บทที่ 4
ผลการดำเนินงานวิจัย

4.1 เก็บรวบรวมข้อมูล

4.1.1 แหล่งข้อมูลปฐมภูมิ

เพื่อทำการศึกษาโครงสร้างโซ่อุปทาน จึงทำการเก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิโดยการสัมภาษณ์กลุ่มบุคคลดังต่อไปนี้

(1) เกษตรกรในกลุ่มเครือข่ายเพื่อรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการปลูกแตงกวา

(2) พ่อค้าคนกลางคนที่ 1 เพื่อรวมรวมข้อมูลเกี่ยวกับการจำหน่ายแตงกวา

4.1.2 โครงสร้างโซ่อุปทาน (Supply chain structure)

i. วัดถุดิบสำหรับการปลูกแตงกวา

จากการเก็บข้อมูลปฐมภูมิการปลูกแตงกวาจากเกษตรกรในกลุ่มเครือข่ายของผู้จำหน่ายแตงกวา ทั้ง 14 คน (Producer) โดยการสัมภาษณ์ทำให้ทราบว่าการปลูกแตงกวามีวัตถุดิบที่ต้องใช้ได้แก่ เมล็ดพันธุ์แตงกวา ปุ๋ย ยาฆ่าหญ้า ยาฆ่าแมลง ขุยมะพร้าว ยาผงคลุกเมล็ด สารเคมีเพื่อป้องกันและกำจัดโรค ยาฆ่าเชื้อรา ฮอร์โมน และถุงพลาสติก ดังแสดงในรูปที่ 4.1 และ 4.2 รวมถึงทราบข้อมูลเกี่ยวกับการปลูกแตงกวาดังนี้

(1) จำนวนผลผลิตแตงกวาแต่ละชนิดที่ได้จากการปลูกในแต่ละครั้ง

(2) จำนวนวันที่ได้รับผลผลิตแตงกวา

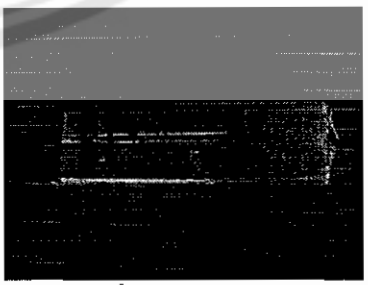
(3) จำนวนไร่ที่เกษตรกรแต่ละคนใช้ในการปลูกแตงกวา

(4) ค่าถุงพลาสติกที่ใช้บรรจุแตงกวา

(5) ค่าขนส่งแตงกวา

(6) ค่าใช้จ่ายที่เกษตรกรใช้ในการปลูกแตงกวา

รูปที่ 4.1 เมล็ดพันธุ์แตงกวา

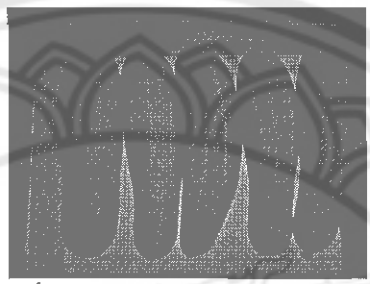


รูปที่ 4.2 ถุงพลาสติก

ii. สินค้าที่จำหน่าย

จากการศึกษาและสอบถามข้อมูลจากผู้จำหน่ายแตงกวาในตลาดนำสวัสดิ์ จังหวัดเชียงรายซึ่งเป็นพ่อค้าคนกลางคนที่ 1 (Distributor) คือ นายจำนงค์ ตันลือ ทำให้ทราบว่าสินค้าที่จำหน่าย คือ แตงกวา ซึ่งแตงกวาที่จำหน่ายนั้นมี 3 เกรด คือ 1) แตงกวาเกรดดี 2) แตงกวาเกรดปานกลาง และ3) แตงกวาเกรดต่ำ ดังแสดงในรูปที่ 4.1, 4.2 และ 4.3 ตามลำดับ

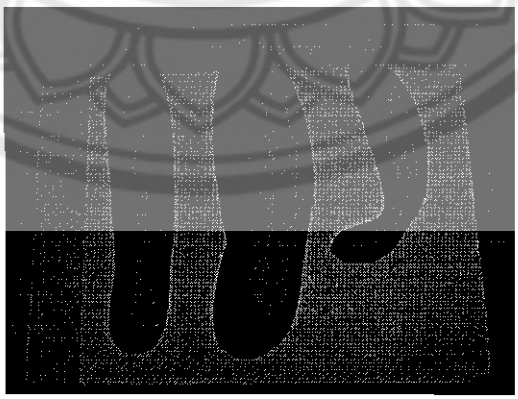
รูปที่ 4.3 แตงกวาเกรดดี



รูปที่ 4.4 แตงกวาเกรดปานกลาง

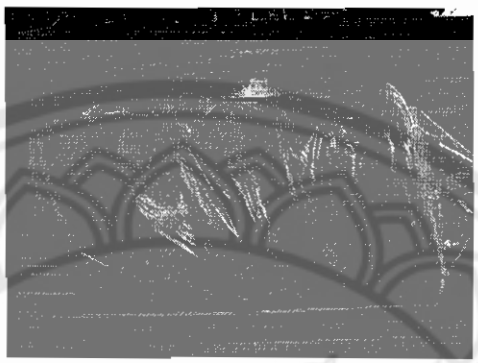
รูปที่ 4.5 แตงกวาเกรดต่ำ

แตงกวาเกรดดีมีลักษณะของผลยาวตรงซึ่งมีความยาวผลประมาณ 15 -18 ซม. และมีความกว้างผลประมาณ 2.5 - 4 ซม. ส่วนใหญ่จะมีเนื้อหนาไส้แคบ จะมีสีผลสีเขียวแก่ตรงส่วนใกล้ขั้วผลประมาณ 1/3 - 1/4 ของผล ที่เหลือมีจุดประสีเขียวอ่อนหรือขาว และเส้นสีขาว เป็นแถบเล็ก ๆ ตลอดความยาวไปถึงปลายผล แตงกวาเกรดปานกลางจะแตกต่างจากแตงกวาเกรดดีคือ จะมีความยาวผลประมาณ 18 - 20 ซม. และมีความกว้างผลประมาณ 5 - 7 ซม. จะมีสีผลสีเขียวแก่ตรงส่วนใกล้ขั้วผลประมาณ 1/6 - 1/8 ของผล และแตงกวาเกรดต่ำมีลักษณะของผลที่คดงอ ซึ่งจะไม่มีการระบุขนาดเพราะถ้าหากแตงกวามีลักษณะงอแล้วถือว่าเป็นแตงกวาเกรดต่ำทั้งหมด

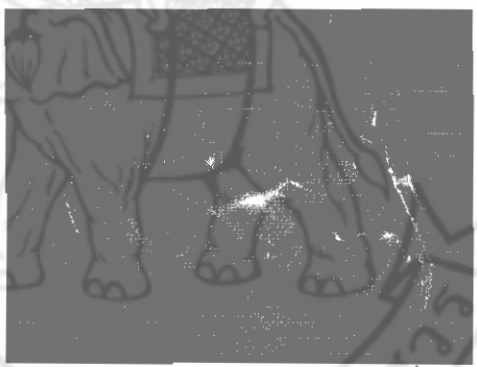


รูปที่ 4.6 การเปรียบเทียบแตงกวาเกรดดี, เกรดปานกลางและเกรดต่ำ

ลักษณะแตงกวาที่จำหน่ายจะจำหน่ายในลักษณะที่บรรจุลงถุงพลาสติกเรียบร้อยแล้ว ดังแสดงในรูปที่ 4.7 และ 4.8 โดยที่แตงกวาที่บรรจุลงถุงพลาสติกแต่ละถุงจะมีปริมาณแตงกวาหนัก 10 กิโลกรัม สินค้าแตงกวาเหล่านี้จะถูกนำไปจำหน่ายแก่ลูกค้า ซึ่งลูกค้าจะแบ่งเป็นทั้งหมด 6 กลุ่ม



รูปที่ 4.7 ลักษณะการเรียงแตงกวาเกรดดีและเกรดปานกลางลงในถุงพลาสติก



รูปที่ 4.8 ลักษณะการเรียงแตงกวาเกรดต่ำลงในถุงพลาสติก

จากการสัมภาษณ์พ่อค้าคนกลางคนที่ 1 ทำให้ทราบข้อมูลเกี่ยวกับการจำหน่ายแตงกวา ดังนี้

(1) จำนวนพื้นที่สำหรับวางแตงกวา

(2) ราคาแตงกวาที่ซื้อ

(3) จำนวนความต้องการแตงกวาสด

(4) จำนวนความต้องการแตงกวาเก่า

(5) จำนวนเท่าของความต้องการแตงกวาสด

(6) ร้อยละของความต้องการแตงกวาเก่า

(7) ร้อยละของจำนวนพื้นที่สำหรับวางแตงกวา

(8) จำนวนแตงกวา ที่เป็นมาตรฐานของการปฏิบัติงานของพนักงาน 1 คน

(9) จำนวนแตงกวาที่สามารถนำมาจัดวางในพื้นที่ 1 ตารางเมตร

(10) ค่าถุงพลาสติกที่ใช้บรรจุแตงกวา

(11) จำนวนเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่สำหรับวางแตงกวาที่ซื้อ

(12) ค่าขนส่งแตงกวาไปยังลูกค้า

(13) ค่าจ้างคนงาน

iii. ลักษณะธุรกิจ

จากการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการปลูกแตงกวาจากเกษตรกรจำนวน 14 ราย (Producer) ในกลุ่มเครือข่ายของผู้จำหน่ายแตงกวาและข้อมูลการจำหน่ายแตงกวาจากพ่อค้าคนกลางคนที่ 1 (Distributor) จึงได้จัดทำโครงสร้างโซ่อุปทานแตงกวา ซึ่งประกอบด้วย 6 Stages คือ 1) Supplier 2) Producer 3) Distributor 4) Retailer 5) Reseller และ 6) Consumer ดังแสดงในรูปที่ 4.9

ธุรกิจการจำหน่ายแตงกวาดังที่แสดงในรูปที่ 4.9 ในลักษณะของโครงสร้างโซ่อุปทานมีการไหลทั้งหมด 2 ส่วน คือ 1) การไหลของข้อมูล และ 2) การไหลของวัตถุดิบ/สินค้า ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับ Stages ต่างๆ ดังต่อไปนี้

❖ **การไหลของข้อมูล**

การไหลของข้อมูลที่เกี่ยวข้องภายใน 6 Stages มีดังนี้

- ข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณความต้องการแตงกวาของลูกค้า(Retailer, Reseller และ Consumer) ไปสู่พ่อค้าคนกลางคนที่ 1 (Distributor) ซึ่งเป็นผู้จำหน่ายแตงกวาให้กับลูกค้าทั้ง 3 Stages
- ปริมาณการสั่งซื้อวัตถุดิบจากพ่อค้าคนกลางคนที่ 1 และเกษตรกร (Producer) ไปสู่บริษัทผู้จำหน่ายวัตถุดิบ (Supplier)
- การตัดสินใจให้ปลูกแตงกวาของพ่อค้าคนกลางคนที่ 1 แก่เกษตรกรผู้ปลูกแตงกวาทั้ง 14 ราย

ซึ่งแต่ละส่วนที่เกี่ยวข้องกับการไหลของข้อมูลมีรายละเอียดดังนี้

a. **ลูกค้า** (Customer)

ลูกค้าที่ซื้อแตงกวาจากพ่อค้าคนกลางคนที่ 1 (Distributor) ประกอบด้วย 3 Stages ดังนี้

1) Retailer คือ ลูกค้าที่ซื้อแตงกวาโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำแตงกวานั้นไปขายปลีกแก่ผู้บริโภคโดยตรง เช่น

- ร้านค้าปลีกสะดวกซื้อ (7-Eleven) ซึ่งต้องการซื้อเฉพาะแตงกวาสดเท่านั้น

- **พ่อค้าขายปลีกที่ต้องการซื้อทั้งแตงกวาสดและแตงกวาเก่า**

2) Reseller **คือลูกค้าที่ซื้อแตงกวาโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำแตงกวานั้นไปขายส่ง เช่น**

- **พ่อค้าคนกลางคนที่ 2 จำนวน 3 กลุ่ม มีอยู่ 2 กลุ่มที่ต้องการซื้อเฉพาะแตงกวาสด ส่วนอีกกลุ่มต้องการซื้อทั้งแตงกวาสดและแตงกวาเก่า**
- **ห้างค้าส่งแม็คโคร ซึ่งต้องการซื้อเฉพาะแตงกวาสดเท่านั้น**

3) Consumer คือลูกค้าที่เป็นผู้บริโภคโดยตรง ซึ่งมีความต้องการซื้อทั้งแตงกวาสดและแตงกวาเก่า

ทั้ง 3 Stages ที่กล่าวไว้ข้างต้นสามารถแบ่งเป็นกลุ่มได้ทั้งหมด 6 กลุ่ม คือ 1) ร้านสะดวกซื้อ (7-Eleven) และห้างค้าส่งแม็คโคร 2) พ่อค้าขายปลีก 3) พ่อค้าคนกลางคนที่ 2 (กลุ่มที่ 1) 4) พ่อค้าคนกลางคนที่ 2 (กลุ่มที่ 2) 5) พ่อค้าคนกลางคนที่ 2 (กลุ่มที่ 3) และ 6) ผู้บริโภค

โดยความต้องการแตงกวาของลูกค้าแต่ละกลุ่มจะขึ้นอยู่กับ ปัจจัยของช่วงฤดูกาล ดังต่อไปนี้

1) ฤดูร้อน ลูกค้าต้องการซื้อแตงกวาในปริมาณที่ค่อนข้างน้อย

2) ฤดูหนาว ลูกค้าต้องการซื้อแตงกวาในปริมาณที่มาก

3) ฤดูฝน ลูกค้าต้องการซื้อแตงกวาในปริมาณปานกลาง

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลปริมาณความต้องการแตงกวา ปี พ.ศ. 2547 - 2550

ฤดูกาล	ปริมาณความต้องการแตงกวา (ถุง/ปี)					
	ปี พ.ศ. 2547	ปี พ.ศ. 2548	ปี พ.ศ. 2549	ปี พ.ศ. 2550	ปริมาณเฉลี่ย	ปริมาณความต้องการ
ฤดูหนาว	75,880	86,540	91,270	94,307	86,999.25	มาก
ฤดูร้อน	25,460	32,580	38,560	48,235	36,209.75	ค่อนข้างน้อย
ฤดูฝน	31,330	43,250	48,690	56,288	44,889.50	ปานกลาง

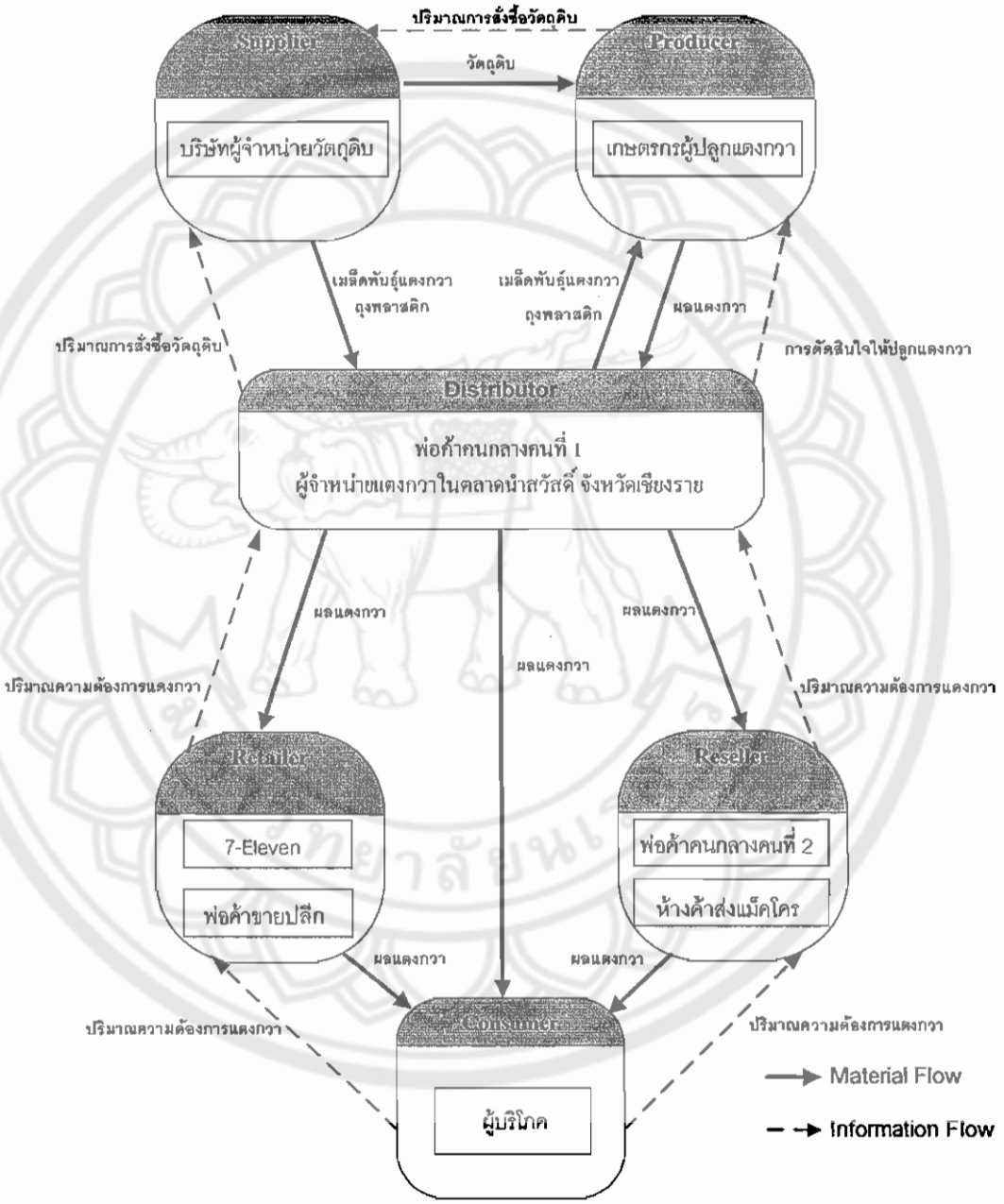
(ที่มา: จาก นายจำนงค์ ตันลือ)

b. พ่อค้าคนกลางคนที่ 1 (Distributor)

พ่อค้าคนกลางคนที่ 1 (Distributor) เป็นผู้ที่ต้องการทราบข้อมูลเกี่ยวกับความต้องการแตงกวาของลูกค้า เพื่อนำข้อมูลนั้นไปประมาณการปริมาณแตงกวาที่จะต้องซื้อจากเกษตรกร (Producer) โดยสามารถแบ่งความต้องการแตงกวาของลูกค้าได้ดังนี้

1) ความต้องการที่คาดการณ์ได้

กลุ่มลูกค้ามีทั้งหมด 6 กลุ่ม ซึ่งจะแบ่งเป็น 2 ประเภทตามลักษณะคำสั่งซื้อ โดยกลุ่มลูกค้าประเภทแรกเป็นกลุ่มที่มีการสั่งสินค้าไว้ล่วงหน้า ทำให้พ่อค้าคนกลางคนที่ 1 สามารถคาดการณ์ความต้องการแตงกวาได้ เพื่อที่จะกำหนดปริมาณแตงกวาที่จะต้องซื้อจากเกษตรกร



รูปที่ 4.9 โครงสร้างโซ่อุปทานแตงกวา

2) ความต้องการที่คาดการณ์ไม่ได้

ลูกค้าประเภทหลังเป็นกลุ่มที่ไม่มีการสั่งสินค้าไว้ล่วงหน้า อีกทั้งยังต้องการซื้อแตงกวาแต่ละวันในปริมาณที่ไม่เท่ากัน ทำให้พ่อค้าคนกลางคนที่ 1 ไม่สามารถคาดการณ์ความต้องการแตงกวาของลูกค้ากลุ่มหลังนี้ได้ ดังนั้นพ่อค้าคนกลางคนที่ 1 จึงต้องมีการสั่งซื้อแตงกวาในปริมาณที่มากกว่าความต้องการของลูกค้าเนื่องจากความต้องการแตงกวาของลูกค้ามีทั้งความต้องการที่คาดการณ์ได้และความต้องการที่คาดการณ์ไม่ได้ เพื่อให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจในการซื้อแตงกวา

3) ความต้องการแตงกวาสด (D'_{1ij})

ความต้องการผลแตงกวาที่เกษตรกรเก็บในช่วงเช้ามืดของแต่ละวัน โดยในช่วงเช้าของวันนั้นจะนำมาจำหน่ายให้กับพ่อค้าคนกลางคนที่ 1 ที่ตลาดนำสวัสดิ์ จังหวัดเชียงราย ตามปริมาณที่สั่งซื้อ โดยทำการบรรจุผลแตงกวาลงถุงพลาสติก ให้มีปริมาณแตงกวาหนัก 10 กิโลกรัม ต่อ 1 ถุง

4) ความต้องการแตงกวาเก่า (D'_{2ij})

จากการสั่งซื้อแตงกวาสดในปริมาณที่เกินกว่าความต้องการของลูกค้าเพื่อให้เกิดความพึงพอใจแก่ลูกค้า ทำให้มีปริมาณแตงกวาที่คงเหลือหลังจากจำหน่ายแล้วในแต่ละวัน(แตงกวาเก่า) แต่อย่างไรก็ตามก็ยังมีลูกค้าบางกลุ่มที่มีทั้งความต้องการแตงกวาสดและแตงกวาเก่า เพราะราคาแตงกวาเก่าถูกว่าแตงกวาสด

พ่อค้าคนกลางคนที่ 1 จะนำข้อมูลปริมาณความต้องการซื้อแตงกวาไปทำการวางแผนการตัดสินใจเกี่ยวกับการปลูกแตงกวาให้แก่เกษตรกรในกลุ่มเครือข่ายทั้ง 14 ราย (Producer) ว่าจะให้เกษตรกรรายใดทำการปลูกแตงกวาในช่วงเวลาใดบ้างในระยะเวลา 1 ปี และทำการวางแผนการสั่งซื้อวัตถุดิบบางส่วนได้แก่ เมล็ดพันธุ์แตงกวา และถุงพลาสติก จากบริษัทผู้จำหน่ายวัตถุดิบ (Supplier) โดยตัดสินใจว่าจะสั่งวัตถุดิบนั้นจำนวนเท่าใดให้แก่เกษตรกรที่ได้ถูกคัดเลือกให้ปลูกแตงกวาในแต่ละครั้ง

c. เกษตรกรผู้ปลูกแตงกวา (Producer)

หลังจากเกษตรกรผู้ปลูกแตงกวาได้รับคำสั่งให้ปลูกแตงกวาจากพ่อค้าคนกลางคนที่ 1 แล้วก็จะดำเนินการสั่งซื้อวัตถุดิบอื่นๆ ที่นอกเหนือจากที่พ่อค้าคนกลางคนที่ 1 ได้สั่งให้แล้ว จากบริษัทผู้จำหน่ายวัตถุดิบ

❖ **การไหลของวัตถุดิบ/สินค้า**

การไหลของวัตถุดิบประกอบด้วย เมล็ดพันธุ์แตงกวา ปุ๋ย ยาฆ่าหญ้า ยาฆ่าแมลง ขุยมะพร้าว ยาผงคลุกเมล็ด สารเคมีป้องกันและกำจัดโรค ยาฆ่าเชื้อรา ฮอร์โมน และถุงพลาสติก จากบริษัทผู้จำหน่ายวัตถุดิบ (Supplier) ไปสู่พ่อค้าคนกลางคนที่ 1 (Distributor) โดยพ่อค้าคน

กลางคนที่ 1 เป็นผู้จำหน่ายเมล็ดพันธุ์แตงกวาและถุงพลาสติก ให้กับเกษตรกรผู้ปลูกแตงกวา (ผู้ที่ได้รับการตัดสินใจให้ทำการปลูกแตงกวา) การไหลของผลแตงกวาจากเกษตรกรผู้ปลูกแตงกวาไปยังพ่อค้าคนกลางคนที่ 1 ซึ่งเป็นผู้จำหน่ายให้กับลูกค้าทั้ง 3 Stages (Retailer, Reseller และ Consumer) ซึ่งแต่ละส่วนที่เกี่ยวข้องกับการไหลของวัตถุดิบมีรายละเอียดดังนี้

a) บริษัทผู้จำหน่ายวัตถุดิบ (Supplier)

เมื่อบริษัทผู้จำหน่ายวัตถุดิบได้รับข้อมูลเกี่ยวกับจำนวนวัตถุดิบที่พ่อค้าคนกลางคนที่ 1 และเกษตรกรผู้ปลูกแตงกวาสั่งซื้อแล้วจากนั้นก็จะดำเนินการจัดเตรียมและส่งมอบวัตถุดิบให้กับพ่อค้าคนกลางคนที่ 1 ณ ตลาดนำสวัสดิ์ จังหวัดเชียงราย ส่วนเกษตรกรจะไปรับวัตถุดิบด้วยตนเอง

b) เกษตรกรผู้ปลูกแตงกวา (Producer)

สำหรับการปลูกแตงกวาจะใช้ระยะเวลาในการเตรียมดินก่อนปลูกประมาณ 5-6 วัน และระยะเวลาการเติบโตของแตงกวาประมาณ 30 วัน จากนั้นจึงจะสามารถเก็บผลแตงกวาได้เป็นระยะเวลา 36 วัน โดยการเก็บผลแตงกวาจะเก็บในช่วงเช้ามืด แล้วทำการแบ่งแยกเกรดของแตงกวาเป็น 3 เกรด คือ 1) แตงกวาเกรดดี 2) แตงกวาเกรดปานกลาง และ3)แตงกวาเกรดต่ำ ซึ่งเมื่อทำการแยกเกรดของแตงกวาแล้วจะทำให้ทราบว่าปริมาณของผลแตงกวาเกรดดีจะมีมากกว่าปริมาณของผลแตงกวาเกรดต่ำ และปริมาณของผลแตงกวาเกรดต่ำจะมีมากกว่าปริมาณของผลแตงกวาเกรดปานกลาง ตามอัตราผลผลิตแตงกวา โดยปริมาณผลแตงกวาแต่ละเกรดที่จะได้รับจากการปลูกแต่ละครั้งนั้นจะขึ้นอยู่กับฤดูกาล และสภาพอากาศ จากนั้นเกษตรกรผู้ปลูกแตงกวาจะนำผลแตงกวามาจำหน่ายให้กับพ่อค้าคนกลางคนที่ 1 ตามปริมาณที่สั่งซื้อในช่วงเช้าของวันนั้นๆ ที่ตลาดนำสวัสดิ์ โดยทำการบรรจุผลแตงกวาลงถุงพลาสติก ให้มีปริมาณแตงกวาหนัก 10 กิโลกรัม

c) พ่อค้าคนกลางคนที่ 1 (Distributor)

เป็นผู้ที่รับซื้อแตงกวาทั้ง 3 เกรด จากเกษตรกรผู้ปลูกแตงกวา ซึ่งราคาซื้อแตงกวาแต่ละเกรดแตกต่างกัน โดยราคาที่ซื้อแตงกวาเกรดดีจะสูงกว่าแตงกวาเกรดปานกลาง และแตงกวาเกรดต่ำมีราคาต่ำที่สุด โดยราคาแตงกวาในแต่ละวันจะไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับปัจจัยดังต่อไปนี้

(1) ปัจจัยที่ทำให้ราคาแตงกวาต่ำ

- ปริมาณผลผลิตแตงกวาที่ผู้ปลูกแตงกวาได้รับมีปริมาณมากเกินไป
- ปริมาณแตงกวาในตลาดเดียวกันมีมากทำให้มีแข่งขันกันสูงราคาจึงต่ำ
- ปริมาณผลิตแตงกวาในต่างพื้นที่มีมากทำให้มีพ่อค้าคนอื่นนำแตงกวาเข้ามาจำหน่ายในตลาดเดียวกันนี้มากขึ้น

- ลูกค้ามีความต้องการแตงกวาในปริมาณที่ลดลง

(2) ปัจจัยที่ทำให้ราคาแตงกวาสูง

- ปริมาณผลผลิตแตงกวาที่ผู้ปลูกแตงกวาได้รับมีปริมาณน้อยลง
- ปริมาณแตงกวาในตลาดเดียวกันมีน้อยลงทำให้มีแข่งขันกันต่ำลงราคาจึงสูงขึ้น
- ปริมาณผลิตแตงกวาในต่างพื้นที่มีน้อยทำให้มีพ่อค้าต่างพื้นที่มีความต้องการแตงกวามากขึ้น จึงมีการจำหน่ายออกไปนอกพื้นที่เป็นผลให้ราคาแตงกวาสูงขึ้น
- ลูกค้ามีความต้องการแตงกวาในปริมาณที่เพิ่มขึ้น

พ่อค้าคนกลางคนที่ 1 จะนำแตงกวานั้นจำหน่ายแก่ลูกค้า (Retailer, Reseller และ Consumer) ณ ตลาดนำสวัสดิ์ จังหวัดเชียงราย โดยมีลักษณะการจำหน่ายและการคงเหลือของแตงกวาหลังจากจำหน่ายดังนี้

1) การจำหน่ายแตงกวา

- การจำหน่ายแตงกวาในวันที่ 1

เมื่อพ่อค้าคนกลางคนที่ 1 ทำการซื้อแตงกวาสดในช่วงเช้า (AM1) เรียบร้อยแล้ว จากนั้นทำการจำหน่ายแตงกวาให้แก่ลูกค้า โดยปริมาณแตงกวาที่จำหน่ายในวันที่ 1 (S_{ij}^1) จะไม่เกินกว่าปริมาณแตงกวาที่ได้ทำการซื้อมาจากผู้ปลูกแตงกวา (X_i^1) ส่วนแตงกวาสดที่ขายไม่ได้จนกระทั่งช่วงเย็นในวันแรก (PM1) จะกลายเป็นแตงกวาที่คงค้าง (Y_{i1}^1) ดังแสดงในรูปที่ 4.10

- การจำหน่ายแตงกวาในวันที่ 2

เมื่อพ่อค้าคนกลางคนที่ 1 ทำการซื้อแตงกวาสดในช่วงเช้า (AM2) เรียบร้อยแล้ว จากนั้นทำการจำหน่ายแตงกวาสด (X_i^2) และแตงกวาเก่า (แตงกวาที่คงค้างที่มีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 1 วัน หรือแตงกวาที่ค้างจากวันที่ 1, Y_{i1}^1)แก่ลูกค้าตามความต้องการของลูกค้า ซึ่งความต้องการซื้อแตงกวาของลูกค้านับจากวันที่ 2 เป็นต้นไป จะมีทั้งความต้องการแตงกวาสด(D_{1ij}^t)และความต้องการแตงกวาเก่า (D_{2ij}^t) โดยปริมาณแตงกวาที่จำหน่ายในวันที่ 2 (S_{ij}^2)จะไม่เกินกว่าปริมาณแตงกวาที่ได้ทำการซื้อมาจากผู้ปลูกแตงกวาในวันที่ 2 (X_i^2) รวมกับแตงกวาที่คงค้างที่มีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 1 วัน (Y_{i1}^1)

- การจำหน่ายแตงกวาในวันที่ 3

เมื่อพ่อค้าคนกลางคนที่ 1 ทำการซื้อแตงกวาสดในช่วงเช้า (AM3) เรียบร้อยแล้ว จากนั้นทำการจำหน่ายแตงกวาดังนี้

ป
TP
ส3
ก124ก
2552
3 ก.ย. 2552
4152952
สำนักหอสมุด

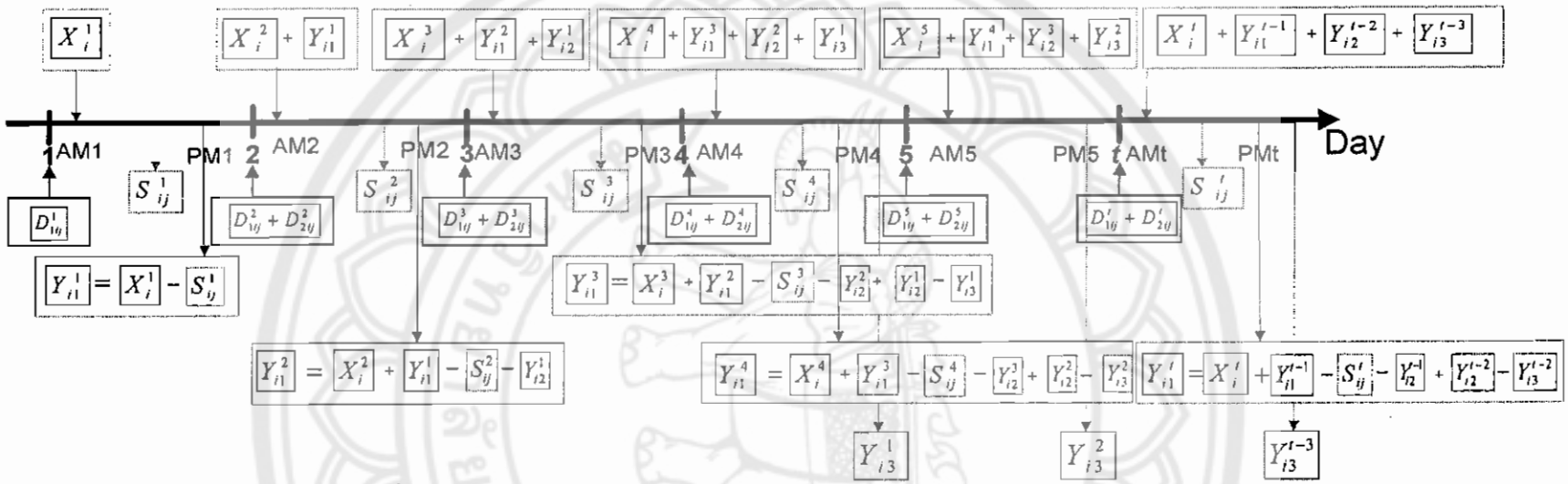
(1) แตงกวาสด (X_i^3)

(2) แตงกวาเก่า

(2.1) แตงกวาที่คงค้างที่มีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 1 วัน (แตงกวาที่ค้างจากวันที่ 2, Y_{i1}^2)

(2.2) แตงกวาที่คงค้างที่มีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 2 วัน (แตงกวาที่ค้างจากวันที่ 1, Y_{i2}^1)

แก่ลูกค้าตามความต้องการของลูกค้า โดยปริมาณแตงกวาที่จำหน่ายในวันที่ 3 (S_{ij}^3) จะไม่เกินกว่าปริมาณแตงกวาที่ได้ทำการซื้อมาจากผู้ปลูกแตงกวาในวันที่ 3 (X_i^3) รวมกับปริมาณแตงกวาที่คงค้างที่มีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 1 วัน (Y_{i1}^2) และแตงกวาที่คงค้างที่มีอายุนับ



X_i^t = จำนวนแตงกวาเกรดที่ i ที่สั่งซื้อในวันที่ t (ถุง)

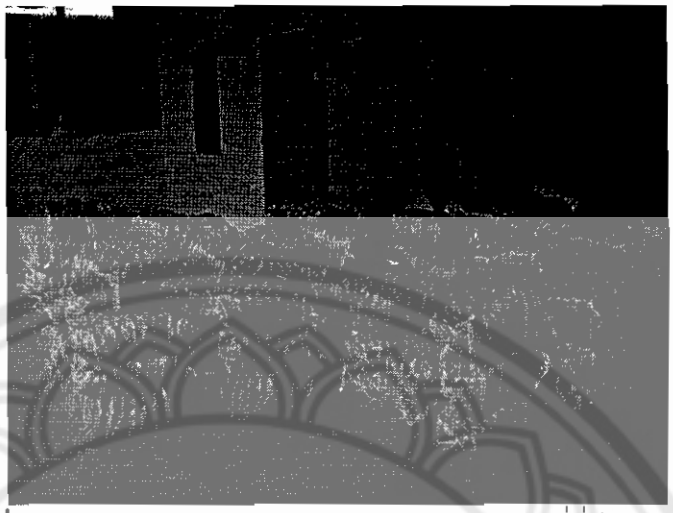
S_{ij}^t = จำนวนแตงกวาเกรดที่ i ที่จำหน่ายแก่ลูกค้าคนที่ j ในวันที่ t (ถุง)

Y_{in}^t = จำนวนแตงกวาเกรดที่ i ที่คงค้างซึ่งมีอายุนับจากวันที่ซื้อมา n วัน ในวันที่ t (ถุง)

D_{1ij}^t = ความต้องการแตงกวาสดเกรดที่ i ของลูกค้าคนที่ j ในวันที่ t (ถุง)

D_{2ij}^t = ความต้องการแตงกวาเก่าเกรดที่ i ของลูกค้าคนที่ j ในวันที่ t (ถุง)

รูปที่ 4.10 แผนภาพการจำหน่ายแตงกวา



รูปที่ 4.11 การจัดแตงกวาเป็นกองๆ สำหรับให้ลูกค้าที่สั่งไว้ล่วงหน้า

จากวันที่ซื้อมา 2 วัน (Y_{i2}^{1}) สำหรับการจำหน่ายแตงกวาให้แก่ลูกค้าประเภทแรกที่ได้สั่งซื้อไว้ล่วงหน้าก็จะมีการจัดเตรียมแตงกวาไว้เป็นกองๆ ให้แก่ลูกค้าแต่ละราย ดังแสดงในรูปที่ 4.11

- การจำหน่ายแตงกวาในวันที่ 4 เป็นต้นไป

เมื่อพ่อค้าคนกลางคนที่ 1 ทำการซื้อแตงกวาเรียบร้อยแล้วจากนั้นก็จะจำหน่ายแตงกวาดังนี้

(1) แตงกวาสด (X_i^4)

(2) แตงกวาเก่า

(2.1) แตงกวาที่คงค้างที่มีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 1 วัน (แตงกวาที่ค้างจากวันที่ 3, Y_{i1}^{3})

(2.2) แตงกวาที่คงค้างที่มีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 2 วัน (แตงกวาที่ค้างจากวันที่ 2, Y_{i2}^{2})

(2.3) แตงกวาที่คงค้างที่มีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 3 วัน (แตงกวาที่ค้างจากวันที่ 1, Y_{i3}^{1})

แก่ลูกค้าตามความต้องการของลูกค้า ดังนั้นปริมาณแตงกวาที่จำหน่ายในวันที่ 4 (S_{ij}^{4}) จะไม่เกินกว่าปริมาณแตงกวาที่ได้ทำการซื้อมาจากผู้ปลูกแตงกวาในวันที่ 4 (X_i^4) รวมกับปริมาณแตงกวาที่คงค้างที่มีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 1 วัน (Y_{i1}^{3}), แตงกวาที่คงค้างที่มีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 2 วัน (Y_{i2}^{2}) และแตงกวาที่คงค้างที่มีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 3 วัน (Y_{i3}^{1}) หากในตอนเย็น (PM4)

แตงกวาที่คงค้างที่มีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 3 วัน ยังคงจำหน่ายไม่หมดจะต้องนำไปทิ้ง เพราะแตงกวานี้เริ่มเน่าเสียไม่สามารถจำหน่ายในวันต่อไปได้

2) ปริมาณแตงกวาที่คงค้าง

ปริมาณแตงกวาที่คงค้างเกิดจากการสั่งซื้อที่เกินกว่าความต้องการของลูกค้า เพื่อให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจมากที่สุด แต่ปริมาณแตงกวาที่คงค้างก็มีข้อจำกัดของการยอมให้คงค้างเนื่องจากพื้นที่ในการกองมีจำกัด และการที่มีแตงกวาคงค้างมากจะส่งผลให้กำไรลดลงเนื่องจากรายจ่ายเพิ่มขึ้น คือทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนถุงพลาสติก, ค่าใช้จ่ายในการจ้างคนงาน และค่าสูญเสียโอกาสในการขายแตงกวาเนื่องจากแตงกวาเน่าเสีย

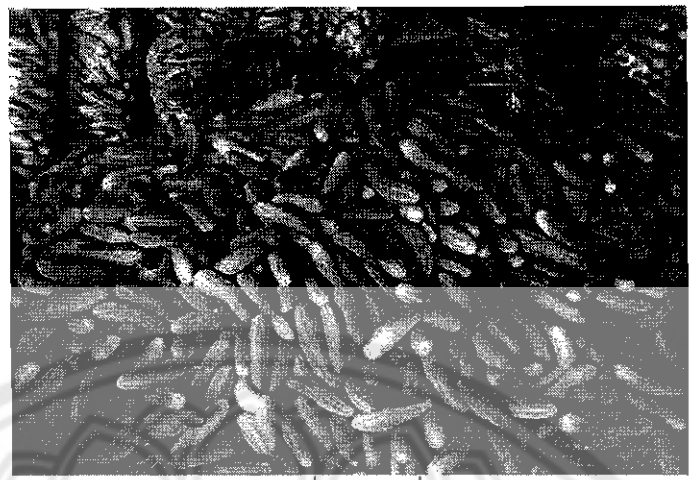
การจำหน่ายแตงกวาที่คงค้างนั้นจะต้องมีการนำแตงที่คงค้างทั้งหมดมาเทออกจากถุงกองรวมกันเพื่อคัดแยกส่วนที่เริ่มเน่าเสีย และส่วนที่ยังสามารถนำไปจำหน่ายต่อไปได้ แตงกวาในส่วนสามารถนำไปจำหน่ายได้นั้นก็จะทำการเปลี่ยนถุงพลาสติกที่บรรจุใหม่เพื่อให้ดูสวยงามดังแสดงในรูปที่ 4.12

- ปริมาณแตงกวาที่คงค้างในวันที่ 1 (ตอนเย็น)

ปริมาณแตงกวาที่คงค้างในวันที่ 1 (หรือเรียกว่าแตงกวาที่คงค้างที่มีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 1 วัน, Y_{i1}^{1}) ซึ่งเมื่อทำการเปลี่ยนถุงพลาสติกที่ใช้บรรจุแล้วจะสามารถนำไปจำหน่ายในวันที่ 2 ได้

- ปริมาณแตงกวาที่คงค้างในวันที่ 2 (ตอนเย็น)

ปริมาณแตงกวาที่คงค้างในวันที่ 2 (หรือเรียกว่า แตงกวาที่คงค้างที่มีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 1 วัน, Y_{i1}^{2}) ในตอนเย็นวันที่ 2 จะต้องนำแตงกวาที่คงค้างที่มีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 1 และ 2 วัน มากองคละรวมกันเพื่อทำการเปลี่ยนถุงพลาสติกที่ใช้บรรจุใหม่ก่อนที่จะนำไปจำหน่ายในวันที่ 3 ต่อไป



รูปที่ 4.12 การคัดแยกแตงกวาที่คงค้างเพื่อทำการบรรจุถุงพลาสติกใหม่

- ปริมาณแตงกวาที่คงค้างในวันที่ 3 (ตอนเย็น)

ปริมาณแตงกวาที่คงค้างในวันที่ 3 (หรือเรียกว่า แตงกวาที่คงค้างที่มีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 1 วัน, ในตอนเย็นวันที่ 3 จะต้องนำแตงกวาที่คงค้างที่มีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 1 และ2 วัน มากองคละรวมกันเพื่อทำการเปลี่ยนถุงพลาสติกที่ใช้บรรจุใหม่ก่อนที่จะนำไปจำหน่ายในวันที่ 4 ต่อไป

- ปริมาณแตงกวาที่คงค้างในวันที่ 4 (ตอนเย็น) เป็นต้นไป

ปริมาณแตงกวาที่คงค้างในวันที่ 4 (หรือเรียกว่า แตงกวาที่คงค้างที่มีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 1 วัน, Y_{i1}^{4}) ในตอนเย็นวันที่ 4 จะต้องนำแตงกวาที่คงค้างที่มีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 1 และ 2 วัน มากองคละรวมกันเพื่อทำการเปลี่ยนถุงพลาสติกที่ใช้บรรจุใหม่ก่อนที่จะนำไปจำหน่ายในวันที่ 4 ต่อไป ส่วนแตงกวาที่คงค้างที่มีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 3 วัน ที่คงค้างมาจนถึงวันที่ 4 ตอนเย็น (แตงกวาที่คงค้างในวันที่ 1) จะไม่สามารถนำไปจำหน่ายต่อไปได้ ดังนั้นจะต้องนำแตงกวานั้นไปทิ้งแล้วจะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการขนส่งแตงกวาไปทิ้งด้วย

4.1.3 ปัญหาที่ต้องใช้ Math Model ในการหาคำตอบ

การบริหารจัดการในการดำเนินงานของพ่อค้าคนกลางคนที่ 1 (Distributor) มีปัญหาเกิดขึ้นโดยจะกล่าวเป็น 2 ส่วน ดังนี้

❖ การไหลของข้อมูล

พ่อค้าคนกลางคนที่ 1 ไม่มีเวลาในการเก็บรายละเอียดเกี่ยวกับความต้องการแตงกวาของลูกค้าทั้งที่เป็นความต้องการคาดการณ์ได้ ความต้องการที่คาดการณ์ไม่ได้ ความต้องการแตงกวาสดและความต้องการแตงกวาเก่าของลูกค้าทุกกลุ่มทุกวัน ดังนั้นจึงส่งผลให้ พ่อค้าประเมินปริมาณ

แตงกวาที่ต้องซื้อในแต่ละวันผิดพลาด อีกทั้งยังส่งผลไปถึงการวางแผนการตัดสินใจให้ปลูกแตงกวาแก่เกษตรกรผู้ปลูกแตงกวาทั้ง 14 ราย และปริมาณวัตถุดิบที่จะต้องซื้อจากบริษัทผู้จำหน่ายวัตถุดิบ

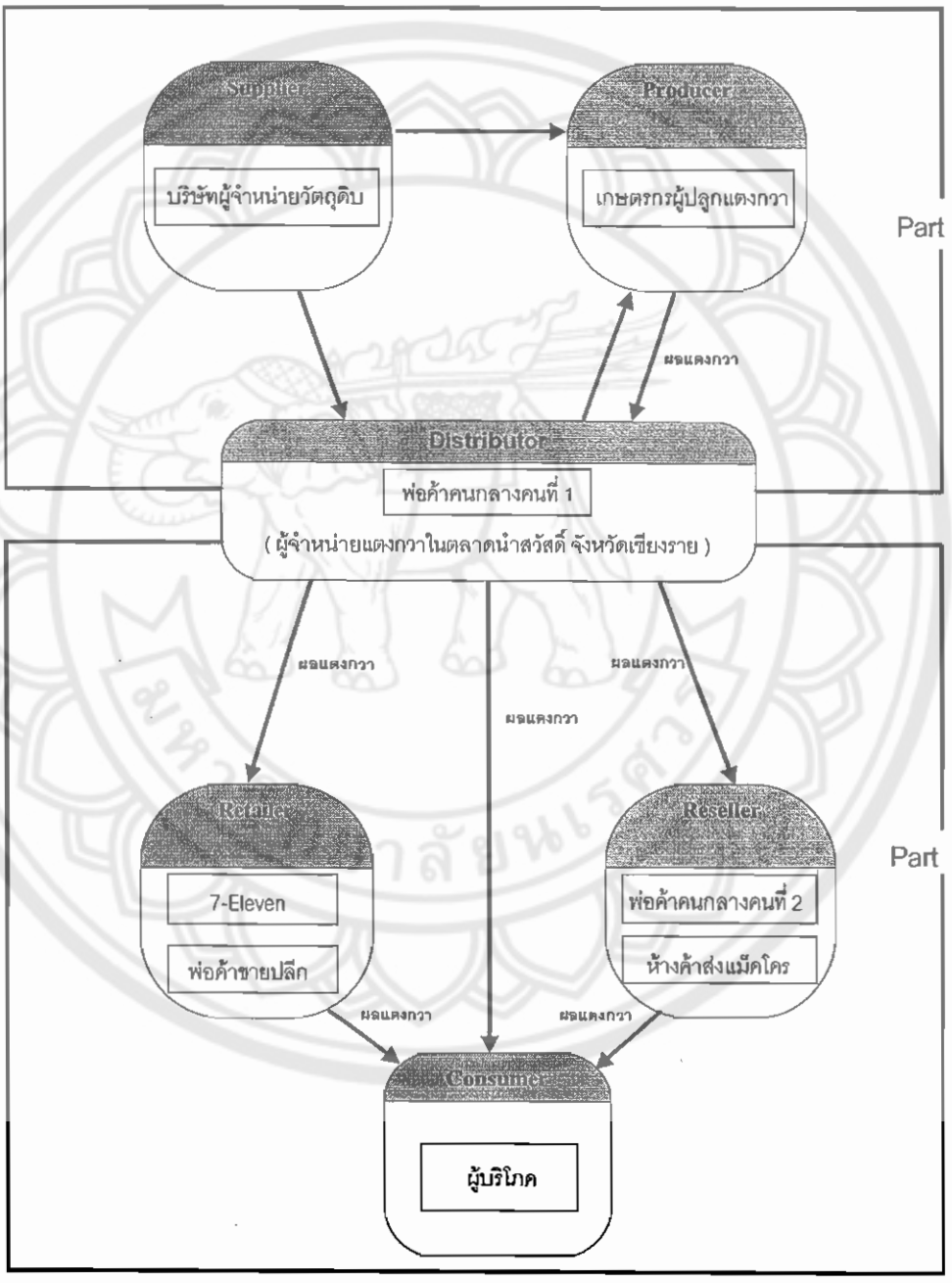
❖ **การไหลของวัตถุดิบ/สินค้า**

เนื่องจากการไหลของข้อมูลเกิดความผิดพลาดจึงส่งผลให้การไหลของวัตถุดิบ/สินค้าเกิดความผิดพลาดด้วย โดยเริ่มตั้งแต่ปริมาณวัตถุดิบที่ได้รับจากบริษัทผู้จำหน่ายวัตถุดิบไปสู่เกษตรกรทั้งโดยตรงและผ่านพ่อค้าคนกลางคนที่ 1 และเมื่อเกษตรกรผู้ที่ได้รับการตัดสินใจให้ปลูกแตงกวาทำการปลูกแตงกวาแล้วส่งผลให้ได้รับผลแตงกวาในปริมาณที่ไม่ตรงกับความต้องการของลูกค้า จากนั้นเกษตรกรจะนำผลแตงกวาไปจำหน่ายให้แก่พ่อค้าคนกลางคนที่ 1 ซึ่งเป็นผู้กระจายสินค้าแตงกวาแก่ลูกค้าทั้ง 3 Stages (Retailer, Reseller และ Consumer) ทำให้มีปัญหาเกิดขึ้นคือ ไม่สามารถจัดสรรแตงกวาให้แก่ลูกค้าได้ตรงตามปริมาณที่ลูกค้าต้องการ ทำให้ลูกค้าเกิดความรู้สึกไม่พึงพอใจและขาดความเชื่อมั่นที่จะซื้อแตงกวาในครั้งถัดไป รวมทั้งอาจจะส่งผลให้ลูกค้าตัดสินใจซื้อแตงกวาจากผู้จำหน่ายแตงกวารายอื่นที่อยู่ในตลาดเดียวกัน

จากปัญหาที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นทำให้พ่อค้าคนกลางคนที่ 1 ต้องการหาแนวทางแก้ไขปัญหา ดังนั้นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จำนวนเต็มเชิงเส้นตรง (Integer Linear Programming Model) จึงถูกสร้างขึ้นมาเพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด โดยที่ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ในเป้าหมายและในเงื่อนไขของปัญหาจะอยู่ในรูปสมการเชิงเส้นตรง

Part I **การวางแผนการจำหน่ายแตงกวา (Model 1)**

เป็นการวางแผนจำนวนแตงกวาที่ลูกค้าจะซื้อจากพ่อค้าคนกลางคนที่ 1 โดยลูกค้าประกอบด้วย 3 Stages คือ Retailer, Reseller และ Consumer ดังแสดงในรูปที่ 4.13 นอกจากนี้ยังรวมถึงการวางแผนการจำหน่ายแตงกวาและจำนวนคนงานที่จะต้องจ้างในแต่ละวัน



รูปที่ 4.13 **การไหลของผลแตงกวา**

4.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical model)

4.2.1 ข้อกำหนด

1) การเปลี่ยนถุงพลาสติกที่ใช้บรรจุแตงกวาเสียค่าใช้จ่าย 2 บาท ต่อถุง

2) แตงกวาที่คงค้างที่มีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 3 วัน จะไม่สามารถนำไปจำหน่ายต่อไปได้

3) ค่าจ้างคนงานวันละ 300 บาท ต่อ คน

4.2.2 ข้อสมมุติ (Assumption)

1) มีพื้นที่สำหรับวางแตงกวาในแต่ละวันจำนวน 24 ตารางเมตร

2) พื้นที่ 1 ตารางเมตร สามารถนำแตงกวามาจัดวางได้ 45 ถุง

3) การขนส่งแตงกวา 1 ถุง เสียค่าใช้จ่าย 1 บาท

4) คนงาน 1 คน สามารถทำงานเกี่ยวกับแตงกวาได้ 600 ถุง ในแต่ละวัน

5) ราคาแตงกวาของแต่ละเกรดที่ซื้อในแต่ละวัน (บาท ต่อ ถุง)

4.2.3 Notation

1.) Indices

i = เกรดของแตงกวา

j = ลูกค้าแต่ละราย

n = อายุแตงกวานับตั้งแต่วันที่ซื้อมา (วัน)

t = เวลา (วัน)

2.) Parameters

A^t = จำนวนพื้นที่สำหรับวางแตงกวาในวันที่ t (ตารางเมตร)

B_i^t = ราคาแตงกวาเกรดที่ i ที่ซื้อในวันที่ t (บาท ต่อ ถุง)

D_{1ij}^t = จำนวนความต้องการแตงกวาสดเกรดที่ i ของลูกค้าคนที่ j ในวันที่ t (ถุง)

D_{2ij}^t = จำนวนความต้องการแตงกวาเก่าเกรดที่ i ของลูกค้าคนที่ j ในวันที่ t (ถุง)

E = จำนวนเท่าของความต้องการแตงกวาสด

F = ร้อยละของความต้องการแตงกวาเก่าตามปริมาณแตงกวาที่คงค้าง

G_i = ร้อยละของจำนวนพื้นที่สำหรับวางแตงกวาเกรดที่ i

H = ร้อยละของความต้องการแตงกวาเก่าตามปริมาณแตงกวาที่จำหน่าย

J^t = จำนวนแตงกวา ที่เป็นมาตรฐานของการปฏิบัติงานของพนักงาน 1 คน ในวันที่ t (ถุง ต่อ คน)

L^t = จำนวนแตงกวาที่สามารถนำมาจัดวางในพื้นที่ 1 ตารางเมตร ในวันที่ t (ถุง ต่อ ตารางเมตร)

P_i^t = ค่าถุงพลาสติกที่ใช้บรรจุแตงกวาเกรดที่ i ในวันที่ t (บาท ต่อ ถุง)

R_i = จำนวนเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่สำหรับวางแตงกวาที่ซื้อมาเกรดที่ i

T_{ij}^t = ค่าขนส่งแตงกวาเกรดที่ i ไปยังลูกค้าคนที่ j ในวันที่ t (บาท ต่อ ถุง)

W^t = ค่าจ้างคนงานในวันที่ t (บาท ต่อ คน)

หมายเหตุ การปฏิบัติงานของพนักงาน คือ การทำหน้าที่จำหน่ายแตงกวา การจัดเรียงแตงกวา การเปลี่ยนถุงแตงกวา เป็นต้น

3.) Decision Variables

N^t = จำนวนคนงานที่ต้องจ้างในวันที่ t (คน)

S_{ij}^t = จำนวนแตงกวาเกรดที่ i ที่จำหน่ายให้แก่ลูกค้าคนที่ j ในวันที่ t (ถุง)

X_i^t = จำนวนแตงกวาสดเกรดที่ i ที่จะสั่งซื้อในวันที่ t (ถุง)

Y_{in}^t = จำนวนแตงกวาเกรดที่ i ที่คงค้างซึ่งมีอายุนับจากวันที่ซื้อมา n วัน ในวันที่ t (ถุง)

4.2.4 Verbal model

Minimize: ค่าใช้จ่ายในการซื้อแตงกวา + ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนถุงแตงกวาที่คงค้างซึ่งมีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 1 และ 2 วัน + ค่าใช้จ่ายในการนำแตงกวาที่คงค้างซึ่งมีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 3 วัน ไปทิ้ง + ค่าใช้จ่ายในการจ้างคนงาน + ค่าใช้จ่ายในการขนส่งแตงกวาจากพ่อค้าไปยังลูกค้า

Subject to:

ข้อจำกัดของพื้นที่สำหรับวางแตงกวาทั้งที่เป็นแตงกวาสดและแตงกวาเก่า,

ข้อจำกัดของปริมาณความต้องการแตงกวาของลูกค้าแต่ละราย,

ข้อจำกัดของปริมาณแตงกวาที่คงค้างของแต่ละวันจะขึ้นอยู่กับปริมาณแตงกวาที่ซื้อและปริมาณแตงกวาที่จำหน่ายในวันนั้นๆ อีกทั้งยังขึ้นอยู่กับปริมาณแตงกวาที่คงค้างจากวันก่อน,

ข้อจำกัดของจำนวนคนงานที่จะต้องจ้างในแต่ละวันนั้นจะขึ้นอยู่กับปริมาณแตงกวาที่มีอยู่ทั้งแตงกวาสดและแตงกวาเก่า

4.2.5 Objective function

ค่าใช้จ่ายในการจำหน่ายแตงกวา (บาท) มี มีองค์ประกอบ 5 ส่วน ดังนี้

1) ค่าใช้จ่ายในการซื้อแตงกวา โดยคำนวณได้จาก จำนวนแตงกวาชนิดที่ i ที่จะสั่งซื้อในวันที่ t (ถุง) คูณกับราคาแตงกวาเกรดที่ i ที่ซื้อในวันที่ t (บาทต่อถุง)

2) ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนถุงแตงกวาที่คงค้างซึ่งมีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 1 และ 2 วัน โดยคำนวณได้จาก จำนวนแตงกวาเกรดที่ i ที่คงค้างซึ่งมีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 1 และ 2 วัน ในวันที่ t (ถุง) คูณกับค่าถุงพลาสติกที่ใช้บรรจุแตงกวาเกรดที่ i ในวันที่ t (บาท ต่อ ถุง)

3) ค่าใช้จ่ายในการนำแตงกวาที่คงค้างซึ่งมีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 3 วันโดยคำนวณได้จาก จำนวนแตงกวาเกรดที่ i ที่คงค้างซึ่งมีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 3 วัน ในวันที่ t (ถุง) คูณกับค่าขนส่งแตงกวาเกรดที่ i ไปทิ้งในวันที่ t (บาท ต่อ ถุง)

4) ค่าใช้จ่ายในการจ้างคนงาน โดยคำนวณได้จาก จำนวนคนงานที่ต้องจ้างในวันที่ t (คน) คูณกับค่าจ้างคนงานในวันที่ t (บาท ต่อ คน)

5) ค่าใช้จ่ายในการขนส่งแตงกวาจากพ่อค้าไปยังลูกค้า โดยคำนวณได้จาก จำนวนแตงกวาเกรดที่ i ที่จำหน่ายให้แก่ลูกค้าคนที่ j ในวันที่ t (ถุง) คูณกับค่าขนส่งแตงกวาเกรดที่ i ไปยังลูกค้าคนที่ j ในวันที่ t (บาท ต่อ ถุง)

เพื่อหาจำนวนแตงกวาชนิดต่างๆ ที่จะต้องสั่งซื้อ จำนวนแตงกวาชนิดต่างๆ ที่คงค้าง จำนวนคนงานที่ต้องจ้าง และจำนวนแตงกวาชนิดต่างๆ ที่จำหน่ายให้แก่ลูกค้า ซึ่งทำให้ค่าใช้จ่ายในการจำหน่ายแตงกวาทั้งหมด (6 ส่วน) ต่ำสุดโดยทำการสร้างแบบจำลองโปรแกรมจำนวนเต็มเชิงเส้นตรง (Integer Linear Programming (ILP) model) ประกอบด้วยสมการเป้าหมาย (Objective function) ดังแสดงในสมการที่ 1 และสมการเงื่อนไขต่าง ๆ (Constraints) ดังแสดงในสมการที่ 2 - 27

$$\text{Min} \sum_i \sum_t B_i^t X_i^t + \sum_i \sum_t \sum_{n=1}^{2} P_i^t Y_{in}^t + \sum_i \sum_t T_{ij}^t Y_{i3}^t + \sum_t W^t N^t + \sum_i \sum_t \sum_j T_{ij}^t S_{ij}^t \qquad (1)$$

4.2.6 Constraints

1. จำนวนแตงกวาที่จะซื้อเกรดที่ 1 ในวันที่ t (ถุง) จะต้องซื้อไม่เกินกว่าจำนวนเท่าของจำนวนความต้องการแตงกวาสดเกรดที่ 1 ของลูกค้าคนที่ j ในวันที่ t (ถุง) รวมกับความต้องการแตงกวาเก่าเกรดที่ 1 ของลูกค้าคนที่ j ในวันที่ t (ถุง)

$$X_i^t \le E \sum_j D_{1ij}^t + \sum_j D_{2ij}^t \qquad \text{for i = 1, } \forall t \qquad (2)$$

2. จำนวนแตงกวาที่จะซื้อเกรดที่ i ในวันที่ t (ถุง) ต้องไม่น้อยกว่าผลรวมของจำนวนความต้องการแตงกวาสดเกรดที่ i ของลูกค้าคนที่ j ในวันที่ t (ถุง) กับจำนวนแตงกวาเกรดที่ i ที่คงค้างซึ่งมีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 1 วัน ในวันที่ t (ถุง)

$$X_i^t \ge Y_{in}^t + \sum_j D_{1ij}^t \qquad \text{for n = 1, } \forall i,t \qquad (3)$$

3. จำนวนแตงกวาเกรดที่ i ที่คงค้างซึ่งมีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 1 วันในวันที่ 2 เป็นต้นไป (ถุง) ต้องไม่น้อยร้อยละของจำนวนความต้องการแตงกวาเก่าเกรดที่ i ของลูกค้าคนที่ j รวมกันในวันที่ 2 เป็นต้นไป (ถุง)

$$Y_{in}^{t} \geq F\sum_{j} D_{2ij}^{t} \qquad \text{for t } \geq 2,\ n = 1, \forall i \qquad (4)$$

4. จำนวนแตงกวาเกรดที่ i ที่จำหน่ายให้แก่ลูกค้าคนที่ j ในวันที่ t (ถุง) ต้องไม่น้อยกว่าผลรวมของจำนวนความต้องการแตงกวาสดเกรดที่ i ของลูกค้าคนที่ j ในวันที่ t (ถุง)กับร้อยละของจำนวนความต้องการแตงกวาเก่าเกรดที่ i ของลูกค้าคนที่ j รวมกันในวันที่ t (ถุง)

$$S_{ij}^{t} \geq D_{1ij}^{t} + HD_{2ij}^{t} \qquad \forall i, j, t \qquad (5)$$

5. พื้นที่สำหรับวางแตงกวาที่ซื้อมาแต่ละเกรดจะมีการจัดสรรพื้นที่ไว้ต่างกันตามปริมาณความต้องการแตงกวาแต่ละเกรดของลูกค้าและตามอัตราผลผลิตแตงกวา โดยจำนวนแตงกวาที่จะซื้อเกรดที่ i ในวันที่ t (ถุง) ต้องไม่เกินกว่าจำนวนเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่สำหรับวางแตงกวาที่ซื้อมาเกรดที่ i ของจำนวนพื้นที่สำหรับวางแตงกวาในวันที่ t (ตารางเมตร) คูณกับจำนวนแตงกวาที่สามารถนำมาจัดวางในพื้นที่ 1 ตารางเมตร ในวันที่ t (ถุง ต่อ ตารางเมตร)

$$X_{i}^{t} \leq R_{i} A^{t} L^{t} \qquad \forall i, t \qquad (6)$$

6. ปริมาณแตงกวาที่จำหน่ายจะขึ้นอยู่กับปริมาณแตงกวาที่ซื้อในวันนั้นๆ และปริมาณแตงกวาที่คงค้าง ตามเงื่อนไขดังต่อไปนี้

6.1) จำนวนแตงกวาเกรดที่ i ที่จำหน่ายให้แก่ลูกค้าคนที่ j รวมกันในวันที่ t (ถุง) จะไม่เกินกว่าจำนวนแตงกวาเกรดที่ i ที่จะสั่งซื้อในวันที่ t (ถุง)

$$X_{i}^{t} \geq \sum_{j} S_{ij}^{t} \qquad \text{for t = 1 , } \forall i \qquad (7)$$

6.2) จำนวนแตงกวาเกรดที่ i ที่จำหน่ายให้แก่ลูกค้าคนที่ j รวมกันในวันที่ t (ถุง) จะไม่เกินกว่าจำนวนแตงกวาเกรดที่ i ที่จะสั่งซื้อในวันที่ t (ถุง) รวมกับจำนวนแตงกวาเกรดที่ i ที่คงค้างซึ่งมีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 1 วัน ในวันที่ t-1 โดยที่ t เท่ากับ 2 วัน (ถุง)

$$X_{i}^{t} + Y_{i1}^{t-1} \geq \sum_{j} S_{ij}^{t} \qquad \text{for t = 2 , } \forall i \qquad (8)$$

6.3) จำนวนแตงกวาเกรดที่ i ที่จำหน่ายให้แก่ลูกค้าคนที่ j รวมกันในวันที่ t (ถุง) จะไม่เกินกว่าจำนวนแตงกวาเกรดที่ i ที่จะสั่งซื้อในวันที่ t (ถุง) รวมกับจำนวนแตงกวาเกรดที่ i ที่คงค้างซึ่งมีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 1 วัน ในวันที่ t-1 โดยที่ t เท่ากับ 3 วัน (ถุง) รวมกับจำนวน

แตงกวาเกรดที่ i ที่จะสั่งซื้อในวันที่ t (ถุง) กับจำนวนแตงกวาเกรดที่ i ที่คงค้างซึ่งมีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 2 วัน ในวันที่ t-2 โดยที่ t เท่ากับ 3 วัน (ถุง)

$$X_i^t + Y_{i1}^{t-1} + Y_{i2}^{t-2} \geq \sum_j S_{ij}^t \qquad \text{for t = 3, } \forall i \qquad (9)$$

6.4) จำนวนแตงกวาเกรดที่ i ที่จำหน่ายให้แก่ลูกค้าคนที่ j รวมกันในวันที่ t (ถุง) จะไม่เกินกว่าจำนวนแตงกวาเกรดที่ i ที่จะสั่งซื้อในวันที่ t (ถุง) รวมกับจำนวนแตงกวาเกรดที่ i ที่คงค้างซึ่งมีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 1 วัน ในวันที่ t-1 โดยที่ t เท่ากับ 4 วัน เป็นต้นไป (ถุง) รวมกับจำนวนแตงกวาเกรดที่ i ที่จะสั่งซื้อในวันที่ t (ถุง) กับจำนวนแตงกวาเกรดที่ i ที่คงค้างซึ่งมีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 2 วัน ในวันที่ t-2 โดยที่ t เท่ากับ 4 วัน เป็นต้นไป (ถุง) และรวมกับจำนวนแตงกวาเกรดที่ i ที่คงค้างซึ่งมีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 3 วัน ในวันที่ t-3 โดยที่ t เท่ากับ 4 วัน เป็นต้นไป

$$X_i^t + Y_{i1}^{t-1} + Y_{i2}^{t-2} + Y_{i3}^{t-3} \geq \sum_j S_{ij}^t \qquad \text{for t} \geq 4\text{ , } \forall i \qquad (10)$$

7. ปริมาณแตงกวาทั้งหมดที่คงค้างในแต่ละวันจะมีข้อจำกัดด้านพื้นที่สำหรับวางแตงกวานั้นตามเงื่อนไขดังต่อไปนี้

7.1) จำนวนแตงกวาเกรดที่ i รวมกันที่คงค้างซึ่งมีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 1 วัน ในวันที่ t โดยที่ t เท่ากับ 1 วัน (ถุง) ต้องไม่เกินกว่าร้อยละของจำนวนพื้นที่สำหรับวางแตงกวาในวันที่ t (ตารางเมตร) คูณกับจำนวนแตงกวาที่สามารถนำมาจัดวางในพื้นที่ 1 ตารางเมตร ในวันที่ t (ถุง ต่อ ตารางเมตร)

$$\sum_i Y_{i1}^t \leq G_i A^t L^t \qquad \text{for t = 1} \qquad (11)$$

7.2) ผลรวมของจำนวนแตงกวาเกรดที่ i รวมกันที่คงค้างซึ่งมีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 1 วัน ในวันที่ tโดยที่ t เท่ากับ 2 วัน รวมกับจำนวนแตงกวาเกรดที่ i รวมกันที่คงค้างซึ่งมีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 2 วัน ในวันที่ t-1 โดยที่ t เท่ากับ 2 วัน (ถุง) ต้องไม่เกินกว่าร้อยละของจำนวนพื้นที่สำหรับวางแตงกวาในวันที่ t (ตารางเมตร) คูณกับจำนวนแตงกวาที่สามารถนำมาจัดวางในพื้นที่ 1 ตารางเมตร ในวันที่ t (ถุง ต่อ ตารางเมตร)

$$\sum_i (Y_{i1}^t + Y_{i2}^{t-1}) \leq G_i A^t L^t \qquad \text{for t = 2} \qquad (12)$$

7.3) ผลรวมของจำนวนแตงกวาเกรดที่ i รวมกันที่คงค้างซึ่งมีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 1 วัน ในวันที่ tโดยที่ t มากกว่าเท่ากับ 3 วัน รวมกับจำนวนแตงกวาเกรดที่ i รวมกันที่คงค้างซึ่งมีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 2 วัน ในวันที่ t-2โดยที่ t มากกว่าเท่ากับ 3 วันรวมกับจำนวนแตงกวา

เกรดที่ i รวมกัน ที่คงค้างซึ่งมีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 3 วัน ในวันที่ t-2 โดยที่ t มากกว่าเท่ากับ 3 วัน ต้องไม่เกินกว่าร้อยละของจำนวนพื้นที่สำหรับวางแตงกวาในวันที่ t (ตารางเมตร) คูณกับจำนวนแตงกวาที่สามารถนำมาจัดวางในพื้นที่ 1 ตารางเมตร ในวันที่ t (ถุง ต่อ ตารางเมตร)

$$\sum_i (Y_{i1}^t + Y_{i2}^{t-2} + Y_{i3}^{t-1}) \le G_i A^t L^t \qquad \text{for } t \ge 3 \qquad (13)$$

8. จำนวนคนงานที่จะต้องจ้างในแต่ละวันนั้นจะขึ้นอยู่กับปริมาณแตงกวาที่มีอยู่ทั้งแตงกวาสดและแตงกวาเก่า ดังเงื่อนไขต่อไปนี้

8.1) จำนวนคนงานที่จะต้องจ้างในวันที่ t ต้องไม่น้อยกว่าจำนวนแตงกวาเกรดที่ i รวมกันที่จะสั่งซื้อในวันที่ 1 (ถุง) หารด้วยจำนวนแตงกวาที่คน 1 คน จะสามารถทำงานได้ ในวันที่ t (ถุง ต่อ คน)

$$N^t \ge \sum_i \frac{X_i^t}{J^t} \qquad \text{for } t = 1 \qquad (14)$$

8.2) จำนวนคนงานที่จะต้องจ้างในวันที่ t ต้องไม่น้อยกว่าผลรวมของจำนวนแตงกวาเกรดที่ i รวมกันที่จะสั่งซื้อในวันที่ 2 รวมกับจำนวนแตงกวาเกรดที่ i ที่คงค้างซึ่งมีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 1 วัน ในวันที่ t-1 โดยที่ t เท่ากับ 2 วัน (ถุง) หารด้วยจำนวนแตงกวาที่คน 1 คน จะสามารถทำงานได้ ในวันที่ t (ถุง ต่อ คน)

$$N^t \ge \sum_i \frac{(X_i^t + Y_{i1}^{t-1})}{J^t} \qquad \text{for } t = 2 \qquad (15)$$

8.3) จำนวนคนงานที่จะต้องจ้างในวันที่ t ต้องไม่น้อยกว่าผลรวมของจำนวนแตงกวาเกรดที่ i รวมกันที่จะสั่งซื้อในวันที่ 3 รวมกับจำนวนแตงกวาเกรดที่ i ที่คงค้างซึ่งมีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 1 วัน ในวันที่ t-1 โดยที่ t เท่ากับ 3 วัน รวมกับจำนวนแตงกวาเกรดที่ i ที่คงค้างซึ่งมีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 2 วัน ในวันที่ t-2 โดยที่ t เท่ากับ 3 วัน (ถุง) หารด้วยจำนวนแตงกวาที่คน 1 คน จะสามารถทำงานได้ ในวันที่ t (ถุง ต่อ คน)

$$N^t \ge \sum_i \frac{(X_i^t + Y_{i1}^{t-1} + Y_{i2}^{t-2})}{J^t} \qquad \text{for } t = 3 \qquad (16)$$

8.4) จำนวนคนงานที่จะต้องจ้างในวันที่ t ต้องไม่น้อยกว่าผลรวมของจำนวนแตงกวาเกรดที่ i รวมกันที่จะสั่งซื้อในวันที่ 4 เป็นต้นไปรวมกับจำนวนแตงกวาเกรดที่ i ที่คงค้างซึ่งมีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 1 วัน ในวันที่ t-1 โดยที่ t มากกว่าหรือเท่ากับ 4 วัน รวมกับจำนวนแตงกวาเกรดที่ i ที่คงค้างซึ่งมีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 2 วัน ในวันที่ t-2 โดยที่ t มากกว่าหรือเท่ากับ 4 วัน (ถุง) และรวมกับจำนวนแตงกวาเกรดที่ i ที่คงค้างซึ่งมีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 3 วัน ในวันที่ t-3 โดย

ที่ t มากกว่าหรือเท่า 4 วัน (ถุง) หารด้วยจำนวนแตงกวาที่คน 1 คน จะสามารถทำงานได้ ในวันที่ t (ถุง ต่อ คน)

$$N^t \geq \sum_i \frac{(X_i^t + Y_{i1}^{t-1} + Y_{i2}^{t-2} + Y_{i3}^{t-3})}{J^t} \qquad \text{for } t \geq 4 \qquad (17)$$

9. ปริมาณแตงกวาที่คงค้างที่มีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 1, 2 และ3 วัน จะมีเงื่อนไขดังต่อไปนี้

9.1) จำนวนแตงกวาเกรดที่ i ที่คงค้างซึ่งมีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 3 วัน ในวันที่ t (ถุง) รวมกับจำนวนแตงกวาเกรดที่ i ที่คงค้างซึ่งมีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 2 วัน ในวันที่ t (ถุง) จะต้องไม่เกินกว่าจำนวนแตงกวาเกรดที่ i ที่คงค้างซึ่งมีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 1 วัน ในวันที่ t (ถุง)

$$Y_{i3}^t + Y_{i2}^t \leq Y_{i1}^t \qquad \forall_{i,t} \qquad (18)$$

9.2) จำนวนแตงกวาเกรดที่ i ที่คงค้างซึ่งมีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 2 วัน ในวันที่ t (ถุง) จะต้องไม่เกินกว่าจำนวนแตงกวาเกรดที่ i ที่คงค้างซึ่งมีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 1 วัน ในวันที่ t (ถุง)

$$Y_{i2}^t \leq Y_{i1}^t \qquad \forall_{i,t} \qquad (19)$$

9.3) จำนวนแตงกวาเกรดที่ i ที่คงค้างซึ่งมีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 3 วัน ในวันที่ t (ถุง) จะต้องไม่เกินกว่าจำนวนแตงกวาเกรดที่ i ที่คงค้างซึ่งมีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 2 วัน ในวันที่ t (ถุง)

$$Y_{i3}^t \leq Y_{i2}^t \qquad \forall_{i,t} \qquad (20)$$

10. จำนวนแตงกวาเกรดที่ i ที่คงค้างซึ่งมีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 1 วัน ในวันที่ t (ถุง) จะขึ้นอยู่กับเงื่อนไขดังนี้

10.1) สำหรับวันที่หนึ่งจำนวนแตงกวาที่เกรดที่ i ที่คงค้างซึ่งมีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 1 วัน จะไม่เกินกว่าจำนวนแตงกวาเกรดที่ i ที่จะสั่งซื้อในวันที่ t (ถุง) ลบด้วยจำนวนแตงกวาเกรดที่ i ที่จำหน่ายให้แก่ลูกค้าคนที่ j รวมกันในวันที่ t (ถุง)

$$Y_{i1}^t \leq X_i^t - S_{ij}^t \qquad \text{for } t = 1 \qquad (21)$$

10.2) สำหรับวันที่สองจำนวนแตงกวาที่เกรดที่ i ที่คงค้างซึ่งมีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 1 วัน จะไม่เกินกว่าจำนวนแตงกวาเกรดที่ i ที่จะสั่งซื้อในวันที่ t (ถุง) รวมกับจำนวนแตงกวาที่เกรดที่ i ที่คงค้างซึ่งมีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 1 วัน ในวันที่ t-1 (ถุง) ลบด้วยจำนวนแตงกวาเกรดที่

i ที่จำหน่ายให้แก่ลูกค้าคนที่ j รวมกันในวันที่ t (ถุง) กับจำนวนแตงกวาที่เกรดที่ i ที่คงค้างซึ่งมีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 2 วัน ในวันที่ t-1 (ถุง)

$$Y_{i1}^{t} \le X_{i}^{t} + Y_{i1}^{t-1} - S_{ij}^{t} - Y_{i2}^{t-1} \qquad \text{for t = 2} \qquad (22)$$

10.3) **สำหรับวันที่สามเป็นต้นไปจำนวนแตงกวาที่เกรดที่ i ที่คงค้างซึ่งมีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 1 วัน จะไม่เกินกว่าจำนวนแตงกวาเกรดที่ i ที่จะสั่งซื้อในวันที่ t (ถุง) รวมกับจำนวน**แตงกวาที่เกรดที่ i ที่คงค้างซึ่งมีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 1 วัน ในวันที่ t-1 (ถุง) ลบด้วยจำนวนแตงกวาเกรดที่ i ที่จำหน่ายให้แก่ลูกค้าคนที่ j รวมกันในวันที่ t (ถุง) และกับจำนวนแตงกวาที่เกรดที่ i ที่คงค้างซึ่งมีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 2 วัน ในวันที่ t-1 (ถุง) รวมกับจำนวนแตงกวาที่เกรดที่ i ที่คงค้างซึ่งมีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 2 วัน ในวันที่ t-2 (ถุง) และหักจำนวนแตงกวาที่เกรดที่ i ที่คงค้างซึ่งมีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 3 วัน ในวันที่ t-2 (ถุง)

$$Y_{i1}^{t} \le X_{i}^{t} + Y_{i1}^{t-1} - S_{ij}^{t} - Y_{i2}^{t-1} + Y_{i2}^{t-2} - Y_{i3}^{t-2} \qquad \text{for t} \ge 3 \qquad (23)$$

11. เงื่อนไขของตัวแปรที่ต้องการทราบค่า

11.1) จำนวนคนงานที่จะต้องจ้างในวันที่ t ต้องมีอย่างน้อย 1 คน ในแต่ละวัน

$$N^{t} \ge 1 \qquad \text{and integer,} \qquad \forall t \qquad (24)$$

11.2) จำนวนแตงกวาเกรดที่ i ที่จำหน่ายให้แก่ลูกค้าคนที่ j รวมกันในวันที่ t จะมีจำนวนมากกว่าเท่ากับ 0และเป็นจำนวนเต็ม

$$S_{ij}^{t} \ge 0 \qquad \text{and integer,} \qquad \forall i, j, t \qquad (25)$$

11.3) จำนวนแตงกวาเกรดที่ i รวมกันที่จะสั่งซื้อในวันที่ t จะมีจำนวนมากกว่าเท่ากับ 0 และเป็นจำนวนเต็ม

$$X_{i}^{t} \ge 0 \qquad \text{and integer,} \qquad \forall i, t \qquad (26)$$

11.4) จำนวนแตงกวาเกรดที่ i ที่คงค้างซึ่งมีอายุนับจากวันที่ซื้อมา n วัน ในวันที่ t จะมีจำนวนมากกว่าเท่ากับ 0และเป็นจำนวนเต็ม

$$Y_{in}^{t} \ge 0 \qquad \text{and integer,} \qquad \forall i, n, t \qquad (27)$$

4.2.7 Math Model

$$\text{Min} \quad \sum_t \sum_t B_i^t X_i^t + \sum_t \sum_t \sum_{n=1}^{2} P_i^t Y_{in}^t + \sum_t \sum_t T_{ij}^t Y_{i3}^t + \sum_t W^t N^t + \sum_i \sum_t \sum_j T_{ij}^t S_{ij}^t \qquad (1)$$

$$X_i^t \le E \sum_j D_{1ij}^t + \sum_j D_{2ij}^t \qquad \text{for i = 1, } \forall t \qquad (2)$$

$$X_i^t \ge Y_{in}^t + \sum_j D_{1ij}^t \qquad \text{for n = 1, } \forall i,t \qquad (3)$$

$$Y_{in}^t \ge F \sum_j D_{2ij}^t \qquad \text{for t } \ge 2, \text{ n = 1, } \forall i \qquad (4)$$

$$S_{ij}^t \ge D_{1ij}^t + HD_{2ij}^t \qquad \forall i,j,t \qquad (5)$$

$$X_i^t \le R_i A^t L^t \qquad \forall i,t \qquad (6)$$

$$X_i^t \ge \sum_j S_{ij}^t \qquad \text{for t = 1 , } \forall i \qquad (7)$$

$$X_i^t + Y_{i1}^{t-1} \ge \sum_j S_{ij}^t \qquad \text{for t = 2 , } \forall i \qquad (8)$$

$$X_i^t + Y_{i1}^{t-1} + Y_{i2}^{t-2} \ge \sum_j S_{ij}^t \qquad \text{for t = 3, } \forall i \qquad (9)$$

$$X_i^t + Y_{i1}^{t-1} + Y_{i2}^{t-2} + Y_{i3}^{t-3} \ge \sum_j S_{ij}^t \qquad \text{for t } \ge 4 \text{ , } \forall i \qquad (10)$$

$$\sum_i Y_{i1}^t \le G_i A^t L^t \qquad \text{for t = 1} \qquad (11)$$

$$\sum_i (Y_{i1}^t + Y_{i2}^{t-1}) \le G_i A^t L^t \qquad \text{for t = 2} \qquad (12)$$

$$\sum_i (Y_{i1}^t + Y_{i2}^{t-2} + Y_{i3}^{t-1}) \le G_i A^t L^t \qquad \text{for t } \ge 3 \qquad (13)$$

$$N^t \ge \sum_i \frac{X_i^t}{J^t} \qquad \text{for t = 1} \qquad (14)$$

$$N^t \ge \sum_i \frac{(X_i^t + Y_{i1}^{t-1})}{J^t} \qquad \text{for t = 2} \qquad (15)$$

$$N^t \ge \sum_i \frac{(X_i^t + Y_{i1}^{t-1} + Y_{i2}^{t-2})}{J^t} \qquad \text{for t = 3} \qquad (16)$$

$$N^t \ge \sum_i \frac{(X_i^t + Y_{i1}^{t-1} + Y_{i2}^{t-2} + Y_{i3}^{t-3})}{J^t} \qquad \text{for t } \ge 4 \qquad (17)$$

$$Y_{i3}^t + Y_{i2}^t \le Y_{i1}^t \qquad \forall_{i,t} \qquad (18)$$

$$Y_{i2}^t \le Y_{i1}^t \qquad \forall_{i,t} \qquad (19)$$

$$Y_{i3}^t \le Y_{i2}^t \qquad \forall_{i,t} \qquad (20)$$

$$Y_{i1}^t \le X_i^t - S_{ij}^t \qquad \text{for t = 1} \qquad (21)$$

$$Y_{i1}^t \le X_i^t + Y_{i1}^{t-1} - S_{ij}^t - Y_{i2}^{t-1} \qquad \text{for t = 2} \qquad (22)$$

$$Y_{i1}^t \le X_i^t + Y_{i1}^{t-1} - S_{ij}^t - Y_{i2}^{t-1} + Y_{i2}^{t-2} - Y_{i3}^{t-2} \qquad \text{for t} \ge 3 \qquad (23)$$

$$N^t \ge 1 \quad \text{and integer,} \qquad \forall t \qquad (24)$$

$$S_{ij}^t \ge 0 \quad \text{and integer,} \qquad \forall i,j,t \qquad (25)$$

$$X_i^t \ge 0 \quad \text{and integer,} \qquad \forall i,t \qquad (26)$$

$$Y_{in}^t \ge 0 \quad \text{and integer,} \qquad \forall i,n,t \qquad (27)$$

4.3 **ตัวอย่างการคำนวณ** (An illustrative example)

4.3.1 ข้อมูลป้อนเข้า (Input data)

1) Indices

i : 1 = แตงกวาเกรดดี 2 = แตงกวาเกรดต่ำ 3 = แตงกวาเกรดปานกลาง

j : 1 = ร้านค้าสะดวกซื้อ (7-Eleven) และห้างค้าส่งแม็คโคร

2 = พ่อค้าขายปลีก

3 = พ่อค้าคนกลางคนที่ 2 (ภายในจังหวัดเชียงราย)

4 = พ่อค้าคนกลางคนที่ 2 (ในจังหวัดภาคเหนือตอนบน)

5 = พ่อค้าคนกลางคนที่ 2 (จังหวัดอื่นๆ ในประเทศไทยนอกจากจังหวัดภาคเหนือตอนบน)

6 = ผู้บริโภค

n : 1 = แตงกวาคงค้างอายุ 1 วัน

2 = แตงกวาคงค้างอายุ 2 วัน

3 = แตงกวาคงค้างอายุ 3 วัน

t : 1,2,...,365 วัน

2) Parameters

Parameters มี 14 Parameters ดังต่อไปนี้

No.	Parameter	Value
1	A'	24 ตารางเมตร
2	B_i'	ในตารางที่ 4.2
3	D_{1ij}'	ในตารางที่ 4.3
4	D_{2ij}'	ในตารางที่ 4.3
5	E	2 เท่า
6	F	20%
7	G_i	2%,3% และ5%
8	H	50%
9	J'	600 ถุง ต่อ วัน
10	L'	45 ถุง ต่อ ตารางเมตร
11	P_i'	2 บาท ต่อ ถุง
12	R_i	5%,15% และ80%
13	T_{ij}'	1 บาท ต่อ ถุง
14	W'	300 บาท ต่อ วัน

การแสดงราคาซื้อแตงกวาดังตารางที่ 4.2 โดยพ่อค้าคนกลางคนที่ 1 ซื้อจากเกษตรกร เป็นการแสดงราคาโดยเฉลี่ยซึ่งจะเฉลี่ยค่าตามจำนวนวันที่เกษตรกรสามารถเก็บผลแตงกวาได้จากการปลูกแตงกวา 1 ครั้ง เช่น ครั้งที่ 1 ก็จะนำราคาแตงกวาเกรดที่ i ตั้งแต่วันที่ 1-36 มารวมกันตามจำนวนวันที่เกษตรกรนำผลแตงกวามาจำหน่ายและหารด้วยจำนวนวันที่เก็บผลแตงกวาโดย 1 ปี จะได้รับผลผลิตตามการปลูกทั้งหมด 10 ครั้ง เกษตรจะเริ่มเก็บผลแตงกวามาจำหน่ายครั้งที่ 1 วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2552 แสดงว่าเกษตรกรต้องทำการปลูกแตงกวาก่อนหน้านี้แล้ว 30 วัน ตามระยะเวลาในการเติบโตของแตงกวาและเกษตรกรจะเก็บผลแตงกวามาจำหน่ายครั้งสุดท้ายของปีในครั้งที่ 10 ณ. วันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ.2552

ปริมาณความต้องการแตงกวาสด (D'_{1ij}) และปริมาณความต้องการแตงกวาเก่า (D'_{2ij}) ดังแสดงในตารางที่ 4.3 ได้แบ่งการแสดงข้อมูลเป็น 10 ครั้ง ใน 1 ปี ตามระยะเวลาที่เกษตรกรเก็บผลแตงกวาจำหน่ายให้กับพ่อค้าคนกลางคนที่ 1 เหมือนกับการแสดงราคาซื้อแตงกวา โดยความต้องการซื้อแตงกวาของลูกค้าจะเริ่มต้นตั้งแต่ครั้งที่ 1 ในวันที่ 1 เดือนมกราคม พ.ศ.2552 จนสิ้นสุดครั้งที่ 10 ในวันที่ 31 เดือนธันวาคม พ.ศ.2552

ตารางที่ 4.2 ราคาแตงกวาที่พ่อค้าคนกลางคนที่ 1 (Distributor) ซื้อจากเกษตรกร

ครั้งที่	วันที่ที่ซื้อแตงกวา		จำนวนวัน	ราคาซื้อแตงกวาแต่ละเกรดโดยเฉลี่ย		
	เริ่มต้น	สิ้นสุด		1	2	3
1	1-Jan-09	5-Feb-09	36	85	29	34
2	6-Feb-09	13-Mar-09	36	63	13	21
3	14-Mar-09	19-Apr-09	37	24	8	15
4	20-Apr-09	27-May-09	38	41	19	26
5	28-May-09	4-Jul-09	38	56	27	37
6	5-Jul-09	9-Aug-09	36	49	27	32
7	10-Aug-09	14-Sep-09	36	61	29	34
8	15-Sep-09	20-Oct-09	36	76	34	39
9	21-Oct-09	25-Nov-09	36	85	33	38
10	26-Nov-09	31-Dec-09	36	98	38	43

ตารางที่ 4.3 ปริมาณความต้องการแตงกวาสด (D1) และความต้องการแตงกวาเก่า (D2) ของลูกค้า

ครั้งที่	จำนวนวัน	วันที่ที่ต้องการแตงกวา		เกรดแตงกวาที่ต้องการ								
				1			2			3		
		เริ่มต้น	สิ้นสุด	D'_{1ij}	D'_{2ij}	รวม	D'_{1ij}	D'_{2ij}	รวม	D'_{1ij}	D'_{2ij}	รวม
1	36	1-Jan-09	5-Feb-09	20,375	2,225	22,600	3,115	742	3,857	1,220	402	1,622
2	36	6-Feb-09	13-Mar-09	19,555	2,295	21,850	3,476	762	4,238	1,192	403	1,595
3	37	14-Mar-09	19-Apr-09	17,555	2,710	20,265	3,645	884	4,529	1,361	583	1,944
4	38	20-Apr-09	27-May-09	14,505	3,180	17,685	3,795	1,106	4,901	1,836	781	2,617
5	38	28-May-09	4-Jul-09	15,915	3,235	19,150	3,855	1,193	5,048	2,225	804	3,029
6	36	5-Jul-09	9-Aug-09	15,335	3,705	19,040	4,140	1,706	5,846	2,388	962	3,350
7	36	10-Aug-09	14-Sep-09	15,860	3,695	19,555	3,985	1,667	5,652	2,568	1,024	3,592
8	36	15-Sep-09	20-Oct-09	18,415	3,700	22,115	4,195	1,591	5,786	2,854	1,084	3,938
9	36	21-Oct-09	25-Nov-09	27,520	3,670	31,190	4,615	1,630	6,245	2,869	1,102	3,971
10	36	26-Nov-09	31-Dec-09	27,375	3,705	31,080	4,790	1,640	6,430	2,850	1,096	3,946
ผลรวม	**365**			192,410	32,120	224530	39,611	12,921	52,532	**21,363**	**8,241**	**29,604**

4.3.2 **ผลลัพธ์** (optimal solutions)

เมื่อสร้าง Model สำหรับการวางแผนการจำหน่ายแตงกวาเรียบร้อยแล้ว จากนั้นก็ทำการ Run โดยใช้โปรแกรม Optimization software package เพื่อหาคำตอบของ Model แต่เมื่อทำการ Run แล้วปรากฏว่าทำให้ทราบว่าค่าใช้จ่ายในการวางแผนจำหน่ายแตงกวาเป็นระยะเวลา 365 วัน หรือ 1 ปี หรือคำตอบที่ดีที่สุดของสมการมีค่าเท่ากับ 17,166,900 บาท ในส่วนของคำตอบทั้งจำนวนแตงกวาสดที่จะสั่งซื้อ (X_i^t), จำนวนแตงกวาที่จำหน่ายให้แก่ลูกค้า (S_{ij}^t), จำนวนแตงกวาที่คงค้าง (Y_{im}^t) และจำนวนคนงานที่ต้องจ้าง (N^t) แสดงในตารางที่ 4.4 และ 4.5 โดยแสดงตามจำนวนครั้งที่ทำการปลูกแตงกวาใน 1 ปี เพราะจะต้องนำค่าคำตอบในส่วนจำนวนแตงกวาสดที่จะสั่งซื้อ (X_i^t) ไปวางแผนการปลูกแตงกวา ซึ่งจะมีการปลูกแตงกวาทั้งหมด 10 ครั้งในเวลา 1 ปี

ตารางที่ 4.4 ปริมาณแตงกวาที่จะต้องซื้อ, ปริมาณแตงกวาแต่ละเกรดที่จำหน่าย และจำนวนคนงานที่ต้องจ้างโดยเฉลี่ยในแต่ละครั้ง

ครั้งที่	วันที่ (เริ่มต้น)	วันที่ (สุดท้าย)	จำนวนวัน	ปริมาณแตงกวาที่ต้องซื้อ X_1'	X_2'	X_3'	รวม	ปริมาณแตงกวาที่จำหน่าย S_{1j}'	S_{2j}'	S_{3j}'	รวม	จำนวนคนงานโดยเฉลี่ย N'
1	1-Jan-09	5-Feb-09	36	21,526	3,509	1,448	26,483	21,514	3,505	1,445	26,464	2
2	6-Feb-09	13-Mar-09	36	20,731	3,876	1,417	26,024	20,731	3,876	1,417	26,024	2
3	14-Mar-09	19-Apr-09	37	18,944	4,109	1,678	24,731	18,939	4,107	1,677	24,723	2
4	20-Apr-09	27-May-09	38	16,123	4,368	2,251	22,742	16,123	4,368	2,250	22,741	2
5	28-May-09	4-Jul-09	38	17,567	4,477	2,652	24,696	17,563	4,472	2,651	24,686	2
6	5-Jul-09	9-Aug-09	36	17,212	5,011	2,891	25,114	17,213	5,011	2,891	25,115	2
7	10-Aug-09	14-Sep-09	36	17,733	4,836	3,099	25,668	17,734	4,838	3,099	25,671	2
8	15-Sep-09	20-Oct-09	36	20,291	5,007	3,417	28,715	20,291	5,005	3,416	28,712	2
9	21-Oct-09	25-Nov-09	36	29,387	5,451	3,437	38,275	29,384	5,450	3,437	38,271	2
10	26-Nov-09	31-Dec-09	36	29,231	5,614	3,411	38,256	29,253	5,626	3,418	38,297	2
รวม			365	208,745	46,258	25,701	280,704	208,745	46,258	25,701	280,704	

ตารางที่ 4.5 ปริมาณแตงกวาแต่ละเกรดที่คงค้างโดยมีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 1,2 และ 3 วัน

ครั้งที่	จำนวนวัน	วันที่แตงกวาคงค้าง		จำนวนแตงกวาที่คงค้างโดยมีอายุการคงค้าง n วัน แต่ละเกรด								
				n = 1			n = 1			n = 3		
		เริ่มต้น	สิ้นสุด	เกรดที่ 1	เกรดที่ 2	เกรดที่ 3	เกรดที่ 1	เกรดที่ 2	เกรดที่ 3	เกรดที่ 1	เกรดที่ 2	เกรดที่ 3
1	36	1-Jan-09	5-Feb-09	501	0	0	164	0	0	92	0	0
2	36	6-Feb-09	13-Mar-09	501	0	0	164	0	0	93	0	0
3	37	14-Mar-09	19-Apr-09	593	0	0	197	0	0	133	0	0
4	38	20-Apr-09	27-May-09	713	0	0	261	0	0	185	0	0
5	38	28-May-09	4-Jul-09	702	0	0	268	0	0	182	0	0
6	36	5-Jul-09	9-Aug-09	772	0	0	355	0	0	206	0	0
7	36	10-Aug-09	14-Sep-09	800	0	0	363	0	0	226	0	0
8	36	15-Sep-09	20-Oct-09	835	0	0	348	0	0	240	0	0
9	36	21-Oct-09	25-Nov-09	817	0	0	362	0	0	246	0	0
10	36	26-Nov-09	31-Dec-09	751	0	0	356	0	0	238	0	0
ผลรวม	365			6,985	0	0	2,838	0	0	1,841	0	0

4.4 การวิเคราะห์ผล (Result Analysis)

4.4.1 การเปรียบเทียบระหว่าง ก่อน และ เมื่อนำ Model มาช่วย

ก่อนที่จะนำ Model มาช่วยในการวางแผนการจำหน่ายแตงกวา พ่อค้าคนกลางคนที่ 1 ดำเนินการจำหน่ายแตงกวาโดยไม่มีการวางแผนที่ดี คือเมื่อเกษตรกรนำแตงกวามาจำหน่ายให้จำนวนเท่าใด ก็จะจำหน่ายตามจำนวนแตงกวาที่มีอยู่ ซึ่งส่งผลให้ลูกค้าเกิดความไม่พึงพอใจ เพราะได้รับแตงกวาไม่ครบตามปริมาณที่ต้องการ และบางครั้งเกษตรกรก็นำแตงกวามาจำหน่ายให้ในปริมาณที่มากเกินไปทำให้พ่อค้าคนกลางคนที่ 1 ไม่สามารถจำหน่ายแตงกวาที่ซื้อมาในครั้งหนึ่งๆ ให้หมดได้ภายใน 3 วัน ทำให้มีปริมาณแตงกวาที่ต้องนำไปทิ้งจำนวนมาก ส่งผลให้พ่อค้าคนกลางคนที่ 1 ต้องขาดทุนจำนวนมาก

การที่พ่อค้าคนกลางคนที่ 1 ไม่เคยทำการบันทึกขอมูลความต้องการแตงกวาของลูกค้า ทำให้พ่อค้าคนกลางคนที่ 1 ไม่ทราบปริมาณแตงกวาที่จะจำหน่ายและปริมาณแตงกวาที่ยอมให้คงค้างในแต่ละวัน จึงไม่สามารถประเมินปริมาณแตงกวาที่ต้องซื้อในแต่ละวันได้ ดังนั้นส่งผลให้พ่อค้าคนกลางคนที่ 1 ไม่สามารถสรุปปริมาณแตงกวาที่ต้องสั่งให้เกษตรกรปลูกในแต่ละครั้งได้

หลังจากที่มีการนำ Model มาช่วยแก้ปัญหาในการจำหน่ายแตงกวาทำให้พ่อค้าคนกลางคนที่ 1 ทราบปริมาณแตงกวาที่จะจำหน่ายและปริมาณแตงกวาที่ยอมให้คงค้างในแต่ละวัน จึงสามารถประเมินปริมาณแตงกวาที่ต้องซื้อในแต่ละวันได้ ดังนั้นส่งผลให้พ่อค้าคนกลางคนที่ 1 สามารถสรุปปริมาณแตงกวาที่ต้องสั่งให้เกษตรกรปลูกในแต่ละครั้งได้ อีกทั้งยังทำให้ทราบถึงปริมาณคนงานที่ต้องจ้างในแต่ละวันด้วย

4.4.2 Model validation

เมื่อทราบคำตอบของ Model จากการ Run โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปแล้ว เพื่อเป็นการตรวจสอบว่าคำตอบที่ได้เป็นคำตอบที่ถูกต้อง จึงได้นำคำตอบ (Optimal Solution) ของจำนวนแตงกวาสดที่จะสั่งซื้อ (X_i^t), จำนวนแตงกวาที่จำหน่ายให้แก่ลูกค้า (S_{ij}^t) และจำนวนแตงกวาที่คงค้าง (Y_{in}^t) ของแตงกวาเกรดที่ 1 จำนวน 6 วัน แสดงในตารางที่ 4.6 และแผนภาพการจำหน่ายแตงกวาดังรูปที่ 4.14 เพื่อประกอบการวิเคราะห์ผลคำตอบ

แผนภาพแสดงการจำหน่ายแตงกวาจะแสดงค่าของความต้องการแตงกวาสดและแตงกวาเก่าด้วยเพื่อให้เห็นภาพของการจำหน่ายแตงกวาทุกขั้นตอน โดยการจำหน่ายแตงกวาตั้งแต่วันที่ 1-6 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.6 ปริมาณความต้องการแตงกวา, ปริมาณแตงกวาที่ต้องซื้อ, แตงกวาที่จำหน่าย และแตงกวาที่คงค้าง

วันที่	Input			Output				
	Demand			Optimal Solution				
	D'_{1j}	D'_{2j}	รวม	X'_1	S'_{1j}	Y'_{11}	Y'_{12}	Y'_{13}
1	535	0	535	548	535	13	0	0
2	535	65	600	569	568	14	0	0
3	570	70	640	605	606	13	0	0
4	590	65	655	622	624	11	0	0
5	605	55	660	633	633	11	0	0
6	610	55	665	640	638	13	0	0
รวม	3,445	310	3,755	3,617	3,604	75	0	0

- การจำหน่ายแตงกวาวันที่ 1

มีความต้องการแตงกวาสดปริมาณ 535 ถุง ดังนั้นในตอนเช้า (AM1) จึงซื้อแตงกวาสดจากเกษตรกรจำนวน 548 ถุง ที่ซื้อแตงกวาสดมากกว่าปริมาณความต้องการแตงกวาสดเพราะเป็นการซื้อเผื่อไว้ให้แก่ลูกค้าเพราะอาจมีลูกค้าบางรายที่ต้องการซื้อแตงกวาในปริมาณที่มากกว่าที่ได้สั่งไว้ เพื่อให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจมากที่สุด จากนั้นก็จะจำหน่ายแตงกวาตลอดทั้งวันปริมาณ 535 ถุง จนถึงตอนเย็น (PM1) ก็ทราบปริมาณแตงกวาที่คงค้างจำนวน 13 ถุง (ปริมาณแตงกวาที่ซื้อ - ปริมาณแตงกวาที่จำหน่าย)

- การจำหน่ายแตงกวาวันที่ 2

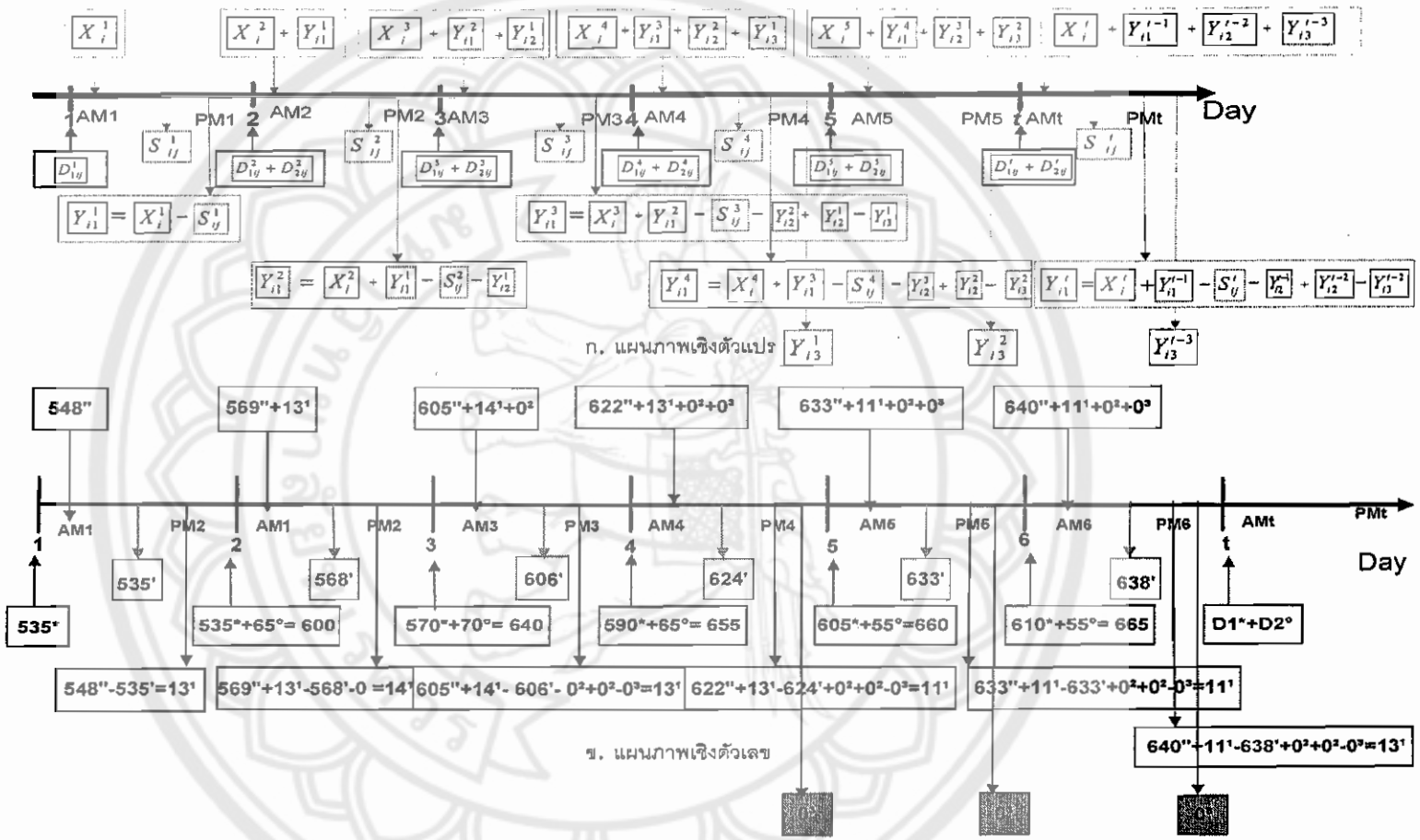
มีความต้องการแตงกวาสดปริมาณ 535 ถุง และความต้องการแตงกวาเก่าปริมาณ 65 ถุง รวมเป็นความต้องการทั้งหมด 600 ถุง ดังนั้นในตอนเช้า (AM2) จึงซื้อแตงกวาสดจากเกษตรกรจำนวน 569 ถุง ส่วนปริมาณแตงกวาเก่ามีจำนวน 13 ถุง ไม่จำเป็นต้องมีปริมาณมากกว่าความต้องการแตงกวาเก่า ดังนั้นปริมาณแตงกวาในตอนเช้าก็จะมีปริมาณโดยรวมแตงกวาที่ซื้อและแตงกวาที่คงค้างของวันที่ 1 ที่มีอายุ 1 วัน (569+13) จากนั้นก็จะจำหน่ายแตงกวาตลอดทั้งวันปริมาณ 568 ถุง จนถึงตอนเย็น (PM2) ก็ทราบปริมาณแตงกวาที่คงค้างจำนวน 14 ถุง (ปริมาณแตงกวาที่ซื้อ + ปริมาณแตงกวาที่คงค้างของวันที่ 1 – ปริมาณแตงกวาที่จำหน่าย-ปริมาณแตงกวาที่คงค้างของวันที่ 1 ที่มีอายุการคงค้าง 2 วัน)

- การจำหน่ายแตงกวาวันที่ 3

มีความต้องการแตงกวาสดปริมาณ 570 ถุง และความต้องการแตงกวาเก่าปริมาณ 70 ถุง รวมเป็นความต้องการทั้งหมด 640 ถุง ดังนั้นในตอนเช้า (AM3) จึงซื้อแตงกวาสดจากเกษตรกรจำนวน 569 ถุง ส่วนปริมาณแตงกวาเก่าของวันที่ 2 ที่มีอายุ 1 วันมีจำนวน 14 ถุง และปริมาณแตงกวาเก่าของวันที่ 1 ที่มีอายุ 2 วันมีจำนวน 0 ถุง รวมกันเป็น 14 ถุง ซึ่งไม่จำเป็นต้องมีปริมาณมากกว่าความต้องการแตงกวาเก่า ดังนั้นปริมาณแตงกวาในตอนเช้าก็จะมีปริมาณโดยรวมแตงกวาที่ซื้อ, แตงกวาที่คงค้างของวันที่ 2 และแตงกวาที่คงค้างของวันที่ 1 (569+14+0) จากนั้นก็จะจำหน่ายแตงกวาตลอดทั้งวันปริมาณ 606 ถุง จนถึงตอนเย็น (PM3) ก็ทราบปริมาณแตงกวาที่คงค้างจำนวน 13 ถุง (ปริมาณแตงกวาที่ซื้อ + ปริมาณแตงกวาที่คงค้างของวันที่ 2 – ปริมาณแตงกวาที่จำหน่าย-ปริมาณแตงกวาที่คงค้างของวันที่ 2 ที่มีอายุการคงค้าง 2 วัน+ปริมาณแตงกวาที่คงค้างของวันที่ 1 ที่มีอายุการคงค้าง 2 วัน-ปริมาณแตงกวาที่คงค้างของวันที่ 1 ที่มีอายุการคงค้าง 3 วัน)

- การจำหน่ายแตงกวาวันที่ 4

มีความต้องการแตงกวาสดปริมาณ 590 ถุง และความต้องการแตงกวาเก่าปริมาณ 65 ถุง รวมเป็นความต้องการทั้งหมด 655 ถุง ดังนั้นในตอนเช้า (AM4) จึงซื้อแตงกวาสดจากเกษตรกรจำนวน 622 ถุง ส่วนปริมาณแตงกวาเก่าของวันที่ 3 ที่มีอายุ 1 วันมีจำนวน 13 ถุง, ปริมาณแตงกวาเก่าของวันที่ 2 ที่มีอายุ 2 วันมีจำนวน 0 ถุง และปริมาณแตงกวาเก่าของวันที่ 1 ที่มีอายุ 3 วันมีจำนวน 0 ถุงรวมกันเป็น 13 ถุง ซึ่งไม่จำเป็นต้องมีปริมาณมากกว่าความต้องการแตงกวาเก่า ดังนั้นปริมาณแตงกวาในตอนเช้าก็จะมีปริมาณโดยรวมแตงกวาที่ซื้อ, แตงกวาที่คงค้างของวันที่ 3, แตงกวาที่คงค้างของวันที่ 2 และแตงกวาที่คงค้างของวันที่ 1 (622+13+0+0) จากนั้นก็จะจำหน่ายแตงกวาตลอดทั้งวันปริมาณ 624 ถุง จนถึงตอนเย็น (PM4) ก็ทราบปริมาณแตงกวาที่คงค้างจำนวน 11 ถุง (ปริมาณแตงกวาที่ซื้อ + ปริมาณแตงกวาที่คงค้างของวันที่ 3 – ปริมาณแตงกวาที่จำหน่าย-ปริมาณแตงกวาที่คงค้างของวันที่ 3 ที่มีอายุการคงค้าง 2 วัน+ปริมาณแตงกวาที่คงค้างของวันที่ 2 ที่มีอายุการคงค้าง 2 วัน-ปริมาณแตงกวาที่คงค้างของวันที่ 2 ที่มีอายุการคงค้าง 3 วัน) และยังมีการนำแตงกวาที่คงค้างของวันที่ 1 ที่มีอายุคงค้างนับจากวันที่ซื้อมา 3 วัน ไปทิ้งด้วย ซึ่งในวันที่ 4 มีจำนวนแตงกวาที่คงค้างของวันที่ 1 ที่มีอายุคงค้างนับจากวันที่ซื้อมา 3 วัน จำนวน 0 ถุง ดังนั้นจึงมีปริมาณที่นำไปทิ้ง 0 ถุง



หมายเหตุ : " = X_i^t ¹ = Y_{i1}^t ³ = Y_{i3}^t ° = D_{2ij}^t

' = S_{ij}^t ² = Y_{i2}^t * = D_{1ij}^t

รูปที่ 4.14 ผลของการวางแผนการจำหน่ายแตงกวาเกรดที่ 1 จำนวน 6 วัน

- การจำหน่ายแตงกวาวันที่ 5

มีความต้องการแตงกวาสดปริมาณ 605 ถุง และความต้องการแตงกวาเก่าปริมาณ 55 ถุง รวมเป็นความต้องการทั้งหมด 660 ถุง ดังนั้นในตอนเช้า (AM5) จึงซื้อแตงกวาสดจากเกษตรกรจำนวน 633 ถุง ส่วนปริมาณแตงกวาเก่าของวันที่ 4 ที่มีอายุ 1 วันมีจำนวน 11 ถุง, ปริมาณแตงกวาเก่าของวันที่ 3 ที่มีอายุ 2 วันมีจำนวน 0 ถุง และปริมาณแตงกวาเก่าของวันที่ 2 ที่มีอายุ 3 วันมีจำนวน 0 ถุงรวมกันเป็น 11 ถุง ซึ่งไม่จำเป็นต้องมีปริมาณมากกว่าความต้องการแตงกวาเก่า ดังนั้นปริมาณแตงกวาในตอนเช้าก็จะมีปริมาณโดยรวมแตงกวาที่ซื้อ, แตงกวาที่คงค้างของวันที่ 4, แตงกวาที่คงค้างของวันที่ 3 และแตงกวาที่คงค้างของวันที่ 2 (633+11+0+0) จากนั้นก็จะจำหน่ายแตงกวาตลอดทั้งวันปริมาณ 633 ถุง จนถึงตอนเย็น (PM5) ก็ทราบปริมาณแตงกวาที่คงค้างจำนวน 11 (ปริมาณแตงกวาที่ซื้อ + ปริมาณแตงกวาที่คงค้างของวันที่ 4 – ปริมาณแตงกวาที่จำหน่าย-ปริมาณแตงกวาที่คงค้างของวันที่ 4 ที่มีอายุการคงค้าง 2 วัน+ปริมาณแตงกวาที่คงค้างของวันที่ 3 ที่มีอายุการคงค้าง 2 วัน-ปริมาณแตงกวาที่คงค้างของวันที่ 3 ที่มีอายุการคงค้าง 3 วัน) และยังมีการนำแตงกวาที่คงค้างของวันที่ 2 ที่มีอายุคงค้างนับจากวันที่ซื้อมา 3 วัน ไปทิ้งด้วย ซึ่งในวันที่ 5 มีจำนวนแตงกวาที่คงค้างของวันที่ 2 ที่มีอายุคงค้างนับจากวันที่ซื้อมา 3 วัน จำนวน 0 ถุง ดังนั้นจึงมีปริมาณที่นำไปทิ้ง 0 ถุง

- การจำหน่ายแตงกวาวันที่ 6

มีความต้องการแตงกวาสดปริมาณ 610 ถุง และความต้องการแตงกวาเก่าปริมาณ 55 ถุง รวมเป็นความต้องการทั้งหมด 665 ถุง ดังนั้นในตอนเช้า (AM6) จึงซื้อแตงกวาสดจากเกษตรกรจำนวน 640 ถุง ส่วนปริมาณแตงกวาเก่าของวันที่ 5 ที่มีอายุ 1 วันมีจำนวน 11 ถุง, ปริมาณแตงกวาเก่าของวันที่ 4 ที่มีอายุ 2 วันมีจำนวน 0 ถุง และปริมาณแตงกวาเก่าของวันที่ 3 ที่มีอายุ 3 วันมีจำนวน 0 ถุงรวมกันเป็น 11 ถุง ซึ่งไม่จำเป็นต้องมีปริมาณมากกว่าความต้องการแตงกวาเก่า ดังนั้นปริมาณแตงกวาในตอนเช้าก็จะมีปริมาณโดยรวมแตงกวาที่ซื้อ, แตงกวาที่คงค้างของวันที่ 5, แตงกวาที่คงค้างของวันที่ 4 และแตงกวาที่คงค้างของวันที่ 3 (640+11+0+0) จากนั้นก็จะจำหน่ายแตงกวาตลอดทั้งวันปริมาณ 638 ถุง จนถึงตอนเย็น (PM6) ก็ทราบปริมาณแตงกวาที่คงค้างจำนวน 13 (ปริมาณแตงกวาที่ซื้อ + ปริมาณแตงกวาที่คงค้างของวันที่ 5 – ปริมาณแตงกวาที่จำหน่าย-ปริมาณแตงกวาที่คงค้างของวันที่ 5 ที่มีอายุการคงค้าง 2 วัน+ปริมาณแตงกวาที่คงค้างของวันที่ 4 ที่มีอายุการคงค้าง 2 วัน-ปริมาณแตงกวาที่คงค้างของวันที่ 4 ที่มีอายุการคงค้าง 3 วัน) และยังมีการนำแตงกวาที่คงค้างของวันที่ 3 ที่มีอายุคงค้างนับจากวันที่ซื้อมา 3 วัน ไปทิ้งด้วย ซึ่งใน

วันที่ 5 มีจำนวนแตงกวาที่คงค้างของวันที่ 2 ที่มีอายุคงค้างนับจากวันที่ซื้อมา 3 วัน จำนวน 0 ถุง ดังนั้นจึงมีปริมาณที่นำไปทิ้ง 0 ถุง

4.4.3 กรณีมีปริมาณแตงกวาคงค้างที่มีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 1, 2 และ 3 วัน

การแสดงค่าของปริมาณแตงกวาที่คงค้างจะต้องมีการกำหนดสมการเงื่อนไขขึ้นอีก 2 สมการ ดังนี้

1) กำหนดให้มีปริมาณแตงกวาที่คงค้างที่มีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 2 วัน ในวันที่ t มีค่าไม่น้อยกว่า 3 ถุง

$$Y_{i2}^{t} \geq 3 \quad \forall_{i,t}$$

2) กำหนดให้มีปริมาณแตงกวาที่คงค้างที่มีอายุนับจากวันที่ซื้อมา 3 วัน ในวันที่ t มีค่าไม่น้อยกว่า 1 ถุง

$$Y_{i3}^{t} \geq 1 \quad \forall_{i,t}$$

เมื่อทำการเพิ่มสมการเงื่อนไขแล้วทำการ Run โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ดังนั้นจึงได้นำคำตอบ (Optimal Solution) ของจำนวนแตงกวาสดที่จะสั่งซื้อ (X_i^t), จำนวนแตงกวาที่จำหน่ายให้แก่ลูกค้า (S_{ij}^t) และจำนวนแตงกวาที่คงค้าง (Y_{in}^t) ของแตงกวาเกรดที่ 1 จำนวน 6 วัน แสดงในตารางที่ 4.7

จากตารางที่ 4.7 สามารถตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบได้โดยการเปรียบเทียบค่าของผลรวมของจำนวนแตงกวาสดที่จะสั่งซื้อ (X_i^t), จำนวนแตงกวาที่จำหน่ายให้แก่ลูกค้า (S_{ij}^t) และจำนวนแตงกวาที่คงค้าง (Y_{in}^t) ที่ยังไม่ถูกจำหน่ายไปในวันที่ 6 โดยสามารถคำนวณได้จากการนำผลรวมจำนวนแตงกวาที่จำหน่ายให้แก่ลูกค้า (S_{ij}^t) ที่มีค่าเท่ากับ 3,604 ถุง รวมกับจำนวนแตงกวาที่คงค้าง (Y_{in}^t) ที่ยังไม่ถูกจำหน่ายไปในวันที่ 6 มีค่าเท่ากับ 20 ถุง (13+3+1+1+1+1) ทำให้ทราบค่าผลรวมเท่ากับ 3,624 ถุง (3,604+20) ซึ่งมีค่าเท่ากับผลรวมของจำนวนแตงกวาสดที่จะสั่งซื้อ (X_i^t)ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ Math Model ที่สร้างขึ้นมีความถูกต้อง

ตารางที่ 4.7 ปริมาณความต้องการแตงกวา, ปริมาณแตงกวาที่ต้องซื้อ, แตงกวาที่จำหน่าย และแตงกวาที่คงค้าง

วันที่	Input			Output				
	Demand (ถุง)			Optimal Solution (ถุง)				
	D_{11j}^{t}	D_{21j}^{t}	รวม	X_{1}^{t}	S_{1j}^{t}	Y_{11}^{t}	Y_{12}^{t}	Y_{13}^{t}
1	535	0	535	548	535	13	3	1 °
2	535	65	600	572	568	14	3	1 °
3	570	70	640	606	606	13	3	1 °
4	590	65	655	623	624	11	3	1 °
5	605	55	660	634	633	11	3 °	1
6	610	55	665	641	638	13 °	12	1
รวม	3,445	310	3,755	3,624	3,604	75	27	6

หมายเหตุ : ° = จำนวนแตงกวาที่คงค้าง (Y_{in}^{t}) ที่ยังไม่ถูกจำหน่ายไปในวันที่ 6

4.6 การวิเคราะห์ความไว (sensitivity analysis)

4.6.1 Reduced Costs

เป็นการลดค่าสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรที่ต้องการทราบค่า ซึ่งจะทำให้สมการเป้าหมาย (Objective function) มีค่าที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม จึงใช้การวิเคราะห์ความไวเพื่อทดสอบด้วยการลดค่าของราคาแตงกวาเกรดที่ i ที่ต้องซื้อในวันที่ t (B_i^t) ลง 5% โดยมีหน่วยเป็นบาท ต่อ ถุง ซึ่งเป็นสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปร X_i^t มีหน่วยเป็นถุง ซึ่งส่งผลให้สมการเป้าหมายหรือค่าใช้จ่ายในการจำหน่ายแตงกวาระยะเวลา 365 วัน ลดลงจาก 17,166,900 บาท เป็น 16,355,900 บาท

4.6.2 Dual Prices

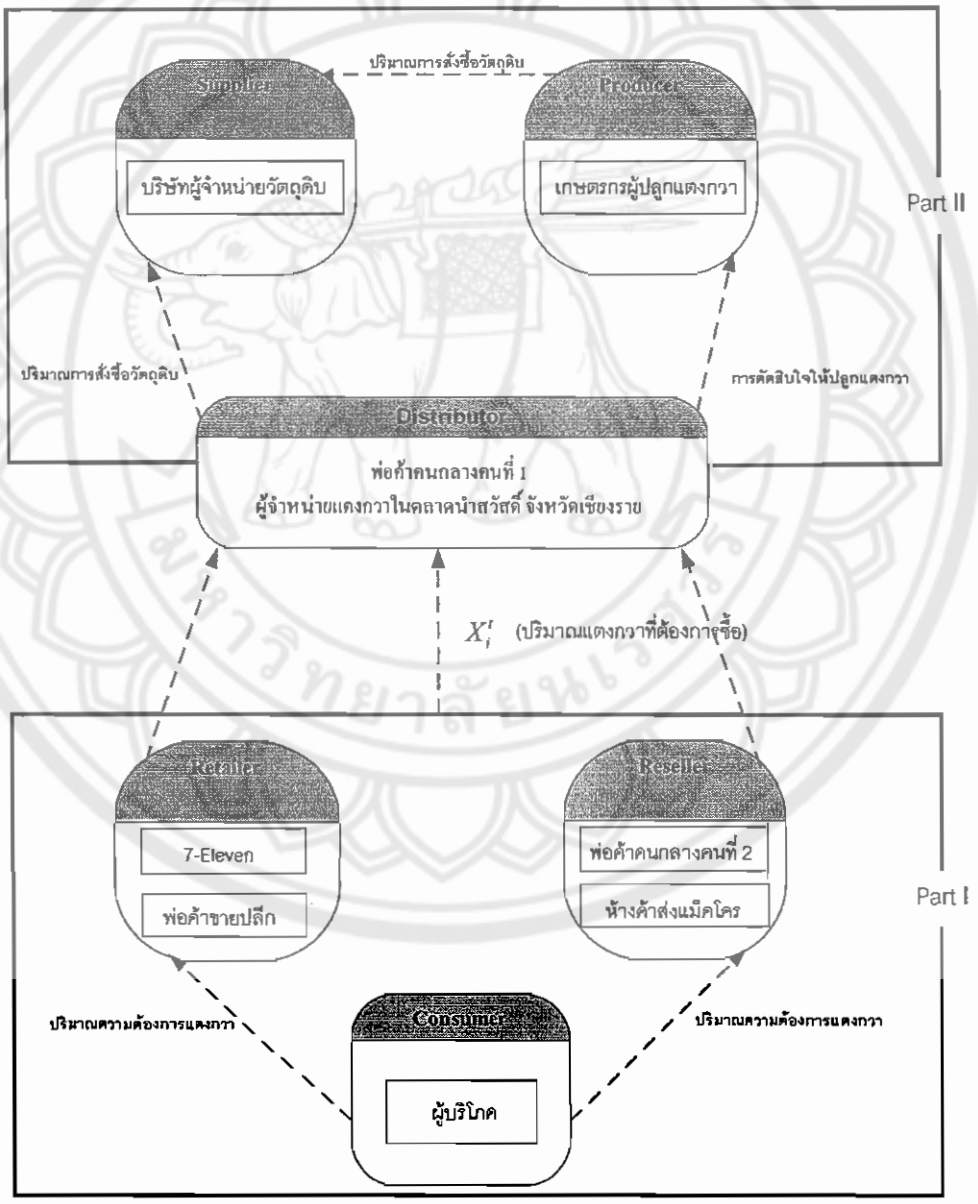
เป็นการเพิ่มค่าคงที่ทางด้านขวาของสมการเงื่อนไข (RHS) ซึ่งจะทำให้สมการเป้าหมาย (Objective function) มีค่าที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม จึงใช้การวิเคราะห์ความไวเพื่อทดสอบด้วยการเพิ่มค่าของจำนวนพื้นที่สำหรับวางแตงกวาในวันที่ t (A^t) มีหน่วยเป็นตารางเมตร , จำนวนความต้องการแตงกวาสดเกรดที่ i ของลูกค้าคนที่ j ในวันที่ t (D_{1ij}^t) มีหน่วยเป็นถุง และจำนวนความต้องการแตงกวาเก่าเกรดที่ i ของลูกค้าคนที่ j ในวันที่ t (D_{2ij}^t) มีหน่วยเป็นถุง ขึ้น 5% ซึ่งส่งผลให้สมการเป้าหมายหรือค่าใช้จ่ายในการจำหน่ายแตงกวาระยะเวลา 365 วัน เพิ่มขึ้นจาก 17,166,900 บาท เป็น 18,061,500 บาท

<u>Part II</u> การวางแผนการปลูกแตงกวา (Model 2)

เป็นการวางแผนเพื่อตัดสินใจให้เกษตรกรปลูกแตงกวาตามปริมาณการสั่งปลูกของพ่อค้าคนกลางคนที่ 1 จำนวน 10 ครั้ง ใน 1 ปี

<u>ความเชื่อมโยงระหว่าง Part I และ Part II</u>

ปริมาณแตงกวาที่ต้องซื้อ (X_i^I) ซึ่งเป็นคำตอบของการวางแผนการจำหน่ายแตงกวาใน Part I จะถูกนำมาใช้เป็นข้อมูลที่ป้อนเข้าไปใน Part II (Input) ในส่วนของค่าปริมาณการสั่งปลูกแตงกวาของพ่อค้าคนกลางคนที่ 1 (X_i^{II}) โดยจะแบ่งค่าตามจำนวนครั้งในการปลูกแตงกวาใน 1 ปี โดยกำหนดจำนวนครั้งเป็น 10 ครั้ง



รูปที่ 4.15 การไหลของข้อมูลการสั่งปลูกแตงกวา

4.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical model)

4.2.1 ข้อกำหนด

ถุงพลาสติกที่ใช้บรรจุแตงกวาเสียค่าใช้จ่าย 2 บาท ต่อถุง

4.2.2 ข้อสมมุติ (Assumption)

1) การปลูกแตงกวา 1 ครั้ง จะเก็บเกี่ยวผลผลิตทุกวันเป็นระยะเวลา 36 – 38 วัน (ขึ้นอยู่กับฤดูกาล)

2) แตงกวาใช้เวลาในการเจริญเติบโตเป็นระยะเวลา 30 วัน

3) การขนส่งแตงกวา 1 ถุง เสียค่าใช้จ่าย 3.50 บาท

4) การปลูกแตงกวา 1 ไร่ จะเสียค่าใช้จ่าย 3,590 บาท / ไร่ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

(1) ค่าเมล็ดพันธุ์		600-850	บาท
(2) ค่าเตรียมดิน		500-600	บาท
(3) ค่าจ้างปลูก	จำนวน 2 คน คนละ 120 บาท	240	บาท
(4) ค่าเพาะเมล็ด		50-80	บาท
(5) ค่าขุยมะพร้าว	จำนวน 1 กระสอบ	40	บาท
(6) ค่าปุ๋ยสูตร 13-13-21		600	บาท
(7) ค่าปุ๋ยสูตร 15-15-15		600	บาท
(8) ค่ายาผงคลุกเมล็ด	จำนวน 1 ถุง	50	บาท
(9) ค่าสารเคมีป้องกันกำจัดโรค แมลง	1 ขวด	250	บาท
(10) ค่ายาฆ่าเชื้อรา		200	บาท
(11) ค่าฮอร์โมน	3 ชนิด	300	บาท
(12) ค่าแรงงานเก็บผลผลิต	จำนวน 1 คน	60	บาท
(13) ค่าตัดหญ้า		100-120	บาท
	รวม	3,590	บาท

4.2.3 Notation

1.) Indices

i = ชนิดของแตงกวา

j = เกษตรกรแต่ละราย

n =ลำดับครั้งในการปลูกแตงกวา

2.) Parameters

A_i^n = จำนวนผลผลิตแตงกวาชนิดที่ i ที่ทำการปลูกในครั้งที่ n (ถุง/ไร่/วัน)

D^n = จำนวนวันที่ได้รับผลผลิตแตงกวา (วัน)

F_n = จำนวนเกษตรกรที่ทำการปลูกในครั้งที่ n (คน)

G_i = ปริมาณขั้นต่ำของแตงกวาแต่ละเกรดที่ต้องได้รับในการปลูกครั้งที่ n (ถุง)

N_j = จำนวนไร่ที่เกษตรกรคนที่ j ใช้ในการปลูกแตงกวา (ไร่)

P_i = ค่าถุงพลาสติกที่ใช้บรรจุแตงกวาชนิดที่ i ในครั้งที่ n (บาท/ถุง)

T_i^n = ค่าขนส่งแตงกวาชนิดที่ i ในครั้งที่ n (บาท/ถุง)

V_j = ค่าใช้จ่ายที่เกษตรกรคนที่ j ใช้ในการปลูกแตงกวา (บาท/ไร่)

X_i^n = จำนวนแตงกวาชนิดที่ i ที่พ่อค้าสั่งปลูกในครั้งที่ n (ถุง)

3.) Decision Variables

Y_j^n = 1 ถ้าเกษตรกรคนที่ j ทำการปลูกแตงกวาในครั้งที่ n ไม่เช่นนั้นเป็น 0

4.2.4 Verbal model

Minimize: ต้นทุนในการปลูกแตงกวา + ต้นทุนที่เกิดขึ้นเมื่อได้รับผลผลิตแตงกวาและทำการบรรจุถุงพลาสติก + ต้นทุนการขนส่งแตงกวาจากเกษตรกรไปยังพ่อค้าคนกลางคนที่ 1

Subject to:

ข้อจำกัดของพื้นที่สำหรับปลูกแตงกวาของเกษตรกรแต่ละราย,

ข้อจำกัดของปริมาณความต้องการแตงกวาของพ่อค้าคนกลางคนที่ 1 (Distributor),

ข้อจำกัดของจำนวนเกษตรกรที่จะทำการปลูกแตงกวาในแต่ละครั้ง

4.2.5 Objective function

ต้นทุนในการปลูกแตงกวา (บาท) มีองค์ประกอบ 3 ส่วน ดังนี้

1) ต้นทุนในการปลูกแตงกวา โดยคำนวณได้จากจำนวนไร่ที่เกษตรกรใช้ในการปลูกแตงกวา (ไร่) คูณกับค่าใช้จ่ายในการปลูกแตงกวาของเกษตรกร (บาท/ไร่)

2) ต้นทุนที่เกิดขึ้นเมื่อได้รับผลผลิตแตงกวาและทำการบรรจุถุงพลาสติก โดยคำนวณได้จากจำนวนไร่ที่เกษตรกรใช้ปลูกแตงกวา (ไร่) คูณกับจำนวนผลผลิตแตงกวาชนิดที่ i ที่ทำการปลูกในครั้งที่ n (ถุง/ไร่/วัน) คูณกับจำนวนวันที่ได้รับผลผลิตแตงกวา (วัน) และคูณกับค่าถุงพลาสติกที่ใช้บรรจุแตงกวาชนิดที่ i ในครั้งที่ n (บาท/ถุง)

3) ต้นทุนการขนส่งแตงกวาจากเกษตรกรไปยังพ่อค้าคนกลางคนที่ 1 โดยคำนวณได้จากจำนวนไร่ที่เกษตรกรใช้ปลูกแตงกวา (ไร่) คูณกับจำนวนผลผลิตแตงกวาชนิดที่ i ที่ทำการปลูกใน

ครั้งที่ n (ถุง/ไร่/วัน) คูณกับจำนวนวันที่รับผลผลิตแตงกวา (วัน) และคูณกับค่าขนส่งแตงกวาชนิดที่ i ในครั้งที่ n (บาท/ถุง)

เพื่อช่วยพ่อค้าคนกลางคนที่ 1 (Distributor) **ตัดสินใจว่าจะให้เกษตรกรรายใดทำการปลูกแตงกวาในแต่ละครั้ง ซึ่งทำให้ค่าใช้จ่ายในการปลูกแตงกวาทั้งหมด** (3 **ส่วน) ต่ำสุดโดยทำการสร้างแบบจำลองโปรแกรมจำนวนเต็มเชิงเส้นตรง** Integer Linear Programming (ILP) Model **ซึ่ง** ประกอบด้วยสมการเป้าหมาย (Objective function) ดังแสดงในสมการที่ 1 และสมการเงื่อนไขต่าง ๆ ดังแสดงในสมการที่ 2 ถึง 6

$$\text{Min} \sum_{j} \sum_{n} N_j V_j Y_j^n + \sum_{i} \sum_{j} \sum_{n} N_j A_i^n P_i^n D^n Y_j^n + \sum_{i} \sum_{j} \sum_{n} N_j A_i^n D^n T_i^n Y_j^n \qquad (1)$$

4.2.6 Constraints

1. จำนวนผลผลิตแตงกวาแต่ละเกรดที่ได้รับจากการปลูกของเกษตรกรทุกคนรวมกันในแต่ละครั้ง มีเงื่อนไขดังนี้

1.1) จำนวนผลผลิตแตงกวาแต่ละเกรดที่ได้รับจากการปลูกของเกษตรกรทุกคนรวมกันในแต่ละครั้งจะต้องไม่น้อยกว่าจำนวนแตงกวาแต่ละเกรดที่พ่อค้าคนกลางคนที่ 1 สั่งในแต่ละครั้ง โดยมีเงื่อนไขว่า การตัดสินใจให้เกษตรกรคนที่ j ทำการปลูกแตงกวาในครั้งที่ n คูณกับจำนวนผลผลิตแตงกวาเกรดที่ i ที่ได้รับการปลูกแตงกวาในครั้งที่ n (ถุง/ไร่/วัน) คูณกับจำนวนวันที่ได้รับผลผลิตแตงกวาในแต่ละครั้ง (วัน) และคูณกับจำนวนไร่ที่เกษตรกรคนที่ j ใช้ในการปลูกแตงกวา (ไร่)โดยรวมผลผลิตของเกษตรกรทุกๆคนที่ทำการปลูกแตงกวาในครั้งที่ n จะต้องไม่น้อยกว่าจำนวนแตงกวาเกรดที่ i ที่พ่อค้าสั่งในครั้งที่ n

$$\sum_{j} N_j A_i^n D^n Y_j^n \geq X_i^n \qquad \text{for } n \leq 3,\ n \geq 8,\ \forall i \quad (2)$$

1.2) จำนวนผลผลิตแตงกวาแต่ละเกรดที่ได้รับจากการปลูกของเกษตรกรทุกคนรวมกันในแต่ละครั้งจะต้องไม่น้อยกว่าปริมาณขั้นต่ำของแตงกวาแต่ละเกรดที่ต้องได้รับในการปลูกแต่ละครั้ง

$$\sum_{j} N_j A_i^n D^n Y_j^n \geq G_i \qquad \forall i, n \qquad (3)$$

2. การตัดสินใจให้เกษตรกรแต่ละคนปลูกแตงกวาในแต่ละครั้งมีเงื่อนไขดังนี้

2.1) ในการปลูกแตงกวาแต่ละครั้งนั้นจะต้องมีจำนวนเกษตรกรที่ทำการปลูกแตงกวาไม่เกินกว่าจำนวนเกษตรกรที่ทำการปลูกในครั้งที่ n โดยมีเงื่อนไขว่าถ้าเกษตรกรคนที่ j รวมกันได้รับการตัดสินใจให้ปลูกแตงกวาในครั้งที่ n แล้วจะต้องมีจำนวนเกษตรกรไม่เกินกว่าจำนวนเกษตรกรที่ทำการปลูกในครั้งที่ n (คน)

$$\sum_j Y_j^n \le F_n \qquad \forall n \qquad (4)$$

2.2) ในการปลูกแตงกวาแต่ละครั้งนั้นเกษตรกรไม่สามารถปลูกแตงกวาในครั้งที่ติดกันได้ เพราะพื้นที่นั้นไม่ว่าง ยังอยู่ในช่วงเก็บผลผลิต โดยมีเงื่อนไขว่าถ้าเกษตรกรคนที่ j ได้รับการตัดสินใจให้ปลูกแตงกวาในครั้งที่ n แล้วเกษตรกรคนที่ j จะต้องไม่ทำการปลูกในครั้งที่ n+1 หรือผลรวมของของการตัดสินใจนี้ต้องเท่ากับ 1

$$Y_j^n + Y_j^{n+1} = 1 \qquad \forall j,n \qquad (5)$$

3. ตัวแปรตัดสินใจว่าเกษตรกรคนใดจะทำการปลูกแตงกวาในแต่ละครั้งนั้นจะมีค่าเพียง 2 ค่า คือ 0 และ 1 โดยมีเงื่อนไขว่าตัวแปรตัดสินใจทำเกษตรกรคนที่ j จะทำการปลูกแตงกวาในครั้งที่ n เป็นสมาชิกของ 0 และ 1

$$Y_j^n \in \{0,1\} \qquad \forall j,n \qquad (6)$$

4.2.7 Math Model

$$\text{Min} \sum_j \sum_n N_j V_j Y_j^n + \sum_i \sum_j \sum_n N_j A_i^n P_i^n D^n Y_j^n + \sum_i \sum_j \sum_n N_j A_i^n D^n T_i^n Y_j^n \qquad (1)$$

$$\sum_j N_j A_i^n D^n Y_j^n \ge X_i^n \qquad \text{for } n \le 3,\ n \ge 8,\ \forall i \qquad (2)$$

$$\sum_j N_j A_i^n D^n Y_j^n \ge G_i \qquad \forall i,n \qquad (3)$$

$$\sum_j Y_j^n \le F_n \qquad \forall n \qquad (4)$$

$$Y_j^n + Y_j^{n+1} = 1 \qquad \forall j,n \qquad (5)$$

$$Y_j^n \in \{0,1\} \qquad \forall j,n \qquad (6)$$

4.3 ตัวอย่างการคำนวณ (An illustrative example)

4.3.1 ข้อมูลป้อนเข้า (Input data)

1) Indices

i : 1 = แตงกวาเกรดดี 2 = แตงกวาเกรดต่ำ 3 = แตงกวาเกรดปานกลาง

j : 1 = เกษตรกรรายที่ 1, 2 = เกษตรกรรายที่ 2,...,14 = เกษตรกรรายที่ 14

n : 1,2,...,10 ครั้ง

2) Parameters

Parameters มี 8 Parameters ดังต่อไปนี้

No.	Parameter	Value
1	A_i''	ในตารางที่ 4.8
2	D''	ในตารางที่ 4.9
3	F_n	7 คน
4	G_i	15,000 ถุง, 3,000 ถุง, 1,000 ถุง
4	N_j	ในตารางที่ 4.10
5	P_i	2 บาท ต่อ ถุง
6	T_i''	3.5 บาท ต่อ ถุง
7	V_j	3,590 บาท ต่อ ไร่
8	X_i''	ในตารางที่ 4.11

จำนวนผลแตงกวาที่ได้รับดังตารางที่ 4.8,จำนวนวันที่สามารถเก็บผลแตงกวาในการปลูกแต่ละครั้ง ดังตารางที่ 4.9, จำนวนไร่ที่เกษตรกรแต่ละคนใช้ปลูกแตงกวา ดังตารางที่ 4.10 และปริมาณแตงกวาที่พ่อค้าคนกลางคนที่ 1 ต้องการซึ่งเป็นผลลัพธ์ของ X_i' ที่ได้จาก Model Part I ดังตารางที่ 4.11 จะแสดงข้อมูลจำนวน 10 ครั้ง ตามจำนวนครั้งที่เกษตรกรปลูกแตงกวาใน 1 ปี ซึ่งแต่ละครั้งจะมีจำนวนวันไม่เท่ากันเนื่องจากจำนวนวันจะแบ่งตามระยะเวลาที่สามารถเก็บผลแตงกวาได้ ซึ่งเกี่ยวข้องกับปัจจัยของฤดูกาลเช่น ฤดูร้อน คือ ครั้งที่ 3, 4 และ 5 จะสามารถเก็บแตงกวาได้นานกว่าครั้งอื่นๆ

ตารางที่ 4.8 จำนวนผลแตงกวาที่ได้รับในแต่ละวันของการปลูกแตงกวาแต่ละครั้ง

เกรดแตงกวา	จำนวนแตงกวาที่ได้รับแต่ละครั้ง (ถุง)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	32	32	35	35	35	33	33	33	32	32
2	7	7	8	8	8	7	7	7	7	7
3	4	4	5	5	5	4	4	4	4	4

ตารางที่ 4.9 จำนวนวันที่สามารถเก็บผลแตงกวาในการปลูกแต่ละครั้ง

ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	รวม
จำนวนวัน (วัน)	36	36	37	38	38	36	36	36	36	36	365

ตารางที่ 4.10 แสดงจำนวนไร่ที่เกษตรกรแต่ละคนใช้ปลูกแตงกวา

เกษตรกรรายที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
จำนวนไร่ (ไร่)	3	5	4	5	4	6	3	3	3	3	5	3	5	3

ตารางที่ 4.11 แสดงจำนวนแตงกวาที่พ่อค้าคนกลางคนที่ 1 (Distributor) ต้องการในแต่ละครั้งที่สั่งเกษตรกรปลูก

ครั้งที่	ความต้องการแตงกวา		จำนวนวัน	เกรดของแตงกวาที่ต้องการ		
	วันที่ (เริ่มต้น)	วันที่ (สุดท้าย)		1	2	3
1	1-Jan-09	5-Feb-09	36	21,526	3,509	1,448
2	6-Feb-09	13-Mar-09	36	20,731	3,876	1,417
3	14-Mar-09	19-Apr-09	37	18,944	4,109	1,678
4	20-Apr-09	27-May-09	38	16,123	4,368	2,251
5	28-May-09	4-Jul-09	38	17,567	4,477	2,652
6	5-Jul-09	9-Aug-09	36	17,212	5,011	2,891
7	10-Aug-09	14-Sep-09	36	17,733	4,836	3,099
8	15-Sep-09	20-Oct-09	36	20,291	5,007	3,417
9	21-Oct-09	25-Nov-09	36	29,387	5,451	3,437
10	26-Nov-09	31-Dec-09	36	29,231	5,614	3,411
รวม			365	208,745	46,258	25,701

4.3.2 ผลลัพธ์ (optimal solutions)

เมื่อสร้าง Model สำหรับการวางแผนการปลูกแตงกวาให้แก่เกษตรกรทั้ง 14 ราย เรียบร้อยแล้ว จากนั้นก็ทำการ Run โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป เพื่อหาคำตอบของ Model ซึ่งทำให้ทราบว่าต้นทุนในการปลูกแตงกวาจำนวน 10 ครั้ง หรือ 1 ปี ที่เป็นคำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimal solution) มีค่าเท่ากับ 2,219,650 บาท ในส่วนของคำตอบการตัดสินใจให้ปลูกแตงกวาของเกษตรกร ดังแสดงในตารางที่ 4.13

จากตารางที่ 4.13 ทำให้ทราบว่าผลการตัดสินใจให้เกษตรกรทำการปลูกแตงกวาในแต่ละครั้ง โดยผลการตัดสินใจจะมี 2 ค่า คือ 0 กับ 1 การที่ผลของคำตอบมีค่าเป็น 0 แสดงว่าในครั้งนั้นๆ เกษตรกรไม่ได้ทำการปลูกแตงกวา ถ้าผลของคำตอบมีค่าเป็น 1 แสดงว่าในครั้งนั้นๆ เกษตรกรได้รับการตัดสินใจให้ปลูกแตงกวา เช่น แถวที่ 1 แสดงให้ทราบว่าเกษตรกรคนที่ 1 ได้รับการตัดสินใจให้ปลูกแตงกวาในครั้งที่ 2, 4 และ 9 รวมใน 1 ปี เกษตรกรคนที่ 1 ได้ทำการปลูกแตงกวาจำนวน 1 ครั้ง เป็นต้น

เมื่อทราบจำนวนไร่ที่เกษตรกรจะใช้ปลูกแตงกวาแล้ว ก็จะส่งผลให้สามารถวางแผนการสั่งซื้อเมล็ดพันธุ์แตงกวาสำหรับใช้ปลูกในระยะเวลา 1 ปี ได้ เนื่องจากการปลูกแตงกวา 1 ไร่ จะใช้ใช้เมล็ดพันธุ์แตงกวาจำนวน 1 กระป๋อง ซึ่งแสดงในตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ปริมาณเมล็ดพันธุ์แตงกวาที่ต้องสั่งซื้อใน 1 ปี

ปริมาณเมล็ดพันธุ์แตงกวาที่ต้องทำการสั่งซื้อในแต่ละครั้ง (กระป๋อง)										รวม
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
19	18	15	12	12	13	13	24	26	26	178

ตารางที่ 4.13 ผลการตัดสินใจการตัดสินใจให้เกษตรกรทำการปลูกแตงกวา

เกษตรกร	จำนวนไร่ที่ใช้ปลูก	การตัดสินใจให้เกษตรกรทำการปลูกแตงกวาในแต่ละครั้ง										รวม (ครั้ง)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	3	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	3
2	5	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	3
3	4	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	4
4	5	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	3
5	4	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	4
6	6	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	4
7	3	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	3
8	3	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	3
9	3	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	4
10	3	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	4
11	5	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2
12	3	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	4
13	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2
14	3	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	3
จำนวนไร่ที่ใช้ปลูก/ครั้ง	55	19	18	15	12	12	13	13	24	26	26	46

4.4 การวิเคราะห์ผล (Result Analysis)

4.4.1 การเปรียบเทียบระหว่าง ก่อน และ เมื่อนำ Model มาช่วย

ก่อนนำ Model มาช่วยในการวางแผนการปลูกแตงกวา พ่อค้าคนกลางคนที่ 1 ได้วางแผนการปลูกแตงกวาให้กับเกษตรกรในกลุ่มเครือข่ายทั้ง 14 ราย โดยไม่ได้มีการรวบรวมข้อมูลความต้องการของลูกค้าและยังไม่มีการบันทึกระยะเวลาที่เกษตรกรเก็บผลแตงกวามาจำหน่ายแก่ตนเอง ทำให้เกิดการวางแผนที่ผิดพลาด

การตัดสินใจของพ่อค้าคนกลางคนที่ 1 ก่อนการใช้ Model ได้ตัดสินใจแบ่งเกษตรกรออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 7 คน แล้วให้ทำการปลูกสลับกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.14 ซึ่งส่งผลให้มีปริมาณผลแตงกวาที่ได้จากการปลูก (Output) มากกว่าความต้องการของลูกค้า (Input) ดังแสดงในตารางที่ 4.15 ทำให้ในแต่ละวันมีปริมาณแตงกวาคงค้างจำนวนมาก ส่งผลให้เกษตรกรและพ่อค้าคนกลางคนที่ 1 ขาดทุนจำนวนมาก

เมื่อนำ Model เข้ามาช่วยในการแก้ปัญหาทำให้มีปริมาณแตงกวาที่ได้จากการปลูกตรงกับความต้องการของลูกค้า และส่งผลให้มีปริมาณแตงกวาที่คงค้างน้อยลง อีกทั้งยังเสียค่าใช้จ่ายในการจำหน่ายและการปลูกแตงกวาลดลง และจะส่งผลให้พ่อค้าคนกลางคนที่ 1 และเกษตรกรได้กำไรมากขึ้น การนำ Model มาช่วยในการตัดสินใจทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการปลูกแตงกวาลดลงจาก 3,465,550 บาท เป็น 2,219,650 บาท

ตารางที่ 4.14 แสดงผลการตัดสินใจการตัดสินใจให้เกษตรกรทำการปลูกแตงกวาจากพ่อค้าคนกลางคนที่ 1 ก่อนใช้ Model

เกษตรกร	จำนวนไร่ที่ใช้ปลูก	การตัดสินใจให้เกษตรกรทำการปลูกแตงกวาในแต่ละครั้ง										รวม (ครั้ง)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	3	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	5
2	5	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	5
3	4	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	5
4	5	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	5
5	4	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	5
6	6	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	5
7	3	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	5
8	3	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	5
9	3	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	5
10	3	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	5
11	5	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	5
12	3	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	5
13	5	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	5
14	3	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	5
จำนวนไร่ที่ใช้ปลูก/ครั้ง	55	30	25	30	25	30	25	30	25	28	25	70

ตารางที่ 4.15 เปรียบเทียบปริมาณแตงกวาที่ได้รับก่อนใช้ Model และปริมาณความต้องการแตงกวา

เกรด	ปริมาณ	ปริมาณแตงกวาในแต่ละครั้ง (ถุง)										รวม
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Output	24,840	20,700	25,530	26,600	34,200	27,000	32,400	27,000	30,240	27,000	275,510
	Input	21,526	20,731	18,944	16,123	17,567	17,212	17,733	20,291	29,387	29,231	208,745
2	Output	5,400	4,500	5,550	7,600	7,980	7,200	8,640	7,200	8,064	7,200	69,334
	Input	3,279	3,876	4,109	4,368	4,477	5,011	4,836	5,007	5,451	5,614	46,028
3	Output	2,160	1,800	2,220	4,750	3,420	4,500	5,400	4,500	5,040	4,500	38,290
	Input	1,448	1,417	1,678	2,251	2,652	2,891	3,099	3,417	3,437	3,411	25,701

4.4.2 Model validation

ดังนั้นเพื่อแสดงว่าคำตอบที่ได้จากการโปรแกรมสำเร็จรูป นั้นถูกต้องตามเงื่อนไข จึงจะแสดงวิธีการตรวจสอบตามเงื่อนไขที่ 2-6 ซึ่งค่าคำตอบที่จะใช้ในการตรวจสอบคือ ค่าของการตัดสินใจ โดยที่ผลการตัดสินใจจะมี 2 ค่า คือ 0 กับ 1

จากตารางที่ 4.13 ทำให้ทราบว่าผลการตัดสินใจให้เกษตรกรทำการปลูกแตงกวาในแต่ละครั้งนั้นจะมีเกษตรกรที่ทำการปลูกในครั้งเดียวกันไม่เกิน 7 คน และการปลูกแตงกวาของเกษตรกรแต่ละคนจะไม่มีการปลูกในครั้งที่ถัดกัน ซึ่งจะเห็นว่าเป็นไปตามเงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้

การตรวจสอบปริมาณแตงกวาที่ได้รับจากการปลูกในแต่ละครั้ง สามารถตรวจสอบได้จากการนำผลรวมของจำนวนไร่ที่เกษตรกรทุกคนรวมกันใช้ปลูกแตงกวาในแต่ละครั้ง (ตารางที่ 4.13) คูณกับปริมาณแตงกวาแต่ละชนิดที่ได้รับต่อไร่ (ตารางที่ 4.8) และคูณกับจำนวนวันที่เก็บผลแตงกวาในแต่ละครั้ง (ตารางที่ 4.9) ซึ่งแสดงดังผลในตารางที่ 4.16

จากการตรวจสอบคำตอบที่ได้จะเห็นว่าปริมาณแตงกวาที่ได้รับจากการปลูกในแต่ละครั้ง (Output) มีค่าที่ใกล้เคียงกับปริมาณแตงกวาที่ได้สั่งปลูก (Input) และเป็นไปตามเงื่อนไขคือ ปริมาณแตงกวาที่ได้รับจากการปลูกทุกๆ ครั้งของเกรดที่ 1, 2 และ3 มีปริมาณมากกว่า 15,000 3,000 และ 1,000 ถุง ตามลำดับ อีกทั้งปริมาณแตงกวาที่ได้รับในครั้งที่ 1, 2, 3, 8, 9 และ10 นั้นมากกว่าปริมาณที่สั่งปลูกอีกด้วย ซึ่งได้แสดงการเปรียบเทียบดังตารางที่ 4.16

การคำนวณปริมาณผลแตงกวาเกรดที่ 1 ที่ได้รับจากการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปช่วยในการตัดสินใจในครั้งที่ 1 เช่น แถวที่ 17 คอลัมน์ที่ 3 ของตารางที่ 4.13 (19 ไร่/ครั้ง) คูณกับแถวที่ 3 คอลัมน์ที่ 2 ของตารางที่ 4.8 (32 ถุง/ไร่/วัน) คูณกับแถวที่ 3 คอลัมน์ที่ 2 ของตารางที่ 4.9 (36 วัน/ครั้ง) มีค่าเท่ากับ 21,888 ถุง

ตารางที่ 4.16 การเปรียบเทียบปริมาณแตงกวาที่ได้รับเมื่อนำ Model มาใช้กับปริมาณแตงกวาที่ต้องการ

เกรด	ปริมาณ	ปริมาณแตงกวาที่ได้รับในแต่ละครั้ง (ถุง)										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
1	Output	21,888	20,736	19,425	15,960	15,960	15,444	15,444	28,512	29,952	29,952	213,273
	Input	21,526	20,731	18,944	16,123	17,567	17,212	17,733	20,291	29,387	29,231	208,745
2	Output	4,788	4,536	4,440	3,648	3,648	3,276	3,276	6,048	6,552	6,552	46,764
	Input	3,509	3,876	4,109	4,368	4,477	5,011	4,836	5,007	5,451	5,614	46,258
3	Output	2,736	2,592	2,775	2,280	1,368	1,872	1,872	3,456	3,744	3,744	26,439
	Input	1,448	1,417	1,678	2,251	2,652	2,891	3,099	3,417	3,437	3,411	25,701

4.3.2 กรณีทำการวางแผนการปลูกแตงกวาอีก 1 ปีถัดไป

การวางแผนการปลูกแตงกวาในปีที่ 2 โดยต้องการให้เกษตรกรที่ได้รับการตัดสินใจในปีที่ 1 และปีที่ 2 ทำการปลูกแตงกวาในแต่ละครั้งไม่ซ้ำกันกับปีที่ 1 เพื่อไม่ให้เกษตรกรเสียโอกาสในการปลูกแตงกวา เพราะการปลูกแตงกวาในแต่ละครั้งมีผลประโยชน์ที่แตกต่างกัน เช่นถ้าหากได้รับการตัดสินใจให้ปลูกในช่วงของฤดูหนาวอาจทำให้จำหน่ายแตงกวาได้ในราคาที่สูงขึ้น ดังนั้นเพื่อวางแผนการปลูกแตงกวาจะต้องเพิ่มค่าของ Indices หรือจำนวนครั้งในการปลูกแตงกวาจาก 10 ครั้ง ต่อ 1 ปี เป็น 20 ครั้ง สำหรับการวางแผนจำนวน 2 ปี คือ

n = 1,2,....,20

สำหรับการวางแผนการปลูกแตงกวาระยะเวลา 1 ปี จะมีการสร้างสมการจำนวน 6 สมการ โดยสมการที่ 1 เป็นสมการเป้าหมาย (Objective function) ส่วนสมการที่ 2- 6 เป็นสมการ**เงื่อนไข** การวางแผนการปลูกแตงกวาระยะเวลา 2 ปีจะต้องกำหนดเงื่อนไขเพิ่มขึ้นอีก 3 เงื่อนไข **ดัง**สมการที่ 7- 9

1) จำนวนผลผลิตแตงกวาแต่ละเกรดที่ได้รับจากการปลูกของเกษตรกรทุกคนรวมกัน**ใน**แต่ละครั้งจะต้องไม่น้อยกว่าจำนวนแตงกวาแต่ละเกรดที่พ่อค้าคนกลางคนที่ 1 สั่งในแต่ละครั้ง **โดย**มีเงื่อนไขว่า การตัดสินใจให้เกษตรกรคนที่ j ทำการปลูกแตงกวาในครั้งที่ n คูณกับจำนวนผลผลิตแตงกวาเกรดที่ i ที่ได้รับการปลูกแตงกวาในครั้งที่ n (ถุง/ไร่/วัน) คูณกับจำนวนวันที่ได้รับผลผลิตแตงกวาในแต่ละครั้ง (วัน) และคูณกับจำนวนไร่ที่เกษตรกรคนที่ j ใช้ในการปลูกแตงกวา (**ไร่**) โดยรวมผลผลิตของเกษตรกรทุกๆคนที่ทำการปลูกแตงกวาในครั้งที่ n จะต้องไม่น้อยกว่าจำ**นวน**แตงกวาเกรดที่ i ที่พ่อค้าสั่งในครั้งที่ n

$$\sum_j N_j A_i^n D^n Y_j^n \geq X_i^n \qquad \text{for } n \leq 13,\ n \geq 18,\ \forall i \quad (7)$$

2) ในการปลูกแตงกวาแต่ละครั้งนั้นเกษตรกรไม่สามารถปลูกแตงกวาในครั้งที่ติดกัน**ได้**เพราะพื้นที่นั้นไม่ว่าง ยังอยู่ในช่วงเก็บผลผลิต โดยมีเงื่อนไขว่าถ้าเกษตรกรคนที่ j ได้รับ**การ**ตัดสินใจให้ปลูกแตงกวาในครั้งที่ n แล้วเกษตรกรคนที่ j จะต้องไม่ทำการปลูกในครั้งที่ n+1 **หรือ**ผลรวมของของการตัดสินใจนี้ต้องเท่ากับ 1

$$Y_j^n + Y_j^{n+1} = 1 \qquad \forall j,\ \text{for } n \geq 10 \quad (8)$$

3) ในการปลูกแตงกวาของเกษตรกรในปีที่ 1 และปีที่ 2 จะไม่ทำการปลูกในครั้งที่ตรงกัน โดยมีเงื่อนไขว่าถ้าเกษตรกรคนที่ j ได้รับการตัดสินใจให้ปลูกแตงกวาในครั้งที่ n แล้วเกษตรกรคนที่ j จะต้องไม่ทำการปลูกในครั้งที่ n+10 หรือผลรวมของของการตัดสินใจนี้ต้องเท่ากับ 1

$$Y_j^n + Y_j^{n+10} = 1 \qquad \forall j,n \quad (9)$$

เมื่อสร้าง Model สำหรับการวางแผนการปลูกแตงกวาให้แก่เกษตรกรทั้ง 14 ราย จำนวน 2 ปี เรียบร้อยแล้ว จากนั้นก็ทำการ Run โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป เพื่อหาคำตอบของ Model ซึ่งทำให้ทราบว่าต้นทุนในการปลูกแตงกวาจำนวน 20 ครั้ง หรือ 2 ปี ที่เป็นคำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimal solution) มีค่าเท่ากับ 5,021,040 บาท ในส่วนของคำตอบการตัดสินใจให้ปลูกแตงกวาของเกษตรกร ดังแสดงในตารางที่ 4.17

จากตารางที่ 4.17 ทำให้ทราบการวางแผนการตัดสินใจให้เกษตรกรปลูกแตงกวาจำนวน 2 ปี ซึ่งปีที่ 1 จะปลูกในครั้งที่ 1-10 ส่วนปีที่ 2 จะปลูกในครั้งที่ 11-20 โดยการปลูกแตงกวาของเกษตรกรแต่ละคนจะไม่มีการปลูกแตงกวาในครั้งที่ตรงกันสำหรับปีที่ 1 และ ปีที่ 2 เช่น เกษตรกรคนที่ 1 ได้รับการตัดสินใจให้ปลูกแตงกวาในปีที่ 1 ในครั้งที่ 2, 6, 8 และ 10 ส่วนในปีที่ 2 ได้รับการตัดสินใจให้ปลูกแตงกวาในครั้งที่ 14, 17 และ 19 แสดงว่าเขาปลูกแตงกวาในลำดับครั้งของแต่ละปีไม่ตรงกัน ทำให้เขามีค่าเสียโอกาสลดลง เพราะการปลูกแตงกวาในแต่ละครั้งของแต่ละปีมีผลประโยชน์ที่ต่างกันบางส่วน เช่น ราคาแตงกวาที่เกษตรกรจำหน่ายให้แก่พ่อค้าคนกลางคนที่ 1 และปริมาณผลแตงกวาที่ได้รับจากการปลูก เป็นต้น

4.5 การวิเคราะห์ความไว (sensitivity analysis)

4.5.1 Reduced Costs

เป็นการลดสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรที่ต้องการทราบค่า ซึ่งจะทำให้สมการเป้าหมาย (Objective function) มีค่าเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม จึงใช้การวิเคราะห์ความไวเพื่อทดสอบด้วยการลดค่าใช้จ่ายในการปลูกแตงกวาต่อไร่ (V_j) ลง 5% ซึ่งเป็นสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปร Y_j^n ซึ่งส่งผลให้สมการเป้าหมายหรือต้นทุนการปลูกแตงกวาระยะเวลา 10 ครั้ง (1 ปี) ลดลงจาก 2,219,650 บาท เป็น 2,187,790 บาท

4.5.2 Dual Prices

เป็นการเพิ่มค่าคงที่ทางด้านขวาของสมการเงื่อนไข ซึ่งจะทำให้สมการเป้าหมาย (Objective function) มีค่าเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม จึงใช้การวิเคราะห์ความไวเพื่อทดสอบด้วยการเพิ่มค่าของปริมาณแตงกวาที่พ่อค้าคนกลางคนที่ 1 ต้องการสั่งให้เกษตรกรปลูกจำนวน 10 ครั้ง ใน 1 ปี (X_i^n) ขึ้น 5% ซึ่งส่งผลให้สมการเป้าหมายหรือต้นทุนในการปลูกแตงกวาจำนวน 10 ครั้ง (1 ปี) เพิ่มขึ้นจาก 2,219,650 บาท เป็น 2,305,830 บาท แม้ว่าผลของคำตอบที่ได้จะยังไม่เป็นคำตอบที่ดีที่สุด (Optimal Solution) แต่ก็เป็นคำตอบที่เป็นไปได้ (Feasible Solution)

ตารางที่ 4.17 ผลการวางแผนการตัดสินใจปลูกแตงกวาให้แก่เกษตรกรจำนวน 2 ปี

เกษตรกร	จำนวนไร่ที่ใช้ปลูก	ลำดับครั้งที่ทำการปลูกแตงกวา																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	3	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0
2	5	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1
3	4	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1
4	5	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
5	4	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0
6	6	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1
7	3	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0
8	3	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
9	2	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1
10	3	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0
11	5	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0
12	2	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1
13	5	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1
14	3	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0
จำนวนไร่ที่ใช้ปลูก/ครั้ง	53	19	17	15	14	15	20	21	26	25	26	18	18	14	15	13	21	22	23	26	24