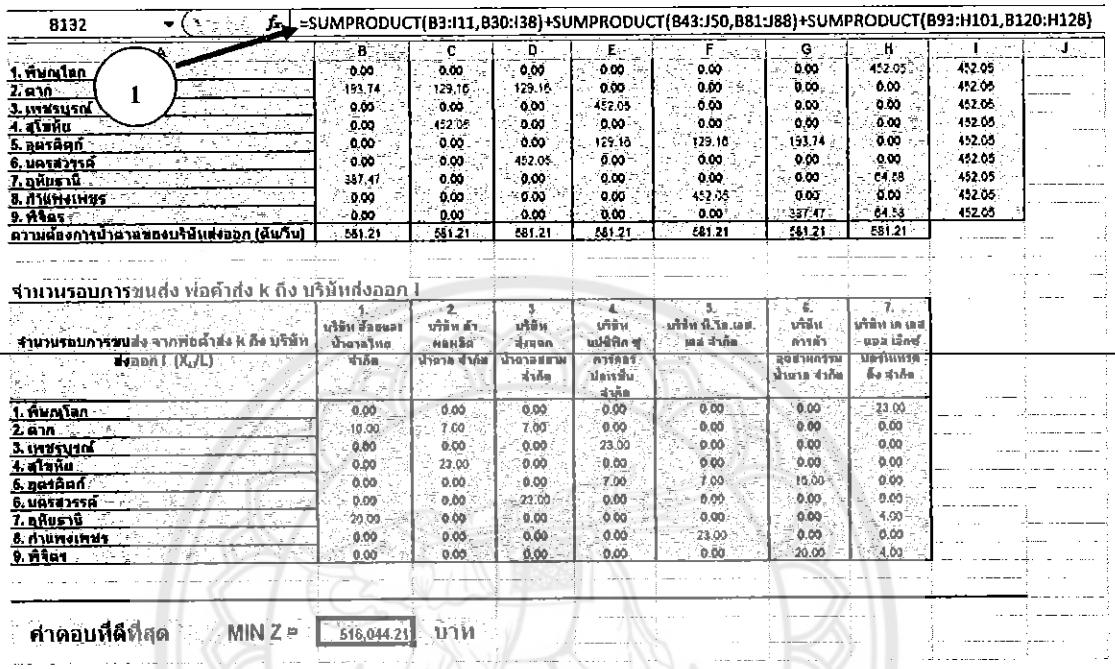
" การคำนวณค่าใช้จ่ายอันเนื่องมาจากค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งอ้อยจากผู้ปลูกอ้อ

ค่าเชื้อเพลิง จากผู้ปลูกอ้อย i ถึง โรงงานน้ำตาล j (บาท) $(C_{ij}/C)I_{ij}$	1. โรงงานอุตสาหกรรมน้ำตาลอุดรธิตย์	2. โรงงานน้ำตาลไทยเอกลักษณ์	3. โรงงานน้ำตาลกำแพงเพชร	4. โรงงานน้ำตาลนครเพชร
1. พิษณุโลก	777.14	803.71	797.07	737.29
2. ตาก	1,056.11	1,109.25	519.42	515.44
3. เพชรบูรณ์	1,793.40	1,813.33	1,660.56	1,600.78
4. สุโขทัย	602.45	777.14	650.79	642.30
5. อุตรดิตถ์	225.17	124.21	1,541.00	1,494.50
6. นครสวรรค์	1,607.42	1,633.99	654.15	743.93
7. อุทัยธานี	1,373.11	1,399.68	876.77	943.20
8. กำแพงเพชร	1,135.82	1,308.52	115.57	111.59
9. พิจิตร	1,089.32	1,115.89	770.50	719.72
กำลังการผลิตน้ำตาลของโรงงานน้ำตาล (ตันวันเดินเครื่อง)	306.48	1527.08	850.96	2778.42

ปริมาณอ้อย จากผู้ปลูกอ้อย i ถึง โรงงานน้ำตาล j X_{ij}	1. โรงงานอุตสาหกรรมน้ำตาลอุดรธิตย์	2. โรงงานน้ำตาลไทยเอกลักษณ์	3. โรงงานน้ำตาลกำแพงเพชร	4. โรงงานน้ำตาลนครเพชร
1. พิษณุโลก	0.00	0.00	0.00	0.00
2. ตาก	0.00	0.00	0.00	0.00
3. เพชรบูรณ์	0.00	0.00	0.00	0.00
4. สุโขทัย	0.00	0.00	0.00	0.00
5. อุตรดิตถ์	0.00	452.05	0.00	0.00
6. นครสวรรค์	0.00	0.00	0.00	0.00
7. อุทัยธานี	0.00	0.00	0.00	0.00
8. กำแพงเพชร	0.00	0.00	0.00	1,356.15
9. พิจิตร	0.00	0.00	0.00	0.00
กำลังการผลิตน้ำตาลของโรงงานน้ำตาล (ตันวันเดินเครื่อง)	0.00	452.05	0.00	1,356.15

รูปที่ 4.4 แสดงตัวอย่าง Interface ที่ใช้ในการคำนวณ

จากรูปที่ 4.4 หมายเลข 1 คือ เซลล์ของข้อมูลหรือข้อจำกัดต่างๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในการหาคำตอบ หมายเลข 2 คือ และเซลล์ที่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้หรือเซลล์ที่โปรแกรมจะแสดงคำตอบนั่นเอง ส่วนในรูปที่ 4.5 คือ เซลล์ของสมการเป้าหมายซึ่งจะใช้แสดงคำตอบของค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำที่สุด และหมายเลข 1 คือ การเขียนฟังก์ชัน Sumproduct สำหรับสมการเป้าหมาย



รูปที่ 4.5 แสดงตัวอย่าง Interface ของเซลล์สมการเป้าหมาย

4.2.1.2 ความสัมพันธ์ของสมการกับโปรแกรม

ความสัมพันธ์ของสมการที่สร้างขึ้นมากับโปรแกรม Risk Solver Platform V.10.0 for Microsoft Excel นั้นไม่สามารถที่จะแสดงด้วยภาพประกอบได้ เนื่องมาจาก Interface ที่ใช้คำนวณนั้นมีขนาดที่กว้างเกินไป ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการสรุปออกมาเป็นตารางด้านล่าง เพื่อให้ง่ายต่อการเข้าใจ

ตารางที่ 4.1 คำอธิบายค่าและสูตรต่างๆ ในโปรแกรม Microsoft Excel 2007 ในส่วนของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.1

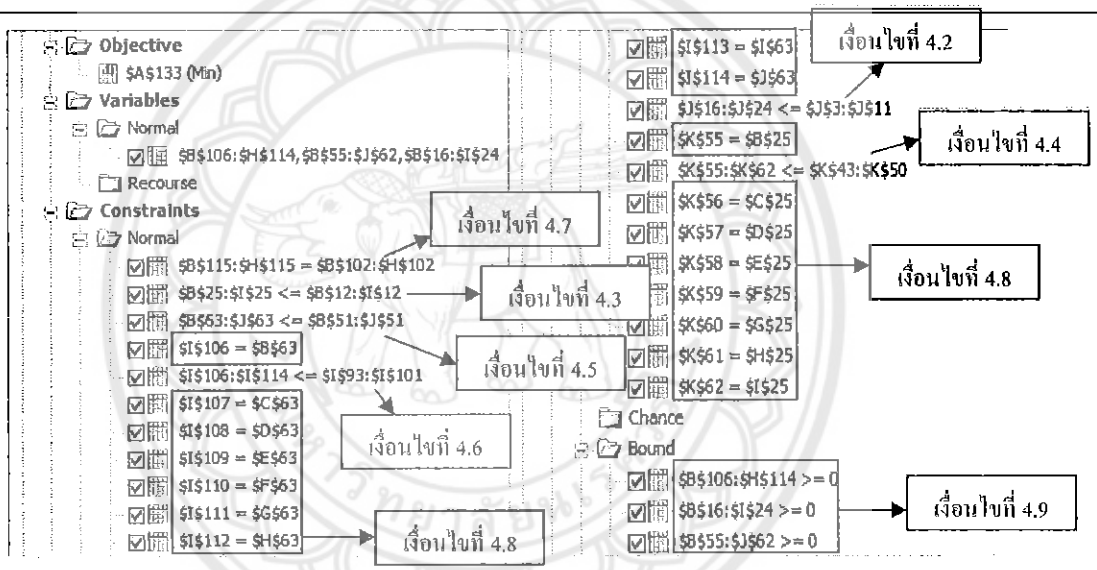
Field in Solver Parameters	ค่าที่ป้อนเข้าไป	สมการ	คำอธิบาย
Set Target Cell (Objective)	$B$132	4.1	เป็นการหาค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งที่เกิดขึ้น

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) คำอธิบายค่าและสูตรต่างๆ ในโปรแกรม Microsoft Excel 2007 ในส่วนของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.1

Field in Solver Parameters	ค่าที่ป้อนเข้าไป	สมการ	คำอธิบาย
Equal To	Min		จุดประสงค์คือ ต้องการหาค่าที่ต่ำที่สุด
By Changing Cell (Variables)	$B$106:$H$114, $B$55:$J$62, $B$16:$I$24		ต้องการทราบว่าปริมาณการขนส่งอ้อยและน้ำตาลที่เหมาะสมควรมีปริมาณเท่าไรและขนส่งไปจุดใดบ้าง
Constraints (Subject to)	$J$16:$J$24<= $J$3:$J$11	4.2	การขนส่งอ้อยไปยังโรงงานน้ำตาลจะต้องไม่เกินความสามารถในการผลิตอ้อย
Constraints (Subject to)	$B$25:$I$25<= $B$12:$I$12	4.3	อ้อยที่ขนส่งไปยังโรงงานน้ำตาลต้องไม่เกินกว่ากำลังการผลิตของโรงงานน้ำตาล
Constraints (Subject to)	$K$55:$K$62<= $K$43:$K$50	4.4	ปริมาณน้ำตาลทรายที่ขนส่งออกจากโรงงานน้ำตาลต้องไม่เกินกว่ากำลังการผลิตของโรงงานน้ำตาล
Constraints (Subject to)	($B$63:$J$63)/10<= $B$51:$J$51	4.5	ปริมาณน้ำตาลที่ขนส่งจากโรงงานน้ำตาลไปยังพ่อค้าส่งต้องไม่เกินกว่าความต้องการของพ่อค้าส่ง และมีน้ำหนักลดลงหลังกระบวนการผลิต
Constraints (Subject to)	$I$106:$I$114<= $I$93:$I$101	4.6	ปริมาณน้ำตาลทรายที่ขนส่งออกจากพ่อค้าส่งต้องไม่เกินกว่าความต้องการของพ่อค้าส่ง
Constraints (Subject to)	$B$115:$H$115 = $B$102:$H$102	4.7	ปริมาณน้ำตาลทรายที่ขนส่งจากพ่อค้าส่งต้องเท่ากับความสามารถในการจัดเก็บน้ำตาลของบริษัทส่งออก และมีน้ำหนักลดลงหลังกระบวนการผลิต
Constraints (Subject to)	$K$55 Copy to $K$62 = $B$25 Copy to $I$25	4.8	ปริมาณอ้อยและน้ำตาลทรายจะต้องทำการขนส่งผ่านกระบวนการต่างๆ ไปสู่ผู้บริโภคทั้งหมด

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) คำอธิบายค่าและสูตรต่างๆ ในโปรแกรม Microsoft Excel 2007 ในส่วนของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.1

Field in Solver Parameters	ค่าที่ป้อนเข้าไป	สมการ	คำอธิบาย
Constraints (Subject to)	$I$106 Copy to $I$114 = $B$63 Copy to $J$63	4.9	ปริมาณอ้อยและน้ำตาลทรายจะต้องทำการขนส่งผ่านกระบวนการต่างๆ ไปสู่ผู้บริโภคทั้งหมด
Constraints (Subject to)	$B$106:$H$114, $B$16:$I$24, $B$55:$J$62 >= 0	4.10	เป็นการบังคับตัวแปรตัดสินใจให้เป็นค่าที่ไม่ติดลบ



รูปที่ 4.6 แสดงการเขียนข้อจำกัดต่างๆ ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ลงในโปรแกรม Risk Solver Platform V.10.0

4.2.1.3 ผลการคำนวณตัวแบบคณิตศาสตร์

จากการสร้างตัวแบบคณิตศาสตร์ของห่วงโซ่อุปทานอ้อยในเขตภาคเหนือตอนล่าง เพื่อหาต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งที่ต่ำที่สุด โดยการสร้างสมการและอสมการคณิตศาสตร์แล้วทำการแก้ฟังก์ชันคณิตศาสตร์ตามสมการและอสมการข้างต้นด้วยโปรแกรม Risk Solver Platform V.10.0 นั้น ผลลัพธ์ของการแก้ฟังก์ชันคณิตศาสตร์คือต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งที่ต่ำที่สุดในการขนส่งอ้อยและน้ำตาลมีมูลค่าเท่ากับ 98,002.67 บาท สำหรับปริมาณการไหล

ที่เหมาะสมของอ้อยและน้ำตาลรวมทั้งจำนวนรอบในการขนส่งของยานพาหนะนั้นสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.2 ถึงตารางที่ 4.7 ดังนี้

ตารางที่ 4.2 แสดงปริมาณการไหลของอ้อยจากผู้ปลูกอ้อย i ไปยังโรงงานน้ำตาล j ภายใน 1 วัน

โรงงานน้ำตาล / ผู้ปลูกอ้อย	1	2	3	4	5	6	7	8
1	-	-	-	-	-	-	78.99	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	452.05	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	904.10	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	1,356.15	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	1,277.16	-

หมายเหตุ หน่วย : ตัน

ตารางที่ 4.3 แสดงปริมาณการไหลของน้ำตาลจากโรงงานน้ำตาล j ไปยังพ่อค้าส่ง k ภายใน 1 วัน

พ่อค้าส่ง / โรงงานน้ำตาล	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	45.20	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	45.20	-	45.20	-	-	-	45.20	-
5	-	-	-	-	-	45.20	45.20	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	45.20	-	45.20	-	-	-	-	-	45.20
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ หน่วย : ตัน

ตารางที่ 4.4 แสดงปริมาณการไหลของน้ำตาลจากพ่อค้าส่ง k ไปยังบริษัทส่งออก l ภายใน 1 วัน

บริษัทส่งออก / พ่อค้าส่ง	1	2	3	4	5	6	7
1	-	-	-	-	-	-	45.20
2	19.37	12.92	12.92	-	-	-	-
3	-	-	-	45.20	-	-	-
4	-	45.20	-	-	-	-	-
5	-		-	12.92	12.92	19.37	-
6	-	-	45.20	-		-	-
7	38.75	-	-	-	-	-	6.46
8	-	-	-	-	45.20	-	-
9	-	-	-	-	-	38.72	6.46

หมายเหตุ หน่วย : ตัน

ตารางที่ 4.5 แสดงรอบในการเดินทางขนส่งอ้อยของยานพาหนะจากผู้ปลูกอ้อย i ไปยังโรงงานน้ำตาล j ภายใน 1 วัน

โรงงานน้ำตาล / ผู้ปลูกอ้อย	1	2	3	4	5	6	7	8
1	-	-	-	-	-	-	4	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	23	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	46	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	68	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	64	-

หมายเหตุ หน่วย : รอบ

ตารางที่ 4.6 แสดงรอบในการเดินทางขนส่งน้ำตาลของยานพาหนะจากโรงงานน้ำตาล j ไปยังพ่อค้าส่ง k ภายใน 1 วัน

พ่อค้าส่ง / โรงงานน้ำตาล	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	3	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	3	-	3	-	-	-	3	-
5	-	-	-	-	-	3	3	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	3	-	3	-	-	-	-	-	3
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ หน่วย : รอบ

ตารางที่ 4.7 แสดงรอบในการเดินทางขนส่งน้ำตาลของยานพาหนะจากพ่อค้าส่ง k ไปยังบริษัทส่งออก l ภายใน 1 วัน

บริษัทส่งออก / พ่อค้าส่ง	1	2	3	4	5	6	7
1	-	-	-	-	-	-	3
2	1	1	1	-	-	-	-
3	-	-	-	3	-	-	-
4	-	3	-	-	-	-	-
5	-		-	1	1	1	-
6	-	-	3	-		-	-
7	2	-	-	-	-	-	1
8	-	-	-	-	3	-	-
9	-	-	-	-	-	2	1

หมายเหตุ หน่วย : รอบ

4.2.2 แบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อหาต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งที่ต่ำที่สุด โดยคิดค่าเชื้อเพลิงทั้งเที่ยวไปและกลับ

ในแบบจำลองคณิตศาสตร์นี้มีการกำหนดสถานการณ์คือ เมื่อยานพาหนะทำการขนส่งสินค้าที่จุดปลายทางเสร็จสิ้นแล้วจะต้องเดินทางกลับมายังจุดต้นทางเสมอเพื่อดำเนินการขนส่งในเที่ยวต่อไป ซึ่งการเดินทางของยานพาหนะในเที่ยวกลับนั้นไม่มีการบรรทุกสินค้าใดๆกลับมา ทำให้ยานพาหนะมีน้ำหนักเบาขึ้นส่งผลให้อัตราการบริโภคน้ำมันเปลี่ยนแปลงไป โดยในสถานการณ์

นี้มีสมมติฐาน พารามิเตอร์ และสมการเป้าหมายที่เพิ่มเติมจากแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.1 ดังนี้

สมมติฐาน

1) กำหนดให้เส้นทางจราจรเป็นแบบ Two – way เมื่อยานพาหนะส่งสินค้าที่จุดปลายทางเสร็จสิ้นแล้วจะต้องกลับมาที่จุดต้นทางด้วยเส้นทางเดิมเสมอ

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

3) การขนส่งกำหนดให้มีการแบ่งเป็นรอบในการขนส่ง ในการขนส่งรอบสุดท้ายหากว่าปริมาณการขนส่งไม่เต็มพิกัดบรรทุกของยานพาหนะก็ถือว่ายานพาหนะมีอัตราการบริโภคน้ำมันเท่ากับการบรรทุกเต็มพิกัดความจุ

ค่าคงที่ (Parameters)

D_{ji} = ระยะทางในการเดินทางกลับจากโรงงานน้ำตาล j มายังผู้ปลูกอ้อย i (กิโลเมตร)

D_{kj} = ระยะทางในการเดินทางกลับจากพ่อค้าส่ง k มายังโรงงานน้ำตาล j (กิโลเมตร)

D_{lk} = ระยะทางในการเดินทางกลับจากบริษัทส่งออก l มายังพ่อค้าส่ง k (กิโลเมตร)

C_0 = อัตราการบริโภคน้ำมันเชื้อเพลิงของยานพาหนะเมื่อไม่มีการบรรทุก (กิโลเมตร/ลิตร)

สมการเป้าหมาย (Objective function)

$$MinZ = \sum_{i=1}^{S}\sum_{j=1}^{M}\frac{C_f}{C}D_{ij}\frac{X_{ij}}{L} + \sum_{j=1}^{M}\sum_{k=1}^{W}\frac{C_f}{C}D_{jk}\frac{X_{jk}}{L} + \sum_{k=1}^{W}\sum_{l=1}^{E}\frac{C_f}{C}D_{kl}\frac{X_{kl}}{L} + \sum_{i=1}^{S}\sum_{j=1}^{M}\frac{C_f}{C_0}D_{ji}\frac{X_{ij}}{L} + \sum_{j=1}^{M}\sum_{k=1}^{W}\frac{C_f}{C_0}D_{kj}\frac{X_{jk}}{L} + \sum_{k=1}^{W}\sum_{l=1}^{E}\frac{C_f}{C_0}D_{lk}\frac{X_{kl}}{L} \quad (4.10)$$

เป็นสมการหาต้นทุนค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำที่สุด ในการขนส่งจากผู้ปลูกอ้อย i ไปยังโรงงานน้ำตาล j จากโรงงานน้ำตาล j ไปยังพ่อค้าส่ง k และจากพ่อค้าส่ง k ไปยังบริษัทส่งออก l โดยมีการคิดต้นทุนค่าเชื้อเพลิงเพิ่มในเที่ยวกลับของยานพาหนะ

สำหรับดัชนี เงื่อนไข และตัวแปรตัดสินใจ ยังคงใช้เหมือนกับแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.1 ไม่มีการเพิ่มเติมหรือเปลี่ยนแปลงใดๆ

4.2.2.1 การเขียนโปรแกรม

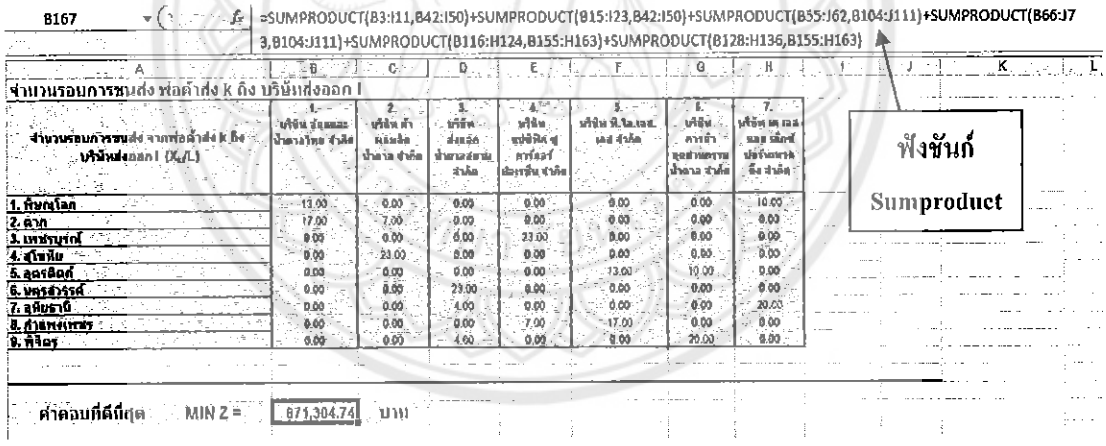
ในส่วนของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.2 นี้ จะใช้โปรแกรม Risk Solver Platform V.10.0 for Microsoft Excel ในการช่วยคำนวณหาคำตอบร่วมกับฟังก์ชันบนโปรแกรม Microsoft Excel 2007 เช่นเดียวกับในการหาคำตอบของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ผ่านมา แตกต่าง

กันตรงที่ในแบบจำลองคณิตศาสตร์ 4.2.2 นี้ ได้มีการเพิ่มการคำนวณหาค่าเชื้อเพลิงในเที่ยวกลับของยานพาหนะ โดยมีการสร้างตารางเพื่อนำค่าเชื้อเพลิงของยานพาหนะเมื่อไม่มีการบรรทุกคูณกับจำนวนรอบการขนส่งที่ได้มาจากการหาคำตอบโดยแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.1 โดยคูณกันผ่านทางฟังก์ชัน Sumproduct ในโปรแกรม Microsoft Excel 2007 ซึ่งจะได้ค่าเชื้อเพลิงของยานพาหนะในเที่ยวกลับแล้วจึงนำไปรวมกับค่าเชื้อเพลิงของยานพาหนะในแบบจำลองที่ 4.2.1 ก็จะได้คำตอบออกมา

" การคำนวณค่าใช้จ่ายอันเนื่องมาจากค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งอ้อยจากผู้ปลูกอ้อย i ไปยังโรงงานน้ำตาล j " (คิดทั้งไปกลับ)

ค่าเชื้อเพลิง จากผู้ปลูกอ้อย i ถึง โรงงานน้ำตาล j (บาท) $(C_i/C_k)D_{ij}$ (เมื่อไม่มีการบรรทุก)	1. โรงงาน อุดรธานีกรรม น้ำตาลอุดรธานี	2. โรงงาน น้ำตาลไทย เกษตรพัฒนา	3. โรงงาน น้ำตาล กำแพงเพชร	4. โรงงาน น้ำตาลสหพร เชียงใหม่	5. โรงงานน้ำตาลราช ผลอุตสาหกรรม นครราชสีมา	6. โรงงาน น้ำตาล บุรีรัมย์	7. โรงงาน น้ำตาล พิษณุโลก	8. โรงงานน้ำตาล ไทยอุตสาหกรรม อุดรธานีกรรม
1. พิษณุโลก	538.02	556.41	551.82	510.43	642.62	650.72	181.18	1,159.81
2. ตาก	731.16	767.94	359.60	358.84	850.72	1,071.44	763.34	1,609.46
3. เพชรบูรณ์	1,241.68	1,255.38	1,149.62	1,108.28	585.68	928.89	660.67	657.58
4. สุโขทัย	417.08	538.02	478.24	444.67	859.91	1,168.01	490.63	1,407.13
5. อุตรดิตถ์	155.89	85.99	1,056.84	1,034.65	993.27	1,471.51	793.94	1,604.86
6. นครสวรรค์	1,112.83	1,131.22	473.84	515.03	67.60	269.93	588.60	827.72
7. อุทัยธานี	1,295.77	1,315.16	607.00	652.98	250.18	229.92	772.54	527.72
8. กำแพงเพชร	788.34	805.50	80.01	77.25	570.21	755.53	482.84	1,328.96
9. พิจิตร	754.15	772.54	533.42	492.04	524.22	832.32	119.10	854.51

รูปที่ 4.7 แสดงตัวอย่างตารางค่าเชื้อเพลิงของยานพาหนะเมื่อไม่มีการบรรทุก



รูปที่ 4.8 แสดงตัวอย่างของ Interface ของสมการเป้าหมาย และฟังชันก์ Sumproduct

4.2.2.2 ความสัมพันธ์ของสมการกับโปรแกรม

ในส่วนของความสัมพันธ์ของสมการที่สร้างขึ้นมากับโปรแกรม Risk Solver Platform V.10.0 for Microsoft Excel นี้ คล้ายกันกับแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.1 (ตารางที่ 4.1) เนื่องจากมีสมการเงื่อนไขเหมือนกัน และโครงสร้างของสมการเป้าหมายก็คล้ายคลึงกัน เพียงแต่แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.2 นั้นมีการเพิ่มพจน์ของค่าเชื้อเพลิงในเที่ยวกลับ ซึ่งการคำนวณค่าเชื้อเพลิงในเที่ยวกลับนั้นก็ใช้ฟังก์ชันในโปรแกรม Microsoft Excel 2007 ช่วยในการคำนวณให้เลย

ตารางที่ 4.8 คำอธิบายค่าและสูตรต่างๆ ในโปรแกรม Microsoft Excel 2007 ในส่วนของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.2

Field in Solver Parameters	ค่าที่ป้อนเข้าไป	สมการ	คำอธิบาย
Set Target Cell (Objective)	$B$167	4.1	เป็นการหาค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งที่เกิดขึ้น
Equal To	Min		จุดประสงค์คือ ต้องการหาค่าที่ต่ำที่สุด
By Changing Cell (Variables)	$B$141:$H$149, $B$78:$J$85, $B$28:$I$36		ต้องการทราบว่าปริมาณการขนส่งอ้อยและน้ำตาลที่เหมาะสมควรมีปริมาณเท่าไรและขนส่งไปจุดใดบ้าง
Constraints (Subject to)	$I$28:$I$36<= $J$15:$J$23	4.2	การขนส่งอ้อยไปยังโรงงานน้ำตาลจะต้องไม่เกินความสามารถในการผลิตอ้อย
Constraints (Subject to)	$B$37:$I$37<= $B$24:$I$24	4.3	อ้อยที่ขนส่งไปยังโรงงานน้ำตาลต้องไม่เกินกว่ากำลังการผลิตของโรงงานน้ำตาล
Constraints (Subject to)	$K$78:$K$85 <= $K$66:$K$73	4.4	ปริมาณน้ำตาลทรายที่ขนส่งออกจากโรงงานน้ำตาลต้องไม่เกินกว่ากำลังการผลิตของโรงงานน้ำตาล
Constraints (Subject to)	($B$86:$J$86)/10<= $B$74:$J$74	4.5	ปริมาณน้ำตาลที่ขนส่งจากโรงงานน้ำตาลไปยังพ่อค้าส่งต้องไม่เกินกว่าความต้องการของพ่อค้าส่ง และมีน้ำหนักลดลงหลังกระบวนการผลิต
Constraints (Subject to)	$I$141:$I$149<= $I$128:$I$136	4.6	ปริมาณน้ำตาลทรายที่ขนส่งออกจากพ่อค้าส่งต้องไม่เกินกว่าความต้องการของพ่อค้าส่ง
Constraints (Subject to)	$B$150:$H$150 = $B$137:$H$137	4.7	ปริมาณน้ำตาลทรายที่ขนส่งจากพ่อค้าส่งต้องเท่ากับความสามารถในการจัดเก็บน้ำตาลของบริษัทส่งออก และมีน้ำหนักลดลงหลังกระบวนการผลิต

ตารางที่ 4.8 (ต่อ) คำอธิบายค่าและสูตรต่างๆ ในโปรแกรม Microsoft Excel 2007 ในส่วนของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.2

Field in Solver Parameters	ค่าที่ป้อนเข้าไป	สมการ	คำอธิบาย
Constraints (Subject to)	$K$78 Copy to $K$85 = $B$37 Copy to $I$37	4.8	ปริมาณอ้อยและน้ำตาลทรายจะต้องทำการขนส่งผ่านกระบวนการต่างๆ ไปสู่ผู้บริโภคทั้งหมด
Constraints (Subject to)	$I$141 Copy to $I$149 = $B$86 Copy to $J$86	4.9	ปริมาณอ้อยและน้ำตาลทรายจะต้องทำการขนส่งผ่านกระบวนการต่างๆ ไปสู่ผู้บริโภคทั้งหมด
Constraints (Subject to)	$B$141:$H$149, $B$28:$I$36, $B$78:$J$85 >= 0	4.10	เป็นการบังคับตัวแปรตัดสินใจให้เป็นค่าที่ไม่ติดลบ

4.2.2.3 ผลการคำนวณตัวแบบคณิตศาสตร์

จากการสร้างตัวแบบคณิตศาสตร์ของห่วงโซ่อุปทานอ้อยในเขตภาคเหนือตอนล่าง เพื่อหาต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งที่ต่ำที่สุดโดยมีการคำนวณต้นทุนค่าเชื้อเพลิงของยานพาหนะทั้งเที่ยวไปและกลับ โดยทำการสร้างสมการคณิตศาสตร์และทำการแก้ฟังก์ชันคณิตศาสตร์ตามสมการและอสมการข้างต้น ซึ่งผลของการแก้ฟังก์ชันคณิตศาสตร์คือต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งที่ต่ำที่สุดในการคำนวณการขนส่งทั้งเที่ยวไปและกลับ มีมูลค่าเท่ากับ 165,266.15 บาท

4.2.3 แบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อหาต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งที่ต่ำที่สุด โดยการคิดต้นทุนค่าเชื้อเพลิงทั้งเที่ยวไปและกลับ และต้นทุนค่าจ้างพนักงานขับรถ

แบบจำลองคณิตศาสตร์นี้มีการเพิ่มสถานการณ์ในการคิดค่าจ้างพนักงานขับรถ โดยการคิดค่าจ้างพนักงานขับรถนั้นจะคิดค่าจ้างรวมระยะทางการขนส่งไปยังปลายทางและกลับมายังจุดเริ่มต้น รวมไปถึงการคิดต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งเที่ยวไปและกลับด้วย ดังนั้นสถานการณ์นี้จึงมีสมมติฐาน พารามิเตอร์ และสมการเป้าหมายที่เพิ่มเติมจากแบบจำลองคณิตศาสตร์ก่อนหน้า ดังนี้

สมมติฐาน

1) กำหนดให้ยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งคือรถบรรทุก 10 ล้อ 3 เพลา มีการบรรทุกเต็มพิกัดความจุ 20 ตัน (กรมทางหลวง, 2548) และกำหนดอัตราค่าจ้างของพนักงานขับรถเท่ากับ 200 บาท/รอบ และอัตราค่าจ้างพนักงานขับรถนั้นเป็นอัตราเดียวกันหมด ซึ่งอัตราค่าจ้างนี้ได้รวมการเดินทางไปส่งสินค้าและเดินทางกลับมายังจุดต้นทางแล้ว

2) กำหนดให้ยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งไม่ได้ทำการเช่ามาจากที่อื่น

ค่าคงที่ (Parameters)

C_w = ค่าใช้จ่ายในการจ้างพนักงานขับรถ (บาท)

สมการเป้าหมาย (Objective function)

$$MinZ = \sum_{i=1}^{S}\sum_{j=1}^{M}\frac{C_f}{C}D_{ij}\frac{X_{ij}}{L} + \sum_{j=1}^{M}\sum_{k=1}^{W}\frac{C_f}{C}D_{jk}\frac{X_{jk}}{L} + \sum_{k=1}^{W}\sum_{l=1}^{E}\frac{C_f}{C}D_{kl}\frac{X_{kl}}{L} + \sum_{i=1}^{S}\sum_{j=1}^{M}\frac{C_f}{C_0}D_{ji}\frac{X_{ij}}{L} + \sum_{j=1}^{M}\sum_{k=1}^{W}\frac{C_f}{C_0}D_{kj}\frac{X_{jk}}{L} + \sum_{k=1}^{W}\sum_{l=1}^{E}\frac{C_f}{C_0}D_{lk}\frac{X_{kl}}{L} + \sum_{i=1}^{S}\sum_{j=1}^{M}\frac{X_{ij}}{L}C_w + \sum_{j=1}^{M}\sum_{k=1}^{W}\frac{X_{jk}}{L}C_w + \sum_{k=1}^{W}\sum_{l=1}^{E}\frac{X_{kl}}{L}C_w \quad (4.11)$$

สมการข้างต้นเป็นสมการหาต้นทุนค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำที่สุดในการขนส่งจากผู้ปลูกอ้อย i ไปยังโรงงานน้ำตาล j จากโรงงานน้ำตาล j ไปยังพ่อค้าส่ง k และจากพ่อค้าส่ง k ไปยังบริษัทส่งออก l โดยมีการคิดต้นทุนค่าเชื้อเพลิงเพิ่มในเที่ยวกลับของยานพาหนะ และต้นทุนค่าจ้างพนักงานขับรถเพิ่มเติมเข้ามา โดยที่ค่าจ้างของพนักงานขับรถนั้นขึ้นอยู่กับจำนวนรอบในการขนส่ง ซึ่งรอบในการขนส่งนั้นหาได้จากนำปริมาณใดๆ ที่ขนส่งส่งหารด้วยพิกัดบรรทุกของยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งนั้น

สำหรับดัชนี เงื่อนไข และตัวแปรตัดสินใจ ยังคงใช้เหมือนกับแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.1, 4.2.2 ไม่มีการเพิ่มเติมหรือเปลี่ยนแปลงใดๆ

4.2.3.1 การเขียนโปรแกรม

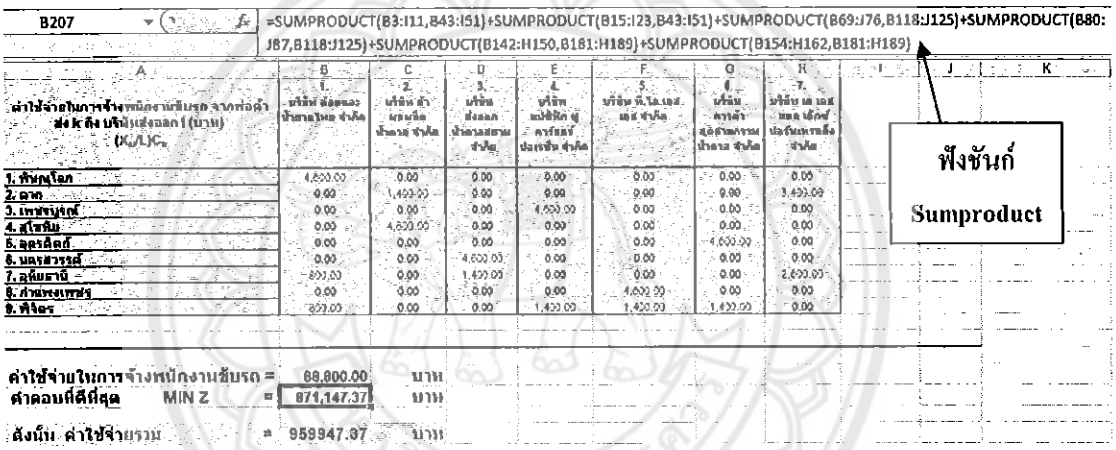
การเขียนโปรแกรมเพื่อช่วยในการคำนวณหาคำตอบของค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งที่ต่ำที่สุดรวมทั้งมีการคิดค่าจ้างพนักงานขับรถซึ่งคิดค่าจ้างตามจำนวนรอบการขนส่งนั้น จะใช้โปรแกรม Risk Solver Platform V.10.0 for Microsoft Excel ในการช่วยคำนวณหาคำตอบ ซึ่งจะใช้ร่วมกับฟังก์ชันบนโปรแกรม Microsoft Excel 2007 โดยลักษณะ Interface ของโปรแกรมยังคงเป็นแบบเดิม แต่ได้เพิ่มตารางของค่าจ้างของพนักงานขับรถเข้ามา โดยได้ใช้ฟังก์ชันของโปรแกรม Microsoft Excel 2007 ให้เซลล์ของจำนวนรอบการขนส่งที่ได้มาจากการคำนวณด้วย

โปรแกรม Risk Solver Platform V.10.0 for Microsoft Excel คูณกับค่าจ้างพนักงานขับรถ และนำค่าจ้างพนักงานขับรถนั้นไปรวมเข้ากับคำตอบของค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำที่สุดด้วยฟังก์ชัน Sum นั่นเอง

ค่าใช้จ่ายในการจ้างพนักงานขับรถ จากผู้ปลูกอ้อย I ถึงโรงงานน้ำตาล J

ค่าใช้จ่ายในการจ้างพนักงานขับรถ จากผู้ปลูกอ้อย I ถึง โรงงานน้ำตาล J (บาท) $(K_{ij}/L)C_{ij}$	1. โรงงาน อุตสาหกรรม น้ำตาลทรายดิบ	2. โรงงาน น้ำตาลไทย เอกโกพาย	3. โรงงาน น้ำตาล ทาทกุมาร	4. โรงงาน น้ำตาลมิตร เพชร	5. โรงงานน้ำตาล รวมผล อุตสาหกรรม เกษตรกร	6. โรงงาน น้ำตาล เกษตรไทย	7. โรงงาน น้ำตาล พิมายโลก	8. โรงงาน น้ำตาลไทย ไร่ศิลา อุตสาหกรรม
1. พิมายโลก	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2. ดาก	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3. เพชรบูรณ์	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4. สุโขทัย	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5. อุดรธิดส์	0.00	4,600.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6. นครสวรรค์	0.00	0.00	0.00	0.00	12,600.00	0.00	0.00	0.00
7. อุทัยธานี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8. กำแพงเพชร	0.00	0.00	0.00	22,800.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9. พิจิตร	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1,200.00	0.00

รูปที่ 4.9 แสดงตัวอย่างตารางค่าจ้างพนักงานขับรถ



รูปที่ 4.10 แสดงตัวอย่างเซลล์คำตอบของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.3

4.2.3.2 ความสัมพันธ์ของสมการกับโปรแกรม

ความสัมพันธ์ของสมการที่สร้างขึ้นมากับโปรแกรม Risk Solver Platform V.10.0 for Microsoft Excel มีความคล้ายคลึงกับแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ผ่านมา ต่างกันตรงที่สมการเป้าหมายมีการเพิ่มพจน์ของค่าจ้างพนักงานขับรถเข้าไป ดังนั้นความสัมพันธ์ของสมการและโปรแกรม Risk Solver Platform V.10.0 for Microsoft Excel จะเหมือนเดิมทุกประการ

ตารางที่ 4.9 คำอธิบายค่าและสูตรต่างๆ ในโปรแกรม Microsoft Excel 2007 ในส่วนของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.3

Field in Solver Parameters	**ค่าที่ป้อนเข้าไป**	**สมการ**	**คำอธิบาย**
Set Target Cell (Objective)	$B$211	4.1	เป็นการหาค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งที่เกิดขึ้น
Equal To	Min		จุดประสงค์คือ ต้องการหาค่าที่ต่ำที่สุด
By Changing Cell (Variables)	$B$167:$H$175, $B$92:$J$99, $B$29:$I$37		ต้องการทราบว่าปริมาณการขนส่งอ้อยและน้ำตาลที่เหมาะสมควรมีปริมาณเท่าไรและขนส่งไปจุดใดบ้าง
Constraints (Subject to)	$J$29:$J$37<= $J$15:$J$23	4.2	การขนส่งอ้อยไปยังโรงงานน้ำตาลจะต้องไม่เกินความสามารถในการผลิตอ้อย
Constraints (Subject to)	$B$38:$I$38<= $B$24:$I$24	4.3	อ้อยที่ขนส่งไปยังโรงงานน้ำตาลต้องไม่เกินกว่ากำลังการผลิตของโรงงานน้ำตาล
Constraints (Subject to)	$K$92:$K$99<= $K$80:$K$87	4.4	ปริมาณน้ำตาลทรายที่ขนส่งออกจากโรงงานน้ำตาลต้องไม่เกินกว่ากำลังการผลิตของโรงงานน้ำตาล
Constraints (Subject to)	($B$100:$J$100)/10 <=$B$88:$J$88	4.5	ปริมาณน้ำตาลที่ขนส่งจากโรงงานน้ำตาลไปยังพ่อค้าส่งต้องไม่เกินกว่าความต้องการของพ่อค้าส่ง และมีน้ำหนักลดลงหลังกระบวนการผลิต
Constraints (Subject to)	$I$167:$I$175<= $I$154:$I$162	4.6	ปริมาณน้ำตาลทรายที่ขนส่งออกจากพ่อค้าส่งต้องไม่เกินกว่าความต้องการของพ่อค้าส่ง
Constraints (Subject to)	$B$176:$H$176 = $B$163:$H$163	4.7	ปริมาณน้ำตาลทรายที่ขนส่งจากพ่อค้าส่งต้องเท่ากับความสามารถในการจัดเก็บน้ำตาลของบริษัทส่งออก และมีน้ำหนักลดลงหลังกระบวนการผลิต
Constraints (Subject to)	$K$92 Copy to $K$99 = $B$38 Copy to $I$38	4.8	ปริมาณอ้อยและน้ำตาลทรายจะต้องทำการขนส่งผ่านกระบวนการต่างๆ ไปสู่ผู้บริโภคทั้งหมด

ตารางที่ 4.9 (ต่อ) คำอธิบายค่าและสูตรต่างๆ ในโปรแกรม Microsoft Excel 2007 ในส่วนของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.3

Field in Solver Parameters	ค่าที่ป้อนเข้าไป	สมการ	คำอธิบาย
Constraints (Subject to)	$I$167 Copy to $I$175 = $B$100 Copy to $J$100	4.9	ปริมาณอ้อยและน้ำตาลทรายจะต้องทำการขนส่งผ่านกระบวนการต่างๆ ไปสู่ผู้บริโภคทั้งหมด
Constraints (Subject to)	$B$167:$H$175, $B$29:$I$37, $B$92:$J$99 >= 0	4.10	เป็นการบังคับตัวแปรตัดสินใจให้เป็นค่าที่ไม่ติดลบ

4.2.3.3 ผลการคำนวณตัวแบบคณิตศาสตร์

จากการสร้างตัวแบบคณิตศาสตร์ของห่วงโซ่อุปทานอ้อยเพื่อหาต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งที่ต่ำที่สุดโดยมีการคำนวณต้นทุนค่าจ้างพนักงานขับรถและคำนวณต้นทุนค่าเชื้อเพลิงของยานพาหนะทั้งเที่ยวไปและกลับ ซึ่งผลลัพธ์จากการแก้ฟังก์ชันคณิตศาสตร์ตามสมการและอสมการเงื่อนไขข้างต้นนั้น ประกอบด้วยต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งที่ต่ำที่สุดซึ่งมีการคำนวณค่าเชื้อเพลิงในเที่ยวไปและกลับของยานพาหนะ มีมูลค่าเท่ากับ 171,583.42 บาท และต้นทุนค่าจ้างของพนักงานขับรถมีมูลค่าเท่ากับ 52,400 บาท ซึ่งเมื่อรวมต้นทุนค่าเชื้อเพลิงและค่าจ้างพนักงานขับรถจะมีมูลค่าเป็น 223,983.42 บาท

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าจ้างพนักงานขับรถขนส่งอ้อย จากผู้ปลูกอ้อย i ไปยังโรงงานน้ำตาล j ภายใน 1 วัน

โรงงานน้ำตาล / ผู้ปลูกอ้อย	1	2	3	4	5	6	7	8
1	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	4,600	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	12,600	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	22,800	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	1,200	-

หมายเหตุ หน่วย : บาท

ตารางที่ 4.11 แสดงค่าจ้างพนักงานขับรถขนส่งน้ำตาลทราย จากโรงงานน้ำตาล j ไปยังพ่อค้าส่ง k ภายใน 1 วัน

พ่อค้าส่ง / โรงงานน้ำตาล	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	600	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	600	600	-	600	-	-	-	600	600
5	-	-	400	-	-	600	600	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	200	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ หน่วย : บาท

ตารางที่ 4.12 แสดงค่าจ้างพนักงานขับรถขนส่งน้ำตาลทราย จากพ่อค้าส่ง k ไปยังบริษัทส่งออก l ภายใน 1 วัน

บริษัทส่งออก / พ่อค้าส่ง	1	2	3	4	5	6	7
1	600	-	-	-	-	-	-
2	-	200	-	-	-	-	400
3	-	-	-	600	-	-	-
4	-	600	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	600	-
6	-	-	600	-	-	-	-
7	200	-	200	-	-	-	400
8	-	-	-	-	600	-	-
9	200	-	-	200	200	200	-

หมายเหตุ หน่วย : บาท

จากการใช้โปรแกรม Risk Solver Platform V.10.0 for Microsoft Excel ช่วยคำนวณหาคำตอบที่ดีที่สุดในแต่ละแบบจำลองนั้น ทำให้ได้คำตอบที่แตกต่างกันซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุดในการขนส่งอ้อยและน้ำตาล ดังสรุปได้ในตารางที่ 4.13 โดยสังเกตได้ว่าในโมเดลที่ 3 มีค่าใช้จ่ายมากกว่าโมเดลอื่นๆ เนื่องจากในโมเดลที่ 3 นี้มีการคิดค่าจ้างพนักงานขับรถเพิ่มเติมเข้ามาจากโมเดลที่ 2 ซึ่งมีการคิดค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งทั้งเที่ยวไปเที่ยวกลับ และโมเดลที่ 1 ที่มีการคิดค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งในเที่ยวไปเพียงอย่างเดียว

ตารางที่ 4.13 สรุปค่าต่างๆ ที่ได้จากการใช้โปรแกรม Risk Solver Platform V.10.0 for Microsoft Excel ช่วยคำนวณหาคำตอบ

ค่าใช้จ่ายต่างๆ / โมเดลที่	ค่าใช้จ่ายในการจ้างพนักงานขับรถ	ค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งที่ต่ำที่สุด	รวมค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุด
1	-	98,002.67	98,002.67
2	-	165,266.15	165,266.15
3	52,400	171,583.42	223,983.42

หมายเหตุ หน่วย : บาท

4.2.4 Answer Report

เป็นรายงานที่แสดงรายละเอียดของคำตอบแบบจำลองคณิตศาสตร์ของแต่ละโมเดล ที่ใช้โปรแกรม Risk Solver Platform V.10.0 for Microsoft Excel ในการหาคำตอบ ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

Microsoft Excel 12.0 Answer Report
Worksheet: [ค่าเวลา โล-โอย.xls]โมเดลที่1
Report Created: 25/8/2553 16:42:53
Result: Solver found a solution. All constraints and optimality conditions are satisfied.
Engine: Gurobi LP/MIP Solver
Solution Time: 01 Seconds
Iterations: 78
Subproblems: 0
Incumbent Solutions: 0

Objective Cell (Min)

Cell	Name	Original Value	Final Value
$B$134	ค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำที่สุด	11245328.56	11245328.56

รูปที่ 4.11 แสดงตัวอย่าง Answer Report ของแบบจำลองคณิตศาสตร์

จากรูปที่ 4.11 ในช่อง Objective Cell อธิบายรายละเอียดของเซลล์เป้าหมาย ว่าต้องการให้มีค่าเป็นอย่างไร ในที่นี้ต้องการค่า Min ซึ่งคือ ค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำที่สุด

1) Cell : รายงานว่าเซลล์ $B$134 ถูกกำหนดให้เป็นเซลล์เป้าหมาย

2) Name : รายงานว่าเซลล์นั้นมีชื่อว่า ค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำสุด

3) Original Value : รายงานค่าก่อนที่จะใช้โปรแกรมหาคำตอบ

4) Final Value : รายงานค่าสุดท้ายที่ใช้หาคำตอบ คือ 11,245,328.56 บาท (ค่าเชื้อเพลิงการขนส่งที่ต่ำที่สุด) ซึ่งค่าเชื้อเพลิงใน Answer Report ที่โปรแกรมแสดงนี้ไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุดเพราะยังไม่ได้นำจำนวนรอบในการขนส่งมาคิดด้วย เนื่องจากโปรแกรมมีข้อจำกัดในการคำนวณ จึง

ต้องอาศัยคำสั่ง sumproduct ของโปรแกรม Microsoft Excel 2007 เข้ามาช่วยในการหาคำตอบที่ดีที่สุด

Decision Variable Cells

Cell	Name	Original Value	Final Value	Type
$B$106	1. พิษณุโลก 1. บริษัท อ้อยและน้ำตาลไทย จำกัด	0.00	0.00	Normal
$C$106	1. พิษณุโลก 2. บริษัท ค้าผลผลิตน้ำตาล จำกัด	0.00	0.00	Normal
$D$106	1. พิษณุโลก 3. บริษัท ส่งออกน้ำตาลสยาม จำกัด	0.00	0.00	Normal

รูปที่ 4.12 แสดงตัวอย่าง Answer Report ของแบบจำลองคณิตศาสตร์

จากรูปที่ 4.12 ในส่วนของ Decision Variable Cells ได้อธิบายรายละเอียดของเซลล์ที่เรากำหนดให้เปลี่ยนค่า (By Changing Cell) ของโปรแกรม Risk Solver Platform V.10.0 เซลล์ $B$106 เป็นการขนส่งน้ำตาลทรายจากพ่อค้าส่งในจังหวัดพิษณุโลกไปยังบริษัทส่งออกซึ่งก็คือ บริษัทอ้อยและน้ำตาลไทย จำกัด มีค่าเริ่มต้น (Original Value) เท่ากับ 0 ตัน และค่าสุดท้าย (Final Value) เท่ากับ 0 ตัน นั่นคือไม่มีการขนส่งเกิดขึ้น สำหรับค่าอื่นๆ นั้นไม่สามารถแสดงได้หมดเพราะข้อจำกัดด้านเนื้อที่ในการเขียน สำหรับการวิเคราะห์ค่าอื่นก็จะทำได้ในลักษณะเดียวกันนี้

Constraints

Cell	Name	Cell Value	Formula	Status	Slack
$J$22	7. อุทัยธานี ผลผลิตอ้อย (ตันเงิน)	0.00	$J$22<=$J$9	Not Binding	2815.75
$J$23	8. กำแพงเพชร ผลผลิตอ้อย (ตันเงิน)	1,356.15	$J$23<=$J$10	Not Binding	9917.534
$J$24	9. พิจิตร ผลผลิตอ้อย (ตันเงิน)	1,277.16	$J$24<=$J$11	Binding	0

รูปที่ 4.13 แสดงตัวอย่าง Answer Report ของแบบจำลองคณิตศาสตร์

จากรูปที่ 4.13 อธิบายรายละเอียดของเซลล์ที่ได้กำหนดข้อจำกัดต่างๆ เช่น ในเซลล์ $J$22 คือ ปริมาณอ้อยที่ขนส่งออกจากจังหวัดอุทัยธานี มีค่าเท่ากับ 0 ตัน โดยมีข้อจำกัด คือ $J$22 <=$J$9 ซึ่งหมายความว่าไม่มีการขนส่งอ้อยเลย (ทำให้ Slack เท่ากับ 2,815.75 และ Status เป็น Not Binding) $J$24 คือ ปริมาณอ้อยที่ขนส่งออกจากจังหวัดพิจิตร มีค่าเท่ากับ 1,277 ตัน โดยมีข้อจำกัด คือ $J$24<=$J$11 หมายความว่ามีการขนส่งอย่างเต็มที่เต็มความสามารถในการผลิตอ้อย (ทำให้ Slack เท่ากับ 0 และ Status เป็น Binding)

Slack คือ สิ่งที่แสดงถึงว่าข้อจำกัดนั้นใช้หมดไป ถ้าเท่ากับ 0 หมายถึงข้อจำกัดได้ใช้หมดไปเพื่อให้ได้คำตอบตามเป้าหมาย แต่ถ้า Slack มีค่า ก็หมายถึงข้อจำกัดนั้นไม่ได้ถูกใช้ให้หมดไป และเหลือส่วนที่ไม่ได้ใช้เท่ากับค่า Slack นั่นเอง

Binding คือ มีการใช้ทรัพยากรจนหมด ทำให้ Slack เท่ากับ 0 และจะทำให้ส่วนของ Status เป็น Binding แต่ถ้าใช้ทรัพยากรไม่หมดจะทำให้ Slack ไม่เท่ากับ 0 และส่งผลให้ Status เป็น Not Binding นั่นเอง

การวิเคราะห์ Answer Report ของแบบจำลองคณิตศาสตร์นี้เป็นเพียงการแสดงตัวอย่างของวิธีการวิเคราะห์เท่านั้น เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านพื้นที่หน้ากระดาษของเล่มงานวิจัยเองทำให้ไม่สามารถนำผลของ Answer Report มาแสดงได้หมด

4.2.5 การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis)

ในโปรแกรม Risk Solver Platform V.10.0 สามารถที่จะวิเคราะห์ความไวได้ผ่านทาง Sensitivity Report เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลเพิ่มเติมหลังจากได้คำตอบที่ดีที่สุดแล้ว สามารถวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสัมประสิทธิ์ของสมการเป้าหมาย และการเปลี่ยนแปลงของสมการเงื่อนไข

Microsoft Excel 12.0 Sensitivity Report
Worksheet: [ตารางค่าทวณโปรเจคอ้อย.xls]โมเดลที่1
Report Created: 26/8/2553 21:05:54

Objective Cell (Min)

Cell	Name	Final Value
$A$133	คำตอบที่ดีที่สุด MIN Z =	11245328.56

1.

Decision Variable Cells

Cell	Name	Final Value	Reduced Cost	Objective Coefficient	Allowable Increase	Allowable Decrease
$B$106	1. พิษณุโลก 1. บริษัท อ้อยและน้ำตาลไทย จำกัด	0.00	0.00	2431.053333	1E+100	0
$C$106	1. พิษณุโลก 2. บริษัท คำผลผลิตน้ำตาล จำกัด	0.00	66.42	2258.355556	1E+100	66.42222222
$D$106	1. พิษณุโลก 3. บริษัท ส่งออกน้ำตาลสยาม จำกัด	0.00	0.00	2450.98	0	0

รูปที่ 4.14 แสดงตัวอย่าง Sensitivity Report ในส่วนของ Decision Variable

จากรูปที่ 4.14 หมายเลข 1 หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการเป้าหมายจะต้องได้รับการเปลี่ยนแปลงก่อนที่ Solver จะนำตัวแปรดังกล่าวมาพิจารณาเป็นคำตอบที่ดีที่สุด ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้คือ เซลล์ $B$106 มีค่า Final Value เท่ากับ 0 คือปริมาณการขนส่งน้ำตาลทรายจากพ่อค้าส่งในจังหวัดพิษณุโลกไปยังบริษัทส่งออกอ้อยและน้ำตาลไทย จำกัด ส่วน Reduce Cost เท่ากับ 0 นั้นแสดงว่าไม่ต้องมีการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ของสมการเป้าหมาย เพราะตัวแปรนี้ได้เป็นคำตอบที่ดีที่สุดแล้ว แต่ถ้าค่า Final Value มีค่าเท่ากับ 0 และค่าของ Reduce Cost เท่ากับ 66.42 ใน

เซลล์ที่ $C$106 นั้น หมายความว่า การขนส่งจะมีต้นทุนต่ำที่สุดได้ก็ต่อเมื่อทำการลดต้นทุนค่าเชื้อเพลิงลงให้มีค่าเท่ากับ Reduce Cost ของเซลล์นั้นๆ ซึ่ง Solver ก็จะนำค่านี้มาคำนวณด้วย (นำมาคำนวณให้มีต้นทุนการขนส่งต่ำที่สุด) แต่หากไม่มีการลดต้นทุนนั้นๆ ลงให้เท่ากับค่า Reduce Cost แล้ว ก็จะทำให้ต้นทุนการขนส่งเพิ่มไปเท่ากับค่า Reduce Cost ของเซลล์นั้นๆ นั่นเอง

Decision Variable Cells

2.

Cell	Name	Final Value	Reduced Cost	Objective Coefficient	Allowable Increase	Allowable Decrease
$B$107	2. ตาก 1. บริษัท อ้อยและน้ำตาลไทย จำกัด	193.74	0.00	2743.237778	0	0
$C$107	2. ตาก 2. บริษัท ค้าผลผลิตน้ำตาล จำกัด	129.16	0.00	2504.117778	13.94666667	126.2022222
$D$107	2. ตาก 3. บริษัท ส่งออกน้ำตาลสยาม จำกัด	129.16	0.00	2763.164444	0	0

รูปที่ 4.15 แสดงตัวอย่าง Sensitivity Report ในส่วนของ Decision Variable

หมายเลข 2 หมายถึง การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของค่าสัมประสิทธิ์ในเซลล์เป้าหมายโดยที่ค่าเชื้อเพลิงของการขนส่งระหว่างโหนดที่ต่ำที่สุดนั้นยังเหมือนเดิม ซึ่งค่าในช่อง Allowable Increase จะบอกว่าค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งระหว่างโหนดสามารถเพิ่มขึ้นได้เท่าไร คำตอบที่ดีที่สุดจึงจะเท่าเดิม ส่วนค่าในช่อง Allowable Decrease จะบอกว่าค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งระหว่างโหนดสามารถลดลงได้เท่าไร คำตอบที่ดีที่สุดจึงจะเท่าเดิม ตัวอย่างเช่น ในเซลล์ $C$107 ค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งระหว่างโหนดสามารถเพิ่มขึ้นจากเดิมได้อีก 13.95 บาท เป็น 2,518.07 บาท (จาก Objective Coefficient + Allowable Increase นั่นคือ 2,504.12 + 13.95) และค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งสามารถลดลงได้อีก 126.20 บาท เป็น 2,377.92 บาท (จาก Objective Coefficient - Allowable Decrease นั่นคือ 2,504.12 - 126.20) จึงจะทำให้คำตอบที่ได้ยังคงเป็นคำตอบที่ดีที่สุดไม่มีการเปลี่ยนแปลงใดๆ

Constraints

3.

4.

Cell	Name	Final Value	Shadow Price	Constraint R.H. Side	Allowable Increase	Allowable Decrease
$K$55	1. โรงงานอุตสาหกรรมน้ำตาลอุดรดิตถ์	0.00	-151.44	0	306.48	0
$K$56	2. โรงงานน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ กำลังผ	452.05	-124.21	0	452.0486667	1075.031333
$K$57	3. โรงงานน้ำตาลกำแพงเพชร กำลังการ	0.00	-107.60	0	452.0486667	0

รูปที่ 4.16 แสดงตัวอย่าง Sensitivity Report ในส่วนของ Constrains

จากรูปที่ 4.16 หมายเลข 3 Shadow Price คือ ค่าที่ลดลงของสมการเป้าหมายต่อการเปลี่ยนแปลงข้อจำกัดหนึ่งหน่วย เช่น เซลล์ที่ $K$55 หากเพิ่มการขนส่งน้ำตาลทรายไปอีก 1 รอบ

ก็จะส่งผลให้คำตอบของค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำที่สุดลดลงไป 151.44 บาท ซึ่งการเพิ่มหรือลดข้อจำกัดนี้ทำให้คำตอบที่ดีที่สุดเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามสัดส่วนของ Shadow Price นั่นเอง ส่วนหมายเลข 4 ในช่องของ Allowable Increase และ Allowable Decrease หมายความว่า ค่าสูงสุดและต่ำสุดของข้อจำกัดที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ เช่น เซลล์ที่ $K$56 สามารถเพิ่มการขนส่งน้ำตาลทรายได้อีก 452.05 ตัน (จาก Constrains R.H. Side + Allowable Increase นั่นคือ 0 + 452.05) และสามารถลดจำนวนการขนส่งได้อีก 1,075.03 ตัน (จาก Constrains R.H. Side - Allowable Decrease นั่นคือ 0 – 1,075.03) สำหรับในเซลล์อื่นๆ ก็ตรวจสอบได้ในทำนองเดียวกัน

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาเรื่องการใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการขนส่งของห่วงโซ่อุปทานอ้อยในเขตภาคเหนือตอนล่าง พบว่าในภาคเหนือตอนล่างนั้นมีการประกอบอาชีพเกษตรกรรมเป็นจำนวนมากโดยหนึ่งอาชีพที่พบมากก็คือการปลูกอ้อย เนื่องมาจากพื้นที่เป็นที่ราบลุ่มเหมาะแก่การเพาะปลูก และยังมีระบบชลประทานที่ช่วยให้มีน้ำสำหรับการเพาะปลูกอย่างต่อเนื่อง รวมไปถึงสภาพอากาศที่เอื้ออำนวยในการปลูกอ้อย ส่งผลให้ภาคเหนือตอนล่างนั้นมีผลผลิตอ้อยสูงเป็นอันดับต้นๆ ของภูมิภาค ซึ่งจากผลการศึกษาสามารถสรุปความเชื่อมโยงการขนส่งอ้อยและน้ำตาลระหว่างผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องตลอดห่วงโซ่อุปทานอ้อย เริ่มตั้งแต่ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในระดับต้นน้ำ กลางน้ำ ถึงระดับปลายน้ำ ซึ่งประกอบด้วยชาวไร่อ้อย โรงงานน้ำตาล พ่อค้าส่ง และบริษัทส่งออก โดยสามารถอธิบายรูปแบบของผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ระบบการจัดการการขนส่งเพื่อให้เกิดต้นทุนในการขนส่งต่ำที่สุด และข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางประกอบการศึกษา วางแผน เพื่อพัฒนาการขนส่งและการจัดการห่วงโซ่อุปทานอ้อยต่อไป ได้ดังนี้

5.1 สรุปผล

สำหรับงานวิจัยนี้ได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วนด้วยกัน คือ ส่วนที่เป็นการศึกษาระบบห่วงโซ่อุปทานอ้อยและส่วนที่เป็นการใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับแก้ปัญหาการขนส่งเพื่อหาค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำที่สุด

ในส่วนที่ 1 นี้ซึ่งเป็นการศึกษาระบบห่วงโซ่อุปทานอ้อย พบว่าชาวไร่อ้อยคือผู้ผลิตในระดับต้นน้ำหรือผู้ขายปัจจัยการผลิต (Supplier) ในการที่ชาวไร่อ้อยจะทำการเพาะปลูกอ้อยนั้นจะต้องอาศัยปัจจัยภายนอกได้แก่ ท่อนพันธุ์อ้อยและปุ๋ย ส่วนยาฆ่าแมลงนั้น ไม่นิยมใช้กันเพราะอ้อยจะดูดซึมสารเคมีจากยาฆ่าแมลงไปสะสมอยู่ในบริเวณลำต้น และสารเคมีนั้นจะปะปนออกมากับน้ำอ้อยในตอนที่ทำการผลิตน้ำตาล ซึ่งจะเป็นอันตรายกับผู้บริโภคได้ ในส่วนของการเก็บเกี่ยวนั้นจะอาศัยการว่าจ้างแรงงานเข้ามาช่วย ซึ่งปัจจัยภายนอกเหล่านี้ทำให้ชาวไร่อ้อยมีต้นทุนในการเพาะปลูกที่สูงขึ้นอีก แต่โชคยังดีที่ราคาของอ้อยในแต่ละปีนั้นค่อนข้างคงตัวไม่ขึ้นลงมากนัก (อยู่ที่ 600 – 1,000 บาท/ตันอ้อย) ทำให้ชาวไร่วางใจในเรื่องของราคาได้ส่วนหนึ่ง แต่อย่างไรก็ตามนอกจากชาวไร่อ้อยจะต้องแบกรับต้นทุนการผลิตแล้วยังต้องแบกรับภาระต้นทุนค่าขนส่งเพื่อนำอ้อยไปขายยังผู้ประกอบการอื่นๆ อีกด้วย

จากการศึกษาข้อมูลของชาวไร่อ้อยในเขตภาคเหนือตอนล่างพบว่า เมื่อทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้วชาวไร่อ้อยจะขายอ้อยให้แก่ผู้ประกอบการระดับกลางน้ำนั่นก็คือโรงงานน้ำตาล โดยพิจารณา

ถึงระยะทางในการขนส่งประกอบ กล่าวคือ โรงงานน้ำตาลที่อยู่ใกล้แหล่งเพาะปลูกนั่นเอง เนื่องจากอ้อยที่ได้นั่นมีปริมาณมาก และขนาดค่อนข้างใหญ่เมื่อเทียบกับผลผลิตทางการเกษตรอื่นๆ เช่น ข้าว ส่งผลให้เวลาบรรทุกจึงบรรทุกได้น้อยชิ้น หมายความว่าต้องบรรทุกกันหลายเที่ยวจึงจะหมด ต้นทุนการขนส่งจึงสูง แต่ทั้งนี้การขนส่งก็ขึ้นอยู่กับตัวชาวไร่อ้อยเอง ว่าจะเลือกส่งขายอ้อยให้กับโรงงานใด ซึ่งบางครั้งทางชาวไร่อ้อยเองได้มีการติดต่อตกลงการซื้อขายกับโรงงานน้ำตาลใดๆ ไว้แล้ว คือตกลงเป็นคู่ค้ากันแล้ว ก็ไม่สามารถส่งขายอ้อยให้กับโรงงานอื่นๆ ได้ในฤดูการผลิตนั้นๆ ทั้งหมดนี้ล้วนแล้วแต่เป็นความสมัครใจของตัวชาวไร่อ้อยเอง และนอกจากนี้หากชาวไร่อ้อยคนใดมีปัญหาในเรื่องรถบรรทุกที่จะใช้ขนส่งอ้อย ก็สามารถติดต่อตกลงกับทางโรงงานน้ำตาลที่ตนจะขายผลผลิตอ้อยให้ เพื่อใช้บริการรถบรรทุกของทางโรงงานได้ แต่ก็ใช่ว่าจะไม่มีค่าใช้จ่าย เพราะทางโรงงานน้ำตาลจะหักค่าใช้จ่ายในส่วนนี้กับเงินที่ชาวไร่อ้อยควรจะได้จากการขายอ้อยนั่นเอง โดยค่าใช้จ่ายนี้ขึ้นอยู่กับข้อตกลงอื่นๆ ด้วย เช่น จำนวนรอบหรือปริมาณ เป็นต้น และจากที่กล่าวไปแล้วข้างต้นว่าชาวไร่อ้อยยังโชคดีกว่าเกษตรกรที่เพาะปลูกพืชอื่นๆ ในเรื่องของราคาอ้อยที่ค่อนข้างคงที่ ไม่แกว่งขึ้นลงมาก ส่งผลให้ชาวไร่อ้อยไม่ค่อยกังวลในเรื่องนี้มากนัก เนื่องจากอ้อยเป็นพืชที่อยู่ในการดูแลของกระทรวงอุตสาหกรรม, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และกระทรวงพาณิชย์ ซึ่งราคาของอ้อยจะถูกกำหนดโดยการประชุมของผู้ที่เกี่ยวข้องหลายฝ่าย เช่น จากสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย เป็นต้น โดยกำหนดเป็นปีต่อปี ซึ่งราคาก็จะอยู่ที่ประมาณ 600 – 1,000 บาทต่อตันอ้อย ขึ้นอยู่กับสภาวะเศรษฐกิจของประเทศและของโลกในขณะนั้นด้วย

เมื่อโรงงานน้ำตาลได้รับซื้ออ้อยมาแล้วก็จะนำมาเข้าสู่กระบวนการผลิตน้ำตาล สำหรับกระบวนการผลิตน้ำตาลโดยทั่วไปนั้นจะได้ผลผลิตน้ำตาลออกมา 3 ประเภทใหญ่ๆ นั่นคือน้ำตาลทรายดิบซึ่งเป็นน้ำตาลที่ยังไม่ได้ผ่านกระบวนการฟอกสี, น้ำตาลทรายขาวซึ่งเป็นน้ำตาลทรายดิบที่ผ่านกระบวนการฟอกสีแล้ว และน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ซึ่งเป็นน้ำตาลที่มีระดับความบริสุทธิ์มากกว่าน้ำตาลทรายขาว โดยจากการศึกษาข้อมูลพบว่า น้ำตาลแต่ละชนิดนั้นจะมีจุดหมายปลายทางที่จะถูกส่งขายแตกต่างกัน โดยน้ำตาลทรายดิบนั้นถูกเรียกว่าน้ำตาลโควตา ข. เป็นน้ำตาลที่จะถูกส่งออกเพื่อขายให้แก่ต่างประเทศ ส่วนน้ำตาลทรายขาวและน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์นั้นเรียกว่าน้ำตาลโควตา ก. เป็นน้ำตาลที่ทางคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทรายกำหนดให้ผลิตสำหรับบริโภคภายในประเทศไทย และส่วนที่เหลือจากทั้งสองโควตานั้นจะเรียกว่าน้ำตาลโควตา ค. ซึ่งน้ำตาลส่วนนี้จะถูกส่งออกเพื่อขายให้แก่ต่างประเทศเช่นกัน อย่างไรก็ตามในส่วนของน้ำตาลทรายขาวและน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์นั้นจะถูกขายให้บริษัทอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมอาหาร ขนม น้ำอัดลม เป็นต้น หรือจะถูกส่งขายโดยผ่านพ่อค้าส่งซึ่งจะทำการติดต่อซื้อขายกับทางโรงงานน้ำตาลโดยตรงก็ได้ หลังจากนั้นน้ำตาลจะมาถึงมือผู้บริโภคในรูปของผลิตภัณฑ์ต่างๆ หรือในรูปของน้ำตาลทรายที่บรรจุหีบแล้วห่อผ่านทางผู้ค้าปลีกต่อไป ในส่วนของน้ำตาลทรายดิบ

และน้ำตาลอื่นๆ ที่เหลือจากบริโภคในประเทศจะถูกส่งต่อให้กับบริษัทส่งออกเพื่อส่งขายต่างประเทศโดยอาจผ่านพ่อค้าส่งหรือไม่ก็ได้

ในส่วนของผลพลอยได้ที่ได้มาจากการผลิตน้ำตาลนั้นมีหลายอย่าง เช่น กากอ้อย ชานอ้อย กากน้ำตาลหรือโมลาส และกากตะกอนจากการผลิตน้ำตาล เป็นต้น โดยสิ่งเหล่านี้จะถูกนำไปใช้ประโยชน์อย่างคุ้มค่าทั้งสิ้น ไม่ว่าจะเป็นกากอ้อยและชานอ้อยที่นำไปผลิตฟ้าใช้ในโรงงานน้ำตาลหรือส่งขายให้โรงไฟฟ้าได้ หรือจะเป็นกากน้ำตาลและโมลาสที่นำไปผลิตเอทานอลได้ สิ่งเหล่านี้ล้วนแล้วแต่สร้างรายได้เสริมให้กับโรงงานน้ำตาลได้เป็นอย่างดี

ในส่วนที่ 2 เป็นการใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับแก้ปัญหาการขนส่งเพื่อหาค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำที่สุด โดยการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ขึ้นมาแล้วใช้โปรแกรม Risk Solver Platform V.10.0 for Microsoft Excel ช่วยคำนวณหาคำตอบที่ดีที่สุดออกมา ซึ่งนอกจากการใช้โปรแกรม Risk Solver Platform V.10.0 for Microsoft Excel คำนวณหาค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งที่ต่ำที่สุดออกมา ซึ่งตรงกับสมมติฐาน สมการเป้าหมายและสมการเงื่อนไขทุกประการได้แล้ว โปรแกรมยังสามารถรายงานปริมาณการไหลของอ้อยและน้ำตาลว่าควรจะขนส่งไปยังจุดใดและเป็นปริมาณเท่าไร และนอกจากคำตอบที่ได้จากโปรแกรม Risk Solver Platform V.10.0 for Microsoft Excel ที่ได้กล่าวไปแล้วนั้น คำตอบอีกอย่างหนึ่งที่ได้จากโปรแกรมนี้ คือ คำตอบจากการวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis) ซึ่งเป็นการทดสอบความมั่นคงของข้อสรุปที่ได้จากการวิเคราะห์บนพิสัยของการประมาณค่าความน่าจะเป็น แล้วพิจารณาผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ว่าแตกต่างไปจากเดิมมากน้อยเพียงใด สามารถปรับลดหรือเพิ่มค่าใดๆ ได้บ้างโดยไม่ส่งผลต่อคำตอบที่ดีที่สุดที่คำนวณมาได้ ซึ่งตัวโปรแกรมเองสามารถที่จะวิเคราะห์ความไวและแสดงผลลัพธ์ที่วิเคราะห์ผ่านทางฟังก์ชัน Sensitivity Report ของตัวโปรแกรมได้เลย

นอกเหนือจากการหาคำตอบของค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งที่ต่ำที่สุดดังที่กล่าวมาแล้วนั้น ในงานวิจัยนี้ยังมีการกำหนดสถานการณ์ที่อาจจะเกิดขึ้นจริงเพิ่มอีก 2 สถานการณ์ด้วยกัน เพื่อเป็นแนวทางสำหรับผู้ที่จะดำเนินการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับเรื่องนี้ หรือผู้ที่สนใจที่จะนำงานวิจัยชิ้นนี้ไปประยุกต์ใช้หรือเพื่อพัฒนาต่อไป ซึ่งตัวโปรแกรมที่ใช้ในการหาคำตอบของงานวิจัยชิ้นนี้มีลักษณะที่เข้าใจได้ง่าย จึงเหมาะสำหรับนำไปศึกษาและประยุกต์ใช้ในงานต่างๆ ต่อไป

5.2 อภิปรายผล

อย่างไรก็ตามผลที่ได้จากศึกษาในส่วนของตัวแบบคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาการขนส่งเพื่อหาต้นทุนการขนส่งอ้อยและน้ำตาลทรายที่ต่ำที่สุดนั้น ยังมีความแตกต่างกับความเป็นจริงอยู่บ้าง เนื่องจากในความเป็นจริงนั้นมีปัจจัยหลายอย่างที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการขนส่ง และส่งผลต่อด้านต่างๆ ในระบบห่วงโซ่อุปทานอ้อยและน้ำตาลทราย ดังจะกล่าวได้ดังนี้

1) ปัจจัยในด้านระยะทางเองก็ส่งผลทำให้คำตอบที่ได้จากตัวแบบคณิตศาสตร์มีความคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงอยู่บ้าง เพราะในความเป็นจริงนั้นมีไร่อ้อยกระจายอยู่ทั่วไปในแต่ละจังหวัด และพื้นที่ปลูกอ้อยจะต้องอยู่ในเขตอนุญาตของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ซึ่งตามหลักแล้วไม่ควรอยู่ห่างจากโรงงาน 50 กิโลเมตร เพราะถ้าอยู่ไกลเกินไปจะเสียค่าขนส่งสูง (คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2550) แต่ค่าของระยะทางที่กำหนดในตัวแบบคณิตศาสตร์นั้นกำหนดให้อ้อยมาจากอำเภอเมืองในแต่ละจังหวัดเพียงที่เดียว ส่งผลให้การขนส่งอ้อยอาจมีการเปลี่ยนเส้นทางไปจากความเป็นจริงอยู่บ้าง รวมไปถึงในความเป็นจริงพื้นที่ปลูกอ้อยบางแห่งอยู่ในบริเวณรอยต่อระหว่างภูมิภาค แต่ขอบเขตที่กำหนดในตัวแบบคณิตศาสตร์นั้นกำหนดให้ขนส่งอ้อยให้แก่โรงงานน้ำตาลในเขตภาคเหนือตอนล่างเท่านั้น ซึ่งในความเป็นจริงพื้นที่ปลูกอ้อยนั้นอาจอยู่ใกล้กับโรงงานน้ำตาลของภูมิภาคอื่นมากกว่าโรงงานน้ำตาลในภาคเหนือตอนล่างก็ได้

2) ปัจจัยในด้านโควตาของโรงงานน้ำตาลเองก็ส่งผลให้คำตอบที่ได้จากตัวแบบคณิตศาสตร์แตกต่างจากความเป็นจริงอยู่บ้าง เนื่องจากในความเป็นจริงนั้นทางโรงงานน้ำตาลจะมีโควตาในการรับซื้ออ้อยแตกต่างกันไปในแต่ละฤดูการผลิต (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย กระทรวงอุตสาหกรรม, 2542) ขึ้นอยู่กับเศรษฐกิจของประเทศในขณะนั้นด้วย แต่กำลังการผลิตของโรงงานน้ำตาลในตัวแบบคณิตศาสตร์นั้นกำหนดมาจากปริมาณน้ำตาลทรายทั้งหมดที่แต่ละโรงงานผลิตได้ในฤดูการผลิตหนึ่งเท่านั้น

3) ปัจจัยในเรื่องหน่วยของเวลาที่ใช้ในการคำนวณ โดยในตัวแบบคณิตศาสตร์นั้นทำการคำนวณในหน่วยตันต่อวัน ซึ่งหมายความว่า กำหนดให้มีการขนส่งทุกวัน ซึ่งในความเป็นจริงนั้นทางโรงงานน้ำตาลจะมีระยะเวลาในการผลิตน้ำตาลตามกฎหมายอนุญาตอยู่ในช่วงตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน – พฤษภาคม ซึ่งเรียกว่าช่วงเปิดหีบ เป็นช่วงที่โรงงานน้ำตาลจะรับซื้ออ้อยเข้ามาทำการผลิตน้ำตาล หากพ้นเดือนพฤษภาคมไปแล้วโรงงานจะไม่ทำการรับซื้ออ้อยอีก กล่าวคือในความเป็นจริงจะมีการขนส่งอ้อยแค่ในช่วงเดือนพฤศจิกายน – พฤษภาคม เพียง 7 เดือนเท่านั้น แตกต่างกับตัวแบบคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้มีการขนส่งทั้ง 12 เดือน ส่งผลให้คำตอบของต้นทุนในการขนส่งคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง เนื่องจากค่าเชื้อเพลิงรวมในการขนส่งอ้อยไปยังโรงงานน้ำตาลจะต้องมีค่าลดลงเพราะไม่ได้ทำการขนส่งทุกวันอย่างที่กำหนดในตัวแบบคณิตศาสตร์

5.3 ปัญหาที่พบในระหว่างดำเนินโครงงาน

1) ในการหาคำตอบด้วยโปรแกรม Risk Solver Platform V.10.0 for Microsoft Excel ไม่สามารถแสดงออกให้เห็นได้ว่าสมการคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นมาเป็นสมการที่ถูกต้องสมบูรณ์

หรือไม่ และตัวโปรแกรมเองยังไม่สามารถที่จะแสดงสมการคณิตศาสตร์ที่เขียนเข้าไปในโปรแกรมออกมาได้ทั้งหมด รวมไปถึงการที่โปรแกรม Risk Solver Platform V.10.0 for Microsoft Excel ไม่สามารถที่จะรองรับเงื่อนไขของสมการบางเงื่อนไขได้ ทำให้ต้องอาศัยการเขียนสูตรในโปรแกรม Microsoft Excel เข้ามาช่วยหาคำตอบ

2) โปรแกรม Risk Solver Platform V.10.0 for Microsoft Excel ที่ทางผู้วิจัยดาวน์โหลดมาใช้นั้นเป็นตัวโปรแกรมทดลองใช้งาน ซึ่งทางผู้พัฒนาโปรแกรมกำหนดให้สามารถใช้ได้เพียง 15 วันเท่านั้น ทำให้คอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งโปรแกรมครบ 15 วัน จะไม่สามารถใช้งานโปรแกรมหาคำตอบได้อีก ถ้าหากต้องการใช้งานโปรแกรมแบบไม่มีข้อจำกัดจะต้องทำการสั่งซื้อโปรแกรมตัวเต็มจากทางบริษัทผู้พัฒนาโปรแกรม

5.4 แนวทางการแก้ไขปัญหา

1) ในการแก้ปัญหาเรื่องสมการที่จะป้อนเข้าสู่โปรแกรม Risk Solver Platform V.10.0 for Microsoft Excel นั้น จะต้องตรวจสอบความถูกต้องของสมการให้ละเอียดและรอบคอบที่สุด ซึ่งตัวโปรแกรมเองสามารถแสดงสมการเงื่อนไขบางสมการออกมาผ่าน Answer Report หลังผ่านการหาคำตอบแล้ว และสำหรับสมการเงื่อนไขที่โปรแกรม Risk Solver Platform V.10.0 for Microsoft Excel ไม่สามารถจะแสดงออกมาได้ จึงต้องใช้โปรแกรม Microsoft Excel ช่วยในการนำสมการเข้าไป เช่น คำสั่ง SUMPRODUCT เป็นต้น และต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของสมการนั้นๆ ด้วยตนเองก่อนทำการหาคำตอบ

2) ด้วยข้อจำกัดของเวลาในการใช้งานโปรแกรม จึงต้องสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ให้ถูกต้องครอบคลุม รัดกุม และรวดเร็วมากที่สุด เพื่อที่จะสามารถใช้โปรแกรม Risk Solver Platform V.10.0 for Microsoft Excel ในการหาคำตอบให้ได้ในระยะเวลา 15 วัน แต่ในบางครั้งมีการปรับปรุงหรือต้องหาคำตอบใหม่ทำให้กินเวลามากกว่า 15 วัน จึงจำเป็นต้องหาคอมพิวเตอร์เครื่องใหม่มาใช้แทน

5.5 ข้อเสนอแนะ

ทางผู้วิจัยได้แบ่งข้อเสนอแนะออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

5.5.1 ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัย

5.5.1.1 รัฐบาลควรให้การสนับสนุนในส่วนของการเพาะปลูกอ้อยมากขึ้น เนื่องจากชาวไร่อ้อยยังประสบปัญหาหลายอย่างในการเพาะปลูก เช่น วัชพืช ศัตรูพืชต่างๆ โดยเข้าไปให้ความรู้ การป้องกัน รวมไปถึงสนับสนุนในเรื่องของท่อนพันธุ์อ้อยที่มีคุณสมบัติต้านทานโรคมาก

ขึ้น ให้ความหวานที่มากขึ้น เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อผลผลิตอ้อยที่มีคุณภาพมากขึ้น ส่งผลให้ได้ผลผลิตน้ำตาลที่มีคุณภาพตามไปด้วย

5.5.1.2 ควรส่งเสริมและให้ความรู้แก่ชาวไร่อ้อยและผู้ประกอบการต่างๆ ในเรื่องของความสำคัญของต้นทุนในการขนส่ง เพราะต้นทุนการขนส่งนั้นถือได้ว่าเป็นต้นทุนที่มีความสำคัญต่อต้นทุนโดยรวม หากทำการลดต้นทุนการขนส่งได้ก็จะทำให้การค้าขายผู้ประสิทธิภาพและมีผลตอบแทนมากยิ่งขึ้น

5.5.1.3 ชาวไร่อ้อยควรมีการติดต่อประสานงานกับทางโรงงานน้ำตาลก่อนทำการเก็บเกี่ยวอ้อย เพื่อการขนส่งอ้อยทันทีหลังจากเก็บเกี่ยว เพื่อที่อ้อยจะได้ไม่สูญเสียความหวานไปโดยเปล่าประโยชน์ ส่งผลให้ชาวไร่อ้อยขายอ้อยได้ราคาดีขึ้นตามไปด้วย ทั้งนี้เพื่อผลประโยชน์ทั้งสองฝ่ายโดยการวางแผนการทำงานอย่างเป็นระบบนั่นเอง

5.5.2 ข้อเสนอแนะในการศึกษาวิจัยครั้งต่อไป

5.5.2.1 การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ยังมีข้อจำกัดทั้งทางด้านซอฟแวร์ที่ใช้ในการคำนวณ นั่นคือโปรแกรม Risk Solver Platform V.10.0 for Microsoft Excel ซึ่งเป็นซอฟแวร์สำหรับการทดลองใช้เท่านั้น ด้วยระยะเวลาในการใช้งานซอฟแวร์ที่ถูกจำกัด จึงต้องเร่งหาคำตอบ ส่งผลให้ผลลัพธ์ที่ได้อาจไม่ดีเท่าที่ควร ซึ่งการวิจัยในครั้งต่อไปควรที่จะใช้ซอฟแวร์ในการคำนวณที่ไม่มีข้อจำกัดใดๆ เพื่อทำให้ผลลัพธ์ที่ออกมาดีที่สุด

5.5.2.2 การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ยังมีข้อจำกัดทั้งทางด้านข้อมูลที่ยังไม่ตรงกับความเป็นจริง หรือข้อมูลยังไม่ปรับปรุงให้เป็นปัจจุบันเท่าที่ควร รวมไปถึงบางข้อมูลซึ่งค่อนข้างหยาบ เช่น ข้อมูลระยะทางในการขนส่งที่อาจจะยังไม่ละเอียดดีพอ เนื่องจากงานวิจัยนี้มีภาพรวมขนาดใหญ่ในระดับภูมิภาค ซึ่งอาจทำให้ผลจากงานวิจัยมีความคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริงบ้าง สำหรับผู้ที่จะทำการวิจัยในครั้งต่อไปหากมีข้อมูลที่ครบถ้วนเป็นปัจจุบันและละเอียดมากกว่านี้ ก็จะทำให้ผลของงานวิจัยมีความเที่ยงตรงและสมบูรณ์มากกว่านี้

5.5.2.3 การศึกษาวิจัยในครั้งนี้พิจารณาเฉพาะในส่วนของต้นทุนการขนส่งเท่านั้น ซึ่งสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไปควรมีการศึกษาในส่วนของต้นทุนการผลิตและต้นทุนการเก็บรักษาเพิ่มเติมด้วย เพื่อให้ครอบคลุมถึงปัญหาทั้งหมด

เอกสารอ้างอิง

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

ดวงมณี โกมารทัต. (2540). **การบัญชีต้นทุน**(พิมพ์ครั้งที่6).กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทรายกระทรวงอุตสาหกรรม.ธ **บทบันทึกแห่งอ้อยและน้ำตาลทรายไทย**. กรุงเทพฯ: บริษัท สันติภาพ แพ็คพริ้น จำกัด.

บริษัท ไทยชูการ์ มิลเลอร์ จำกัด. กระบวนการผลิตน้ำตาลทราย. สืบค้นเมื่อ 16 ตุลาคม 2552, จาก http://www.thaisugarmillers.com/tsmc-02-02.html

บริษัท ไทยชูการ์ มิลเลอร์ จำกัด. พรบ. อ้อยและน้ำตาลทราย พ.ศ. 2527. สืบค้นเมื่อ 16 ตุลาคม 2552, จาก http://www.thaisugarmillers.com/tsmc-02-03.html

บริษัท ไทยชูการ์ มิลเลอร์ จำกัด. การส่งออกรายเดือน. สืบค้นเมื่อ 16 ตุลาคม 2552, จาก http://www.thaisugarmillers.com/tsmc-02-06.html

บริษัท ไทยชูการ์ มิลเลอร์ จำกัด. รายงานการผลิต. สืบค้นเมื่อ 16 ตุลาคม 2552, จาก http://www.thaisugarmillers.com/tsmc-02-07.html

การวางแผนการผลิต,การควบคุมInventory. บริหารห่วงโซ่อุปทาน. สืบค้นเมื่อ 2 สิงหาคม 2552, จาก http://www.pimtraining.com/wizContent.asp?wizConID=125

http://www.oknation.net/blog/sainarong/page3. **ยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบโลจิสติกส์ของประเทศไทย**. สืบค้นเมื่อ 2 สิงหาคม 2552

http://www.agriinfo.doae.go.th/plant.php. **สารสนเทศส่งเสริมการเกษตร.** สืบค้นเมื่อ 3 สิงหาคม 2552

บริษัท น้ำตาลไทยกาญจนบุรี จำกัด. **อ้อยและน้ำตาล.** สืบค้นเมื่อ 3 สิงหาคม 2552, จาก http://www.thaisugarmill.com/index.php?lang=th&ds=canemovement_detail view&id=Q137grYnEueMRmC0

http://www.khontai.com/index.php?name=news&file=readnews&id=1367. **สหพันธ์ชาวไร่อ้อย.** สืบค้นเมื่อวันที่ 3 สิงหาคม 2552

สำราญ บุญเจริญ (ม.ป.ป.). **ตัวแบบการขนส่ง : Transportation Models.** คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยภาคกลาง. สืบค้นเมื่อ 2 กันยายน 2552, จาก http://www.upload.neteasyweb.com/view.aspx?ItemID=40c35ef0

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. **รายงานการผลิตอ้อยและน้ำตาลทราย.** สืบค้นเมื่อ 10 กันยายน 2552, จาก http://www.ocsb.go.th/show_list.asp?id=13

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. **โรงงานน้ำตาล.** สืบค้นเมื่อ 11 กันยายน 2552, จาก http://www.ocsb.go.th/factory.asp

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. **รายงานพื้นที่ปลูกอ้อย ปีการผลิต 2550/51.** สืบค้นเมื่อ 15 ตุลาคม 2552, จาก www.ocsb.go.th/uploads/contents

กรมทางหลวง เรื่องห้ามใช้ยานพาหนะที่มีน้ำหนัก น้ำหนักบรรทุก หรือน้ำหนักลงเพลาเกินกว่าที่กำหนด หรือโดยที่ยานพาหนะนั้นอาจทำให้ทางหลวงเสียหาย เดินบนทางหลวงพิเศษ ทางหลวงแผ่นดินและทางหลวงสัมปทาน พ.ศ. 2548. (28 ธันวาคม 2548). **ราชกิจจานุเบกษา ตอนพิเศษ.** 122(150 ง).

คำนาย อภิปรัชญาสกุล. (2547). **โลจิสติกส์เพื่อการผลิตและการจัดการดำเนินงาน.** (1). กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัด นัฐพรการพิมพ์.

ธนัญญา วสุศรี, ดวงพรรณ กริชชาญชัย ศฤงคารินทร์. (2550). **การจัดการโซ่อุปทานกรณีศึกษาปฏิบัติการจากภาคธุรกิจ.** (1). กรุงเทพฯ: ไอทีแอล เทรด มีเดีย จำกัด.

พรรณวดี ธีระกุลพิศุทธิ์, นิกร ศิริวงศ์ไพศาล และเสกสรร สุธรรมานนท์. **การสร้างตัวแบบห่วงโซ่อุปทานสำหรับอุตสาหกรรมกุ้งแช่เยือกแข็ง.** การประชุมวิชาการสถิติประยุกต์ระดับชาติประจำปี 2552. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2552

ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่. **ปัญหาการขนส่ง.** สืบค้นเมื่อ 2 กันยายน 2552, จาก http://staff.cs.psu.ac.th/natikan/OR/OR2002/lesson/8/lesson8_2.php

ระบบฐานข้อมูลด้านโลจิสติกส์และการขนส่งของประเทศไทย. (2551). **ระบบขนส่งทางถนน.** สืบค้นเมื่อ 6 สิงหาคม 2552, จาก http://www.thaitrucknavigator.org/truck/thaitrucknavigator/ trucknavigator

วิทยา สุหฤทดำรง. (2546). **ลอจิสติกส์และการจัดการโซ่อุปทาน.** กรุงเทพฯ: หจก. เอช - เอน การพิมพ์.

สญชัย เสงี่ยมวิบูล. (2546). **การจำลองตัวแบบปัญหาการขนส่งในการจัดการลอจิสติกส์และห่วงโซ่อุปทาน.** รายงานการศึกษาอิสระ ศศ.ม., มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น

Alan Rushton, Phill Croucher and Peter Baker. (2551). **คู่มือการจัดการลอจิสติกส์และการกระจายสินค้า**.(ดร.วิทยา สุหฤทดำรง, ดร. วิชัย รุ่งเรืองอนันต์ และดร.บุญทรัพย์ พานิชการ). กรุงเทพฯ: อี.ไอ.สแควร์.(ต้นฉบับภาษาอังกฤษ พิมพ์ ค,ศ.2006)

http://new.truckfanclub.com/modules.php?name=Forums&file=viewtopic&p=3519. **ข้อมูลรถบรรทุกเพื่องานวิจัย**. สืบค้นเมื่อวันที่ 18 ธันวาคม 2552

http://office.microsoft.com/th-th/excel/HA011245951054.aspx. **ข้อมูลเบื้องต้นในการใช้ประโยชน์จากเครื่องมือ Excel Solver ให้ได้มากที่สุด**. สืบค้นเมื่อ 20 มิถุนายน 2552

http://www.cleverdrive.net/view.php?article=107. **วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ Solver**. สืบค้นเมื่อ 20 มิถุนายน 2552

http://web.schq.mi.th/~suriyon/it/29/Analysis/Sensitivity/2.doc. **การวิเคราะห์หลังจากได้ผลลัพธ์เหมาะสมหรือการวิเคราะห์ความไว (Postoptimality or Sensitivity Analysis)**. สืบค้นเมื่อ 13 ตุลาคม 2552

http://as.doa.go.th/fieldcrops/cane/pub/001.HTM. **คำถาม - คำตอบเบื้องต้นเกี่ยวกับระบบอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย**. สืบค้นเมื่อ 25 สิงหาคม 2553

http://www.natres.psu.ac.th/Department/. **ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ**. สืบค้นเมื่อ 29 กันยายน 2553

ภาคผนวก ก

ข้อมูลจำนวน ที่ตั้ง กำลังการผลิตของเกษตรกร โรงงานน้ำตาล และบริษัทส่งออก

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลจำนวน เนื้อที่เพาะปลูก และผลผลิตของเกษตรกรชาวไร่อ้อย ปี พ.ศ. 2550 ของแต่ละจังหวัดในเขตภาคเหนือตอนล่าง

ลำดับ	อำเภอ	ผลผลิตเฉลี่ย (ตัน/วัน)	เนื้อที่เพาะปลูก (ไร่)
1	พิษณุโลก	1971.44	121,011
2	ตาก	59.75	9,418
3	เพชรบูรณ์	4413.52	216,133
4	สุโขทัย	2347.66	150,270
5	อุตรดิตถ์	2341.18	90,559
6	นครสวรรค์	14184.24	520,890
7	อุทัยธานี	2815.75	185,194
8	กำแพงเพชร	11273.68	427,894
9	พิจิตร	1277.16	43,819

ที่มา : ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2550)

ตารางที่ ภ.2 ข้อมูลจำนวน ที่ตั้ง และกำลังการผลิตของโรงงานน้ำตาลในเขตภาคเหนือตอนล่าง

ลำดับ	ชื่อโรงงาน	ที่ตั้ง	วันเดินเครื่อง	กำลังการผลิตน้ำตาลทราย	
				(ตัน/ปี)	(ตัน/วันเดินเครื่อง)
1	โรงงานอุตสาหกรรมน้ำตาลอุตรดิตถ์	206 ม.3 ถ.ศรีชาววัง ต.วังกะพี้ อ.เมือง จ.อุตรดิตถ์	145	44,439.60	306.48
2	โรงงานน้ำตาลไทยเอกลักษณ์	42/1 ม.8 ต.คุ้งตะเภา อ.เมือง จ.อุตรดิตถ์	152	232,116.16	1,527.08
3	โรงงานน้ำตาลกำแพงเพชร	152 ม.2 ต.ไตรตรึงษ์ อ.เมือง จ.กำแพงเพชร	108	91,903.68	850.96
4	โรงงานน้ำตาลนครเพชร	333 ม.9 ต.เทพนคร อ.เมือง จ.กำแพงเพชร	116	341,499.66	2,776.42
5	โรงงานน้ำตาลรวมผลอุตสาหกรรมนครสวรรค์	1 ม.7 ต.บ้านมะเกลือ อ.เมือง จ.นครสวรรค์	142	177,110.92	1,247.26
6	โรงงานน้ำตาลเกษตรไทย	1/1 ม.14 ต.หนองโพ อ.ตาคลี จ.นครสวรรค์	159	627,736.77	3,948.03
7	โรงงานน้ำตาลพิษณุโลก	8/8 ม.8 ต.ไผ่ล้อม อ.บางกระทุ่ม จ.พิษณุโลก	115	191,261.10	1,663.14
8	โรงงานน้ำตาลไทยรุ่งเรืองอุตสาหกรรม	99 ม.9 ต.ศรีเทพ อ.ศรีเทพ จ.เพชรบูรณ์	126	295,127.28	2,342.28

ที่มา : สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย

ตารางที่ ก.3 ข้อมูลจำนวนและที่ตั้งของบริษัทส่งออกในเขตกรุงเทพมหานคร

ลำดับ	ชื่อโรงงาน/สถานประกอบการ	ที่ตั้ง
1	บริษัท อ้อยและน้ำตาลทราย จำกัด	128/345-6 ถ.พญาไท แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี
2	บริษัท ค้าผลผลิตน้ำตาล จำกัด	979/59-60 ถ.พหลโยธิน แขวงสามเสนใน เขตพญาไท
3	บริษัท ส่งออกน้ำตาลสยาม จำกัด	794 ถ.กรุงเกษม แขวงวัดโสมนัส เขตป้อมปราบ
4	บริษัท แปซิฟิก ชูการ์คอร์ปอเรชั่น จำกัด	2 ถ.สุขุมวิท แขวงคลองเตย เขตคลองเตย
5	บริษัท ที.ไอ.เอส.เอส จำกัด	24 ถ.วิภาวดีรังสิต แขวงดินแดง เขตดินแดง
6	บริษัท การค้าอุตสาหกรรมน้ำตาล จำกัด	889 ถ.สาทรใต้ แขวงยานนาวา เขตสาทร
7	บริษัท เค เอส แอล เอ็กซ์ปอร์ท เทรดดิ้ง จำกัด	503 ถ.ศรีอยุธยา แขวงถนนพญาไท เขตราชเทวี

ที่มา : สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย

ภาคผนวก ข

ข้อมูลระยะทางในการขนส่ง

ตารางที่ ข.1 แสดงระยะทางการขนส่งจากเกษตรกรไปยังโรงงานน้ำตาล

โรงงาน / เกษตรกร	1	2	3	4	5	6	7	8
1	117	121	120	111	118	185	39.4	252
2	159	167	78.2	77.6	185	233	166	350
3	270	273	250	241	210	202	148	143
4	90.7	117	104	96.7	187	254	108	306
5	33.9	18.7	232	225	216	320	172	349
6	242	246	103	112	14.7	58.7	128	180
7	282	286	132	142	54.4	50	168	180
8	171	197	17.4	16.8	124	173	105	289
9	164	168	116	107	114	181	25.9	188

หมายเหตุ หน่วย : กิโลเมตร

ตารางที่ ข.2 แสดงระยะทางการขนส่งจากโรงงานน้ำตาลไปยังพ่อค้าส่ง

โรงงาน / พ่อค้าส่ง	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	117	159	270	90.7	33.9	242	282	170	164
2	121	167	273	117	18.7	246	286	197	168
3	120	78.2	250	104	232	103	132	17.4	116
4	111	77.6	241	96.7	225	112	142	16.8	107
5	118	185	210	187	216	14.7	54.4	124	114
6	185	233	202	254	320	58.7	50	173	181
7	39.4	166	148	108	172	128	168	105	25.9
8	252	350	143	306	349	180	180	289	188

หมายเหตุ หน่วย : กิโลเมตร

ตารางที่ ข.3 แสดงระยะทางการขนส่งจากพ่อค้าส่งไปยังบริษัทส่งออก

บริษัทส่งออก / พ่อค้าส่ง	1	2	3	4	5	6	7
1	336	340	369	375	363	373	366
2	413	377	416	422	410	420	413
3	306	303	308	310	302	311	306
4	422	367	425	430	418	428	422
5	477	474	480	485	473	483	477
6	234	230	236	242	230	240	234
7	219	216	222	228	216	226	219
8	351	348	354	359	347	357	351
9	340	337	343	348	336	346	340

หมายเหตุ หน่วย : กิโลเมตร

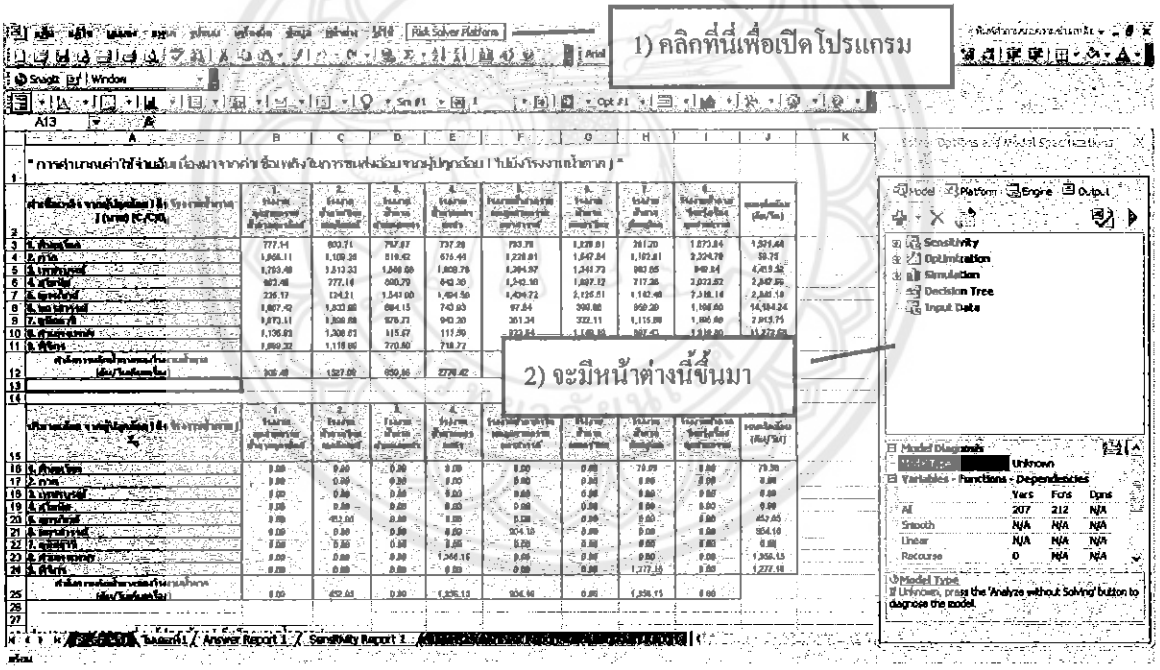
มหาวิทยาลัยนเรศวร

ภาคผนวก ค

ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม Risk Solver Platform V. 10.0

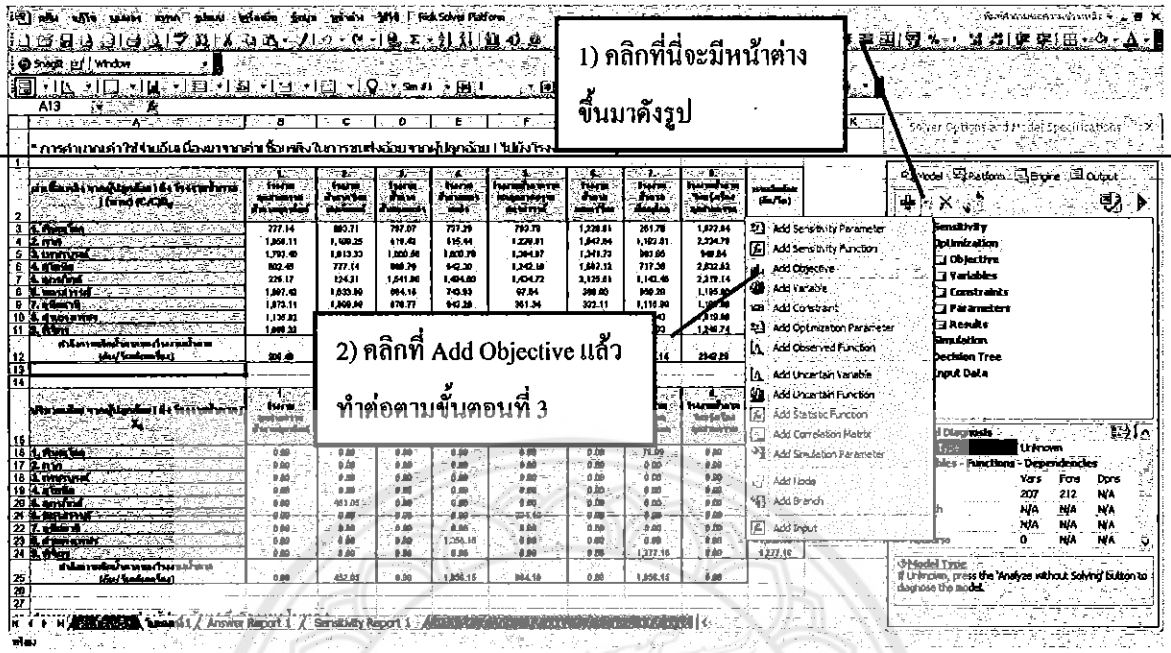
เนื่องจากตอนที่คณะผู้วิจัยทำส่วนภาคผนวกนี้ ตัวโปรแกรม Risk Solver Platform v.10.0 ที่ใช้ในงานวิจัยได้ครบกำหนดระยะเวลาการใช้งานเนื่องจากเป็นรุ่นทดลองใช้ซึ่งมีระยะเวลาเพียง 15 วัน ทำให้ต้องหาเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องใหม่มาใช้แทน เพื่อที่จะได้อธิบายในส่วนของการใช้งานโปรแกรม Risk Solver Platform v.10.0 ได้อย่างชัดเจนมากขึ้น แต่เครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องใหม่ที่นำมาใช้นั้นตัวโปรแกรม Microsoft Excel ยังเป็นเวอร์ชัน 2003 อยู่ ทางผู้วิจัยจึงใคร่ขออธิบายการใช้งานในโปรแกรม Microsoft Excel V.2003 แทน ซึ่งการใช้งานในส่วนของโปรแกรม Risk Solver Platform v.10.0 นั้นไม่ได้แตกต่างจาก Microsoft Excel V.2007 แม้แต่น้อย ซึ่งขั้นตอนการใช้งาน โปรแกรม Risk Solver Platform v.10.0 นั้นสามารถอธิบายได้ตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. การเปิดโปรแกรม Risk Solver Platform v.10.0 ใน Microsoft Excel V.2003



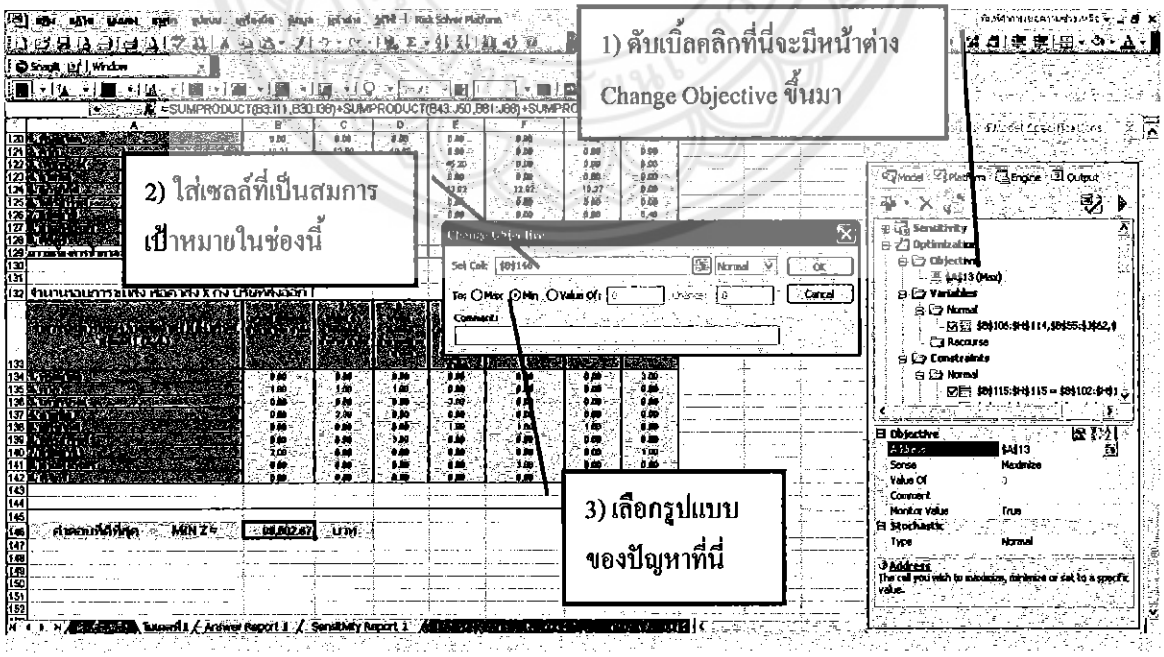
รูปที่ ค.1 หน้าต่างโปรแกรม Risk Solver Platform v.10.0

2. การกำหนดเซลล์สมการเป้าหมาย



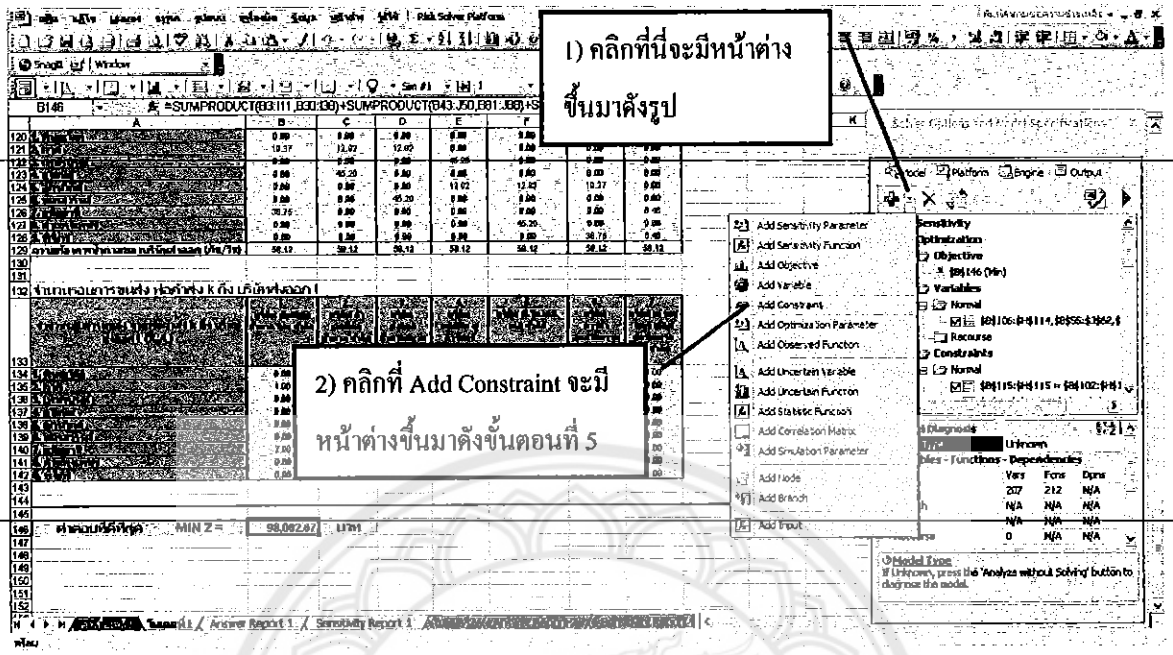
รูปที่ ค.2 การกำหนดเซลล์สมการเป้าหมาย

3. การกำหนดค่าต่างๆ ในส่วน Objective โดยเมื่อเสร็จแล้วให้คลิกที่ OK



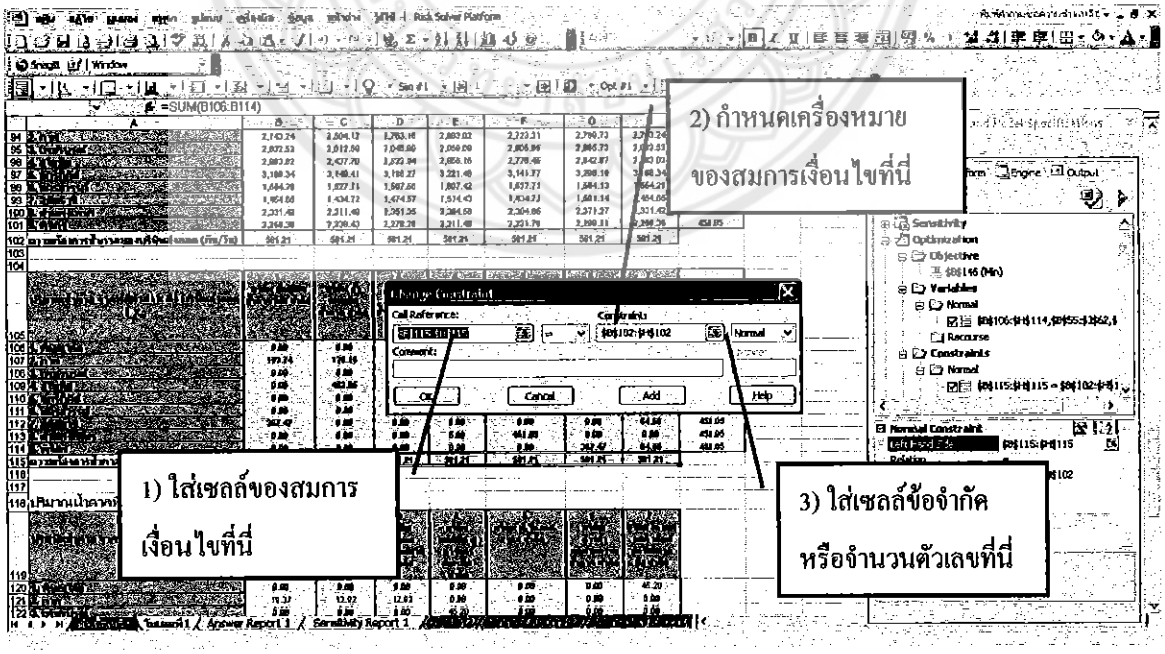
รูปที่ ค.3 การใส่ค่าเซลล์ของสมการเป้าหมายและรูปแบบของปัญหา

4. การกำหนดเซลล์สมการเงื่อนไข



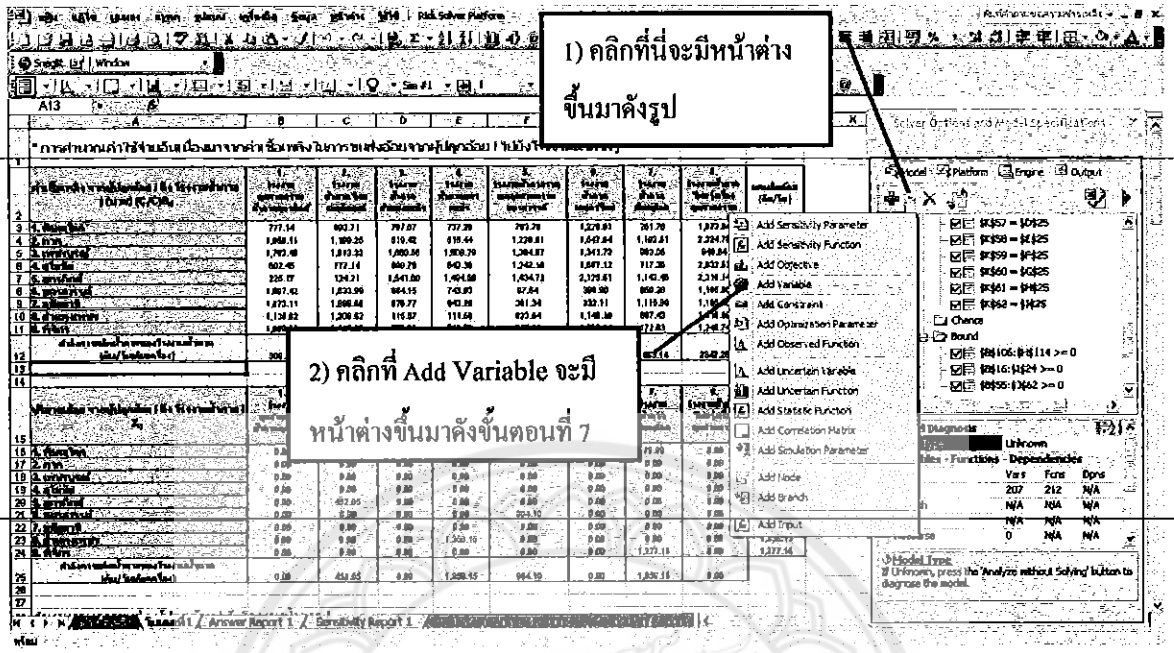
รูปที่ ค.4 หน้าต่างกำหนดเซลล์สมการเงื่อนไข

5. กำหนดค่าต่างๆ ดังรูป เมื่อเสร็จแล้วคลิกที่ Add แล้วคลิกที่ OK เมื่อใส่ครบตามที่ต้องการ



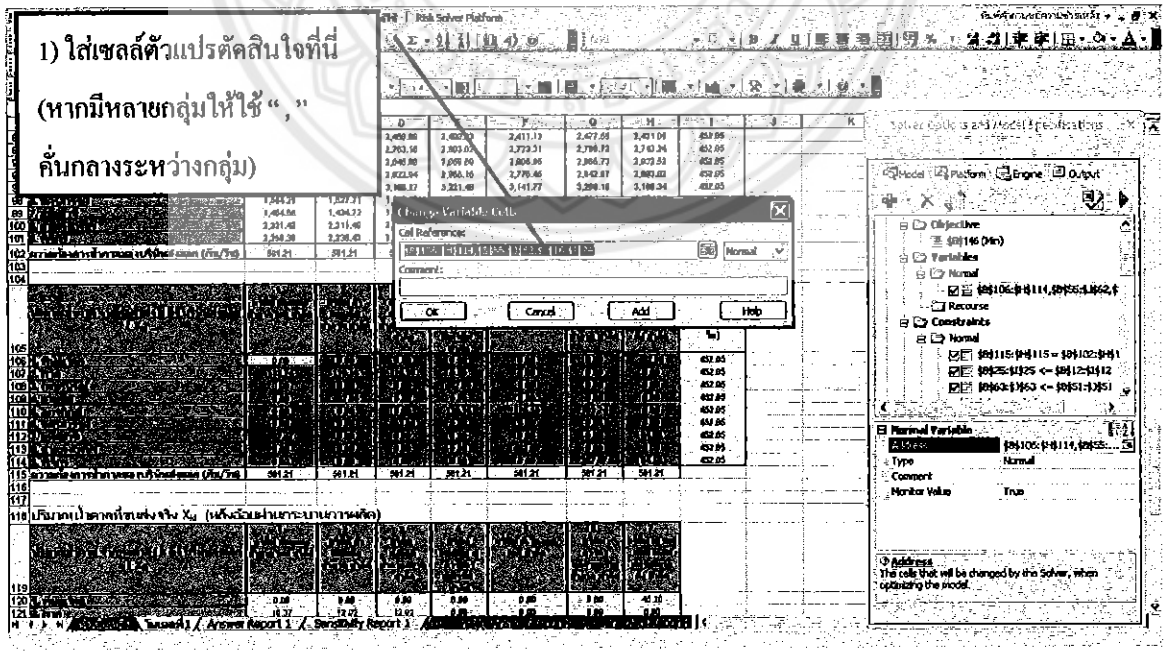
รูปที่ ค.5 การใส่เซลล์ของสมการเงื่อนไข

6. การกำหนดเซลล์ตัวแปรตัดสินใจ



รูปที่ ค.6 การกำหนดเซลล์ตัวแปรตัดสินใจ

7. กำหนดค่าต่างๆ ดังรูป เมื่อเสร็จแล้วคลิกที่ Add แล้วคลิกที่ OK เมื่อใส่ครบตามที่ต้องการ



รูปที่ ค.7 การใส่เซลล์ของตัวแปรตัดสินใจ

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

ชื่อ นายอดิพงศ์ พุทธจร

ภูมิลำเนา 39/9 ถ. สระหลวง ต. ในเมือง อ. เมือง จ. พิจิตร

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนพิจิตรพิทยาคม
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 5 สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: oh-_-o@hotmail.com

ชื่อ นายอัครเดช ขำอ่อน

ภูมิลำเนา 42/1 หมู่ 7 ต. บางระกำ อ. บางระกำ จ. พิษณุโลก

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 5 สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: noi_v3@hotmail.com