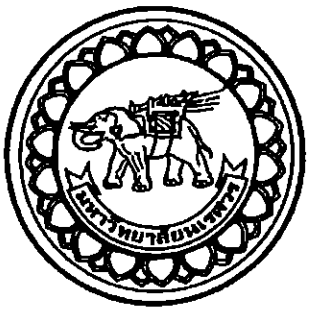


การใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการขนส่งของห่วงโซ่อุปทานข้าว

MATHEMATICAL MODELING OF TRANSPORTATION PROBLEM FOR RICE SUPPLY CHAIN

นายสิริวัฒน์ พิมสอน รหัส 49362222

นางสาวพัทธ์ณิตา พึ่งเจียม รหัส 49363304

นางสาววารยา ฉันทร์หอม รหัส 49363373

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ...../...../.....
เลขทะเบียน..... i 5067662 e.2
เลขเรียกหนังสือ..... ปร. ส923ก
มหาวิทยาลัยนเรศวร 2552

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2552

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการขนส่งของห่วงโซ่อุปทานข้าว		
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายสิริวัฒน์	พิมสอน	รหัส 49362222
	นางสาวพัทธ์ฉิตา	พึ่งเจียม	รหัส 49363304
	นางสาววารยา	จันทร์หอม	รหัส 49363373
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 วรรณถุมล)

.....กรรมการ
(อาจารย์สุชาดา อิศราภรณ์)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการขนส่งของห่วงโซ่อุปทานข้าว		
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายสิริวัฒน์	พิมสอน	รหัส 49362222
	นางสาวพัทธ์ฉิตา	พึ่งเจียม	รหัส 49363304
	นางสาววารยา	จันทร์หอม	รหัส 49363373
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผศ.ดร. ภูพงษ์	พงษ์เจริญ	
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ		
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ		
ปีการศึกษา	2552		

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อดำเนินการศึกษาถึงการใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการขนส่งเพื่อคำนวณหาค่าต้นทุนการขนส่งอันเนื่องมาจากค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำที่สุดของห่วงโซ่อุปทานข้าวในเขตจังหวัดพิษณุโลก สำหรับการบริหารการจัดการห่วงโซ่อุปทานข้าวทั้งระบบ โดยเริ่มกระบวนการศึกษาตั้งแต่ผู้ปลูกข้าว จำนวน 9 แห่ง ไปยังท่าข้าวจำนวน 35 แห่ง โรงสีข้าวจำนวน 25 แห่ง ไปจนถึงผู้ค้าส่งข้าวสารจำนวน 7 ราย ซึ่งวิธีการศึกษานั้นเริ่มจาก 1) ศึกษาหลักการและทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง 2) เก็บรวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง หรือการสอบถามหรือสัมภาษณ์เพื่อให้ได้ซึ่งข้อมูลความต้องการที่แท้จริง 3) วิเคราะห์ข้อมูลทั้งข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิ พร้อมทั้งจัดสร้างตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับแก้ปัญหาการขนส่ง 4) ใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์เพื่อทำการวิเคราะห์และคำนวณหาต้นทุนการขนส่งอันเนื่องมาจากค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำที่สุด 5) สรุปผลและข้อเสนอแนะเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพด้านการขนส่ง โดยได้จัดทำแบบจำลองคณิตศาสตร์ออกเป็น 4 แบบดังนี้ แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 1 เป็นการหาต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งที่ต่ำที่สุด ซึ่งได้ผลลัพธ์เท่ากับ 115,701.53 บาท แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 2 เป็นการหาต้นทุนเชื้อเพลิงในการขนส่งที่ต่ำที่สุดโดยคิดค่าเชื้อเพลิงทั้งเที่ยวไปและกลับ ซึ่งได้ผลลัพธ์เท่ากับ 195,802.59 บาท แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 3 เป็นการหาต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งที่ต่ำที่สุดโดยมีการกำหนดโควตาการขนส่งขั้นต่ำของท่าข้าวและโรงสีข้าวและคิดค่าเชื้อเพลิงทั้งเที่ยวไปและกลับ ซึ่งจะได้ผลลัพธ์เท่ากับ 213,993.39 บาทและแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4 เป็นการหาต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งที่ต่ำที่สุดโดยมีการคำนวณต้นทุนค้าจ้างพนักงานขับรถและมีการกำหนดโควตาขั้นต่ำ ซึ่งได้ผลลัพธ์เท่ากับ 351,393.39 บาท

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานเรื่องการใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการขนส่งของห่วงโซ่อุปทานข้าว ประสบความสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีต้องขอขอบคุณท่านอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภูพงษ์ พงษ์เจริญ ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำในการทำโครงงานนี้เป็นอย่างดีตลอดมา ขอขอบคุณ คุณบุญชอบ พิมสอน และข้าราชการประจำศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวจังหวัดพิษณุโลกที่คอยให้ข้อมูลเกี่ยวกับระบบการซื้อขายข้าวมาโดยตลอด รวมไปถึงทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำและให้ความช่วยเหลือด้วยดีมาโดยตลอดซึ่งไม่ได้เอ่ยนามมา ณ ที่นี่ ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ จนโครงงานนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณคณาจารย์และบุคลากรภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและคณะกรรมการทุกท่าน ซึ่งได้รับความกรุณาให้คำแนะนำเสนอแนะแนวทางการศึกษา ค้นคว้า ให้คำปรึกษา แก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่องต่างๆ จนเป็นผลให้โครงงานฉบับนี้สมบูรณ์

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ครอบครัว ญาติพี่น้อง เพื่อนๆ ทุกคนที่คอยเป็นห่วงและให้กำลังใจด้วยดีตลอดมา จนกระทั่งทำโครงงานสำเร็จลุล่วงได้ ประโยชน์อันพึงมีจากการศึกษาโครงงานวิจัยครั้งนี้ ขอมอบและอุทิศแด่บิดา มารดา บรรพบุรุษผู้ให้ชีวิตและทรัพย์สิน ครูอาจารย์ ผู้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้แก่ผู้ทำการศึกษาวิจัยตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่งจึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

คณะผู้ดำเนินโครงงานวิศวกรรม
นายสิริวัฒน์ พิมสอน
นางสาวพัทธ์ฉิตา พึ่งเจียม
นางสาววารยา จันทร์หอม
เมษายน 2553

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์.....ก
บทคัดย่อ.....ข
กิตติกรรมประกาศ.....ค
สารบัญ.....ง
สารบัญตาราง.....ฉ
สารบัญรูป.....ฌ

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

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี.....7
2.1 คำนิยามและความหมายของโลจิสติกส์ (Logistics).....7
2.2 ต้นทุนโลจิสติกส์.....12
2.3 ตัวแบบการขนส่ง (Transportation Model).....14
2.4 การวิเคราะห์หลังจากได้ผลลัพธ์เหมาะสมหรือการวิเคราะห์ความไว (Postoptimality or Sensitivity Analysis).....16
2.5 การหาคำตอบที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม Solver.....19
2.6 โครงสร้างและระบบโลจิสติกส์ข้าวไทย.....22

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.7 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการเพาะปลูกข้าวและกระบวนการสีข้าว.....24
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....27

บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงงาน.....32
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....32

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์.....37
4.1 โครงสร้างระบบโลจิสติกส์ข้าว.....37
4.2 แบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งข้าวในเขตจังหวัดพิษณุโลก.....47

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....111
5.1 สรุปผล.....111
5.2 ปัญหาที่พบในระหว่างดำเนินโครงงาน.....114
5.3 แนวทางการแก้ไขปัญหา.....115
5.4 ข้อเสนอแนะ.....115

เอกสารอ้างอิง.....117
ภาคผนวก ก.....120
ภาคผนวก ข.....127
ภาคผนวก ค.....130
ภาคผนวก ง.....135
ภาคผนวก จ.....152
ภาคผนวก ฉ.....159

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 ผลผลิตข้าวในประเทศผู้ผลิตที่สำคัญของโลก (ข้าวสาร).....1

1.2 ปริมาณการส่งออกข้าวของโลกและประเทศผู้ส่งออกที่สำคัญ (ข้าวสาร).....2

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

2.1 ปริมาณการขนส่งสินค้าภายในประเทศ พ.ศ. 2542 – 2546.....11

2.2 การประมาณการปริมาณบริการเพื่อรักษาระดับของต้นทุนต่อครั้ง.....19

4.1 คำอธิบายค่าและสูตรในโปรแกรม Microsoft Excel 2007 ในส่วนของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.1.....52

4.1 (ต่อ) คำอธิบายค่าและสูตรในโปรแกรม Microsoft Excel 2007 ในส่วนของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.1.....53

4.2 คำอธิบายค่าต่างๆในโปรแกรม Risk Solve Platform V.9.6 for Microsoft Excel ในส่วนของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.1.....54

4.3 แสดงปริมาณการไหลของข้าวเปลือกจากผู้ปลูกข้าวi ไปยังท่าข้าวj ภายใน 1 วัน.....57

4.4 แสดงปริมาณการไหลของข้าวเปลือกจากท่าข้าวj ไปยังโรงสีข้าวk ภายใน 1 วัน.....58

4.4 (ต่อ) แสดงปริมาณการไหลของข้าวเปลือกจากท่าข้าวj ไปยังโรงสีข้าวk ภายใน 1 วัน.....59

4.5 แสดงปริมาณการไหลของข้าวสารจากโรงสีข้าวk ไปยังผู้ค้าส่งข้าวl ภายใน 1 วัน.....60

4.6 แสดงรอบในการเดินทางขนส่งข้าวเปลือกของยานพาหนะจากผู้ปลูกข้าวi ไปยังท่าข้าวj ภายใน 1 วัน.....61

4.7 แสดงรอบในการเดินทางขนส่งข้าวเปลือกของยานพาหนะจากท่าข้าวj ไปยังโรงสีข้าวk ภายใน 1 วัน.....62

4.7 (ต่อ) แสดงรอบในการเดินทางขนส่งข้าวเปลือกของยานพาหนะจากท่าข้าวj ไปยังโรงสีข้าวk ภายใน 1 วัน.....63

4.8 แสดงรอบในการเดินทางขนส่งข้าวสารของยานพาหนะจากโรงสีข้าวk ไปยังผู้ค้าส่งข้าวl ภายใน 1 วัน.....64

4.9 คำอธิบายค่าและสูตรในโปรแกรม Microsoft Excel 2007 ในส่วนของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.2.....72

4.9 (ต่อ) คำอธิบายค่าและสูตรในโปรแกรม Microsoft Excel 2007 ในส่วนของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.2.....73

4.10 คำอธิบายค่าต่างๆ ในโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 for Microsoft Excel ในส่วนของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่4.2.2.....73

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.10 (ต่อ) คำอธิบายค่าต่างๆ ในโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 for Microsoft Excel ในส่วนของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่4.2.2 74

4.11 คำอธิบายค่าและสูตรในโปรแกรม Microsoft Excel 2007 ในส่วนของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่4.2.3 81

4.11 (ต่อ) คำอธิบายค่าและสูตรในโปรแกรม Microsoft Excel 2007 ในส่วนของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่4.2.3 82

4.11 (ต่อ) คำอธิบายค่าและสูตรในโปรแกรม Microsoft Excel 2007 ในส่วนของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่4.2.3 83

4.12 คำอธิบายค่าต่างๆ ในโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 for Microsoft Excel ในส่วนของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที4.2.3 84

4.12 (ต่อ) คำอธิบายค่าต่างๆ ในโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 for Microsoft Excel ในส่วนของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่4.2.3 85

4.13 แสดงปริมาณการไหลของข้าวเปลือกจากผู้ปลูกข้าว*i* ไปยังท่าข้าว*j* ภายใน 1 วัน เมื่อมีการกำหนดโควตาการส่งข้าวเปลือกเท่ากับ 1.34% 88

4.14 แสดงปริมาณการไหลของข้าวเปลือกจากท่าข้าว*j* ไปยังโรงสีข้าว*k* ภายใน 1 วัน เมื่อมีการกำหนดโควตาการส่งข้าวเปลือกเท่ากับ 1.88% 89

4.14 (ต่อ) แสดงปริมาณการไหลของข้าวเปลือกจากท่าข้าว*j* ไปยังโรงสีข้าว*k* ภายใน 1 วัน เมื่อมีการกำหนดโควตาการส่งข้าวเปลือกเท่ากับ 1.88% 90

4.15 แสดงปริมาณการไหลของข้าวสารจากโรงสีข้าว*k* ไปยังผู้ค้าส่งข้าว*l* ภายใน 1 วัน กรณีมีโควตา 91

4.16 แสดงรอบในการเดินทางขนส่งข้าวเปลือกของยานพาหนะจากผู้ปลูกข้าว*i* ไปยังท่าข้าว*j* ภายใน 1วัน เมื่อมีการกำหนดโควตาการส่งข้าวเปลือกเท่ากับ 1.34% 92

4.17 แสดงรอบในการเดินทางขนส่งข้าวเปลือกของยานพาหนะจากท่าข้าว*j* ไปยังโรงสีข้าว*k* ภายใน 1 วัน เมื่อมีการกำหนดโควตาการส่งข้าวเปลือกเท่ากับ 1.88% 93

4.17 (ต่อ) แสดงรอบในการเดินทางขนส่งข้าวเปลือกของยานพาหนะจากท่าข้าว*j* ไปยังโรงสีข้าวk ภายใน 1 วัน เมื่อมีการกำหนดโควตาการส่งข้าวเปลือกเท่ากับ 1.88% 94

4.18 แสดงรอบในการเดินทางขนส่งข้าวสารของยานพาหนะจากโรงสีข้าว*k*ไปยังผู้ค้าส่งข้าว*l* ภายใน 1 วัน กรณีมีโควตา 95

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.19 คำอธิบายค่าและสูตรในโปรแกรม Microsoft Excel 2007 ในส่วนของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่4.2.4.....102

4.19 (ต่อ) คำอธิบายค่าและสูตรในโปรแกรม Microsoft Excel 2007 ในส่วนของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่4.2.4.....103

4.19 (ต่อ) คำอธิบายค่าและสูตรในโปรแกรม Microsoft Excel 2007 ในส่วนของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่4.2.4.....104

4.20 คำอธิบายค่าต่างๆ ในโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 for Microsoft Excel ในส่วนของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.4.....105

4.20 (ต่อ) คำอธิบายค่าต่างๆ ในโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 for Microsoft Excel ในส่วนของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.4.....106

ก.1 แสดงข้อมูลจำนวน ที่ตั้ง และกำลังการผลิตของโรงสีข้าวในเขตจังหวัดพิษณุโลก.....121

ก.1 (ต่อ) แสดงข้อมูลจำนวน ที่ตั้ง และกำลังการผลิตของโรงสีข้าวในเขตจังหวัดพิษณุโลก.....122

ก.2 ข้อมูลจำนวน ที่ตั้ง และความจุที่เก็บข้าวเปลือกของท่าข้าว ในเขตจังหวัดพิษณุโลก.....123

ก.2 (ต่อ) ข้อมูลจำนวน ที่ตั้ง และความจุที่เก็บข้าวเปลือกของท่าข้าว ในเขตจังหวัดพิษณุโลก.....124

ก.2 (ต่อ) ข้อมูลจำนวน ที่ตั้ง และความจุที่เก็บข้าวเปลือกของท่าข้าว ในเขตจังหวัดพิษณุโลก.....125

ก.3 ข้อมูลจำนวน และที่ตั้ง ของผู้ค้าส่งข้าวในเขตจังหวัดพิษณุโลก.....126

ข.1 พื้นที่เพาะปลูกและผลผลิตข้าวนาปี ปีการผลิต 2546/2547 จังหวัดพิษณุโลก.....128

ข.2 พื้นที่เพาะปลูกและผลผลิตข้าวนาปรัง ปีการผลิต 2546/2547 จังหวัดพิษณุโลก.....129

ค.1 แสดงระยะทางการขนส่งจากผู้ปลูกข้าวไปยังท่าข้าว.....131

ค.2 แสดงระยะทางการขนส่งจากท่าข้าวไปยังโรงสีข้าว.....132

ค.2 (ต่อ) แสดงระยะทางการขนส่งจากท่าข้าวไปยังโรงสีข้าว.....133

ค.3 แสดงระยะทางการขนส่งจากโรงสีข้าวไปยังผู้ค้าส่งข้าว.....134

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 องค์ประกอบของระบบโลจิสติกส์ และการจัดการที่เกี่ยวข้องในส่วนต่างๆ....8

2.2 เกณฑ์น้ำหนักรถบรรทุกประเภทต่างๆ....10

2.3 ความสัมพันธ์ของกิจกรรมโลจิสติกส์ต่อต้นทุนรวมของโลจิสติกส์....12

2.4 ความอ่อนไหวของรายจ่ายต่อครั้งของบริการผู้ป่วยนอกตามการเปลี่ยนแปลงของค่าวัสดุ....17

2.5 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวที่แสดงส่วนผสมของเงินเดือนแพทย์ และจำนวนชั่วโมง ในการทำงานที่ทำให้ได้ต้นทุนต่อครั้งของบริการผู้ป่วยนอกเท่าเดิม....18

2.6 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวที่แสดงส่วนผสมของเงินเดือนแพทย์ และจำนวนชั่วโมง ในการทำงาน ที่ทำให้ได้ต้นทุนต่อครั้งของบริการผู้ป่วยนอกเท่าเดิมเมื่อมีการใช้บัญชียา 1 และบัญชียา 2 ของโรงพยาบาล....19

2.7 หน้าต่างการกำหนดค่าในโปรแกรม Solver....20

2.8 หน้าต่างการกำหนดเงื่อนไขในโปรแกรม Solver....21

2.9 หน้าต่าง Solver Results....21

2.10 รายงาน (Report) ที่ได้จากโปรแกรม Solver....22

2.11 โครงสร้างโลจิสติกส์การค้าของข้าวในประเทศไทย....23

3.1 ขั้นตอนการศึกษาระบบห่วงโซ่อุปทานข้าวในประเทศไทย....34

4.1 แผนผังและกิจกรรมของระบบโลจิสติกส์ข้าวในประเทศไทยช่วงข้าวเปลือก....38

4.2 แผนผังและกิจกรรมของระบบโลจิสติกส์ข้าวในประเทศไทยช่วงการสีข้าว....40

4.3 แผนผังและกิจกรรมของระบบโลจิสติกส์ข้าวในประเทศไทยช่วงข้าวสาร....43

4.4 โครงข่ายโลจิสติกส์ข้าวในประเทศไทยช่วงข้าวเปลือก....45

4.5 โครงข่ายโลจิสติกส์ข้าวในประเทศไทยช่วงข้าวสาร....46

4.6 โครงข่ายของแบบจำลองคณิตศาสตร์การขนส่งข้าวในเขตจังหวัดพิษณุโลก....47

4.7 แสดงตัวอย่าง Interface ที่ใช้ในการคำนวณ....51

4.8 แสดงตัวอย่าง Interface ของเซลล์สมการเป้าหมาย....52

4.9 แสดงการเขียนข้อจำกัดต่างๆ ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.1 ลงในโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6....55

4.10 แสดงตัวอย่าง Answer Report ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.1....65

4.11 แสดง Report Sensitivity ส่วน Decision Variable ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.1....66

4.12 แสดง Report Sensitivity ส่วน Constrains....67

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.13 แสดงตัวอย่างของ Interface ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.2 ช่วงผู้ปลูกข้าวถึงท่าข้าว....70
4.14 แสดงตัวอย่างของ Interface ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.2 ช่วงท่าข้าวถึงโรงสีข้าว.....70
4.15 แสดงตัวอย่างของ Interface ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.2 ช่วงโรงสีข้าวถึงผู้ค้าส่ง.....71
4.16 แสดงตัวอย่างของ Interface ของสมการเป้าหมาย และฟังชันก์ Sumproduct.....71
4.17 แสดงการเขียนข้อจำกัดต่างๆ ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.2 ลงในโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6.....75
4.18 แสดงตัวอย่าง Answer Report ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.2.....76
4.19 แสดง Report Sensitivity ส่วน Decision Variable ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.2.....77
4.20 แสดง Report Sensitivity ส่วน Constrains ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.2.....78
4.21 แสดงตัวอย่างของโปรแกรมเมื่อมีโควตาการขนส่ง.....80
4.22 แสดงตัวอย่าง ของสมการเป้าหมายในแบบจำลองคณิตศาสตร์แบบมีโควตา.....81
4.23 แสดงการเขียนข้อจำกัดต่างๆ ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.3 ลงในโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6.....86
4.24 แสดงตัวอย่าง Answer Report ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.3.....96
4.25 แสดง Report Sensitivity ส่วน Decision Variable ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.3.....97
4.26 แสดง Report Sensitivity ส่วน Constrains ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.3.....98
4.27 แสดงตัวอย่างตารางค่าจ้างพนักงานขับรถ ช่วงผู้ปลูกข้าวถึงท่าข้าว.....100
4.28 แสดงตัวอย่างตารางค่าจ้างพนักงานขับรถ ช่วงท่าข้าวถึงโรงสีข้าว.....101
4.29 แสดงตัวอย่างตารางค่าจ้างพนักงานขับรถ ช่วงโรงสีข้าวถึงผู้ค้าส่ง.....101
4.30 แสดงตัวอย่างเซลล์คำตอบของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.4.....102
4.31 แสดงการเขียนข้อจำกัดต่างๆ ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.4 ลงในโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6.....107
4.32 แสดงตัวอย่าง Answer Report ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.4.....108
ง.1 หน้า Home Page.....136
ง.2 เมนู Download.....136
ง.3 เมนู Register.....137
ง.4 กรอกรายละเอียด.....137
ง.5 ตัวเลือกสำหรับ Download.....138

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

ง.6 Download Rick Solver Platform V9.6....138
ง.7 เริ่มทำการ Download....139
ง.8 Download โปรแกรม Solver Engines....139
ง.9 เริ่มทำการ Download โปรแกรม Solver Engine....140
ง.10 ติดตั้งโปรแกรม Risk Solver Platform141
ง.11 Install Risk Solver Platform....141
ง.12 กรอก Password....142
ง.13 บทความซึ่งเกี่ยวกับลิขสิทธิ์ของซอฟแวร์....142
ง.14 แนะนำโปรแกรม Risk Solver Platform กับ Microsoft .NET Framework 2.0....143
ง.15 เลือกโฟลเดอร์สำหรับติดตั้งโปรแกรม Risk Solver Platform....143
ง.16 กรอก License....144
ง.17 เลือกติดตั้งผลิตภัณฑ์....144
ง.18 คำเนินการติดตั้ง Risk Solver Platform เสร็จสมบูรณ์....145
ง.19 การติดตั้งโปรแกรม Solver Engines....146
ง.20 Select Menu Choice Solver Engines....146
ง.21 กรอก Password Solver Engines....147
ง.22 ลิขสิทธิ์ของซอฟแวร์ Solver Engines....147
ง.23 เลือกโฟลเดอร์สำหรับติดตั้งโปรแกรม Solver Engines....148
ง.24 เลือกความสามารถพิเศษผลิตภัณฑ์....148
ง.25 กรอก License Solver Engines....149
ง.26 โปรแกรม Solver Engines ติดตั้งสมบูรณ์....149
ง.27 การติดตั้งโปรแกรม Microsoft .NET Framework 2.0....150
ง.28 ลิขสิทธิ์โปรแกรม Microsoft .NET Framework 2.0....151
ง.29 การติดตั้งโปรแกรม Microsoft .NET Framework 2.0 สมบูรณ์....151
จ.1 โปรแกรม Microsoft Excel V.2007....153
จ.2 กำหนดเซลล์สมการเป้าหมาย....154
จ.3 ใส่ค่าเซลล์ของสมการเป้าหมายและรูปแบบปัญหา....155
จ.4 หน้าต่างเพื่อกำหนดเซลล์สมการเงื่อนไข....155

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

จ.5 ใส่เซลล์ของสมการเงื่อนไข....156

จ.6 กำหนดเซลล์ตัวแปรตัดสินใจ....157

จ.7 ใส่เซลล์ของตัวแปรตัดสินใจ....157

จ.8 Analyze without Solving....158

จ.9 Solve Complete Problem or run a Simulation....158

บทที่ 1
บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

ประเทศไทยถือได้ว่าเป็นประเทศเกษตรกรรม ซึ่งประชาชนส่วนใหญ่ภายในประเทศประกอบอาชีพเกษตรกรเป็นหลัก โดยมีข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจหลักที่สำคัญอย่างยิ่งและยังถือว่าเป็นอาหารหลักประจำชาติอีกด้วย โดยประเทศไทยมีชาวนาทั้งสิ้น 3.7 ล้านครัวเรือน จากประชาชนที่ประกอบอาชีพเกษตรกรรมทั้งสิ้น 5.6 ล้านครัวเรือน หรือคิดเป็นร้อยละ 66 ของครัวเรือนเกษตรกรทั้งหมด พื้นที่เพาะปลูกข้าวโดยรวมปีละประมาณ 56 – 58 ล้านไร่ (กระทรวงพาณิชย์และกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2550) โดยประเทศไทยผลิตข้าวได้เป็นอันดับ 6 ของโลก (กระทรวงพาณิชย์ และกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2550) โดยจีนเป็นผู้ผลิตอันดับหนึ่ง อินเดีย อินโดนีเซีย บังคลาเทศ และเวียดนาม เป็นผู้ผลิตอันดับถัดมา

ตารางที่ 1.1 ผลผลิตข้าวในประเทศผู้ผลิตที่สำคัญของโลก (ข้าวสาร)

ปี	2540	2541	2542	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549
1. จีน	137	140	139	139	132	124	122	112	125	126
2. อินเดีย	82	83	86	90	85	93	72	89	83	92
3. อินโดนีเซีย	32	31	32	33	33	33	33	35	35	35
4. บังคลาเทศ	19	19	20	23	25	24	25	26	26	29
5. เวียดนาม	18	19	20	21	20	21	22	22	23	23
6. ไทย	14	16	16	17	17	17	17	18	17	18
7. สหรัฐอเมริกา	5	6	6	7	6	7	7	6	7	7
8. อื่นๆ	70	69	71	75	76	75	75	78	79	82
รวมทั้งโลก	381	387	395	409	399	399	378	392	400	418

หมายเหตุ: หน่วย ล้านตัน

ที่มา: กรมการค้าภายใน, สภาหอการค้าแห่งประเทศไทย และธนาคารแห่งประเทศไทย (2551)

อย่างไรก็ตาม หากมองในด้านของการส่งออกแล้วจะพบว่า ประเทศไทยเป็นประเทศที่ส่งออกข้าวเป็นอันดับ 1 ของโลก จนมีผู้ที่กล่าวไว้ว่า "ประเทศไทยนั้นเปรียบเสมือนครัวของโลก" การส่งออกข้าวของประเทศไทยคิดเป็นสัดส่วนการตลาดถึงร้อยละ 28 – 30 ของปริมาณการค้าข้าวในตลาดโลก สามารถสร้างรายได้เข้าประเทศปีละประมาณ 80,000 – 100,000 ล้านบาท (กระทรวงพาณิชย์

และกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2550) ซึ่งประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกข้าวรายใหญ่ที่สุดเป็นระยะเวลานานกว่าทศวรรษ และจากระยะเวลาการส่งออกข้าวที่ผ่านมา ได้มีคู่แข่งทางการค้าเข้ามาในตลาดโลกมากขึ้น การแข่งขันในตลาดจึงเป็นไปอย่างเข้มข้นและมักจะใช้เรื่องราคาเป็นกลยุทธ์สำคัญในการแข่งขันทางการค้า

ตารางที่ 1.2 ปริมาณการส่งออกข้าวของโลกและประเทศผู้ส่งออกที่สำคัญ (ข้าวสาร)

ปี	2542	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551*
1. ไทย	6.7	6.5	7.5	7.2	7.6	10.1	7.3	7.4	9.5	10.0
2. อินเดีย	2.8	1.4	1.9	6.7	4.4	3.2	4.7	4.5	6.3	2.8
3. เวียดนาม	4.6	3.4	3.5	3.2	3.8	4.3	5.2	4.7	4.5	4.8
4. สหรัฐอเมริกา	2.6	2.8	2.5	3.3	3.8	3.1	3.9	3.3	3.0	3.5
5. ปากีสถาน	1.8	2.0	2.4	1.6	2.0	2.0	3.0	3.6	2.7	3.0
6. จีน	2.7	3.0	1.8	2.0	2.6	0.9	0.7	1.2	1.3	1.0
7. อียิปต์	0.3	0.5	0.7	0.5	0.6	0.8	1.1	1.0	1.2	0.5
8. อุรุกวัย	0.7	0.6	0.8	0.5	0.7	0.8	0.8	0.8	0.7	0.8
9. กัมพูชา	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.2	0.4	0.5	0.4
10. อาเจนตินา	0.7	0.5	0.4	0.2	0.2	0.2	0.3	0.5	0.4	0.5
11. อื่นๆ	1.9	2.1	3.0	2.7	1.9	1.5	2.0	2.1	1.8	1.8
รวมทั้งโลก	24.8	22.8	24.5	27.9	27.6	27.2	29.2	29.5	31.9	29.1

หมายเหตุ: หน่วย ล้านตัน, * เป็นตัวเลขประมาณ

ที่มา: กรมการค้าภายใน, สภาหอการค้าแห่งประเทศไทย และธนาคารแห่งประเทศไทย (2551)

ในประเทศไทยนั้นมีโครงสร้างพื้นฐานที่เกี่ยวของกับธุรกิจการค้าข้าวมากมาย เช่น โรงสีข้าว ท่าข้าวหรือโรงงานปรับปรุงคุณภาพข้าว ผู้ค้าส่งและผู้ส่งออกที่กระจายตัวอยู่ทั่วทุกภูมิภาค เพื่อที่จะรองรับการเพาะปลูกและการเก็บเกี่ยว และจากการศึกษาข้อมูลจากศูนย์ความเป็นเลิศด้านโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่มีการศึกษาด้านโลจิสติกส์ของข้าว พบว่า ต้นทุนโลจิสติกส์ของข้าวของไทย ปี 2547/48 มีมูลค่ารวม 61,047 ล้านบาท หรือคิดเป็นร้อยละ 19 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมของข้าว (ประมาณ 315,139 ล้านบาท) แยกเป็น ต้นทุนค่าขาดน้ำหนักและสูญเสียร้อยละ 6 ต้นทุนค่าขนส่งร้อยละ 5 ต้นทุนค่าบริหารจัดการร้อยละ 5 และต้นทุนค่าสินค้าคงคลังและเก็บรักษาร้อยละ 4 (กระทรวงพาณิชย์ และกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2550) โดยต้นทุนโลจิสติกส์ที่เกิดขึ้นนั้นได้ส่งผลกระทบต่อโรงสีข้าวและชาวนาเป็นอย่างมาก

จากข้อมูลที่กล่าวมาในข้างต้นทำให้เห็นว่า ประเทศไทยยังขาดการจัดการระบบโลจิสติกส์ให้มีประสิทธิภาพ ทำให้ต้นทุนโลจิสติกส์ของข้าวไทยสูงกว่าต่างประเทศ ส่งผลให้ไทยเสียเปรียบในด้านการแข่งขัน หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งคือ ประเทศไทยเองมีศักยภาพด้านการผลิตสินค้าเกษตรอย่างมาก แต่ถ้ามองทางด้านระบบโลจิสติกส์แล้วกลับด้อยกว่าประเทศที่มีการพัฒนาทั่วโลกทั้งในเอเชีย สหภาพยุโรป และสหรัฐอเมริกา ทำให้องค์กรส่วนใหญ่ได้หันมาศึกษาและให้ความสำคัญกับแนวคิดการจัดการห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain Management) และโลจิสติกส์ทั้งในเรื่องของการขนส่ง การประเมินศักยภาพของห่วงโซ่อุปทาน เป็นต้น ซึ่งถือได้ว่าเป็นแนวคิดการจัดการที่จะช่วยสร้างให้เกิดการบริหารกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลกับการลดต้นทุนโดยตรง อีกทั้งยังสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพอีกด้วย

สำหรับจังหวัดพิษณุโลกเป็นจังหวัดที่อยู่ในเขตภาคเหนือตอนล่าง มีเนื้อที่ 10,815.8 ตารางกิโลเมตร (6,759,909 ไร่) สภาพทางเศรษฐกิจของจังหวัดพิษณุโลกในปี พ.ศ. 2547 นั้นพบว่าประชากรมีรายได้เฉลี่ยต่อหัว 51,437 ต่อปี จึงคิดเป็นจังหวัดที่ทำรายได้เฉลี่ยต่อหัวดีเป็นลำดับที่ 5 ของภาคเหนือ โดยทั้งจังหวัดมีผลิตภัณฑ์มวลรวม 40,923 ล้านบาท คิดเป็นรายได้ในสาขาเกษตรกรรม 7,926 ล้านบาท และรายได้นอกสาขาเกษตรกรรม 32,997 ล้านบาท ซึ่งรายได้สูงสุด มาจากการขายส่งและการขายปลีก 9,240 ล้านบาท (กลุ่มงานข้อมูลสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานจังหวัดพิษณุโลก, 2552) จะเห็นได้ว่าประชาชนในจังหวัดพิษณุโลกมีการประกอบอาชีพเกษตรกรรมกันอย่างมาก เนื่องมาจากพื้นที่ตอนกลางและตอนใต้ของจังหวัดเป็นที่ราบลุ่มเหมาะแก่การเพาะปลูก อีกทั้งยังมีระบบชลประทานที่ช่วยให้มีน้ำสำหรับการเพาะปลูก โดยผลผลิตส่วนใหญ่ได้แก่ ข้าว กล้วยน้ำว้า ส้มเขียวหวาน เป็นต้น โดยเนื้อที่ในการเพาะปลูกข้าวนาปีในจังหวัดพิษณุโลกคิดเป็น 1,235,775 ไร่ เนื้อที่เพาะปลูกข้าวนาปรัง 628,956 ไร่ (ทับซ้อนพื้นที่ข้าวนาปี) (ศูนย์สารสนเทศ กรมการข้าว, 2552) อีกทั้งยังมีผู้ที่ประกอบธุรกิจเกี่ยวกับการค้าข้าวจำนวนมาก

ความสำคัญของการจัดการห่วงโซ่อุปทาน อาจกล่าวได้ว่า เป็นการประสานรวมกระบวนการทางธุรกิจที่ครอบคลุมจากผู้จัดส่งวัตถุดิบ ผ่านระบบธุรกิจอุตสาหกรรมไปสู่ผู้บริโภคขั้นสุดท้าย ซึ่งมีการส่งผ่านผลิตภัณฑ์การบริการและข้อมูลสารสนเทศควบคู่กันไป อันเป็นการสร้างคุณค่าเพิ่มในตัวผลิตภัณฑ์และนำเสนอสิ่งเหล่านี้ให้กับผู้บริโภคขั้นสุดท้าย (The International Center for Competitive Excellence) (วิทยา สุหฤทดำรง, 2546)

ดังนั้นจากข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาระบบโลจิสติกส์และระบบห่วงโซ่อุปทานข้าว และทำการใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) สำหรับปัญหาการขนส่ง เพื่อนำมาวิเคราะห์และคำนวณต้นทุนในการขนส่งอันเนื่องมาจากค่าเชื้อเพลิงให้มีมูลค่าต่ำที่สุด และเพื่อเป็นการหาเส้นทางการขนส่งที่เหมาะสมที่สุด และสืบเนื่องมาจากสภาวะการเศรษฐกิจของโลกในปัจจุบันที่กำลังอยู่ในช่วงวิกฤต มีการแข่งขันกันในด้านของการตลาดสูง อีกทั้งภาวะราคาน้ำมันเชื้อเพลิงในปัจจุบันมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องและมีผลกระทบโดยตรงต่อ

ต้นทุนการขนส่ง ซึ่งหากการจัดการการขนส่ง (Transportation Management) ยังมีประสิทธิภาพไม่ดีเท่าที่ควร ย่อมที่จะส่งผลเสียในด้านของเศรษฐกิจอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อศึกษาและใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับแก้ปัญหาการขนส่งของห่วงโซ่อุปทานข้าวในเขตจังหวัดพิษณุโลก

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output)

ตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการขนส่งของห่วงโซ่อุปทานข้าวในเขตจังหวัดพิษณุโลก

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome)

เพื่อศึกษาและวิเคราะห์หาต้นทุนการขนส่งอันเนื่องมาจากค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำที่สุดพร้อมทั้งการวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของฟังก์ชันต่อเนื่องจากตัวแบบคณิตศาสตร์ของห่วงโซ่อุปทานข้าวในเขตจังหวัดพิษณุโลก

1.5 ขอบเขตของงานวิจัย

1.5.1 ด้านพื้นที่

1.5.1.1 ศึกษาลักษณะกิจกรรมการขนส่งข้าวเปลือกและข้าวสารในเขตจังหวัดพิษณุโลกเท่านั้น

1.5.2 ด้านเนื้อหา

1.5.2.1 ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเฉพาะต้นทุนการขนส่งที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากค่าเชื้อเพลิง

1.5.2.2 ปริมาณในการกระจายสินค้าในตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการขนส่งนั้นจะพิจารณาถึงความต้องการสินค้าในแต่ละจุด

1.5.3 ด้านห่วงโซ่อุปทาน

1.5.3.1 ศึกษากิจกรรมการขนส่งข้าวเปลือกจากผู้ปลูกข้าวไปยังท่าข้าว จากท่าข้าวไปยังโรงสีข้าว และขนส่งข้าวสารจากโรงสีข้าวไปยังผู้ค้าส่งข้าว โดยพิจารณากิจกรรมการขนส่งในเขตจังหวัดพิษณุโลกเท่านั้น

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) ข้าวนาปี หมายถึง ข้าวที่ปลูกในฤดูกาลเพาะปลูก (ระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงธันวาคม โดยประมาณ) ประเทศไทยมีเนื้อที่เพาะปลูกข้าวนาปี ปีละมากกว่า 15 ล้านไร่ ผลผลิตกว่า 15 ล้านตัน สามารถปลูกได้ทุกภาคของประเทศ โดยเฉพาะบริเวณที่ราบภาคกลางเป็นแหล่งเพาะปลูกข้าวนาปีที่สำคัญที่สุด และให้ผลผลิตต่อไร่สูงกว่าภาคอื่นๆ

5) ข้าวนาปรัง หมายถึง ข้าวที่ทำการปลูกนอกฤดูกาลเพาะปลูกปกติ คือ หลังจากเก็บเกี่ยวข้าวนาปีแล้ว ส่วนใหญ่ปลูกในพื้นที่เขตชลประทาน วิธีการปลูกมีทั้งนาดำและนาหว่าน ปลูกมากในภาคกลางและภาคเหนือ โดยทั่วไปใช้ข้าวพันธุ์ที่มีอายุสั้นระหว่าง 90 - 120 วัน และให้ผลผลิตต่อไร่สูง เช่น ข้าวพันธ์ กข. หมายเลขต่างๆ

6) ท่าข้าว หมายถึง สถานที่สำหรับเก็บรักษาข้าวเปลือกไว้ชั่วคราวก่อนทำการขนส่ง ไปยังโรงสีข้าว

7) หยง หมายถึง ผู้จัดหาข้าวสารจากโรงสีให้พ่อค้าขายส่ง หยงมีรายได้จากการซื้อขายข้าวในอัตราร้อยละ 0.6 ของมูลค่าข้าว งานของหยงไม่ได้จบเพียงแค่การตกลงซื้อขายเท่านั้น แต่ยังต้องดูแลให้มีการขนส่งข้าวจากโรงสีไปยังโกดังของพ่อค้าขายส่งในประเทศ หรือโกดังของพ่อค้าส่งออกให้ได้ครบถ้วนตามจำนวนน้ำหนักที่ตกลงกัน และเป็นข้าวที่มีคุณภาพได้มาตรฐาน ไม่มีการปลอมปน

8) ข้าวเปลือก หมายถึง เมล็ดข้าวเจ้า หรือข้าวเหนียวที่หลุดออกจากรวงข้าวแล้ว แต่ยังไม่ได้ผ่านกระบวนการสีข้าวหรือตำเอาเปลือกออก

9) ข้าวสาร หมายถึง ข้าวเจ้าหรือข้าวเหนียวที่ได้สีหรือตำเอาเปลือกออกจนหมดแล้วเหลือแต่เนื้อในเป็นสีขาว

1.7 สถานที่ในการดำเนินงานวิจัย

1) ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

2) สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.8 ระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย

ใช้เวลาในการศึกษา 10 เดือน เริ่มตั้งแต่ 1 มิถุนายน 2552 ถึง 31 มีนาคม 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.
1	ศึกษาหลักการและทฤษฎี										
2	ศึกษาทฤษฎีที่ใช้ในการคำนวณตัวแบบคณิตศาสตร์										
3	เก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง										
4	วิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น										
5	ใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์แก้ปัญหาการขนส่ง										
6	สรุปผลการดำเนินการวิจัยและข้อเสนอแนะ										
7	จัดทำรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์										

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

ในการศึกษาวิจัยเรื่อง การใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการขนส่งของห่วงโซ่อุปทานข้าว คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาทฤษฎี เอกสารและผลงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง สำหรับทฤษฎีที่ใช้เกี่ยวข้องในงานวิจัย มีดังนี้ ทฤษฎีของโลจิสติกส์ (Logistics) และการขนส่ง, ทฤษฎีปัญหาการขนส่ง (Transportation problem), ทฤษฎีการวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis), วิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม Solver, โครงสร้างและระบบโลจิสติกส์ข้าวไทย, ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับวิธีการปลูกข้าวและกระบวนการในการสีข้าว ซึ่งทฤษฎีที่กล่าวมานั้นอธิบายได้ดังต่อไปนี้

2.1 คำนิยามและความหมายของโลจิสติกส์ (Logistics)

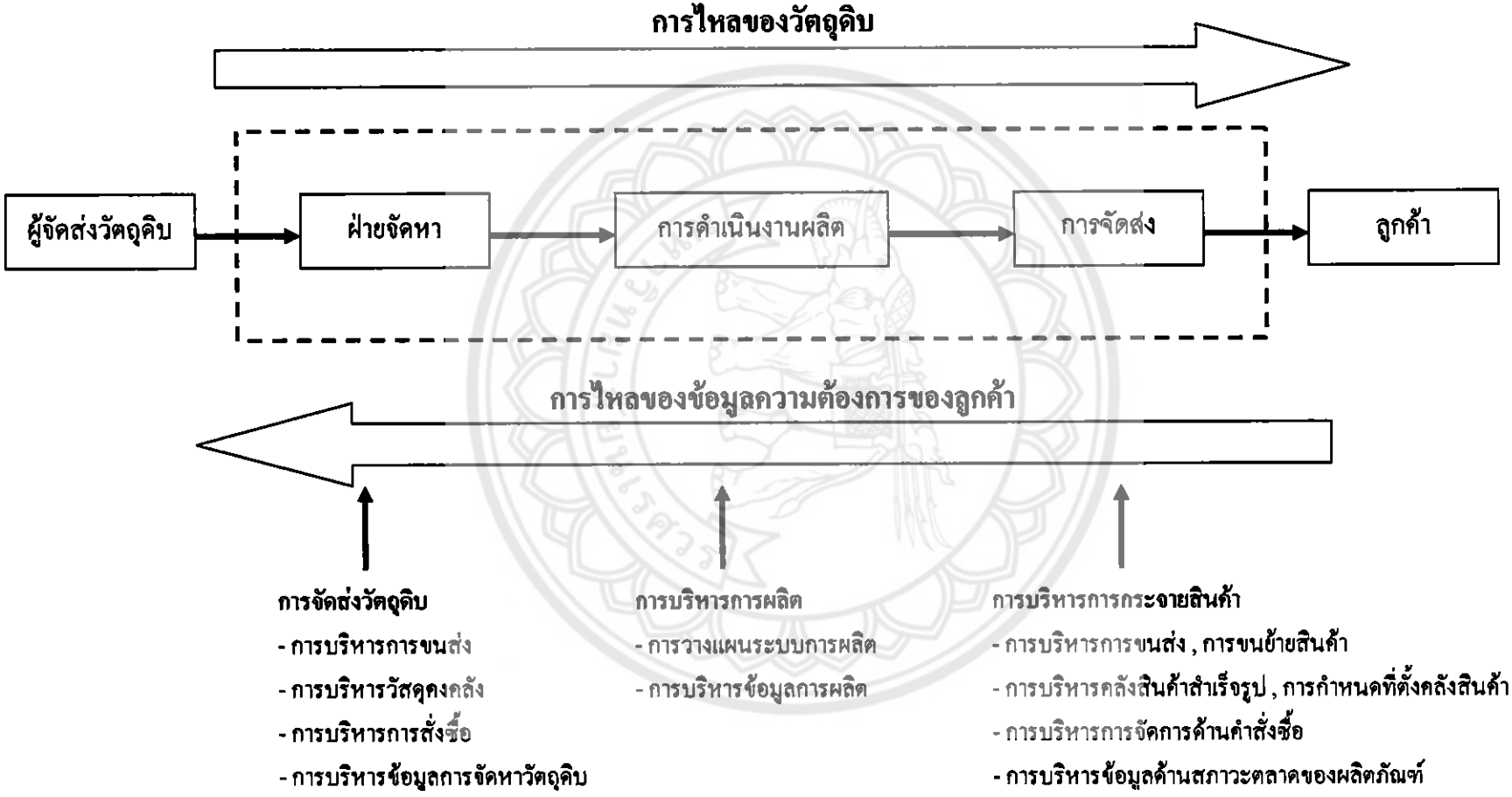
คำจำกัดความและคำนิยามของโลจิสติกส์ (Logistics) ได้มีผู้ให้ความหมายไว้หลายท่าน นี่คือส่วนหนึ่งของคำนิยามที่รวบรวมมา

Logistics หมายถึง โครงสร้างของการวางแผนทางธุรกิจ สำหรับการบริหารจัดการกับวัตถุดิบ การบริการ การไหลของข้อมูล และเงินทุน ซึ่งรวมถึงข้อมูลที่มีความซับซ้อน การติดต่อสื่อสาร และกระบวนการควบคุม ให้ตรงกับความต้องการในสภาวะแวดล้อมทางธุรกิจในปัจจุบัน (Logistix Partners Oy, Helsinki, Fl, 1996 อ้างอิงใน วิทยา, 2546)

ศาสตร์ในการวางแผน การออกแบบ และการสนับสนุนการดำเนินงานทางธุรกิจของการจัดซื้อ จัดหา การเก็บสินค้าคงคลัง การบริหารคลังสินค้า การกระจาย การขนส่ง การสนับสนุนลูกค้า การเงินและทรัพยากรมนุษย์ (MDC, LogLink / LogiticsWorld, 1997 อ้างอิงใน วิทยา, 2546)

คำนิยามของ Council of Logistics Management (CLM) ของประเทศไทย กล่าวไว้ว่า กระบวนการในการวางแผน การนำเสนอ และการควบคุมการไหลที่มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล และการจัดเก็บสินค้าบริการ และข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากจุดเริ่มต้นในการผลิตไปสู่จุดสุดท้ายของการบริโภค เพื่อวัตถุประสงค์ในการตอบสนองความต้องการของลูกค้า ซึ่งคำนิยามนี้จะรวมถึงการเคลื่อนย้ายทั้งภายในและภายนอกและการที่สินค้าถูกส่งกลับคืน (วิทยา, 2546)

กล่าวได้ว่า ระบบโลจิสติกส์จะครอบคลุมโดยเริ่มต้นตั้งแต่ผู้จัดส่งวัตถุดิบไปยังผู้ผลิต ส่งต่อไปสู่ผู้กระจายสินค้าและผู้ขาย สิ้นสุดปลายทางที่ลูกค้า ซึ่งในแต่ละส่วนก็จะมีกิจกรรมการดำเนินการต่างๆ ที่ทำให้เกิดการไหลส่งผ่านวัตถุดิบและกิจกรรมที่สร้างมูลค่าเพิ่มในสินค้า ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 องค์ประกอบของระบบโลจิสติกส์ และการจัดการที่เกี่ยวข้องในส่วนต่างๆ

ที่มา: วิทยา สุหฤทดำรง (2546)

2.1.1 การขนส่ง (Transportation)

การขนส่งสินค้า นับว่าเป็นส่วนหนึ่งของกิจกรรมทางโลจิสติกส์ที่สำคัญมากโดยเฉพาะการขนส่งทางถนน (The Road) และในปัจจุบันนี้การขนส่งสินค้ามีหลายวิธีด้วยกัน ดังนี้

2.1.1.1 รถไฟ (Railroad)

เป็นวิธีการขนส่งที่ประหยัดค่าขนส่งสินค้าที่ขนส่งส่วนมากเป็นสินค้ามูลค่าต่ำและน้ำหนักมาก เช่น ถ่านหิน ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม ปูนซีเมนต์ ข้าว น้ำตาล เป็นต้น โดยรูปแบบของรถสินค้าที่ใช้กันมีหลายประเภท เช่น รถไฟตู้บรรทุกสินค้าทั่วไป (Box car for general commodities) รถไฟบรรทุกน้ำมันและก๊าซ (Tanker for liquid and gas) เป็นต้น เหมาะกับการขนส่งระยะไกลมากกว่าระยะใกล้ โดยประเทศไทยมีโครงข่ายเส้นทางรางรถไฟทั่วประเทศประมาณ 9,400 กิโลเมตร โดยมีสถานีรถไฟหัวลำโพง เป็นศูนย์กลาง ซึ่งกว่าร้อยละ 94 เป็นเส้นทางรางเดียว (ธนิต, 2549) ต้นทุนส่วนใหญ่ของการขนส่งทางรถไฟจะเป็นต้นทุนคงที่ แต่มีค่าใช้จ่ายแปรผันต่ำ แต่รถไฟมีข้อจำกัดที่ต้องวิ่งบนรางที่มีเส้นทางจำกัด ทำให้ความยืดหยุ่นในการขนส่งน้อย และเวลาออกรถไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้

เส้นทางรถไฟทั้งหมดมีจุดเชื่อมต่อกับการขนส่งสินค้าทางถนนที่สถานีรถไฟต่างๆ แต่จุดเชื่อมต่อสำคัญที่เป็นศูนย์รวมและกระจายสินค้าขาเข้าและขาออก ได้แก่ ท่าเรือกรุงเทพ ท่าเรือแหลมฉบัง และสถานีไอซีดี ลาดกระบัง ทำให้การนำเข้าและการส่งออกโดยการขนส่งทางรถไฟมีความสะดวกมากขึ้น นอกจากนี้ยังมีการเชื่อมต่อกับย่านกองเก็บตู้สินค้าในภูมิภาคต่างๆ ได้แก่ สถานีศิลาอาสน์ (จ.อุตรดิตถ์) สถานีท่าพระ (จ.ขอนแก่น) สถานีกุดจิก (จ.นครราชสีมา) และสถานีชุมทางบ้านทุ่งโพธิ์ (จ.สุราษฎร์ธานี) นับเป็นการส่งเสริมการขนส่งสินค้าในลักษณะ Hub and Spoke ที่ใช้การขนส่งทางถนนเป็น Feeder และใช้รถไฟเป็นหลักในการขนส่งสินค้าระยะทางไกล

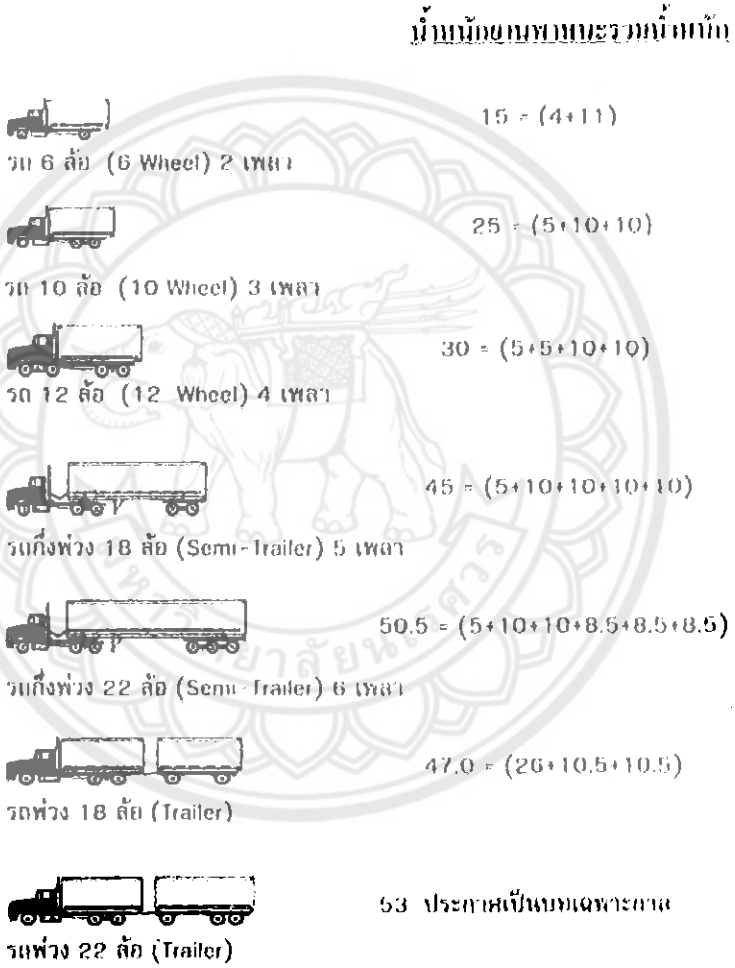
สำหรับการขนส่งข้าวสารนั้น การขนส่งทางรถไฟยังมีปริมาณไม่มากนักหากเทียบกับการขนส่งด้วยรถบรรทุก โดยมีปริมาณขนส่งทั้งหมด 48,696 ตัน การขนส่งข้าวสารค่อนข้างกระจัดกระจายจนไม่สามารถระบุได้ว่าเส้นทางขนส่งใดเป็นเส้นทางหลัก โดยจากข้อมูลล่าสุดปี พ.ศ. 2548 เส้นทางขนส่งที่สำคัญมี 4 เส้นทาง ได้แก่ เส้นทางวังกรด (พิจิตร) ไปยะลา เส้นทางหนองตม (พิษณุโลก) ไปเชียงใหม่ เส้นทางสุรินทร์ไปสุราษฎร์ธานี และเส้นทางอุทุมพรพิสัย (ศรีสะเกษ) ไปชุมทางทุ่งสง ซึ่งมีปริมาณการขนส่งโดยเฉลี่ยประมาณ 1,500 ตันต่อเดือน แต่การขนส่งข้าวสารไม่มีความสม่ำเสมอทั้ง 4 เส้นทาง (สถานบริการวิศวกรรม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และสำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร กระทรวงคมนาคม, 2551)

2.1.1.2 ทางถนน (The Road)

เป็นประเภทการขนส่งสินค้าที่สะดวกและได้รับความนิยมมากที่สุด เพราะสามารถ ถึงที่หมายได้โดยไม่ต้องเปลี่ยนพาหนะ มีการควบคุมเวลาได้ดีและยืดหยุ่นในด้านเวลา

ค่อนข้างสูงรวดเร็ว สามารถขนส่งสินค้าตั้งแต่ปริมาณน้อยจนถึงปริมาณมาก และยังขนสินค้าได้หลายประเภท ครอบคลุมพื้นที่การขนส่งได้กว้างไกล แต่ก็มีข้อเสียคือ เรื่องระยะทางที่ไกลหรือน้ำหนักมากจะมีต้นทุนค่าขนส่งสูงกว่ารถไฟ การขนส่งโดยทางถนนนี้มักจะใช้ร่วมกับการขนส่งวิธีอื่น เช่น การขนส่งทางน้ำ พอถึงท่าเรือปลายทางก็จะขนขึ้นรถบรรทุกไปส่งที่หมาย

จากข้อมูล ปี พ.ศ. 2547 ของกระทรวงคมนาคม พบว่า ปริมาณการขนส่งสินค้าที่ใช้การขนส่งทางถนนมีประมาณ 435 ล้านตัน หรือคิดเป็นสัดส่วนประมาณร้อยละ 88 ของการขนส่งสินค้าในประเทศทั้งหมด และเพิ่มขึ้นในอัตราเฉลี่ยร้อยละ 2.26 ต่อปี นับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 เป็นต้นมา



รูปที่ 2.2 เกณฑ์น้ำหนักรถบรรทุกประเภทต่างๆ

ที่มา: ระบบฐานข้อมูลด้านโลจิสติกส์และการขนส่งของประเทศไทย (2551)

2.1.1.3 ทางน้ำ (Water Transportation)

เป็นการขนส่งที่มีค่าใช้จ่ายต่ำสุด มักใช้กับสินค้าที่มีปริมาณและน้ำหนักมาก เช่น ทราย ข้าว น้ำมัน เรือบรรทุกสินค้ามักที่จะมีความจุบรรทุกมาก เหมาะกับการขนส่งระยะไกล

เช่น การขนส่งระหว่างประเทศ แต่มีข้อจำกัดหลายประการ คือ ค่อนข้างที่จะล่าช้า มีเส้นทางขนส่งจำกัดที่เป็นแหล่งน้ำเท่านั้น แต่การขนส่งทางน้ำก็เป็นที่นิยมที่สุดของการค้าระหว่างประเทศ

ท่าเรือระหว่างประเทศของไทยที่มีความสำคัญและเป็นท่าเรือของรัฐ ได้แก่ ท่าเรือกรุงเทพ ท่าเรือแหลมฉบัง ท่าเรือมาบตาพุด ท่าเรือสงขลา ท่าเรือภูเก็ต ส่วนท่าเรือสำคัญที่เป็นของเอกชน อาทิเช่น ท่าเรือศรีราชาซาร์เบอร์ และท่าเรือสยามซีพอร์ต

2.1.1.4 การขนส่งทางอากาศ (Air fright)

การขนส่งทางอากาศเป็นการขนส่งที่มีบทบาทมากหากมีข้อจำกัดทางด้านเวลา เช่น การสั่งของด่วนพิเศษ การขนส่งผักและผลไม้ระหว่างประเทศ แต่ค่าขนส่งต่อหน่วยของน้ำหนักค่อนข้างสูง ทำให้การขนส่งทางอากาศมักใช้กับสินค้าที่มีน้ำหนักเบา การขนส่งทางอากาศนั้นจะมีกำหนดเวลาตามเที่ยวบินพาณิชย์เพราะสินค้านั้นจะบรรทุกผ่านทางเครื่องบิน (Air cargo) จึงทำให้การขนส่งมีเสถียรภาพสูง

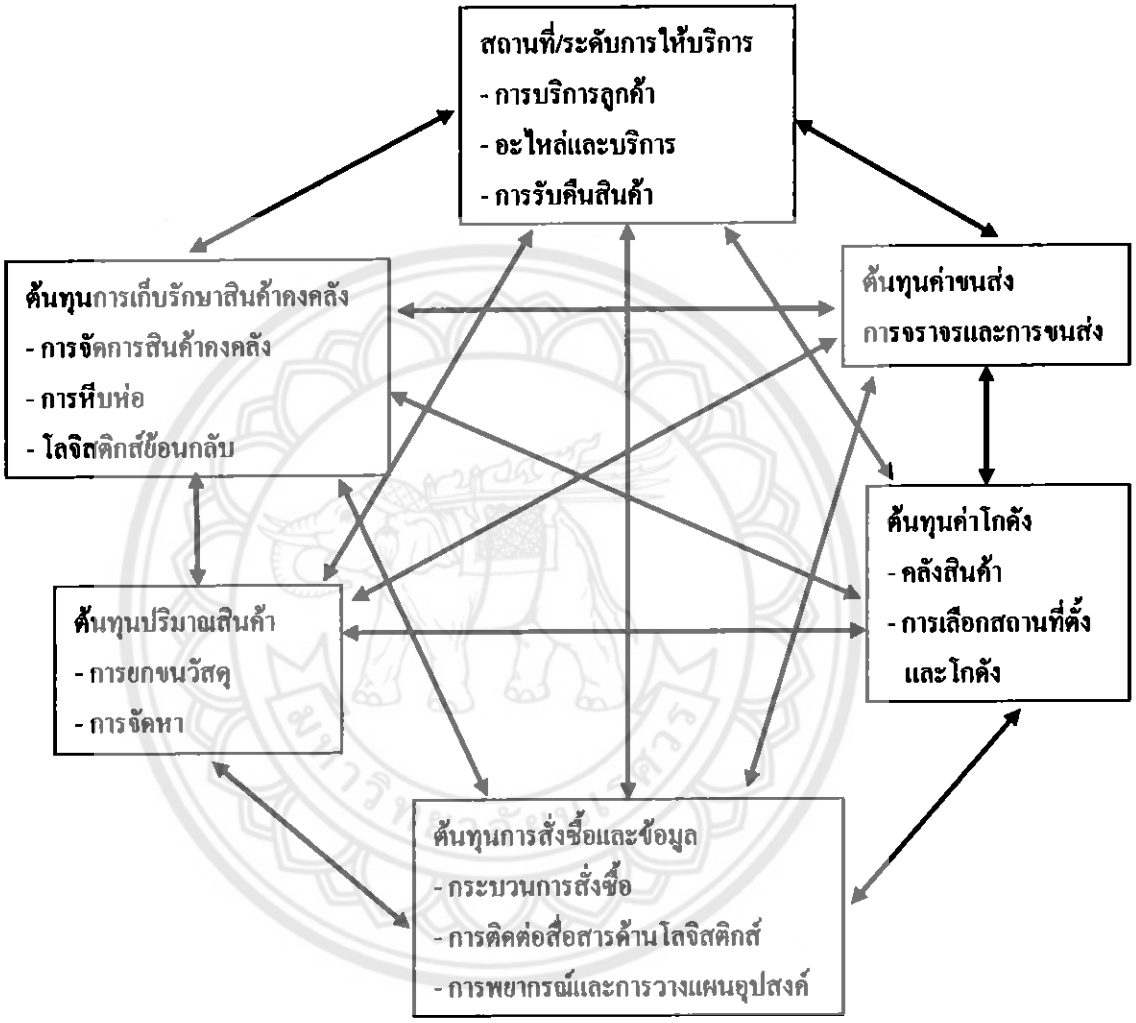
ตารางที่ 2.1 ปริมาณการขนส่งสินค้าภายในประเทศ พ.ศ. 2542 - 2546

การขนส่งสินค้า	ปริมาณสินค้า (พันตัน)					สัดส่วน %
	2542	2543	2544	2545	2546	
ทางถนน	392,244	397,976	400,241	434,918	440,018	88.3
ทางรถไฟ	9,264	9,171	8,776	8,893	10,521	2.1
ทางน้ำภายในประเทศ	17,910	25,235	17,833	25,043	25,839	5.2
ชายฝั่งทะเล	21,970	23,347	19,657	24,795	22,941	4.6
ทางอากาศ	56	57	66	56	54	0.01
รวม	441,444	455,786	446,573	493,705	499,373	100

ที่มา: สภาที่ปรึกษาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (2547)

2.2 ต้นทุนโลจิสติกส์

ต้นทุนส่วนของโลจิสติกส์แบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท คือ ต้นทุนการบริการ ต้นทุนการถือครองสินค้าคงคลัง ต้นทุนการจัดการคลังสินค้า และต้นทุนการขนส่งความสัมพันธ์ของกิจกรรมโลจิสติกส์ต่อต้นทุนรวม ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ความสัมพันธ์ของกิจกรรมโลจิสติกส์ต่อต้นทุนรวมของโลจิสติกส์
ที่มา: ธนัญญา วสุศรี และดวงพรรณ กริชชาญชัย ศฤงคารินทร์ (2550)

2.2.1 ต้นทุนค่าขนส่ง

เป็นต้นทุนที่เกิดจากกิจกรรมด้านการขนส่ง ซึ่งสามารถพิจารณาได้หลายทางขึ้นอยู่กับหน่วยในการวิเคราะห์ ต้นทุนค่าขนส่งสามารถแบ่งประเภทได้ตามลูกค้า ผลิตภัณฑ์ ช่องทางการจัดจำหน่าย ต้นทุนชนิดนี้จะแปรผันตามปริมาณการขนส่ง น้ำหนัก ระยะทางระหว่างจุดต้นทางกับปลายทาง นอกจากนี้ต้นทุนยังแปรผันไปตามวิธีการขนส่งอีกด้วย

ธนัญญาและคณะ (2550) ได้กล่าวถึงรายละเอียดของต้นทุนการขนส่งจะประกอบด้วยส่วนที่เป็นค่าใช้จ่ายและเงินทุน ดังนี้

- ค่าระวาง
- ค่าแรงคนขับรถ
- ค่าแรงของคนวางแผน
- ค่าเช่ารถ
- ค่าเช่าสถานีขนส่ง
- ค่าใช้จ่ายทั่วไปของสำนักงาน
- ระบบแลกเปลี่ยนข้อมูล (Electronics Data Interchanges) และค่าธรรมเนียมการสื่อสาร
- ค่าซ่อมบำรุง
- ค่าธรรมเนียมขนส่งของผู้รับจ้างขนส่ง
- ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง
- ภาษีศุลกากร
- ค่ารักษาความปลอดภัย
- ค่าวัสดุที่ใช้ในการหีบห่อ
- ต้นทุนที่เกิดจากการมีรถขนส่ง
- ต้นทุนที่เกิดจากการมีสถานีขนส่ง
- ต้นทุนที่เกิดจากการมีอุปกรณ์ซ่อมบำรุง
- ต้นทุนที่เกิดจากการมีระบบการบริหารหารขนส่ง
- ต้นทุนที่เกิดจากการมีโครงสร้างการขนส่ง

2.2.2 ต้นทุนคลังสินค้า

เป็นต้นทุนที่เกิดจากกิจกรรมในคลังสินค้าและการจัดเก็บสินค้า ต้นทุนคลังสินค้านี้จะแปรผันไปตามจำนวนและสถานที่ตั้งของคลังสินค้า กิจกรรมภายในคลังสินค้า มีดังนี้

2.2.2.1 การเคลื่อนย้าย (Movement) กล่าวรวมถึง การรับสินค้าเข้า การถ่ายโอนสินค้าเพื่อจัดเก็บไปยังคลังสินค้าหรือเพื่อส่งออกไปให้แก่ลูกค้า การเลือกหยิบสินค้าเพื่อเตรียมส่งให้กับลูกค้าตามคำสั่งซื้อ การส่งสินค้าผ่านคลังซึ่งจะส่งผ่านจุดที่รับสินค้าเข้าและจุดที่ส่งสินค้าออก และการบรรจุหีบห่อ

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

2.2.2.3 การถ่ายโอนข้อมูล (Information Transfer) จัดเป็นหน้าที่สำคัญอย่างหนึ่งของการจัดการคลังสินค้า ซึ่งเกิดขึ้นไปพร้อมๆ กับการเคลื่อนย้ายและการจัดเก็บสินค้า

2.2.3 ต้นทุนในการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง (Inventory Carrying Cost)

กิจกรรมที่ทำให้ต้นทุนในการเก็บรักษาสินค้าคงคลังเพิ่มสูงขึ้น ได้แก่ การควบคุมสินค้าคงคลัง การซ่อมแซมสินค้าที่ชำรุด การบรรจุภัณฑ์ เป็นต้น ส่วนใหญ่แล้วต้นทุนในการเก็บรักษาสินค้าคงคลังจะแปรผันกับปริมาณสินค้าคงคลัง ต้นทุนในการเก็บรักษาสินค้าหลักๆ ได้แก่

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

2.2.4 ต้นทุนการบริการ (Administration Cost)

ต้นทุนการบริหารเกิดจากกิจกรรมหลัก 3 ประเภท ได้แก่

2.2.4.1 ระดับการให้บริการ (Customer service level) เป็นปัจจัยที่สำคัญในการพิจารณากำหนดระดับการให้บริการลูกค้า ซึ่งส่งผลอย่างมากต่อความพึงพอใจลูกค้าต่อองค์กร

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

2.2.1.3 ต้นทุนปริมาณ (Lot quantity cost) ได้แก่ การจัดซื้อและการผลิตซึ่งผันแปรไปตามการเปลี่ยนแปลงในปริมาณสินค้าหรือความถี่ในการสั่งซื้อ

2.3 ตัวแบบการขนส่ง (Transportation Model)

ตัวแบบการขนส่ง (Transportation Model) เป็นเทคนิคการโปรแกรมชนิดพิเศษ ที่ออกแบบมาเพื่อใช้แก้ปัญหาการขนส่ง ซึ่งเป็นปัญหาเกี่ยวกับการกระจายหรือจัดส่งสินค้าจากจุดอุปทาน (Supply) หรือแหล่งกำเนิดต้นทาง (Sources) ไปยังจุดอุปสงค์ (Demand) หรือจุดปลายทาง (Destinations) หลายจุด ซึ่งปกติแล้วจะทราบกำลังการผลิตสินค้าของจุดต้นทาง ความต้องการสินค้าของจุดปลายรวมทั้งต้นทุนการขนส่งต่อหน่วยในแต่ละเส้นทางที่เป็นไปได้ทั้งหมด สำหรับวัตถุประสงค์ของการแก้ปัญหาการขนส่งคือ การกำหนดหาเส้นทางและภาระการขนส่งในแต่ละเส้นทาง ที่จะทำให้เกิดต้นทุนการขนส่งรวมต่ำสุด ปัญหาการขนส่งนั้นสามารถหาคำตอบได้โดยการใช้ตัวแบบการโปรแกรมเชิงเส้นปกติหาคำตอบได้ แต่การคำนวณด้วยมือนั้นจะซับซ้อน ดังนั้นตัวแบบการขนส่งจึงได้รับการพัฒนาขึ้นมาเพื่อทำให้การแก้ปัญหาการขนส่งด้วยมือทำได้ง่ายและรวดเร็ว

2.3.1 ปัญหาการขนส่งแบบทั่วไป (Generalized transportation problem)

เป็นปัญหากำหนดการเชิงเส้นในการคิดค่าขนส่งที่ต้องใช้เวลาอย่างมากถ้าใช้วิธี Simplex Method ในการแก้ปัญหา ซึ่งมีวัตถุประสงค์ ข้อจำกัด เงื่อนไข ดังนี้ (ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่, 2552)

ถ้าให้ C_{ij} เป็นต้นทุนการขนส่งต่อหน่วย

X_{ij} เป็นปริมาณขนส่งจากจุดต้นทาง i ไปจุดปลายทาง j

a_i เป็นความต้องการขายของจุดต้นทาง i

b_i เป็นความต้องการซื้อของจุดปลายทาง j

n จำนวนจุดปลายทาง

m จำนวนจุดต้นทาง

วัตถุประสงค์

$$MinCost = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} C_{ij} X_{ij} \quad (2.1)$$

เงื่อนไข

$$\sum_{i=1}^{n} X_{ij} \le a_i; i = 1,2,3,....,n \quad (2.2)$$

$$\sum_{j=1}^{m} X_{ij} \le b_i; j = 1,2,3,....,m \quad (2.3)$$

$$X_{ij} \ge 0 \quad (2.4)$$

2.3.2 ปัญหาการขนส่งแบบมาตรฐาน (Standard transportation problem)

เป็นรูปแบบที่ช่วยให้เกิดความง่ายในการแก้ปัญหาการคิดค่าขนส่ง มีขึ้นเพื่อแก้ปัญหาของรูปแบบข้างต้นโดยจัดทำให้อยู่ในรูปแบบที่ง่ายต่อการคำนวณ ซึ่งมีลักษณะดังนี้ (ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่, 2552)

ถ้าให้ C_{ij} เป็นต้นทุนการขนส่งต่อหน่วย

X_{ij} เป็นปริมาณขนส่งจากจุดต้นทาง i ไปจุดปลายทาง j

a_i เป็นความต้องการขายของจุดต้นทาง i

b_i เป็นความต้องการซื้อของจุดปลายทาง j

n จำนวนจุดปลายทาง

m จำนวนจุดต้นทาง

วัตถุประสงค์ $$MinCost = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} C_{ij} X_{ij} \quad (2.5)$$

เงื่อนไข

$$\sum_{i=1}^{n} X_{ij} = a_i; i = 1,2,3,....,n \quad (2.6)$$

$$\sum_{j=1}^{m} X_{ij} = b_i; j = 1,2,3,....,m \quad (2.7)$$

$$X_{ij} \geq 0 \quad (2.8)$$

2.4 การวิเคราะห์หลังจากได้ผลลัพธ์เหมาะสมหรือการวิเคราะห์ความไว (Postoptimality or Sensitivity Analysis)

การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis) เป็นการทดสอบความมั่นคงของข้อสรุปที่ได้จากการวิเคราะห์บนพิสัยของการประมาณค่าความน่าจะเป็น การใช้ดุลพินิจเกี่ยวกับตัวเลขต่างๆ ตลอดจนข้อสมมติพื้นฐานที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ ทั้งนี้โดยการแทนที่ข้อสมมติ หรือตัวเลขตัวใหม่ ซึ่งแตกต่างไปจากเดิมในระดับที่กำหนดหรือต้องการทดสอบลงไปแทนข้อสมมติหรือตัวเลขที่ใช้อยู่เดิมในการประมาณการงบประมาณ และทำการคำนวณใหม่อีกครั้ง แล้วพิจารณาผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ว่าแตกต่างไปจากเดิมมากน้อยเพียงใด หากผลการวิเคราะห์ไม่แตกต่างไปจากเดิมมากนัก หรือแตกต่างเพียงเล็กน้อยในระดับที่ไม่มีผลในทางปฏิบัติ อาจกล่าวได้ว่า วิธีการที่ใช้วิเคราะห์ต้นทุนหรือประมาณการงบประมาณนั้นมีความมั่นคง ไม่อ่อนไหว ได้ผลการวิเคราะห์ที่น่าเชื่อถือและถูกต้อง แต่หากผลลัพธ์ที่ได้แตกต่างจากเดิมมาก จะทำให้เกิดความไม่มั่นใจในความน่าเชื่อถือและความถูกต้องของผลการวิเคราะห์ที่ได้มาก่อนหน้า

คำถามที่สำคัญในการทำการวิเคราะห์ความไว คือ

1) ตัวแปรใดหรือข้อมูลตัวใดที่ควรนำมาประเมินความอ่อนไหว

โดยทั่วไปมักพิจารณาตัวแปรที่มีความสำคัญ และผู้วิเคราะห์ไม่มีความมั่นใจในความถูกต้องของข้อมูลที่ได้มา และต้องการประเมินว่าหากข้อมูลตัวเลขหรือข้อสมมติที่ใช้มีความคลาดเคลื่อนจะทำให้ตัวเลขผลลัพธ์คำนวณได้แตกต่างไปจากค่าเดิมมากน้อยเพียงใด เช่น วิธีคิดค่าเสื่อมราคาของครุภัณฑ์และอาคารสถานที่ การประมาณการจำนวนครั้งของการมาใช้บริการในปีต่อไป เป็นต้น

2) ตัวเลขใดหรือวิธีการทำงานแบบใดที่ควรนำมาใช้แทนค่าตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์ไว้เดิมเพื่อวิเคราะห์ความอ่อนไหว

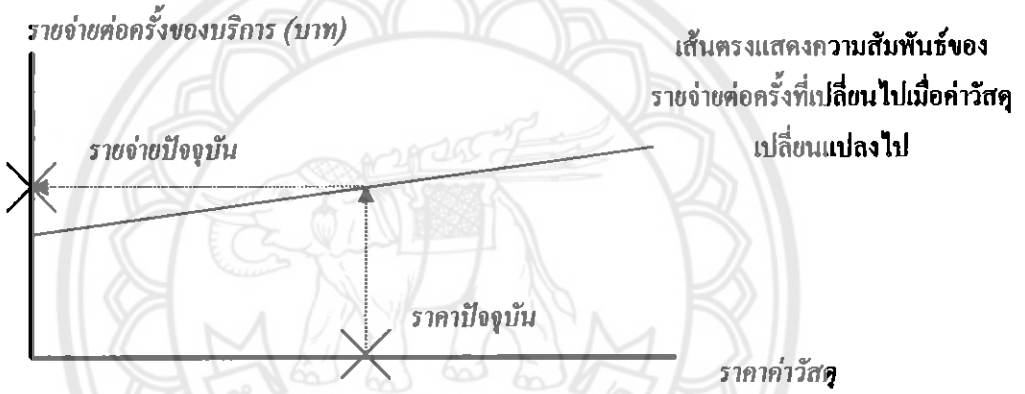
โดยทั่วไปในกรณีของตัวเลขมักจะใช้ค่าสูงสุดหรือค่าต่ำสุดที่มีความเป็นไปได้มาใช้เป็นตัวแทนเพื่อการคำนวณในการวิเคราะห์ความไว บางครั้งอาจนำร้อยละของความคาดเคลื่อนที่

ยอมรับได้หรือมีความเป็นไปได้มาใช้ และนำตัวเลขเป้าหมายหรือตัวเลขที่คาดหวังให้เป็นมาทดแทนก็ได้

การวิเคราะห์ความไวที่นิยมทำกันนั้น แบ่งออกได้ 3 ประเภท ได้แก่ การวิเคราะห์ความไวแบบทางเดียว (One-way Sensitivity Analysis) การวิเคราะห์ความไวแบบสองทาง (Two-way Sensitivity Analysis) และการวิเคราะห์ความไวแบบสามทาง (Three-way Sensitivity Analysis)

2.4.1 การวิเคราะห์ความไวแบบทางเดียว

การวิเคราะห์ความไวแบบทางเดียวเป็นการวิเคราะห์ความไวที่มีการประเมินการเปลี่ยนแปลงของผลลัพธ์จากการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรหรือองค์ประกอบในการวิเคราะห์ทีละตัว เช่น การวิเคราะห์ดูผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงราคาค่าวัสดุต่อรายจ่ายต่อครั้งของบริการผู้ป่วยนอก ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ความอ่อนไหวของรายจ่ายต่อครั้งของบริการผู้ป่วยนอกตามการเปลี่ยนแปลงของค่าวัสดุ
ที่มา: http://web.schq.mi.th/~suriyon/it/29/Analysis/Sensitivity/2.doc (2552)

จากรูปที่ 2.4 สมมติว่าปัจจุบันราคาค่าวัสดุอยู่ที่ 5 บาทต่อชิ้น ในขณะที่รายจ่ายต่อครั้งของการบริการอยู่ที่ 20 บาทต่อครั้ง ความสัมพันธ์ระหว่างรายจ่ายต่อครั้งและราคาค่าวัสดุเป็นไปตามสมการเส้นตรงต่อไปนี้

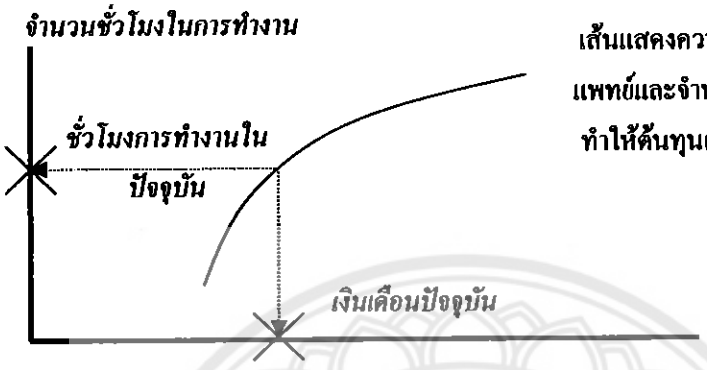
$$\text{รายจ่ายต่อครั้ง} = 10 + (2 \times \text{ราคาวัสดุต่อชิ้น}) \qquad (2.9)$$

หากราคาค่าวัสดุเพิ่มเป็น 7 บาทต่อชิ้น จะทำให้วิเคราะห์ได้ว่า รายจ่ายต่อครั้งของการบริการจะเพิ่มจาก 20 ต่อครั้ง เป็น 24 บาทต่อครั้ง รายจ่ายดังกล่าวจะทำให้ตัวเลขในการจัดงบประมาณต่างๆ ต้องเปลี่ยนแปลงไป

2.4.2 การวิเคราะห์ความไวแบบสองทาง

การวิเคราะห์ความไวแบบสองทางเป็นการวิเคราะห์ความไว ที่มีการประเมินการเปลี่ยนแปลงของผลลัพธ์จากการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรหรือองค์ประกอบในการวิเคราะห์ 2 ปัจจัยไปพร้อมๆ กัน ซึ่งการส่วนผสมของปัจจัยทั้งสองในระดับหนึ่ง จะทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ ได้

ตัวเลขผลลัพธ์เท่าเดิม การวิเคราะห์วิธีนี้มักมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสมดุลของการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยที่สามารถบริหารหรือควบคุมได้ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์เช่นเดิม เช่น การวิเคราะห์ดูผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงเงินเดือนของแพทย์ และจำนวนชั่วโมงของแพทย์ในการทำงานที่จะทำให้ต้นทุนต่อครั้งของบริการผู้ป่วยนอกเท่าเดิม ดังแสดงในรูปที่ 2.5



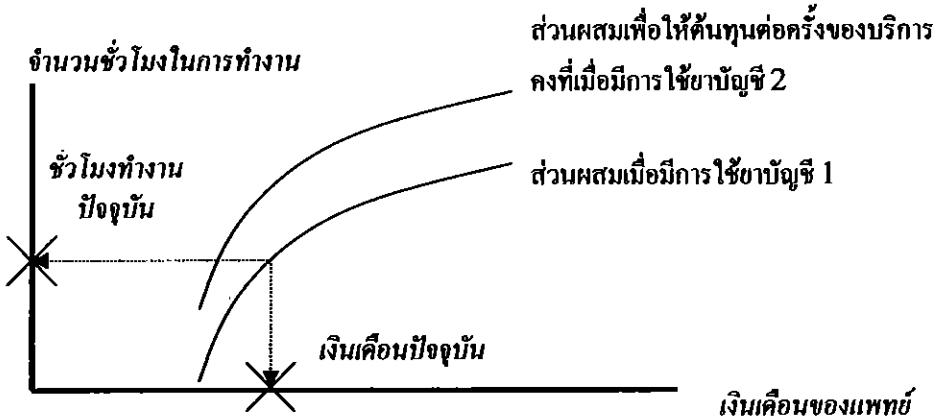
รูปที่ 2.5 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวที่แสดงส่วนผสมของเงินเดือนแพทย์ และจำนวนชั่วโมงในการทำงานที่ทำให้ได้ต้นทุนต่อครั้งของบริการผู้ป่วยนอกเท่าเดิม

ที่มา: http://web.schq.mi.th/~suriyon/it/29/Analysis/Sensitivity/2.doc (2552)

จากรูปที่ 2.5 จะเห็นว่าการคำนวณการเปลี่ยนแปลงของเงินเดือนและชั่วโมงการทำงานของแพทย์ โดยให้ต้นทุนการให้บริการผู้ป่วยนอกต่อครั้งอยู่ในอัตราเท่าเดิมนั้น แสดงให้เห็นว่าถ้าจะเพิ่มเงินเดือนให้แพทย์ จะต้องเพิ่มชั่วโมงการทำงานให้มากขึ้นและเป็นสัดส่วนกันด้วย เพื่อไม่ให้มีผลกระทบต่อต้นทุนต่อครั้งของการบริการ เพราะเมื่อเพิ่มจำนวนชั่วโมงการทำงาน แพทย์จะสามารถให้บริการดูแลผู้ป่วยเป็นจำนวนมากขึ้นด้วย จะมีผลต่อการเพิ่มประมาณการปริมาณบริการ และงบประมาณรายจ่ายในภาพรวม

2.4.3 การวิเคราะห์ความไวแบบสามทาง

การวิเคราะห์ความไวแบบสามทางเป็นการวิเคราะห์โดยการทำการวิเคราะห์ความไวแบบสองทางซ้ำหลายๆ รอบ โดยเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรตัวที่ 3 ไปทีละค่าตามที่ต้องการ แล้วสร้างภาพแผนภูมิแสดงเส้นสมดุลหลายๆ เส้น ตามแต่ค่าตัวแปรตัวที่ 3 นั่นเอง ดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวที่แสดงส่วนผสมของเงินเดือนแพทย์ และจำนวนชั่วโมงในการทำงาน ที่ทำให้ได้ต้นทุนต่อครั้งของบริการผู้ป่วยนอกเท่าเดิม เมื่อมีการใช้บัญชียา 1 และบัญชียา 2 ของโรงพยาบาล

ที่มา: http://web.schq.mi.th/~suriyon/it/29/Analysis/Sensitivity/2.doc (2552)

จากรูปที่ 2.6 แสดงให้เห็นว่า เมื่อผสมผสานปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อต้นทุนต่อครั้งของบริการผู้ป่วยนอกเพื่อให้ได้ต้นทุนเท่าเดิม จะสามารถคำนวณตัวเลขที่ต้องใช้ออกมาได้ ตัวแปรที่ถูกผลกระทบ คือ การประมาณการปริมาณบริการซึ่งจะต้องเพิ่มขึ้นด้วย เพื่อรักษาระดับของต้นทุนต่อครั้งไว้ ดังตัวอย่างในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 การประมาณการปริมาณบริการเพื่อรักษาระดับของต้นทุนต่อครั้ง

ทางเลือก	เงินเดือนแพทย์	จำนวนชั่วโมงออกตรวจต่อสัปดาห์	บัญชียา	จำนวนครั้งของบริการ	ต้นทุนต่อครั้ง
ทางเลือกที่ 1	10,000	8	1	100	300
ทางเลือกที่ 2	20,000	16	1	200	300
ทางเลือกที่ 3	10,000	12	2	100	300
ทางเลือกที่ 4	20,000	24	2	200	300

ที่มา: http://web.schq.mi.th/~suriyon/it/29/Analysis/Sensitivity/2.doc (2552)

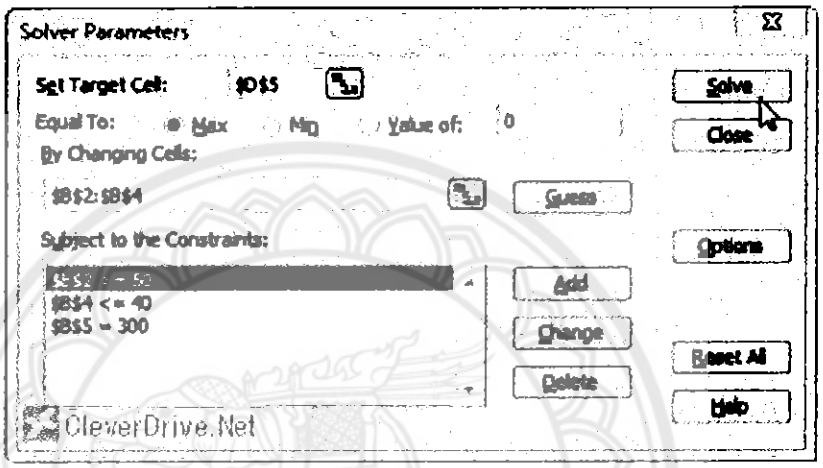
2.5 การหาคำตอบที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม Solver

Solver เป็นอีกเครื่องมือที่ช่วยในการวิเคราะห์ What-If Analysis แบบย้อนกลับ คือ ทราบผลลัพธ์ (Output) จากนั้นโปรแกรม MS Excel จะคำนวณหาเซลล์ Input ให้ โดยเซลล์ Input อาจ

มีได้หลายเซลล์ และสามารถกำหนดเงื่อนไขในการคำนวณได้หลากหลาย รวมถึงกำหนดให้โปรแกรม MS Excel คำนวณค่าโดยให้ได้ผลลัพธ์สูงสุดหรือต่ำสุด

2.5.1 การติดตั้งและการหาคำตอบด้วยโปรแกรม Solver

ในการติดตั้งโปรแกรม Solver ให้คลิก Add-Ins บนเมนู เครื่องมือ แล้วทำเครื่องหมายในช่อง Solver Add-in คลิก ตกลง แล้วโปรแกรม MS Excel จะทำการติดตั้งโปรแกรม Solver เมื่อ add-in ถูกติดตั้งแล้ว จะสามารถรันโปรแกรม Solver ได้โดยคลิกที่ Solver บนเมนูเครื่องมือ



รูปที่ 2.7 หน้าต่างการกำหนดค่าในโปรแกรม Solver

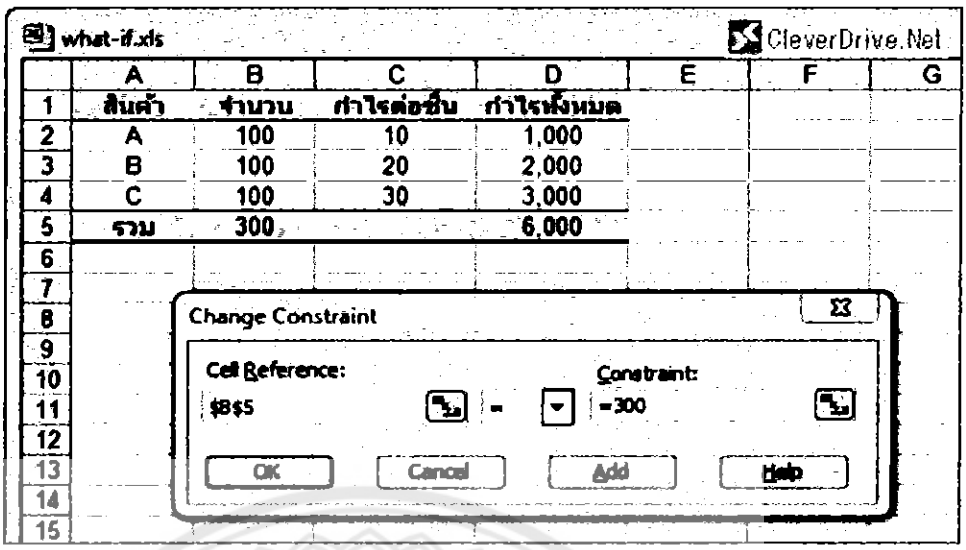
ที่มา: http://www.cleverdrive.net/view.php?article=107 (2552)

เซลล์เป้าหมาย (Set Target Cell) หมายถึง จุดประสงค์หรือเป้าหมาย เราต้องการเพิ่มค่าของเซลล์เป้าหมายให้มากที่สุด หรือลดค่าของเซลล์ดังกล่าวให้เหลือน้อยที่สุด (Equal To) อย่างใดอย่างหนึ่ง โดยเลือกที่ช่องสูงสุด (Max) ต่ำสุด (Min) หรือกำหนดค่าที่ต้องการเอง (Value of)

เซลล์ที่เปลี่ยนแปลง (By Changing Cells) หมายถึง เซลล์ต่างๆในการคำนวณซึ่งจะสามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขเพื่อทำให้เซลล์เป้าหมายได้ผลดีที่สุด

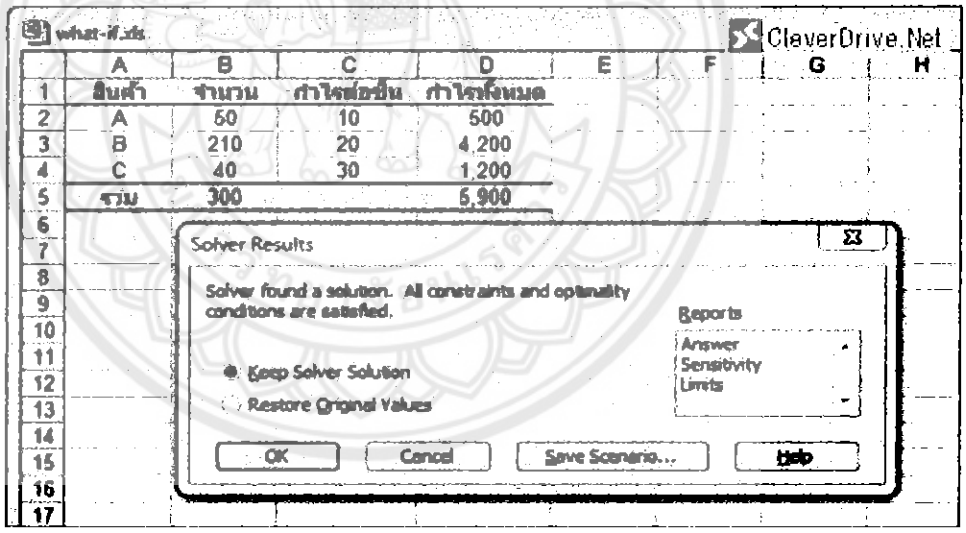
ข้อจำกัด (Subject to the Constraints) หมายถึง ขีดจำกัดที่ได้ระบุให้แก่เซลล์ที่เปลี่ยนแปลง ให้คลิกปุ่ม Add เพื่อเพิ่มเงื่อนไขที่ต้องการ ตัวอย่างเช่น ในส่วนผสมผลิตภัณฑ์ของเรา เราไม่สามารถใช้ทรัพยากรใดๆ (เช่น วัตถุดิบและแรงงาน) เกินกว่าจำนวนที่มีอยู่ นอกจากนี้ควรผลิตสินค้าหนึ่งๆ ให้พอดีกับความตั้งใจที่จะซื้อของลูกค้าหรือความต้องการซื้อของลูกค้า ในแบบจำลอง Solver ส่วนใหญ่ มีข้อจำกัดโดยนัยว่าเซลล์ที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมดจะต้องไม่เป็นค่าติดลบ

การคำนวณโดยโปรแกรม Solver นั้น เมื่อใส่เซลล์ของข้อมูลที่จะทำการคำนวณครบแล้ว ให้เลือกไปที่ปุ่ม แก้ปัญหา เพื่อคำนวณหาค่า เมื่อคำนวณเสร็จจะมีหน้าต่าง Solver Results ขึ้นมา โดยในชีทจะแสดงผลลัพธ์จากการคำนวณ



รูปที่ 2.8 หน้าต่างการกำหนดเงื่อนไขในโปรแกรม Solver

ที่มา: http://www.cleverdrive.net/view.php?article=107 (2552)

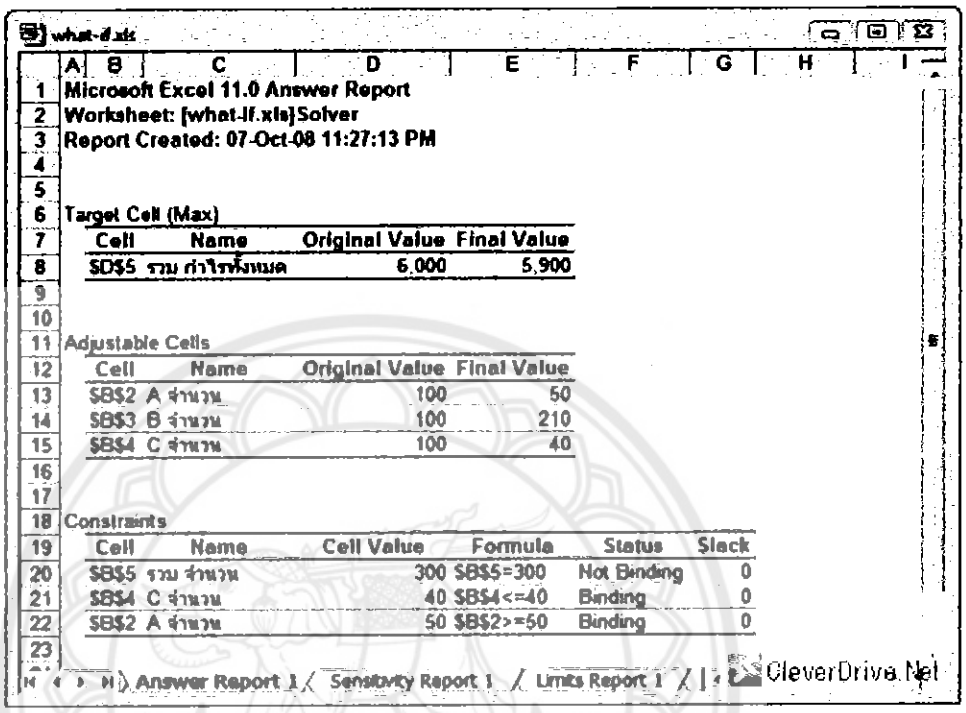


รูปที่ 2.9 หน้าต่าง Solver Results

ที่มา: http://www.cleverdrive.net/view.php?article=107 (2552)

ถ้าเลือกเป็น Keep Solver Solution โปรแกรมจะเปลี่ยนค่าเซลล์ให้เลย แต่ถ้าหากเลือกเป็น Restore Original Values โปรแกรมจะแสดงค่าเดิมก่อนการคำนวณออกมา ถ้าต้องการให้แสดงรายงาน สามารถคลิกเลือก Reports ต่างๆ ได้ (กดปุ่ม Shift เพื่อคลิกเลือก Report หลายฉบับพร้อมกัน) ที่ปุ่ม Save Scenario ใช้สำหรับบันทึก Scenario เก็บไว้ เพื่อให้ Scenario Manger สามารถนำ

ค่านี้ไปใช้คำนวณต่อได้ ถ้าหากเลือก Report แล้วกด OK โปรแกรมจะแสดงรายงานการคำนวณต่างๆ ให้ในชีทใหม่โดยอัตโนมัติ เช่น Answer Report จะแสดงค่าในเซลล์ที่เกี่ยวข้อง ทั้งก่อนและหลังการคำนวณ



what-if.xls

Microsoft Excel 11.0 Answer Report
Worksheet: [what-if.xls]Solver
Report Created: 07-Oct-08 11:27:13 PM

Target Cell (Max)

Cell	Name	Original Value	Final Value
$D$5	รวม กำไรทั้งหมด	6,000	5,900

Adjustable Cells

Cell	Name	Original Value	Final Value
$B$2	A จำนวน	100	50
$B$3	B จำนวน	100	210
$B$4	C จำนวน	100	40

Constraints

Cell	Name	Cell Value	Formula	Status	Slack
$B$5	รวม จำนวน	300	$B$5=300	Not Binding	0
$B$4	C จำนวน	40	$B$4<=40	Binding	0
$B$2	A จำนวน	50	$B$2>=50	Binding	0

Answer Report 1 | Sensitivity Report 1 | Limits Report 1 | CleverDrive.Net

รูปที่ 2.10 รายงาน (Report) ที่ได้จากโปรแกรม Solver

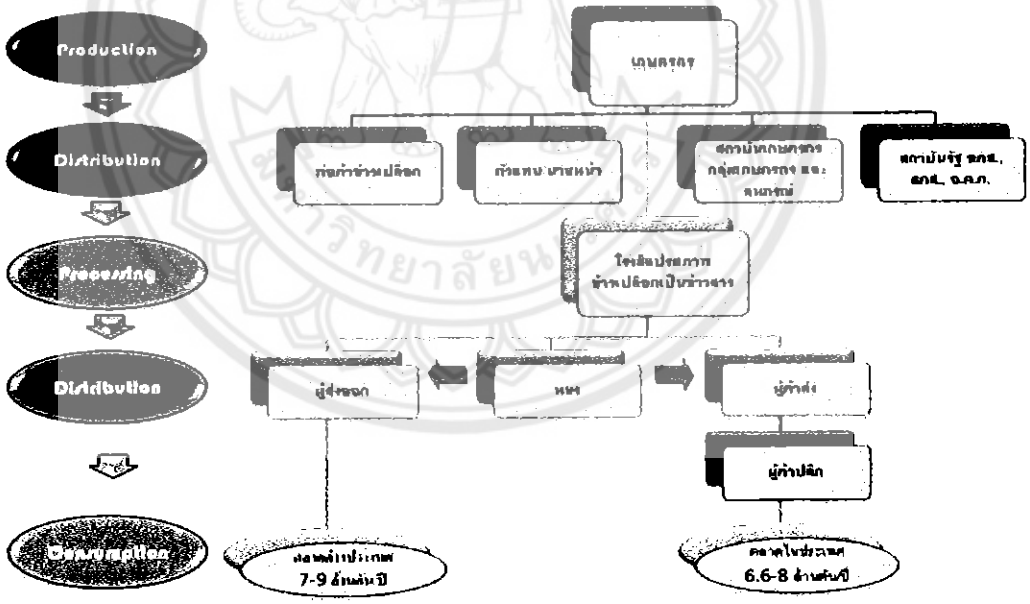
ที่มา: http://www.cleverdrive.net/view.php?article=107 (2552)

2.6 โครงสร้างและระบบโลจิสติกส์ข้าวไทย

ในระบบโลจิสติกส์ข้าวไทยนั้นประกอบไปด้วยผู้มีส่วนเกี่ยวข้องหลายฝ่ายด้วยกัน โดยเริ่มจากเกษตรกรซึ่งเป็นหน่วยผลิตต้นน้ำของห่วงโซ่อุปทานการค้าข้าว หลังจากนั้นข้าวเปลือกจากเกษตรกรจะถูกส่งผ่านไปเพื่อแปรสภาพจากข้าวเปลือกเป็นข้าวสาร โดยการส่งผ่านนี้อาจถูกส่งผ่านด้วยเกษตรกรเอง หรือส่งผ่านคนกลางซึ่งทำหน้าที่ในการส่งผ่านข้าวเปลือก คนกลางมีหลายประเภทด้วยกัน ประกอบไปด้วย พ่อค้าข้าวเปลือก ตัวแทน/นายหน้า ท่าข้าว สถาบันเกษตรกร และสถาบันรัฐบาล การดำเนินงานของคนกลางแต่ละประเภทนั้นจะมีวิธีการและเงื่อนไขในการดำเนินการ ที่แตกต่างกันออกไป ฝ่ายถัดไปในห่วงโซ่อุปทาน ได้แก่ โรงสีข้าว ซึ่งทำหน้าที่แปรสภาพข้าวเปลือกให้เป็นข้าวสาร หลังจากนั้นข้าวสารจะถูกส่งต่อไปยังหยง ผู้ส่งออก และผู้ค้าส่ง โดยในการส่งผ่านข้าวสารไปยังผู้ประกอบการในช่วงปลายน้ำนี้อาจเป็นการส่งโดยตรงจากโรงสีไปยังผู้ส่งออกและผู้ค้าส่ง หรือส่งผ่านหยงซึ่งเป็นคนกลางในการรวบรวมและทำหน้าที่ประสานงาน

ข้อมูลในการซื้อขายข้าวสารระหว่างโรงสีและผู้ส่งออกหรือผู้ค้าส่ง สำหรับการดำเนินการในช่วงกระจายสินค้านั้น ผู้ส่งออกจะดำเนินการส่งออกข้าวสารไปยังตลาดต่างประเทศ ขณะที่ผู้ค้าส่งจะดำเนินการบรรจุข้าวสารเป็นหน่วยย่อยและส่งต่อให้กับผู้ขายปลีก เพื่อดำเนินการขายข้าวสารภายในประเทศต่อไป ขณะที่ซึ่งเป็นคนกลางจะดำเนินการในลักษณะขายข้าวสารให้กับผู้ส่งออกและผู้ค้าส่งอีกที

โครงสร้างโลจิสติกส์ข้าวไทยนั้นประกอบไปด้วยผู้เกี่ยวข้องจำนวนมาก และมีหลายๆ ฝ่ายในระบบโลจิสติกส์ อย่างไรก็ตามในภาพรวมแล้วสามารถแบ่งระบบโลจิสติกส์ข้าวไทยออกเป็น 2 ช่วงใหญ่ๆ คือ ช่วงของข้าวเปลือก (หลังจากการเก็บเกี่ยวจนถึงโรงสี) และช่วงของข้าวสาร (หลังจากการแปรสภาพจนถึงการกระจายสินค้า) ในแต่ละช่วงจะมีกระบวนการและการดำเนินการของแต่ละฝ่ายที่แตกต่างกัน ตั้งแต่เกษตรกรเก็บเกี่ยวข้าวเปลือกเคลื่อนย้ายข้าวเปลือกไปยังโรงสีและนำไปแปรสภาพเป็นข้าวสาร ไปจนถึงการส่งออกข้าวสารไปยังต่างประเทศ หรือค้าขายภายในประเทศ ตลอดจนมีโครงสร้างการขนส่งและเคลื่อนย้ายสินค้าข้าวระหว่างผู้มีส่วนได้เสียในแต่ละจุดจากเกษตรกรจนถึงผู้บริโภค รวมทั้งการขนส่งและเคลื่อนย้ายทั้งภายในประเทศและต่างประเทศที่ไม่เหมือนกัน ดังแสดงผังโครงสร้างได้ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 โครงสร้างโลจิสติกส์การค้าของข้าวในประเทศไทย

ที่มา: http://www.vcargo.co.th/images/stories/Diagram_01.jpg (2552)

2.7 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับวิธีการปลูกข้าวและกระบวนการในการสีข้าว

ปัจจุบันข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญมากที่สุดของไทย เพราะนอกจากจะใช้บริโภคภายในประเทศแล้วข้าวยังเป็นพืชเศรษฐกิจที่ทำรายได้ จากการส่งออกเป็นอันดับ 10 ของมูลค่าส่งออกของสินค้าทั้งหมดในปัจจุบัน พันธุ์ข้าวที่เกษตรกรนิยมปลูกได้แก่ กข.15 และข้าวหอมมะลิ 105

สำหรับกระบวนการที่สำคัญในการทำนาข้าวนั้นประกอบไปด้วย

2.7.1 การไถเตรียมดิน

เป็นขั้นตอนก่อนการทำนาข้าว จะมีการไถเตรียมดินอยู่ 3 ขั้นตอนด้วยกัน คือ

2.7.1.1 การไถดะ เป็นการไถครั้งแรกตามแนวขวางของพื้นที่นา การไถดะจะช่วยพลิกดินเพื่อให้ดินชั้นล่างได้ขึ้นมาสัมผัสอากาศ และเป็นการตากดินเพื่อทำลายวัชพืช โรคพืชบางชนิด หลังจากไถดะจะตากดินเอาไว้ประมาณ 1 - 2 สัปดาห์ (มูลนิธิข้าวไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, 2552)

2.7.1.2 การไถแปร จะช่วยพลิกดินที่กลบอยู่เอาขึ้นมาตากอีกครั้ง เพื่อที่จะทำลายวัชพืชที่ขึ้นใหม่ และเป็นการย่อยดินให้มีขนาดเล็กลง จำนวนครั้งของการไถแปรจึงขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของวัชพืช ลักษณะดินและระดับน้ำในพื้นที่ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝนด้วย

2.7.1.3 การคราด เพื่อเอาเศษวัชพืชออกจากที่นา และย่อยดินให้มีขนาดเล็กลงอีก จนเหมาะแก่การเจริญของข้าว ทั้งยังเป็นการปรับระดับพื้นที่ให้มีความสม่ำเสมอ เพื่อสะดวกในการควบคุมและดูแลการให้น้ำ

2.7.2 การปลูก

การปลูกข้าวนั้นสามารถแบ่งได้เป็น 3 วิธี คือ การปลูกด้วยเมล็ดโดยตรง ได้แก่ การทำนาหยอดและนาหว่าน และการเพาะเมล็ดในที่หนึ่งก่อน แล้วนำต้นอ่อนไปปลูกในที่อื่นๆ ได้แก่ การทำนาดำ

2.7.2.1 การทำนาหยอด มักจะใช้วิธีการนี้ก็ต่อเมื่อทำการปลูกข้าวไร่ตามเชิงเขาหรือในที่สูง

2.7.2.2 การทำนาหว่าน มักจะทำในเขตพื้นที่ควบคุมน้ำได้ลำบาก เช่น ในพื้นที่ที่ฝนตกล่าช้า เป็นต้น

2.7.2.3 การทำนาดำ เป็นการปลูกข้าวโดยเพาะเมล็ดให้งอกและเจริญเติบโตในระยะหนึ่งแล้วจึงย้ายไปปลูกในนาข้าวต่อไป

2.7.3 การเก็บเกี่ยว

ซึ่งหลังจากที่ข้าวออกดอกหรือออกรวงประมาณ 20 วันแล้ว ชาวนาจะเร่งระบายน้ำออกจากที่นา เพื่อเป็นการเร่งให้ข้าวสุกพร้อมๆ กัน และทำให้เมล็ดข้าวนั้นมีความชื้นไม่สูงเกินไป และจะสามารถเก็บเกี่ยวได้หลังจากระบายน้ำออกประมาณ 10 วัน (มูลนิธิข้าวไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, 2552) สำหรับขั้นตอนการเก็บเกี่ยวข้าวนั้น ชาวนาจะไปว่าจ้างผู้ประกอบกิจการรับเหมา

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปร.
ส732ก
2552

เกี่ยวข้าวดังที่ได้กล่าวถึงมาแล้วในข้างต้น แต่ก็อาจจะพบชาวนาส่วนน้อยที่ยังใช้วิธีการเก็บเกี่ยวข้าวแบบดั้งเดิมโดยที่ไม่ต้องอาศัยรถเกี่ยวข้าว หรือที่เรียกว่าการลงแขกเกี่ยวข้าวก็เป็นได้

1506762 ค.2

2.7.4 การเก็บรักษา

หลังจากที่ชาวนาทำการเก็บเกี่ยวข้าวเสร็จแล้ว ก็มักจะนำข้าวเปลือกของตนเองที่เก็บเกี่ยวได้มาทำการตากเพื่อให้มีความชื้นประมาณ 14% ซึ่งเป็นความชื้นที่เหมาะสมทำให้ขายแล้วได้ราคาดีที่สุด เนื่องจากเมื่อนำข้าวเปลือกไปสีแล้วข้าวสารที่ได้จะไม่เกิดการแตกหรือหักได้ง่าย แต่หากความชื้นมากหรือน้อยไปกว่านี้ก็จะทำให้เมล็ดข้าวสารที่ได้เกิดการแตกหรือหักได้มากกว่า

2.7.5 กระบวนการสีข้าวด้วยวิธีนึ่ง

การสีข้าวด้วยวิธีนึ่ง คือ การนำข้าวเปลือกมาแช่น้ำจนอิ่มตัวแล้วนำไปอบด้วยไอน้ำ จากนั้นทำให้แห้งเพื่อจะนำไปสีเอาเปลือกออก ในระหว่างการดำเนินตามกรรมวิธีนี้โครงสร้างของเซลล์ในเมล็ดข้าวจะถูกเปลี่ยนไป โดยเซลลูโลสของผนังเซลล์เล็กๆ จะถูกทำลาย ส่วนที่เป็นแป้งจะเปลี่ยนสภาพเป็นสารเดกซ์ทริน (Dextrinization) กลายเป็นมวลผสมผสานเป็นเนื้อเดียวกันและจับตัวกันแน่น (Compact homo - geneous mass) สารโปรไทด์ (Protides) และไลปอยด์เม็ด (Lipoid Globules) ก็จะเปลี่ยนสภาพเป็นมวลดังกล่าวด้วย เมื่อข้าวเปลือกที่จะเข้ามาทำการสีด้วยวิธีการนึ่งนั้นจะต้องผ่านกระบวนการทั้งสิ้น 14 กระบวนการด้วยกัน (ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวนครสวรรค์ สำนักเมล็ดพันธุ์ข้าว กรมการข้าว, 2552) คือ

1) กระบวนการร่อนข้าว คือ การทำความสะอาดเพื่อกำจัดสิ่งปลอมปนต่างๆ เช่น ข้าวเปลือกเมล็ดที่เล็กหรือใหญ่เกินมาตรฐาน เศษฟางข้าว หรือฝุ่น ออกจากข้าวเปลือก

2) การแช่ข้าว คือ การนำข้าวเปลือกมาแช่น้ำให้มีความชื้นประมาณ 30 - 40% เพื่อให้แป้งอ่อนตัวลง น้ำที่แช่อาจเป็นน้ำเย็นหรือน้ำร้อนก็ได้ เวลาของการแช่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ น้ำเย็นใช้เวลาแช่ 2 - 3 วัน น้ำอุ่นหรือน้ำร้อน เวลาการแช่ลดลงตามลำดับ

3) การนึ่งข้าว คือ นำข้าวเปลือกที่ผ่านมาจากกระบวนการแช่ข้าวมาต้มหรือนึ่งให้สุก เพื่อให้แป้งภายในเมล็ดมีลักษณะเป็นวุ้น (Gelatinize) สังเกตจากข้างนอกจะเห็นเปลือกเมล็ดข้าวปริมาณเล็กน้อย

4) การอบข้าว คือ การลดความชื้นของข้าวเปลือกที่ผ่านจากกระบวนการนึ่งให้เหลือ 12 - 14%

5) การกะเทาะเปลือก คือ การทำให้เปลือกข้าวหลุดออกจากเมล็ด

6) การแยกแกลบ คือ การคัดแยกแกลบหรือเปลือกข้าวออกจากเมล็ดข้าวที่ผ่านกระบวนการกะเทาะเปลือกแล้ว

7) การแยกหินและกรวด คือ การแยกหินและกรวดออกจากข้าวที่ทำการกะเทาะเปลือกออกมาแล้ว

8) การแยกข้าวนึ่งกล้อง คือ การแยกข้าวกล้องเต็มเม็ดที่ได้จากวิธีการสีข้าวด้วยการนึ่งออกมา โดยลักษณะของข้าวนึ่งกล้องจะประกอบไปด้วยเยื่อหุ้มเมล็ด จมูกข้าว และเนื้อข้าว

9) การขัดขาว คือ การขัดข้าวกล้องที่ผ่านจากกระบวนการแยกข้าวนึ่งกล้องมาแล้ว โดยการขัดขาวนั้นจะทำให้ส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ดและจมูกข้าวจะหลุดออก จนเหลือแต่ส่วนเนื้อข้าวสีขาว ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการนี้ คือ รำข้าว

10) การปรับสภาพข้าว คือ การปรับลดความร้อนของข้าวที่ผ่านการขัดขาวมาแล้วให้อยู่ในอุณหภูมิที่เหมาะสม

11) การขัดมัน คือ การขัดผิวของเมล็ดข้าวให้มีความมันมากขึ้น

12) การแยกข้าวเต็มเมล็ด คือ การคัดแยกข้าวที่มีลักษณะเต็มเมล็ดไม่มีส่วนใดหักซึ่งรวมไปถึงข้าวที่มีความยาวตั้งแต่ 9 ส่วนขึ้นไปด้วย

13) การแยกข้าวท่อน คือ การคัดแยกเมล็ดข้าวหักในลักษณะต่างๆ ออกจากกระบวนการ

14) การอบแห้งเมล็ดข้าวขั้นสุดท้าย คือ การอบเมล็ดข้าวที่ผ่านกระบวนการสีมา ซึ่งปกติแล้วจะมีความชื้นเกิดขึ้นประมาณ 15% การอบแห้งนั้นจะทำให้ความชื้นลดลงเป็น 12 – 13% เพื่อให้สามารถเก็บรักษาได้นาน

ข้าวเปลือกที่ผ่านกระบวนการสีข้าวด้วยวิธีการนึ่ง และคัดออกมาในขณะที่ยังเป็นข้าวกล้อง มีผลิตภัณฑ์ดังต่อไปนี้ (ธนาคารการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร, 2550)

1) ข้าวกล้องนึ่ง 100% ประกอบด้วยเมล็ดข้าวยาวเกิน 7 ม.ม. ไม่น้อยกว่า 70% และเมล็ดสั้นไม่เกิน 6.2 ม.ม. ไม่เกิน 5%

2) ข้าวกล้องนึ่ง 5% ประกอบด้วยเมล็ดข้าวยาวเกิน 7 ม.ม. ไม่น้อยกว่า 30% และเมล็ดสั้นไม่เกิน 6.2 ม.ม. ไม่เกิน 10%

3) ข้าวกล้องนึ่ง 10% ประกอบด้วยเมล็ดข้าวยาวเกิน 7 ม.ม. ไม่น้อยกว่า 20% และเมล็ดสั้นไม่เกิน 6.2 ม.ม. ไม่เกิน 15%

2.7.6 กระบวนการสีข้าวด้วยวิธีอบ

สำหรับการสีข้าวอีกวิธีหนึ่ง คือ การสีข้าวด้วยวิธีการอบ คือ การอบข้าวเปลือกให้มีความชื้นอยู่ที่ 14% ก่อนเข้าสู่กระบวนการสีข้าว แต่คุณภาพข้าวที่ผ่านการสีข้าวด้วยวิธีการอบนั้น จะมีลักษณะของเมล็ดข้าวที่แตกหัก หรือลักษณะข้าวที่ไม่เต็มเมล็ดมากกว่าการสีข้าวด้วยวิธีการนึ่ง สำหรับผลิตภัณฑ์ข้าวที่ได้จากการสีข้าวด้วยวิธีการอบจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ประเภทด้วยกัน คือ ข้าวขาวและข้าวกล้อง สำหรับกระบวนการสีข้าวด้วยวิธีอบนั้นมีกระบวนการทั้งสิ้น 11 กระบวนการด้วยกัน (สำนักพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าว, 2552) คือ

1) กระบวนการร่อนข้าว คือ การทำความสะอาดเพื่อกำจัดสิ่งปลอมปนต่างๆ เช่น ข้าวเปลือกเมล็ดที่เล็กหรือใหญ่เกินมาตรฐาน เศษฟางข้าว หรือฝุ่น ออกจากข้าวเปลือก

2) การอบข้าว คือ การลดความชื้นของข้าวเปลือกให้เหลือ 12 - 14% เพื่อให้มีความชื้นเหมาะสมต่อการสีข้าว

3) การกะเทาะเปลือก คือ การทำให้เปลือกข้าวหลุดออกจากเมล็ด โดยผ่านเครื่องกะเทาะเปลือก

4) การแยกแกลบ คือ การคัดแยกแกลบหรือเปลือกข้าวออกจากเมล็ดข้าวที่ผ่านกระบวนการกะเทาะเปลือกแล้ว

5) การแยกหินและกรวด คือ การแยกหินและกรวดออกจากข้าวที่ทำการกะเทาะเปลือกแล้ว

6) การแยกข้าวกล้อง คือ การแยกข้าวกล้องเต็มเมล็ดที่ได้จากวิธีการสีข้าวด้วยการนึ่งออกมา โดยลักษณะของข้าวนึ่งกล้องจะประกอบไปด้วยเยื่อหุ้มเมล็ด จมูกข้าว และเนื้อข้าว ซึ่งในกระบวนการนี้จะได้ข้าวกล้องออกมา

7) การขัดขาว คือ การขัดข้าวกล้องที่ผ่านจากกระบวนการแยกข้าวกล้องมาแล้ว โดยการขัดขาวนั้นจะทำให้ส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ดและจมูกข้าวจะหลุดออก จนเหลือแต่ส่วนเนื้อข้าวสีขาว ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการนี้ คือ รำข้าว

8) การปรับสภาพข้าว คือ การปรับลดความร้อนของข้าวที่ผ่านการขัดขาวมาแล้วให้อยู่ในอุณหภูมิที่เหมาะสม

9) การขัดมัน คือ การขัดผิวของเมล็ดข้าวให้มีความมันมากขึ้น

10) การแยกข้าวเต็มเมล็ด คือ การคัดแยกข้าวที่มีลักษณะเต็มเมล็ดไม่มีส่วนใดหักซึ่งรวมไปถึงข้าวที่มีความยาวตั้งแต่ 9 ส่วนขึ้นไปด้วย

11) การแยกข้าวท่อน คือ การคัดแยกเมล็ดข้าวหักในลักษณะต่างๆ ออกจากกระบวนการ

จากกระบวนการสีข้าวข้างต้นจะเห็นได้ว่า กระบวนการสีข้าวด้วยวิธีนึ่ง และวิธีอบนั้น มีความคล้ายคลึงกัน จะต่างกันก็ตรงที่วิธีการนึ่งนั้นจะมีกระบวนการแช่ข้าวและนึ่งข้าวเพื่อให้มีการผสานรอยแตกภายในของเมล็ดข้าวเพิ่มมา

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาระบบห่วงโซ่อุปทานของข้าวในประเทศไทย คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษางานวิจัยที่มีความเกี่ยวข้อง ซึ่งแต่ละงานวิจัยก็จะให้แนวความและความรู้ในเรื่องของระบบห่วงโซ่อุปทานที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

จิรวัฒน์และคณะ (2547) ได้ทำการศึกษาและสำรวจการบริหารห่วงโซ่อุปทานข้าวไทย โดยเป็นการมองภาพรวมของห่วงโซ่อุปทานข้าวไทย มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัญหา อุปสรรค และเสนอแนวทางแก้ไขปัญหาในแต่ละห่วงโซ่อุปทานของข้าวไทย โดยแบ่งห่วงโซ่อุปทานที่เกี่ยวข้องออกเป็น 3 ส่วน คือ การวิเคราะห์ปัญหาโซ่อุปทานในส่วนก่อนการเก็บเกี่ยว การวิเคราะห์ปัญหา

โซ่อุปทานในส่วนหลังการเก็บเกี่ยว การวิเคราะห์ปัญหาโซ่อุปทานในส่วนการส่งออก โดยผลการศึกษาพบว่า พื้นที่ในเขตภาคกลางเป็นพื้นที่ที่มีความเหมาะสมในการปลูกข้าวเนื่องจากมีความสมบูรณ์มากที่สุด ระยะเวลาที่เหมาะสมในการปลูกข้าวคือช่วงเดือนพฤษภาคม ถึงสิงหาคม เนื่องจากเป็นช่วงที่มีปริมาณฝนมาก และในส่วนของคุณภาพของข้าวไทยมีความสำคัญมาก ซึ่งจะเป็นตัวแปรสำคัญในการแข่งขันกับตลาดโลก ทั้งนี้ได้มีข้อเสนอแนะจากงานวิจัยว่า เกษตรกรควรนำเอาระบบ Good Agricultural Practice (GAP) มาใช้ในกระบวนการปลูกข้าวด้วย

เริงศักดิ์ (2549) ได้ทำการศึกษาในเรื่อง การจัดการโลจิสติกส์ของผู้ประกอบการธุรกิจโรงสีข้าวในเขตจังหวัดร้องเอ็ด โดยงานวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจการปฏิบัติเกี่ยวกับการจัดการโลจิสติกส์ โดยได้ศึกษาการจัดการ การแก้ปัญหา และอุปสรรคของการจัดการโลจิสติกส์ รวมไปถึงการเปรียบเทียบการจัดการโลจิสติกส์ของผู้ประกอบการธุรกิจโรงสีข้าวในเขต จังหวัดร้อยเอ็ด ที่มีระยะเวลาในการดำเนินงาน ทุนดำเนินงาน ขนาดกิจการและประเภทธุรกิจที่แตกต่างกัน จากการศึกษาพบว่าจังหวัดร้อยเอ็ดได้ให้ความสำคัญกับข้าวหอมมะลิอย่างมาก มีการกำหนดยุทธศาสตร์ข้าวหอมมะลิเป็นยุทธศาสตร์หลักลำดับที่ 1 ของจังหวัด มีเป้าหมายเพื่อเป็นศูนย์กลางการผลิตข้าวหอมมะลิของโลก เพราะฉะนั้นธุรกิจโรงสีข้าวจึงมีความสำคัญอย่างมากในการจัดการด้านโลจิสติกส์ เพื่อให้การจัดการธุรกิจโรงสีข้าวมีศักยภาพเพียงพอ จึงได้มีการใช้ตัวชี้วัดมาช่วยในการจัดการด้านโลจิสติกส์ 4 ด้านคือ ด้านการจัดการกระจายสินค้า ด้านการจัดการสินค้าคงเหลือ ด้านการจัดการการขนส่ง และด้านการจัดการสารสนเทศ ในแต่ละด้านจะมีการทำงานที่แตกต่างกันไป โดยให้มีการดำเนินการเคลื่อนย้ายสินค้าผ่านช่องทางการจัดจำหน่ายเพื่อความพึงพอใจของลูกค้า ได้มีการจัดการและควบคุมสินค้าวัตถุดิบทั้งหมดที่มีอยู่ก่อนที่จะนำไปสู่กระบวนการผลิต การเคลื่อนย้ายสินค้าจากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่งให้อย่างสมบูรณ์และยังมีการรวบรวมจัดเก็บข้อมูลการประมวลผลโดยใช้เครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ เพื่อความเป็นระบบและรวดเร็วอีกด้วย ตัวชี้วัดที่นำมาใช้ในการทำงานจะทำให้ผู้ประกอบการธุรกิจโรงสีข้าวได้พบปัญหาและอุปสรรคของการจัดการโลจิสติกส์ และจะได้นำปัญหาเหล่านี้มาแก้ไขสิ่งที่จะได้ก็จะทำให้การจัดการด้านโลจิสติกส์มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

วุฒิพงษ์ (2548) ได้ทำการศึกษาการขนส่งข้าวในประเทศเพื่อการส่งออก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะของกิจกรรมทั่วไป โดยเน้นต้นทุนส่วนต่างๆ ในการจัดการและขนส่งข้าวเพื่อทำการส่งออก ตั้งแต่โรงสีข้าวไปจนถึงท่าเรือที่ทำการส่งออก โดยแบ่งกิจกรรมทั้งหมดออกเป็น 3 ส่วน คือ การขนส่งจากโรงสีไปโรงงานปรับปรุงคุณภาพ การจัดการข้าวที่โรงงานปรับปรุงคุณภาพข้าว และการขนส่งจากโกดังของผู้ประกอบการส่งออกไปที่ท่าเรือที่ส่งออก จากการศึกษาพบว่า ข้าวที่ทำการส่งออกมีทั้งหมดแบ่งออกได้ 7 ชนิดคือ ข้าวขาว ข้าวหอม ข้าวปลายข้าว ข้าวเหนียว ข้าวนึ่ง ข้าวกล้องและข้าวอื่นๆ มีการส่งออกข้าวไปจำหน่ายทุกภูมิภาคของโลก ปัจจัยที่ผลต่อการเลือกรูปแบบการขนส่งคือ รูปแบบการค้า ประเทศผู้ซื้อ รูปแบบของเรือที่ขนส่ง ท่าเรือที่ส่งออก ชนิด

ข้าว รูปแบบหีบห่อ ปริมาณส่งออก ที่ตั้งโรงงานหรือโกดัง ต้นทุน และเวลาในการขนส่ง การขนส่งจากโรงสีไปโรงงานปรับปรุงคุณภาพข้าวอาจจะมีการใช้ท่าเรือส่งออกที่สำคัญได้แก่ ท่าเรือแหลมฉบัง ท่าเรือกรุงเทพและท่าเรือเกาะสีชัง แต่โดยส่วนใหญ่จะมีการใช้รถบรรทุกสิบล้อเป็นหลัก ส่วนด้านการจัดการข้าวที่โรงงานปรับปรุงคุณภาพข้าวประกอบด้วยการ ทำความสะอาดข้าว การผสมข้าว การอบยาเพื่อป้องกันแมลงและการบรรจุหีบห่อ ต้นทุนที่ใช้ในการขนส่งข้าวเพื่อการส่งออกของประเทศไทย จากการคำนวณที่ได้จากการศึกษามีมูลค่าทั้งหมด 7,551,242,033 บาท หรือ 747 บาทต่อตัน โดยได้ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบทางเลือกเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพในการส่งออกข้าว 3 ทางเลือกคือ การสนับสนุนให้ผู้ประกอบการใช้ระบบขนส่งทางราง, การใช้ท่าข้าวกำนันทรงเป็นศูนย์กลางในการส่งออกและการสร้างศูนย์ปรับปรุงคุณภาพข้าวที่ท่าเรือแหลมฉบัง พบว่าทางเลือกที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการขนส่งข้าวทั้งประเทศมากที่สุดคือการสร้างศูนย์ปรับปรุงคุณภาพข้าวจะมีต้นทุนลดลงร้อยละ 19

พิมลพร (2550) ได้ทำการวิจัยในหัวข้อการพยากรณ์ปริมาณผลผลิตข้าวนาปีด้วยแบบจำลองเชิงปริมาณ มีวัตถุประสงค์เพื่อพยากรณ์ปริมาณผลผลิตข้าวนาปีด้วยเทคนิคการพยากรณ์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับเทคนิคการวิเคราะห์อนุกรมเวลา และเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ผลผลิตข้าวนาปีระหว่างเทคนิคการพยากรณ์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับเทคนิคการวิเคราะห์อนุกรมเวลา จากการศึกษาพบว่าแบบจำลอง BPN ที่สร้างขึ้นจากเทคนิคการวิเคราะห์อนุกรมเวลามีความถูกต้องและความสามารถในการใช้งานทั่วไปสูงกว่าแบบจำลอง BPN ที่สร้างขึ้นจากเทคนิคความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในการพยากรณ์ระยะสั้น (1เดือนล่วงหน้า) จึงเป็นแบบจำลองที่สมควรนำไปประยุกต์ใช้งานเพราะนอกจากจะสามารถพยากรณ์ในระยะสั้นได้แล้วก็ยังสามารถใช้ในการพยากรณ์ในระยะอื่นๆ เช่น ระยะกลาง (3 ถึง 6 เดือน) และระยะยาว (1ปี) ทำให้สามารถประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายกว่าแบบจำลอง BPN ที่สร้างขึ้นจากเทคนิคความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่จำกัดการใช้งานอยู่แค่ในระยะสั้นๆ (1เดือนล่วงหน้า) ส่วนการใช้พยากรณ์ในระยะยาวนั้นจะต้องเพิ่มความยุ่งยากในการประมาณค่าตัวแปรปัจจัยการผลิตอื่นๆ เช่น พื้นที่เพาะปลูก อุณหภูมิ และปริมาณน้ำฝน เป็นต้น ทำให้มีความซับซ้อนมากขึ้นในกระบวนการพยากรณ์ อย่างไรก็ตามแบบจำลองการพยากรณ์ด้วยเทคนิควิเคราะห์อนุกรมเวลานี้มีความลำเอียงแบบ Overestimate ดังนั้นการนำไปใช้งานควรต้องคำนึงถึงประเด็นนี้เสมอ

วรการ (2548) ได้ทำการวิจัยในหัวข้อเรื่อง การพัฒนาดัชนีชี้วัดสมรรถนะกระบวนการใช้โลจิสติกส์ของโรงสีข้าวหอมมะลิ เพื่อการส่งออกในจังหวัดร้อยเอ็ด มีวัตถุประสงค์ประการแรกเพื่อศึกษาการดำเนินงานตามกระบวนการโลจิสติกส์ ประการที่สองเพื่อศึกษาปัญหาจากการดำเนินงานใน 4 กิจกรรมหลังที่เป็นต้นทุนของกระบวนการโลจิสติกส์ และประการที่สามเพื่อพัฒนาดัชนีชี้วัดที่จำเป็นในการดำเนินงานใน 4 กิจกรรมหลักกระบวนการโลจิสติกส์ โดยกระบวนการโลจิสติกส์และปัญหาที่เกิดขึ้นใน 4 กิจกรรมที่เป็นต้นทุนหลักที่มุ่งเน้น การสั่งซื้อ การจัดการคลังสินค้า การขนส่ง

และการจัดส่งสินค้า การติดต่อสื่อสารและแลกเปลี่ยนข้อมูลในโรงสีข้าวซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญในการกำหนดคุณภาพและต้นทุนราคาข้าวหอมมะลิ และยังมีการกำหนดระบบดัชนีที่สะท้อนผลการดำเนินงานและปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้น เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการโลจิสติกส์ของโรงสีข้าวหอมมะลิให้ดีขึ้น ลดต้นทุนค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากปัญหาต่างๆ โดยมีการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสัมภาษณ์ผู้ประกอบการโรงสีข้าวหอมมะลิเพื่อการส่งออก พบว่าในการขนส่งและจัดส่งสินค้าจากโรงสีข้าวนั้น เริ่มตั้งแต่เกษตรกรหรือพ่อค้ารวม เมื่อทำขั้นตอนเกี่ยวกับเอกสารเสร็จเรียบร้อยแล้ว ต่อจากนั้นรถบรรทุกจะนำข้าวไปกองยังจุดพักข้าวเปลือกก่อนการนำเข้าสู่เก็บยังไซโลและข้าวเปลือกก็จะถูกบรรทุกไปยังไซโลเก็บ ในการเก็บข้าวมีการกำหนดพื้นที่ในการวางกระสอบข้าวสารไว้ เพื่อให้ง่ายต่อการบริหารข้าวสารในการวางกระสอบข้าว และการส่งข้าวสารไปจำหน่ายให้ลูกค้า มีการจำหน่ายผู้ค่าส่งและปลีกภายในภาคตะวันออกเฉียงเหนือจำหน่ายยังตลาดในต่างจังหวัดภาคกลางและภาคใต้ และต่างประเทศอีกด้วย

พรรณวดี และคณะ (2552) ได้ศึกษาการสร้างตัวแบบห่วงโซ่อุปทานสำหรับอุตสาหกรรมกุ้งแช่เยือกแข็ง โดยทำการศึกษาความสัมพันธ์ของกระบวนการทำงานในห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมกุ้งแช่เยือกแข็งซึ่งเป็นกุ้งเลี้ยง และศึกษาต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละกระบวนการ และสร้างตัวแบบห่วงโซ่อุปทานเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ต้นทุนรวมของอุตสาหกรรมกุ้งแช่เยือกแข็ง โดยขอบเขตของงานวิจัยนั้นเริ่มตั้งแต่ฟาร์มเลี้ยงกุ้งไปจนถึงการขนย้ายผลิตภัณฑ์ไปยังท่าเรือเพื่อส่งออกให้กับลูกค้า จากผลการศึกษาพบว่า ห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมกุ้งแช่เยือกแข็งประกอบด้วยองค์กรธุรกิจ 5 ประเภทคือ ฟาร์มกุ้ง แพกุ้ง ตลาดกลางซื้อ - ขายกุ้ง ห้องเย็น และท่าเรือ โดยมีวิธีการทางตลาด 4 รูปแบบด้วยกัน ซึ่งแต่ละภูมิภาคมีวิธีทางการตลาดที่แตกต่างกันเนื่องจากเหตุผลของฤดูกาลที่ต่างกัน และจากการวิเคราะห์ต้นทุนที่เกิดขึ้นด้วยการเขียนฟังก์ชั่นคณิตศาสตร์เพื่อหาต้นทุนรวมที่น้อยที่สุด ทำให้ทราบต้นทุนรวมของอุตสาหกรรมกุ้งแช่เยือกแข็งของประเทศไทย เท่ากับ 53,836.73 ล้านบาท

สฎชัย (2546) ได้ทำการศึกษาในเรื่องของ การจำลองตัวแบบปัญหาขนส่งในการจัดการโลจิสติกส์และห่วงโซ่อุปทาน โดยมีวัตถุประสงค์สำคัญอยู่ 2 ประการ คือ เพื่อศึกษาหลักการเกี่ยวกับการจัดการโลจิสติกส์และห่วงโซ่อุปทาน และเพื่อวิเคราะห์ต้นทุนค่าขนส่งรวมและปริมาณการกระจายสินค้าจากตัวแบบปัญหาการขนส่ง และจากการศึกษาจากตัวแบบกรณีศึกษาเพื่อใช้ในการวิเคราะห์คือ มีโรงงานอยู่ 3 แห่งต้องขนส่งสินค้าไปยังศูนย์กระจายที่มีอยู่ 4 แห่ง โดยต้องการหาวิธีที่ทำให้ต้นทุนค่าขนส่งรวมต่ำที่สุด ซึ่งมีการใช้วิธีวิเคราะห์เพื่อหาคำตอบ คือ วิธี Northwest Conner วิธี Least Cost และวิธี VAM (Vogel's approximation method) แล้วนำคำตอบที่ได้มาเปรียบเทียบเพื่อให้วิธีที่ต้นทุนที่ได้ต่ำกว่า แล้วนำไปทดสอบและปรับปรุงด้วยวิธี MODI (Modified Distribution Method) เพื่อให้ได้วิธีที่ให้ต้นทุนต่ำที่สุด ผลการศึกษาพบว่า การวิเคราะห์หาคำตอบเริ่มต้นด้วยวิธี Least Cost และวิธี VAM จะให้ต้นทุนที่ต่ำกว่าวิธี Northwest

Conner โดยคำตอบที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Least Cost และวิธี VAM มีค่าเท่ากันเมื่อนำไปทดสอบและปรับปรุงด้วยวิธี MODI แล้วดัชนีปรับปรุงไม่ติดลบแสดงว่าเป็นคำตอบที่ให้ต้นทุนต่ำที่สุด

บทที่ 3
วิธีดำเนินโครงงาน

ในการศึกษาวิจัยนี้เป็นการศึกษาเรื่องการใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการขนส่งของห่วงโซ่อุปทานข้าว โดยมีกำหนดวิธีการดำเนินการวิจัยตามลำดับ ดังนี้

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

การศึกษาวิจัยการสร้างตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการขนส่งของห่วงโซ่อุปทานข้าวในเขตจังหวัดพิษณุโลก มีวิธีการในการศึกษาและวิจัยทั้งสิ้น 7 ขั้นตอนด้วยกัน ดังนี้

3.1.1 ศึกษาหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับระบบห่วงโซ่อุปทาน ระบบโลจิสติกส์ ลักษณะการขนส่งสินค้า และโครงสร้างต้นทุนในการขนส่งสินค้า

เป็นการศึกษาในเรื่องทฤษฎีและหลักการของระบบห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain Management) ระบบโลจิสติกส์ (Logistics) รวมทั้งศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับการขนส่ง ต้นทุนในการขนส่งสินค้าและต้นทุนโลจิสติกส์ เพื่อเป็นความรู้และแนวทางในการดำเนินงานวิจัย

3.1.2 ศึกษาทฤษฎีที่ใช้ในการคำนวณตัวแบบคณิตศาสตร์ปัญหาการขนส่ง ต้นทุนการขนส่ง และการตัดสินใจในการเลือกรูปแบบการขนส่ง

เป็นการศึกษาทฤษฎีและวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหาการขนส่ง เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบที่ดีที่สุด เพื่อนำมาประกอบในการวิเคราะห์และคำนวณในการจัดทำตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการขนส่ง เพื่อให้ได้มาซึ่งต้นทุนในการขนส่งอันเนื่องมาจากค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำที่สุด

3.1.3 เก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการจัดทำตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับแก้ปัญหาการขนส่งของห่วงโซ่อุปทานข้าวในเขตจังหวัดพิษณุโลก

เป็นการศึกษารวบรวมข้อมูลของระบบห่วงโซ่อุปทาน และโลจิสติกส์ข้าวในเขตจังหวัดพิษณุโลก โดยรวมรวบข้อมูลที่เกี่ยวข้อง อาทิเช่น ข้อมูลเส้นทางการไหลตั้งแต่ผู้ผลิตจนถึงผู้บริโภคในระบบห่วงโซ่อุปทาน ข้อมูลในส่วนของจำนวนและสถานที่ตั้งของโรงสีข้าวและท่าข้าว กำลังการผลิตของโรงสีข้าว ขนาดความจุของท่าข้าว และข้อมูลความต้องการข้าวของประชาชนในพื้นที่ และข้อมูลของผู้ปลูกข้าว เป็นต้น

3.1.4 วิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น ลักษณะทั่วไปของการขนส่ง ต้นทุนในการขนส่ง

เป็นขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บรวมรวมมาทั้งข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิ โดยเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น เพื่อให้ทราบถึงลักษณะทั่วไปของการขนส่งข้าวในเขตจังหวัดพิษณุโลก รวมทั้งขั้นตอนการขนส่ง และต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในขนส่ง

3.1.5 สร้างตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับแก้ปัญหาการขนส่ง วิเคราะห์และคำนวณหาต้นทุนการขนส่งอันเนื่องมาจากค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำสุด

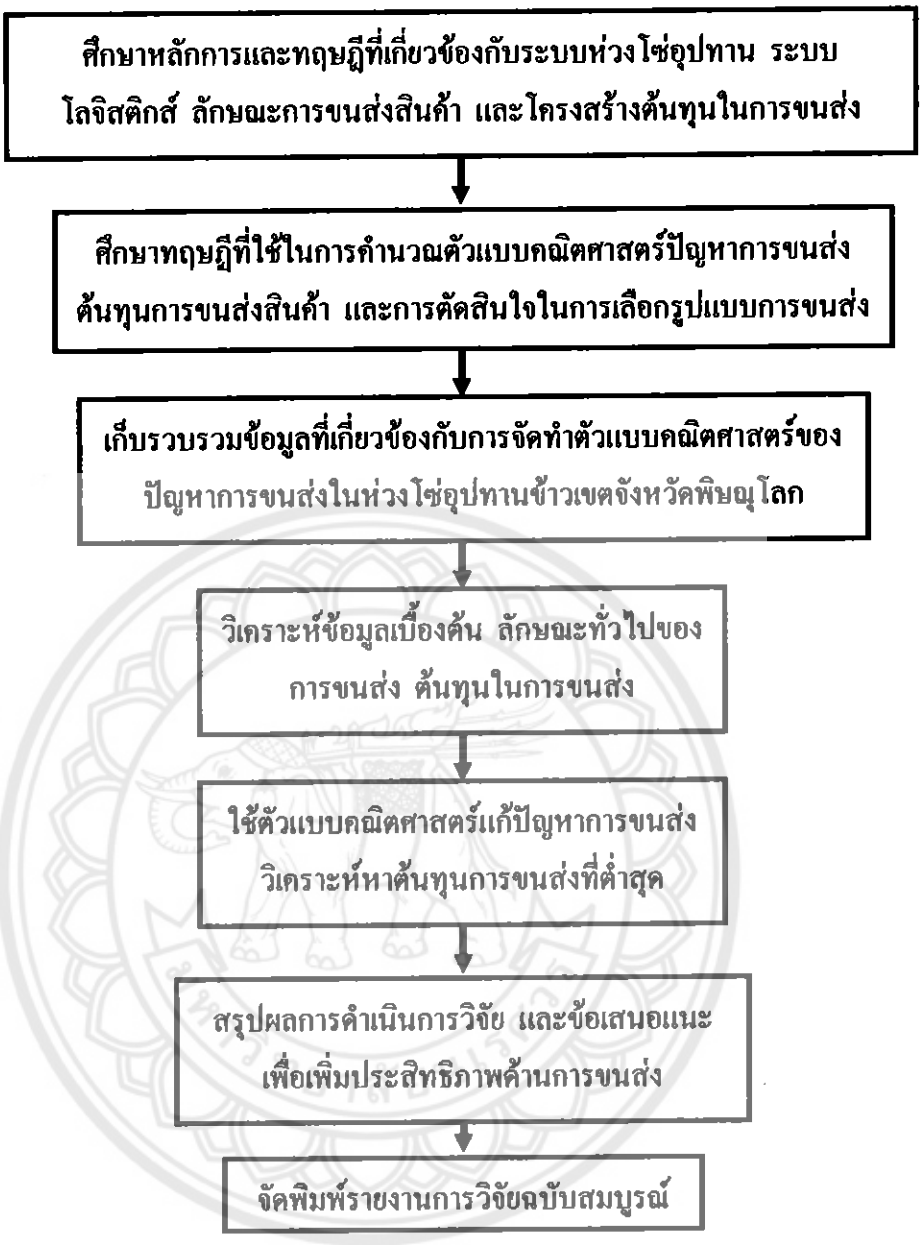
เป็นการใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับแก้ปัญหาการขนส่งของห่วงโซ่อุปทานข้าวในเขตจังหวัดพิษณุโลก โดยการกำหนดค่าตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการตัดสินใจ และใช้วิธีการแก้ปัญหาสมการทางคณิตศาสตร์ เพื่อคำนวณและวิเคราะห์หาต้นทุนในการขนส่งข้าวอันเนื่องมาจากค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำที่สุด ตั้งแต่การขนส่งจากผู้ปลูกข้าวไปยังท่าข้าว การขนส่งข้าวจากท่าข้าวไปยังโรงสีข้าว และการขนส่งจากโรงสีข้าวไปยังพ่อค้าขายส่ง และหาปริมาณและเส้นทางการไหลที่เหมาะสมของข้าวเปลือกและข้าวสาร

3.1.6 สรุปผลการดำเนินการวิจัย และข้อเสนอแนะเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพด้านการขนส่ง

นำคำตอบหรือผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์และคำนวณ มาสรุปผลและแนะนำข้อเสนอแนะ

3.1.7 จัดพิมพ์รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

จัดทำรายงานการศึกษาวิจัยฉบับสมบูรณ์ โดยปฏิบัติตามขั้นตอนและรูปแบบของคู่มือการเขียนปริญญานิพนธ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ฉบับ พ.ศ. 2552



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการศึกษาระบบห่วงโซ่อุปทานข้าวในประเทศไทย

จากรูปที่ 3.1 สามารถอธิบายขยายความในขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลได้ดังนี้ การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อนำใช้ในงานวิจัยการศึกษาระบบห่วงโซ่อุปทานข้าวในประเทศไทย โดยข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้นั้นต้องมีความใหม่ และความถูกต้อง เพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ถูกต้อง ซึ่งในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เริ่มตั้งแต่การศึกษารวบรวมข้อมูลจากงานวิจัย และทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อหาแนวทางในการนำมาใช้กับงานวิจัย หลังจากนั้นจึงจะเก็บรวบรวมข้อมูลในส่วนของพื้นที่เพาะปลูกข้าวและปริมาณผลผลิตในแต่ละจังหวัดในเขตภาคเหนือตอนล่าง ข้อมูลทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับระบบห่วงโซ่อุปทานและโลจิสติกส์ของข้าวในประเทศไทย ซึ่งได้แก่ โครงสร้างระบบห่วงโซ่อุปทานของข้าวเปลือกและข้าวสาร จำนวนโรงสีข้าวและท่าข้าวในเขตภาคเหนือตอนล่าง ความต้องการข้าวในแต่ละจังหวัด เป็นต้น รวมทั้งข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องด้วย ซึ่งในการเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการวิจัยในครั้งนี้จะประกอบด้วยข้อมูลทั้ง 2 ส่วนด้วยกัน ได้แก่ ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) และข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data)

ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) เป็นข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการณ์ หรือสัมภาษณ์ผู้เกี่ยวข้องในระบบห่วงโซ่อุปทานข้าว โดยจะเป็นการสัมภาษณ์ตั้งแต่ต้นน้ำของห่วงโซ่อุปทาน จนมาถึงปลายน้ำของห่วงโซ่อุปทาน เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลในสิ่งที่สนใจจะศึกษา และครอบคลุมวัตถุประสงค์ โดยวิธีการสัมภาษณ์ทางโทรศัพท์ หรือสัมภาษณ์โดยตรง ผลที่ได้จากการสัมภาษณ์ได้นำมาประมวลและเรียบเรียง โดยมีรูปแบบการนำเสนอเป็นการเขียนเชิงพรรณนา

ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) เป็นข้อมูลที่ได้จากการศึกษา ค้นคว้า และเรียบเรียง จากแหล่งข้อมูลต่างๆ เช่น อินเตอร์เน็ต บทความ หนังสือหรือสิ่งพิมพ์อื่นๆ หรือข้อมูลจากหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง อาทิเช่น กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ , กรมการข้าว , สำนักพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าว , สมาคมโรงสีแห่งประเทศไทย , กรมการค้าภายใน กระทรวงพาณิชย์ , สำนักงานเกษตรจังหวัด , สภาหอการค้าไทย เป็นต้น

สำหรับขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลกล่าวได้ดังนี้ เมื่อทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจนครบถ้วนแล้ว จึงนำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์เพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ ไปทำการศึกษาในเรื่อง การสร้างตัวแบบปัญหาการขนส่งของห่วงโซ่อุปทานข้าว โดยการวิเคราะห์นั้นจะแบ่งได้ 2 ส่วน คือ

วิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนา (Descriptive Analysis) เป็นการรวบรวมข้อเท็จจริงและข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากการศึกษา ค้นคว้า การสังเกตการณ์และการสัมภาษณ์ มาทำการอธิบายการดำเนินงานทุกขั้นตอน ตั้งแต่กระบวนการปลูกข้าวและ กระบวนการสีข้าว จนถึงผู้บริโภค เพื่อให้เข้าใจระบบการจัดการห่วงโซ่อุปทานทั้งระบบ แล้วจึงนำมาวิเคราะห์เพื่อใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาการขนส่ง

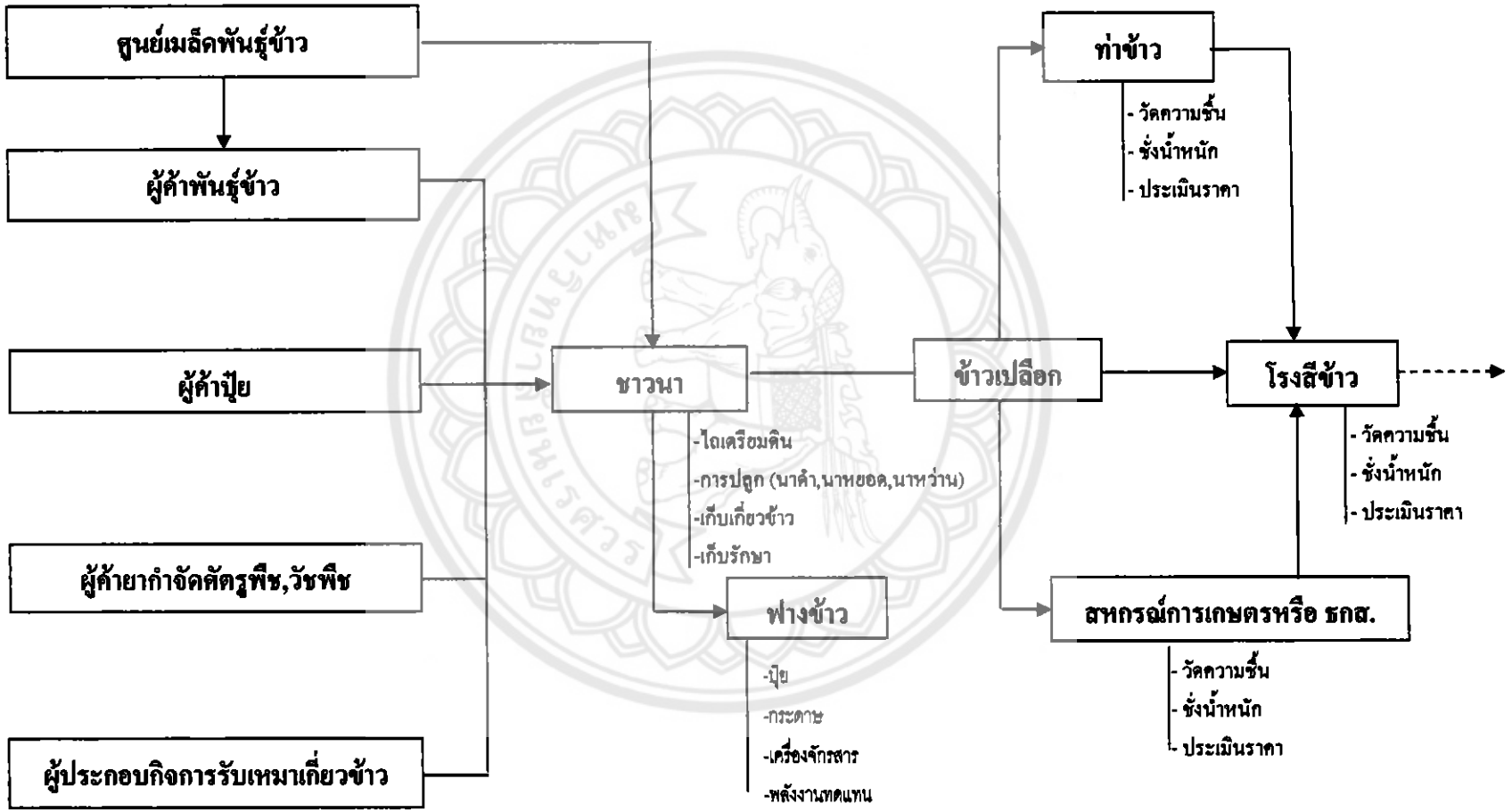
วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ (Quantities Analysis) เป็นการคำนวณห่วงโซ่อุปทานทางด้านต้นทุนการขนส่ง โดยนำตัวเลขที่ได้จากการเก็บรวมรวมข้อมูลมาวิเคราะห์และคำนวณจากการใช้ตัวแบบ

คณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาการขนส่ง และการแก้ตัวแปรในสมการคณิตศาสตร์ เพื่อที่จะหาต้นทุนของการขนส่งอันเนื่องมาจากค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำที่สุดในระบบห่วงโซ่อุปทานข้าวในเขตจังหวัดพิษณุโลก

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิเคราะห์

4.1 โครงสร้างระบบโลจิสติกส์ข้าว

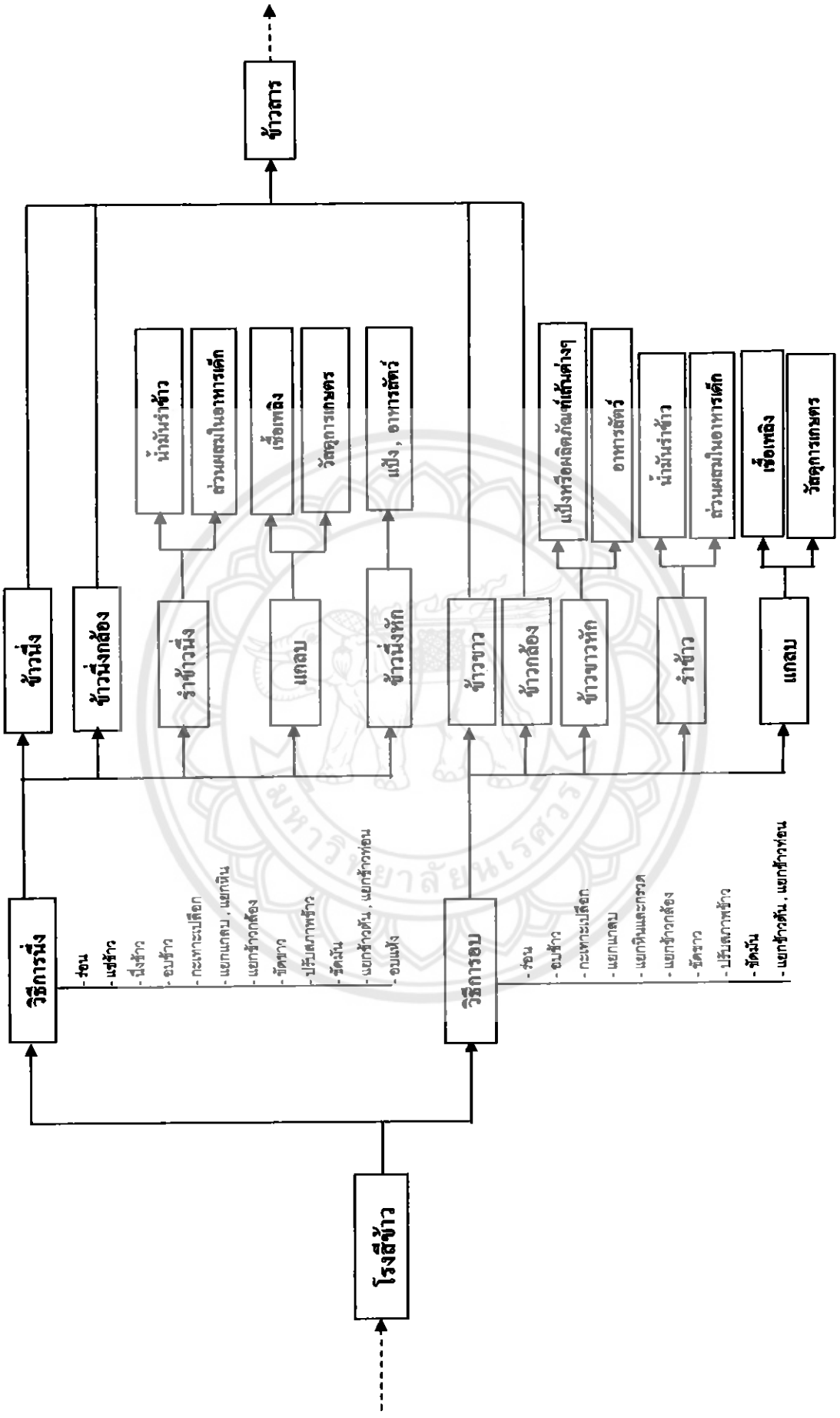
โครงสร้างระบบโลจิสติกส์ของข้าวไทยนั้นประกอบไปด้วยผู้ที่เกี่ยวข้องหลายภาคส่วนด้วยกัน โดยจะเริ่มตั้งแต่ชาวนาซึ่งเป็นผู้ผลิตเริ่มแรกในระบบห่วงโซ่อุปทานข้าว ซึ่งการที่จะทำการเพาะปลูกข้าวได้นั้นจะต้องอาศัยปัจจัยภายนอกหลายส่วน ซึ่งได้แก่ เมล็ดพันธุ์ข้าว ปุ๋ย ยากำจัดศัตรูพืชและวัชพืช และการว่าจ้างผู้รับเหมาเกี่ยวข้าวเพื่อมาทำการเก็บเกี่ยวข้าว โดยปกติแล้วชาวนาจะซื้อเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ต้องการเพาะปลูกมาจากศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าว ซึ่งปัจจุบันศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวในประเทศไทยมีจำนวนทั้งสิ้น 23 แห่ง (สำนักพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าว กรมการข้าว, 2552) และจากข้อมูลของศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวพิษณุโลกเมื่อเดือนตุลาคม พ.ศ. 2552 พบว่า ชาวนาในส่วนที่อยู่ห่างไกลจากศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวจะซื้อพันธุ์ข้าวจากผู้ค้าพันธุ์ข้าวรายย่อย ซึ่งผู้ค้าพันธุ์ข้าวรายย่อยนั้นก็จะรับซื้อพันธุ์ข้าวสำหรับเพาะปลูกมาจากศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวเช่นกัน แต่ในกรณีของชาวนาบางรายอาจจะเพาะเมล็ดพันธุ์ข้าวเพื่อทำการปลูกจากข้าวรุ่นที่ผ่านมาก็เป็นได้ แต่ข้าวที่ชาวนาเพาะเป็นเมล็ดพันธุ์เองนั้นคุณภาพของข้าวก็จะไม่ดีเท่ากับเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ถูกผลิตมาจากศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าว สำหรับในส่วนของปุ๋ยและยากำจัดศัตรูพืชและวัชพืชนั้น ชาวนาจะทำการซื้อหามาจากผู้ค้าปุ๋ยและผู้ค้ายากำจัดศัตรูพืชและวัชพืช ซึ่งโดยปกติแล้วไม่ว่าจะเป็นผู้ค้าพันธุ์ข้าวรายย่อย ผู้ค้าปุ๋ย และผู้ค้ายากำจัดศัตรูพืชและวัชพืช มักจะเปิดกิจการเป็นร้านจำหน่ายสินค้าในเขตพื้นที่ที่มีการประกอบอาชีพทำนา และจากการสัมภาษณ์ชาวนาในเขตพื้นที่ อ.พรหมพิราม จ.พิษณุโลก เมื่อเดือนตุลาคม พ.ศ. 2552 พบว่าในการว่าจ้างผู้รับเหมาเกี่ยวข้าวนั้น เมื่อถึงฤดูการเก็บเกี่ยวชาวนาจะมาติดต่อโดยตรงกับผู้รับเหมาเกี่ยวข้าวซึ่งมักจะมีอยู่ในเขตพื้นที่ที่ทำการเพาะปลูกข้าว โดยส่วนมากอัตราค่ารับเหมาเกี่ยวข้าวจะตกลงกันเป็นราคาต่อหนึ่งไร่ นอกเสียจากชาวนาและผู้รับเหมาจะตกลงราคากันในรูปแบบอื่น สำหรับแผนผังและกิจกรรมของระบบโลจิสติกส์ข้าวในประเทศไทยช่วงข้าวเปลือกแสดงได้ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แผนผังและกิจกรรมของระบบโลจิสติกส์ข้าวในประเทศไทยช่วงข้าวเปลือก

เมื่อชาวนาได้ทำการจัดซื้อและจัดหาปัจจัยต่างๆ ที่ได้กล่าวมาทั้งหมดแล้วในข้างต้นแล้ว ก็จะมาเริ่มดำเนินการเพาะปลูกข้าวหรือที่เรียกกันว่าการทำนาข้าวนั่นเอง สำหรับกระบวนการในการทำนาข้าวนั้นได้อธิบายไว้ในบทที่ 2 และในขั้นตอนการเก็บรักษาข้าวเปลือกในปัจจุบันจากข้อมูลของการสัมภาษณ์ชาวนาในเขตพื้นที่ อ.พรหมพิราม จ.พิษณุโลก เมื่อเดือนตุลาคม พ.ศ. 2552 พบว่าในปัจจุบันนั้นชาวนาส่วนใหญ่มักจะไม่ได้ทำให้ข้าวเปลือกของตนเองมีความชื้นที่เหมาะสมก่อนขาย อาจจะด้วยปัจจัยทางด้านการเงินหรือด้วยปัจจัยอื่นๆ ทำให้ข้าวส่วนใหญ่ที่ชาวนาขายไปนั้นมีความชื้นสูงกว่า 14% แทบทั้งสิ้น ทำให้ราคาที่ขายได้ก็ต่ำกว่าราคามาตรฐานไปด้วย และหลังจากที่ชาวนาทำการเก็บเกี่ยวข้าวจนเสร็จเรียบร้อยแล้วนั้น ก็จะมีผลิตภัณฑ์ที่ได้ก็คือฟางข้าว ซึ่งชาวนาส่วนใหญ่มักใช้ฟางข้าวมาใช้ทำเป็นปุ๋ยเพื่อปรับปรุงดินก่อนเริ่มทำการเพาะปลูกครั้งใหม่ หรือใช้เป็นอาหารสำหรับเลี้ยงสัตว์ แต่ฟางข้าวนั้นยังสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่น ใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษ ใช้เป็นกันกระแทกในการบรรจุภัณฑ์ ใช้ผลิตเป็นเครื่องจักสาร ใช้ผลิตสารให้ความหวานไซลิทอล (Xylitol) เป็นต้น

จากรูปที่ 4.1 จะเห็นได้ว่า ข้าวเปลือกที่ผ่านการเก็บเกี่ยวแล้วนั้นก็จะถูกส่งไปแปรสภาพเป็นข้าวสาร จะมีคนกลางในการรับซื้อข้าวเปลือกก่อนที่จะส่งต่อไปยังโรงสีข้าวอยู่ 2 ประเภทด้วยกัน ได้แก่ ท่าข้าว และสหกรณ์การเกษตรหรือธนาคารการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร (ธกส.) การที่ชาวนาจะเลือกขายข้าวเปลือกให้ใครนั้นมักจะมองถึงเรื่องของราคาการรับซื้อข้าวเป็นสำคัญ ไม่จำเป็นว่าจะต้องขายให้กับผู้รับซื้อเจ้าเดิมแบบผูกขาด สำหรับท่าข้าวและสหกรณ์การเกษตรหรือ ธกส. จะทำการติดต่อรับซื้อข้าวเปลือกจากชาวนา ก็จะต้องมีกระบวนการหลักๆ ได้แก่ การวัดความชื้นของข้าวเปลือก การชั่งน้ำหนัก และการตีราคาข้าวเปลือกให้กับชาวนา เมื่อข้าวเปลือกที่รับซื้อมาจากชาวนานั้นมีมากพอจนถึงระดับที่กำหนดไว้ ก็จะนำข้าวเปลือกนั้นไปขายให้กับโรงสีข้าวต่อไป แต่ถ้าหากว่าชาวนามีความพึงพอใจที่จะขายข้าวให้กับโรงสีข้าวโดยตรงโดยไม่ต้องผ่านคนกลางดังที่กล่าวมา อาจจะเพราะพื้นที่ที่เพาะปลูกอยู่ใกล้กับโรงสี หรือด้วยปัจจัยอื่นๆ ก็ทำได้เช่นเดียวกัน จากข้อมูล ณ วันที่ 31 ธันวาคม 2549 พบว่าประเทศไทยมีโรงสีขนาดกลางและขนาดใหญ่ที่จดทะเบียนทั้งสิ้น จำนวน 1,729 ราย และมีกำลังการผลิตรวมวันละ 177,399 ตัน (กระทรวงพาณิชย์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2550) โรงสีข้าวที่รับซื้อข้าวเปลือกจากชาวนาก็จะมีกระบวนการในการรับซื้อหลักๆ เหมือนกับท่าข้าวและสหกรณ์การเกษตรหรือ ธกส. สำหรับการขายข้าวเปลือกนั้นชาวนาอาจจะเลือกขายให้กับช่องทางใดช่องทางหนึ่ง หรืออาจจะมีการขายข้าวให้มากกว่าหนึ่งช่องทางก็เป็นไปได้



รูปที่ 4.2 แผนผังและกิจกรรมของระบบโลจิสติกส์ข้าวในประเทศไทยช่วงการสีข้าว

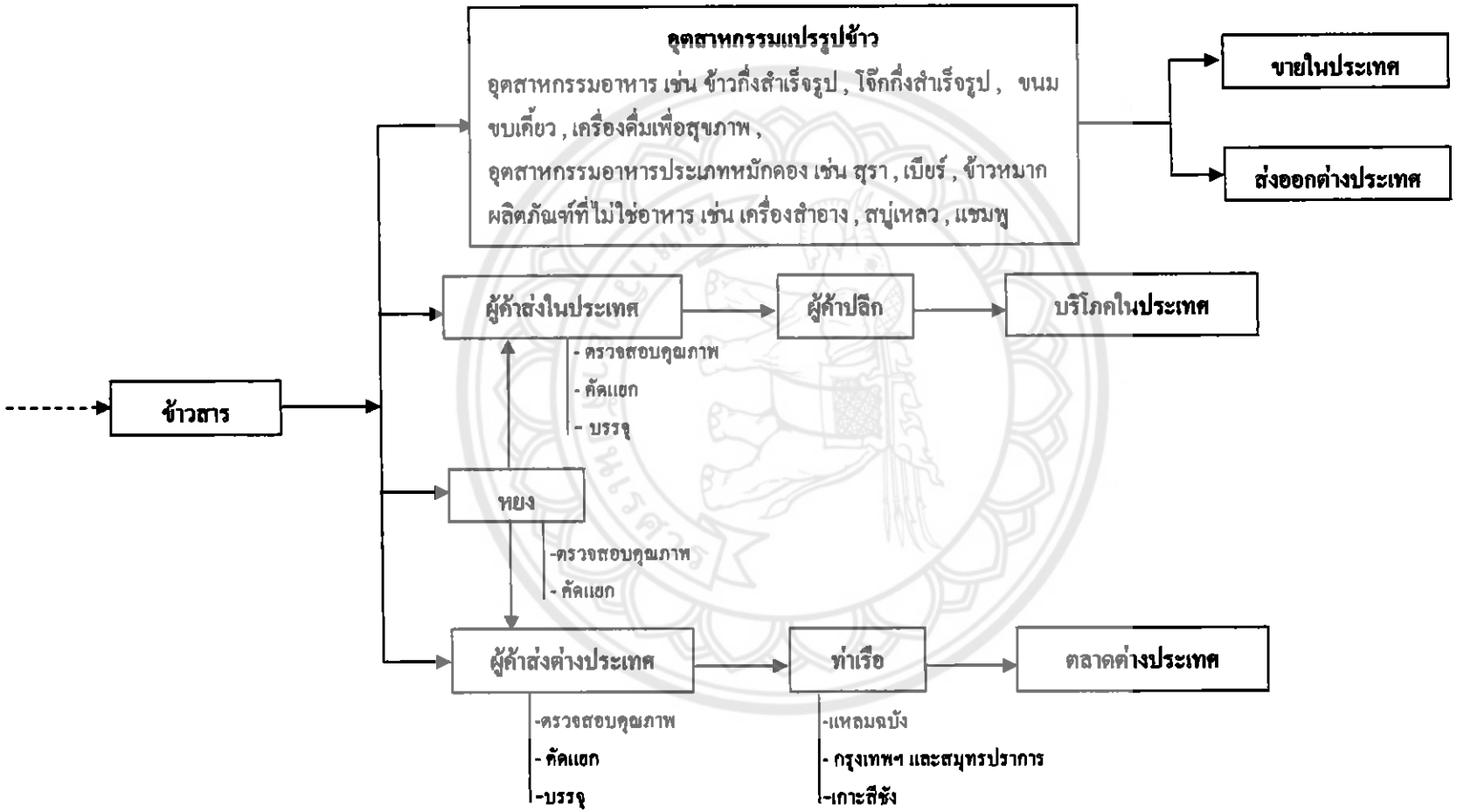
จากรูปที่ 4.2 เมื่อโรงสีข้าวได้รับซื้อข้าวเปลือกจากคนกลางในการรับซื้อข้าวเปลือก หรือรับซื้อมาจากชาวนาโดยตรง ก็จะนำมาเข้าสู่กระบวนการสีข้าว ซึ่งการสีข้าวของโรงสีขนาดใหญ่โดยทั่วไปแล้วจะมี 2 วิธีการด้วยกัน คือ วิธีนึ่ง และวิธีอบ แต่หากเป็นโรงสีขนาดกลางและขนาดเล็กวิธีการสีข้าวนั้นจะทำกันเฉพาะวิธีการอบเท่านั้น โดยการสีข้าวด้วยวิธีทั้งสองนั้น จะทำให้คุณภาพข้าวที่ได้มีความแตกต่างกัน และต้นทุนในการสีข้าวก็จะต่างกันไปด้วย ซึ่งการสีข้าวด้วยวิธีการนึ่งนั้นจะได้คุณภาพของเมล็ดข้าวที่ดีกว่าการสีด้วยวิธีการอบ จึงมักจะส่งออกขายต่างประเทศเป็นส่วนใหญ่ และผลิตภัณฑ์ข้าวที่ได้จากการสีข้าวด้วยนั้นได้แสดงไว้ในภาคผนวก ฉ

ผลพลอยได้ที่ได้จากการสีข้าวด้วยวิธีการนึ่ง คือ แกลบและรำข้าว ในส่วนของรำข้าวนึ่งที่เป็นผลพลอยได้จากการสีข้าวเปลือกด้วยวิธีการนึ่งนั้น จะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย อาทิ เช่น ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น เป็นส่วนผสมในอาหารเด็กอ่อน สกัดเป็นน้ำมันรำข้าว หรือนำมันรำข้าวดิบ นำมาทำไขข้าว (Wax) อีกทั้งรำข้าวยังเป็นแหล่งรวมของวิตามินและสารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย จึงมักจะนำไปทำเป็นอาหารเสริมชนิดต่างๆ หรือนำไปทำเป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์บำรุงผิว เป็นต้น หากบริษัทที่มีความต้องการใช้รำข้าวเพื่อนำไปเป็นวัตถุดิบในการผลิต ก็จะติดต่อขอซื้อรำข้าวจากโรงสีโดยตรง

แกลบก็เป็นอีกผลิตภัณฑ์หนึ่งที่ได้จากการสีข้าวด้วยวิธีการนึ่งเช่นกัน และจากข้อมูลของการสัมภาษณ์โรงสีข้าวในเขต อ.พรหมพิราม จ.พิษณุโลก เมื่อเดือนตุลาคม พ.ศ. 2552 พบว่าโดยส่วนมากแล้วโรงสีข้าวเองจะนำแกลบที่ได้ใช้เป็นเชื้อเพลิงภายในโรงสีข้าว สำหรับแกลบส่วนที่เหลือใช้ก็จะขายให้กับกลุ่มผู้ที่ต้องการนำไปใช้ประโยชน์ต่างๆ สำหรับประโยชน์อื่นๆ ของแกลบนอกจากใช้เป็นเชื้อเพลิงแล้วยังสามารถนำมาทำเป็น วัสดุด้านการเกษตร เช่น การทำปุ๋ยหมัก ใช้กันความชื้นในดอกสัตว์ เป็นต้น มาทำเป็นวัสดุด้านการก่อสร้าง เช่น ใช้เป็นส่วนผสมการผลิตซีเมนต์ เป็นส่วนผสมในการทำอิฐ เป็นต้น และยังสามารถใช้ในด้านอุตสาหกรรม เช่น นำมาทำเป็นสารดูดความชื้นจำพวกซิลิกา ใช้ทำแท่งถ่านอัดขี้เถ้าแกลบเพื่อเป็นเชื้อเพลิง หรือนำมาเผาเป็นเถ้าขาว จนมีคุณสมบัติเป็นด่าง ใช้เป็นส่วนผสมของสบู่ ยาสระผม และน้ำยาล้างจาน เป็นต้น ส่วนข้าวนึ่งหักและปลายข้าวนั้น ประโยชน์ที่ใช้ส่วนใหญ่มักจะนำไปเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมการผลิตแป้ง เช่น แป้งข้าวเจ้า แป้งขนมโก๋ แป้งบริสุทธิ์ แป้งดัดแปร(Modified starch) เป็นต้น ใช้อุตสาหกรรมการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวต่างๆ ใช้เป็นส่วนผสมในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารสัตว์ บริษัทในกลุ่มอุตสาหกรรมต่างๆ ก็จะมาติดต่อกับทางโรงสีโดยตรงเพื่อซื้อข้าวนึ่งหักเพื่อนำไปเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมของตน

อย่างไรก็ตามผลพลอยได้ที่เกิดจากการสีข้าวด้วยวิธีการอบนั้น ซึ่งได้แก่ รำข้าว ข้าวหัก ปลายข้าว และแกลบนั้น การนำไปใช้ประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ก็จะเหมือนกับการสีข้าวด้วยวิธีการนึ่งดังที่กล่าวมาแล้ว แต่จะต่างกันตรงที่ การสีข้าวด้วยวิธีการอบนั้นชนิดของรำข้าวและปลายข้าวจะมี

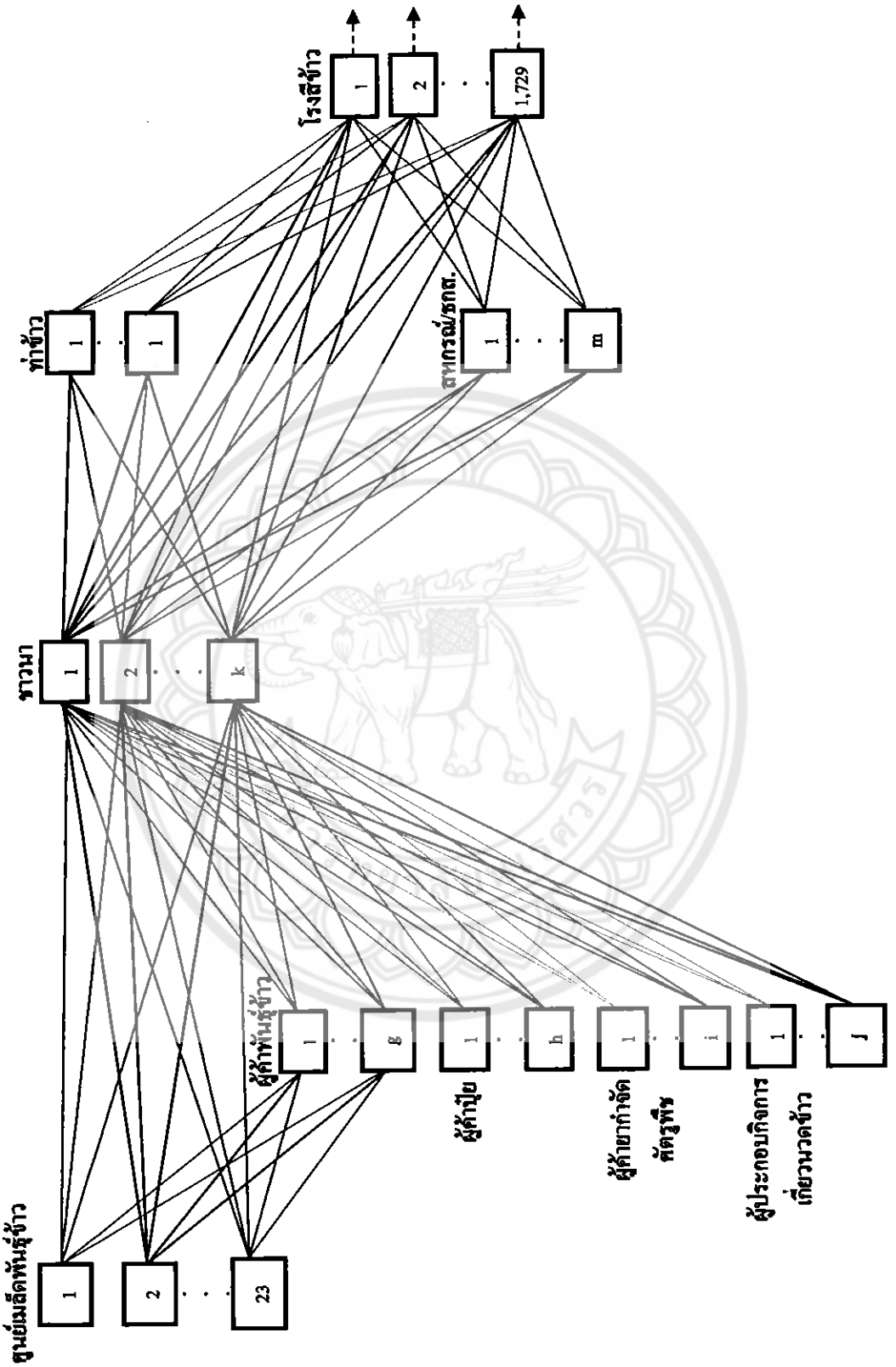
เกรดของความละเอียดและความหยาบที่มีมากกว่าการสีข้าวด้วยวิธีการนึ่ง ดังนั้นอุตสาหกรรมต่างๆ ที่จะมารับซื้อผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสีข้าวด้วยวิธีการอบจะต้องมีการพิจารณากันเพิ่มเติม



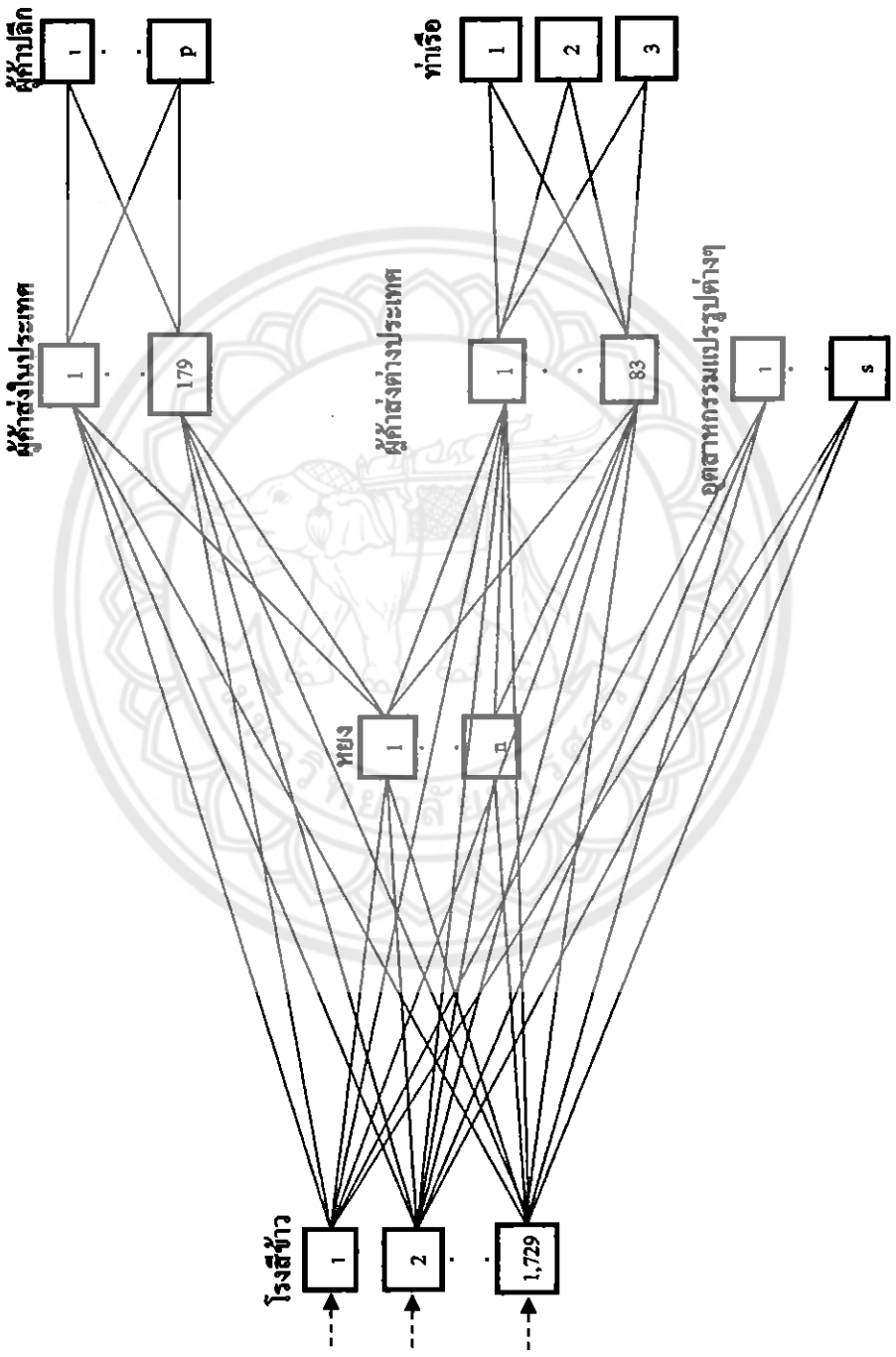
รูปที่ 4.3 แผนผังและกิจกรรมของระบบโลจิสติกส์ข้าวในประเทศไทยช่วงข้าวสาร

จากรูปที่ 4.3 หลังจากข้าวเปลือกที่ผ่านการสีข้าวไม่ว่าจะวิธีการนึ่งหรือวิธีการอบแล้ว ผลิตภัณฑ์ที่ได้ คือ ข้าวสาร โดยการส่งผ่านข้าวสารไปสู่ผู้ประกอบการลำดับถัดไปนั้น อาจจะติดต่อซื้อข้าวสารจากโรงสีโดยตรงโดยผู้ค้าส่งในประเทศหรือผู้ค้าส่งต่างประเทศ หรือมีการติดต่อซื้อข้าวสารจากโรงสีผ่านทางหยง ซึ่งเป็นคนกลางในการรวบรวมและทำหน้าที่ประสานงานข้อมูลในการซื้อขายข้าวสารระหว่างโรงสีและผู้ค้าส่งในประเทศหรือผู้ค้าส่งต่างประเทศ ซึ่งเป็นข้อมูล ณ วันที่ 22 ตุลาคม 2552 จำนวนของผู้ค้าส่งในประเทศมีทั้งสิ้น 179 ราย และจำนวนของผู้ค้าส่งต่างประเทศมีทั้งสิ้น 83 ราย (สมาคมโรงสีข้าวไทย, 2552) เมื่อหยงทำหน้าที่ติดต่อซื้อข้าวสารกับทางโรงสีแล้วก็จะนำข้าวสารมาส่งต่อให้กับผู้ค้าส่งในประเทศหรือผู้ค้าส่งต่างประเทศต่อไป ซึ่งร้านของหยงแต่ละร้านนั้นจะเป็นตัวแทนของโรงสีหลายๆ แห่ง ขณะเดียวกันโรงสีแต่ละแห่งมักจะติดต่อกับหยงมากกว่าหนึ่งราย ในแต่ละวันหยงจะได้รับตัวอย่างข้าวจากโรงสีที่ติดต่อ และจะนำตัวอย่างข้าวเหล่านี้มาแยกตามชนิดและคุณภาพแล้วจะแบ่งเป็นห่อเล็กๆ นำไปเสนอกับบริษัทส่งออกหลายๆ แห่งพิจารณาตามความต้องการที่ลูกค้าสั่งซื้อ หยงต้องรับผิดชอบดูแลการส่งมอบข้าวให้ผู้ซื้อตรงตามปริมาณและคุณภาพที่ตกลงซื้อขายกัน โดยโรงสีเป็นผู้รับภาระค่าใช้จ่ายในการขนส่งจากโรงสีมายังโกดังของผู้ค้าส่งในประเทศหรือผู้ค้าส่งต่างประเทศ และนอกจากนี้หยงยังเป็นผู้รับผิดชอบในเรื่องการชำระเงินระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขายอีกด้วย (อารีย์, 2536) เมื่อผู้ค้าส่งในประเทศและผู้ค้าส่งต่างประเทศได้รับข้าวสารไม่ว่าจะโดยการติดต่อซื้อกับทางโรงสีเองหรือการติดต่อผ่านหยง ก็จะนำข้าวสารนั้นมาผ่านกระบวนการตรวจสอบคุณภาพ คัดแยกข้าวเกรดต่างๆ และทำการบรรจุผลิตภัณฑ์ สำหรับข้าวสารที่รับซื้อโดยผู้ค้าส่งในประเทศนั้น จะถูกส่งขายต่อไปยังผู้ค้าปลีกเพื่อดำเนินการขายข้าวสารให้กับผู้บริโภคในประเทศต่อไป และสำหรับข้าวสารที่รับซื้อโดยผู้ค้าส่งต่างประเทศ ก็จะดำเนินการส่งออกข้าวสารทั้งหมดไปต่างประเทศ โดยผ่านท่าเรือซึ่งปัจจุบันมีท่าเรือ 3 แห่งที่ทำการขนส่งข้าวสาร คือ ท่าเรือแหลมฉบัง ท่าเรือกรุงเทพฯ และสมุทรปราการ ท่าเรือเกาะสีชัง (ดวงกมล, 2550) และจากข้อมูลของการสัมภาษณ์โรงสีข้าวในเขต อ.พรหมพิราม จ.พิษณุโลก เมื่อเดือนตุลาคม พ.ศ. 2552 พบว่าข้าวสารบางส่วนที่จะถูกนำไปแปรรูปในอุตสาหกรรมต่างๆ ผู้รับซื้อข้าวสารเพื่อที่จะนำไปแปรรูปจะติดต่อซื้อข้าวสารกับทางโรงสีโดยตรง ซึ่งโรงสีจะรับผิดชอบการขนส่งข้าวสารมายังผู้รับซื้อทั้งหมด

สำหรับอุตสาหกรรมแปรรูปข้าวสารนั้นมีอยู่หลายประเภทด้วยกัน คือ อุตสาหกรรมอาหาร เช่น ข้าวกึ่งสำเร็จรูป โจ๊กกึ่งสำเร็จรูป ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพในรูปแบบต่างๆ เป็นต้น อุตสาหกรรมอาหารประเภทหมักดอง เช่น ผลิตภัณฑ์ประเภทสุรา เบียร์ ข้าวหมาก เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใช่อาหาร เช่น เครื่องสำอาง สบู่เหลว แชมพู เป็นต้น โดยผลิตภัณฑ์แปรรูปเหล่านี้ จะถูกขายทั้งในประเทศและส่งขายยังต่างประเทศอีกด้วย และสำหรับโครงข่ายโลจิสติกส์ข้าวในประเทศไทยแสดงได้ดังรูปที่ 4.4 และรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.4 โครงข่ายโลจิสติกส์ข้าวในประเทศไทยช่วงข้าวเปลือก

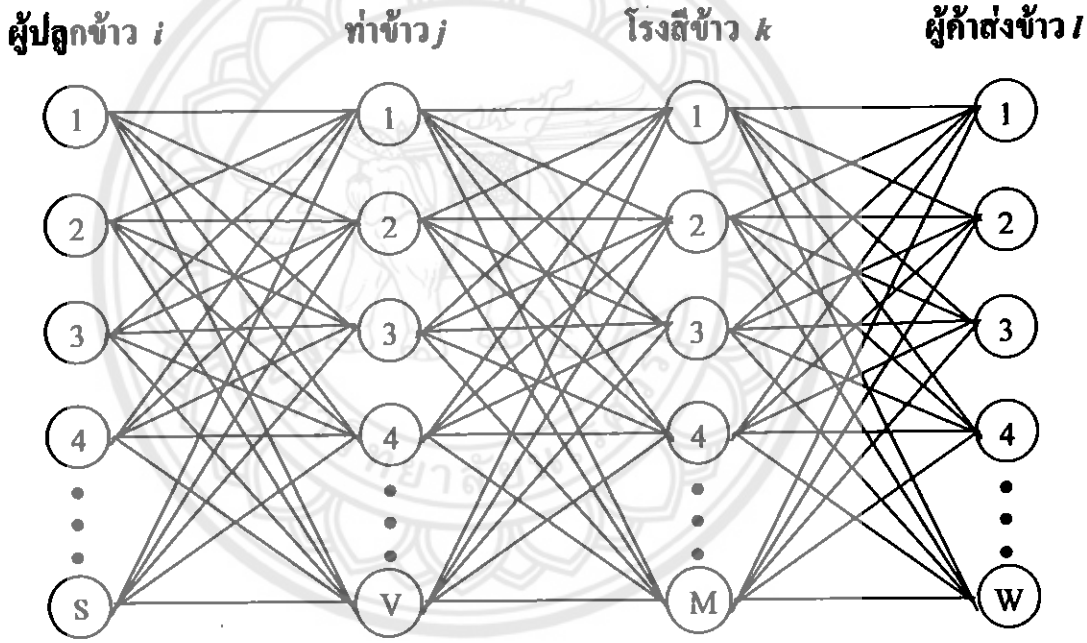


รูปที่ 4.5 โครงข่ายโลจิสติกส์ข้าวในประเทศไทยช่วงข้าวสาร

4.2 แบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งข้าวในเขตจังหวัดพิษณุโลก

การขนส่งข้าวทั้งข้าวสารและข้าวเปลือกไปยังผู้รับในเขตจังหวัดพิษณุโลกซึ่งกระจายอยู่ตามที่ต่างๆ นั้น สามารถเลือกเส้นทางได้หลายเส้นทาง (ดังรูปที่ 4.6) ซึ่งการขนส่งสินค้าแต่ละครั้งจำเป็นต้องเลือกเส้นทางในการขนส่งที่เหมาะสมที่สุดและเกิดค่าใช้จ่ายในการขนส่งอันเนื่องมาจากค่าเชื้อเพลิงต่ำที่สุด โดยพิจารณาจากจุดที่ตั้งของผู้รับสินค้า ระยะทางการขนส่ง ความจุและความสามารถของยานพาหนะที่ใช้ขนสินค้า

แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นนี้จะอยู่ในรูปแบบของสมการคณิตศาสตร์ของปัญหาการขนส่ง (Transportation Problem) และยังมีการจำลองสถานการณ์ต่างๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในระบบ ทั้งนี้เพื่อให้ผู้ศึกษาและผู้ใช้งานวิจัยฉบับนี้สามารถพิจารณาในเรื่องของค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งข้าวเปลือกและข้าวสารในเขตจังหวัดพิษณุโลกได้ครอบคลุมยิ่งขึ้น



รูปที่ 4.6 โครงข่ายของแบบจำลองคณิตศาสตร์การขนส่งข้าวในเขตจังหวัดพิษณุโลก

4.2.1 แบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อหาต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งที่ต่ำที่สุด

แบบจำลองคณิตศาสตร์นี้เป็นการหาค่าต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งข้าวในเขตจังหวัดพิษณุโลก ทั้งข้าวเปลือกและข้าวสาร โดยเริ่มตั้งแต่ผู้ปลูกข้าวไปจนถึงผู้ค้าส่งข้าว โดยคำนึงถึงเพียงหาค่าต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งให้ต่ำที่สุดเท่านั้น มิได้คำนึงถึงปัจจัยภายนอกต่างๆ ที่อาจจะเกิดขึ้น และสำหรับข้อมูลของข้อจำกัดต่างๆ ที่ต้องนำมาใช้ในการคำนวณหาคำตอบรวมไปถึงกำลังการผลิตของผู้ปลูกข้าว ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก และภาคผนวก ข

ข้อตกลงเบื้องต้น

1) กำหนดให้ชาวนาทุกคนในเขตจังหวัดพิษณุโลกขายผลผลิตข้าวเปลือกที่ได้ทั้งหมดให้กับท่าข้าวในเขตจังหวัดพิษณุโลกเท่านั้น

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

3) ยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งจะมีความเร็วคงที่ และอัตราการบริโภคน้ำมันเชื้อเพลิงคงที่

4) ข้าวที่ปลูกในเขตจังหวัดพิษณุโลกจะถูกรับซื้อโดยผู้ค้าส่งข้าวในเขตจังหวัดพิษณุโลกเท่านั้น ดังนั้นจึงกำหนดให้ผู้ค้าส่งข้าวในเขตจังหวัดพิษณุโลกทุกราย มีความสามารถในการรับซื้อข้าวสารเท่ากัน และความสามารถในการรับซื้อข้าวสารต้องเท่ากับจำนวนข้าวสารที่ผลิตได้

5) เนื่องจากเส้นทางการขนส่งนั้นอ้างอิงมาจากแผนที่อิเล็กทรอนิกส์ของกูเกิ้ล (Google Map) ซึ่งสามารถลงรายละเอียดเส้นทางได้เพียงระดับตำบลเท่านั้น ทำให้สถานที่บางแห่งซึ่งอยู่ในตำบลเดียวกันไม่สามารถวัดระยะทางจริงได้ ทั้งนี้จึงมีการกำหนดให้สถานที่ซึ่งอยู่ในเขตตำบลเดียวกันมีระยะทางห่างกัน 1 กิโลเมตร

6) การขนส่งข้าวสาร ณ ที่นี้ หมายถึง ข้าวสารที่มีเกรดสำหรับบริโภคเท่านั้น มิได้รวมผลพลอยได้จากกระบวนการสีข้าวเพื่อประโยชน์อย่างอื่น

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

ดัชนี (Indices)

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

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

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

l = ดัชนีของผู้ค้าส่ง (Wholesellers) $(l = 1, 2, 3, \ldots\ldots, W)$

S = ดัชนีของจำนวนผู้ปลูกข้าว

V = ดัชนีของจำนวนท่าข้าว

M = ดัชนีของจำนวนโรงสีข้าว

W = ดัชนีของจำนวนผู้ค้าส่งข้าว

พารามิเตอร์ (Parameters)

Z = ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง (บาท)

D_{ij} = ระยะทางในการขนส่งผลผลิตข้าวเปลือกจากผู้ปลูกข้าว i ไปยังท่าข้าว j (กิโลเมตร)

D_{jk} = ระยะทางในการขนส่งข้าวเปลือกจากท่าข้าว j ไปยังโรงสีข้าว k (กิโลเมตร)

D_{kl} = ระยะทางในการขนส่งข้าวสารจากโรงสี k ไปยังผู้ค้าส่งข้าว l (กิโลเมตร)

C = อัตราการบริโภคน้ำมันเชื้อเพลิงของยานพาหนะเมื่อมีการบรรทุกเต็มพิกัดความจุ (กิโลเมตร/ลิตร)

Cf = ราคาน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล (บาท/ลิตร)

CP_i = ผลผลิตข้าวเปลือกของผู้ปลูกข้าว i (ตัน)

CP_j = ความสามารถในการจัดเก็บข้าวเปลือกของท่าข้าว j (ตัน)

CP_k = กำลังการผลิตข้าวสารของโรงสีข้าว k (ตัน)

CP_l = ความต้องการรับซื้อข้าวสารของผู้ค้าส่งข้าว l (ตัน)

L = พิกัดบรรทุกของยานพาหนะ (ตัน)

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variable)

X_{ij} = ปริมาณการขนส่งผลผลิตข้าวเปลือกจากผู้ปลูกข้าว i ไปยังท่าข้าว j (ตัน)

X_{jk} = ปริมาณการขนส่งข้าวเปลือกจากท่าข้าว j ไปยังโรงสีข้าว k (ตัน)

X_{kl} = ปริมาณการขนส่งข้าวสารจากโรงสีข้าว k ไปยังผู้ค้าส่งข้าว l (ตัน)

สมการเป้าหมาย (Objective function)

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

เป็นสมการหาต้นทุนค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำที่สุด (Minimize) ในการขนส่งข้าวเปลือกจากผู้ปลูกข้าว i ไปยังท่าข้าว j จากท่าข้าว j ไปยังโรงสีข้าว และจากโรงสีข้าว k ไปยังผู้ค้าส่งข้าว l

จากสมการเป้าหมายข้างต้นสามารถลดรูปสมการใหม่ได้ดังนี้

$$MinZ = \frac{Cf}{C \times L}\left(\sum_{i=1}^{S}\sum_{j=1}^{V}D_{ij}X_{ij} + \sum_{j=1}^{V}\sum_{k=1}^{M}D_{jk}X_{jk} + \sum_{k=1}^{M}\sum_{l=1}^{W}D_{kl}X_{kl}\right) \qquad (4.2)$$

เงื่อนไข (Subject to)

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

ปริมาณการข้าวเปลือกที่ขนส่งออกมาจากผู้ปลูกข้าว i ไปยังท่าข้าว j จะต้องไม่เกินความสามารถในการผลิตข้าวเปลือกของผู้ปลูกข้าว i นั้นๆ

$$\sum_{i=1}^{S} X_{ij} \le CP_j \quad , \quad \text{for all } j. \tag{4.4}$$

ปริมาณข้าวเปลือกที่ขนส่งมาจากผู้ปลูกข้าว i เข้ามายังท่าข้าว j จะต้องไม่เกินกว่าขีดความสามารถในการจัดเก็บข้าวเปลือกของท่าข้าว j นั้นๆ

$$\sum_{k=1}^{M} X_{jk} \le CP_j \quad , \quad \text{for all } j. \tag{4.5}$$

ปริมาณข้าวเปลือกที่ขนส่งออกมาจากท่าข้าว j ไปยังโรงสีข้าว k ต้องไม่เกินกว่าความสามารถในการจัดเก็บข้าวเปลือกของท่าข้าว j นั้นๆ

$$\sum_{j=1}^{V} X_{jk} \le CP_k \quad , \quad \text{for all } k. \tag{4.6}$$

ปริมาณข้าวเปลือกที่ขนส่งออกมาจากท่าข้าว j เข้ามายังโรงสีข้าว k ต้องไม่เกินกว่าขีดความสามารถในการสีข้าวของโรงสีข้าว k นั้นๆ

$$\sum_{l=1}^{W} X_{kl} \le CP_k \quad , \quad \text{for all } k. \tag{4.7}$$

ปริมาณข้าวสารที่ขนส่งออกจากโรงสีข้าว k ไปยังผู้ค้าส่งข้าว l ต้องไม่เกินกว่าขีดความสามารถในการสีข้าวของโรงสีข้าว k นั้นๆ

$$\sum_{k=1}^{M} \frac{X_{kl}}{1.538} = CP_l \quad , \quad \text{for all } l. \tag{4.8}$$

ปริมาณข้าวสารที่ขนส่งออกจากโรงสีข้าว k ไปยังผู้ค้าส่งข้าว l ต้องเท่ากับความต้องการรับซื้อข้าวสารของผู้ค้าส่งข้าว l นั้นๆ และปริมาณข้าวสารที่ขนส่งไปยังผู้ค้าส่งข้าว l จะต้องมีน้ำหนักลดลงจาก 1000 กิโลกรัม เหลือ 650 กิโลกรัม อันเนื่องมาจากกระบวนการสีข้าวโดยข้อมูลอ้างอิงมาจากการสีข้าวเปลือกออกมาเป็นข้าวขาว 100% (จิรวัฒน์, 2547)

$$\sum_{i=1}^{S} X_{ij} = \sum_{k=1}^{M} X_{jk} \quad , \quad \text{for all } j. \tag{4.9}$$

ปริมาณข้าวเปลือกทั้งหมดที่ขนส่งจากผู้ปลูกข้าว i เข้าไปยังท่าข้าว j และขนส่งออกจากท่าข้าว j ไปยังโรงสีข้าว k นั้นจะต้องมีปริมาณเท่ากัน หมายความว่าปริมาณข้าวเปลือกที่ขนส่งเข้ามายังท่าข้าวต้องมีจำนวนเท่ากับข้าวเปลือกที่ขนส่งออกมาจากท่าข้าว

$$\sum_{j=1}^{V} X_{jk} = 0.65 \sum_{l=1}^{W} X_{kl} \quad , \quad \text{for all } k. \tag{4.10}$$

ปริมาณข้าวเปลือกทั้งหมดที่ขนส่งจากท่าข้าว j เข้าไปยังโรงสีข้าว k จะต้องเท่ากับปริมาณข้าวสารที่ขนส่งออกจากโรงสีข้าว k ไปยังผู้ค้าส่งข้าว l โดยที่ข้าวสารที่ผ่านกระบวนการสีข้าวนั้นจะมีน้ำหนักลดลงด้วยอัตราส่วน ข้าวเปลือก 1,000 กิโลกรัม ได้ข้าวสาร 650 กิโลกรัม

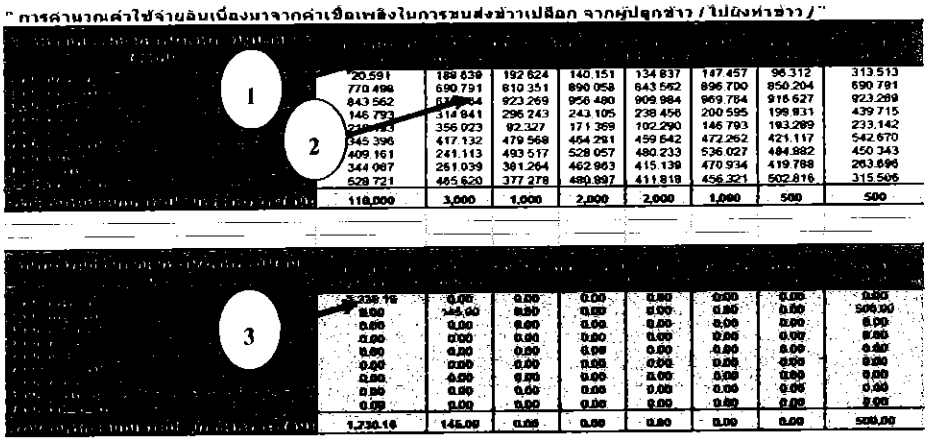
$$X_{ij}, X_{jk}, X_{kl} \geq 0 \quad , \quad \text{for all } i, j, k, l. \tag{4.11}$$

เป็นการบังคับตัวแปรตัดสินใจให้เป็นค่าที่ไม่ติดลบ

4.2.1.1 การเขียนโปรแกรม

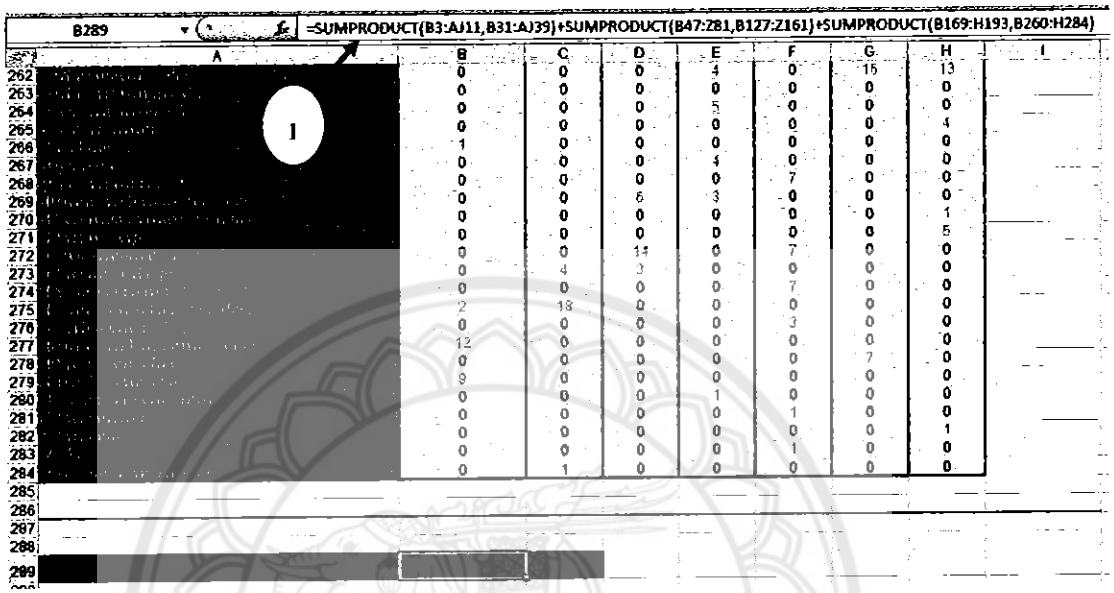
การเขียนโปรแกรมเพื่อช่วยในการคำนวณหาคำตอบของค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งที่ต่ำที่สุดนั้น จะใช้โปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 for Microsoft Excel ในการช่วยคำนวณหาคำตอบ ซึ่งจะใช้ร่วมกับฟังก์ชันบนโปรแกรม Microsoft Excel 2007 เช่น ฟังก์ชัน Sum ฟังก์ชัน Roundup เป็นต้น

สำหรับการสร้าง Interface ในโปรแกรม Microsoft Excel 2007 เพื่อที่จะนำมาคำนวณหาคำตอบด้วยโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 for Microsoft Excel จะต้องสร้างเซลล์ของข้อมูลหรือข้อจำกัดต่างๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในการหาคำตอบ เซลล์ของสมการเป้าหมาย และเซลล์ที่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้หรือเซลล์ที่โปรแกรมจะแสดงคำตอบนั่นเอง



รูปที่ 4.7 แสดงตัวอย่าง Interface ที่ใช้ในการคำนวณ

จากรูปที่ 4.7 หมายเลข 1 และ 2 คือ เซลล์ของข้อมูลหรือข้อจำกัดต่างๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในการหาคำตอบ หมายเลข 3 คือ และเซลล์ที่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้หรือเซลล์ที่โปรแกรมจะแสดงคำตอบนั่นเอง ในรูปที่ 4.8 คือ เซลล์ของสมการเป้าหมายซึ่งจะใช้แสดงคำตอบของค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำที่สุด และหมายเลข 1 คือ การเขียนฟังก์ชัน Sumproduct สำหรับสมการเป้าหมาย



รูปที่ 4.8 แสดงตัวอย่าง Interface ของเซลล์สมการเป้าหมาย

4.2.1.2 ความสัมพันธ์ของสมการกับโปรแกรม

ความสัมพันธ์ของสมการที่สร้างขึ้นมากับโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 for Microsoft Excel นั้นไม่สามารถที่จะแสดงด้วยภาพประกอบได้ทั้งหมด เนื่องมาจาก Interface ที่ใช้คำนวณนั้นมีขนาดที่กว้างเกินกว่าจะทำเป็นภาพได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงสรุปออกมาให้เห็นดังตารางด้านล่าง เพื่อนำไปเทียบกับตัวโปรแกรมใน CD-Rom ได้

ตารางที่ 4.1 คำอธิบายค่าและสูตรในโปรแกรม Microsoft Excel 2007 ในส่วนของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.1

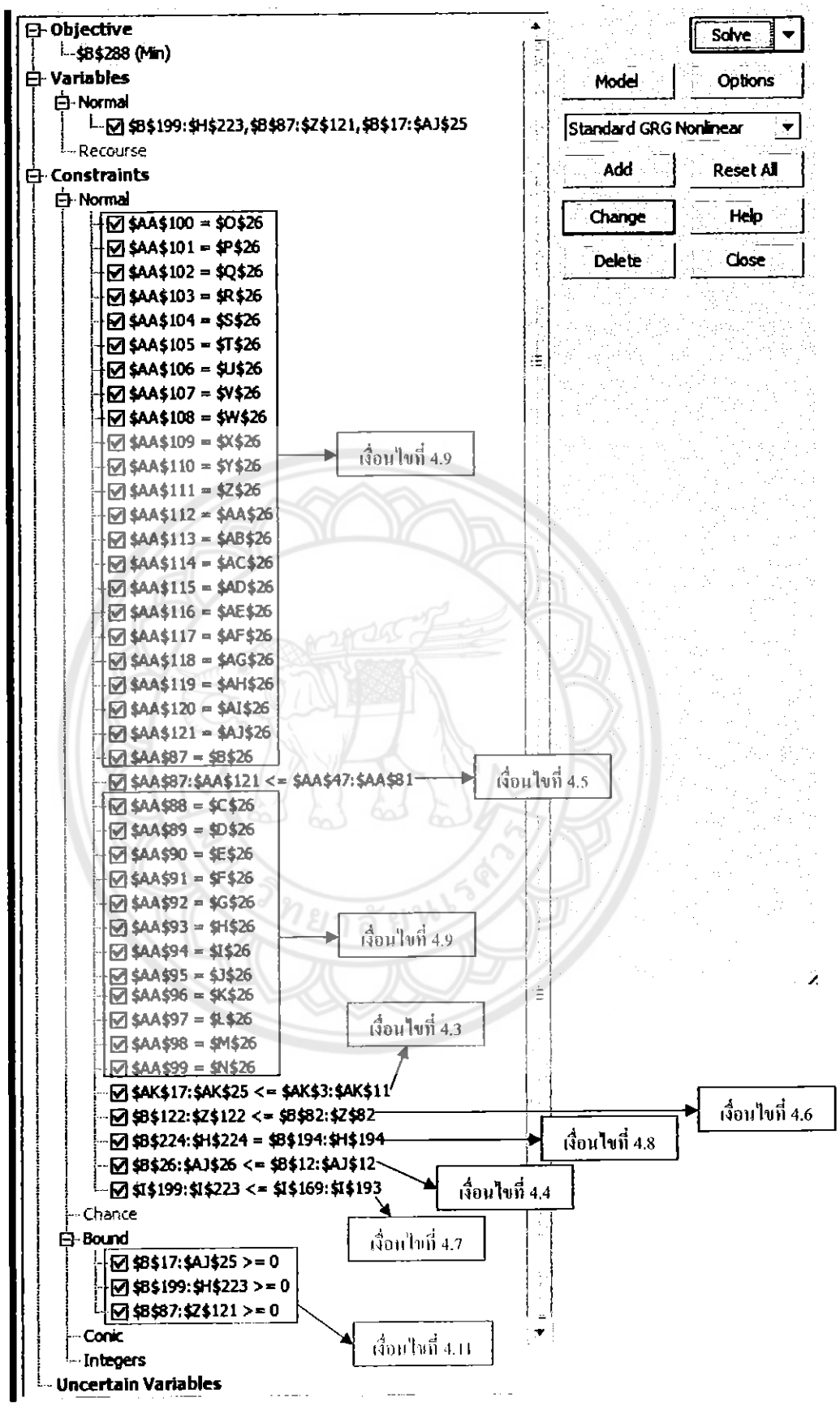
ตำแหน่ง	สูตร	Copy to	คำอธิบาย
B26	=SUM(B17:B25)	AJ26	ผลรวมข้าวเปลือกที่ท่าข้าวที่ขนส่งเข้ามาจากผู้ปลูกข้าว ทั้ง 9 แห่ง
AK17	=SUM(B17:AJ17)	AK25	ผลรวมข้าวเปลือกของผู้ปลูกข้าวที่ขนส่งไปให้ท่าข้าวทั้ง 35 แห่ง
B122	=SUM(B87:B121)	Z122	ผลรวมข้าวเปลือกที่โรงสีข้าวที่ขนส่งเข้ามาจากท่าข้าว ทั้ง 35 แห่ง

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) คำอธิบายค่าและสูตรในโปรแกรม Microsoft Excel 2007 ในส่วนของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.1

ตำแหน่ง	สูตร	Copy to	คำอธิบาย
AA87	=SUM(B87:Z87)	AA121	ผลรวมข้าวเปลือกของท่าข้าวที่ขนส่งไปให้โรงสีข้าวทั้ง 25 แห่ง
B224	=SUM(B199:B223)	H224	ผลรวมน้ำหนักข้าวเปลือกของผู้ค้าส่งข้าว ที่ขนส่งเข้ามาจากโรงสีข้าวทั้ง 25 แห่ง
I199	=SUM(B199:H199)	I223	ผลรวมน้ำหนักข้าวเปลือกของโรงสีข้าว ที่ขนส่งไปให้ผู้ค้าส่งข้าวทั้ง 7 แห่ง
B255	=SUM(B230:B254)	H255	ผลรวมข้าวสารที่ผู้ค้าส่งข้าวที่ขนส่งเข้ามาจากโรงสีข้าว ทั้ง 35 แห่ง
B288	=SUMPRODUCT (B3:AJ11,B17:AJ25) + SUMPRODUCT (B47:Z81,B87:Z121) + SUMPRODUCT (B169:H193,B199:H223)		ผลบวกของ (จำนวนข้าวที่ขนส่งจากผู้ปลูกข้าวไปยังท่าข้าว จากท่าข้าวไปยังโรงสีข้าว และจากโรงสีข้าวไปยังผู้ค้าส่งข้าว x ค่าเชื้อเพลิงจากผู้ปลูกข้าวไปยังท่าข้าว จากท่าข้าวไปยังโรงสีข้าว และจากโรงสีข้าวไปยังผู้ค้าส่งข้าว)
B289	=SUMPRODUCT (B3:AJ11,B31:AJ39) + SUMPRODUCT (B47:Z81,B127:Z161) + SUMPRODUCT (B169:H193,B260:H284)		ผลบวกของ (จำนวนรอบของการขนส่งจากผู้ปลูกข้าวไปยังท่าข้าว จากท่าข้าวไปยังโรงสีข้าว และจากโรงสีข้าวไปยังผู้ค้าส่งข้าว x ค่าเชื้อเพลิงจากผู้ปลูกข้าวไปยังท่าข้าว จากท่าข้าวไปยังโรงสีข้าว และจากโรงสีข้าวไปยังผู้ค้าส่งข้าว)

ตารางที่ 4.2 คำอธิบายค่าต่างๆ ในโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 for Microsoft Excel ในส่วนของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.1

Field in Solver Parameters	ค่าที่ป้อนเข้าไป	เงื่อนไข	คำอธิบาย
Set Target Cell (Objective)	$B$289	4.1	เป็นการหาค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งที่เกิดขึ้น
Equal To	Min		จุดประสงค์คือ ต้องการหาค่าที่ต่ำที่สุด
By Changing Cell (Variables)	$B$199:$H$223, $B$87:$Z$121, $B$17:$AJ$25		ต้องการทราบว่าปริมาณการขนส่งข้าวเปลือกและข้าวสารที่เหมาะสมควรมีปริมาณเท่าไหร่ และไปขนส่งไปจุดใดบ้าง
Constraints (Subject to)	$AK$17:$AK$25 <= $AK$3:$AK$11	4.3	การขนส่งข้าวเปลือกไปยังท่าข้าว จะต้องไม่เกินความสามารถในการผลิตข้าวเปลือก
Constraints (Subject to)	$B$26:$AJ$26 <= $B$12:$AJ$12	4.4	ข้าวเปลือกที่ขนส่งไปยังท่าข้าวต้องไม่เกินกว่าขีดความสามารถการจัดเก็บข้าวเปลือก
Constraints (Subject to)	$AA$87:$AA$121<= $AA$47:$AA$81	4.5	ปริมาณข้าวเปลือกที่ขนส่งไปยังโรงสีข้าวต้องไม่เกินกว่าข้าวเปลือกที่ถูกจัดเก็บไว้
Constraints (Subject to)	$B$122:$Z$122 <= $B$82:$Z$82	4.6	ปริมาณข้าวเปลือกที่ขนส่งไปยังโรงสีข้าวต้องไม่เกินกว่าความสามารถในการสีข้าว
Constraints (Subject to)	$I$199:$I$223 <= $I$169:$I$193	4.7	ปริมาณข้าวสารที่ขนส่งไปยังผู้ค้าส่งข้าวต้องไม่เกินกว่าความสามารถในการสีข้าว
Constraints (Subject to)	($B$224:$H$224)/1.538 = $B$194:$H$194	4.8	ปริมาณข้าวสารที่ขนส่งไปยังผู้ค้าส่งข้าวต้องเท่ากับความต้องการรับซื้อข้าวสาร และมีน้ำหนักลดลงหลังจากการสี
Constraints (Subject to)	$AA$87 Copy to $AA$121 = $B$26 Copy to $AJ$26	4.9	ปริมาณข้าวเปลือกที่ส่งผ่านท่าข้าวจะต้องมีปริมาณการขนส่งขาเข้าเท่ากับปริมาณการขนส่งขาออก
Constraints (Subject to)	$I$284 Copy to $I$308 = 0.65/(B177Copy to $Z$177)	4.10	ปริมาณข้าวเปลือกและข้าวสารที่ส่งผ่านโรงสีข้าวต้องมีปริมาณเท่ากัน และข้าวสารจะมีน้ำหนักลดลงหลังจากการสี
Constraints (Subject to)	$B$17:$AJ$25, $B$199:$H$223, $B$87:$Z$121 >= 0	4.11	เป็นการบังคับตัวแปรตัดสินใจให้เป็นค่าที่ไม่ติดลบ



รูปที่ 4.9 แสดงการเขียนข้อจำกัดต่างๆ ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.1 ลงในโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6

4.2.1.3 ผลการคำนวณตัวแบบคณิตศาสตร์

จากการสร้างตัวแบบคณิตศาสตร์ของห่วงโซ่อุปทานข้าวในเขตจังหวัดพิษณุโลก เพื่อหาต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งที่ต่ำที่สุด โดยการสร้างสมการและอสมการคณิตศาสตร์แล้วทำการแก้ฟังก์ชันคณิตศาสตร์ตามสมการและอสมการข้างต้นนั้น ผลลัพธ์ของการแก้ฟังก์ชันคณิตศาสตร์คือต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งที่ต่ำที่สุดในการขนส่งข้าวเปลือกและข้าวสารมีมูลค่าเท่ากับ 115,701.53 บาท สำหรับปริมาณการไหลที่เหมาะสมของข้าวเปลือกและข้าวสารรวมทั้งจำนวนรอบในการขนส่งของยานพาหนะ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.3 ถึงตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.3 แสดงปริมาณการไหลของข้าวเปลือกจากผู้ปลูกข้าว*i* ไปยังท่าข้าว*j* ภายใน 1 วัน

ท่าข้าว / ผู้ปลูกข้าว	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
1.	1230.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.	-	145	-	-	-	-	-	500	-	-	20	-	-	-	-	-	-	160	118.06	142.84	-	-	-	-	-	-	-	12	-	-	-	-	80	-	-
3.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	708.56	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	200	-	-	-	269.01	-	-	-	-
5.	-	-	-	-	-	-	-	-	543.11	10.19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	191.86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	200.47	-	-	-
8.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	115.95	-
9.	-	-	-	-	-	-	-	-	56.89	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ หน่วย : ตัน

ตารางที่ 4.4 แสดงปริมาณการไหลของข้าวเปลือกจากท่าข้าวj ไปยังโรงสีข้าวk ภายใน 1 วัน

โรงสีข้าว / ท่าข้าว	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	-	-	890.99	-	-	-	-	-	79.16	260	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	100	-	-	-	-	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	163.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	150	-	-	-	-	-	-	-	166.99	20	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	10.19	-	-	-	-	-	-	-	-	589.81	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	140.89	-	-	-	-	-	-	-	50.97	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.19	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	-	-	-	-	-	-	-	-	85.84	-	-	-	-	-	74.16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-	35.06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	83.01	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	125.84	-	-	-	-	-	-	-	12	-	5	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	-	-	-	-	-	-	-	64.95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	348.56	-	-	-	-	360	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 4.4 (ต่อ) แสดงปริมาณการไหลของข้าวเปลือกจากท่าข้าวj ไปยังโรงสีข้าวk ภายใน 1 วัน

โรงสีข้าว / ท่าข้าว	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	200	-	-	-	-	-	-
28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12
29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31	-	-	69.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	200.47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80	-	-	-	-	-	-	-	-
34	51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ หน่วย : ตัน

ตารางที่ 4.5 แสดงปริมาณการไหลของข้าวสารจากโรงสีข้าว*k* ไปยังผู้ค้าส่งข้าว*l* ภายใน 1 วัน

ผู้ค้าส่งข้าว / โรงสีข้าว	1	2	3	4	5	6	7
1	-	-	-	33.16	-	-	-
2	-	-	-	105.99	-	-	-
3	-	-	-	72.16	-	306.90	245.13
4	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	91.60	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	65.02
7	6.63	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	65.02	-	-	-
9	-	-	-	-	120.29	-	-
10	-	-	113.04	56.01	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	16.25
12	-	-	-	-	-	-	97.53
13	-	-	266.57	-	123.55	-	-
14	-	72.71	57.33	-	-	-	-
15	-	-	-	-	130.04	-	-
16	33.69	356.42	-	-	-	-	-
17	-	-	-	-	52.02	-	-
18	234.07	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	130.04	-
20	162.55	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	7.80	-	-
23	-	-	-	-	-	-	13.00
24	-	-	-	-	3.25	-	-
25	-	7.80	-	-	-	-	-

หมายเหตุ หน่วย : ตัน

ตารางที่ 4.6 แสดงรอบในการเดินทางขนส่งข้าวเปลือกของยานพาหนะจากผู้ปลูกข้าว*i* ไปยังท่าข้าว*j* ภายใน 1 วัน

ท่าข้าว / ผู้ปลูกข้าว	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
1.	62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.	-	8	-	-	-	-	-	25	-	-	1	-	-	-	-	-	-	8	6	8	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	4	-	-
3.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	14	-	-	-	-
5.	-	-	-	-	-	-	-	-	28	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	-	-	-
8.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-
9.	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 4.7 แสดงรอบในการเดินทางขนส่งข้าวเปลือกของยานพาหนะจากท่าข้าวj ไปยังโรงสีข้าวk ภายใน 1 วัน

โรงสีข้าว / ท่าข้าว	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	-	-	45	-	-	-	-	-	4	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	9	1	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18	-	-	-	-	18	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 4.7 (ต่อ) แสดงรอบในการเดินทางขนส่งข้าวเปลือกของยานพาหนะจากท่าข้าว *j* ไปยังโรงสีข้าว *k* ภายใน 1 วัน

โรงสีข้าว / ท่าข้าว	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-
28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-
34	3	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 4.8 แสดงรอบในการเดินทางขนส่งข้าวสารของยานพาหนะจากโรงสีข้าว*k* ไปยังผู้ค้าส่งข้าว*l* ภายใน 1 วัน

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

4.2.1.4 Answer Report

เป็นรายงานที่แสดงรายละเอียดโดยสรุปของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.1 ที่ใช้โปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 หาคำตอบที่ดีที่สุด

Microsoft Excel 12.0 Answer Report
Worksheet: [คำนวณโปรแจค.xls]โมเดลที่ 1
Report Created: 25/4/2553 22:21:15
Result: Solver found a solution. All constraints and optimality conditions are satisfied.
Engine: Large-Scale LP Solver
Solution Time: 05 Seconds
Iterations: 0
Subproblems: 0
Incumbent Solutions: 0

Objective Cell (Min)

Cell	Name	Original Value	Final Value
$B$289	ค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำสุด	0	115701.53

1

Decision Variable Cells

Cell	Name	Original Value	Final Value	Type
$B$17	1 อำเภอบางระกำ 1 ตลาดกลางสินค้าเกษตร	0.00	1,230.16	Normal
$C$18	2 อำเภอพรหมพิราม 2 โลกการเกษตร	0.00	145.00	Normal

2

Constraints

Cell	Name	Cell Value	Formula	Status	Slack
$B$122	ความสามารถการสีข้าวเปลือกของโรงสีข้าว (ตัน) 1 เรืองไทยพาณิชย์	51.00	$B$122<=$B$82	Binding	0
$C$122	ความสามารถการสีข้าวเปลือกของโรงสีข้าว (ตัน) 2 ศรีคงเจริญ	163.01	$C$122<=$C$82	Not Binding	106.994

3

รูปที่ 4.10 แสดงตัวอย่าง Answer Report ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.1

จากรูปที่ 4.10 ในช่องหมายเลข 1 (Objective Cell) อธิบายรายละเอียดของเซลล์เป้าหมาย ว่าต้องการให้มีค่าเป็นอย่างไร ในที่นี้ต้องการค่า Min ซึ่งคือ ค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำที่สุด

1) Cell : รายงานว่าเซลล์ $B$289 ถูกกำหนดให้เป็นเซลล์เป้าหมาย

2) Name : รายงานว่าเซลล์นั้นมีชื่อว่า ค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำสุด

3) Original Value : รายงานค่าก่อนที่จะใช้โปรแกรมหาคำตอบ คือ 0

4) Final Value : รายงานค่าสุดท้ายที่ใช้หาคำตอบ คือ 115,701.53 บาท (ค่าเชื้อเพลิงการขนส่งที่ต่ำที่สุด)

ในช่องหมายเลข 2 (Decision Variable Cells) ได้อธิบายรายละเอียดของเซลล์ที่เรากำหนดให้เปลี่ยนค่า (By Changing Cell) ของโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 เซลล์ B17 เป็นการขนส่งข้าวเปลือกจากอำเภอบางระกำไปตลาดกลางสินค้าเกษตร มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 0 ตัน และค่าสุดท้ายเท่ากับ 1,230.16 ตัน ส่วนค่าอื่นๆ ก็วิเคราะห์ได้ในลักษณะเดียวกัน

ในช่องหมายเลข 3 (Constrains) อธิบายรายละเอียดของเซลล์ที่ได้กำหนดข้อจำกัดของเซลล์ต่างๆ ว่าอย่างไร $B$122 คือ ความสามารถการสีข้าวเปลือกของโรงสีข้าวของ

โรงสีข้าวศรีดงเจริญ มีค่าเท่ากับ 51 ตัน โดยมีข้อจำกัด คือ $B$122<=$B$82 ซึ่งจะทำให้ใช้ความสามารถการสีข้าวได้เต็มที่ (ทำให้ Slack เท่ากับ 0 และ Status เป็น Binding) $C$122 คือ ความสามารถการสีข้าวเปลือกของโรงสีข้าวเรืองไทยพาณิชย์ มีค่าเท่ากับ 163 ตัน โดยมีข้อจำกัด คือ $C$122<=$C$82 ซึ่งจะทำให้ใช้ความสามารถการสีข้าวได้ไม่เต็มที่ (ทำให้ Slack เท่ากับ 106.994 และ Status เป็น Not Binding)

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

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

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

4.2.1.5 การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis)

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

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

Objective Cell (Min)

Cell	Name	Final Value
$B$289	ค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำสุด	115701.53

Decision Variable Cells

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

รูปที่ 4.11 แสดง Report Sensitivity ส่วน Decision Variable ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.1

จากรูปที่ 4.11 ในช่องหมายเลข 4 หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการเป้าหมายจะต้องได้รับการเปลี่ยนแปลงก่อนที่ Solver จะนำตัวแปรดังกล่าวมาพิจารณาเป็นคำตอบที่ดีที่สุด อธิบายเซลล์ $B$17 ได้ดังนี้ มีค่า Final Value เท่ากับ 1,230.16 ซึ่งคือปริมาณการขนส่งข้าวเปลือกจากอำเภอบางระกำไปท่าข้าวตลาดกลางสินค้าเกษตร และ Reduce Cost เท่ากับ 0 แสดงว่าไม่ต้องมีการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ของสมการเป้าหมาย เพราะตัวแปรนี้ได้เป็นคำตอบที่ดีที่สุดแล้ว แต่ถ้าค่า Final Value เป็น 0 ค่า Reduce Cost จะมีมากกว่า 0 ดังในเซลล์ที่ $C$17, $D$17 และ $E$17 หมายความว่า การขนส่งจะมีต้นทุนต่ำที่สุดก็ต่อเมื่อต้นทุนค่าเชื้อเพลิงลดลงเป็นจำนวนเท่ากับค่า Reduce Cost ของเซลล์นั้นๆ ก็จะเป็นตัวแปรที่ Solver นำมาคำนวณค่าให้ (คือนำมาคำนวณให้เกิดมีการขนส่งทำให้ต้นทุนการขนส่งต่ำที่สุด) แต่ถ้าทำการขนส่งจะทำให้ต้นทุนการขนส่งเพิ่มไปเท่ากับค่า Reduce Cost ของเซลล์นั้นๆ เช่น ถ้ามีการขนส่งในเซลล์ $C$17 จะทำให้ต้นทุนการขนส่งเพิ่มขึ้นไป 204.58 บาท เป็นต้น

ในช่องหมายเลข 5 หมายถึง การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของค่าสัมประสิทธิ์ในเซลล์เป้าหมายโดยที่ค่าเชื้อเพลิงของการขนส่งที่ต่ำที่สุดนั้นยังเหมือนเดิม เช่น ในเซลล์ $B$17 ในช่อง Allowable Increase จะบอกว่าค่าเชื้อเพลิงในการเดินทางระหว่างโหนดสามารถเพิ่มขึ้นได้เท่าไหร่คำตอบที่ดีที่สุดจึงจะเท่าเดิม และช่อง Allowable Decrease จะบอกว่าค่าเชื้อเพลิงในการเดินทางระหว่างโหนดสามารถลดลงได้เท่าไหร่คำตอบที่ดีที่สุดจึงจะเท่าเดิม เช่น ในเซลล์ $B$17 ค่าเชื้อเพลิงในการเดินทางระหว่างโหนดสามารถเพิ่มขึ้นจากเดิมได้อีก 25.9 บาท (Objective Coefficient + Allowable Increase คือ 20.59 + 5.31) และค่าเชื้อเพลิงในการเดินทางระหว่างโหนดสามารถลดลงได้ไม่จำกัด และเซลล์ที่ $D$17 ก็อธิบายได้เช่นเดียวกัน คือ ค่าเชื้อเพลิงในการเดินทางระหว่างโหนดสามารถเพิ่มขึ้นได้ไม่จำกัด และค่าเชื้อเพลิงในการเดินทางระหว่างโหนดสามารถลดลงจากเดิมได้อีก 98.96 บาท (Objective Coefficient - Allowable Decrease คือ 192.62 – 93.66) ซึ่งจะทำให้คำตอบที่ดีที่สุดไม่เปลี่ยนแปลง

Constraints

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

รูปที่ 4.12 แสดง Report Sensitivity ส่วน Constrains

จากรูปที่ 4.12 ในช่องที่ 6 Shadow Price คือ ค่าที่ลดลงของสมการเป้าหมายต่อการเปลี่ยนแปลงข้อจำกัดหนึ่งหน่วย เช่น เซลล์ที่ $AA$87 ถ้าหากเพิ่มการขนส่งข้าวเปลือกไปอีก 1 รอบการขนส่ง จะทำให้คำตอบของค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำที่สุดลดลง 727.32 บาท และในช่องหมายเลขที่ 7 หมายความว่า ค่าสูงสุดและต่ำสุดของข้อจำกัดที่สามารถทำได้ เช่น เซลล์ที่ $AA$89 สามารถเพิ่มการขนส่งข้าวเปลือกไปยังท่าข้าวนายยงยุทธได้จากเดิมอีก 83.006 ตัน (ตาม Constrains R.H. Side + Allowable Increase คือ 0 + 83.006) แต่ไม่สามารถลดจำนวนการขนส่งได้แล้ว เพราะค่า Allowable Decrease เป็น 0 และการเพิ่มหรือลดข้อจำกัดทำให้คำตอบที่ดีที่สุดเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามสัดส่วนของ Shadow Price เช่น หากลดการขนส่งข้าวเปลือกไปท่าข้าวตลาดกลางสินค้าเกษตรเป็นจำนวน 1 รอบการขนส่ง จะทำให้ต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการส่งเพิ่มขึ้นเป็น 727.32 บาท เป็นต้น

4.2.2 แบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อหาต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งที่ต่ำที่สุด โดยคิดค่าเชื้อเพลิงทั้งเที่ยวไปและกลับ

ในแบบจำลองคณิตศาสตร์นี้มีการกำหนดสถานการณ์คือ เมื่อยานพาหนะทำการขนส่งสินค้าที่จุดปลายทางเสร็จสิ้นแล้วจะต้องเดินทางกลับมายังจุดต้นทางเสมอเพื่อดำเนินการขนส่งในเที่ยวต่อไป ซึ่งการเดินทางของยานพาหนะในเที่ยวกลับนั้นไม่ได้บรรทุกสินค้าใดกลับมา ทำให้ยานพาหนะมีน้ำหนักเบาขึ้นส่งผลให้อัตราการบริโภคน้ำมันจึงเปลี่ยนแปลงไป โดยในสถานการณ์นี้มีข้อตกลงเบื้องต้น พารามิเตอร์ และสมการเป้าหมายที่เพิ่มเติมจากแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.1 ดังนี้

ข้อตกลงเบื้องต้น (เพิ่มเติม)

1) กำหนดให้เส้นทางจราจรเป็นแบบ Two – way เมื่อยานพาหนะส่งสินค้าที่จุดปลายทางเสร็จสิ้นแล้วจะต้องกลับมาที่จุดต้นทางด้วยเส้นทางเดิมเสมอ

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

3) การขนส่งกำหนดให้มีการแบ่งเป็นรอบในการขนส่ง ในการขนส่งรอบสุดท้ายหากว่าปริมาณการขนส่งจะไม่เต็มพิกัดบรรทุกของยานพาหนะก็ยังคงถือว่าให้ยานพาหนะมีอัตราการบริโภคน้ำมันเท่ากับการบรรทุกเต็มพิกัดความจุ

พารามิเตอร์ (Parameters)

D_{ji} = ระยะทางในการเดินทางกลับจากท่าข้าว j มายังผู้ปลูกข้าว i (กิโลเมตร)

D_{kj} = ระยะทางในการเดินทางกลับจากโรงสีข้าว k มายังท่าข้าว j (กิโลเมตร)

D_{lk} = ระยะทางในการเดินทางกลับจากผู้ค้าส่งข้าว l มายังโรงสีข้าว k (กิโลเมตร)

C_0 = อัตราการบริโภคน้ำมันเชื้อเพลิงของยานพาหนะเมื่อไม่มีการบรรทุก (กิโลเมตร/ลิตร)

สมการเป้าหมาย (Objective function)

$$MinZ = \sum_{i=1}^{S}\sum_{j=1}^{V}\frac{Cf}{C}D_{ij}\frac{X_{ij}}{L} + \sum_{j=1}^{V}\sum_{k=1}^{M}\frac{Cf}{C}D_{jk}\frac{X_{jk}}{L} + \sum_{k=1}^{M}\sum_{l=1}^{W}\frac{Cf}{C}D_{kl}\frac{X_{kl}}{L} + \sum_{i=1}^{S}\sum_{j=1}^{V}\frac{Cf}{C_0}D_{ji}\frac{X_{ij}}{L} + \sum_{j=1}^{V}\sum_{k=1}^{M}\frac{Cf}{C_0}D_{kj}\frac{X_{jk}}{L} + \sum_{k=1}^{M}\sum_{l=1}^{W}\frac{Cf}{C_0}D_{lk}\frac{X_{kl}}{L} \quad (4.12)$$

เป็นสมการหาต้นทุนค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำที่สุด (Minimize) ในการขนส่งข้าวเปลือกจากผู้ปลูกข้าว i ไปยังท่าข้าว j จากท่าข้าว j ไปยังโรงสีข้าว และจากโรงสีข้าว k ไปยังผู้ค้าส่งข้าว l โดยมีการคิดต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในเที่ยวกลับของยานพาหนะ

จากสมการที่ 4.12 สามารถเขียนรูปสมการใหม่เพื่อให้มีความกะทัดรัด ได้ดังนี้

$$MinZ = \frac{Cf}{C \times L}\left(\sum_{i=1}^{S}\sum_{j=1}^{V}D_{ij}X_{ij} + \sum_{j=1}^{V}\sum_{k=1}^{M}D_{jk}X_{jk} + \sum_{k=1}^{M}\sum_{l=1}^{W}D_{kl}X_{kl}\right) + \frac{Cf}{C_0 \times L}\left(\sum_{i=1}^{S}\sum_{j=1}^{V}D_{ji}X_{ij} + \sum_{j=1}^{V}\sum_{k=1}^{M}D_{kj}X_{jk} + \sum_{k=1}^{M}\sum_{l=1}^{W}D_{lk}X_{kl}\right) \quad (4.13)$$

สำหรับดัชนี เงื่อนไข และตัวแปรตัดสินใจ ยังคงใช้เหมือนกับแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.1 ไม่มีการเพิ่มเติมหรือเปลี่ยนแปลงใดๆ

4.2.2.1 การเขียนโปรแกรม

การเขียนโปรแกรมเพื่อช่วยในการคำนวณหาคำตอบของค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งที่ต่ำที่สุดนั้น จะใช้โปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 for Microsoft Excel ในการช่วยคำนวณหาคำตอบ ซึ่งจะใช้ร่วมกับฟังก์ชันบนโปรแกรม Microsoft Excel 2007 เช่นเดียวกับในการหาคำตอบของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ผ่านมา แตกต่างกันตรงที่ในแบบจำลองคณิตศาสตร์ 4.2.2 นี้ ได้มีการเพิ่มเติม Interface ในโปรแกรม Microsoft Excel 2007 ดังรูปที่ 4.13 - 4.15 เพื่อคำนวณหาค่าเชื้อเพลิงในเที่ยวกลับของยานพาหนะ โดยมีการสร้างตารางเพื่อนำค่าของค่าเชื้อเพลิงของยานพาหนะเมื่อไม่มีการบรรทุกคูณกับจำนวนรอบการขนส่งที่ได้มาจากการหาคำตอบโดยแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.1 โดยคูณกันผ่านทางฟังก์ชัน Sumproduct ในโปรแกรม Microsoft Excel 2007 ก็จะได้ค่าเชื้อเพลิงของยานพาหนะในเที่ยวกลับแล้วจึงนำไปรวมกับค่าเชื้อเพลิงของยานพาหนะในแบบจำลองที่ 4.2.1 ก็จะได้คำตอบออกมา

" การคำนวณค่าใช้จ่ายอันเนื่องมาจากค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งข้าวเปลือก จากผู้ปลูกข้าว *i* ไปยังท่าข้าว *j* " (คิดทั้งไปกลับ)

14.255	130.586	133.355	97.028	93.349	102.086	68.878	217.047	147.151
533.422	478.240	561.012	616.194	584.005	620.792	588.603	478.240	643.785
584.005	464.445	639.186	662.178	629.989	671.375	634.588	639.186	804.731
101.626	217.967	205.091	168.304	185.085	138.874	138.414	304.418	218.887
151.749	248.478	63.919	118.840	70.816	101.626	133.815	161.406	17.014
239.120	288.783	332.009	321.432	318.214	326.951	291.542	375.694	372.016
283.265	186.924	341.668	365.578	332.469	371.096	335.688	311.776	386.271
238.200	180.720	263.952	320.513	287.404	326.031	290.623	182.559	341.206
366.038	322.352	251.193	332.929	285.105	315.914	348.104	218.427	231.303

20.591	188.639	192.624	140.151	134.837	147.457	96.312	313.513	212.551
770.498	690.791	810.351	890.058	843.562	896.700	850.204	690.791	929.911
843.562	670.864	923.269	956.480	909.964	969.764	916.627	923.269	1162.389
146.793	314.841	296.243	243.105	238.458	200.595	199.931	439.715	316.170
219.193	356.023	92.327	171.369	102.290	146.793	193.289	233.142	24.576
345.396	417.132	479.568	464.291	459.642	472.262	421.117	542.670	537.356
409.161	241.113	493.517	528.057	480.233	536.027	484.882	450.343	557.947
344.067	261.039	381.264	462.963	415.139	470.934	419.788	263.696	492.853
528.721	465.620	377.278	480.897	411.818	456.321	502.816	315.506	334.104
110,000	3,000	1,000	2,000	2,000	1,000	600	600	600

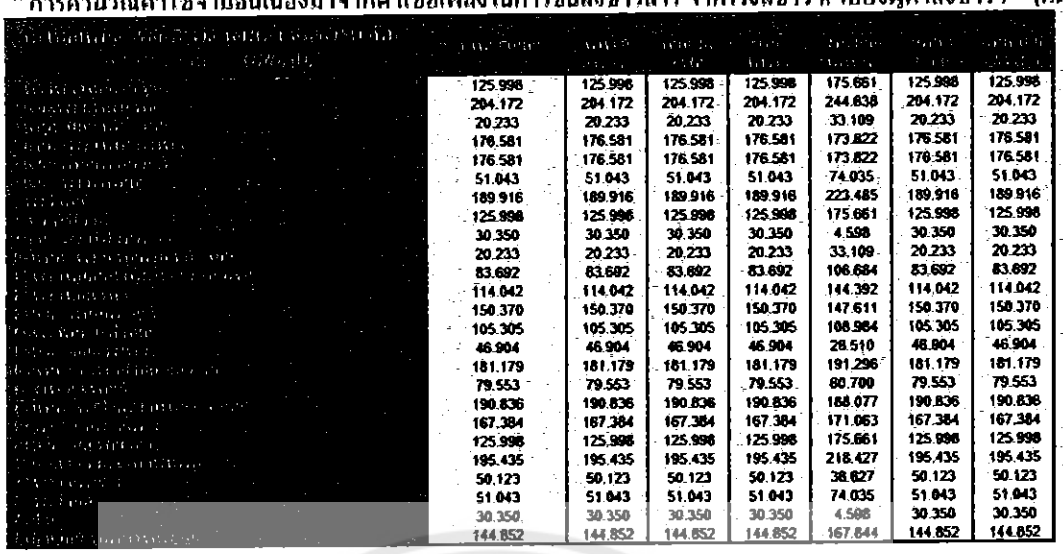
รูปที่ 4.13 แสดงตัวอย่างของ Interface ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.2 ช่วงผู้ปลูกข้าวถึงท่าข้าว

" การคำนวณค่าใช้จ่ายอันเนื่องมาจากค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งข้าวเปลือก จากท่าข้าว *j* ไปยังโรงสีข้าว *k* " (คิดทั้งไปกลับ)

ค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งข้าว ณ ท่าข้าว j ถึงโรงสีข้าว k (บาท) $(CF(c))_{jk}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	124.158	261.888	44.145	224.865	224.865	101.626	171.982	124.158	62.999
2	185.318	217.507	95.648	229.923	229.923	33.589	285.185	185.318	108.684
3	4.598	141.633	130.138	337.527	337.527	153.589	63.919	4.598	175.661
4	146.691	213.389	110.363	291.542	291.542	167.384	136.114	146.691	129.677
5	67.138	165.685	116.801	297.529	297.529	144.392	87.831	67.138	135.655
6	129.677	196.354	138.414	319.133	319.133	195.894	118.640	129.677	157.267
7	155.888	228.084	98.130	271.309	271.309	147.611	150.830	155.888	108.984
8	81.853	80.013	152.209	322.352	322.352	126.458	147.611	81.853	188.997
9	47.364	111.283	170.603	351.322	351.322	192.216	34.029	47.364	189.457
10	47.364	111.283	170.603	351.322	351.322	192.216	34.029	47.364	189.457
11	188.916	269.470	45.525	177.501	177.501	89.210	237.740	188.916	28.510
12	302.579	388.110	205.551	4.598	4.598	204.172	385.811	302.579	173.822
13	47.364	111.283	170.603	351.322	351.322	192.216	34.029	47.364	189.457
14	232.222	337.987	113.582	113.582	113.582	157.727	306.258	232.222	97.028
15	232.222	337.987	113.582	113.582	113.582	157.727	306.258	232.222	97.028
16	232.222	337.987	113.582	113.582	113.582	157.727	306.258	232.222	97.028
17	183.479	228.084	98.130	271.309	271.309	147.611	150.830	155.888	108.984
18	188.916	269.470	45.525	177.501	177.501	89.210	237.740	188.916	28.510
19	47.364	107.604	117.721	297.980	297.980	98.867	111.283	47.364	144.392
20	188.916	269.470	45.525	177.501	177.501	89.210	237.740	188.916	28.510
21	245.558	225.784	292.002	436.854	436.854	240.958	236.821	245.558	303.039
22	4.598	141.633	130.136	302.579	302.579	153.589	63.919	4.598	175.661
23	359.600	445.131	277.747	57.941	57.941	261.193	469.043	359.600	260.733

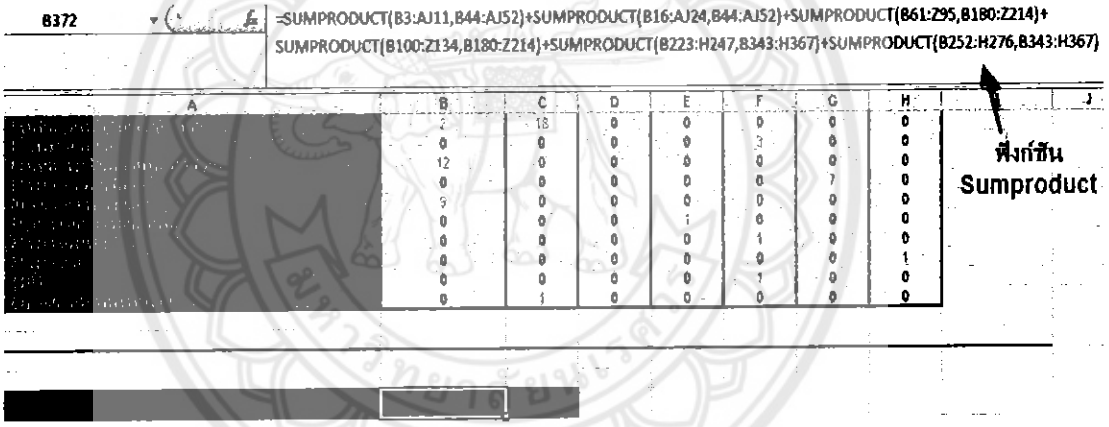
รูปที่ 4.14 แสดงตัวอย่างของ Interface ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.2 ช่วงท่าข้าวถึงโรงสีข้าว

" การคำนวณค่าใช้จ่ายอันเนื่องมาจากค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งข้าวสาร จากโรงสีข้าว k ไปยังผู้ค้าส่งข้าว l" (คิดทั้งไปกลับ)



125.998	125.998	125.998	125.998	175.661	125.998	125.998
204.172	204.172	204.172	204.172	244.838	204.172	204.172
20.233	20.233	20.233	20.233	33.109	20.233	20.233
176.581	176.581	176.581	176.581	173.822	176.581	176.581
176.581	176.581	176.581	176.581	173.822	176.581	176.581
51.043	51.043	51.043	51.043	74.035	51.043	51.043
189.916	189.916	189.916	189.916	223.485	189.916	189.916
125.998	125.998	125.998	125.998	175.661	125.998	125.998
30.350	30.350	30.350	30.350	4.598	30.350	30.350
20.233	20.233	20.233	20.233	33.109	20.233	20.233
83.692	83.692	83.692	83.692	106.684	83.692	83.692
114.042	114.042	114.042	114.042	144.392	114.042	114.042
150.370	150.370	150.370	150.370	147.611	150.370	150.370
105.305	105.305	105.305	105.305	108.964	105.305	105.305
46.904	46.904	46.904	46.904	28.510	46.904	46.904
181.179	181.179	181.179	181.179	191.296	181.179	181.179
79.553	79.553	79.553	79.553	80.700	79.553	79.553
190.836	190.836	190.836	190.836	168.077	190.836	190.836
167.384	167.384	167.384	167.384	171.063	167.384	167.384
125.998	125.998	125.998	125.998	175.661	125.998	125.998
195.435	195.435	195.435	195.435	218.427	195.435	195.435
50.123	50.123	50.123	50.123	38.627	50.123	50.123
51.043	51.043	51.043	51.043	74.035	51.043	51.043
30.350	30.350	30.350	30.350	4.598	30.350	30.350
144.852	144.852	144.852	144.852	167.844	144.852	144.852

รูปที่ 4.15 แสดงตัวอย่างของ Interface ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.2 ช่วงโรงสีข้าวถึงผู้ค้าส่ง



รูปที่ 4.16 แสดงตัวอย่างของ Interface ของสมการเป้าหมาย และฟังชันก์ Sumproduct

4.2.2.2 ความสัมพันธ์ของสมการกับโปรแกรม

ความสัมพันธ์ของสมการที่สร้างขึ้นมากับโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 for Microsoft Excel นั้นคล้ายกันกับแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.1 เนื่องจากการใช้สมการเงื่อนไขเดียวกัน และโครงสร้างของสมการเป้าหมายก็คล้ายคลึงกันเพียงแต่แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.2 นั้นมีการเพิ่มพจน์ของค่าเชื้อเพลิงในที่ขวกลับ ซึ่งการคำนวณค่าเชื้อเพลิงในที่ขวกลับนั้นก็ใช้ฟังก์ชันในโปรแกรม Microsoft Excel 2007 ช่วยในการคำนวณ

ตารางที่ 4.9 คำอธิบายค่าและสูตรในโปรแกรม Microsoft Excel 2007 ในส่วนของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.2

ตำแหน่ง	สูตร	Copy to	คำอธิบาย
B39	=SUM(B30:B38)	AJ39	ผลรวมข้าวเปลือกที่ท่าข้าวที่ขนส่งเข้ามาจากผู้ปลูกข้าว ทั้ง 9 แห่ง
AK30	=SUM(B30:AJ30)	AK38	ผลรวมข้าวเปลือกของผู้ปลูกข้าวที่ขนส่งไปให้ท่าข้าวทั้ง 35 แห่ง
B175	=SUM(B140:B174)	Z175	ผลรวมข้าวเปลือกที่โรงสีข้าวที่ขนส่งเข้ามาจากท่าข้าว ทั้ง 35 แห่ง
AA140	=SUM(B140:Z140)	AA174	ผลรวมข้าวเปลือกของท่าข้าวที่ขนส่งไปให้โรงสีข้าวทั้ง 25 แห่ง
B307	=SUM(B282:B306)	H307	ผลรวมน้ำหนักข้าวเปลือกของผู้ค้าส่งข้าว ที่ขนส่งเข้ามาจากโรงสีข้าวทั้ง 25 แห่ง
I282	=SUM(B282:H282)	I306	ผลรวมน้ำหนักข้าวเปลือกของโรงสีข้าว ที่ขนส่งไปให้ผู้ค้าส่งข้าวทั้ง 7 แห่ง
B338	=SUM(B313:B337)	H338	ผลรวมข้าวสารที่ผู้ค้าส่งข้าวที่ขนส่งเข้ามาจากโรงสีข้าว ทั้ง 35 แห่ง
B371	=SUMPRODUCT (B3:AJ11,B30:AJ38) + SUMPRODUCT (B16:AJ24,B30:AJ38) + SUMPRODUCT (B61:Z95,B140:Z174) + SUMPRODUCT (B100:Z134,B140:Z174)+ SUMPRODUCT (B223:H247,B282:H306)+ SUMPRODUCT (B252:H276,B282:H306)		ผลบวกของ (จำนวนข้าวที่ขนส่งจากผู้ปลูกข้าวไปยังท่าข้าว จากท่าข้าวไปยังโรงสีข้าว และจากโรงสีข้าวไปยังผู้ค้าส่งข้าว x ค่าเชื้อเพลิงเที่ยวไปจากผู้ปลูกข้าวไปยังท่าข้าว จากท่าข้าวไปยังโรงสีข้าว และจากโรงสีข้าวไปยังผู้ค้าส่งข้าว) + ผลบวกของ (จำนวนข้าวที่ขนส่งจากผู้ปลูกข้าวไปยังท่าข้าว จากท่าข้าวไปยังโรงสีข้าว และจากโรงสีข้าวไปยังผู้ค้าส่งข้าว x ค่าเชื้อเพลิงเที่ยวกลับจากผู้ปลูกข้าวไปยังท่าข้าว จากท่าข้าวไปยังโรงสีข้าว และจากโรงสีข้าวไปยังผู้ค้าส่งข้าว)

ตารางที่ 4.9 (ต่อ) คำอธิบายค่าและสูตรในโปรแกรม Microsoft Excel 2007 ในส่วนของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.2

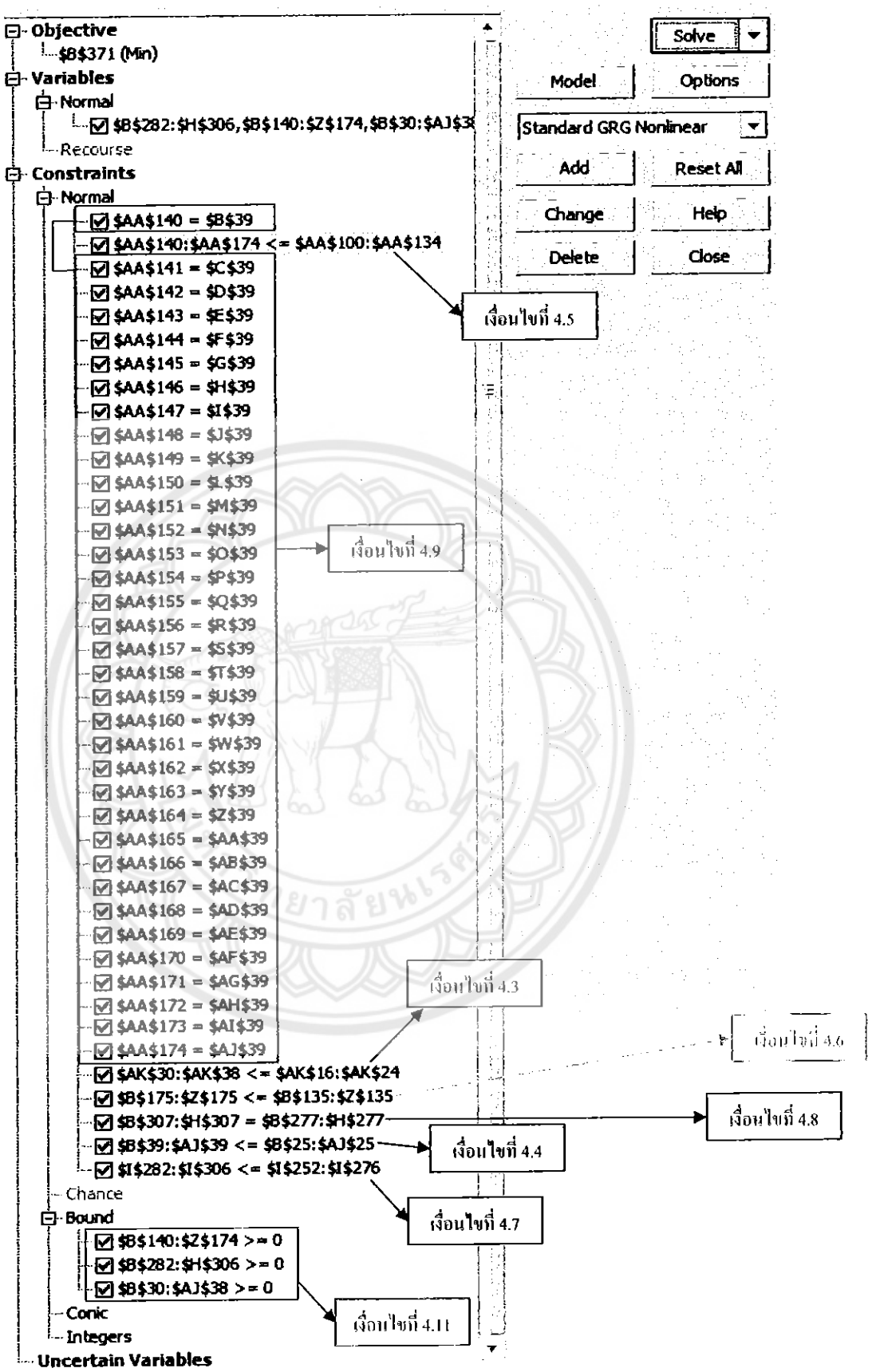
ตำแหน่ง	สูตร	Copy to	คำอธิบาย
B372	=SUMPRODUCT (B3:AJ11,B44:AJ52) + SUMPRODUCT (B16:AJ24,B44:AJ52) + SUMPRODUCT (B61:Z95,B180:Z214) + SUMPRODUCT (B100:Z134,B180:Z214)+ SUMPRODUCT (B223:H247,B343:H367)+ SUMPRODUCT (B252:H276,B343:H367)		ผลบวกของ (จำนวนรอบโดยคิดเที่ยวไปและเที่ยวกลับของการขนส่งจากผู้ปลูกข้าวไปยังท่าข้าว จากท่าข้าวไปยังโรงสีข้าว และจากโรงสีข้าวไปยังผู้ค้าส่งข้าว x ค่าเชื้อเพลิงทั้งเที่ยวไปและเที่ยวกลับจากผู้ปลูกข้าวไปยังท่าข้าว จากท่าข้าวไปยังโรงสีข้าว และจากโรงสีข้าวไปยังผู้ค้าส่งข้าว)

ตารางที่ 4.10 คำอธิบายค่าต่างๆ ในโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 for Microsoft Excel ในส่วนของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.2

Field in Solver Parameters	ค่าที่ป้อนเข้าไป	เงื่อนไข	คำอธิบาย
Set Target Cell (Objective)	$B$372	4.1	เป็นการหาค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งที่เกิดขึ้น
Equal To	Min		จุดประสงค์คือ ต้องการหาค่าที่ต่ำที่สุด
By Changing Cell (Variables)	$B$282:$H$306, $B$140:$Z$174, $B$30:$AJ$38		ต้องการทราบว่าปริมาณการขนส่งข้าวเปลือกและข้าวสารที่เหมาะสมควรมีปริมาณเท่าไหร่และไปขนส่งไปจุดใดบ้าง
Constraints (Subject to)	$ AK$30:$AK$38 <= $AK$16:$AK$24	4.3	การขนส่งข้าวเปลือกไปยังท่าข้าว จะต้องไม่เกินความสามารถในการผลิตข้าวเปลือก
Constraints (Subject to)	$B$39:$AJ$39 <= $B$25:$AJ$25	4.4	ข้าวเปลือกที่ขนส่งไปยังท่าข้าวต้องไม่เกินกว่าขีดความสามารถการจัดเก็บข้าวเปลือก
Constraints (Subject to)	$AA$140:$AA$174 <= $AA$100:$AA$134	4.5	ปริมาณข้าวเปลือกที่ขนส่งไปยังโรงสีข้าวต้องไม่เกินกว่าข้าวเปลือกที่ถูกจัดเก็บไว้

ตารางที่ 4.10 (ต่อ) คำอธิบายค่าต่างๆ ในโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 for Microsoft Excelในส่วนของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.2

Field in Solver Parameters	ค่าที่ป้อนเข้าไป	เงื่อนไข	คำอธิบาย
Constraints (Subject to)	$B$175:$Z$175 <= $B$135:$Z$135	4.6	ปริมาณข้าวเปลือกที่ขนส่งไปยังโรงสีข้าวต้องไม่เกินกว่าความสามารถในการสีข้าว
Constraints (Subject to)	$I$282:$I$306 <= $I$252:$I$276	4.7	ปริมาณข้าวสารที่ขนส่งไปยังผู้ค้าส่งข้าวต้องไม่เกินกว่าความสามารถในการสีข้าว
Constraints (Subject to)	($B$307:$H$307)/1.538 = $B$277:$H$277	4.8	ปริมาณข้าวสารที่ขนส่งไปยังผู้ค้าส่งข้าวต้องเท่ากับความต้องการรับซื้อข้าวสารและมีน้ำหนักลดลงหลังจากการสี
Constraints (Subject to)	$AA$140 Copy to $AA$174 = $B$39 Copy to $AJ$39	4.9	ปริมาณข้าวเปลือกที่ส่งผ่านท่าข้าวจะต้องมีปริมาณการขนส่งขาเข้าเท่ากับปริมาณการขนส่งขาออก
Constraints (Subject to)	I282Copy to $I$306 = $B$175 Copy to $Z$175	4.10	ปริมาณข้าวเปลือกและข้าวสารที่ส่งผ่านโรงสีข้าวต้องมีปริมาณเท่ากัน และข้าวสารจะมีน้ำหนักลดลงหลังจากการสี
Constraints (Subject to)	$B$140:$Z$174, $B$282:$H$306, $B$30:$AJ$38 >= 0	4.11	เป็นการบังคับตัวแปรตัดสินใจให้เป็นค่าที่ไม่ติดลบ



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

4.2.2.3 ผลการคำนวณตัวแบบคณิตศาสตร์

จากการสร้างตัวแบบคณิตศาสตร์ของห่วงโซ่อุปทานข้าวในเขตจังหวัดพิษณุโลก เพื่อหาต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งที่ต่ำที่สุดโดยมีการคำนวณต้นทุนค่าเชื้อเพลิงของยานพาหนะทั้งเที่ยวไปและกลับ โดยทำการสร้างสมการคณิตศาสตร์และทำการแก้ฟังก์ชันคณิตศาสตร์ตามสมการและอสมการข้างต้น ซึ่งผลของการแก้ฟังก์ชันคณิตศาสตร์คือต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งที่ต่ำที่สุดในการคำนวณการขนส่งที่เป็นรอบทั้งเที่ยวไปและกลับ มีมูลค่าเท่ากับ 195,802.59 บาท สำหรับปริมาณการไหลที่เหมาะสมของข้าวเปลือกและข้าวสารสามารถสรุปได้เหมือนดังตารางที่ 4.3, 4.4 และตารางที่ 4.5 และรอบในการขนส่งข้าวเปลือกและข้าวสารนั้นสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.6, 4.7 และตารางที่ 4.8

4.2.2.4 Answer Report

เป็นรายงานที่แสดงรายละเอียดโดยสรุปของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.2 ที่ใช้โปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 หาคำตอบที่ดีที่สุด

Microsoft Excel 12.0 Answer Report
Worksheet: [คำนวณโปรเจค.xls]โมเดลที่ 2
Report Created: 25/4/2553 22:27:43
Result: Solver found a solution. All constraints and optimality conditions are satisfied.
Engine: Large-Scale LP Solver
Solution Time: 05 Seconds
Iterations: 0
Subproblems: 0
Incumbent Solutions: 0

Objective Cell (Min)

Cell	Name	Original Value	Final Value
$B$372	ค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำสุด	0	195802.59

(1)

Decision Variable Cells

Cell	Name	Original Value	Final Value	Type
$S$31	2 อำเภอพรหมพิราม 18 สิงห์หนุ่ม	0.00	160.00	Normal
$T$31	2 อำเภอพรหมพิราม 19 พิมพ์ฉวี	0.00	118.06	Normal

(2)

Constraints

Cell	Name	Cell Value	Formula	Status	Slack
$B$39	ความสามารถจัดเก็บข้าวเปลือกของท่าข้าว (ต้น) 1 ตลาดกลางสินค้าเกษตร	1,230.16	$B$39<=$B$25	Not Binding	108769.844
$C$39	ความสามารถจัดเก็บข้าวเปลือกของท่าข้าว (ต้น) 2 โลกการเกษตร	145.00	$C$39<=$C$25	Not Binding	2855

(3)

รูปที่ 4.18 แสดงตัวอย่าง Answer Report ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.2

จากรูปที่ 4.18 ในช่องหมายเลข 1 (Objective Cell) อธิบายรายละเอียดของเซลล์เป้าหมาย ว่าต้องการให้มีค่าเป็นอย่างไร ในที่นี้ต้องการค่า Min ซึ่งคือ ค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำที่สุด

1) Cell : รายงานว่าเซลล์ $B$372 ถูกกำหนดให้เป็นเซลล์เป้าหมาย

2) Name : รายงานว่าเซลล์นั้นมีชื่อว่า ค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำสุด

3) Original Value : รายงานค่าก่อนที่จะใช้โปรแกรมหาคำตอบ คือ 0

4) Final Value : รายงานค่าสุดท้ายที่ใช้หาคำตอบ คือ 195,802.59 บาท (ค่าเชื้อเพลิงการขนส่งที่ต่ำที่สุด)

ในช่องหมายเลข 2 (Decision Variable Cells) ได้อธิบายรายละเอียดของเซลล์ที่เรากำหนดให้เปลี่ยนค่า (By Changing Cell) ของโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 เซลล์ $S$31 เป็นการขนส่งข้าวเปลือกจากอำเภอพรหมพิรามไปท่าข้าวสิงห์หนุ่ม มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 0 ตัน และค่าสุดท้ายเท่ากับ 160 ตัน ส่วนเซลล์ $T$31 เป็นการขนส่งข้าวเปลือกจากอำเภอพรหมพิรามไปท่าข้าวพิมพ์ฉวี มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 0 ตัน และค่าสุดท้ายเท่ากับ 118.06 ตัน ค่าอื่นๆ ไม่สามารถแสดงได้หมดเพราะข้อจำกัดด้านเนื้อที่ในการเขียน ส่วนการวิเคราะห์จะทำได้ในลักษณะเดียวกัน

ในช่องหมายเลข 3 (Constrains) อธิบายรายละเอียดของเซลล์ที่ได้กำหนดข้อจำกัดของเซลล์ต่างๆ ว่าอย่างไร เซลล์ $B$39 คือ การจัดเก็บข้าวเปลือกของท่าข้าวตลาดกลางสินค้าเกษตร มีค่าเท่ากับ 1,230.15 ตัน โดยมีข้อจำกัด คือ $B$39<=$B$25 ซึ่งจะทำให้ใช้ความสามารถการจัดเก็บข้าวได้ไม่เต็มที่ (ทำให้ Slack เท่ากับ 108,769.84 และ Status เป็น Not Binding) เซลล์ $C$39 คือ การจัดเก็บข้าวเปลือกของท่าข้าวโลกการเกษตร มีค่าเท่ากับ 145 ตัน โดยมีข้อจำกัด คือ $C$39<=$C$25 ซึ่งจะทำให้ใช้ความสามารถการจัดเก็บข้าวได้ไม่เต็มที่ (ทำให้ Slack เท่ากับ 2,855 และ Status เป็น Not Binding)

สำหรับคำอธิบายเพิ่มเติมของ Slack และ Binding ได้กล่าวไว้ในแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.1 แล้ว

การวิเคราะห์ Answer Report ข้างต้นของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.2 นี้เป็นเพียงการแสดงตัวอย่างของวิธีการวิเคราะห์เท่านั้น เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านพื้นที่ของเล่มงานวิจัยเองทำให้ไม่สามารถนำผลของ Answer Report มาแสดงได้หมด

4.2.2.5 การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis)

Microsoft Excel 12.0 Sensitivity Report
Worksheet: [คำนวณโปรเจค.xls]โมเดลที่ 2
Report Created: 25/4/2553 22:34:46

Objective Cell (Min)

Cell	Name	Final Value
$B$372	ค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำสุด	195802.59

Decision Variable Cells

Cell	Name	Final Value	Reduced Cost	Objective Coefficient	Allowable Increase	Allowable Decrease
$AG$36	7 อำเภอวัดโบสถ์ 32 โชคชนพร	200.47	0.00	409.1608889	7.868478732	1E+30
$AH$36	7 อำเภอวัดโบสถ์ 33 ส.ประดู่ทอง	0.00	321.48	691.3020513	1E+30	321.4835556
$AI$36	7 อำเภอวัดโบสถ์ 34 นางเอื้อการย์	0.00	455.25	701.4186667	1E+30	455.2476923
$AJ$36	7 อำเภอวัดโบสถ์ 35 นางธนัสถา	0.00	240.55	533.9324786	1E+30	240.5506325

รูปที่ 4.19 แสดง Report Sensitivity ส่วน Decision Variable ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.2

จากรูปที่ 4.20 ในช่องที่ 6 Shadow Price คือ ค่าที่ลดลงของสมการเป้าหมายต่อการเปลี่ยนแปลงข้อจำกัดหนึ่งหน่วย เช่น เซลล์ที่ $O$175 ถ้าหากเพิ่มการขนส่งข้าวเปลือกไปอีก 1 รอบการขนส่ง จะทำให้คำตอบของค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำที่สุดลดลง 250.67 บาท และในช่องหมายเลขที่ 7 หมายความว่า ค่าสูงสุดและต่ำสุดของข้อจำกัดที่สามารถทำได้ เช่น เซลล์ที่ $O$175 ไม่สามารถเพิ่มการขนส่งข้าวเปลือกไปยังโรงสีข้าวพิษณุศรีธัญญะ (ตาม Allowable Increase คือ 0) แต่สามารถลดจำนวนการขนส่งได้เท่ากับ 114.162 ตัน เพราะค่า Allowable Decrease เป็น 85.838 (Constrains R.H. Side - Allowable Decrease คือ 200 – 85.838) และการเพิ่มหรือลดข้อจำกัดทำให้คำตอบที่ดีที่สุดเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามสัดส่วนของ Shadow Price เช่น หากลดการขนส่งข้าวเปลือกไปยังโรงสีข้าวพิษณุศรีธัญญะเป็น 1 รอบการขนส่ง จะทำให้ต้นค่าเชื้อเพลิงในการส่งเพิ่มขึ้นเป็น 250.67 บาท เนื่องจากจะเกิดการขนส่งไปที่จุดอื่นแทน เป็นต้น

4.2.3 แบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อหาต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งที่ต่ำที่สุดโดยมีการกำหนดโควตาการขนส่งขั้นต่ำของท่าข้าวและโรงสีข้าว และคิดค่าเชื้อเพลิงทั้งเที่ยวไปและกลับ

ในสถานการณ์นี้ได้มีการกำหนดโควตาในการขนส่งขั้นต่ำให้กับท่าข้าวและโรงสีข้าวทุกๆท่าข้าวจะต้องรับซื้อข้าวเปลือกจากผู้ปลูกข้าวไม่น้อยกว่า 1.34% ของความสามารถในการจัดเก็บข้าวเปลือกของท่าข้าวใดๆ (คิดโดยนำปริมาณข้าวเปลือกที่ผลิตได้ต่อวันจากผู้ปลูกข้าวต่อจำนวนท่าข้าวที่มีอยู่ในจังหวัดพิษณุโลก) และทุกๆ โรงสีข้าวจะต้องรับซื้อข้าวเปลือกจากท่าข้าวไม่น้อยกว่า 1.88% ของกำลังการสีข้าวของโรงสีข้าวใดๆ (คิดโดยนำปริมาณข้าวเปลือกที่ถูกขายให้กับท่าข้าวในหนึ่งวันต่อจำนวนโรงสีข้าวที่มีอยู่ในจังหวัดพิษณุโลก) เหตุผลที่นำปริมาณข้าวเปลือกที่ผลิตได้ต่อวันจากผู้ปลูกข้าวมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของโควตาการขนส่ง เนื่องจากเป็นปริมาณผลผลิตทั้งหมดที่ต้องทำการขนส่งไปยังท่าข้าวและโรงสีข้าวในหนึ่งวัน อย่างไรก็ตามวิธีการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของโควตาการขนส่งเป็นเพียงวิธีการที่ผู้วิจัยได้สมมติขึ้นเท่านั้น สามารถเปลี่ยนแปลงวิธีการได้ตามสถานการณ์ที่อาจเกิดขึ้น ในแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.3 ยังมีการคำนวณต้นทุนการขนส่งอันเนื่องมาจากค่าเชื้อเพลิงทั้งเที่ยวไปและกลับ ฉะนั้นแล้วสถานการณ์นี้จึงมีเงื่อนไขเพิ่มเติม ดังนี้

เงื่อนไข (Subject to)

$$\sum_{i=1}^{S} X_{ij} \geq 0.0134(CP_j) \quad , \quad \text{for all } j. \tag{4.14}$$

ปริมาณข้าวเปลือกที่ขนส่งออกมาจากผู้ปลูกข้าว i เข้าไปยังท่าข้าว j จะต้องมีข้าวเปลือกเข้าท่าข้าวไม่น้อยกว่า 1.34% ของความสามารถในการจัดเก็บข้าวเปลือกของท่าข้าวนั้นๆ

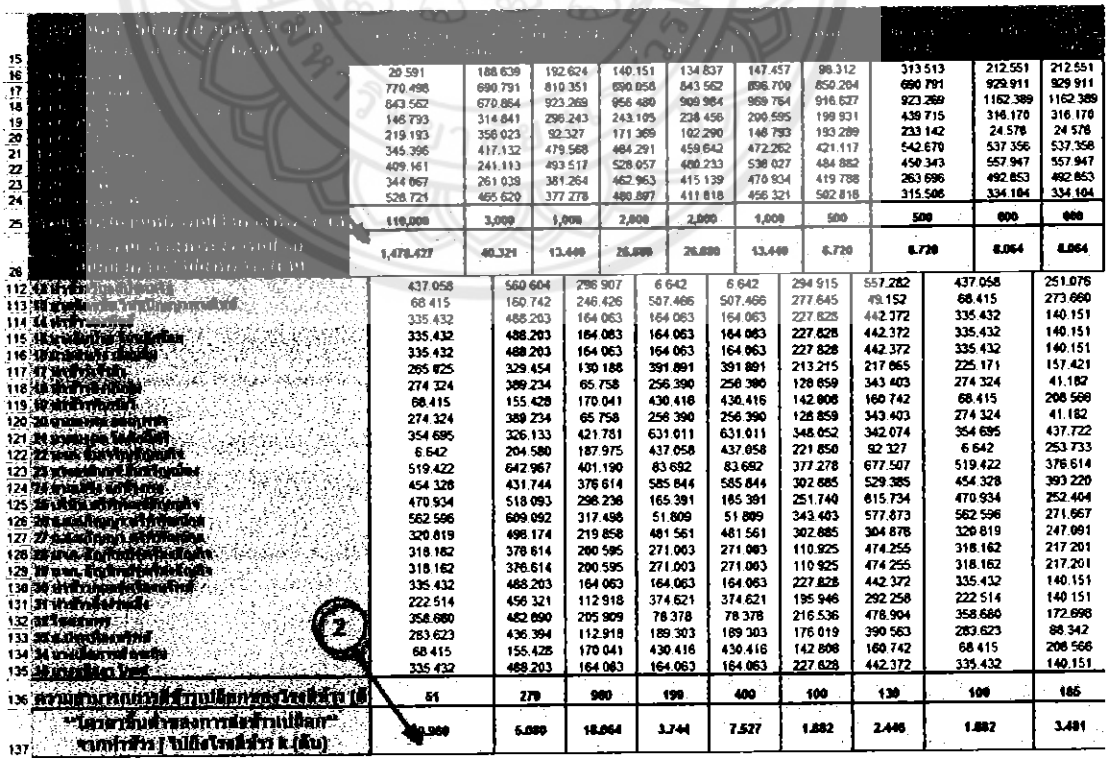
$$\sum_{j=1}^{V} X_{jk} \geq 0.0188(CP_k) \quad , \quad \text{for all } k. \tag{4.15}$$

ปริมาณข้าวเปลือกที่ขนส่งออกมาจากท่าข้าว j เข้าไปยังโรงสีข้าว k จะต้องมีข้าวเปลือกเข้าโรงสีข้าวไม่น้อยกว่า 1.88% ของความสามารถในการสีข้าวของโรงสีข้าวนั้นๆ

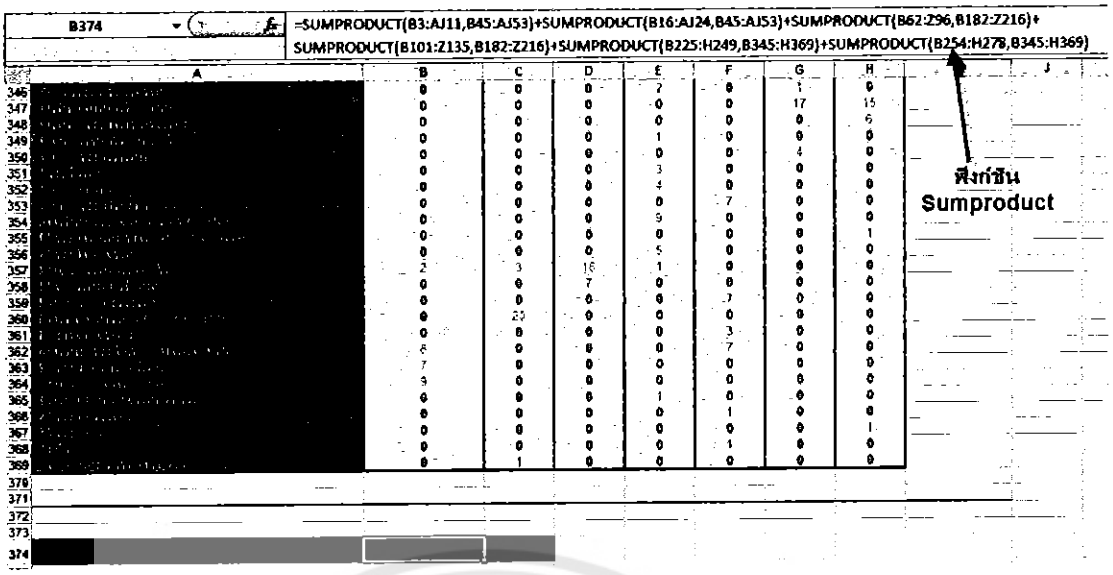
สำหรับสมการเป้าหมายยังคงใช้สมการที่ 4.12 สำหรับข้อตกลงเบื้องต้น ดัชนีพารามิเตอร์ เงื่อนไขต่างๆ ในแบบจำลองที่ 4.2.1 และตัวแปรตัดสินใจ ก็ยังคงใช้เหมือนกับแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.1 ไม่มีการเพิ่มเติมหรือเปลี่ยนแปลงใดๆ

4.2.3.1 การเขียนโปรแกรม

การเขียนโปรแกรมเพื่อช่วยในการคำนวณหาคำตอบของค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งที่ต่ำที่สุดนั้น จะใช้โปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 for Microsoft Excel ในการช่วยคำนวณหาคำตอบ ซึ่งจะใช้ร่วมกับฟังก์ชันบนโปรแกรม Microsoft Excel 2007 เช่นเดียวกับในการหาคำตอบของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ผ่านมา แต่ในกรณีของจำลองคณิตศาสตร์ที่มีการกำหนดโควตาขั้นต่ำของการขนส่งด้วยนั้น จำเป็นต้องมีการสร้างเซลล์ตารางเพิ่มเติมเพื่อที่จะนำมาคำนวณหาจำนวนโควตาขั้นต่ำในการขนส่งและเพื่อที่จะนำไปบรรจุเป็นสมการเงื่อนไขผ่านโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 for Microsoft Excel เซลล์ที่เพิ่มขึ้นมานั้นดังรูปที่ 4.21 โดยหมายเลข 1 และหมายเลข 2 คือ โควตาขั้นต่ำในการขนส่งของแต่ละโหนด



รูปที่ 4.21 แสดงตัวอย่างของโปรแกรมเมื่อมีโควตาการขนส่ง



รูปที่ 4.22 แสดงตัวอย่าง ของสมการเป้าหมายในแบบจำลองคณิตศาสตร์แบบมีโควตา

4.2.3.2 ความสัมพันธ์ของสมการกับโปรแกรม

ความสัมพันธ์ของสมการที่สร้างขึ้นมาในแบบจำลองคณิตศาสตร์แบบมีโควตาการขนส่งกับโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 for Microsoft Excel นั้นจะคล้ายคลึงกับแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.1 แตกต่างกันตรงที่มีการเพิ่มสมการเงื่อนไขมาอีก 2 สมการด้วยกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.11 และ 4.12

ตารางที่ 4.11 คำอธิบายค่าและสูตรในโปรแกรม Microsoft Excel 2007 ในส่วนของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.3

ตำแหน่ง	สูตร	Copy to	คำอธิบาย
B40	=SUM(B31:B39)	AJ40	ผลรวมข้าวเปลือกที่ท่าข้าวที่ขนส่งเข้ามาจากผู้ปลูกข้าว ทั้ง 9 แห่ง
AK31	=SUM(B31:AJ31)	AK39	ผลรวมข้าวเปลือกของผู้ปลูกข้าวที่ขนส่งไปให้ท่าข้าวทั้ง 35 แห่ง
B177	=SUM(B142:B176)	Z177	ผลรวมข้าวเปลือกที่โรงสีข้าวที่ขนส่งเข้ามาจากท่าข้าว ทั้ง 35 แห่ง
AA142	=SUM(B142:Z142)	AA176	ผลรวมข้าวเปลือกของท่าข้าวที่ขนส่งไปให้โรงสีข้าวทั้ง 25 แห่ง

ตารางที่ 4.11 (ต่อ) คำอธิบายค่าและสูตรในโปรแกรม Microsoft Excel 2007 ในส่วนของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.3

ตำแหน่ง	สูตร	Copy to	คำอธิบาย
B309	=SUM(B284:B308)	H309	ผลรวมน้ำหนักข้าวเปลือกของผู้ค้าส่งข้าว ที่ขนส่งเข้ามาจากโรงสีข้าวทั้ง 25 แห่ง
I284	=SUM(B284:H284)	I308	ผลรวมน้ำหนักข้าวเปลือกของโรงสีข้าว ที่ขนส่งไปให้ผู้ค้าส่งข้าวทั้ง 7 แห่ง
B340	=SUM(B315:B339)	H340	ผลรวมข้าวสารที่ผู้ค้าส่งข้าวที่ขนส่งเข้ามาจากโรงสีข้าว ทั้ง 35 แห่ง
B26	=B25*(Capacity!$D$97/100)	AJ26	ผลคูณของความสามารถจัดเก็บข้าวเปลือกของท่าข้าวกับโควตาขนส่ง
B137	=B136*(Capacity!$D$98/100)	Z137	ผลคูณของความสามารถการสีข้าวของโรงสีข้าวกับโควตาขนส่ง
B373	=SUMPRODUCT (B3:AJ11,B30:AJ38) + SUMPRODUCT (B16:AJ24,B30:AJ38) + SUMPRODUCT (B61:Z95,B140:Z174) + SUMPRODUCT (B100:Z134,B140:Z174)+ SUMPRODUCT (B223:H247,B282:H306)+ SUMPRODUCT (B252:H276,B282:H306)		ผลบวกของ (จำนวนข้าวที่ขนส่งจากผู้ปลูกข้าวไปยังท่าข้าว จากท่าข้าวไปยังโรงสีข้าว และจากโรงสีข้าวไปยังผู้ค้าส่งข้าว x ค่าเชื้อเพลิงเที่ยวไปจากผู้ปลูกข้าวไปยังท่าข้าว จากท่าข้าวไปยังโรงสีข้าว และจากโรงสีข้าวไปยังผู้ค้าส่งข้าว) + ผลบวกของ (จำนวนข้าวที่ขนส่งจากผู้ปลูกข้าวไปยังท่าข้าว จากท่าข้าวไปยังโรงสีข้าว และจากโรงสีข้าวไปยังผู้ค้าส่งข้าว x ค่าเชื้อเพลิงเที่ยวกลับจากผู้ปลูกข้าวไปยังท่าข้าว จากท่าข้าวไปยังโรงสีข้าว และจากโรงสีข้าวไปยังผู้ค้าส่งข้าว)

ตารางที่ 4.11 (ต่อ) คำอธิบายค่าและสูตรในโปรแกรม Microsoft Excel 2007 ในส่วนของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.3

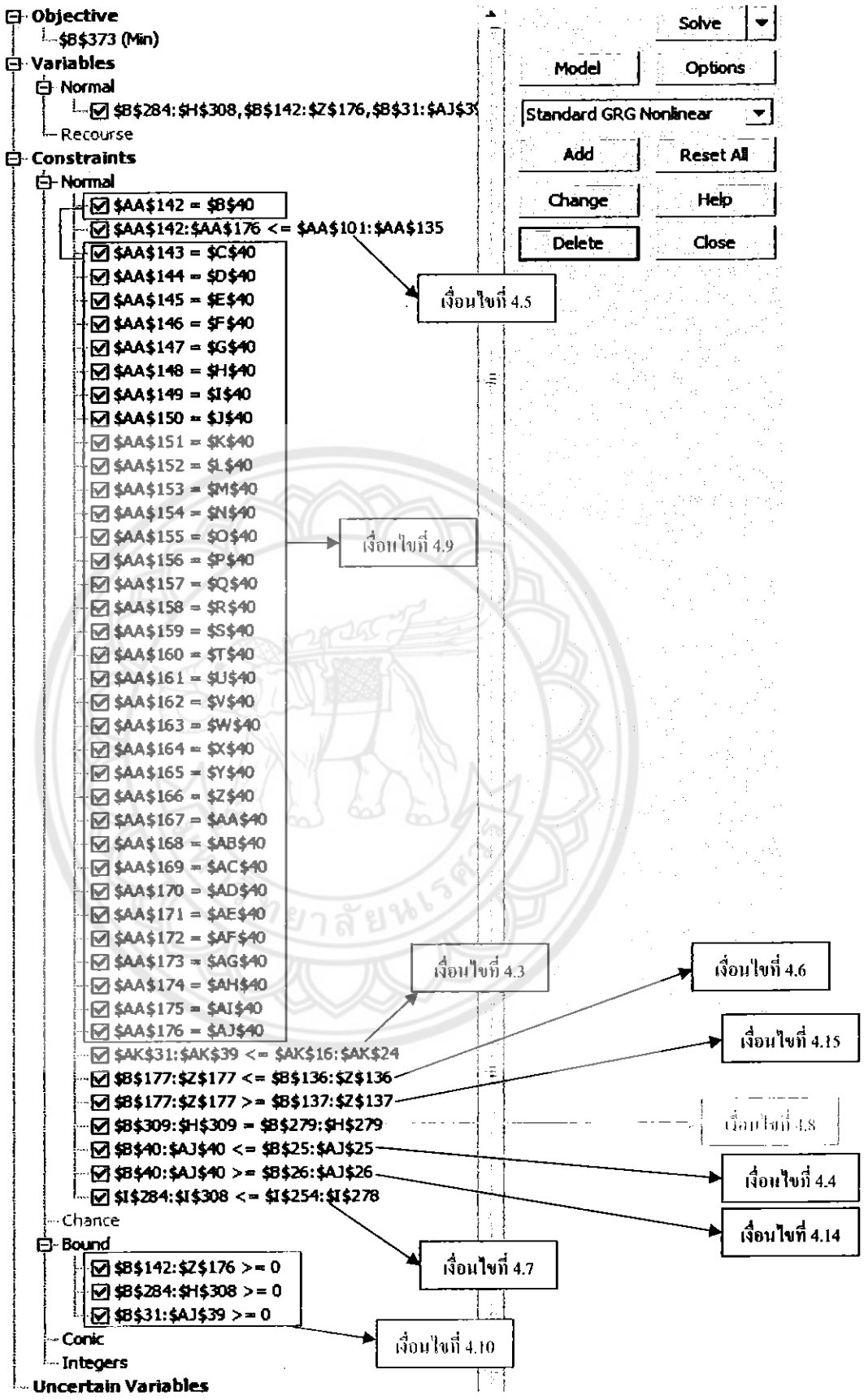
ตำแหน่ง	สูตร	Copy to	คำอธิบาย
B374	=SUMPRODUCT (B3:AJ11,B44:AJ52) + SUMPRODUCT (B16:AJ24,B44:AJ52) + SUMPRODUCT (B61:Z95,B180:Z214) + SUMPRODUCT (B100:Z134,B180:Z214)+ SUMPRODUCT (B223:H247,B343:H367)+ SUMPRODUCT (B252:H276,B343:H367)		ผลบวกของ (จำนวนรอบโดยคิดเที่ยวไปและเที่ยวกลับของการขนส่งจากผู้ปลูกข้าวไปยังท่าข้าว จากท่าข้าวไปยังโรงสีข้าว และจากโรงสีข้าวไปยังผู้ค้าส่งข้าว x ค่าเชื้อเพลิงทั้งเที่ยวไปและเที่ยวกลับจากผู้ปลูกข้าวไปยังท่าข้าว จากท่าข้าวไปยังโรงสีข้าว และจากโรงสีข้าวไปยังผู้ค้าส่งข้าว)

ตารางที่ 4.12 คำอธิบายค่าต่างๆ ในโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 for Microsoft Excel ในส่วนของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.3

Field in Solver Parameters	ค่าที่ป้อนเข้าไป	เงื่อนไข	คำอธิบาย
Set Target Cell (Objective)	$B$374	4.1	เป็นการหาค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งที่เกิดขึ้น
Equal To	Min		จุดประสงค์คือ ต้องการหาค่าที่ต่ำที่สุด
By Changing Cell (Variables)	$B$284:$H$308, $B$142:$Z$176, $B$31:$AJ$39		ต้องการทราบว่าปริมาณการขนส่งข้าวเปลือกและข้าวสารที่เหมาะสมควรมีปริมาณเท่าไหร่และไปขนส่งไปจุดใดบ้าง
Constraints (Subject to)	$AK$31:$AK$39 <= $AK$16:$AK$24	4.3	การขนส่งข้าวเปลือกไปยังท่าข้าว จะต้องไม่เกินความสามารถในการผลิตข้าวเปลือก
Constraints (Subject to)	$B$40:$AJ$40 <= $B$25:$AJ$25	4.4	ข้าวเปลือกที่ขนส่งไปยังท่าข้าวต้องไม่เกินกว่าขีดความสามารถการจัดเก็บข้าวเปลือก
Constraints (Subject to)	$AA$142:$AA$176 <= $AA$101:$AA$135	4.5	ปริมาณข้าวเปลือกที่ขนส่งไปยังโรงสีข้าวต้องไม่เกินกว่าข้าวเปลือกที่ถูกจัดเก็บไว้
Constraints (Subject to)	$B$177:$Z$177 <= $B$136:$Z$136	4.6	ปริมาณข้าวเปลือกที่ขนส่งไปยังโรงสีข้าวต้องไม่เกินกว่าความสามารถในการสีข้าว
Constraints (Subject to)	$I$284:$I$308 <= $I$254:$I$278	4.7	ปริมาณข้าวสารที่ขนส่งไปยังผู้ค้าส่งข้าวต้องไม่เกินกว่าความสามารถในการสีข้าว
Constraints (Subject to)	($B$309:$H$309)/1.538 = $B$279:$H$279	4.8	ปริมาณข้าวสารที่ขนส่งไปยังผู้ค้าส่งข้าวต้องเท่ากับความต้องการรับซื้อข้าวสารและมีน้ำหนักลดลงหลังจากการสี
Constraints (Subject to)	$AA$142 Copy to $AA$176 = $B$40 Copy to $AJ$40	4.9	ปริมาณข้าวเปลือกที่ส่งผ่านท่าข้าวจะต้องมีปริมาณการขนส่งขาเข้าเท่ากับปริมาณการขนส่งขาออก
Constraints (Subject to)	$I$284 Copy to $I$308 = $B$177 Copy to $Z$177	4.10	ปริมาณข้าวเปลือกและข้าวสารที่ส่งผ่านโรงสีข้าวต้องมีปริมาณเท่ากัน และข้าวสารจะมีน้ำหนักลดลงหลังจากการสี

ตารางที่ 4.12 (ต่อ) คำอธิบายค่าต่างๆ ในโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 for Microsoft Excel ในส่วนของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.3

Field in Solver Parameters	**ค่าที่ป้อนเข้าไป**	**เงื่อนไข**	**คำอธิบาย**
Constraints (Subject to)	$B$40:$AJ$40 >= $B$26:$AJ$26	4.14	ทุกๆ ท่าข้าวจะต้องมีข้าวเปลือกเข้าไม่น้อยกว่า 1.34% ของความสามารถในการจัดเก็บข้าวเปลือก
Constraints (Subject to)	$B$177:$Z$177 >= $B$137:$Z$137	4.15	ทุกๆ โรงสีข้าวจะต้องมีข้าวเปลือกเข้าไม่น้อยกว่า 1.88% ของความสามารถในการสีข้าว
Constraints (Subject to)	$B$31:$AJ$39, $B$248:$H$308, $B$142:$Z$176 >=0	4.11	เป็นการบังคับตัวแปรตัดสินใจให้เป็นค่าที่ไม่ติดลบ



รูปที่ 4.23 แสดงการเขียนข้อจำกัดต่างๆ ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.3 ลงในโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6

4.2.3.3 ผลการคำนวณตัวแบบคณิตศาสตร์

จากการสร้างตัวแบบคณิตศาสตร์ของห่วงโซ่อุปทานข้าวในเขตจังหวัดพิษณุโลก เพื่อหาต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งที่ต่ำที่สุดโดยมีการกำหนดโควตาขั้นต่ำของการขนส่งข้าวเปลือกจากผู้ปลูกข้าวi เข้าไปยังท่าข้าวj คือ 1.34% ของความสามารถในการจัดเก็บข้าวเปลือกของท่าข้าวใดๆ และโควตาขั้นต่ำของการขนส่งข้าวเปลือกจากท่าข้าวj เข้าไปยังโรงสีข้าวk คือ 1.88% ของความสามารถในการสีข้าวของโรงสีข้าวใดๆ จากที่ได้ทำการสร้างสมการและอสมการคณิตศาสตร์ กำหนดเงื่อนไขเพิ่มเติม และทำการแก้ฟังก์ชันคณิตศาสตร์ตามสมการและอสมการข้างต้น ซึ่งผลของการแก้ฟังก์ชันคณิตศาสตร์คือต้นทุนค่าเชื้อเพลิงของยานพาหนะในการขนส่งที่ต่ำที่สุดทั้งเที่ยวไปและกลับซึ่งมีการกำหนดโควตาของการขนส่ง มีมูลค่าเท่ากับ 213,993.39 บาท ดังนั้นปริมาณการไหลที่เหมาะสมของข้าวเปลือกและข้าวสารรวมทั้งจำนวนรอบการขนส่งของยานพาหนะ สามารถสรุปได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.13 แสดงปริมาณการไหลของข้าวเปลือกจากผู้ปลูกข้าวi ไปยังท่าข้าวj ภายใน 1 วัน เมื่อมีการกำหนดโควตาการส่งข้าวเปลือกเท่ากับ 1.34%

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
1.	1,230.16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.	39.75	62.68	13.44	-	26.88	-	-	500	-	-	20	-	-	0.67	4.03	13.44	-	160	-	116.53	10.31	6.72	-	-	-	-	-	54.90	-	1.34	-	-	80	-	67.20
3.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.34	-	707.22	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.	208.52	-	-	26.88	-	13.44	6.72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13.44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	195.97	-	-	-	4.03	-	-	-	-
5.	-	-	-	-	-	-	-	-	534.49	8.06	-	-	10.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	187.82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40.32	-	-	79.50	53.76	-	-	26.88	-	-	-
8.	-	3.70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26.88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	85.36	-
9.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	56.89	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ หน่วย : ตัน

ตารางที่ 4.14 แสดงปริมาณการไหลของข้าวเปลือกจากท่าข้าวj ไปยังโรงสีข้าวk ภายใน 1 วัน เมื่อมีการกำหนดโควตาการส่งข้าวเปลือกเท่ากับ 1.88%

โรงสีข้าว / ท่าข้าว	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	-	-	960.00	-	-	-	-	-	100.47	260.00	-	-	-	152.96	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.00	-
2	-	-	-	-	-	41.38	-	-	-	-	25.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	13.44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26.88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26.88	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13.44	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	61.41	-	-	-	-	-	52.20	-	-	-	150.00	-	-	-	-	-	-	-	216.40	20.00	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	534.49	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.06	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	20.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	180.30	7.53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13.44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13.44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	-	-	-	-	-	-	-	-	64.53	-	-	-	-	-	95.47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26.88	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	104.53	-	-	-	-	-	-	12.00	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	67.20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.72	-	-	-	-	-
23	-	-	-	4.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	-	-	-	-	-	1.34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40.32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	347.22	-	-	-	-	360.00	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 4.14 (ต่อ) แสดงปริมาณการไหลของข้าวเปลือกจากท่าข้าว j ไปยังโรงสีข้าว k ภายใน 1 วัน เมื่อมีการกำหนดโควตาการส่งข้าวเปลือกเท่ากับ 1.88%

โรงสีข้าว / ท่าข้าว	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	195.97	-	-	-	-	-	-
28	-	-	-	-	-	35.51	-	-	-	-	-	-	98.89	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29	-	-	-	-	-	21.76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.00	-	12.00
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.03	-	-	-	-	-	-
32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26.88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80.00	-	-	-	-	-	-	-	-
34	51.00	-	-	-	-	-	-	34.36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	67.20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ หน่วย : ตัน

ตารางที่ 4.15 แสดงปริมาณการไหลของข้าวสารจากโรงสีข้าว*k* ไปยังผู้ค้าส่งข้าว*l* ภายใน 1 วัน กรณีมีโควตา

ผู้ค้าส่งข้าว / โรงสีข้าว	1	2	3	4	5	6	7
1	-	-	-	-	-	33.16	-
2	-	-	-	37.52	-	2.40	-
3	-	-	-	-	-	336.36	287.83
4	-	-	-	-	-	-	119.85
5	-	-	-	4.89	-	-	-
6	-	-	-	-	-	65.02	-
7	-	-	-	43.69	-	-	-
8	-	-	-	65.02	-	-	-
9	-	-	-	-	120.29	-	-
10	-	-	-	169.05	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	16.25
12	-	-	-	97.53	-	-	-
13	33.83	43.17	306.90	6.22	-	-	-
14	-	-	130.04	-	-	-	-
15	-	-	-	-	130.04	-	-
16	-	385.97	-	-	-	-	-
17	-	-	-	-	52.02	-	-
18	110.53	-	-	-	123.55	-	-
19	130.04	-	-	-	-	-	-
20	162.55	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	13.00	-	-	-
22	-	-	-	-	7.80	-	-
23	-	-	-	-	-	-	13.00
24	-	-	-	-	3.25	-	-
25	-	7.80	-	-	-	-	-

หมายเหตุ หน่วย : ตัน

ตารางที่ 4.16 แสดงรอบในการเดินทางขนส่งข้าวเปลือกของยานพาหนะจากผู้ปลูกข้าว i ไปยังท่าข้าว j ภายใน 1 วัน เมื่อมีการกำหนดโควตาการส่งข้าวเปลือกเท่ากับ 1.34%

ท่าข้าว / ผู้ปลูกข้าว	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
1.	62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.	2	4	1	-	2	-	-	25	-	-	1	-	-	1	1	1	-	8	-	6	1	1	-	-	-	-	-	3	-	1	-	-	4	-	4
3.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.	11	-	-	2	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	1	-	-	-	-
5.	-	-	-	-	-	-	-	-	27	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	4	3	-	-	2	-	-	-
8.	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-
9.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 4.17 แสดงรอบในการเดินทางขนส่งข้าวเปลือกของยานพาหนะจากท่าข้าว*j* ไปยังโรงสีข้าว*k* ภายใน 1 วัน เมื่อมีการกำหนดโควตาการส่งข้าวเปลือกเท่ากับ 1.88%

โรงสีข้าว / ท่าข้าว	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	-	-	48	-	-	-	-	-	6	13	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
2	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	4	-	-	-	-	-	3	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	11	1	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	10	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
23	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18	-	-	-	-	18	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 4.17 (ต่อ) แสดงรอบในการเดินทางขนส่งข้าวเปลือกของยานพาหนะจากท่าข้าว j ไปยังโรงสีข้าว k ภายใน 1 วัน เมื่อมีการกำหนดโควตาการส่งข้าวเปลือกเท่ากับ 1.88%

โรงสีข้าว / ท่าข้าว	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-
28	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-
34	3	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 4.18 แสดงรอบในการเดินทางขนส่งข้าวสารของยานพาหนะจากโรงสีข้าว*k* ไปยังผู้ค้าส่งข้าว*l* ภายใน 1 วัน กรณีมีโควตา

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

4.2.3.4 Answer Report

เป็นรายงานที่แสดงรายละเอียดโดยสรุปของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.3 ที่ใช้โปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 หาคำตอบที่ดีที่สุด

Microsoft Excel 12.0 Answer Report
Worksheet: [คำนวณโปรแกรม.xls]โมเดลที่ 3
Report Created: 25/4/2553 22:48:44
Result: Solver found a solution. All constraints and optimality conditions are satisfied.
Engine: Large-Scale LP Solver
Solution Time: 06 Seconds
Iterations: 0
Subproblems: 0
Incumbent Solutions: 0

Objective Cell (Min)

Cell	Name	Original Value	Final Value
$B$374	ค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำสุด	0	213993.39

Decision Variable Cells

Cell	Name	Original Value	Final Value	Type
$B$31	1 อำเภอบางระกำ 1 ตลาดกลางสินค้าเกษตร	0.00	1,230.16	Normal
$C$31	1 อำเภอบางระกำ 2 โลกการเกษตร	0.00	0.00	Normal

Constraints

Cell	Name	Cell Value	Formula	Status	Slack
$S$40	ความสามารถจัดเก็บข้าวเปลือกของท่าข้าว (ตัน) 18 สิงห์หนุ่ม	160.00	$S$40<=$S$25	Binding	0
$T$40	ความสามารถจัดเก็บข้าวเปลือกของท่าข้าว (ตัน) 19 พิมพ์ดี	26.88	$T$40<=$T$25	Not Binding	1973.119509

รูปที่ 4.24 แสดงตัวอย่าง Answer Report ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.3

จากรูปที่ 4.24 ในช่องหมายเลข 1 (Objective Cell) อธิบายรายละเอียดของเซลล์เป้าหมาย ว่าต้องการให้มีค่าเป็นอย่างไร ในที่นี้ต้องการค่า Min ซึ่งคือ ค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำที่สุด

1) Cell : รายงานว่าเซลล์ $B$374 ถูกกำหนดให้เป็นเซลล์เป้าหมาย

2) Name : รายงานว่าเซลล์นั้นมีชื่อว่า ค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำสุด

3) Original Value : รายงานค่าก่อนที่จะใช้โปรแกรมหาคำตอบ คือ 0

4) Final Value : รายงานค่าสุดท้ายที่ใช้หาคำตอบ คือ 213,993.39 บาท (ค่าเชื้อเพลิงการขนส่งที่ต่ำที่สุด)

ในช่องหมายเลข 2 (Decision Variable Cells) ได้อธิบายรายละเอียดของเซลล์ที่เรากำหนดให้เปลี่ยนค่า (By Changing Cell) ของโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 เซลล์ $B$31 เป็นการขนส่งข้าวเปลือกจากอำเภอบางระกำไปท่าข้าวตลาดกลางสินค้าเกษตร มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 0 ตัน และค่าสุดท้ายเท่ากับ 1,230.16 ตัน ส่วนเซลล์ $C$31 เป็นการขนส่งข้าวเปลือกจากอำเภอบางระกำไปท่าข้าวโลกการเกษตร ซึ่งจะเห็นได้ว่าไม่มีการขนส่งโดยค่า Original Value และ Final Value เท่ากับ 0 สำหรับค่าอื่นๆ นั้นไม่สามารถแสดงได้หมดเพราะข้อจำกัดด้านเนื้อที่ในการเขียน สำหรับการวิเคราะห์ค่าอื่นก็จะทำได้ในลักษณะเดียวกัน

ในช่องหมายเลข 3 (Constrains) อธิบายรายละเอียดของเซลล์ที่ได้กำหนดข้อจำกัดของเซลล์ต่างๆ ว่าอย่างไร เซลล์ $S$40 คือ การจัดเก็บข้าวเปลือกของท่าข้าวสิงห์หนุ่ม มีค่าเท่ากับ 160 ตัน โดยมีข้อจำกัด คือ $S$40<=$S$25 ซึ่งจะทำให้ใช้ความสามารถการจัดเก็บข้าวได้เต็มที่ (ทำให้ Slack เท่ากับ 0 และ Status เป็น Binding) เซลล์ $T$40 คือ การจัดเก็บข้าวเปลือกของท่าข้าวพิมพ์ฉวี มีค่าเท่ากับ 26.88 ตัน โดยมีข้อจำกัด คือ $T$40<=$T$25 ซึ่งจะทำให้ใช้ความสามารถการจัดเก็บข้าวได้ไม่เต็มที่ (ทำให้ Slack เท่ากับ 1,973.119 และ Status เป็น Not Binding)

สำหรับคำอธิบายเพิ่มเติมของ Slack และ Binding ได้กล่าวไว้ในแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.1 แล้ว

การวิเคราะห์ Answer Report ข้างต้นของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.3 นี้เป็นเพียงการแสดงตัวอย่างของวิธีการวิเคราะห์เท่านั้น เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านพื้นที่ของเล่มงานวิจัยเองทำให้ไม่สามารถนำผลของ Answer Report มาแสดงได้หมด ด้วยจากข้อจำกัดของพื้นที่กระดาษ

4.2.3.5 การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis)

Microsoft Excel 12.0 Sensitivity Report
Worksheet: [คำนวณโปรเจค.xls]โมเดลที่ 3
Report Created: 25/4/2553 22:57:52

Objective Cell (Min)

Cell	Name	Final Value
$B$374	ค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำสุด	213993.39

Decision Variable Cells

Cell	Name	Final Value	Reduced Cost	Objective Coefficient	Allowable Increase	Allowable Decrease
$AH$38	8 อำเภอนครไทย 33 ต.ประตำ้ง	0.00	7.87	663.2003419	1E+30	7.868478632
$AI$38	8 อำเภอนครไทย 34 นางเอื้อการย์	85.36	0.00	530.5602735	0.0000001	4.496273604
$AJ$38	8 อำเภอนครไทย 35 นางรัสถา	0.00	2.25	736.2647863	1E+30	2.248136752
$B$39	9 อำเภอชาติตระการ 1 ตลาดกลางสินค้าเกษตร	0.00	822.82	894.7584274	1E+30	822.8180513
$C$39	9 อำเภอชาติตระการ 2 โลกการเกษตร	0.00	850.92	787.9719316	1E+30	850.9197607

รูปที่ 4.25 แสดง Report Sensitivity ส่วน Decision Variable ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.3

จากรูปที่ 2.25 ในช่องหมายเลข 4 หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการเป้าหมายจะต้องได้รับการเปลี่ยนแปลงก่อนที่ Solver จะนำตัวแปรดังกล่าวมาพิจารณาเป็นคำตอบที่ดีที่สุด อธิบายเซลล์ $AI$38 ได้ดังนี้ มีค่า Final Value เท่ากับ 85.36 ซึ่งคือปริมาณการขนส่งข้าวเปลือกจากอำเภอนครไทยไปท่าข้าวนางเอื้อการย์ และ Reduce Cost เท่ากับ 0 แสดงว่าไม่ต้องมีการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ของสมการเป้าหมาย เพราะตัวแปรนี้ได้เป็นคำตอบที่ดีที่สุดแล้ว แต่ถ้าค่า Final Value เป็น 0 ค่า Reduce Cost จะมีมากกว่า 0 ดังในเซลล์ที่ $AH$38, $AJ$38, $B$39 และ$C$39 หมายความว่า การขนส่งจะมีต้นทุนต่ำที่สุดก็ต่อเมื่อต้นทุนค่าเชื้อเพลิงลดลงไปอีก

เท่ากับค่า Reduce Cost ของเซลล์นั้นๆ ก็จะเป็นตัวแปรที่ Solver นำมาคำนวณค่าให้ (คือนำมาคำนวณให้เกิดมีการขนส่งทำให้ต้นทุนการขนส่งต่ำที่สุด) แต่ถ้าทำการขนส่งจะทำให้ต้นทุนการขนส่งเพิ่มไปเท่ากับค่า Reduce Cost ของเซลล์นั้นๆ เช่น ถ้ามีการขนส่งในเซลล์ $AH$38 จะทำให้ต้นทุนการขนส่งเพิ่มขึ้นไป 7.87 บาท เป็นต้น

ในช่องหมายเลข 5 หมายถึง การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของค่าสัมประสิทธิ์ในเซลล์เป้าหมายโดยที่ค่าเชื้อเพลิงของการขนส่งที่ต่ำที่สุดนั้นยังเหมือนเดิม เช่น ในเซลล์ $AH$38 ในช่อง Allowable Increase จะบอกว่าค่าเชื้อเพลิงในการเดินทางระหว่างโหนดสามารถเพิ่มขึ้นได้เท่าไหร่ คำตอบที่ดีที่สุดจึงจะเท่าเดิม และช่อง Allowable Decrease จะบอกว่าค่าเชื้อเพลิงในการเดินทางระหว่างโหนดสามารถลดลงได้เท่าไหร่คำตอบที่ดีที่สุดจึงจะเท่าเดิม ในเซลล์ $AH$38 ค่าเชื้อเพลิงในการเดินทางระหว่างโหนดสามารถเพิ่มขึ้นได้ไม่จำกัด และค่าเชื้อเพลิงในการเดินทางระหว่างโหนดสามารถลดลงจากเดิมได้อีก 655.33 บาท (Objective Coefficient - Allowable Decrease คือ 663.20 - 7.868) เซลล์ที่ $AI$38 ก็อธิบายได้เช่นเดียวกัน คือ ค่าเชื้อเพลิงในการเดินทางระหว่างโหนดสามารถเพิ่มขึ้นจากเดิมได้อีก 530.56 บาท (Objective Coefficient + Allowable Increase คือ 530.56 + 0) และค่าเชื้อเพลิงในการเดินทางระหว่างโหนดสามารถลดลงได้ถึง 526.064 บาท (Objective Coefficient - Allowable Decrease คือ 530.56 – 4.496) ซึ่งจะทำให้คำตอบที่ดีที่สุดไม่เปลี่ยนแปลง

Constraints

Cell	Name	Final Value	(6) Shadow Price	Constraint R.H. Side	(7) Allowable Increase	Allowable Decrease
$B$40	ความสามารถจัดเก็บข้าวเปลือกของท่าข้าว (ตัน) 1 ตลาดกลางสินค้าเกษตร	1,478.43	73.06	1478.427029	64.53211143	39.74613429
$C$40	ความสามารถจัดเก็บข้าวเปลือกของท่าข้าว (ตัน) 2 โลกการเกษตร	66.38	0.00	40.32073714	26.06100943	1E+30
$D$40	ความสามารถจัดเก็บข้าวเปลือกของท่าข้าว (ตัน) 3 นายยงยุทธ	13.44	8.99	13.44024571	34.36417429	3.700334286
$E$40	ความสามารถจัดเก็บข้าวเปลือกของท่าข้าว (ตัน) 4 นายสมบูรณ์	26.88	162.99	26.88049143	64.53211143	26.88049143
$F$40	ความสามารถจัดเก็บข้าวเปลือกของท่าข้าว (ตัน) 5 นายพิทักษ์พงษ์	26.88	138.26	26.88049143	6.377262857	3.700334286

รูปที่ 4.26 แสดง Report Sensitivity ส่วน Constrains ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.3

จากรูปที่ 2.26 ในช่องที่ 6 Shadow Price คือ ค่าที่ลดลงของสมการเป้าหมายต่อการเปลี่ยนแปลงข้อจำกัดหนึ่งหน่วย เช่น เซลล์ที่ $B$40 ถ้าหากเพิ่มการขนส่งข้าวเปลือกไปอีก 1 รอบของการขนส่ง จะทำให้คำตอบของค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำที่สุดเพิ่มขึ้น 73.06 บาท และในช่องหมายเลขที่ 7 หมายความว่า ค่าสูงสุดและต่ำสุดของข้อจำกัดที่สามารถทำได้ เช่น เซลล์ที่ $B$40 สามารถเพิ่มการขนส่งข้าวเปลือกไปยังท่าข้าวสินค้าเกษตรได้เท่ากับ 1,542.95 ตัน (Constrains R.H. Side + Allowable Increase คือ 1,478.42 + 64.53) และสามารถลดจำนวนการขนส่งได้เท่ากับ 1,438.67 ตัน (Constrains R.H.

Side - Allowable Decrease คือ 1,478.42 – 39.75) และการเพิ่มหรือลดข้อจำกัดทำให้คำตอบที่ดีที่สุดเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามสัดส่วนของ Shadow Price เช่น หากลดการขนส่งข้าวเปลือกไปยังท่าข้าวสินค้าเกษตรเป็น 1 รอบการขนส่ง จะทำให้ต้นค่าเชื้อเพลิงในการส่งลดลงเป็น 73.06 บาท เป็นต้น

4.2.4 แบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อหาต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งที่ต่ำที่สุดโดยมีการคำนวณต้นทุนค่าจ้างพนักงานขับรถและมีการกำหนดโควตาขั้นต่ำ

สำหรับแบบจำลองคณิตศาสตร์ในหัวข้อนี้ได้มีการเพิ่มเติมการคำนวณจากแบบจำลองคณิตศาสตร์ก่อนหน้า โดยได้จัดให้มีการคิดต้นทุนของค่าจ้างพนักงานขับรถเพิ่มขึ้น กล่าวคือในการคิดค่าจ้างพนักงานขับรถนั้นจะคิดโดยการเหมาค่าจ้างต่อกิโลเมตรของการขนส่ง ซึ่งเป็นการคิดค่าจ้างรวมระยะทางในเส้นทางกลับมาจุดเริ่มต้นด้วย ในสถานการณ์นี้คงยังมีการคิดต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการวิ่งของรถเที่ยวกลับและมีการกำหนดโควตาการขนส่งขั้นต่ำเช่นเดียวกับแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.3 ฉะนั้นแล้วแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.4 นี้ จึงมีข้อตกลงเบื้องต้น พารามิเตอร์ และสมการเป้าหมายที่เพิ่มเติมจากแบบจำลองคณิตศาสตร์ก่อนหน้า ดังนี้

ข้อตกลงเบื้องต้น (เพิ่มเติม)

1) กำหนดให้ยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งคือรถบรรทุก 10 ล้อ (10 Wheel) 3 เพลา และอัตราค่าจ้างของพนักงานขับรถนั้นอยู่ที่ 200 บาทต่อการขนส่ง 1 รอบ และอัตราค่าจ้างพนักงานขับรถนั้นเป็นอัตราเดียวกันหมด ซึ่งอัตราค่าจ้างที่ว่านี้ได้รวมการเดินทางไปส่งสินค้าและเดินทางกลับมายังจุดต้นทางแล้ว

2) กำหนดให้ต้นทางที่จะทำการขนส่งสินค้านั้นมียานพาหนะอยู่แล้ว มิได้ทำการเช่ามาจากแหล่งอื่นแต่อย่างใด

พารามิเตอร์ (Parameters)

Ce = ค่าใช้จ่ายในการจ้างพนักงานขับรถ (บาท)

สมการเป้าหมาย (Objective function)

$$MinZ = \sum_{i=1}^{S}\sum_{j=1}^{V}\frac{Cf}{C}D_{ij}\frac{X_{ij}}{L} + \sum_{j=1}^{V}\sum_{k=1}^{M}\frac{Cf}{C}D_{jk}\frac{X_{jk}}{L} + \sum_{k=1}^{M}\sum_{l=1}^{W}\frac{Cf}{C}D_{kl}\frac{X_{kl}}{L} + \sum_{i=1}^{S}\sum_{j=1}^{V}\frac{Cf}{C_0}D_{ji}\frac{X_{ij}}{L} + \sum_{j=1}^{V}\sum_{k=1}^{M}\frac{Cf}{C_0}D_{kj}\frac{X_{jk}}{L} + \sum_{k=1}^{M}\sum_{l=1}^{W}\frac{Cf}{C_0}D_{lk}\frac{X_{kl}}{L} + \sum_{i=1}^{S}\sum_{j=1}^{V}\frac{X_{ij}}{L}Ce + \sum_{j=1}^{V}\sum_{k=1}^{M}\frac{X_{jk}}{L}Ce + \sum_{k=1}^{M}\sum_{l=1}^{W}\frac{X_{kl}}{L}Ce \quad (4.16)$$

สมการที่ 4.16 เป็นสมการหาต้นทุนค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำที่สุด (Minimize) ในการขนส่งข้าวเปลือกจากผู้ปลูกข้าว i ไปยังท่าข้าว j จากท่าข้าว j ไปยังโรงสีข้าว และจากโรงสีข้าว k ไปยัง

ผู้ค้าส่งข้าว *l* โดยมีการคิดต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในเที่ยวกลับของยานพาหนะ รวมกับสมการหาค่าจ้างพนักงานขับรถจากผู้ปลูกข้าว*i* ไปยังท่าข้าว*j* จากท่าข้าว*j* ไปยังโรงสีข้าว*k* และจากโรงสีข้าว*k* ไปยังผู้ค้าส่งข้าว*l* โดยค่าจ้างของพนักงานขับรถขึ้นอยู่กับจำนวนของรอบการขนส่ง และจำนวนของรอบการขนส่งนั้นหามาได้จากนำปริมาณข้าวเปลือกที่ต้องขนส่งหารด้วยพิกัดบรรทุกของยานพาหนะ

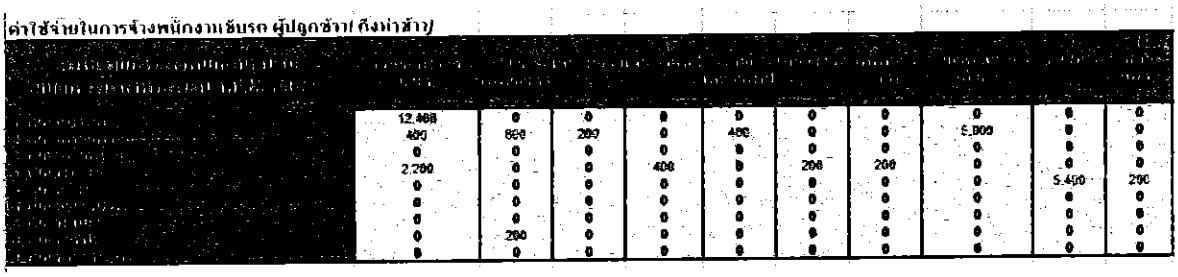
จากสมการที่ 4.14 สามารถเขียนโดยลดรูปสมการใหม่เพื่อให้มีความกะทัดรัด ได้ดังนี้

$$MinZ = \frac{Cf}{C \times L}\left(\sum_{i=1}^{S}\sum_{j=1}^{V} D_{ij}X_{ij} + \sum_{j=1}^{V}\sum_{k=1}^{M} D_{jk}X_{jk} + \sum_{k=1}^{M}\sum_{l=1}^{W} D_{kl}X_{kl}\right) + \frac{Cf}{C_0 \times L}\left(\sum_{i=1}^{S}\sum_{j=1}^{V} D_{ji}X_{ij} + \sum_{j=1}^{V}\sum_{k=1}^{M} D_{kj}X_{jk} + \sum_{k=1}^{M}\sum_{l=1}^{W} D_{lk}X_{kl}\right) + \frac{Ce}{L}\left(\sum_{i=1}^{S}\sum_{j=1}^{V} X_{ij} + \sum_{j=1}^{V}\sum_{k=1}^{M} X_{jk} + \sum_{k=1}^{M}\sum_{l=1}^{W} X_{kl}\right) \quad (4.17)$$

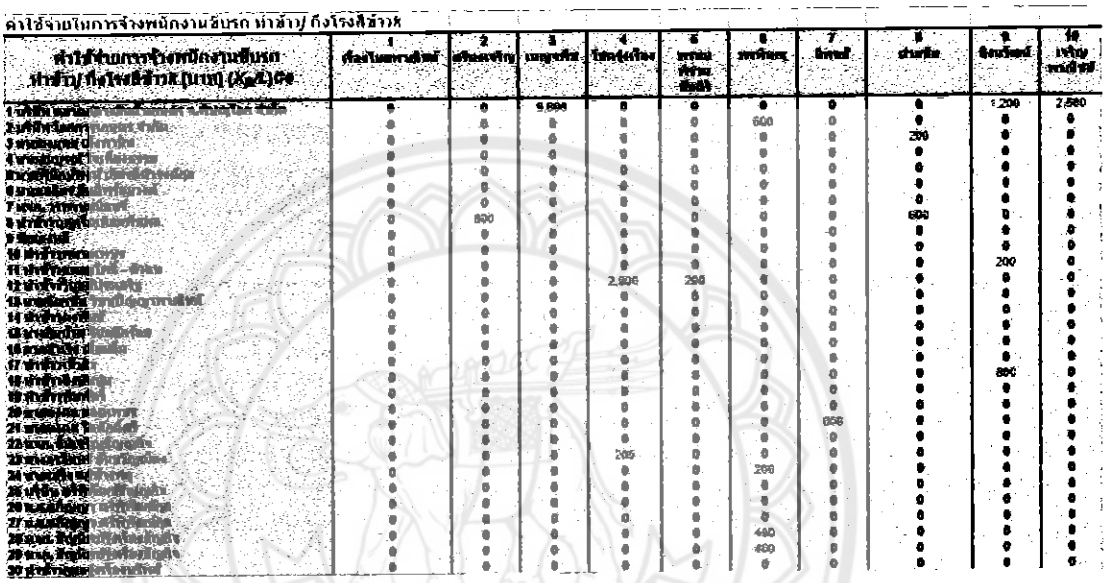
สำหรับเงื่อนไข ดัชนี พารามิเตอร์และตัวแปรตัดสินใจ ยังคงใช้เหมือนแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.3, 4.2.2 และ 4.2.1

4.2.4.1 การเขียนโปรแกรม

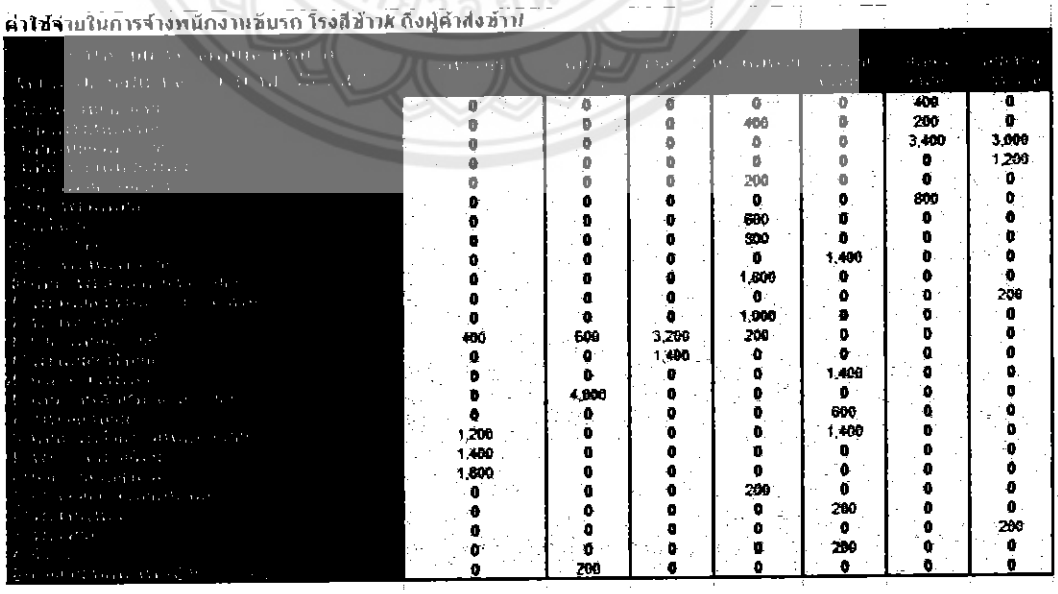
การเขียนโปรแกรมเพื่อช่วยในการคำนวณหาคำตอบของค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งที่ต่ำที่สุดรวมทั้งมีการคิดค่าจ้างพนักงานขับรถซึ่งคิดค่าจ้างตามจำนวนรอบการขนส่งนั้น จะใช้โปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 for Microsoft Excel ในการช่วยคำนวณหาคำตอบ ซึ่งจะใช้ร่วมกับฟังก์ชันบนโปรแกรม Microsoft Excel 2007 โดยลักษณะ Interface ของโปรแกรมยังคงเป็นแบบเดิม แต่ได้เพิ่มเซลล์ของค่าจ้างของพนักงานขับรถโดยได้ใช้ฟังก์ชั่นของโปรแกรม Microsoft Excel 2007 ให้เซลล์ของจำนวนรอบการขนส่งที่ได้มาจากการคำนวณด้วยโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 for Microsoft Excel คูณกับค่าจ้างพนักงานขับรถ และนำค่าจ้างพนักงานขับรถนั้นไปรวมเข้ากับคำตอบของค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำที่สุด ด้วยฟังก์ชัน Sum และในแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.4 นี้ เป็นแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่มีการต่อยอดมาจากแบบจำลองคณิตศาสตร์ก่อนหน้า กล่าวคือเป็นแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่มีการคิดค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำที่สุดของยานพาหนะทั้งเที่ยวไปและกลับ มีการกำหนดโควตาการขนส่งขั้นต่ำ และมีการคิดค่าจ้างพนักงานขับรถอีกด้วย



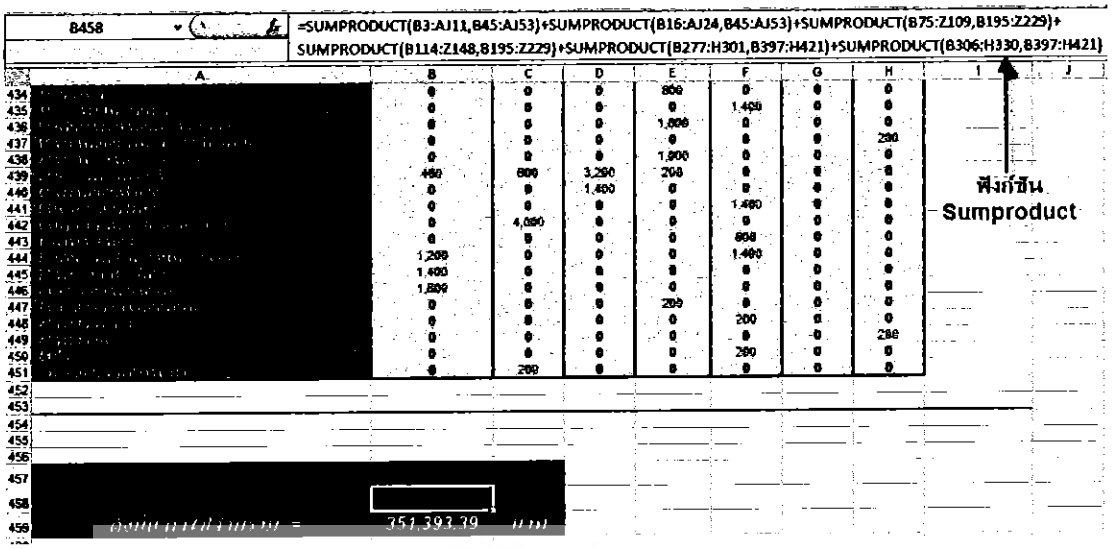
รูปที่ 4.27 แสดงตัวอย่างตารางค่าจ้างพนักงานขับรถ ช่วงผู้ปลูกข้าวถึงท่าข้าว



รูปที่ 4.28 แสดงตัวอย่างตารางค่าจ้างพนักงานขับรถ ช่วงท่าข้าวถึงโรงสีข้าว



รูปที่ 4.29 แสดงตัวอย่างตารางค่าจ้างพนักงานขับรถ ช่วงโรงสีข้าวถึงผู้ค้าส่ง



รูปที่ 4.30 แสดงตัวอย่างเซลล์คำตอบของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.4

4.2.4.2 ความสัมพันธ์ของสมการกับโปรแกรม

ความสัมพันธ์ของสมการที่สร้างขึ้นมากับโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 for Microsoft Excel นั้นมีความคล้ายคลึงกับแบบจำลองคณิตศาสตร์ก่อนหน้า เพียงแต่ในแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.4 ได้มีการเพิ่มตารางการคำนวณค่าจ้างพนักงานขับรถ ดังตัวอย่างรูปที่ 4.27 – 4.29 โดยสมการเป้าหมายได้เพิ่มพจน์ของค่าจ้างพนักงานขับรถเข้าไป แต่โปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 for Microsoft Excel ไม่สามารถที่จะรองรับสมการเงื่อนไขในรูปแบบนี้ได้ จึงต้องอาศัยการเขียนฟังก์ชันในโปรแกรม Microsoft Excel 2007 เพื่อช่วยในการหาคำตอบ เมื่อได้ค่าจ้างพนักงานขับรถทั้งหมดแล้วจึงนำมารวมกับค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำที่สุดของยานพาหนะโดยคิดทั้งเที่ยวไปและกลับ และมีการคิดโควตาขนส่งขั้นต่ำ ดังแสดงในรูปที่ 4.31 สำหรับความสัมพันธ์และสูตรแสดงดังตารางที่ 4.19 และ 4.20

ตารางที่ 4.19 คำอธิบายค่าและสูตรในโปรแกรม Microsoft Excel 2007 ในส่วนของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.4

ตำแหน่ง	สูตร	Copy to	คำอธิบาย
B40	=SUM(B31:B39)	AJ40	ผลรวมข้าวเปลือกที่ท่าข้าวที่ขนส่งเข้ามาจากผู้ปลูกข้าว ทั้ง 9 แห่ง
AK31	=SUM(B31:AJ31)	AK39	ผลรวมข้าวเปลือกของผู้ปลูกข้าวที่ขนส่งไปให้ท่าข้าวทั้ง 35 แห่ง

ตารางที่ 4.19 (ต่อ) คำอธิบายค่าและสูตรในโปรแกรม Microsoft Excel 2007 ในส่วนของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.4

ตำแหน่ง	สูตร	Copy to	คำอธิบาย
B190	=SUM(B155:B189)	Z190	ผลรวมข้าวเปลือกที่โรงสีข้าวที่ขนส่งเข้ามาจากท่าข้าว ทั้ง 35 แห่ง
AA155	=SUM(B155:Z155)	AA189	ผลรวมข้าวเปลือกของท่าข้าวที่ขนส่งไปให้โรงสีข้าวทั้ง 25 แห่ง
B361	=SUM(B336:B360)	H361	ผลรวมน้ำหนักข้าวเปลือกของผู้ค้าส่งข้าว ที่ขนส่งเข้ามาจากโรงสีข้าวทั้ง 25 แห่ง
I336	=SUM(B336:H336)	I360	ผลรวมน้ำหนักข้าวเปลือกของโรงสีข้าว ที่ขนส่งไปให้ผู้ค้าส่งข้าวทั้ง 7 แห่ง
B392	=SUM(B367:B391)	H392	ผลรวมข้าวสารที่ผู้ค้าส่งข้าวที่ขนส่งเข้ามาจากโรงสีข้าว ทั้ง 35 แห่ง
B26	=B25*(Capacity!$D$97/100)	AJ26	ผลคูณของความสามารถจัดเก็บข้าวเปลือกของท่าข้าวกับโควตาขนส่ง
B150	=B149*(Capacity!$D$98/100)	Z149	ผลคูณของความสามารถการสีข้าวของโรงสีข้าวกับโควตาขนส่ง
B59	=B45*ค่าเชื้อเพลิง!$B$14	AJ67	ผลคูณระหว่างจำนวนรอบการขนส่งจากผู้ปลูกข้าวถึงท่าข้าว กับค่าจ้างพนักงานขับรถ
B235	=B195*ค่าเชื้อเพลิง!$B$14	Z269	ผลคูณระหว่างจำนวนรอบการขนส่งจากท่าข้าวถึงโรงสีข้าว กับค่าจ้างพนักงานขับรถ
B427	=B397*ค่าเชื้อเพลิง!$B$14	H451	ผลคูณระหว่างจำนวนรอบการขนส่งจากโรงสีข้าวถึงผู้ค้าส่งข้าว กับค่าจ้างพนักงานขับรถ
B457	=SUM(B59:AJ67)+SUM (B235:Z269)+SUM(B427:H451)		ผลรวมของค่าใช้จ่ายในการจ้างพนักงานขับรถ

ตารางที่ 4.19 (ต่อ) คำอธิบายค่าและสูตรในโปรแกรม Microsoft Excel 2007 ในส่วนของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.4

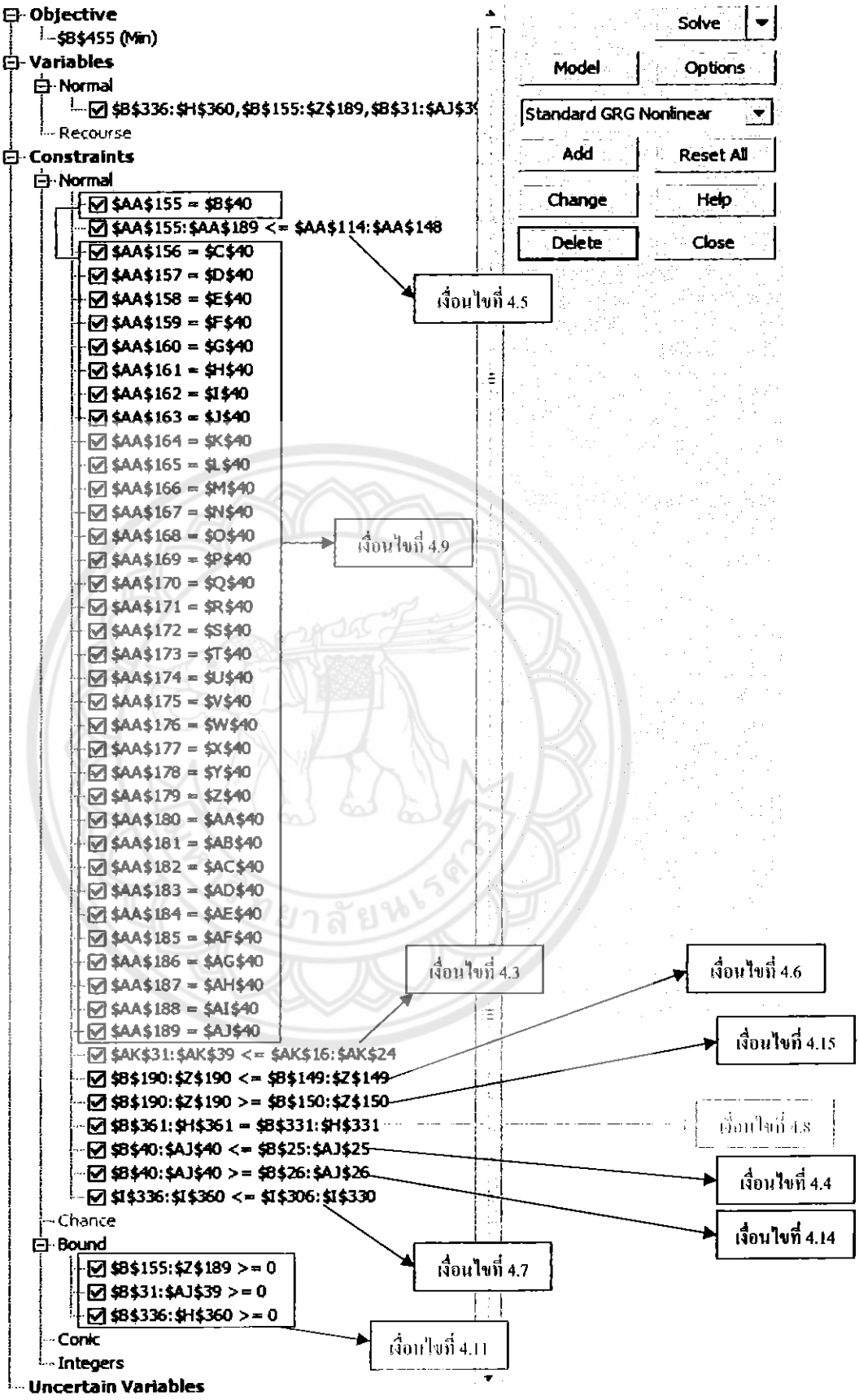
ตำแหน่ง	สูตร	Copy to	คำอธิบาย
B455	=SUMPRODUCT (B3:AJ11,B30:AJ38) + SUMPRODUCT (B16:AJ24,B30:AJ38) + SUMPRODUCT (B61:Z95,B140:Z174) + SUMPRODUCT (B100:Z134,B140:Z174)+ SUMPRODUCT (B223:H247,B282:H306)+ SUMPRODUCT (B252:H276,B282:H306)		ผลบวกของ (จำนวนข้าวที่ขนส่งจากผู้ปลูกข้าวไปยังท่าข้าว จากท่าข้าวไปยังโรงสีข้าว และจากโรงสีข้าวไปยังผู้ค้าส่งข้าว x ค่าเชื้อเพลิงเที่ยวไปจากผู้ปลูกข้าวไปยังท่าข้าว จากท่าข้าวไปยังโรงสีข้าว และจากโรงสีข้าวไปยังผู้ค้าส่งข้าว) + ผลบวกของ (จำนวนข้าวที่ขนส่งจากผู้ปลูกข้าวไปยังท่าข้าว จากท่าข้าวไปยังโรงสีข้าว และจากโรงสีข้าวไปยังผู้ค้าส่งข้าว x ค่าเชื้อเพลิงเที่ยวกลับจากผู้ปลูกข้าวไปยังท่าข้าว จากท่าข้าวไปยังโรงสีข้าว และจากโรงสีข้าวไปยังผู้ค้าส่งข้าว)
B458	=SUMPRODUCT (B3:AJ11,B44:AJ52) + SUMPRODUCT (B16:AJ24,B44:AJ52) + SUMPRODUCT (B61:Z95,B180:Z214) + SUMPRODUCT (B100:Z134,B180:Z214)+ SUMPRODUCT (B223:H247,B343:H367)+ SUMPRODUCT (B252:H276,B343:H367)		ผลบวกของ (จำนวนรอบโดยคิดเที่ยวไปและเที่ยวกลับของการขนส่งจากผู้ปลูกข้าวไปยังท่าข้าว จากท่าข้าวไปยังโรงสีข้าว และจากโรงสีข้าวไปยังผู้ค้าส่งข้าว x ค่าเชื้อเพลิงทั้งเที่ยวไปและเที่ยวกลับจากผู้ปลูกข้าวไปยังท่าข้าว จากท่าข้าวไปยังโรงสีข้าว และจากโรงสีข้าวไปยังผู้ค้าส่งข้าว)
B459	=B457+B458		ผลรวมของค่าจ้างพนักงานขับรถกับค่าใช้จ่ายในการขนส่งอันเนื่องมาจากค่าเชื้อเพลิง

ตารางที่ 4.20 คำอธิบายค่าต่างๆ ในโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 for Microsoft Excel ในส่วนของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.4

Field in Solver Parameters	ค่าที่ป้อนเข้าไป	เงื่อนไข	คำอธิบาย
Set Target Cell (Objective)	$B$458	4.1	เป็นการหาค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งที่เกิดขึ้น
Equal To	Min		จุดประสงค์คือ ต้องการหาค่าที่ต่ำที่สุด
By Changing Cell (Variables)	$B$336:$H$360, $B$155:$Z$189, $B$31:$AJ$39		ต้องการทราบว่าปริมาณการขนส่งข้าวเปลือกและข้าวสารที่เหมาะสมควรมีปริมาณเท่าไหร่และไปขนส่งไปจุดใดบ้าง
Constraints (Subject to)	$AK$31:$AK$39 <= $AK$16:$AK$24	4.3	การขนส่งข้าวเปลือกไปยังท่าข้าวต้องไม่เกินความสามารถในการผลิตข้าวเปลือก
Constraints (Subject to)	$B$40:$AJ$40 <= $B$25:$AJ$25	4.4	ข้าวเปลือกที่ขนส่งไปยังท่าข้าวต้องไม่เกินกว่าขีดความสามารถการจัดเก็บข้าวเปลือก
Constraints (Subject to)	$AA$155:$AA$189 <= $AA$114:$AA$148	4.5	ปริมาณข้าวเปลือกที่ขนส่งไปยังโรงสีข้าวต้องไม่เกินกว่าข้าวเปลือกที่ถูกจัดเก็บไว้
Constraints (Subject to)	$B$190:$Z$190 <= $B$149:$Z$149	4.6	ปริมาณข้าวเปลือกที่ขนส่งไปยังโรงสีข้าวต้องไม่เกินกว่าความสามารถในการสีข้าว
Constraints (Subject to)	$I$336:$I$360 <= $I$306:$I$330	4.7	ปริมาณข้าวสารที่ขนส่งไปยังผู้ค้าส่งข้าวต้องไม่เกินกว่าความสามารถในการสีข้าว
Constraints (Subject to)	($B$361:$H$361)/1.538 = $B$331:$H$331	4.8	ปริมาณข้าวสารที่ขนส่งไปยังผู้ค้าส่งข้าวต้องเท่ากับความต้องการรับซื้อข้าวสารและมีน้ำหนักลดลงหลังจากการสี
Constraints (Subject to)	$AA$155 Copy to $AA$189 = $B$40 Copy to $AJ$40	4.9	ปริมาณข้าวเปลือกที่ส่งผ่านท่าข้าวจะต้องมีปริมาณการขนส่งขาเข้าเท่ากับปริมาณการขนส่งขาออก
Constraints (Subject to)	$I$336 Copy to $I$360 = $B$40 Copy to $Z$190	4.10	ปริมาณข้าวเปลือกและข้าวสารที่ส่งผ่านโรงสีข้าวต้องมีปริมาณเท่ากัน และข้าวสารจะมีน้ำหนักลดลงหลังจากการสี
Constraints (Subject to)	$B$40:$AJ$40 >= $B$26:$AJ$26	4.14	ทุกๆ ท่าข้าวจะต้องมีข้าวเปลือกเข้าไม่น้อยกว่า 1.34% ของความสามารถในการจัดเก็บข้าวเปลือก

ตารางที่ 4.20 (ต่อ) คำอธิบายค่าต่างๆ ในโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 for Microsoft Excel ในส่วนของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.4

Field in Solver Parameters	ค่าที่ป้อนเข้าไป	เงื่อนไข	คำอธิบาย
Constraints (Subject to)	$B$190:$Z$190 >= $B$150:$Z$150	4.15	ทุกๆ โรงสีข้าวจะต้องมีข้าวเปลือกเข้าไม่น้อยกว่า 1.88% ของความสามารถในการสีข้าว
Constraints (Subject to)	$B$155:$Z$189, $B$31:$AJ$39, $B$336:$H$360 >=0	4.11	เป็นสมการบังคับตัวแปรตัดสินใจให้เป็นไม่เป็นค่าที่ติดลบ



รูปที่ 4.31 แสดงการเขียนข้อจำกัดต่างๆ ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.4 ลงในโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6

4.2.4.3 ผลการคำนวณตัวแบบคณิตศาสตร์

จากการสร้างตัวแบบคณิตศาสตร์ของห่วงโซ่อุปทานข้าวในเขตจังหวัดพิษณุโลก เพื่อหาต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งที่ต่ำที่สุดโดยมีการคำนวณต้นทุนค่าจ้างพนักงานขับรถและมีการกำหนดโควตาขั้นต่ำ และคำนวณต้นทุนค่าเชื้อเพลิงของยานพาหนะทั้งเที่ยวไปและกลับ ซึ่งผลลัพธ์จากการแก้ฟังก์ชันคณิตศาสตร์ตามสมการและอสมการเงื่อนไขข้างต้นนั้น คือ ต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งที่ต่ำที่สุดซึ่งมีการกำหนดโควตาและคำนวณค่าเชื้อเพลิงในเที่ยวไปและกลับของยานพาหนะ มีมูลค่าเท่ากับ 213,993.39 บาท และต้นทุนค่าจ้างของพนักงานขับรถ มีมูลค่าเท่ากับ 137,400 บาท ซึ่งเมื่อรวมต้นทุนค่าเชื้อเพลิงและค่าจ้างพนักงานขับรถจะมีมูลค่าเท่ากับ 351,393.39 บาท

สำหรับปริมาณการไหลที่เหมาะสมของข้าวเปลือกและข้าวสารสามารถสรุปได้เหมือนดังตารางที่ 4.13, 4.14 และตารางที่ 4.15 และจำนวนรอบในการขนส่งข้าวเปลือกและข้าวสารนั้นสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.16, 4.17 และตารางที่ 4.18

4.2.4.4 Answer Report

เป็นรายงานที่แสดงรายละเอียดโดยสรุปของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.4 ที่ใช้โปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 หาคำตอบที่ดีที่สุด

Microsoft Excel 12.0 Answer Report
Worksheet: [คำนวณโปรแกรม.xls]โมเดลที่ 4
Report Created: 25/4/2563 23:05:52
Result: Solver found a solution. All constraints and optimality conditions are satisfied.
Engine: Large-Scale LP Solver
Solution Time: 07 Seconds
Iterations: 0
Subproblems: 0
Incumbent Solutions: 0

Objective Cell (Min)

Cell	Name	Original Value	Final Value
$B$458	ค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำสุด	0	213993.39

1

Decision Variable Cells

Cell	Name	Original Value	Final Value	Type
$B$336	1 โรงสีเรืองไทยพาณิชย์ 1 ร้านไทยสัญญะ	0.00	0.00	Normal
$C$336	1 โรงสีเรืองไทยพาณิชย์ 2 ไทโรจน์ค้าข้าว	0.00	0.00	Normal

2

Constraints

Cell	Name	Cell Value	Formula	Status	Slack
$AA$187	33 ส.ประเทืองทรัพย์ ความสามารถการจัดเก็บข้าวเปลือกของท่าข้าว (ตัน)	80.00	$AA$187<=$AA$146	Not Binding	3920
$AA$188	34 นายเอื้อการย์ กระสินธ์ ความสามารถการจัดเก็บข้าวเปลือกของท่าข้าว (ตัน)	85.36	$AA$188<=$AA$147	Not Binding	914.6358257
$AA$189	35 นายธนัสดา โกมล ความสามารถการจัดเก็บข้าวเปลือกของท่าข้าว (ตัน)	67.20	$AA$189<=$AA$148	Not Binding	4932.798771

3

รูปที่ 4.32 แสดงตัวอย่าง Answer Report ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.4

จากรูปที่ 4.32 ในช่องหมายเลข 1 (Objective Cell) อธิบายรายละเอียดของเซลล์เป้าหมาย ว่าต้องการให้มีค่าเป็นอย่างไร ในที่นี้ต้องการค่า Min ซึ่งคือ ค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำที่สุด

1) Cell : รายงานว่าเซลล์ $B$458 ถูกกำหนดให้เป็นเซลล์เป้าหมาย

2) Name : รายงานว่าเซลล์นั้นมีชื่อว่า ค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำสุด

3) Original Value : รายงานค่าก่อนที่จะใช้โปรแกรมหาคำตอบ คือ 0

4) Final Value : รายงานค่าสุดท้ายที่ใช้หาคำตอบ คือ 213,993.39 บาท (ค่าเชื้อเพลิงการขนส่งที่ต่ำที่สุด) ซึ่งคำตอบที่ดีที่สุดของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 2.2.4 นี้ จะต้องนำค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำที่สุดไปรวมกับค่าจ้างพนักงานผ่านทางฟังก์ชัน Sum ของโปรแกรม Microsoft Excel 2007

ในช่องหมายเลข 2 (Decision Variable Cells) ได้อธิบายรายละเอียดของเซลล์ที่เรากำหนดให้เปลี่ยนค่า (By Changing Cell) ของโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 เซลล์ $B$336 เป็นการขนส่งข้าวสารจากโรงสีข้าวสีเรืองไทยพาณิชย์ไปผู้ค้าข้าวร้านไทยธัญญะ มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 0 ตัน และค่าสุดท้ายเท่ากับ 0 ตัน นั่นคือไม่มีการขนส่ง ส่วน$C$336 เป็นการขนส่งข้าวสารจากโรงสีข้าวสีเรืองไทยพาณิชย์ไปผู้ค้าข้าวร้านไพโรจน์ค้าข้าว มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 0 ตัน และค่าสุดท้ายเท่ากับ 0 ตัน นั่นคือไม่มีการขนส่ง สำหรับค่าอื่นๆ นั้นไม่สามารถแสดงได้หมดเพราะข้อจำกัดด้านเนื้อที่ในการเขียน สำหรับการวิเคราะห์ค่าอื่นก็จะทำได้ในลักษณะเดียวกัน

ในช่องหมายเลข 3 (Constrains) อธิบายรายละเอียดของเซลล์ที่ได้กำหนดข้อจำกัดของเซลล์ต่างๆ ว่าอย่างไร เซลล์ $AA$187 คือ การจัดเก็บข้าวเปลือกของท่าข้าว ส. ประเทืองทรัพย์ มีค่าเท่ากับ 80 ตัน โดยมีข้อจำกัด คือ $AA$187<=$AA$146 ซึ่งจะทำให้ใช้ความสามารถการจัดเก็บข้าวได้ไม่เต็มที่ (ทำให้ Slack เท่ากับ 3,920 และ Status เป็น Not Binding) เซลล์ $AA$188 คือ การจัดเก็บข้าวเปลือกของท่าข้าวนางเอื้อการย์ มีค่าเท่ากับ 85.36 ตัน โดยมีข้อจำกัด คือ $AA$188<=$AA$147 ซึ่งจะทำให้ใช้ความสามารถการจัดเก็บข้าวได้ไม่เต็มที่ (ทำให้ Slack เท่ากับ 914.63 และ Status เป็น Not Binding) เป็นต้น

สำหรับคำอธิบายเพิ่มเติมของ Slack และ Binding ได้กล่าวไว้ในแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.1 แล้ว

การวิเคราะห์ Answer Report ข้างต้นของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.3 นี้เป็นเพียงการแสดงตัวอย่างของวิธีการวิเคราะห์เท่านั้น เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านพื้นที่ของเล่มงานวิจัยเองทำให้ไม่สามารถนำผลของ Answer Report มาแสดงได้หมด ด้วยจากข้อจำกัดของพื้นที่กระดาษ และ Answer Report นี้จะเหมือนกับแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.3 เนื่องจากมีสมการเป้าหมายและเงื่อนไขเหมือนกันทุกประการ

4.2.3.5 การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis)

การวิเคราะห์ความไวในแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.4 นี้จะ เนื่องจากมีสมการเป้าหมายและเงื่อนไขเหมือนกันต่างกันเพียงแต่ แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.4 จะเพิ่มเติมค่าจ้าง

พนักงานขับรถ และทำการคำนวณได้จากฟังก์ชันในโปรแกรม Microsoft Excel 2007 ทำให้ Sensitivity Report ที่ได้มาจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 เหมือนกับแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.3

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาเรื่องการใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการขนส่งของห่วงโซ่อุปทานข้าว ซึ่งเป็นการศึกษาในเขตจังหวัดพิษณุโลก พบว่าจังหวัดพิษณุโลกมีการประกอบอาชีพเกษตรกรรมเป็นจำนวนมากโดยเฉพาะอาชีพชาวนา เนื่องมาจากพื้นที่ตอนกลางและตอนใต้ของจังหวัดเป็นที่ราบลุ่มเหมาะแก่การเพาะปลูก อีกทั้งยังมีระบบชลประทานที่ช่วยให้มีน้ำสำหรับการเพาะปลูก ซึ่งจากผลการศึกษาสามารถสรุปความเชื่อมโยงและการขนส่งข้าวเปลือกและข้าวสารระหว่างผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องตลอดห่วงโซ่อุปทานข้าว เริ่มตั้งแต่ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในระดับต้นน้ำ กลางน้ำ ถึงระดับปลายน้ำ ซึ่งประกอบด้วยชาวนา ท่าข้าวหรือสหกรณ์การเกษตรซึ่งเปรียบเสมือนเป็นผู้รวบรวมผลผลิตข้าว โรงสีข้าว และผู้ค้าส่งข้าว โดยสามารถอธิบายรูปแบบของผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ระบบการจัดการการขนส่งเพื่อให้เกิดต้นทุนในการขนส่งต่ำที่สุด และข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางประกอบการศึกษา วางแผน และพัฒนาการขนส่งและการจัดการห่วงโซ่อุปทานข้าวได้ดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผล

จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยต่างๆ พบว่า การจัดการโซ่อุปทานเป็นระบบการดำเนินงานที่มีความสัมพันธ์ตั้งแต่ผู้ขายปัจจัยการผลิต (Supplier) ผู้ผลิต ไปจนถึงลูกค้า (Customer) โดยผู้ขายปัจจัยการผลิต ผู้ผลิต และลูกค้ามีความเกี่ยวข้องเชื่อมโยงกันเป็นโซ่อุปทาน จึงทำให้เกิดการดำเนินการจัดการโซ่อุปทานที่มีประสิทธิภาพ และสำหรับงานวิจัยนี้ได้แบ่งเป็น 2 Part ด้วยกัน คือ การศึกษาระบบห่วงโซ่อุปทานข้าวและการใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับแก้ปัญหาการขนส่งเพื่อหาค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำที่สุด

ในส่วนของ Part ที่ 1 เป็นการศึกษาระบบห่วงโซ่อุปทานข้าวนั้นพบว่า ชาวนาคือผู้ผลิตในระดับต้นน้ำหรือผู้ขายปัจจัยการผลิต (Supplier) เนื่องจากเป็นผู้ผลิตข้าวเปลือกเพื่อส่งขายให้กับท่าข้าวหรือโรงสีข้าว การที่ชาวนาจะทำการเพาะปลูกข้าวได้นั้นจะต้องอาศัยปัจจัยภายนอก ซึ่งได้แก่ เมล็ดพันธุ์ข้าว ปุ๋ย ยากำจัดศัตรูพืชและวัชพืช และการว่าจ้างผู้รับเหมาเกี่ยวข้าวเพื่อมาทำการเก็บเกี่ยวข้าว ปัจจัยภายนอกเหล่านี้ทำให้ชาวนามีต้นทุนในการเพาะปลูกที่สูงขึ้นอีกทั้งราคายังไม่มีความ

แน่นอนเพราะต้องขึ้นอยู่กับกลไกทางการตลาด นอกจากการที่ชาวนาจะต้องแบกรับต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้นแล้วชาวนายังต้องแบกรับภาระต้นทุนค่าขนส่งเมื่อนำข้าวเปลือกไปขายยังผู้ประกอบการที่รับซื้อข้าวเปลือกอีกด้วย

จากการศึกษาข้อมูลของชาวนาในเขตจังหวัดพิษณุโลกพบว่า เมื่อทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวเปลือกแล้วชาวนาส่วนใหญ่จะขายข้าวเปลือกให้แก่ผู้ประกอบการระดับกลางน้ำนั่นก็คือท่าข้าว สหกรณ์การเกษตรหรือธนาคารการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร (ธกส.) การที่ชาวนาจะขายผลผลิตข้าวเปลือกให้กับผู้ประกอบการใดนั้นมักจะดูเรื่องราคาเป็นสำคัญ ปัญหาที่พบก็คือชาวนาส่วนใหญ่มักจะไม่สนใจเรื่องต้นทุนการขนส่ง และยังทำการซื้อขายข้าวเปลือกในรูปแบบเดิมคือขายให้กับผู้ประกอบการที่มีความรู้จักใกล้ชิดกัน หรือขายให้กับผู้ประกอบการที่ให้ราคาสูงกว่า ซึ่งการที่ชาวนาเลือกที่จะขายผลผลิตข้าวเปลือกให้กับผู้ประกอบการที่ไม่ได้อยู่ใกล้แหล่งผลิตนั้นทำให้ต้นทุนการขนส่งเพิ่มสูงขึ้นซึ่งเมื่อหักลบกับส่วนต่างราคาที่ได้มาจากการขายผลผลิตข้าวเปลือกให้กับผู้ที่ให้ราคาสูงแต่อยู่ห่างไกลจากแหล่งผลิตแล้ว อาจจะทำให้ค่าใช้จ่ายส่วนต่างที่ได้มานั้นน้อยกว่าค่าการขนส่งก็เป็นได้ แต่ยังมีชาวนาบางส่วนที่มิได้ขายผลผลิตข้าวเปลือกให้กับผู้ประกอบการที่ได้กล่าวไป แต่จะนำผลผลิตข้าวเปลือกที่ได้ขายให้กับโรงสีข้าวโดยตรง ซึ่งการดำเนินการลักษณะนี้จะทำให้ชาวนาได้รับค่าตอบแทนของผลผลิตน้อยกว่าการดำเนินการในลักษณะก่อนหน้า แต่กลับเป็นผลดีตรงที่ข้าวเปลือกมีการขนส่งที่น้อยครั้ง ทำให้เป็นการลดต้นทุนค่าการขนส่งไปในตัวซึ่งหลายฝ่ายมิได้คำนึงถึงค่าใช้จ่ายในจุดนี้เท่าที่ควร อย่างไรก็ตามการขายผลผลิตข้าวเปลือกของชาวนาในปัจจุบันก็ยังนิยมขายให้กับท่าข้าว สหกรณ์การเกษตรหรือธนาคารการเกษตรและสหกรณ์ (ธกส.) มากกว่าที่จะขายตรงให้กับโรงสีข้าว อาจเนื่องมาจากเหตุผลทางด้านราคาเป็นสำคัญหรือเหตุผลทางด้านอื่นก็เป็นได้

เมื่อโรงสีข้าวได้รับซื้อข้าวเปลือกมาแล้วก็จะนำมาเข้าสู่กระบวนการสีข้าว สำหรับกระบวนการสีข้าวนั้นแบ่งเป็น 2 วิธีด้วยกัน คือ การสีข้าวด้วยวิธีการอบ และการสีข้าวด้วยวิธีการนึ่ง ซึ่งการสีข้าวทั้ง 2 วิธีนั้นก็จะให้ผลผลิตข้าวสารที่มีคุณภาพที่แตกต่างกัน โดยที่กระบวนการสีข้าวด้วยวิธีการนึ่งนั้นจะทำให้ผลผลิตข้าวที่ได้ออกมามีความสมบูรณ์มากที่สุด แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นข้าวที่มีคุณภาพดีราคาย่อมที่จะสูงตามไปด้วย จากการศึกษาข้อมูลจากโรงสีข้าวในเขตจังหวัดพิษณุโลกพบว่า ข้าวเปลือกที่ผ่านกระบวนการสีด้วยวิธีการนึ่งนั้นส่วนมากจะไม่ได้ส่งขายภายในประเทศแต่จะส่งออกไปขายยังต่างประเทศเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากได้ราคาที่ดีกว่าการขายภายในประเทศ อย่างไรก็ข้าวสารที่สีออกมาแล้วนั้นย่อมที่จะมีคุณภาพแตกต่างกัน โดยสามารถแบ่งข้าวสารออก

ได้หลายเกรดด้วยกัน ซึ่งข้าวสารในแต่ละเกรดนั้นก็จะถูกนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ โดยการรับซื้อจากผู้ประกอบการที่เกี่ยวข้อง หรือจะถูกส่งขายไปยังผู้บริโภคผู้ค้าส่งข้าวสารซึ่งจะทำการติดต่อซื้อขายกับทางโรงสีข้าวโดยตรง หรืออาจจะติดต่อซื้อขายข้าวสารผ่านทางหยงก็เป็นได้ ซึ่งผู้ค้าส่งข้าวสารนี้เองคือผู้ประกอบการส่วนปลายน้ำในระบบโซ่อุปทานข้าว ต่อจากนั้นผู้ค้าส่งข้าวสารอาจจะนำข้าวสารที่รับซื้อมาจากโรงสีข้าวทำการบรรจุหีบห่อและขายให้ผู้ค้าปลีกและลูกค้า (Customer) ต่อไป

ในส่วนของผลพลอยได้ที่ได้มาจากการเก็บเกี่ยวข้าวและที่มาจากการสีข้าวนั้น ซึ่งได้แก่ ฟางข้าว แกลบ หรือแม้แต่ฝุ่นจากเมล็ดข้าวเปลือกเอง สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งสิ้น โดยผู้ประกอบการโรงสีข้าวเองอาจจะนำมาใช้ในกระบวนการผลิตของตนเอง หรือนำไปขายต่อให้กับผู้ที่ต้องการเพื่อที่จะนำไปใช้ประโยชน์ เช่น นำไปทำปุ๋ยชีวภาพ นำไปทำเป็นอาหารสัตว์ เป็นต้น

จากการดำเนินการศึกษาเกี่ยวกับระบบห่วงโซ่อุปทานข้าวพบปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นในห่วงโซ่อุปทาน ทำให้การจัดการด้านห่วงโซ่อุปทานยังไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอด้วยเหตุผลดังนี้

1) ต้นทุนในการเพาะปลูกของชาวนานั้นสูงมากเมื่อเทียบกับราคาของข้าวเปลือกที่ขายได้ เป็นผลมาจากการที่ชาวนาปลูกข้าวโดยพึ่งปัจจัยภายนอกมากเกินไป อาทิเช่น ยากำจัดแมลงและศัตรูพืช ผลิตภัณฑ์บำรุงต่างๆ ซึ่งราคาของสิ่งเหล่านี้มักจะขึ้นอยู่กับกลไกทางการตลาดซึ่งทำให้ชาวนาไม่สามารถควบคุมราคาค่าใช้จ่ายส่วนนี้ให้คงที่ได้

2) การที่ชาวนาขายข้าวเปลือกได้ในราคาที่ต่ำกว่าความเป็นจริง เนื่องจากผลพวงจากการที่ชาวนามีต้นทุนในการเพาะปลูกสูงทำให้บางครั้งต้องไปกู้ยืมเงินมาจากสถาบันการเงินต่างๆ มาเมื่อถึงฤดูกาลเก็บเกี่ยวจึงต้องรีบทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตเพื่อที่จะนำเงินที่ขายได้มาชำระหนี้ที่มีอยู่ ทั้งที่ความเป็นจริงแล้วการที่จะขายข้าวเปลือกให้ได้ราคาดีที่สุด ข้าวเปลือกต้องมีความชื้นอยู่ที่ 14% แต่การที่รีบเก็บเกี่ยวและขายเลยนั้นทำให้ข้าวเปลือกมีความชื้นสูง จึงเป็นผลให้ราคาของผลผลิตข้าวเปลือกที่ขายได้ต้องลดลงมาด้วย

3) ชาวนาหรือผู้ประกอบการต่างๆ เลือกที่จะขายผลผลิตที่ได้ให้กับผู้ที่ให้ราคาสูง หรือผู้ที่มีความสนิทสนมกัน โดยไม่สนใจเรื่องต้นทุนการขนส่ง ซึ่งการเลือกที่จะขายผลผลิตให้กับผู้ประกอบการที่ไม่ได้อยู่ใกล้แหล่งผลิตนั้นทำให้ต้นทุนการขนส่งเพิ่มสูงขึ้นซึ่งเมื่อหักลบกับส่วนต่างราคาที่ได้มาจากการขายผลผลิตข้าวเปลือกให้กับผู้ที่ให้ราคาสูงแต่อยู่ห่างไกลจากแหล่งผลิตแล้ว อาจจะทำให้ค่าใช้จ่ายส่วนต่างที่ได้มานั้นน้อยกว่าค่าการขนส่งก็เป็นได้ กล่าวได้อีกนัยหนึ่งคือ ชาวนาและผู้ประกอบการต่างๆ ยังต้องแบกรับภาระค่าขนส่งที่สูงอยู่

ในส่วนของ Part ที่ 2 เป็นการใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับแก้ปัญหาการขนส่งเพื่อหาค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำที่สุด โดยการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ขึ้นมาแล้วใช้โปรแกรม Risk Solver Platform V. 9.6 for Microsoft Excel ช่วยคำนวณหาคำตอบที่ดีที่สุดออกมา ซึ่งหลังจากการใช้โปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 for Microsoft Excel คำนวณหาค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งที่ต่ำที่สุดออกมาแล้วซึ่งตรงกับสมมติฐาน สมการเป้าหมายและสมการเงื่อนไขทุกประการนั้น โปรแกรมยังสามารถรายงานปริมาณการไหลของข้าวเปลือกและข้าวสารว่าควรจะขนส่งไปยัง ณ จุดใดและเป็นปริมาณเท่าไหร่ ซึ่งลักษณะการขนส่งในงานวิจัยฉบับนี้จะเน้นไปที่การขนส่งด้วยรถบรรทุก 10 ล้อ (10 Wheel) 3 เพลา มีพิกัดความจุ 20 ตัน และมีการดำเนินกิจกรรมการขนส่งทุกวัน นอกจากคำตอบที่ได้จากโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 for Microsoft Excel ที่ได้กล่าวไปแล้วนั้น คำตอบอีกอย่างหนึ่งที่ได้จากโปรแกรม คือ คำตอบจากการวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis) ซึ่งเป็นการทดสอบความมั่นคงของข้อสรุปที่ได้จากการวิเคราะห์บนพิสัยของการประมาณค่าความน่าจะเป็น แล้วพิจารณาผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ว่าแตกต่างไปจากเดิมมากน้อยเพียงใด ซึ่งตัวโปรแกรมเองสามารถที่จะวิเคราะห์ความไวและแสดงผลลัพธ์ที่วิเคราะห์ได้ผ่านทาง Sensitivity Report ของตัวโปรแกรมได้เลย

นอกเหนือจากการหาคำตอบของค่าเชื้อเพลิงในการขนส่งที่ต่ำที่สุดดังที่กล่าวมาแล้วนั้น ในงานวิจัยนี้ยังมีการกำหนดสถานการณ์ที่อาจจะเกิดขึ้นจริงได้อีก 4 สถานการณ์ด้วยกัน เพื่อเป็นแนวทางสำหรับผู้ที่จะดำเนินการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับเรื่องนี้ หรือผู้ที่สนใจที่จะนำงานวิจัยชิ้นนี้ไปประยุกต์ใช้หรือเพื่อพัฒนาต่อไป ซึ่งตัวโปรแกรมที่ใช้ในการหาคำตอบของงานวิจัยชิ้นนี้มีลักษณะที่ใช้งานและศึกษาทำความเข้าใจได้ง่าย จึงเหมาะสำหรับนำไปศึกษาและประยุกต์ใช้ในงานต่างๆ ได้ด้วย

5.2 ปัญหาที่พบในระหว่างดำเนินโครงงาน

1) ในการหาคำตอบด้วยโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 for Microsoft Excel ไม่สามารถแสดงออกมาว่าสมการคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นมาเป็นสมการที่ถูกต้องสมบูรณ์ และตัวโปรแกรมเองยังไม่สามารถที่จะแสดงสมการคณิตศาสตร์ที่เขียนเข้าไปในโปรแกรมออกมาได้ทั้งหมด รวมไปถึงการที่โปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 for Microsoft Excel ไม่สามารถที่จะรองรับเงื่อนไขของสมการบางเงื่อนไขได้ ทำให้ต้องใช้การเขียนสูตรในโปรแกรม Microsoft Excel เข้ามาช่วยหาคำตอบ

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

5.3 แนวทางการแก้ไขปัญหา

1) ในการแก้ปัญหาเรื่องสมการที่จะป้อนเข้าสู่โปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 for Microsoft Excel นั้น จะต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของสมการให้ละเอียดและรอบคอบที่สุด ซึ่งตัวโปรแกรมเองสามารถแสดงสมการเงื่อนไขบางสมการออกมาผ่าน Answer Report หลังผ่านการรันหาคำตอบแล้ว และสำหรับสมการเงื่อนไขที่โปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 for Microsoft Excel ไม่สามารถจะแสดงออกมาได้ ซึ่งส่วนมากก็ได้แก่สมการเงื่อนไขที่ใส่ไปในตัวโปรแกรมเองโดยตรงไม่ได้จึงต้องใช้โปรแกรม Microsoft Excel ช่วยในการนำสมการเข้าไปจะต้องมีการตรวจความถูกต้องของสมการด้วยตนเองจึงจะสามารถนำสมการเข้าไปคำนวณได้

2) ด้วยข้อจำกัดของเวลาในการใช้งานโปรแกรม จึงต้องสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ให้ถูกต้องครอบคลุมและรัดกุมมากที่สุด เพื่อที่จะสามารถใช้โปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 for Microsoft Excel ในการหาคำตอบได้ในระยะเวลา 15 วัน แต่ในบางครั้งที่มีการปรับปรุงหรือต้องหาคำตอบใหม่ซึ่งเกินกว่าระยะเวลา 15 วัน จำเป็นต้องหาคอมพิวเตอร์เครื่องใหม่มาใช้แทน

5.4 ข้อเสนอแนะ

จากการการที่ผู้วิจัยได้ศึกษาเรื่องการใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการขนส่งของห่วงโซ่อุปทานข้าว ซึ่งเป็นการศึกษาในเขตจังหวัดพิษณุโลก ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัย และข้อเสนอแนะในการศึกษาวิจัยครั้งต่อไป

5.4.1 ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัย

5.4.1.1 ควรมีการอบรมและให้ความรู้แก่ชาวนาในเรื่องการหันไปใช้ปุ๋ยและยากำจัดศัตรูพืชจากชีวภาพ แทนการใช้สารเคมี ทั้งยังเป็นการช่วยกันรักษาสิ่งแวดล้อมแล้ว ยังสามารถลดต้นทุนด้านการผลิตอีกทางหนึ่งด้วย

5.4.1.2 ควรส่งเสริมและให้ความรู้แก่ชาวนาและผู้ประกอบการต่างๆ ในเรื่องของความสำคัญของต้นทุนในการขนส่ง เพราะต้นทุนการขนส่งนั้นถือได้ว่าเป็นต้นทุนที่มีความสำคัญ

ต่อต้นทุนโดยรวม หากทำการลดต้นทุนการขนส่งได้ก็จะทำให้การค้าขายผู้ประสิทธิภาพและมีผลตอบแทนมากยิ่งขึ้น

5.4.1.3 ควรมีการนำระบบการจัดการห่วงโซ่อุปทานหรือโลจิสติกส์มาใช้กับสินค้าทางการเกษตร เพื่อลดต้นทุนการผลิต และต้นทุนทางด้านการขนส่ง อีกทั้งยังสามารถทำให้สินค้าทางการเกษตรนั้นส่งถึงลูกค้าโดยยังมีความสดใหม่ และตรงตามความต้องการของลูกค้า

5.2.2 ข้อเสนอแนะในการศึกษาวิจัยครั้งต่อไป

5.4.2.1 การศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษารูปแบบห่วงโซ่อุปทานข้าว ในเขตจังหวัดพิษณุโลก โดยเริ่มตั้งแต่ชาวนาไปจนถึงผู้ค้าส่ง ซึ่งสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไปควรมีการศึกษาห่วงโซ่อุปทานขาออก คือ จากผู้ค้าและผู้ส่งออก ไปยังตลาดในประเทศและต่างประเทศจนถึงผู้บริโภค

5.4.2.2 การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ยังมีข้อจำกัดทางด้านซอฟแวร์ที่ใช้ในการคำนวณ ซึ่งเป็นซอฟแวร์สำหรับการทดลองใช้เท่านั้น ทำให้มีข้อจำกัดบางประการเกี่ยวกับข้อมูลที่จะคำนวณและระยะเวลาในการใช้งานซอฟแวร์ที่ถูกจำกัด ส่งผลให้ผลลัพธ์ที่ได้ไม่ดีเท่าที่ควร ซึ่งการวิจัยในครั้งต่อไปควรที่จะใช้ซอฟแวร์ในการคำนวณที่ไม่มีข้อจำกัดใดๆ เพื่อทำให้ผลลัพธ์ที่ออกมาดีที่สุด

5.4.2.3 การศึกษาวิจัยในครั้งนี้มุ่งเน้นไปที่ต้นทุนค่าการขนส่งเท่านั้น ซึ่งสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไปควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของต้นทุนการผลิตและต้นทุนการเก็บรักษา

5.4.2.4 ในแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ 4.2.3 เรื่องการคำนวณหาโควตาของการขนส่ง ในงานวิจัยนี้มีข้อจำกัด คือ จำนวนปริมาณรวมความจุข้าวเปลือกของท่าข้าวสามารถเพิ่มขึ้นได้ไม่เกิน 100 เท่า ของปริมาณรวมการผลิตของผู้ปลูกข้าว อย่างไรก็ตามในการศึกษาวิจัยครั้งต่อไปสามารถจะกำจัดข้อจำกัดที่ว่านี้โดยใช้วิธีการคำนวณหาโควตาการขนส่ง คือ การหาจำนวนโควตาขนส่งจากผู้ปลูกข้าวไปยังท่าข้าวโดยนำปริมาณรวมการผลิตของผู้ปลูกข้าวหารด้วยปริมาณรวมความจุข้าวเปลือกของท่าข้าวและนำมาหารด้วยจำนวนท่าข้าว การหาจำนวนโควตาขนส่งจากท่าข้าวไปยังโรงสีข้าวโดยนำปริมาณรวมการผลิตของผู้ปลูกข้าวหารด้วยปริมาณรวมกำลังการผลิตของโรงสีข้าวและนำมาหารด้วยจำนวนโรงสีข้าว

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงพาณิชย์ และกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2550). **ยุทธศาสตร์ข้าวไทย ปี 2550 – 2554.** ฉบับกรมการข้าว

กรมการค้าต่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์. (2540). **ประกาศกระทรวงพาณิชย์เรื่อง มาตรฐานสินค้าข้าว พ.ศ. 2540.** สืบค้นเมื่อ 14 ตุลาคม 2552, จาก http://www.dft.go.th

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.

จิรวัฒน์ วงศ์หาญ และคณะ. (2547). **การบริหารห่วงโซ่อุปทานข้าวไทย.** การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง บธ.ม., มหาวิทยาลัยนเรศวร, กรุงเทพมหานคร.

ดวงกมล เริ่มตระกูล. (2550). **ระบบการค้าของข้าวไทย.** สืบค้นเมื่อ 13 ตุลาคม 2552, จาก http://www.riceproduct.org

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

ธนิต โสรัตน์. (2549). **Transport Logistics HUB. (1).** กรุงเทพฯ: บริษัท พราวเพรส (2002) จำกัด.

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

พิมลพร พงศ์ทองคำ (2550), **การพยากรณ์ปริมาณผลผลิตข้าวนาปีด้วยแบบจำลองเชิงปริมาณ.** วิทยานิพนธ์ วท.ม., มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

พงษ์ชัย อธิคมรัตนกุล.(2550). **โครงสร้างระบบโลจิสติกส์ข้าวไทย (ตอนที่ 1).** Transport Journal 22-28 ตุลาคม. ศูนย์ความเป็นเลิศด้านโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. สืบค้นเมื่อ 10 สิงหาคม 2552, จาก http://www.logex.kmutt.ac.th/ bt/bt49.htm

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

มูลนิธิข้าวไทยในพระบรมราชูปถัมภ์. (2552). **ความรู้เรื่องข้าว การทำนา**. สืบค้นเมื่อ 13 ตุลาคม 2552 จาก www.thairice.org

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

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

เริงศักดิ์ กระจ่างจันทร์ (2549). **การจัดการโลจิสติกส์ของผู้ประกอบการธุรกิจโรงสีข้าวในเขตจังหวัดร้อยเอ็ด**. การศึกษาค้นคว้าอิสระ บธ.ม., มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.

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

วรการ บัวนวล (2548). **การพัฒนาดัชนีชี้วัดสมรรถนะกระบวนการโลจิสติกส์ของโรงสีข้าวหอมมะลิเพื่อการส่งออกในจังหวัดร้อยเอ็ด**. วิทยานิพนธ์ บธ.ม., มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวนครสวรรค์ สำนักเมล็ดพันธุ์ข้าว กรมการข้าว. (2552). **ข้าวนึ่ง**. สืบค้นเมื่อ 16 ตุลาคม 2552, จาก http://nsw-rice.com/index.php/riceknowladge/rice-product/256-parboiled-rice-01

ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวนครสวรรค์ สำนักเมล็ดพันธุ์ข้าว กรมการข้าว. (2552). **ผลิตภัณฑ์จากรำข้าว**. สืบค้นเมื่อ 16 ตุลาคม 2552, จาก http://nsw-rice.com/

ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวอุดรธานี สำนักเมล็ดพันธุ์ข้าว กรมการข้าว. (2552). **การใช้ประโยชน์จากฟางข้าว**. สืบค้นเมื่อ 16 ตุลาคม 2552, จาก http://kkn-rsc.ricethailand.go.th

ศูนย์สารสนเทศ กรมการข้าว. **เนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ ของข้าวนาปรัง ในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2550**. กรมการข้าว. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2552.

ศูนย์สารสนเทศ กรมการข้าว. **เนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ ของข้าวนาปี ในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2550**. กรมการข้าว. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2552.

สมาคมโรงสีข้าวไทย. (2552). **ผู้ค้าส่งข้าว ที่ลงทะเบียนกับสมาคมโรงสีข้าวประเทศไทย**. สืบค้นเมื่อ 13 ตุลาคม 2552, จาก http://www.thairicemillers.com/index.php?option =com_frontpage&Itemid=1

สมาคมโรงสีข้าวไทย. (2552). **ผู้ส่งออกและนำเข้าข้าว ที่ลงทะเบียนกับสมาคมโรงสีข้าวประเทศไทย.** สืบค้นเมื่อ 13 ตุลาคม 2552, จาก http://www.thairicemillers.com/index.php?option=com_frontpage&Itemid=1

สำนักพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าว กรมการข้าว. (2552). **การใช้ประโยชน์จากแกลบ.** สืบค้นเมื่อ 13 ตุลาคม 2552, จาก http://www.riceproduct.org

สำนักพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าว กรมการข้าว. (2552). **กระบวนการสีข้าว.** สืบค้นเมื่อ 13 ตุลาคม 2552, จาก http://www.riceproduct.org

สำนักพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าว กรมการข้าว. (2552). **ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวในประเทศไทย.** สืบค้นเมื่อ 13 ตุลาคม 2552, จาก http://www.riceproduct.org

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

อารีย์ เชื้อเมืองพาน. (2536). **ความเป็นไปได้เชิงเศรษฐกิจในการขยายการผลิตข้าวหอมดอกมะลิ.** วิทยานิพนธ์ ศศ.ม., มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่

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)

Porping [นามแฝง]. (6 กุมภาพันธ์ 2551). โครงสร้างและระบบโลจิสติกส์ข้าวไทย. **สำนักพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าว.** สืบค้นเมื่อ 23 มิถุนายน 2552, จาก http://www.riceproduct.org/index.php?option=com_content&task=view&id=82&Itemid=1

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

ภาคผนวก ก

ข้อมูลจำนวน ที่ตั้ง และกำลังการผลิตของโรงสีข้าว ท่าข้าว และผู้ค้าส่งข้าวในเขตจังหวัดพิษณุโลก

ตารางที่ ก.1 แสดงข้อมูลจำนวน ที่ตั้ง และกำลังการผลิตของโรงสีข้าวในเขตจังหวัดพิษณุโลก

ลำดับ	ชื่อโรงสี	กำลังการผลิต (ตัน/วัน)	สถานที่ประกอบการพาณิชยกิจ
1	โรงสีเรืองไทยพาณิชย์	51	65 ม.3 ต.ท่าตาล อ.บางกระทุ่ม
2	หจก.โรงสีศรีคงเจริญ	270	23 ม.8 ต.วัดตายม อ.บางกระทุ่ม
3	บริษัท เบญจพืช จำกัด	960	36 ม.6 ต.วัดจันทร์ อ.เมือง
4	บริษัท โรงสีไฟโชครุ่งเรือง	199	104/1 ม.1 ต.วงฆ้อง อ.พรหมพิราม
5	หจก. พรหมพิรามชัยศิริ	400	7 ม.3 ต.วงฆ้อง อ.พรหมพิราม
6	หจก. โรงสีพรพิษณุ	100	169/1 ม.4 ต.สมอแข อ.เมือง
7	โรงสีนิพนธ์	130	59/1 ม.8 ถ.สันบันเทิง ต.ไผ่ล้อม อ.บางกระทุ่ม
8	หจก. ด่ายชัย	100	38/1 ม.3 ต.ท่าตาล อ.บางกระทุ่ม
9	หสน. โรงสีไฟสิงหวัฒน์	185	161/1 ม.3 ถ.สิงหวัฒน์ ต.พลายชุมพล อ.เมือง
10	บริษัท โรงสีเจริญพาณิชย์ จำกัด	260	27/5 ม.7 ถ.สีหราชเดโชชัย ต.วัดจันทร์ อ.เมือง
11	โรงสีไฟเกษตรไพศาลอุตสาหกรรม	25	252 ม.1 ต.คอนทอง อ.เมือง
12	โรงสีไทยเจริญ	150	89 ม.15 ต.แม่ระกา อ.วังทอง

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) แสดงข้อมูลจำนวน ที่ตั้ง และกำลังการผลิตของโรงสีข้าวในเขตจังหวัดพิษณุโลก

ลำดับ	ชื่อโรงสี	กำลังการผลิต (ตัน/วัน)	สถานที่ประกอบการพาณิชยกิจ
13	หจก. พรหมพิรามศิริ	600	327 ม.4 ต.มะต้อง อ.พรหมพิราม
14	โรงสีพิษณุศรีธัญญะ	200	338 หมู่ 1 ต.วัดพริก อ.เมือง
15	หจก. มุ่ยเฮงรุ่งเรือง	200	241/1 ม.1 ต.บ้านกร่าง อ.เมือง
16	บริษัท ธนารัตน์ธัญญะกิจ จำกัด	600	46/1 ม.1 ต.โคกสลุด อ.บางกระทุ่ม
17	รุ่งโรจน์เจริญผล	80	136/3 ม.3 ต.มะตูม อ.พรหมพิราม
18	บริษัท โรงสีจักรศิลป์ไพศาลจำกัด	360	303 ม.4 ถ.พิษณุโลก – อุตรดิตถ์ ต.ดงประคำ อ.พรหมพิราม
19	โรงสี ส.ธนวัฒน์พืชผล	200	246/3 ม.5 ต.ปลักแรด อ.บางระกำ
20	หจก. ลิ้มเจริญชัญกิจ	250	57 ม.7 ต.ท่าตาล อ.บางกระทุ่ม
21	นายเฉลิมชัย เจริญทวีทรัพย์	20	125/1 ม.4 ถ.วังทอง – เขาทราย อ.วังทอง
22	โรงสีธนรุ่งเรือง	12	84 ม. 6 ต.จอมทอง อ.เมือง
23	โรงสีสหกิจ	20	313 ม.3 ต.สมอแข อ.เมือง
24	มีสิน	5	39/1 ม.3 ต.พลายชุมพล อ.เมือง
25	กลุ่มเกษตรกรทำไร่ท่างาม	12	1/1 ม.1 ถ.วัดโบสถ์ - โป่งแค
	รวมกำลังการผลิตของโรงสี	5,389	

ที่มา : สำนักงานการค้าภายในจังหวัดพิษณุโลก (2552)

ตารางที่ ก.2 ข้อมูลจำนวน ที่ตั้ง และความจุที่เก็บข้าวเปลือกของท่าข้าว ในเขตจังหวัด**พิษณุโลก**

ลำดับ	ชื่อท่าข้าว	ความจุที่เก็บข้าวเปลือก (ตัน/วัน)	สถานที่ประกอบการพาณิชยกิจ
1	บริษัท ตลาดกลางสินค้าเกษตร จ.พิษณุโลก จำกัด	110,000	247/2 ม.6 ต.ท่าทอง อ.เมือง
2	บริษัท โลกการเกษตร จำกัด	3,000	198 ม.5 ต.ดอนทอง อ.เมือง
3	นายยงยุทธ เส็งพานิช	1,000	137/3 ม.5 ต.ท่าตาล อ.บางกระทุ่ม
4	นายสมบูรณ์ ใจเที่ยงธรรม	2,000	81/2 ม.2 ต.งิ้วงาม อ.เมือง
5	นายพิทักษ์พงษ์ เกียรติดำรงค์กุล	2,000	95/5 ม.6 ถ.พิษณุโลก-บางกระทุ่ม ต.วังน้ำคู้ อ.เมือง
6	นายเสถียร สันติพร้อมวงศ์	1,000	20/2 ต.บ่อทอง อ.บางระกำ
7	หจก. วรพรหมมินทร์	500	9/5 ม.9 ต.วัดพริก อ.เมือง
8	ท่าข้าวบุญเริ่มเทียมพืชผล	500	27 ม.6 ถ.วังทอง – เขาทราย ต.หนองพระ อ.วังทอง
9	ชัยเฮงหลี	600	161 ม.4 ต.บางกระทุ่ม อ.บางกระทุ่ม
10	ท่าข้าวพลายเพชร	600	66 ม.2ต.บางกระทุ่ม อ.บางกระทุ่ม
11	ท่าข้าวแหลมโพธิ์ - หัวแท	20	161 ม.8 ต.บ้านกร่าง อ.เมือง
12	ท่าข้าววิบูลย์ประเสริฐ	200	909 ม.1 ต.วงฆ้อง อ.พรหมพิราม
13	นายฉัตรชัย วิชชุปัญญาพาณิชย์	800	23/1 ม.3 ต.บางกระทุ่ม อ.บางกระทุ่ม

ตารางที่ ก.2 (ต่อ) ข้อมูลจำนวน ที่ตั้ง และความจุที่เก็บข้าวเปลือกของท่าข้าว ในเขตจังหวัดพิษณุโลก

ลำดับ	ชื่อท่าข้าว	ความจุที่เก็บข้าวเปลือก (ตัน/วัน)	สถานที่ประกอบการพาณิชยกิจ
14	ท่าข้าวดงพันธ์	50	138/2 ม.8 ต.ท่าช้าง อ.พรหมพิราม
15	นางกิมบ้วย จีนหลักร้อย	300	230 ม.8 ต.ท่าช้าง อ.พรหมพิราม
16	นายสำเริง เอี่ยมอิ่ม	1,000	22/2 ม.2 ต.ท่าช้าง อ.พรหมพิราม
17	ท่าข้าวเจ้าสัว	1,000	94 ม.1 ถ.พิษณุโลก - บางกระทุ่ม ต.วัดพริก อ.เมือง
18	ท่าข้าวสิงห์หนุ่ม	160	110/1 ม.3 ต.บ้านกร่าง อ.เมือง
19	ท่าข้าวพิมพ์ฉวี	2,000	278 ม.13 ถ.บึงพระ - แม่ระกำ อ.วังทอง
20	นายมงคล ยอดเพชร	3,000	162 ม.11 ต.บ้านกร่าง อ.เมือง
21	นายมงคล โตศักดิ์ศรี	5,000	583/1 หมู่ 4 ต.ชมพู อ.เนินมะปราง
22	หจก. ลิ้มเจริญธัญญกิจ	500	57 ม.7 ต.ท่าตาล อ.ฐางกระทุ่ม
23	นางอรอินทร์ อ้นขวัญเมือง	300	150 ม.1 ต.ตลุกเทียม อ.พรหมพิราม
24	นายเสริง แก่ข้างพลู	100	372/3 ม. 23 ต.บ้างกลาง อ.วังทอง
25	บริษัท ศรีพิพัฒน์ธัญญกิจ	3,000	119 ม.6 ถ.พิษณุโลก – อุตรดิตถ์ ต.ทับยายเชียง อ.พรหมพิราม
26	น.ส.อภิญญา ศรีพิพัฒน์กุล	2,000	111/11 หมู่ 2 ต.ดงประดำ อ.พรหมพิราม
27	น.ส.อภิญญา ศรีพิพัฒน์กุล	1,000	156/3 ม.5 ต.ปลักแรด อ.บางระกำ

ตารางที่ ก.2 (ต่อ) ข้อมูลจำนวน ที่ตั้ง และความจุที่เก็บข้าวเปลือกของท่าข้าว ในเขตจังหวัดพิษณุโลก

ลำดับ	ชื่อท่าข้าว	ความจุที่เก็บข้าวเปลือก (ตัน/วัน)	สถานที่ประกอบการพาณิชยกิจ
28	หจก. ธัญทิพย์รุ่งเรืองธัญกิจ	10,000	29 ม.8 ต.วัดโบสถ์ อ.วัดโบสถ์
29	หจก. ธัญทิพย์รุ่งเรืองธัญกิจ	4,000	89 ม.4 ต.วัดโบสถ์ อ.วัดโบสถ์
30	ท่าข้าวกมลรุ่งเรืองทรัพย์	100	43/4 ม.3 ต.ท่าช้าง อ.พรหมพิราม
31	ท่าข้าวอึ้งง่วนเส็ง	300	673 ม.7 ต.บางระกำ อ.บางระกำ
32	โชคธนพร	2,000	144/1 ม.10 ต.พรหมพิราม อ.พรหมพิราม
33	ส.ประเทืองทรัพย์	4,000	123/2 ม.5 ต.มะตูม อ.พรหมพิราม
34	นางเอื้อการย์ กระถิน	1,000	99 ม.13 ต.แม่ระกา อ.วังทอง
35	นางธนัสถา โกมล	5,000	15 ม.11 ต.ท่าช้าง อ.พรหมพิราม
	รวมความจุที่เก็บข้าวเปลือกของท่าข้าว	168,030	

ที่มา : สำนักงานการค้าภายในจังหวัดพิษณุโลก (2552)

ตารางที่ ก.3 ข้อมูลจำนวน และที่ตั้ง ของผู้ค้าส่งข้าวในเขตจังหวัดพิษณุโลก

ลำดับ	ชื่อสถานประกอบการ	สถานที่ประกอบการพาณิชยกิจ
1	ร้านไทยธัญญะ	14/7-8 ถ.มหาธรรมราชา ต.ในเมือง อ.เมือง
2	ไพโรจน์ค้าข้าว	110/7 ถ.สุรงคะเดชะ ต.ในเมือง อ.เมือง
3	ธัญญะยิ่งเจริญ	110/11 ถ.วิสุทธิกษัตริย์ ต.ในเมือง อ.เมือง
4	นายไพโรจน์ โพธิประพันธ์พงศ์	45 ถ.เจ้าพระยาจักรี ต.ในเมือง อ.เมือง
5	บริษัท สิงหวัฒน์เทรดดิ้ง จำกัด	161/1 หมู่ 3 ถ.สิงหวัฒน์ ต.พลายชุมพล อ.เมือง
6	บริษัท อมรินทร์เอเชียเทรดดิ้ง จำกัด	601 ถ.พระองค์ขาว ต.ในเมือง อ.เมือง
7	บริษัท พิษณุโลก ช.วิรวัฒน์ จำกัด	59/1 ถ.บรมไตรโลกนารถ ต.ในเมือง อ.เมือง

ที่มา : สำนักงานการค้าภายในจังหวัดพิษณุโลก (2552)

มหาวิทยาลัยนเรศวร

ภาคผนวก ข

ข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกและผลผลิตข้าวนาปีและข้าวนาปรัง ปีการผลิต 2546/2547 ในเขตจังหวัดพิษณุโลก

ตารางที่ ข.1 พื้นที่เพาะปลูกและผลผลิตข้าวนาปี ปีการผลิต 2546/2547 จังหวัดพิษณุโลก

ลำดับ	เขตพื้นที่	พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)	ผลผลิตเฉลี่ย (ตัน/วัน)
1	อำเภอบางระกำ	422,300	902.449
2	อำเภอพรหมพิราม	327,010	671.940
3	อำเภอบางกระทุ่ม	201,152	440.882
4	อำเภอวังทอง	199,384	360.529
5	อำเภอเมือง	162,435	311.521
6	อำเภอเนินมะปราง	111,892	183.934
7	อำเภอวัดโบสถ์	91,140	139.830
8	อำเภอนครไทย	73,884	113.356
9	อำเภอชาติตระการ	36,583	56.129
	รวมผลผลิตข้าวนาปี		3,180.57

ที่มา : สำนักงานเกษตรจังหวัดพิษณุโลก (2547)

ตารางที่ ข.2 พื้นที่เพาะปลูกและผลผลิตข้าวนาปรัง ปีการผลิต 2546/2547 จังหวัดพิษณุโลก

ลำดับ	เขตพื้นที่	พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)	ผลผลิตเฉลี่ย (ตัน/วัน)
1	อำเภอบางระกำ	158,000	327.707
2	อำเภอพรหมพิราม	243,900	505.959
3	อำเภอบางกระทุ่ม	129,000	267.682
4	อำเภอวังทอง	52,295	108.477
5	อำเภอเมือง	116,539	241.781
6	อำเภอเนินมะปราง	3,826	7.923
7	อำเภอวัดโบสถ์	29,225	60.636
8	อำเภอนครไทย	1,250	2.589
9	อำเภอชาติตระการ	350	0.762
	รวมผลผลิตข้าวนาปรัง		1,523.516

ที่มา : สำนักงานเกษตรจังหวัดพิษณุโลก (2547)

ภาคผนวก ค

ระยะทางในการขนส่งจากผู้ปลูกข้าวไปยังท่าข้าว จากท่าข้าวไปโรงสีข้าว และจากโรงสีข้าวไปยังผู้ค้าส่งข้าว

ตารางที่ ค.1 แสดงระยะทางการขนส่งจากผู้ปลูกข้าวไปยังท่าข้าว

ท่าข้าว / ผู้ปลูกข้าว	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
1.	3.1	28.4	29	21.1	20.3	22.2	14.5	47.2	32	32	13.2	45.9	32	25.9	25.9	25.9	14.5	13.2	28.2	13.2	69	29	61.5	64.5	56.2	49	21	37.9	37.9	25.9	12.5	34.1	19.4	28.2	25.9
2.	116	104	122	134	127	135	128	104	140	140	117	134	140	130	130	130	128	117	112	117	126	122	146	92.4	129	126	134	113	113	130	126	129	123	112	130
3.	127	101	139	144	137	146	138	139	175	175	128	100	175	119	119	119	138	128	146	128	161	139	113	53	95.6	92.6	144	89.9	89.9	119	136	108	123	146	119
4.	22.1	47.4	44.6	36.6	35.9	30.2	30.1	66.2	47.6	47.6	34.7	67.4	47.6	47.4	47.4	47.4	30.1	34.7	43.8	34.7	87.9	44.6	83	83.4	67.7	70.5	16.4	56.8	56.8	47.4	11	55.6	40.9	43.8	47.6
5.	33	53.6	13.9	25.8	15.4	22.1	29.1	35.1	3.7	3.7	47.4	80.1	3.7	60.1	60.1	60.1	29.1	47.4	42.5	47.4	61.1	13.9	95.7	85.7	81.4	83.2	39	63.1	63.1	60.1	40.1	68.3	53.6	42.5	60.1
6.	52	62.8	72.2	69.9	69.2	71.1	63.4	81.7	80.9	80.9	36.5	8	80.9	21.7	21.7	21.7	63.4	36.5	71.2	36.5	103	72.2	19	96.9	25.7	13.5	69.8	48.8	48.8	21.7	61.4	12.6	27.7	71.2	21.7
7.	61.6	36.3	74.3	79.5	72.3	80.7	73	67.8	84	84	62.6	48.9	84	47.5	47.5	47.5	73	62.6	62.4	62.6	89.5	74.3	61.3	85	24	41.4	79.4	24.9	24.9	47.5	71	36.4	61.5	62.4	47.5
8.	51.8	39.3	57.4	69.7	62.5	70.9	63.2	39.7	74.2	74.2	52.8	76.5	74.2	65.5	65.5	65.5	63.2	52.8	47.2	52.8	61.4	57.4	88.9	16.7	67.4	83.8	69.6	48.8	48.8	65.5	61.2	64.7	59	47.2	65.5
9.	79.6	70.1	56.8	72.4	62	68.7	75.7	47.5	50.3	50.3	84	108	50.3	96.7	96.7	96.7	75.7	84	55	84	16.4	56.8	120	88.2	98.3	115	87.2	80	80	96.7	92.4	95.9	90.2	55	96.7

หมายเหตุ หน่วย : กิโลเมตร

ตารางที่ ค.2 แสดงระยะทางการขนส่งจากท่าข้าวไปยังโรงสีข้าว

ท่าข้าว \ โรงสีข้าว	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	27	61.3	9.6	48.9	48.9	22.1	37.4	27	13.7	8.6	28.9	26.2	43.3	11.7	16.2	30.4	22.4	52	18.9	27	47.7	18.9	22.1	13.7	43.8
2	40.3	47.3	20.8	50	50	7.3	62	40.3	23.2	20.8	1	28.4	44.3	39	28.6	50.4	27.5	44.4	45.4	40.3	33.8	22.6	7.3	23.2	14.9
3	1	30.8	28.3	73.4	73.4	33.4	13.9	1	38.2	28.3	38.4	10.3	60.1	33.8	40.7	16.2	46.9	68.9	41.9	1	20.2	43.4	33.4	38.2	55.1
4	31.9	46.4	24	63.4	63.4	36.4	29.6	31.9	28.2	24	43.3	37.4	57.7	5.2	30.7	17.3	36.9	66.5	33.2	31.9	47.3	33.4	36.4	28.2	58.2
5	14.6	35.9	25.4	64.7	64.7	31.4	19.1	14.6	29.5	25.4	38.2	14.6	59.1	25.1	32	12.1	38.2	67.8	33.2	14.6	24.5	34.7	31.4	29.5	53.1
6	28.2	42.7	30.1	69.4	69.4	42.6	25.8	28.2	34.2	30.1	49.4	40.3	63.8	27.7	36.7	13.5	42.9	72.5	13.3	28.2	54.8	39.4	42.6	34.2	64.3
7	33.9	49.6	19.6	59	59	32.1	32.8	33.9	23.7	19.6	38.9	33.1	53.3	1	26.2	20.5	32.5	62.1	31.7	33.9	57.8	28.9	32.1	23.7	53.8
8	17.8	17.4	33.1	70.1	70.1	27.5	32.1	17.8	41.1	33.1	32.9	7.5	64.4	56.8	46.4	34.2	52.6	77.4	63.2	17.8	1	42.8	27.5	41.1	47.8
9	10.3	24.2	37.1	76.4	76.4	41.8	7.4	10.3	41.2	37.1	49.9	20.4	70.8	26.3	43.7	7.3	49.9	79.5	36.2	10.3	36.4	46.4	41.8	41.2	64.8
10	10.3	24.2	37.1	76.4	76.4	41.8	7.4	10.3	41.2	37.1	49.9	20.4	70.8	26.3	43.7	7.3	49.9	79.5	36.2	10.3	36.4	46.4	41.8	41.2	64.8
11	41.3	58.6	9.9	38.6	38.6	19.4	51.7	41.3	6.2	9.9	26.3	34.6	33	26.8	1	44.7	10.2	41.8	33.2	41.3	45.1	4.5	19.4	6.2	41.1
12	65.8	84.4	44.7	1	1	44.4	83.9	65.8	37.8	44.7	49.7	64.9	5.7	59	39.5	76.9	28.5	7.8	65.4	65.8	70.9	32.2	44.4	37.8	41.7
13	10.3	24.2	37.1	76.4	76.4	41.8	7.4	10.3	41.2	37.1	49.9	20.4	70.8	26.3	43.7	7.3	49.9	79.5	36.2	10.3	36.4	46.4	41.8	41.2	64.8
14	50.5	73.5	24.7	24.7	24.7	34.3	66.6	50.5	21.1	24.7	41.1	49.5	16.4	41.7	14.9	59.6	15.4	25.2	48.1	50.5	60	16.9	34.3	21.1	38.4
15	50.5	73.5	24.7	24.7	24.7	34.3	66.6	50.5	21.1	24.7	41.1	49.5	16.4	41.7	14.9	59.6	15.4	25.2	48.1	50.5	60	16.9	34.3	21.1	38.4
16	50.5	73.5	24.7	24.7	24.7	34.3	66.6	50.5	21.1	24.7	41.1	49.5	16.4	41.7	14.9	59.6	15.4	25.2	48.1	50.5	60	16.9	34.3	21.1	38.4
17	39.9	49.6	19.6	59	59	32.1	32.8	33.9	23.7	19.6	38.9	33.1	53.3	1	26.2	20.5	32.5	62.1	31.7	31.9	57.8	28.9	32.1	23.7	53.8
18	41.3	58.6	9.9	38.6	38.6	19.4	51.7	41.3	6.2	9.9	26.3	34.6	33	26.8	1	44.7	10.2	41.8	33.2	41.3	45.1	4.5	19.4	6.2	41.1
19	10.3	23.4	25.6	64.8	64.8	21.5	24.2	10.3	31.4	25.6	28.3	1	63.8	33.1	36.8	26.7	43	72.8	41.2	10.3	9.9	37.2	21.5	31.4	43.2
20	41.3	58.6	9.9	38.6	38.6	19.4	51.7	41.3	6.2	9.9	26.3	34.6	33	26.8	1	44.7	10.2	41.8	33.2	41.3	45.1	4.5	19.4	6.2	41.1
21	53.4	49.1	63.5	95	95	52.4	51.5	53.4	65.9	63.5	57.8	43.1	89.3	81.7	71.3	68.9	77.5	102	88.1	53.4	35.6	67.7	52.4	65.9	72.7
22	1	30.8	28.3	65.8	65.8	33.4	13.9	1	38.2	28.3	40.2	10.3	60.1	33.8	40.7	16.2	46.9	76.5	41.9	1	20.2	43.4	33.4	38.2	55.1
23	78.2	96.8	60.4	12.6	12.6	56.8	102	78.2	56.7	60.4	62.1	85.1	18.1	77.3	50.5	95.2	41.6	20.2	83.7	78.2	83.3	44.6	56.8	56.7	52.4
24	68.4	65	56.7	88.2	88.2	45.6	79.7	68.4	59.2	56.7	51.1	58.9	82.6	74.9	64.5	86.3	70.8	95.5	81.4	68.4	51.4	61	45.6	59.2	66
25	70.9	78	44.9	24.9	24.9	37.9	92.7	70.9	38	44.9	32.9	59	19.2	59.2	33.1	81	28.6	14.1	65.6	70.9	64.4	32.4	37.9	38	20.1
26	84.7	91.7	47.8	7.8	7.8	51.7	87	84.7	40.9	47.8	46.7	72.6	8.8	62.1	40	80	31.6	1	68.5	84.7	78.2	35.3	51.7	40.9	33.9

ตารางที่ ค.2 (ต่อ) แสดงระยะทางการขนส่งจากท่าข้าวไปยังโรงสีข้าว

โรงสีข้าว / ท่าข้าว	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
27	48.3	74.7	33.1	72.5	72.5	45.6	45.9	48.3	37.2	33.1	52.4	47.8	66.8	30.8	39.7	33.7	39.6	75.6	1	48.3	68.3	36.1	45.6	37.2	67.3
28	47.9	56.7	30.2	40.8	40.8	16.7	71.4	47.9	32.7	30.2	11.7	37.8	35.2	48.4	38	59.8	32.7	35.3	54.8	47.9	43.2	32	16.7	32.7	5.7
29	47.9	56.7	30.2	40.8	40.8	16.7	71.4	47.9	32.7	30.2	11.7	37.8	35.2	48.4	38	59.8	32.7	35.3	54.8	47.9	43.2	32	16.7	32.7	5.7
30	50.5	73.5	24.7	24.7	24.7	34.3	66.6	50.5	21.1	24.7	41.1	49.5	16.4	41.7	14.9	59.6	15.4	25.2	48.1	50.5	60	16.9	34.3	21.1	38.4
31	33.5	68.7	17	56.4	56.4	29.5	44	33.5	21.1	17	36.3	32.8	50.7	19	23.7	37	29.9	59.5	8.4	33.5	55.2	26.4	29.5	21.1	51.2
32	54	72.7	31	11.8	11.8	32.6	72.1	54	26	31	37.9	51.4	6.1	47.2	21.2	63.1	16.7	14.9	53.6	54	59.1	20.4	32.6	26	30.5
33	42.7	65.7	17	28.5	28.5	26.5	58.8	42.7	13.3	17	27.1	40.4	22.8	33.9	7.1	51.8	1	31.6	40.3	42.7	52.2	4.3	26.5	13.3	34.1
34	10.3	23.4	25.6	64.8	64.8	21.5	24.2	10.3	31.4	25.6	28.3	1	63.8	33.1	36.8	26.7	41.3	72.5	41.2	10.3	9.9	37.2	21.5	31.4	43.2
35	50.5	73.5	24.7	24.7	24.7	34.3	66.6	50.5	21.1	24.7	41.1	49.5	16.4	41.7	14.9	59.6	15.4	25.2	48.1	50.5	60	16.9	34.3	21.1	38.4

หมายเหตุ หน่วย : กิโลเมตร

ตารางที่ ค.3 แสดงระยะทางการขนส่งจากโรงสีข้าวไปยังผู้ค้าส่งข้าว

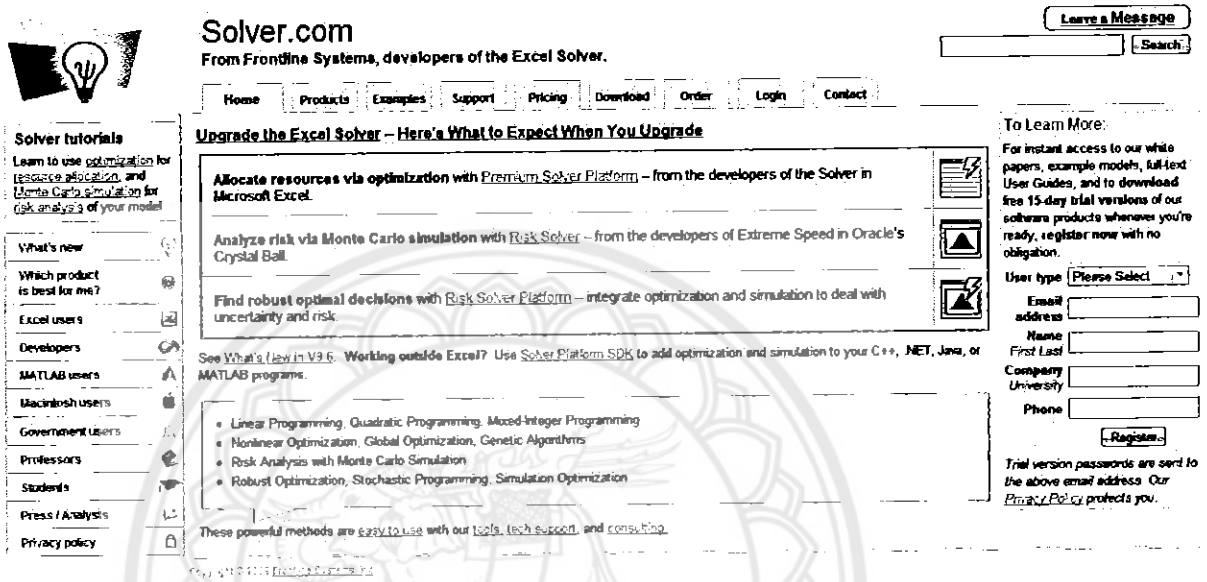
ผู้ค้าส่งข้าว / โรงสีข้าว	1	2	3	4	5	6	7
1	27.4	27.4	27.4	27.4	38.2	27.4	27.4
2	44.4	44.4	44.4	44.4	53.2	44.4	44.4
3	4.4	4.4	4.4	4.4	7.2	4.4	4.4
4	38.4	38.4	38.4	38.4	37.8	38.4	38.4
5	38.4	38.4	38.4	38.4	37.8	38.4	38.4
6	11.1	11.1	11.1	11.1	16.1	11.1	11.1
7	41.3	41.3	41.3	41.3	48.6	41.3	41.3
8	27.4	27.4	27.4	27.4	38.2	27.4	27.4
9	6.6	6.6	6.6	6.6	1	6.6	6.6
10	4.4	4.4	4.4	4.4	7.2	4.4	4.4
11	18.2	18.2	18.2	18.2	23.2	18.2	18.2
12	24.8	24.8	24.8	24.8	31.4	24.8	24.8
13	32.7	32.7	32.7	32.7	32.1	32.7	32.7
14	22.9	22.9	22.9	22.9	23.7	22.9	22.9
15	10.2	10.2	10.2	10.2	6.2	10.2	10.2
16	39.4	39.4	39.4	39.4	41.6	39.4	39.4
17	17.3	17.3	17.3	17.3	13.2	17.3	17.3
18	41.5	41.5	41.5	41.5	40.9	41.5	41.5
19	36.4	36.4	36.4	36.4	37.2	36.4	36.4
20	27.4	27.4	27.4	27.4	38.2	27.4	27.4
21	42.5	42.5	42.5	42.5	47.5	42.5	42.5
22	10.9	10.9	10.9	10.9	8.4	10.9	10.9
23	11.1	11.1	11.1	11.1	16.1	11.1	11.1
24	6.6	6.6	6.6	6.6	1	6.6	6.6
25	31.5	31.5	31.5	31.5	36.5	31.5	31.5

หมายเหตุ หน่วย : กิโลเมตร

ภาคผนวก ง

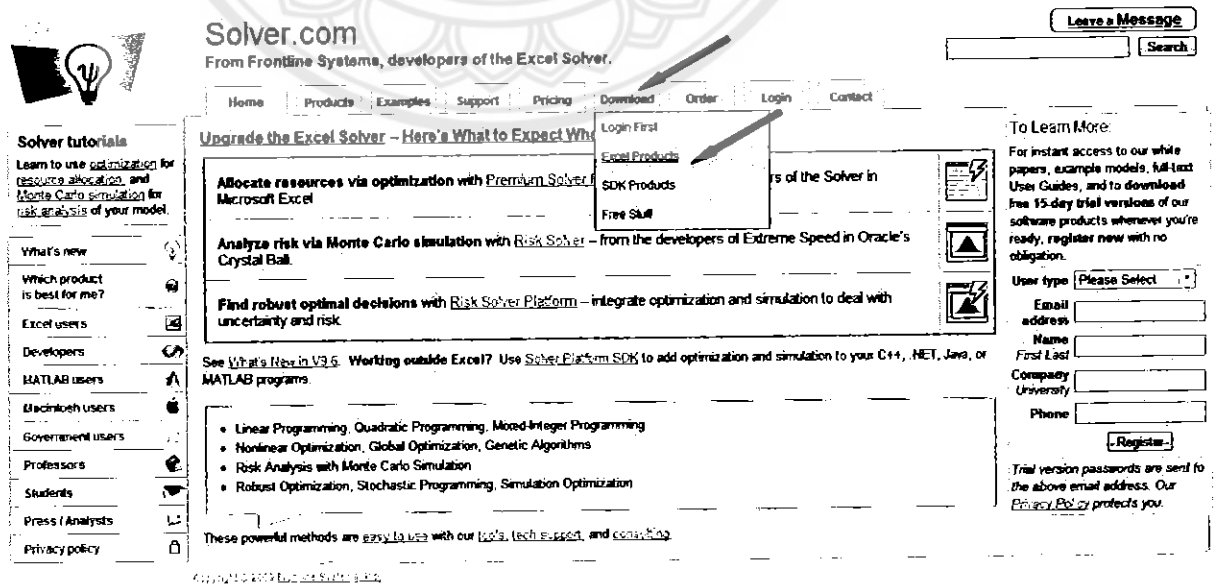
ขั้นตอนการ Download และติดตั้งโปรแกรม Risk Solver Platform V.9.6 For Microsoft Excel

1) เข้าไปที่เวปไซค์ http://www.solver.com จะพบกับหน้า Home Page ดังภาพ



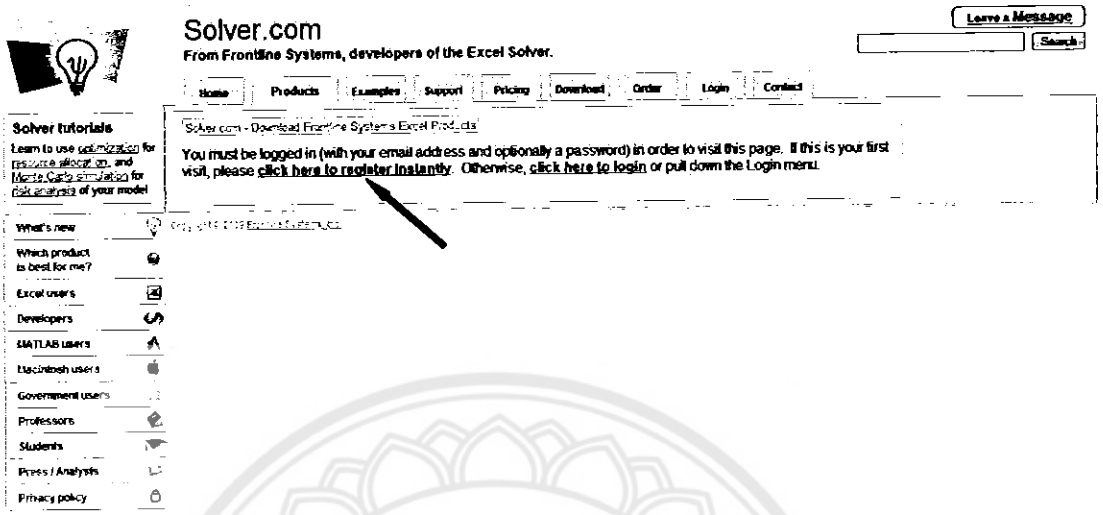
รูปที่ ง.1 หน้า Home Page

2) เข้าไปที่เมนู Download → Excel Products



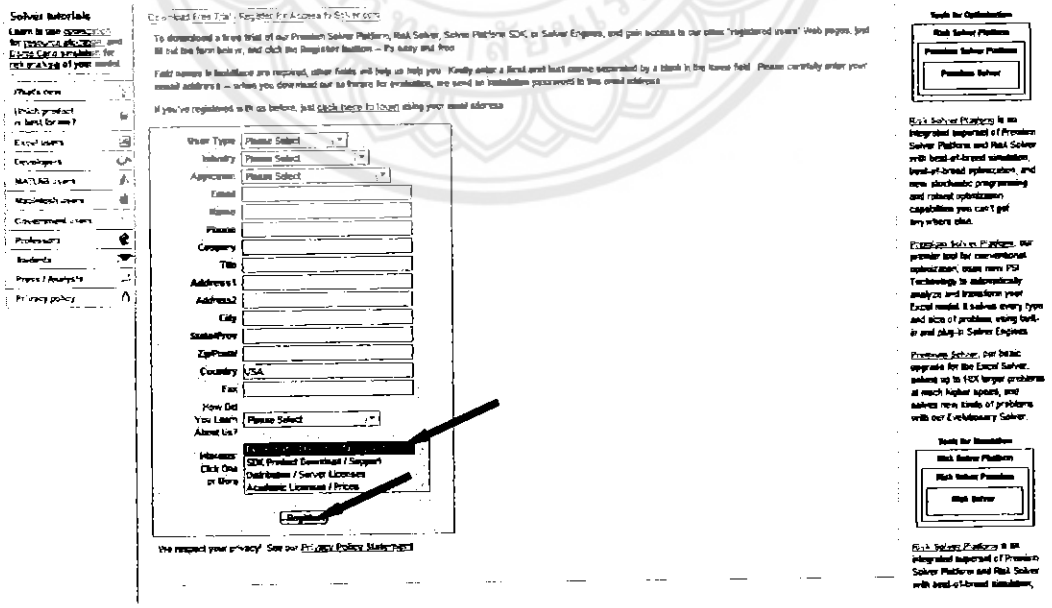
รูปที่ ง.2 เมนู Download

3) คลิกเข้าไปที่ Click hear to register instantly เพื่อเข้าไปสมัครสมาชิกสำหรับผู้ที่ Download ครั้งแรก แต่หากเคยสมัครสมาชิกแล้วให้คลิกเข้าไปที่ Click hear to login ได้เลย



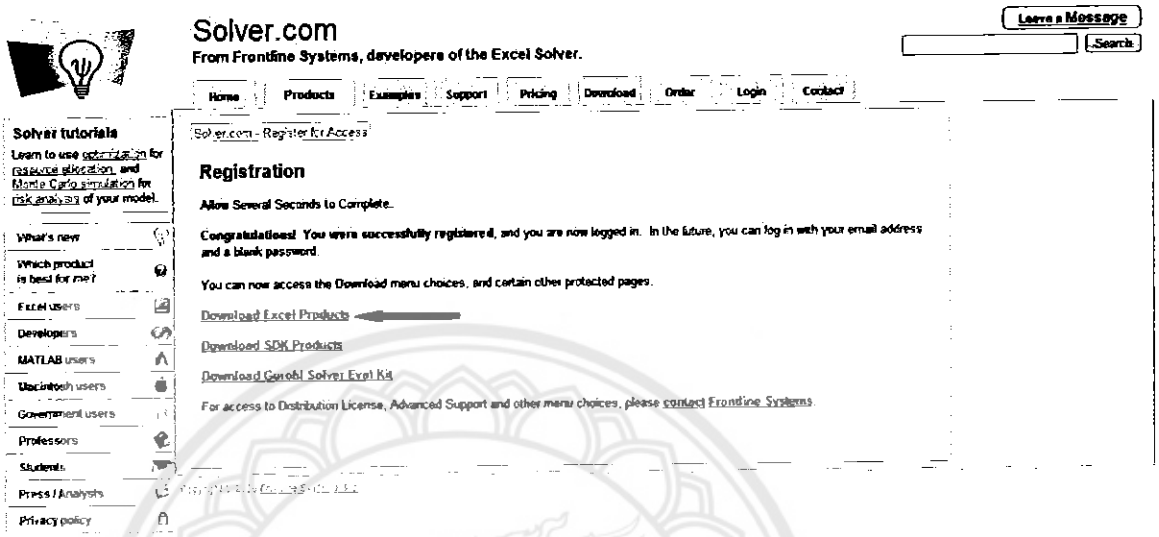
รูปที่ ง.3 เมนู Register

4) จะพบกับหน้าต่างเพื่อกรอกรายละเอียดสำหรับสมัครสมาชิก ให้กรอกรายละเอียดให้ครบถ้วน โดยในช่อง Interests : Click One or More ให้เลือกไปที่ Excel Product Download / Support เมื่อกรอกรายละเอียดต่างๆ ครบถ้วนแล้วให้คลิกไปที่ Register



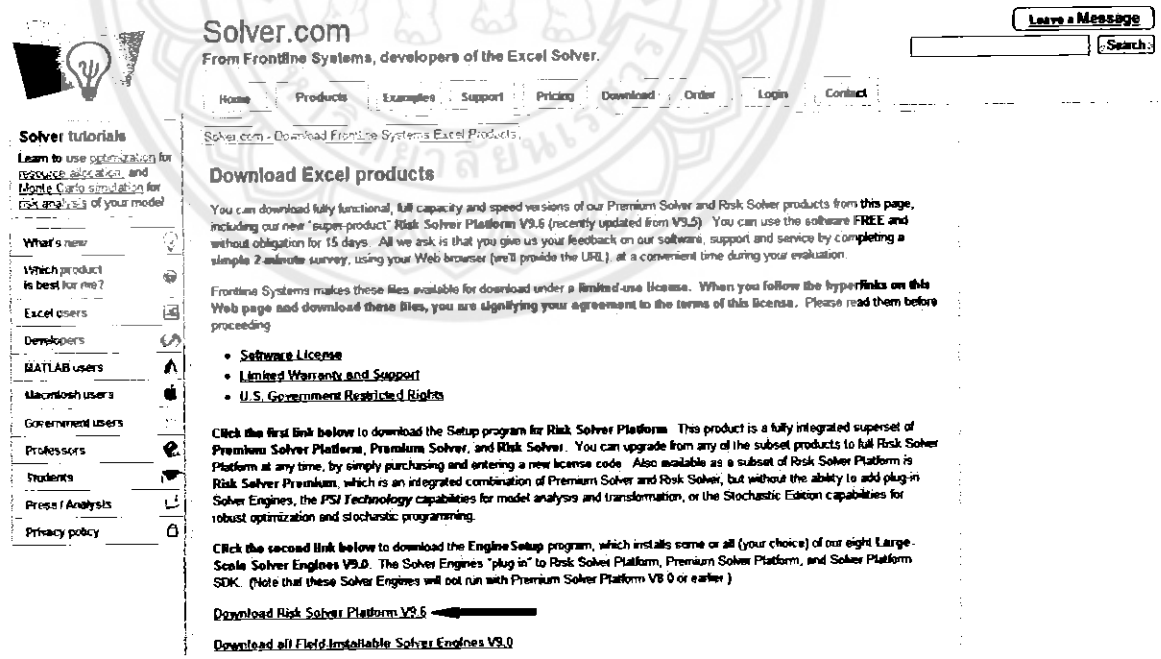
รูปที่ ง.4 กรอกรายละเอียด

5) เมื่อลงทะเบียนกับทางเวปไซค์แล้วระบบจะมีตัวเลือกสำหรับ Download ให้เราเลือกที่ Download Excel Products และระบบส่ง Password สำหรับติดตั้งโปรแกรมไปยังที่อยู่ E-mail ที่ได้ทำการลงทะเบียนไว้



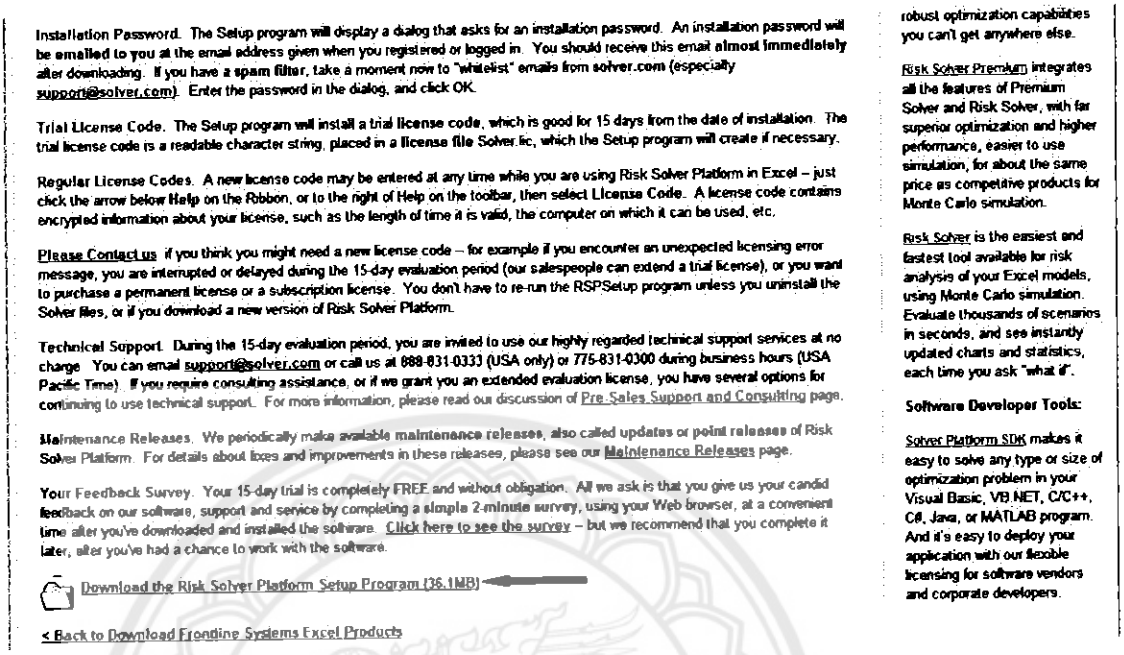
รูปที่ ง.5 ตัวเลือกสำหรับ Download

6) ให้คลิกเลือกไปที่ Download Rick Solver Platform V9.6



รูปที่ ง.6 Download Rick Solver Platform V9.6

7) คลิกเข้าไปที่ Download Risk Solver Platform Setup Program เพื่อเริ่มทำการ Download โปรแกรม Risk Solver Platform ซึ่งมีขนาดของไฟล์ประมาณ 36.1 MB



Installation Password. The Setup program will display a dialog that asks for an installation password. An installation password will be emailed to you at the email address given when you registered or logged in. You should receive this email almost immediately after downloading. If you have a spam filter, take a moment now to "whitelist" emails from solver.com (especially support@solver.com). Enter the password in the dialog, and click OK.

Trial License Code. The Setup program will install a trial license code, which is good for 15 days from the date of installation. The trial license code is a readable character string, placed in a license file Solver.lic, which the Setup program will create if necessary.

Regular License Codes. A new license code may be entered at any time while you are using Risk Solver Platform in Excel – just click the arrow below Help on the Ribbon, or to the right of Help on the toolbar, then select License Code. A license code contains encrypted information about your license, such as the length of time it is valid, the computer on which it can be used, etc.

Please Contact us if you think you might need a new license code – for example if you encounter an unexpected licensing error message, you are interrupted or delayed during the 15-day evaluation period (our salespeople can extend a trial license), or you want to purchase a permanent license or a subscription license. You don't have to re-run the RSPSetup program unless you uninstall the Solver files, or if you download a new version of Risk Solver Platform.

Technical Support. During the 15-day evaluation period, you are invited to use our highly regarded technical support services at no charge. You can email support@solver.com or call us at 888-831-0333 (USA only) or 775-831-0300 during business hours (USA Pacific Time). If you require consulting assistance, or if we grant you an extended evaluation license, you have several options for continuing to use technical support. For more information, please read our discussion of Pre-Sales Support and Consulting page.

Maintenance Releases. We periodically make available maintenance releases, also called updates or point releases of Risk Solver Platform. For details about fixes and improvements in these releases, please see our Maintenance Releases page.

Your Feedback Survey. Your 15-day trial is completely FREE and without obligation. All we ask is that you give us your candid feedback on our software, support and service by completing a simple 2-minute survey, using your Web browser, at a convenient time after you've downloaded and installed the software. Click here to see the survey – but we recommend that you complete it later, after you've had a chance to work with the software.

Download the Risk Solver Platform Setup Program (36.1MB)

< Back to Download Frontline Systems Excel Products

robust optimization capabilities you can't get anywhere else.

Risk Solver Premium integrates all the features of Premium Solver and Risk Solver, with far superior optimization and higher performance, easier to use simulation, for about the same price as competitive products for Monte Carlo simulation.

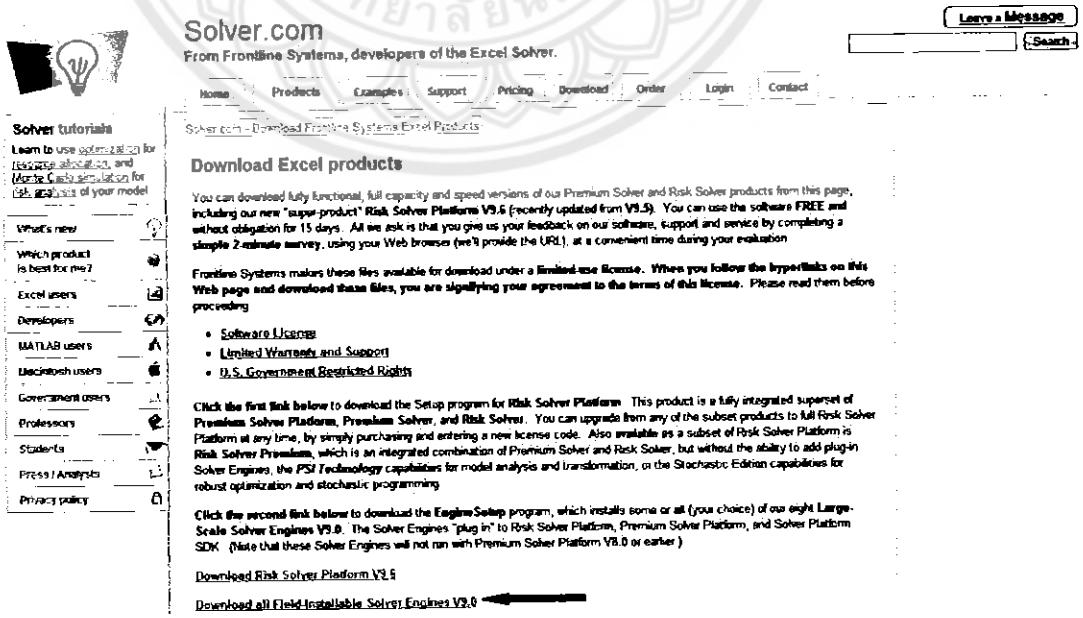
Risk Solver is the easiest and fastest tool available for risk analysis of your Excel models, using Monte Carlo simulation. Evaluate thousands of scenarios in seconds, and see instantly updated charts and statistics, each time you ask "what if".

Software Developer Tools:

Solver Platform SDK makes it easy to solve any type or size of optimization problem in your Visual Basic, VB.NET, C/C++, C#, Java, or MATLAB program. And it's easy to deploy your application with our flexible licensing for software vendors and corporate developers.

รูปที่ ง.7 เริ่มทำการ Download

8) ทำการ Download โปรแกรม Solver Engines ซึ่งเป็นโปรแกรมเสริมทำให้โปรแกรม Risk Solver Platform สามารถหาคำตอบของสมการคณิตศาสตร์ที่มีขนาดใหญ่ได้ โดยให้ย้อนกลับมายังหน้าต่างดังรูป และคลิกเข้าไปที่ Download all Field Installable Solver Engines V9.0



Solver.com

From Frontline Systems, developers of the Excel Solver.

Leave a Message | Search

Home | Products | Examples | Support | Pricing | Download | Order | Login | Contact

Solver tutorials

Learn to use optimization for resource allocation, and Monte Carlo simulation for risk analysis of your model

What's new

Which product is best for me?

Excel users

Developers

MATLAB users

Macintosh users

Government users

Professors

Students

Press / Analysts

Privacy policy

Solver.com - Download Frontline Systems Excel Products

Download Excel products

You can download fully functional, full capacity and speed versions of our Premium Solver and Risk Solver products from this page, including our new "super-product" **Risk Solver Platform V9.5** (recently updated from **V9.5**). You can use the software **FREE** and without obligation for 15 days. All we ask is that you give us your feedback on our software, support and service by completing a simple 2-minute survey, using your Web browser (we'll provide the URL), at a convenient time during your evaluation.

Frontline Systems makes these files available for download under a **limited-use license. When you follow the hyperlinks on this Web page and download these files, you are signifying your agreement to the terms of this license.** Please read them before proceeding:

- Software License
- Limited Warranty and Support
- U.S. Government Restricted Rights

Click the first link below to download the Setup program for **Risk Solver Platform**. This product is a fully integrated superset of **Premium Solver Platform, Premium Solver, and Risk Solver**. You can upgrade from any of the subset products to full Risk Solver Platform at any time, by simply purchasing and entering a new license code. Also available as a subset of Risk Solver Platform is **Risk Solver Premium**, which is an integrated combination of Premium Solver and Risk Solver, but without the ability to add plug-in Solver Engines, the *PSI Technology* capabilities for model analysis and transformation, or the Stochastic Edition capabilities for robust optimization and stochastic programming.

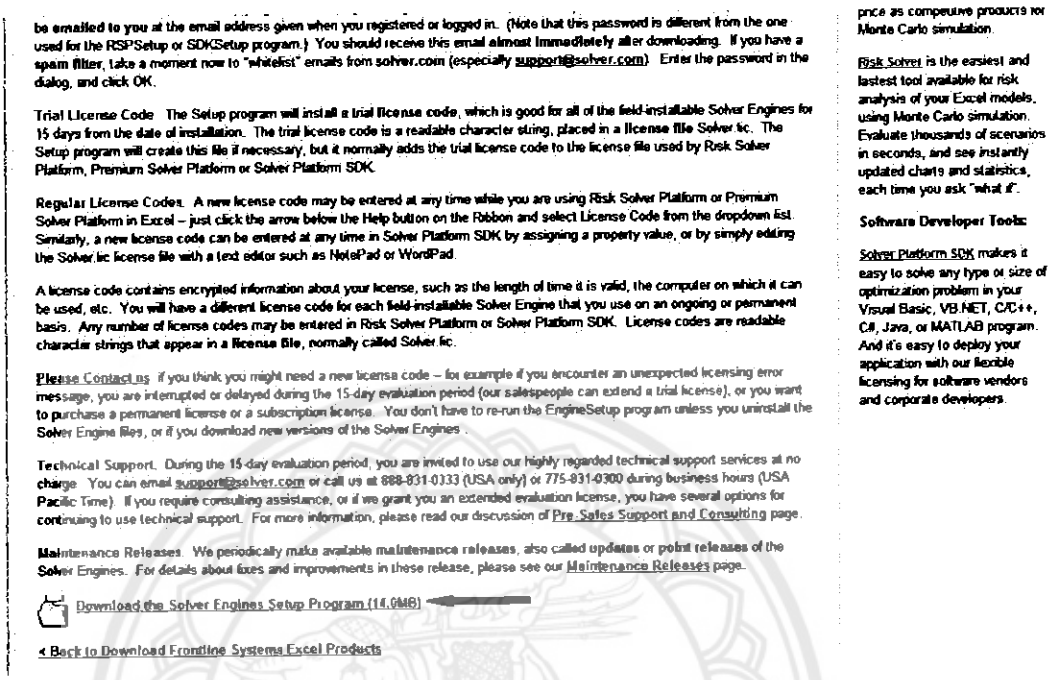
Click the second link below to download the **Engine Setup** program, which installs some or all (your choice) of our eight **Large-Scale Solver Engines V9.0**. The Solver Engines "plug in" to Risk Solver Platform, Premium Solver Platform, and Solver Platform SDK. (Note that these Solver Engines will not run with Premium Solver Platform V8.0 or earlier.)

Download Risk Solver Platform V9.5

Download all Field-Installable Solver Engines V9.0

รูปที่ ง.8 Download โปรแกรม Solver Engines

9) คลิกเข้าไปที่ Download the Solver Engines Setup Program เพื่อเริ่มทำการ Download โปรแกรม Solver Engine ซึ่งมีขนาดของไฟล์ประมาณ 14.0 MB



be emailed to you at the email address given when you registered or logged in. (Note that this password is different from the one used for the RSPSetup or SDKSetup program.) You should receive this email almost immediately after downloading. If you have a spam filter, take a moment now to "whitelist" emails from solver.com (especially support@solver.com). Enter the password in the dialog, and click OK.

Trial License Code The Setup program will install a trial license code, which is good for all of the field-installable Solver Engines for 15 days from the date of installation. The trial license code is a readable character string, placed in a license file Solver.lic. The Setup program will create this file if necessary, but it normally adds the trial license code to the license file used by Risk Solver Platform, Premium Solver Platform or Solver Platform SDK.

Regular License Codes A new license code may be entered at any time while you are using Risk Solver Platform or Premium Solver Platform in Excel – just click the arrow below the Help button on the Ribbon and select License Code from the dropdown list. Similarly, a new license code can be entered at any time in Solver Platform SDK by assigning a property value, or by simply editing the Solver.lic license file with a text editor such as NotePad or WordPad.

A license code contains encrypted information about your license, such as the length of time it is valid, the computer on which it can be used, etc. You will have a different license code for each field-installable Solver Engine that you use on an ongoing or permanent basis. Any number of license codes may be entered in Risk Solver Platform or Solver Platform SDK. License codes are readable character strings that appear in a license file, normally called Solver.lic.

Please Contact Us if you think you might need a new license code – for example if you encounter an unexpected licensing error message, you are interrupted or delayed during the 15-day evaluation period (our salespeople can extend a trial license), or you want to purchase a permanent license or a subscription license. You don't have to re-run the EngineSetup program unless you uninstall the Solver Engine files, or if you download new versions of the Solver Engines.

Technical Support During the 15-day evaluation period, you are invited to use our highly regarded technical support services at no charge. You can email support@solver.com or call us at 888-831-0333 (USA only) or 775-831-0300 during business hours (USA Pacific Time). If you require consulting assistance, or if we grant you an extended evaluation license, you have several options for continuing to use technical support. For more information, please read our discussion of Pre-Sales Support and Consulting page.

Maintenance Releases We periodically make available maintenance releases, also called updates or point releases of the Solver Engines. For details about fixes and improvements in these release, please see our Maintenance Releases page.

Download the Solver Engines Setup Program (14.0MB)

« Back to Download Frontline Systems Excel Products

price as competitive products for Monte Carlo simulation.

Risk Solver is the easiest and fastest tool available for risk analysis of your Excel models, using Monte Carlo simulation. Evaluate thousands of scenarios in seconds, and see instantly updated charts and statistics, each time you ask "what if".

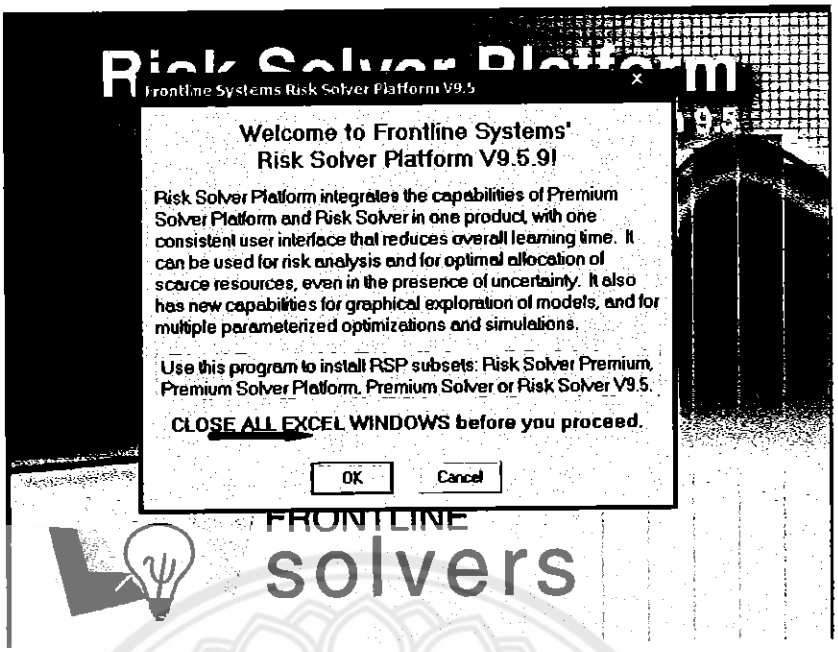
Software Developer Tools:

Solver Platform SDK makes it easy to solve any type or size of optimization problem in your Visual Basic, VB.NET, C/C++, C#, Java, or MATLAB program. And it's easy to deploy your application with our flexible licensing for software vendors and corporate developers.

รูปที่ ง.9 เริ่มทำการ Download โปรแกรม Solver Engine

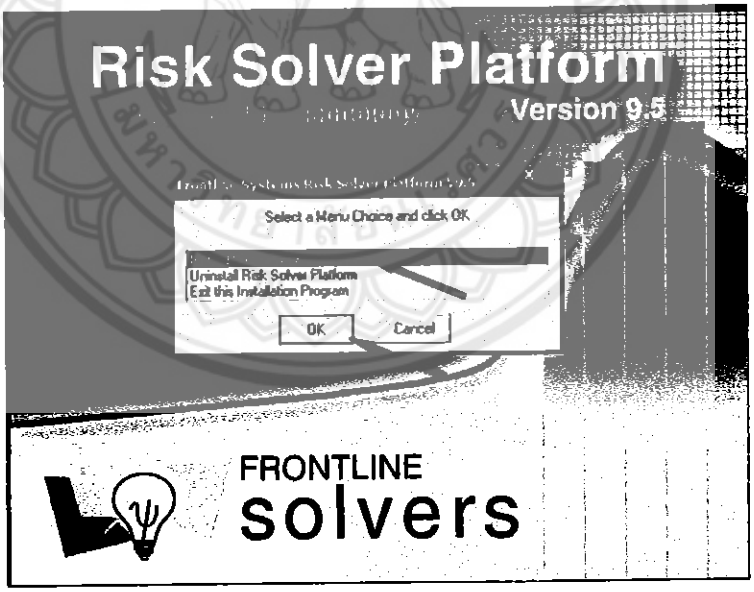
10) เมื่อทำการ Download ไฟล์ติดตั้งโปรมแกรมเสร็จเรียบร้อยทั้ง 2 ไฟล์แล้ว จะพบว่ามีไฟล์ RSPSetup.exe และไฟล์ EngineSetup.exe

11) ก่อนที่จะดำเนินการติดตั้งโปรแกรมนั้นจำเป็นจะต้องมีโปรแกรม Microsoft Excel V.2003 หรือ V. 2007 ก็ได้ แต่ ณ ที่นี้ได้ทำการติดตั้งเข้ากับ Microsoft Excel V.2007 การติดตั้งทำได้โดยดับเบิ้ลคลิกที่ไฟล์ RSPSetup.exe เพื่อเปิดโปรแกรมติดตั้งโปรแกรม Risk Solver Platform จะพบกับหน้าต่างดังรูป คลิกที่ OK



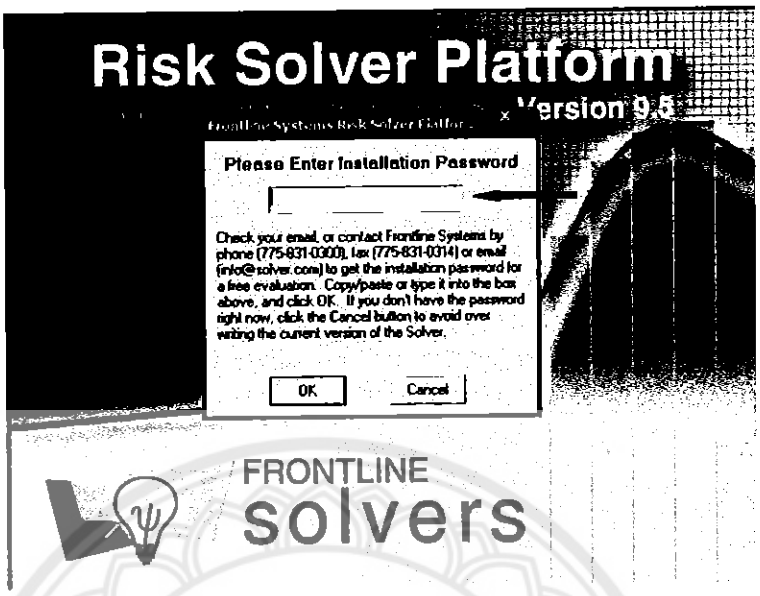
รูปที่ ง.10 ติดตั้งโปรแกรม Risk Solver Platform

12. Select Menu Choice ให้เลือกไปที่ Install Risk Solver Platform แล้วคลิก OK



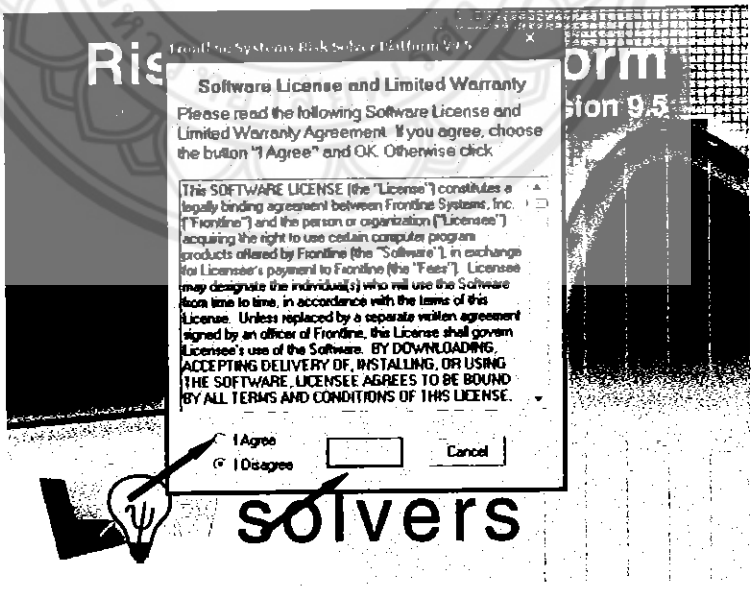
รูปที่ ง.11 Install Risk Solver Platform

13. ในหน้านี้ให้กรอก Password ที่ได้มาจากการลงทะเบียนกับทางเวปไซต์



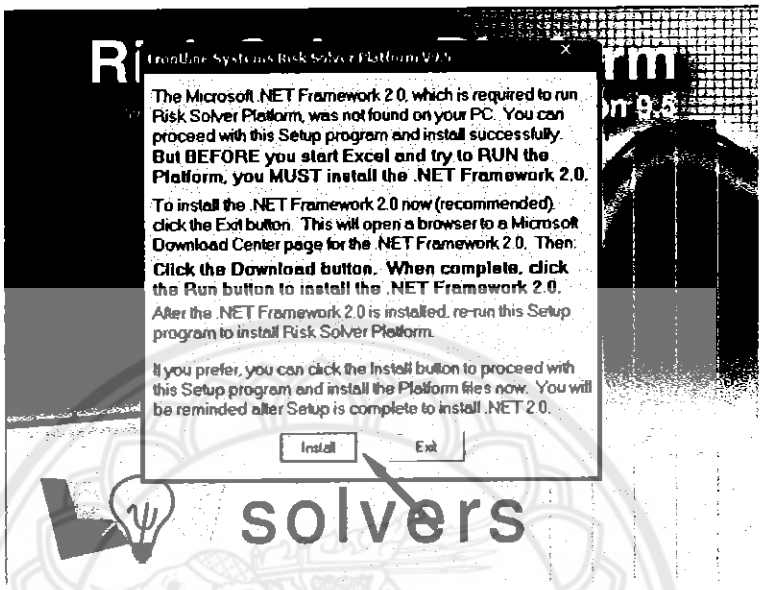
รูปที่ ง.12 กรอก Password

14. ในหน้านี้จะเป็นบทความซึ่งเกี่ยวกับลิขสิทธิ์ของซอฟแวร์ หากอ่านแล้วยอมรับให้ติ๊กใน ช่อง I Agree แล้วคลิก OK



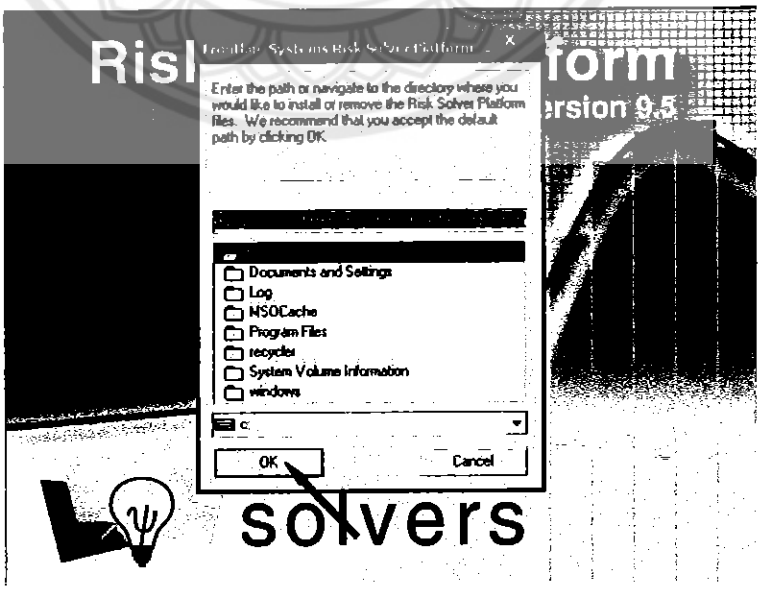
รูปที่ ง.13 บทความซึ่งเกี่ยวกับลิขสิทธิ์ของซอฟแวร์

15. เป็นการแนะนำว่าโปรแกรม Risk Solver Platform ต้องการทำงานร่วมกับโปรแกรม Microsoft .NET Framework 2.0 ซึ่งรายละเอียดการติดตั้งโปรแกรม Microsoft .NET Framework 2.0 จะกล่าวถัดไป หากอ่านทำความเข้าใจแล้วก็ให้คลิกที่ Install



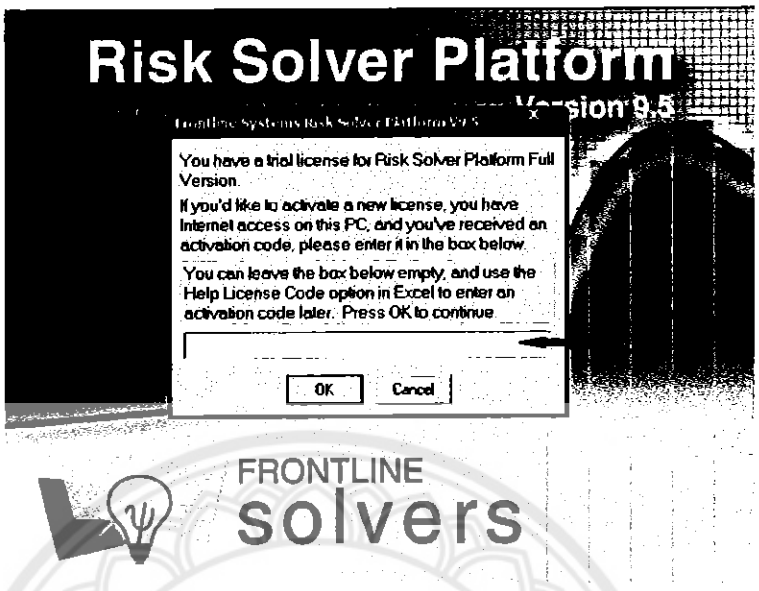
รูปที่ ง.14 แนะนำโปรแกรม Risk Solver Platform กับ Microsoft .NET Framework 2.0

16. เป็นหน้าต่างการเลือกโฟลเดอร์สำหรับติดตั้งโปรแกรม แนะนำว่าไม่ต้องทำการเปลี่ยนแปลงใดๆ ให้คลิก OK ผ่านไปได้เลย



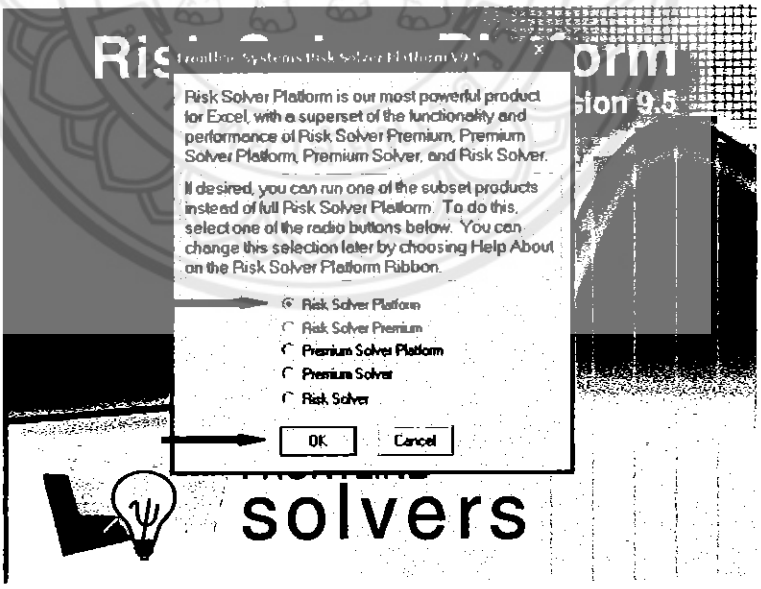
รูปที่ ง.15 เลือกโฟลเดอร์สำหรับติดตั้งโปรแกรม Risk Solver Platform

17. สำหรับหน้าต่างนี้ให้กรอก License ที่ได้มาจากการลงทะเบียนกับทางเวปไซต์



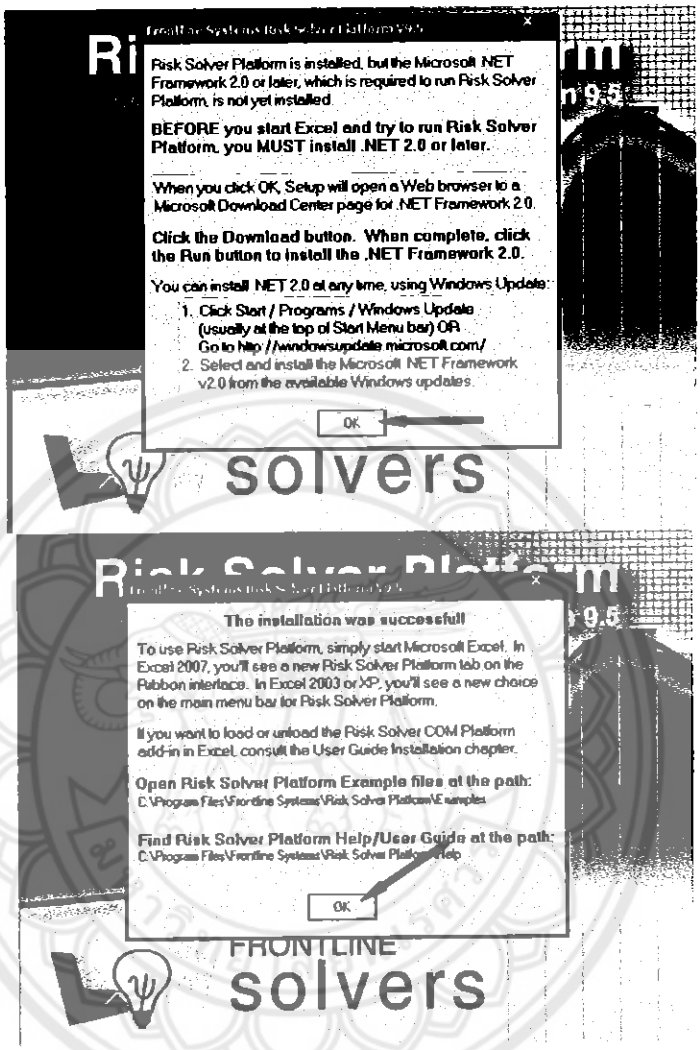
รูปที่ ง.16 กรอก License

18. ในหน้านี้ให้เลือกที่จะติดตั้งผลิตภัณฑ์ตัวไหน ในที่นี้ให้เลือก Risk Solver Platform และคลิก OK



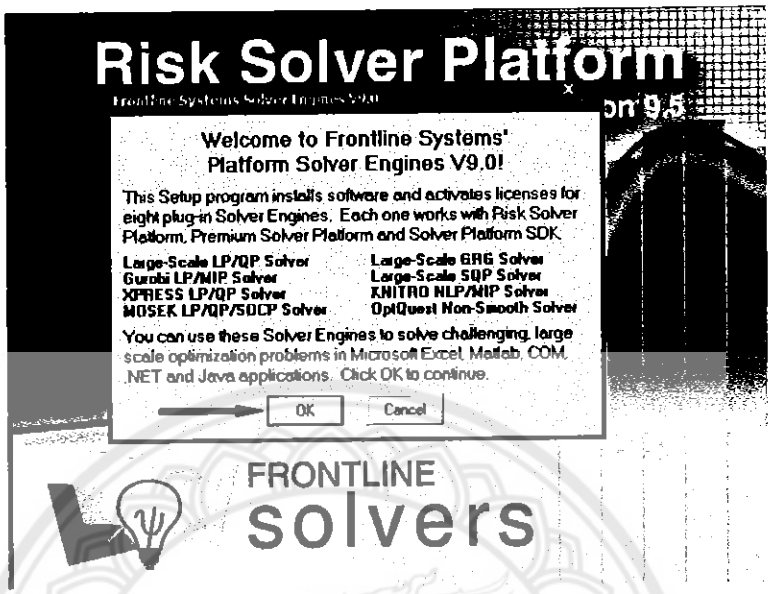
รูปที่ ง.17 เลือกติดตั้งผลิตภัณฑ์

19. โปรแกรมจะดำเนินการติดตั้งจนเสร็จสมบูรณ์และจะบอกให้ติดตั้งโปรแกรม Microsoft .NET Framework 2.0 ให้คลิก OK เป็นอันเสร็จขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม Risk Solver Platform



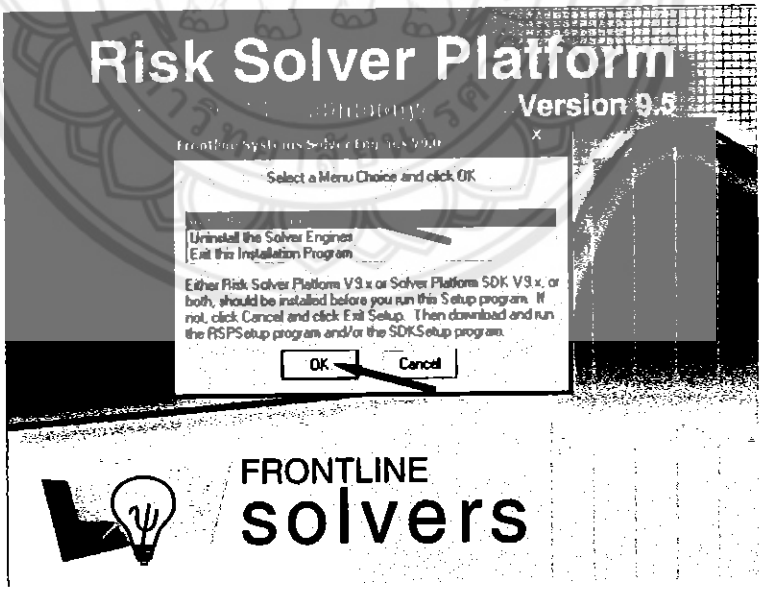
รูปที่ ง.18 ดำเนินการติดตั้ง Risk Solver Platform เสร็จสมบูรณ์

20. การติดตั้งโปรแกรม Solver Engines ให้ดับเบิลคลิกที่ไฟล์ EngineSetup.exe เพื่อเปิดโปรแกรมติดตั้งโปรแกรม Solver Engines จะพบกับหน้าต่างดังรูป คลิกที่ OK



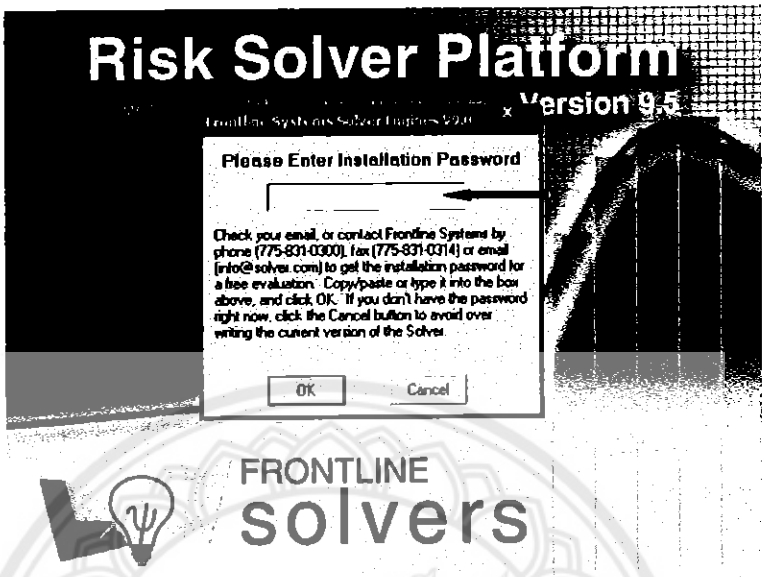
รูปที่ ง.19 การติดตั้งโปรแกรม Solver Engines

21. Select Menu Choice ให้เลือกไปที่ Install Solver Engines แล้วคลิก OK



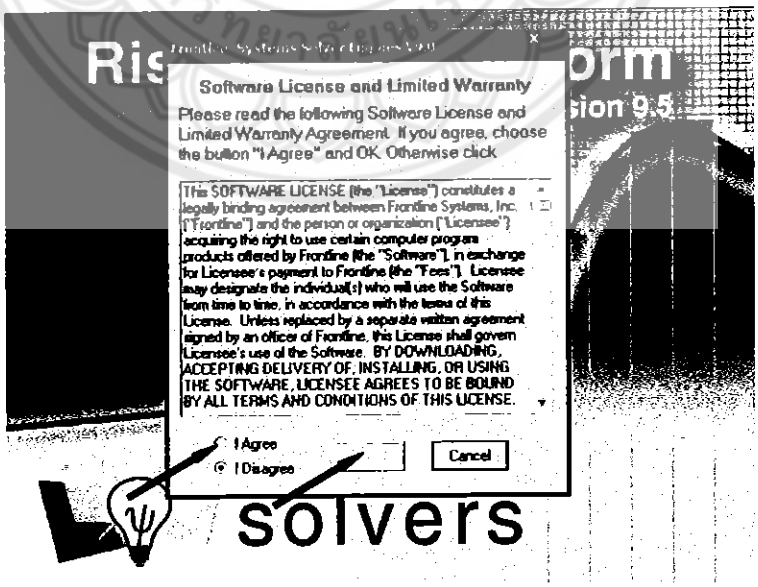
รูปที่ ง.20 Select Menu Choice Solver Engines

22. ในหน้านี้ให้กรอก Password ที่ได้มาจากการลงทะเบียนกับทางเวปไซค์ ซึ่งใช้ Password เดียวกับการลงโปรแกรม Risk Solver Platform



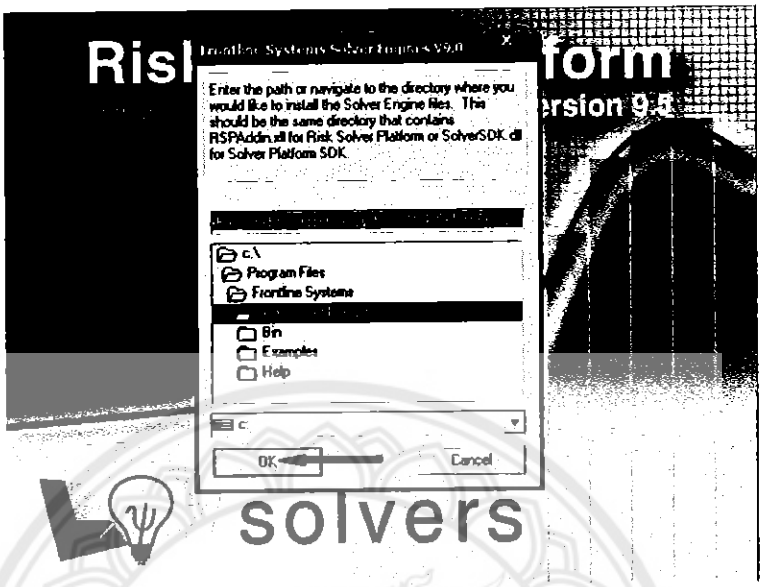
รูปที่ ง.21 กรอก Password Solver Engines

23. ในหน้านี้จะเป็นบทความซึ่งเกี่ยวกับลิขสิทธิ์ของซอฟแวร์ หากอ่านแล้วยอมรับให้ติ๊กในช่อง I Agree แล้วคลิก OK



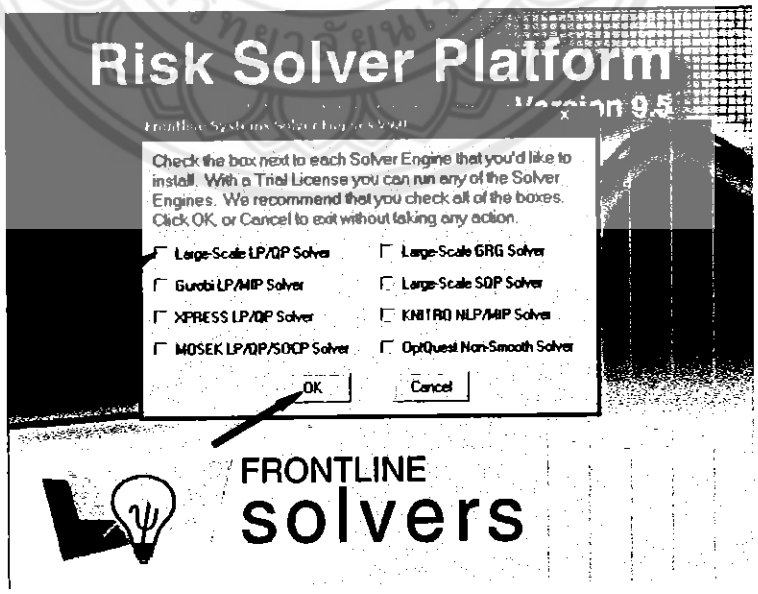
รูปที่ ง.22 ลิขสิทธิ์ของซอฟแวร์ Solver Engines

24. เป็นหน้าต่างการเลือกโฟลเดอร์สำหรับติดตั้งโปรแกรม แนะนำว่าไม่ต้องทำการเปลี่ยนแปลงใดๆ ให้คลิก OK ผ่านไปได้เลย



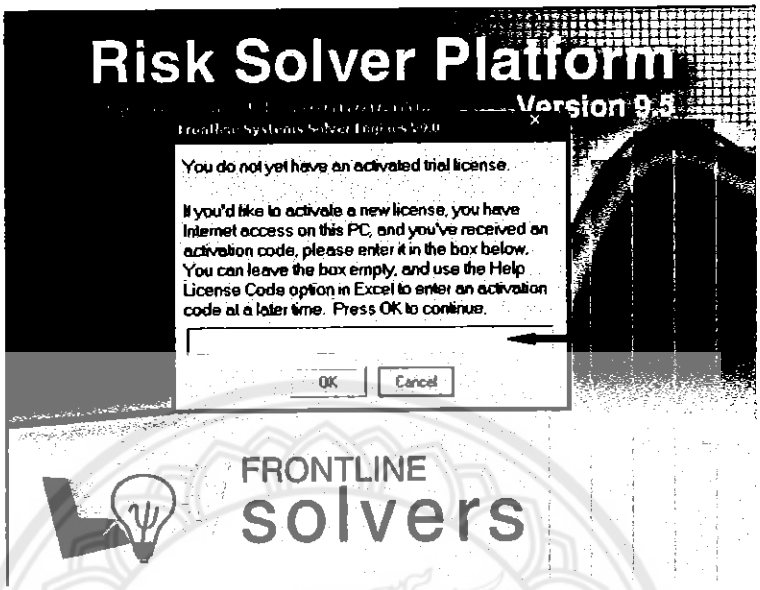
รูปที่ ง.23 เลือกโฟลเดอร์สำหรับติดตั้งโปรแกรม Solver Engines

25. ในหน้านี้ให้เลือกที่จะติดตั้งความสามารถพิเศษผลิตภัณฑ์แบบไหน ในที่นี้เลือก Large-Scale LP/QP Solver และคลิก OK



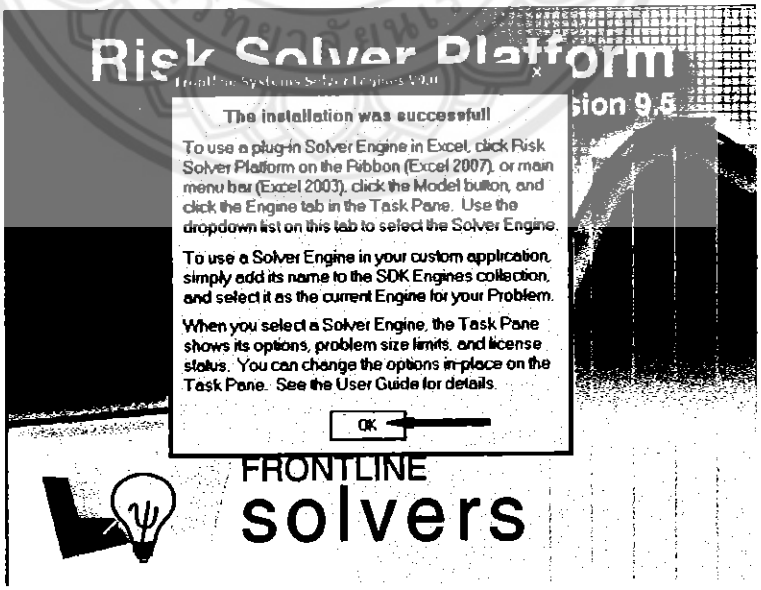
รูปที่ ง.24 เลือกความสามารถพิเศษผลิตภัณฑ์

26. สำหรับหน้าต่างนี้ให้กรอก License ที่ได้มาจากการลงทะเบียนกับทางเวปไซต์ ซึ่งใช้ Licenseเดียวกับการลงโปรแกรม Risk Solver Platform



รูปที่ ง.25 กรอก License Solver Engines

27. โปรแกรมจะดำเนินการติดตั้งจนเสร็จสมบูรณ์ ให้คลิก OK เป็นอันเสร็จขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม Solver Engines

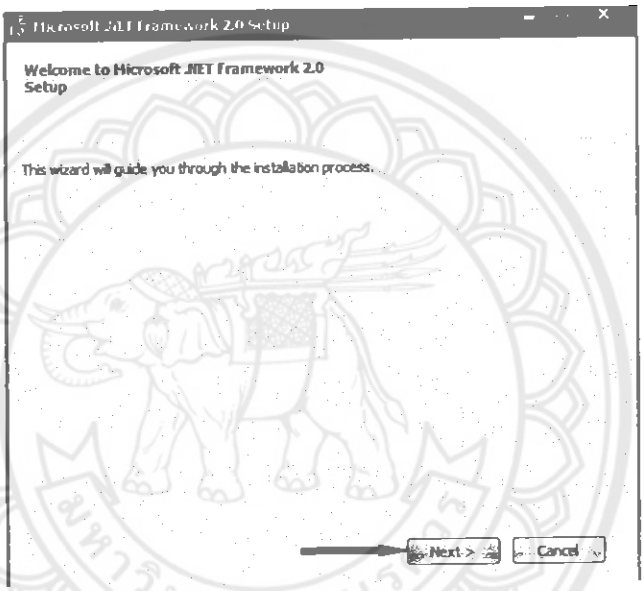


รูปที่ ง.26 โปรแกรม Solver Engines ติดตั้งสมบูรณ์

*หมายเหตุ โปรแกรม Risk Solver Platform และ โปรแกรม Solver Engines เป็นโปรแกรม Download สำหรับทดลองใช้งานเท่านั้น โดยมีเวลาสำหรับการทดลองใช้งานจำกัดที่ 15 วัน หาก ผู้ใช้งานต้องการใช้งานโปรแกรมเป็นระยะเวลานานกว่า 15 วัน จำเป็นที่จะต้องสั่งซื้อ License ลิขสิทธิ์กับทาง http://www.solver.com

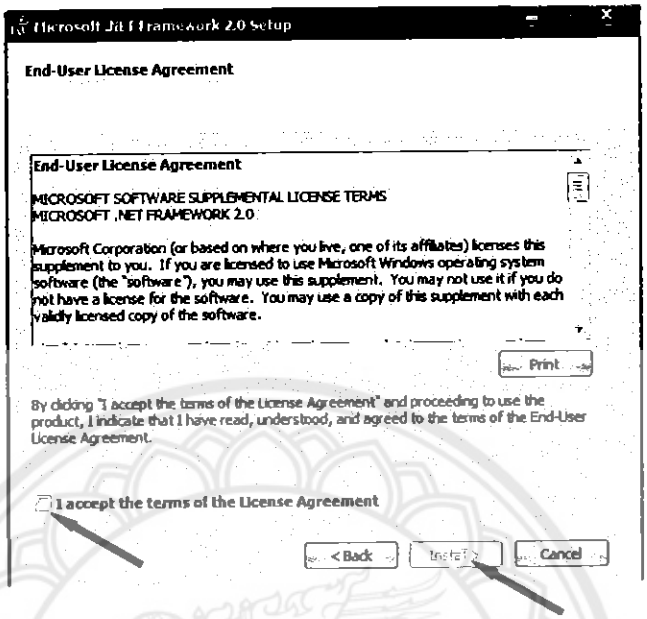
28. การติดตั้งโปรแกรม Microsoft .NET Framework 2.0 ให้ดับเบิลคลิกที่ไฟล์

จาก CD-Rom เพื่อเปิดโปรแกรมติดตั้งโปรแกรม Microsoft .NET Framework 2.0 จะพบกับหน้าต่างดังรูป คลิกที่ Next



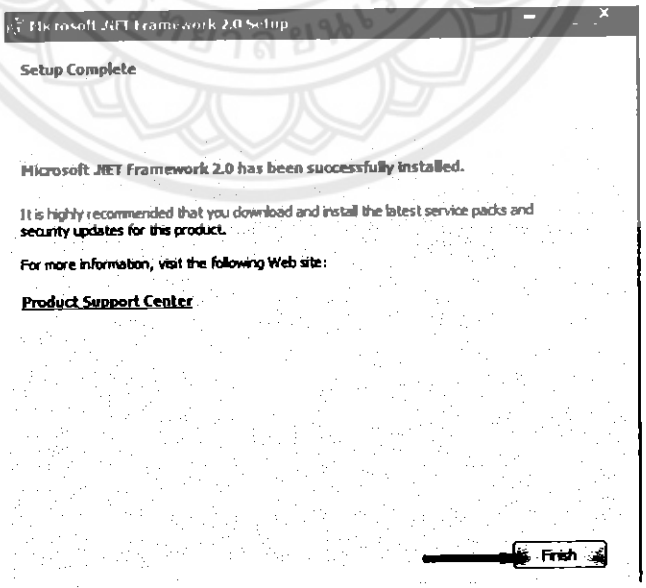
รูปที่ ง.27 การติดตั้งโปรแกรม Microsoft .NET Framework 2.0

29. ในหน้านี้จะเป็นบทความซึ่งเกี่ยวกับลิขสิทธิ์และ License ของซอฟแวร์ หากอ่านแล้วยอมรับให้ติ๊กในช่อง I accept the terms of the License Agreement และคลิกที่ Install



รูปที่ ง.28 ลิขสิทธิ์โปรแกรม Microsoft .NET Framework 2.0

30. โปรแกรมจะดำเนินการติดตั้งจนเสร็จสมบูรณ์ ให้คลิก Finish เป็นอันเสร็จขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม Microsoft .NET Framework 2.0



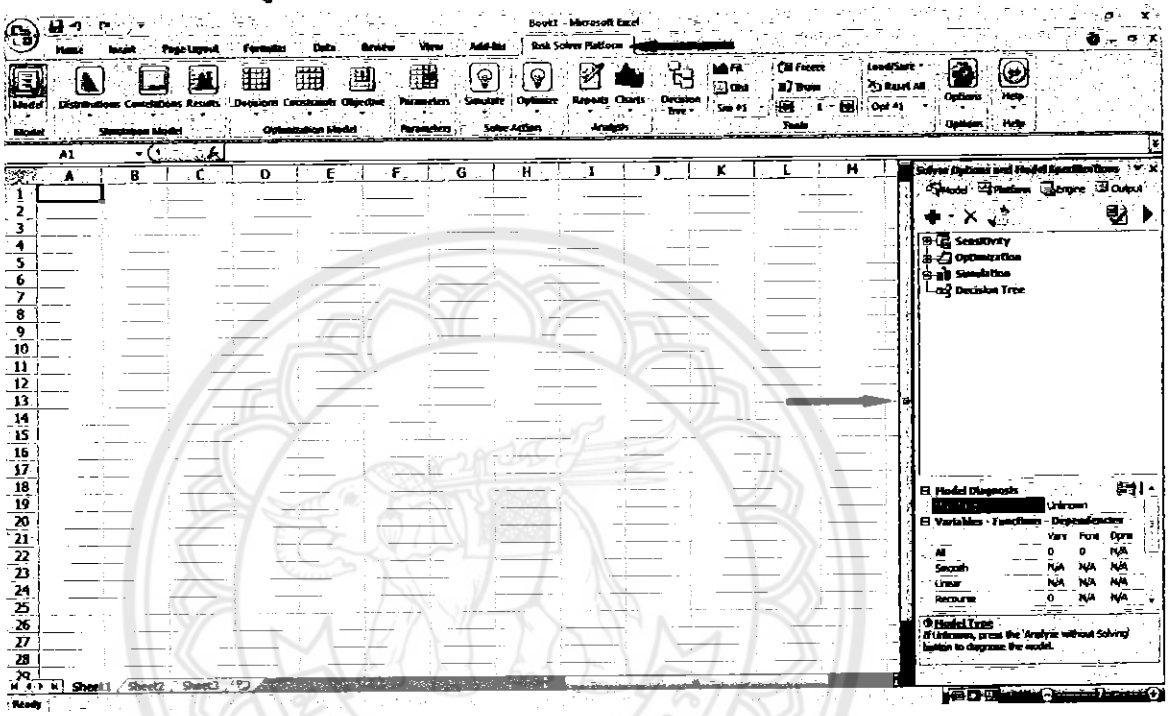
รูปที่ ง.29 การติดตั้งโปรแกรม Microsoft .NET Framework 2.0 สมบูรณ์

ภาคผนวก จ

ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม Risk Solver Platform V. 9.6

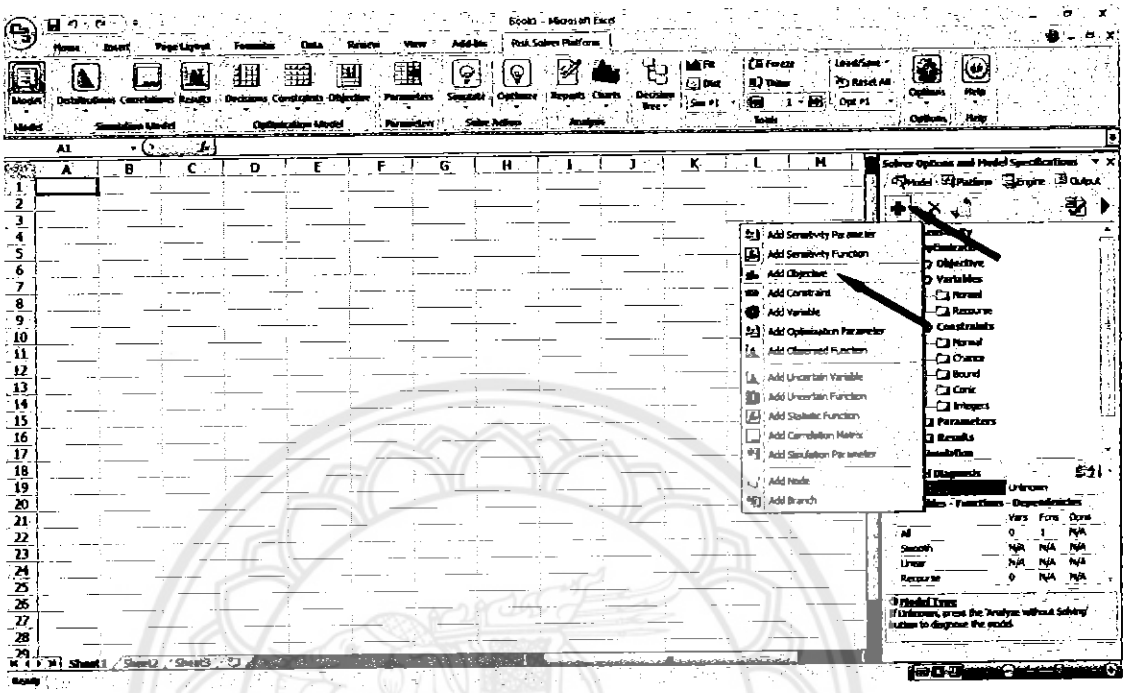
For Microsoft Excel 2007

1. เมื่อเปิดโปรแกรม Microsoft Excel V.2007 ให้คลิกเข้าไปที่ฟังก์ชัน Risk Solver Platform จะพบกับหน้าต่างโปรแกรมดังรูป



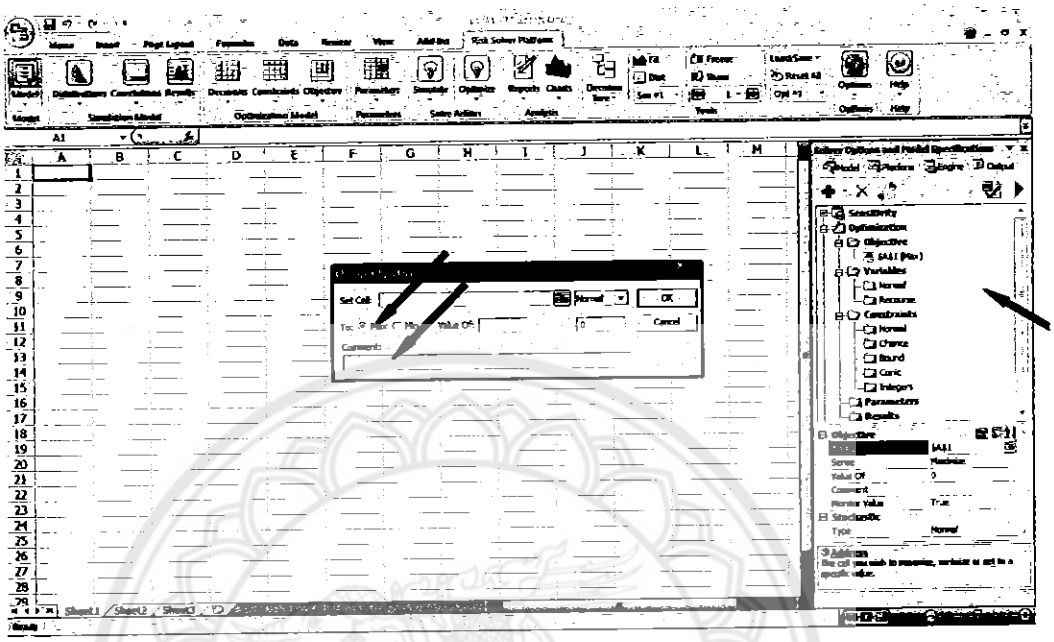
รูปที่ จ.1 โปรแกรม Microsoft Excel V.2007

2. เปิดหน้าต่างเพื่อกำหนดเซลล์สมการเป้าหมายโดยคลิกเลือกที่ Create objective → Add objective



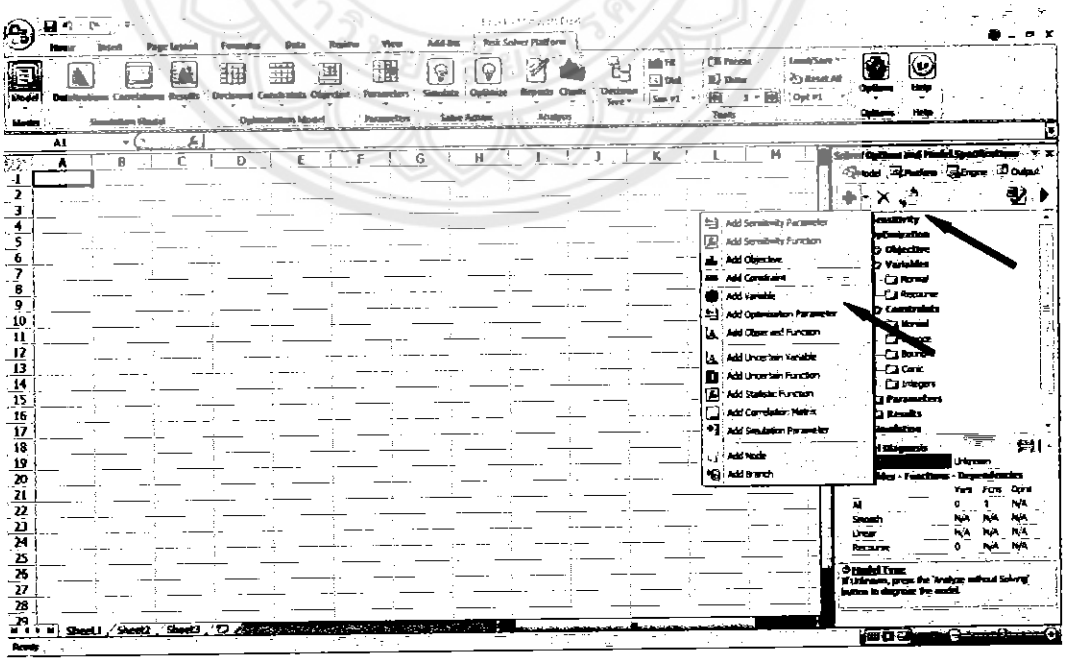
รูปที่ จ.2 กำหนดเซลล์สมการเป้าหมาย

3. จะพบว่าในหน้าต่างโปรแกรม Risk Solver Platform ในส่วน Objective จะมีเงื่อนไขขึ้นมา ให้คับเบิ้ลคลิกเงื่อนไขนั้นจะพบกับหน้าต่าง Change Objective ในช่อง Set Cell: ให้ใส่เซลล์ของสมการเป้าหมาย และในช่อง To: ให้ใส่รูปแบบของปัญหา Max หรือ Min เสร็จแล้วคลิก OK



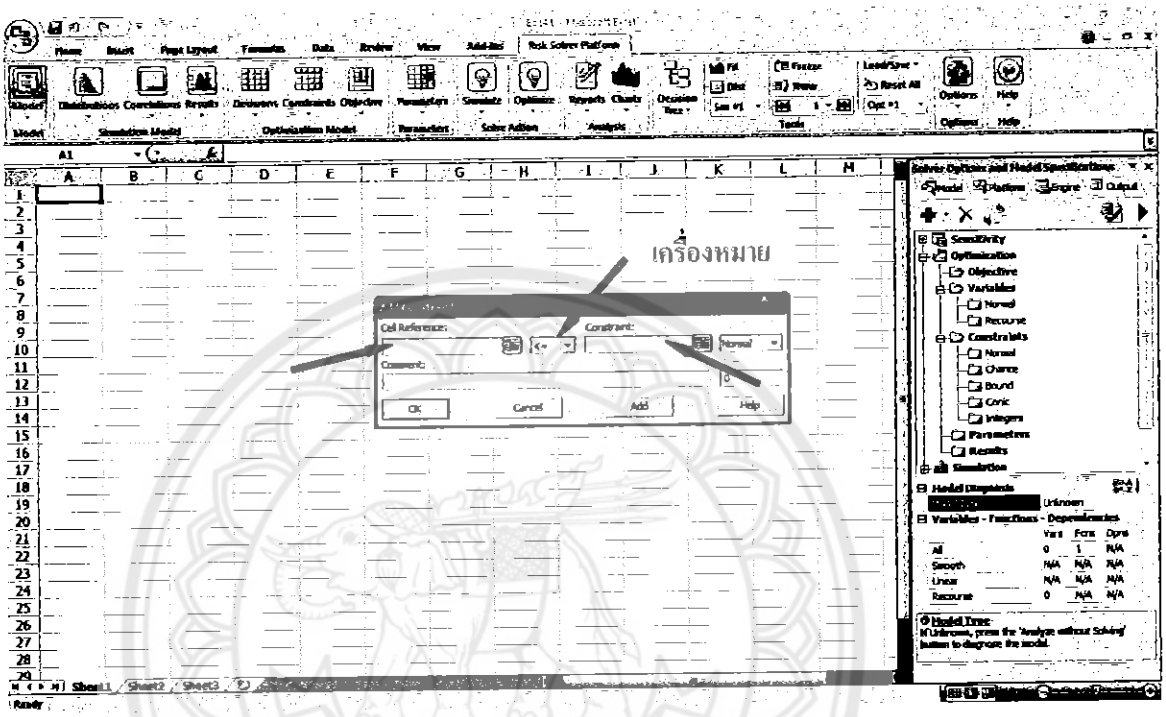
รูปที่ จ.3 ใส่ค่าเซลล์ของสมการเป้าหมายและรูปแบบปัญหา

4. เปิดหน้าต่างเพื่อกำหนดเซลล์สมการเงื่อนไขโดยคลิกเลือกที่ Create objective → Add Constraint



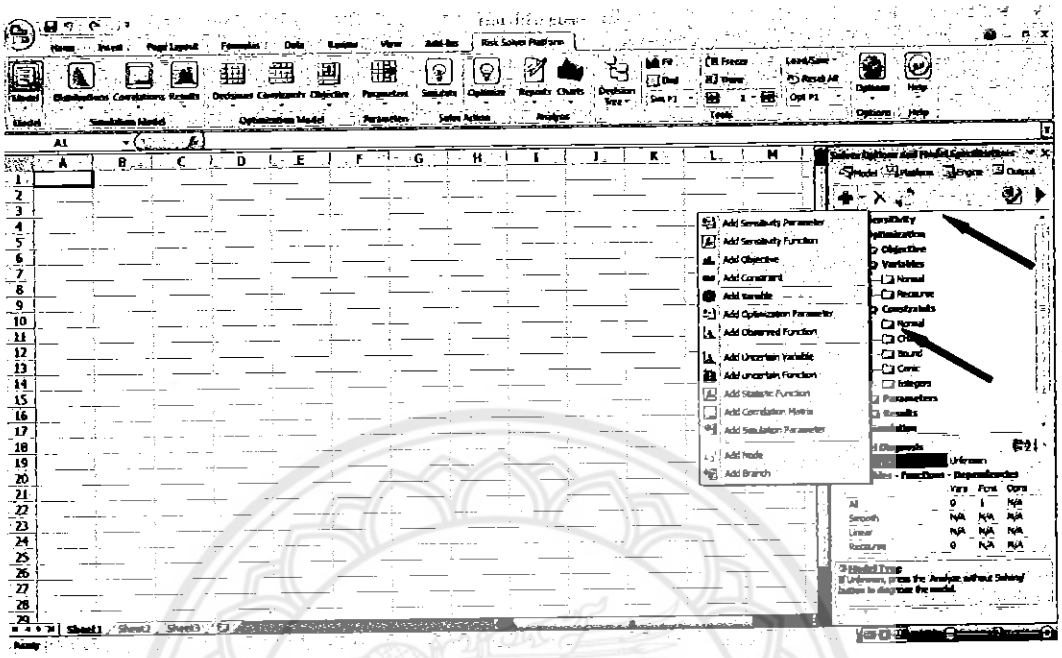
รูปที่ จ.4 หน้าต่างเพื่อกำหนดเซลล์สมการเงื่อนไข

5. จะพบกับหน้าต่าง Add Constraint ในช่อง Cell Conference: ให้ใส่เซลล์ของสมการเงื่อนไข และในช่อง Constraint: ให้ใส่เซลล์ของข้อจำกัดหรืออาจจะใส่เป็นจำนวนตัวเลขก็ได้ สำหรับเครื่องหมายของสมการให้ใส่ในช่องสำหรับกำหนดเครื่องหมาย เมื่อเสร็จแล้วให้คลิกที่ Add จนกว่าจะถึงสมการเงื่อนไขสุดท้ายจึงคลิกที่ OK



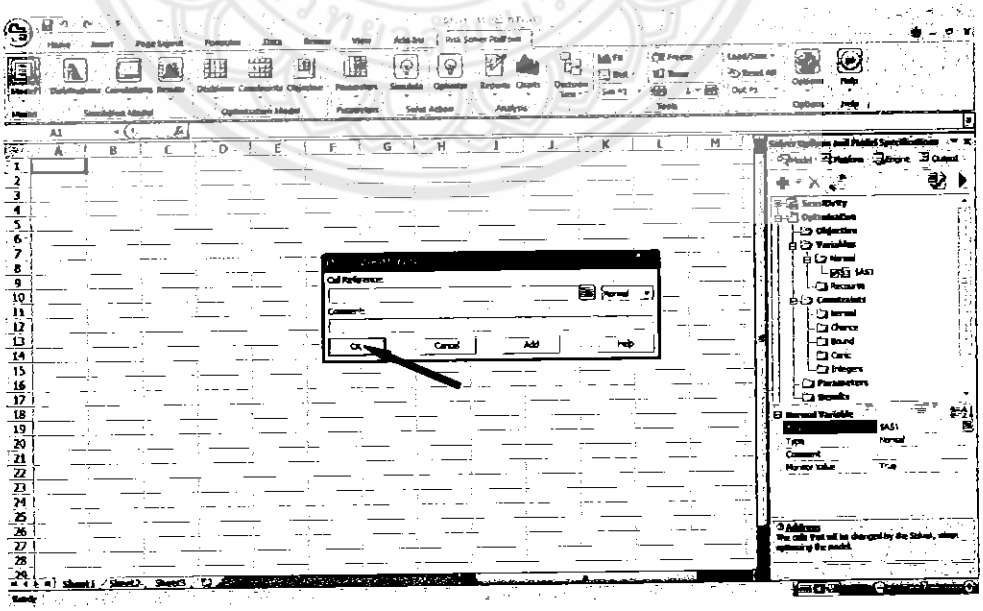
รูปที่ จ.5 ใส่เซลล์ของสมการเงื่อนไข

6. เปิดหน้าต่างเพื่อกำหนดเซลล์ตัวแปรตัดสินใจโดยคลิกเลือกที่ Create objective → Add Variable



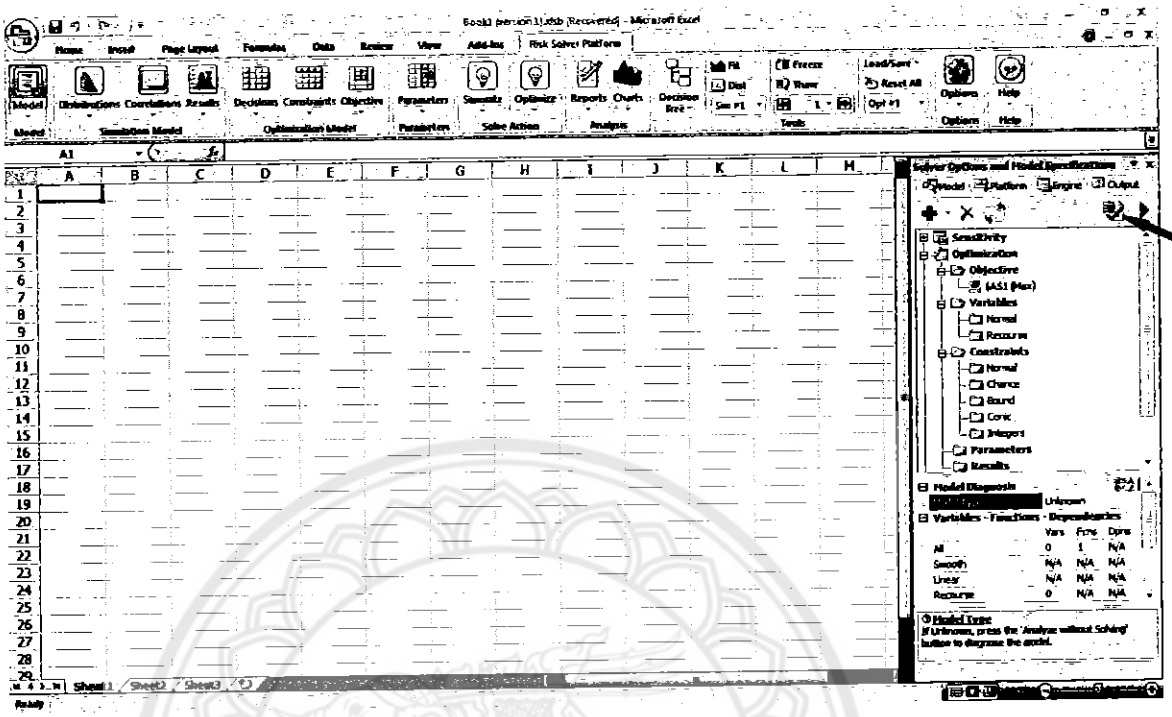
รูปที่ จ.6 กำหนดเซลล์ตัวแปรตัดสินใจ

7. จะพบกับหน้าต่าง Change Variable Cells ในช่อง Cell Conference: ให้ใส่เซลล์ของตัวแปรตัดสินใจ หากมีเซลล์ของตัวแปรตัดสินใจหลายกลุ่มให้ใช้เครื่องหมาย , ขั้นกลางระหว่างกลุ่มเซลล์ เมื่อเสร็จแล้วคลิก Add และ OK



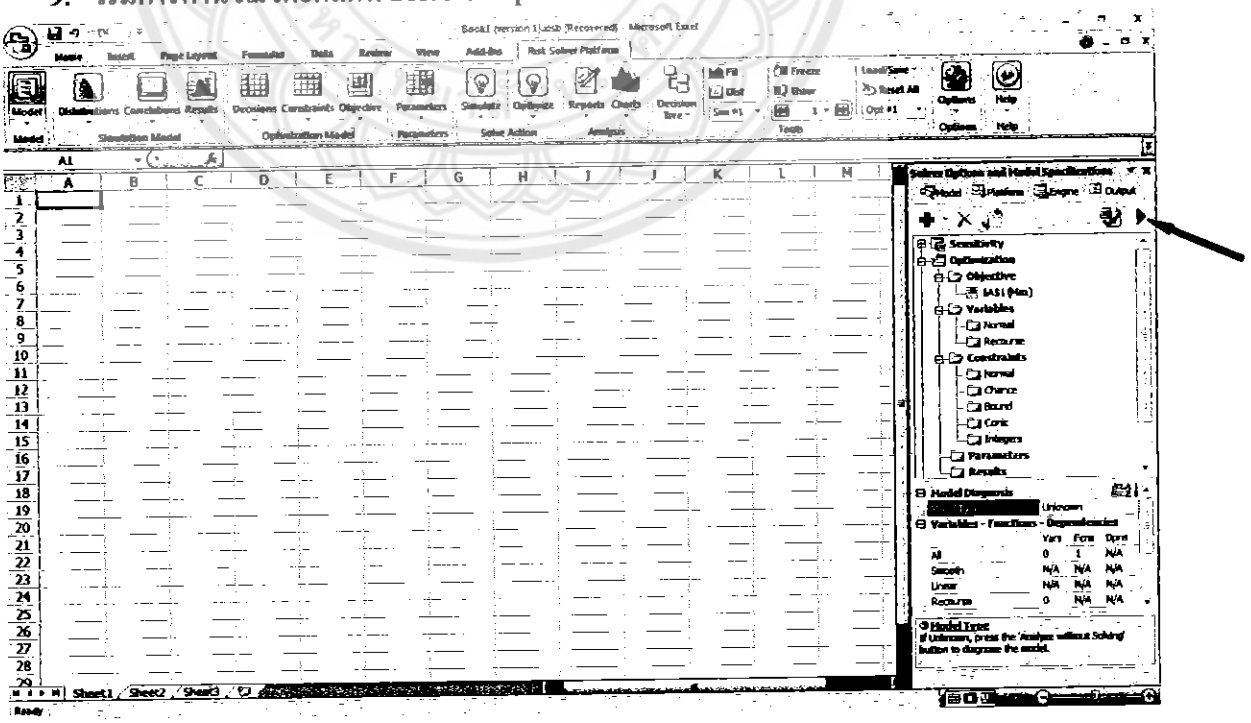
รูปที่ จ.7 ใส่เซลล์ของตัวแปรตัดสินใจ

8. ตรวจสอบความถูกต้องของสมการ โดยคลิกที่ Analyze without Solving



รูปที่ จ.8 Analyze without Solving

9. เริ่มการคำนวณ โดยคลิกที่ Solve Complete Problem or run a Simulation



รูปที่ จ.9 Solve Complete Problem or run a Simulation

ภาคผนวก ฉ

มาตรฐานสินค้าข้าวในประเทศไทย

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานนี้ มีดังนี้

1) มาตรฐานสินค้าข้าว (Rice Standards) หมายถึง ข้อกำหนดขั้นต่ำสำหรับข้าวแต่ละประเภทและชนิด สำหรับการค้าภายในประเทศและการค้าระหว่างประเทศ

2) ข้าว (Rice) หมายถึง ข้าวเจ้าและข้าวเหนียว ไม่ว่าจะอยู่ในรูปใด

3) ข้าวเปลือก (Paddy) หมายถึง ข้าวที่ยังไม่ผ่านการกะเทาะเอาเปลือกออก

4) ข้าวกล้อง (Cargo rice, Loonzain rice, Brown rice, Husked rice) หมายถึง ข้าวที่ผ่านการกะเทาะเอาเปลือกออกเท่านั้น

5) ข้าวขาว (White rice) หมายถึง ข้าวที่ได้จากการนำข้าวกล้องเจ้าไปขัดเอารำออกแล้ว

6) ข้าวเหนียวขาว (White glutinous rice) หมายถึง ข้าวที่ได้จากการนำข้าวกล้องเหนียวไปขัดเอารำออกแล้ว

7) ข้าวนึ่ง (Parboiled rice) หมายถึง ข้าวเจ้าที่ได้ผ่านกระบวนการทำข้าวนึ่งและขัดเอารำออกแล้ว

8) พื้นข้าว (Rice classification) หมายถึง เมล็ดข้าวที่มีขนาดความยาวระดับต่างๆ ตามที่กำหนดซึ่งเป็นส่วนผสมของข้าวแต่ละชั้นตามอัตราส่วนที่กำหนด

9) ชั้นของเมล็ดข้าว (Classes of rice kernels) หมายถึง ชั้นของเมล็ดข้าวที่แบ่งตามระดับความยาวของข้าวเต็มเมล็ด

10) ส่วนของเมล็ดข้าว (Parts of rice kernels) หมายถึง ส่วนของข้าวเต็มเมล็ดแต่ละส่วนที่แบ่งตามความยาวของเมล็ดออกเป็น 10 ส่วนเท่าๆ กัน

11) ข้าวเต็มเมล็ด (Whole kernels) หมายถึง เมล็ดข้าวที่อยู่ในสภาพเต็มเมล็ด ไม่มีส่วนใดหักและให้รวมถึงเมล็ดข้าวที่มีความยาวตั้งแต่ 9 ส่วนขึ้นไป

12) ต้นข้าว (Head rice) หมายถึง เมล็ดข้าวหักที่มีความยาวมากกว่าข้าวหักแต่ไม่ถึงความยาวของข้าวเต็มเมล็ด และให้รวมถึงเมล็ดข้าวแตกเป็นซีกที่มีเนื้อที่เหลืออยู่ตั้งแต่ร้อยละ 80 ของเมล็ด

13) ข้าวหัก (Brokens) หมายถึง เมล็ดข้าวหักที่มีความยาวตั้งแต่ 2.5 ส่วนขึ้นไปแต่ไม่ถึงความยาวของต้นข้าว และให้รวมถึงเมล็ดข้าวแตกเป็นซีกที่มีเนื้อที่เหลืออยู่ไม่ถึงร้อยละ 80 ของเมล็ด

14) ปลายข้าวซีวัน (Small brokens C1) หมายถึง เมล็ดข้าวหักขนาดเล็กที่ร่อนผ่านตะแกรงโลหะรูกลมเบอร์ 7

15) ข้าวเมล็ดสีต่ำกว่ามาตรฐาน (Undermilled kernels) หมายถึง เมล็ดข้าวที่ผ่านการขัดสีต่ำกว่าระดับการสีที่กำหนดไว้สำหรับข้าวแต่ละชนิด

16) ข้าวเมล็ดแดง (Red kernels) หมายถึง เมล็ดข้าวที่มีรำสีแดงหุ้มอยู่ทั้งเมล็ดหรือติดอยู่เป็นบางส่วนของเมล็ด

17) ข้าวเมล็ดเหลือง (Yellow kernels) หมายถึง เมล็ดข้าวที่มีบางส่วนของเมล็ดกลายเป็นสีเหลืองอย่างชัดแจ้งรวมทั้งเมล็ดข้าวนึ่งที่เป็นสีน้ำตาลอ่อนบางส่วนหรือทั้งเมล็ด

18) ข้าวเมล็ดดำ (Black kernels) หมายถึง เมล็ดข้าวนึ่งที่เป็นสีดำทั้งเมล็ดรวมทั้งที่เป็นสีน้ำตาลแก่ทั้งเมล็ด

19) ข้าวเมล็ดดำบางส่วน (Party black kernels) หมายถึง เมล็ดข้าวนึ่งที่เป็นสีดำรวมทั้งที่เป็นสีน้ำตาลแก่ ตั้งแต่ 2.5 ส่วนขึ้นไปแต่ไม่ถึงเต็มเมล็ด

20) ข้าวเมล็ดจุดดำ (Peck kernels) หมายถึง เมล็ดข้าวนึ่งที่เป็นสีดำอย่างชัดแจ้งรวมทั้งที่เป็นสีน้ำตาลแกอย่างชัดแจ้ง ไม่ถึง 2.5 ส่วน

21) ข้าวเมล็ดท้องไข่ (Chalky kernels) หมายถึง เมล็ดข้าวเจ้าที่เป็นสีขาวขุ่นเหมือนชอล์คมีเนื้อที่ตั้งแต่ร้อยละ 50 ขึ้นไปของเนื้อที่เมล็ดข้าว

22) ข้าวเมล็ดเสีย (Damaged kernels) หมายถึง เมล็ดข้าวที่เสียอย่างเห็นได้ชัดแจ้งด้วยตาเปล่าซึ่งเกิดจากความชื้น ความร้อน เชื้อรา แมลง หรืออื่นๆ

23) ข้าวเมล็ดลีบ (Undeveloped kernels) หมายถึง เมล็ดข้าวที่ไม่เจริญเติบโตตามธรรมดาที่ควรจะเป็น มีลักษณะแฟบ แบน

24) ข้าวเมล็ดอ่อน (Immature kernels) หมายถึง เมล็ดข้าวที่มีสีเขียวอ่อนได้จากข้าวเปลือกที่ยังไม่แก่

25) เมล็ดพืชอื่น (Other seeds) หมายถึง เมล็ดพืชอื่นๆ ที่มิใช่เมล็ดข้าว

26) วัตถุอื่น (Foreign matter) หมายถึง สิ่งอื่นๆที่มิใช่ข้าวรวมทั้งแกลบและรำที่หลุดจากเมล็ดข้าว

27) ระดับการสี (Milling degree) หมายถึง ระดับของการสีข้าว

28) ตะแกรง (Seive) หมายถึง ตะแกรงโลหะรูกลมเบอร์ 7 หนา 0.79 มิลลิเมตร (0.031 นิ้ว) และเส้นผ่านศูนย์กลางรู 1.75 มิลลิเมตร (0.069 นิ้ว)

29) ร้อยละ หมายถึง ร้อยละโดยน้ำหนักยกเว้นร้อยละของพื้นข้าวเป็นร้อยละโดยปริมาณ

30) ขั้นของเมล็ดข้าว ให้แบ่งชั้นของเมล็ดข้าวออกเป็น 4 ขั้น ดังนี้

30.1) ข้าวเมล็ดยาว ชั้น 1 (Long grain class 1) คือ ข้าวเต็มเมล็ดที่มีขนาดความยาวเกิน 7.0 มิลลิเมตร

30.2) ข้าวเมล็ดยาว ชั้น 2 (Long grain class 2) คือ ข้าวเต็มเมล็ดที่มีขนาดความยาวเกิน 6.6 มิลลิเมตร ถึง 7.0 มิลลิเมตร

30.3) ข้าวเมล็ดยาว ชั้น 3 (Long grain class 3) คือ ข้าวเต็มเมล็ดที่มีขนาดความยาวเกิน 6.2 มิลลิเมตร ถึง 6.6 มิลลิเมตร

30.4) ข้าวเมล็ดสั้น (Short grain) คือข้าวเต็มเมล็ดที่มีขนาดความยาวไม่เกิน 6.2 มิลลิเมตร

31) ระดับการสี ให้แบ่งระดับการสีออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้

31.1) สีดีพิเศษ (Extra well milled) คือ การสีขัดเอารำออกทั้งหมดจนเมล็ดข้าวมีลักษณะสวยงามเป็นพิเศษ

31.2) สีดี (Well milled) คือ การสีขัดเอารำออกทั้งหมดจนเมล็ดข้าวมีลักษณะสวยงาม

31.3) สีดีปานกลาง (Reasonably well milled) คือ การสีขัดเอารำออกเป็นส่วนมากจนเมล็ดข้าวมีลักษณะสวยงามพอสมควร

31.4) สีธรรมดา (Ordinarily milled) คือ การสีขัดเอารำออกแต่เพียงบางส่วน

มาตรฐานข้าวขาว

สำหรับข้าวขาวมีการกำหนดมาตรฐานไว้ ดังต่อไปนี้

1) ข้าวขาว 100 เปอร์เซ็นต์ ชั้น 1

ต้องมีพื้นข้าว ส่วนผสมของเมล็ดข้าว และระดับการสี ดังนี้

พื้นข้าว ประกอบด้วย ข้าวเมล็ดยาวชั้น 1 ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70.0 นอกนั้นเป็นข้าวเมล็ดยาว ชั้น 2 ในจำนวน ทั้งหมดนี้ อาจ มีข้าวเมล็ดยาวชั้น 3 ได้ไม่เกินร้อยละ 5.0

ส่วนผสม ประกอบด้วย ข้าวเต็มเมล็ด ไม่น้อยกว่าร้อยละ 60.0 ข้าวหักที่มีความยาวตั้งแต่ 5.0 ส่วนขึ้นไป แต่ไม่ถึง 8.0 ส่วน ไม่เกินร้อยละ 4.0 นอกจากนั้นเป็นต้นข้าวที่มีความยาวตั้งแต่ 8.0 ส่วนขึ้นไป

ข้าวที่อาจมีปนได้ ข้าวเมล็ดท้องไข่ ไม่เกินร้อยละ 3.0, ข้าวเหนียวขาว ไม่เกินร้อยละ 1.5, ข้าวเปลือก ไม่เกิน 5 เมล็ดต่อข้าว 1 กิโลกรัม

ระดับการสี สีดีพิเศษ

2) ข้าวขาว 100 เปอร์เซ็นต์ ชั้น 2

ต้องมีพื้นข้าว ส่วนผสมของเมล็ดข้าวและระดับการสี ดังนี้

พื้นข้าว ประกอบด้วย ข้าวเมล็ดยาวชั้น 1 ไม่น้อยกว่าร้อยละ 40.0 นอกนั้นเป็นข้าวเมล็ดยาวชั้น 2 และชั้น 3 ในจำนวนทั้งหมดนี้ อาจมีข้าวเมล็ดสั้นได้ไม่เกินร้อยละ 5.0

ส่วนผสม ประกอบด้วย ข้าวเต็มเมล็ด ไม่น้อยกว่าร้อยละ 60.0 ข้าวหักที่มีความยาวตั้งแต่ 5.0 ส่วนขึ้นไป แต่ไม่ถึง 8.0 ส่วนไม่เกินร้อยละ 4.5 ในจำนวนนี้อาจมีข้าวหักที่มีความยาวไม่ถึง 5.0 ส่วน และไม่ผ่านตะแกรงเบอร์ 7 ไม่เกินร้อยละ 0.5 และปลายข้าวซีวัน ไม่เกินร้อยละ 0.1 นอกจากนั้นเป็นต้นข้าวที่มีความยาวตั้งแต่ 8.0 ส่วนขึ้นไป

ข้าวและสิ่งที่อาจมีปนได้ ข้าวเมล็ดเหลือง ไม่เกินร้อยละ 0.2, ข้าวเมล็ดท้องไข่ ไม่เกินร้อยละ 6.0, ข้าวเมล็ดเสีย ไม่เกินร้อยละ 0.25, ข้าวเหนียวขาว ไม่เกินร้อยละ 1.5,

ข้าวเปลือก ไม่เกิน 7 เมล็ดต่อข้าว 1 กิโลกรัม, ข้าวเมล็ดลีบ ข้าวเมล็ดอ่อน เมล็ดพืชอื่น และวัตถุอื่น อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกันไม่เกินร้อยละ 0.2

ระดับการสี สีดีพิเศษ

3) ข้าวขาว 100 เปอร์เซ็นต์ ชั้น 3

ต้องมีพื้นข้าว ส่วนผสมของเมล็ดข้าว และระดับการสี ดังนี้

พื้นข้าว ประกอบด้วย ข้าวเมล็ดยาวชั้น 1 ไม่น้อยกว่าร้อยละ 30.0 นอกนั้นก็เป็นข้าวเมล็ดยาวชั้น 2 และชั้น 3 ในจำนวนทั้งหมดนี้ อาจมีข้าวเมล็ดสั้นได้ไม่เกินร้อยละ 5.0

ส่วนผสม ประกอบด้วย ข้าวเต็มเมล็ด ไม่น้อยกว่าร้อยละ 60.0 ข้าวหักที่มีความยาวตั้งแต่ 5.0 ส่วนขึ้นไป แต่ไม่ถึง 8.0 ส่วน ไม่เกินร้อยละ 5.0 ในจำนวนนี้อาจมีข้าวหักที่มีความยาวไม่ถึง 5.0 ส่วน และไม่ผ่านตะแกรงเบอร์ 7 ไม่เกินร้อยละ 0.5 และปลายข้าวขาวซีวันไม่เกินร้อยละ 0.1 นอกนั้นเป็นต้นข้าวที่มีความยาวตั้งแต่ 8.0 ส่วนขึ้นไป

ข้าวและสิ่งที่อาจมีปนได้ ข้าวเมล็ดเหลือง ไม่เกินร้อยละ 0.2, ข้าวเมล็ดท้องไข่ไม่เกินร้อยละ 6.0, ข้าวเมล็ดเสีย ไม่เกินร้อยละ 0.25, ข้าวเหนียวขาว ไม่เกินร้อยละ 1.5, ข้าวเปลือก ไม่เกิน 7 เมล็ดต่อข้าว 1 กิโลกรัม, ข้าวเมล็ดลีบ ข้าวเมล็ดอ่อน เมล็ดพืชอื่น และวัตถุอื่น อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง รวมกันไม่เกินร้อยละ 0.2

ระดับการสี สีดีพิเศษ

4) ข้าวขาว 5 เปอร์เซ็นต์

ต้องมีพื้นข้าว ส่วนผสมของเมล็ดข้าวและระดับการสี ดังนี้

พื้นข้าว ประกอบด้วย ข้าวเมล็ดยาว ชั้น 1 ไม่น้อยกว่าร้อยละ 20.0 นอกนั้นเป็นข้าวเมล็ดยาวชั้น 2 และชั้น 3 ในจำนวนทั้งหมดนี้ อาจมีข้าวเมล็ดสั้นได้ไม่เกินร้อยละ 10.0

ส่วนผสม ประกอบด้วย ข้าวเต็มเมล็ด ไม่น้อยกว่าร้อยละ 60.0 ข้าวหักที่มีความยาวตั้งแต่ 3.5 ส่วนขึ้นไป แต่ไม่ถึง 7.5 ส่วน ไม่เกินร้อยละ 7.0 ในจำนวนนี้อาจมีข้าวหักที่มีความยาวไม่ถึง 3.5 ส่วนและไม่ผ่านตะแกรงเบอร์ 7 ไม่เกินร้อยละ 0.5 และปลายข้าวขาวซีวันไม่เกินร้อยละ 0.1 นอกจากนั้นเป็นต้นข้าวที่มีความยาวตั้งแต่ 7.5 ส่วนขึ้นไป

ข้าวและสิ่งที่อาจมีปนได้ ข้าวเมล็ดแดงและหรือข้าวเมล็ดสีต่ำกว่ามาตรฐาน ไม่เกินร้อยละ 2.0, ข้าวเมล็ดเหลือง ไม่เกินร้อยละ 0.5, ข้าวเมล็ดท้องไข่ ไม่เกินร้อยละ 6.0,ข้าวเมล็ดเสีย ไม่เกินร้อยละ 0.25,ข้าวเหนียวขาว ไม่เกินร้อยละ 1.5, ข้าวเปลือก ไม่เกิน 10 เมล็ดต่อข้าว 1 กิโลกรัม,ข้าวเมล็ดลีบ ข้าวเมล็ดอ่อน เมล็ดพืชอื่น และวัตถุอื่น อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง รวมกันไม่เกินร้อยละ 0.3

ระดับการสี สีดี

5) ข้าวขาว 10 เปอร์เซ็นต์

ต้องมีพื้นข้าว ส่วนผสมของเมล็ดข้าวและระดับการสี ดังนี้

พื้นข้าว ประกอบด้วย ข้าวเมล็ดยาว ชั้น 1 ไม่น้อยกว่าร้อยละ 10.0 นอกนั้นเป็นข้าวเมล็ดยาวชั้น 2 และชั้น 3 ในจำนวนทั้งหมดนี้ อาจมีข้าวเมล็ดสั้นได้ไม่เกินร้อยละ 15.0

ส่วนผสม ประกอบด้วย ข้าวเต็มเมล็ด ไม่น้อยกว่าร้อยละ 55.0 ข้าวหักที่มีความยาวตั้งแต่ 3.5 ส่วนขึ้นไป แต่ไม่ถึง 7.5 ส่วน ไม่เกินร้อยละ 12.0 ในจำนวนนี้อาจมีข้าวหักที่มีความยาวไม่ถึง 3.5 ส่วนและไม่ผ่านตะแกรงเบอร์ 7 ไม่เกินร้อยละ 0.7 และปลายข้าวขาวซีวันไม่เกินร้อยละ 0.3 นอกจากนั้นเป็นต้นข้าวที่มีความยาวตั้งแต่ 7.0 ส่วนขึ้นไป

ข้าวและสิ่งที่อาจมีปนได้ ข้าวเมล็ดแดงและหรือข้าวเมล็ดสีต่ำกว่ามาตรฐาน ไม่เกินร้อยละ 2.0, ข้าวเมล็ดเหลือง ไม่เกินร้อยละ 1.0, ข้าวเมล็ดท้องไข่ ไม่เกินร้อยละ 7.0, ข้าวเมล็ดเสีย ไม่เกินร้อยละ 0.5, ข้าวเหนียวขาว ไม่เกินร้อยละ 1.5, ข้าวเปลือก ไม่เกิน 15 เมล็ดต่อข้าว 1 กิโลกรัม,ข้าวเมล็ดลีบ ข้าวเมล็ดอ่อน เมล็ดพืชอื่น และวัตถุอื่น อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง รวมกันไม่เกินร้อยละ 0.4

ระดับการสี สีดี

6) <u>ข้าวขาว 15 เปอร์เซ็นต์</u>

ต้องมีพื้นข้าว ส่วนผสมของเมล็ดข้าวและระดับการสี ดังนี้

พื้นข้าว ประกอบด้วย ข้าวเมล็ดยาว ชั้น 1 ไม่น้อยกว่าร้อยละ 5.0 นอกนั้นเป็นข้าวเมล็ดยาวชั้น 2 และชั้น 3 ในจำนวนทั้งหมดนี้ อาจมีข้าวเมล็ดสั้นได้ไม่เกินร้อยละ 30.0

ส่วนผสม ประกอบด้วย ข้าวเต็มเมล็ด ไม่น้อยกว่าร้อยละ 55.0 ข้าวหักที่มีความยาวตั้งแต่ 3.0 ส่วนขึ้นไป แต่ไม่ถึง 6.5 ส่วน ไม่เกินร้อยละ 17.0 ในจำนวนนี้อาจมีข้าวหักที่มีความยาวไม่ถึง 3.0 ส่วนและไม่ผ่านตะแกรงเบอร์ 7 ไม่เกินร้อยละ 2.0 และปลายข้าวขาวซีวันไม่เกินร้อยละ 0.5 นอกจากนั้นเป็นต้นข้าวที่มีความยาวตั้งแต่ 6.5 ส่วนขึ้นไป

ข้าวและสิ่งที่อาจมีปนได้ ข้าวเมล็ดแดงและหรือข้าวเมล็ดสีต่ำกว่ามาตรฐาน ไม่เกินร้อยละ 5.0, ข้าวเมล็ดเหลือง ไม่เกินร้อยละ 1.0, ข้าวเมล็ดท้องไข่ ไม่เกินร้อยละ 7.0, ข้าวเมล็ดเสีย ไม่เกินร้อยละ 1.0, ข้าวเหนียวขาว ไม่เกินร้อยละ 2.0, ข้าวเปลือก ไม่เกิน 15 เมล็ดต่อข้าว 1 กิโลกรัม,ข้าวเมล็ดลีบ ข้าวเมล็ดอ่อน เมล็ดพืชอื่น และวัตถุอื่น อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง รวมกันไม่เกินร้อยละ 0.4

ระดับการสี สีดีปานกลาง

7) <u>ข้าวขาว 25 เปอร์เซ็นต์เลิศ</u>

ต้องมีพื้นข้าว ส่วนผสมของเมล็ดข้าวและระดับการสี ดังนี้

พื้นข้าว ประกอบด้วย ข้าวเมล็ดยาว ชั้น 1 ชั้น 2 และชั้น 3 อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกันโดยอาจมีข้าวเมล็ดสั้นได้ไม่เกินร้อยละ 50.0

ส่วนผสม ประกอบด้วย ข้าวเต็มเมล็ด ไม่น้อยกว่าร้อยละ 40.0 ข้าวหักที่มีความยาวไม่ถึง 5.0 ส่วน และไม่ผ่านตะแกรงเบอร์ 7 ไม่เกินร้อยละ 28.0 ในจำนวนนี้อาจมีปลายข้าวขาวซีวันไม่เกินร้อยละ 1.0 นอกจากนั้นเป็นต้นข้าวที่มีความยาวตั้งแต่ 5.0 ส่วนขึ้นไป

ข้าวและสิ่งที่อาจมีปนได้ ข้าวเมล็ดแดงและหรือข้าวเมล็ดสีต่ำกว่ามาตรฐาน ไม่เกินร้อยละ 5.0, ข้าวเมล็ดเหลือง ไม่เกินร้อยละ 1.0, ข้าวเมล็ดท้องไข่ ไม่เกินร้อยละ 7.0, ข้าวเมล็ดเสีย ไม่เกินร้อยละ 1.0, ข้าวเหนียวขาว ไม่เกินร้อยละ 2.0, ข้าวเปลือก ไม่เกิน 15 เมล็ดต่อข้าว 1 กิโลกรัม,ข้าวเมล็ดลีบ ข้าวเมล็ดอ่อน เมล็ดพืชอื่น และวัตถุอื่น อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง รวมกันไม่เกินร้อยละ 1.0

ระดับการสี สีดีปานกลาง

8) ข้าวขาว 25 เปอร์เซ็นต์

ต้องมีพื้นข้าว ส่วนผสมของเมล็ดข้าวและระดับการสี ดังนี้

พื้นข้าว ประกอบด้วย ข้าวเมล็ดยาว ชั้น 1 ชั้น 2 และชั้น 3 อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกันโดยอาจมีข้าวเมล็ดสั้นได้ไม่เกินร้อยละ 50.0

ส่วนผสม ประกอบด้วย ข้าวเต็มเมล็ด ไม่น้อยกว่าร้อยละ 40.0 ข้าวหักที่มีความยาวไม่ถึง 5.0 ส่วน และไม่ผ่านตะแกรงเบอร์ 7 ไม่เกินร้อยละ 28.0 ในจำนวนนี้อาจมีปลายข้าวขาวซีวันไม่เกินร้อยละ 2.0 นอกจากนั้นเป็นต้นข้าวที่มีความยาวตั้งแต่ 5.0 ส่วนขึ้นไป

ข้าวและสิ่งที่อาจมีปนได้ ข้าวเมล็ดแดงและหรือข้าวเมล็ดสีต่ำกว่ามาตรฐาน ไม่เกินร้อยละ 7.0, ข้าวเมล็ดเหลือง ไม่เกินร้อยละ 1.0, ข้าวเมล็ดท้องไข่ ไม่เกินร้อยละ 8.0, ข้าวเมล็ดเสีย ไม่เกินร้อยละ 2.0, ข้าวเหนียวขาว ไม่เกินร้อยละ 2.0, ข้าวเปลือก ไม่เกิน 20 เมล็ดต่อข้าว 1 กิโลกรัม,ข้าวเมล็ดลีบ ข้าวเมล็ดอ่อน เมล็ดพืชอื่น และวัตถุอื่น อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง รวมกันไม่เกินร้อยละ 2.0

ระดับการสี สีธรรมดา แต่ไม่เกินสีดีปานกลาง

9) ข้าวขาว 35 เปอร์เซ็นต์

ต้องมีพื้นข้าว ส่วนผสมของเมล็ดข้าวและระดับการสี ดังนี้

พื้นข้าว ประกอบด้วย ข้าวเมล็ดยาว ชั้น 1 ชั้น 2 และชั้น 3 อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกันโดยอาจมีข้าวเมล็ดสั้นได้ไม่เกินร้อยละ 50.0

ส่วนผสม ประกอบด้วย ข้าวเต็มเมล็ด ไม่น้อยกว่าร้อยละ 32.0 ข้าวหักที่มีความยาวไม่ถึง 5.0 ส่วน และไม่ผ่านตะแกรงเบอร์ 7 ไม่เกินร้อยละ 40.0 ในจำนวนนี้อาจมีปลายข้าวขาวซีวันไม่เกินร้อยละ 2.0 นอกจากนั้นเป็นต้นข้าวที่มีความยาวตั้งแต่ 5.0 ส่วนขึ้นไป

ข้าวและสิ่งที่อาจมีปนได้ ข้าวเมล็ดแดงและหรือข้าวเมล็ดสีต่ำกว่ามาตรฐาน ไม่เกินร้อยละ 7.0, ข้าวเมล็ดเหลือง ไม่เกินร้อยละ 1.0, ข้าวเมล็ดท้องไข่ ไม่เกินร้อยละ 10.0, ข้าวเมล็ดเสีย ไม่เกินร้อยละ 2.0, ข้าวเหนียวขาว ไม่เกินร้อยละ 2.0, ข้าวเปลือก ไม่เกิน 20 เมล็ดต่อ

ข้าว 1 กิโลกรัม,ข้าวเมล็ดลีบ ข้าวเมล็ดอ่อน เมล็ดพืชอื่น และวัตถุอื่น อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง รวมกันไม่เกินร้อยละ 2.0

ระดับการสี สีธรรมดา แต่ไม่เกินสีดีปานกลาง

10) <u>ข้าวขาว 45 เปอร์เซ็นต์</u>

ต้องมีพื้นข้าว ส่วนผสมของเมล็ดข้าวและระดับการสี ดังนี้

พื้นข้าว ประกอบด้วย ข้าวเมล็ดยาว ชั้น 1 ชั้น 2 และชั้น 3 อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกันโดยอาจมีข้าวเมล็ดสั้นได้ไม่เกินร้อยละ 50.0

ส่วนผสม ประกอบด้วย ข้าวเต็มเมล็ด ไม่น้อยกว่าร้อยละ 28.0 ข้าวหักที่มีความยาวไม่ถึง 5.0 ส่วน และไม่ผ่านตะแกรงเบอร์ 7 ไม่เกินร้อยละ 50.0 ในจำนวนนี้อาจมีปลายข้าวขาวซีวันไม่เกินร้อยละ 3.0 นอกจากนั้นเป็นต้นข้าวที่มีความยาวตั้งแต่ 5.0 ส่วนขึ้นไป

ข้าวและสิ่งที่อาจมีปนได้ ข้าวเมล็ดแดงและหรือข้าวเมล็ดสีต่ำกว่ามาตรฐาน ไม่เกินร้อยละ 7.0, ข้าวเมล็ดเหลือง ไม่เกินร้อยละ 1.0, ข้าวเมล็ดท้องไข่ ไม่เกินร้อยละ 10.0, ข้าวเมล็ดเสีย ไม่เกินร้อยละ 2.0, ข้าวเหนียวขาว ไม่เกินร้อยละ 2.0, ข้าวเปลือก ไม่เกิน 20 เมล็ดต่อข้าว 1 กิโลกรัม,ข้าวเมล็ดลีบ ข้าวเมล็ดอ่อน เมล็ดพืชอื่น และวัตถุอื่น อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง รวมกันไม่เกินร้อยละ 2.0

ระดับการสี สีธรรมดา แต่ไม่เกินสีดีปานกลาง

11) <u>ข้าวขาวหักเอวันเลิศพิเศษ</u>

ต้องเป็นข้าวที่ได้จากการสีข้าวขาว 100 เปอร์เซ็นต์ และมีส่วนผสมของเมล็ดข้าว ดังนี้

ส่วนผสม ประกอบด้วย ข้าวหักที่มีความยาวไม่ถึง 5.0 ส่วน และไม่ผ่านตะแกรงเบอร์ 7 ไม่เกินร้อยละ 10.0 นอกนั้นเป็นข้าวหักที่มีความยาวตั้งแต่ 5.0 ส่วนขึ้นไป ในจำนวนนี้อาจมีข้าวเต็มเมล็ดได้ไม่เกินร้อยละ 15.0 และปลายข้าวขาวซีวันไม่เกินร้อยละ 1.0

ข้าวและสิ่งที่อาจมีปนได้ ข้าวเหนียวขาวไม่เกินร้อยละ 1.5 ในจำนวนนี้อาจมีปลายข้าวเหนียวขาวซีวันไม่เกินร้อยละ 0.5 วัตถุอื่นไม่เกินร้อยละ 0.5

12) <u>ข้าวขาวหักเอวันพิเศษ</u>

ต้องเป็นข้าวที่ได้จากการสีข้าวขาว 15 เปอร์เซ็นต์ และข้าวขาว 25 เปอร์เซ็นต์เลิศ และมีส่วนผสมของเมล็ดข้าว ดังนี้

ส่วนผสม ประกอบด้วย ข้าวหักที่มีความยาวไม่ถึง 6.5 ส่วน และไม่ผ่านตะแกรงเบอร์ 7 ทั้งจำนวน ในจำนวนทั้งหมดนี้อาจมีข้าวหักที่มีความยาวตั้งแต่ 6.5 ส่วนขึ้นไปขึ้นไป และข้าวเต็มเมล็ดรวมกันไม่เกินร้อยละ 15.0 และปลายข้าวขาวซีวันไม่เกินร้อยละ 6.0

ข้าวและสิ่งที่อาจมีปนได้ ข้าวเหนียวขาวไม่เกินร้อยละ 2.5 ในจำนวนนี้อาจมีปลายข้าวเหนียวขาวซีวันไม่เกินร้อยละ 0.5 วัตถุอื่นไม่เกินร้อยละ 1.0

มาตรฐานข้าวกล้องและข้าวนึ่ง

ให้กำหนดมาตรฐานข้าวกล้องและข้าวนึ่งไว้ ดังต่อไปนี้

1) ข้าวกล้อง 100 เปอร์เซ็นต์ ชั้น 1

ต้องมีพื้นข้าว และส่วนผสมของเมล็ดข้าว ดังนี้

พื้นข้าว ประกอบด้วย ข้าวเมล็ดยาวชั้น 1 ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70.0 นอกนั้นเป็นข้าวเมล็ดยาวชั้น 2 และชั้น 3 ในจำนวนทั้งหมดนี้อาจมีข้าวเมล็ดสั้นได้ไม่เกินร้อยละ 5.0

ส่วนผสม ประกอบด้วย ข้าวเต็มเมล็ดไม่น้อยกว่าร้อยละ 80.0 ข้าวหักที่มีความยาวตั้งแต่ 5.0 ส่วนขึ้นไป แต่ไม่ถึง 8.0 ส่วน ไม่เกินร้อยละ 4.0 นอกนั้นเป็นต้นข้าวที่มีความยาวตั้งแต่ 8.0 ส่วนขึ้นไป

ข้าวและสิ่งที่อาจมีปนได้ ข้าวเมล็ดแดง ไม่เกินร้อยละ 1.0, ข้าวเมล็ดเหลือง ไม่เกินร้อยละ 0.5, ข้าวเมล็ดท้องไข่ ไม่เกินร้อยละ 3.0, ข้าวเมล็ดเสีย ไม่เกินร้อยละ 0.5, ข้าวเหนียวขาว ไม่เกินร้อยละ 1.5, ข้าวเปลือก ไม่เกินร้อยละ 0.5, ข้าวเมล็ดลีบ ข้าวเมล็ดอ่อน เมล็ดพืชอื่น และวัตถุอื่น อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง รวมกันไม่เกินร้อยละ 3.0

2) ข้าวกล้อง 100 เปอร์เซ็นต์ ชั้น 2

ต้องมีพื้นข้าว และส่วนผสมของเมล็ดข้าว ดังนี้

พื้นข้าว ประกอบด้วย ข้าวเมล็ดยาวชั้น 1 ไม่น้อยกว่าร้อยละ 55.0 นอกนั้นเป็นข้าวเมล็ดยาวชั้น 2 และชั้น 3 ในจำนวนทั้งหมดนี้อาจมีข้าวเมล็ดสั้นได้ไม่เกินร้อยละ 6.0

ส่วนผสม ประกอบด้วย ข้าวเต็มเมล็ดไม่น้อยกว่าร้อยละ 80.0 ข้าวหักที่มีความยาวตั้งแต่ 5.0 ส่วนขึ้นไป แต่ไม่ถึง 8.0 ส่วน ไม่เกินร้อยละ 4.5 นอกนั้นเป็นต้นข้าวที่มีความยาวตั้งแต่ 8.0 ส่วนขึ้นไป

ข้าวและสิ่งที่อาจมีปนได้ ข้าวเมล็ดแดง ไม่เกินร้อยละ 1.5, ข้าวเมล็ดเหลือง ไม่เกินร้อยละ 0.75, ข้าวเมล็ดท้องไข่ ไม่เกินร้อยละ 6.0, ข้าวเมล็ดเสีย ไม่เกินร้อยละ 0.75, ข้าวเหนียวขาว ไม่เกินร้อยละ 1.5, ข้าวเปลือก ไม่เกินร้อยละ 1.0, ข้าวเมล็ดลีบ ข้าวเมล็ดอ่อน เมล็ดพืชอื่น และวัตถุอื่น อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง รวมกันไม่เกินร้อยละ 5.0

3) ข้าวกล้อง 100 เปอร์เซ็นต์ ชั้น 3

ต้องมีพื้นข้าว และส่วนผสมของเมล็ดข้าว ดังนี้

พื้นข้าว ประกอบด้วย ข้าวเมล็ดยาวชั้น 1 ไม่น้อยกว่าร้อยละ 40.0 นอกนั้นเป็นข้าวเมล็ดยาวชั้น 2 และชั้น 3 ในจำนวนทั้งหมดนี้อาจมีข้าวเมล็ดสั้นได้ไม่เกินร้อยละ 7.0

ส่วนผสม ประกอบด้วย ข้าวเต็มเมล็ดไม่น้อยกว่าร้อยละ 80.0 ข้าวหักที่มีความยาวตั้งแต่ 5.0 ส่วนขึ้นไป แต่ไม่ถึง 8.0 ส่วน ไม่เกินร้อยละ 5.0 นอกนั้นเป็นต้นข้าวที่มีความยาวตั้งแต่ 8.0 ส่วนขึ้นไป

ข้าวและสิ่งที่อาจมีปนได้ ข้าวเมล็ดแดง ไม่เกินร้อยละ 2.0, ข้าวเมล็ดเหลือง ไม่เกินร้อยละ 0.75, ข้าวเมล็ดท้องไข่ ไม่เกินร้อยละ 6.0, ข้าวเมล็ดเสีย ไม่เกินร้อยละ 0.75, ข้าวเหนียวขาว ไม่เกินร้อยละ 1.5, ข้าวเปลือก ไม่เกินร้อยละ 1.0, ข้าวเมล็ดลีบ ข้าวเมล็ดอ่อน เมล็ดพืชอื่น และวัตถุอื่น อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง รวมกันไม่เกินร้อยละ 5.0

4) ข้าวกล้อง 5 เปอร์เซ็นต์

ต้องมีพื้นข้าว และส่วนผสมของเมล็ดข้าว ดังนี้

พื้นข้าว ประกอบด้วย ข้าวเมล็ดยาวชั้น 1 ไม่น้อยกว่าร้อยละ 30.0 นอกนั้นเป็นข้าวเมล็ดยาวชั้น 2 และชั้น 3 ในจำนวนทั้งหมดนี้อาจมีข้าวเมล็ดสั้นได้ไม่เกินร้อยละ 10.0

ส่วนผสม ประกอบด้วย ข้าวเต็มเมล็ดไม่น้อยกว่าร้อยละ 75.0 ข้าวหักที่มีความยาวตั้งแต่ 3.5 ส่วนขึ้นไป แต่ไม่ถึง 7.5 ส่วน ไม่เกินร้อยละ 7.0 นอกนั้นเป็นต้นข้าวที่มีความยาวตั้งแต่ 7.5 ส่วนขึ้นไป

ข้าวและสิ่งที่อาจมีปนได้ ข้าวเมล็ดแดง ไม่เกินร้อยละ 2.0, ข้าวเมล็ดเหลือง ไม่เกินร้อยละ 0.5, ข้าวเมล็ดท้องไข่ ไม่เกินร้อยละ 6.0, ข้าวเมล็ดเสีย ไม่เกินร้อยละ 1.0, ข้าวเหนียวขาว ไม่เกินร้อยละ 1.5, ข้าวเปลือก ไม่เกินร้อยละ 1.0, ข้าวเมล็ดลีบ ข้าวเมล็ดอ่อน เมล็ดพืชอื่น และวัตถุอื่น อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง รวมกันไม่เกินร้อยละ 6.0

5) ข้าวกล้อง 10 เปอร์เซ็นต์

ต้องมีพื้นข้าว และส่วนผสมของเมล็ดข้าว ดังนี้

พื้นข้าว ประกอบด้วย ข้าวเมล็ดยาวชั้น 1 ไม่น้อยกว่าร้อยละ 20.0 นอกนั้นเป็นข้าวเมล็ดยาวชั้น 2 และชั้น 3 ในจำนวนทั้งหมดนี้อาจมีข้าวเมล็ดสั้นได้ไม่เกินร้อยละ 15.0

ส่วนผสม ประกอบด้วย ข้าวเต็มเมล็ดไม่น้อยกว่าร้อยละ 70.0 ข้าวหักที่มีความยาวตั้งแต่ 3.5 ส่วนขึ้นไป แต่ไม่ถึง 7.0 ส่วน ไม่เกินร้อยละ 12.0 นอกนั้นเป็นต้นข้าวที่มีความยาวตั้งแต่ 7.0 ส่วนขึ้นไป

ข้าวและสิ่งที่อาจมีปนได้ ข้าวเมล็ดแดง ไม่เกินร้อยละ 2.0, ข้าวเมล็ดเหลือง ไม่เกินร้อยละ 0.5, ข้าวเมล็ดท้องไข่ ไม่เกินร้อยละ 7.0, ข้าวเมล็ดเสีย ไม่เกินร้อยละ 1.0, ข้าวเหนียวขาว ไม่เกินร้อยละ 1.5, ข้าวเปลือก ไม่เกินร้อยละ 2.0, ข้าวเมล็ดลีบ ข้าวเมล็ดอ่อน เมล็ดพืชอื่น และวัตถุอื่น อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง รวมกันไม่เกินร้อยละ 7.0

6) ข้าวกล้อง 15 เปอร์เซ็นต์

ต้องมีพื้นข้าว และส่วนผสมของเมล็ดข้าว ดังนี้

พื้นข้าว ประกอบด้วย ข้าวเมล็ดยาวชั้น 1 ไม่น้อยกว่าร้อยละ 10.0 นอกนั้นเป็นข้าวเมล็ดยาวชั้น 2 และชั้น 3 ในจำนวนทั้งหมดนี้อาจมีข้าวเมล็ดสั้นได้ไม่เกินร้อยละ 35.0

ส่วนผสม ประกอบด้วย ข้าวเต็มเมล็ดไม่น้อยกว่าร้อยละ 65.0 ข้าวหักที่มีความยาวตั้งแต่ 3.0 ส่วนขึ้นไป แต่ไม่ถึง 6.5 ส่วน ไม่เกินร้อยละ 17.0 นอกนั้นเป็นต้นข้าวที่มีความยาวตั้งแต่ 6.5 ส่วนขึ้นไป

ข้าวและสิ่งที่อาจมีปนได้ ข้าวเมล็ดแดง ไม่เกินร้อยละ 5.0, ข้าวเมล็ดเหลือง ไม่เกินร้อยละ 1.0, ข้าวเมล็ดท้องไข่ ไม่เกินร้อยละ 7.0, ข้าวเมล็ดเสีย ไม่เกินร้อยละ 1.5, ข้าวเหนียวขาว ไม่เกินร้อยละ 2.5, ข้าวเปลือก ไม่เกินร้อยละ 2.0, ข้าวเมล็ดลีบ ข้าวเมล็ดอ่อน เมล็ดพืชอื่น และวัตถุอื่น อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง รวมกันไม่เกินร้อยละ 8.0

7) ข้าวนึ่ง 100 เปอร์เซ็นต์คัด

ต้องมีพื้นข้าว ส่วนผสมของเมล็ดข้าวและระดับการสี ดังนี้

พื้นข้าว ประกอบด้วย ข้าวเมล็ดยาวชั้น 1 และชั้น 2 รวมกันไม่น้อยกว่าร้อยละ 60.0 นอกนั้นเป็นข้าวเมล็ดยาวชั้น 3 ในจำนวนทั้งหมดนี้ อาจมีข้าวเมล็ดสั้นได้ไม่เกินร้อยละ 10.0

ส่วนผสม ประกอบด้วย ข้าวเต็มเมล็ด ไม่น้อยกว่าร้อยละ 80.0 ข้าวหักที่มีความยาวตั้งแต่ 5.0 ส่วนขึ้นไป แต่ไม่ถึง 8.0 ส่วน ไม่เกินร้อยละ 4.0 ในจำนวนนี้อาจมีข้าวหักที่มีความยาวไม่ถึง 5.0 ส่วน และไม่ผ่านตะแกรงเบอร์ 7 ไม่เกินร้อยละ 0.5 และปลายข้าวนึ่งซีวันไม่เกินร้อยละ 0.1 นอกนั้นเป็นต้นข้าวที่มีความยาวตั้งแต่ 8.0 ส่วนขึ้นไป

ข้าวและสิ่งที่อาจมีปนได้ ข้าวเมล็ดแดงและหรือข้าวเมล็ดสีต่ำกว่ามาตรฐาน ไม่เกินร้อยละ 0.5, ข้าวเมล็ดเหลือง ไม่เกินร้อยละ 0.25, ข้าวเมล็ดดำ ไม่เกินร้อยละ 0.1, ข้าวเมล็ดดำบางส่วนรวมกับข้าวเมล็ดจุดดำไม่เกินร้อยละ 1.5 ทั้งนี้ข้าวเมล็ดดำบางส่วนต้องไม่เกินร้อยละ 0.5, ข้าวเมล็ดเสีย ไม่เกินร้อยละ 1.0, ข้าวเหนียว ไม่เกินร้อยละ 1.5, ข้าวเปลือกไม่เกิน 3 เมล็ดต่อข้าว 1 กิโลกรัม, ข้าวเมล็ดลีบ ข้าวเมล็ดอ่อน เมล็ดพืชอื่น และวัตถุอื่นอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกันไม่เกินร้อยละ 0.2

ระดับการสี สีดีพิเศษ

8) ข้าวนึ่ง 100 เปอร์เซ็นต์

ต้องมีพื้นข้าว ส่วนผสมของเมล็ดข้าวและระดับการสี ดังนี้

พื้นข้าว ประกอบด้วย ข้าวเมล็ดยาวชั้น 1 และชั้น 2 รวมกันไม่น้อยกว่าร้อยละ 60.0 นอกนั้นเป็นข้าวเมล็ดยาวชั้น 3 ในจำนวนทั้งหมดนี้ อาจมีข้าวเมล็ดสั้นได้ไม่เกินร้อยละ 10.0

ส่วนผสม ประกอบด้วย ข้าวเต็มเมล็ด ไม่น้อยกว่าร้อยละ 80.0 ข้าวหักที่มีความยาวตั้งแต่ 5.0 ส่วนขึ้นไป แต่ไม่ถึง 8.0 ส่วน ไม่เกินร้อยละ 4.0 ในจำนวนนี้อาจมีข้าวหักที่มีความยาวไม่ถึง 5.0 ส่วน และไม่ผ่านตะแกรงเบอร์ 7 ไม่เกินร้อยละ 0.5 และปลายข้าวนึ่งซีวันไม่เกินร้อยละ 0.1 นอกนั้นเป็นต้นข้าวที่มีความยาวตั้งแต่ 8.0 ส่วนขึ้นไป

ข้าวและสิ่งที่อาจมีปนได้ ข้าวเมล็ดแดงและหรือข้าวเมล็ดสีต่ำกว่ามาตรฐาน ไม่เกินร้อยละ 0.5, ข้าวเมล็ดเหลือง ไม่เกินร้อยละ 0.5, ข้าวเมล็ดดำ ไม่เกินร้อยละ 0.25, ข้าวเมล็ด

ดำบางส่วนรวมกับข้าวเมล็ดจุดดำไม่เกินร้อยละ 2.5 ทั้งนี้ข้าวเมล็ดดำบางส่วนต้องไม่เกินร้อยละ 1.0, ข้าวเมล็ดเสีย ไม่เกินร้อยละ 1.0, ข้าวเหนียว ไม่เกินร้อยละ 1.5, ข้าวเปลือกไม่เกิน 5 เมล็ดต่อข้าว 1 กิโลกรัม, ข้าวเมล็ดลีบ ข้าวเมล็ดอ่อน เมล็ดพืชอื่น และวัตถุอื่นอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกันไม่เกินร้อยละ 0.2

ระดับการสี สีดีพิเศษ

9) ข้าวนึ่ง 5 เปอร์เซ็นต์คัด

ต้องมีพื้นข้าว ส่วนผสมของเมล็ดข้าวและระดับการสี ดังนี้

พื้นข้าว ประกอบด้วย ข้าวเมล็ดยาวชั้น 1 และชั้น 2 รวมกันไม่น้อยกว่าร้อยละ 45.0 นอกนั้นเป็นข้าวเมล็ดยาวชั้น 3 ในจำนวนทั้งหมดนี้ อาจมีข้าวเมล็ดสั้นได้ไม่เกินร้อยละ 20.0

ส่วนผสม ประกอบด้วย ข้าวเต็มเมล็ด ไม่น้อยกว่าร้อยละ 80.0 ข้าวหักที่มีความยาวตั้งแต่ 3.5 ส่วนขึ้นไป แต่ไม่ถึง 7.5 ส่วน ไม่เกินร้อยละ 7.0 ในจำนวนนี้อาจมีข้าวหักที่มีความยาวไม่ถึง 3.5 ส่วน และไม่ผ่านตะแกรงเบอร์ 7 ไม่เกินร้อยละ 0.5 และปลายข้าวนึ่งซีวันไม่เกินร้อยละ 0.1 นอกนั้นเป็นต้นข้าวที่มีความยาวตั้งแต่ 7.5 ส่วนขึ้นไป

ข้าวและสิ่งที่อาจมีปนได้ ข้าวเมล็ดแดงและหรือข้าวเมล็ดสีต่ำกว่ามาตรฐาน ไม่เกินร้อยละ 1.0, ข้าวเมล็ดเหลือง ไม่เกินร้อยละ 0.5, ข้าวเมล็ดดำ ไม่เกินร้อยละ 0.15, ข้าวเมล็ดดำบางส่วนรวมกับข้าวเมล็ดจุดดำไม่เกินร้อยละ 2.0 ทั้งนี้ข้าวเมล็ดดำบางส่วนต้องไม่เกินร้อยละ 0.75, ข้าวเมล็ดเสีย ไม่เกินร้อยละ 1.0, ข้าวเหนียว ไม่เกินร้อยละ 1.5, ข้าวเปลือกไม่เกิน 5 เมล็ด ต่อข้าว 1 กิโลกรัม, ข้าวเมล็ดลีบ ข้าวเมล็ดอ่อน เมล็ดพืชอื่น และวัตถุอื่นอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกันไม่เกินร้อยละ 0.2

ระดับการสี สีดี

10) ข้าวนึ่ง 5 เปอร์เซ็นต์

ต้องมีพื้นข้าว ส่วนผสมของเมล็ดข้าวและระดับการสี ดังนี้

พื้นข้าว ประกอบด้วย ข้าวเมล็ดยาวชั้น 1 และชั้น 2 รวมกันไม่น้อยกว่าร้อยละ 45.0 นอกนั้นเป็นข้าวเมล็ดยาวชั้น 3 ในจำนวนทั้งหมดนี้ อาจมีข้าวเมล็ดสั้นได้ไม่เกินร้อยละ 20.0

ส่วนผสม ประกอบด้วย ข้าวเต็มเมล็ด ไม่น้อยกว่าร้อยละ 80.0 ข้าวหักที่มีความยาวตั้งแต่ 3.5 ส่วนขึ้นไป แต่ไม่ถึง 7.5 ส่วน ไม่เกินร้อยละ 7.0 ในจำนวนนี้อาจมีข้าวหักที่มีความยาวไม่ถึง 3.5 ส่วน และไม่ผ่านตะแกรงเบอร์ 7 ไม่เกินร้อยละ 0.5 และปลายข้าวนึ่งซีวันไม่เกินร้อยละ 0.1 นอกนั้นเป็นต้นข้าวที่มีความยาวตั้งแต่ 7.5 ส่วนขึ้นไป

ข้าวและสิ่งที่อาจมีปนได้

ข้าวเมล็ดแดงและหรือข้าวเมล็ดสีต่ำกว่ามาตรฐาน ไม่เกินร้อยละ 1.0, ข้าวเมล็ดเหลือง ไม่เกินร้อยละ 1.0, ข้าวเมล็ดดำ ไม่เกินร้อยละ 0.25, ข้าวเมล็ดดำบางส่วนรวมกับข้าวเมล็ดจุดดำไม่เกินร้อยละ 3.0 ทั้งนี้ข้าวเมล็ดดำบางส่วนต้องไม่เกินร้อยละ 1.5, ข้าวเมล็ดเสีย ไม่เกินร้อยละ 1.0, ข้าวเหนียว

ไม่เกินร้อยละ 1.5, ข้าวเปลือกไม่เกิน 10 เมล็ด ต่อข้าว 1 กิโลกรัม, ข้าวเมล็ดลีบ ข้าวเมล็ดอ่อน เมล็ดพืชอื่น และวัตถุอื่นอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกันไม่เกินร้อยละ 0.2

ระดับการสี สีดี

11) ข้าวนึ่ง 10 เปอร์เซ็นต์คัด

ต้องมีพื้นข้าว ส่วนผสมของเมล็ดข้าวและระดับการสี ดังนี้

พื้นข้าว ประกอบด้วย ข้าวเมล็ดยาวชั้น 1 และชั้น 2 รวมกันไม่น้อยกว่าร้อยละ 30.0 นอกนั้นเป็นข้าวเมล็ดยาวชั้น 3 ในจำนวนทั้งหมดนี้ อาจมีข้าวเมล็ดสั้นได้ไม่เกินร้อยละ 20.0

ส่วนผสม ประกอบด้วย ข้าวเต็มเมล็ด ไม่น้อยกว่าร้อยละ 75.0 ข้าวหักที่มีความยาวตั้งแต่ 3.5 ส่วนขึ้นไป แต่ไม่ถึง 7.0 ส่วน ไม่เกินร้อยละ 12.0 ในจำนวนนี้อาจมีข้าวหักที่มีความยาวไม่ถึง 3.5 ส่วน และไม่ผ่านตะแกรงเบอร์ 7 ไม่เกินร้อยละ 0.7 และปลายข้าวนึ่งซีวันไม่เกินร้อยละ 0.3 นอกนั้นเป็นต้นข้าวที่มีความยาวตั้งแต่ 7.0 ส่วนขึ้นไป

ข้าวและสิ่งที่อาจมีปนได้ ข้าวเมล็ดแดงและหรือข้าวเมล็ดสีต่ำกว่ามาตรฐาน ไม่เกินร้อยละ 2.0, ข้าวเมล็ดเหลือง ไม่เกินร้อยละ 0.75, ข้าวเมล็ดดำ ไม่เกินร้อยละ 0.20, ข้าวเมล็ดดำบางส่วนรวมกับข้าวเมล็ดจุดดำไม่เกินร้อยละ 2.5 ทั้งนี้ข้าวเมล็ดดำบางส่วนต้องไม่เกินร้อยละ 1.0, ข้าวเมล็ดเสีย ไม่เกินร้อยละ 1.5, ข้าวเหนียว ไม่เกินร้อยละ 1.5, ข้าวเปลือกไม่เกิน 5 เมล็ด ต่อข้าว 1 กิโลกรัม, ข้าวเมล็ดลีบ ข้าวเมล็ดอ่อน เมล็ดพืชอื่น และวัตถุอื่นอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกันไม่เกินร้อยละ 0.4

ระดับการสี สีดี

12) ข้าวนึ่ง 10 เปอร์เซ็นต์

ต้องมีพื้นข้าว ส่วนผสมของเมล็ดข้าวและระดับการสี ดังนี้

พื้นข้าว ประกอบด้วย ข้าวเมล็ดยาวชั้น 1 และชั้น 2 รวมกันไม่น้อยกว่าร้อยละ 30.0 นอกนั้นเป็นข้าวเมล็ดยาวชั้น 3 ในจำนวนทั้งหมดนี้ อาจมีข้าวเมล็ดสั้นได้ไม่เกินร้อยละ 20.0

ส่วนผสม ประกอบด้วย

ข้าวเต็มเมล็ด ไม่น้อยกว่าร้อยละ 75.0 ข้าวหักที่มีความยาวตั้งแต่ 3.5 ส่วนขึ้นไป แต่ไม่ถึง 7.0 ส่วน ไม่เกินร้อยละ 12.0 ในจำนวนนี้อาจมีข้าวหักที่มีความยาวไม่ถึง 3.5 ส่วน และไม่ผ่านตะแกรงเบอร์ 7 ไม่เกินร้อยละ 0.7 และปลายข้าวนึ่งซีวันไม่เกินร้อยละ 0.7 นอกนั้นเป็นต้นข้าวที่มีความยาวตั้งแต่ 7.0 ส่วนขึ้นไป

ข้าวและสิ่งที่อาจมีปนได้ ข้าวเมล็ดแดงและหรือข้าวเมล็ดสีต่ำกว่ามาตรฐาน ไม่เกินร้อยละ 2.0, ข้าวเมล็ดเหลือง ไม่เกินร้อยละ 1.5, ข้าวเมล็ดดำ ไม่เกินร้อยละ 0.25, ข้าวเมล็ดดำบางส่วนรวมกับข้าวเมล็ดจุดดำไม่เกินร้อยละ 3.5 ทั้งนี้ข้าวเมล็ดดำบางส่วนต้องไม่เกินร้อยละ 2.0, ข้าวเมล็ดเสีย ไม่เกินร้อยละ 1.5, ข้าวเหนียว ไม่เกินร้อยละ 1.5, ข้าวเปลือกไม่เกิน 10 เมล็ด ต่อข้าว

1 กิโลกรัม, ข้าวเมล็ดลีบ ข้าวเมล็ดอ่อน เมล็ดพืชอื่น และวัตถุอื่นอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกันไม่เกินร้อยละ 0.4

ระดับการสี สีดี

13) ข้าวนึ่ง 15 เปอร์เซ็นต์

ต้องมีพื้นข้าว ส่วนผสมของเมล็ดข้าวและระดับการสี ดังนี้

พื้นข้าว ประกอบด้วย ข้าวเมล็ดยาวชั้น 1 และชั้น 2 รวมกันไม่น้อยกว่าร้อยละ 25.0 นอกนั้นเป็นข้าวเมล็ดยาวชั้น 3 ในจำนวนทั้งหมดนี้ อาจมีข้าวเมล็ดสั้นได้ไม่เกินร้อยละ 30.0

ส่วนผสม ประกอบด้วย ข้าวเต็มเมล็ด ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70.0 ข้าวหักที่มีความยาวตั้งแต่ 3.0 ส่วนขึ้นไป แต่ไม่ถึง 6.5 ส่วน ไม่เกินร้อยละ 18.0 ในจำนวนนี้อาจมีข้าวหักที่มีความยาวไม่ถึง 3.0 ส่วน และไม่ผ่านตะแกรงเบอร์ 7 ไม่เกินร้อยละ 1.0 และปลายข้าวนึ่งซีวันไม่เกินร้อยละ 1.0 นอกนั้นเป็นต้นข้าวที่มีความยาวตั้งแต่ 6.5 ส่วนขึ้นไป

ข้าวและสิ่งที่อาจมีปนได้ ข้าวเมล็ดแดงและหรือข้าวเมล็ดสีต่ำกว่ามาตรฐาน ไม่เกินร้อยละ 5.0, ข้าวเมล็ดเหลือง ไม่เกินร้อยละ 2.0, ข้าวเมล็ดดำ ไม่เกินร้อยละ 0.5, ข้าวเมล็ดดำบางส่วนรวมกับข้าวเมล็ดจุดดำไม่เกินร้อยละ 4.0 ทั้งนี้ข้าวเมล็ดดำบางส่วนต้องไม่เกินร้อยละ 2.5, ข้าวเมล็ดเสีย ไม่เกินร้อยละ 1.5, ข้าวเหนียว ไม่เกินร้อยละ 2.5, ข้าวเปลือกไม่เกิน 10 เมล็ด ต่อข้าว 1 กิโลกรัม, ข้าวเมล็ดลีบ ข้าวเมล็ดอ่อน เมล็ดพืชอื่น และวัตถุอื่นอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกันไม่เกินร้อยละ 0.7

ระดับการสี สีดีปานกลาง

14) ข้าวนึ่ง 25 เปอร์เซ็นต์

ต้องมีพื้นข้าว ส่วนผสมของเมล็ดข้าวและระดับการสี ดังนี้

พื้นข้าว ประกอบด้วย ข้าวเมล็ดยาวชั้น 1 และชั้น 2 รวมกันไม่น้อยกว่าร้อยละ 20.0 นอกนั้นเป็นข้าวเมล็ดยาวชั้น 3 ในจำนวนทั้งหมดนี้ อาจมีข้าวเมล็ดสั้นได้ไม่เกินร้อยละ 30.0

ส่วนผสม ประกอบด้วย ข้าวเต็มเมล็ด ไม่น้อยกว่าร้อยละ 60.0 ข้าวหักที่มีความยาวไม่ถึง 5.0 ส่วน และไม่ผ่านตะแกรงเบอร์ 7 ไม่เกินร้อยละ 28.0 และปลายข้าวนึ่งซีวันไม่เกินร้อยละ 2.0 นอกนั้นเป็นต้นข้าวที่มีความยาวตั้งแต่ 5.0 ส่วนขึ้นไป

ข้าวและสิ่งที่อาจมีปนได้

ข้าวเมล็ดแดงและหรือข้าวเมล็ดสีต่ำกว่ามาตรฐาน ไม่เกินร้อยละ 7.0, ข้าวเมล็ดเหลือง ไม่เกินร้อยละ 3.0, ข้าวเมล็ดดำ ไม่เกินร้อยละ 0.75, ข้าวเมล็ดดำบางส่วนรวมกับข้าวเมล็ดจุดดำไม่เกินร้อยละ 4.5 ทั้งนี้ข้าวเมล็ดดำบางส่วนต้องไม่เกินร้อยละ 3.0, ข้าวเมล็ดเสีย ไม่เกินร้อยละ 1.5, ข้าวเหนียว ไม่เกินร้อยละ 2.5, ข้าวเปลือกไม่เกิน 10 เมล็ด ต่อข้าว 1 กิโลกรัม, ข้าวเมล็ดลีบ ข้าวเมล็ดอ่อน เมล็ดพืชอื่น และวัตถุอื่นอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกันไม่เกินร้อยละ 1.0

ระดับการสี สีดีธรรมดา