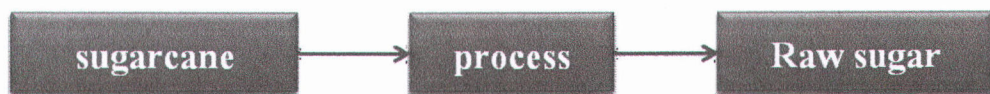


บทที่ 4

การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

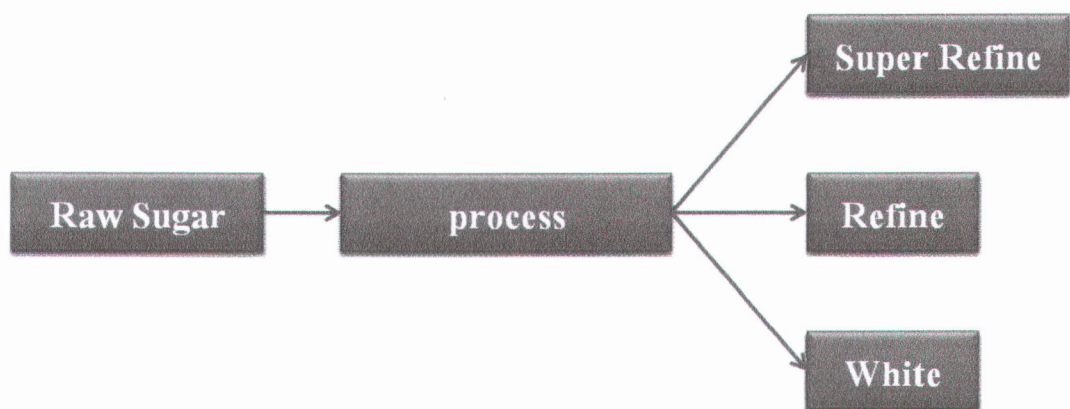
4.1 กระบวนการผลิตน้ำตาลและ ลักษณะพิเศษของน้ำตาล

น้ำตาลเป็นสินค้าที่มีลักษณะเป็น multi product และ multi period และช่วงเวลาในการผลิต และเก็บต่างจาก สินค้าชนิดอื่นๆคือ น้ำตาลดิบซึ่งเป็นวัตถุดิบที่จะนำไปผลิตเป็นน้ำตาลชนิดอื่นนั้นจะสามารถผลิตได้ในฤดูเท่านั้นคือฤดูหีบ(เดือนมกราคม ถึงเดือน เมษายน) เมื่อหมดฤดูหีบแล้วจะไม่สามารถผลิตน้ำตาลดิบได้อีก แต่จะนำน้ำตาลดิบที่เก็บไว้ไปเป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตน้ำตาลชนิดอื่นต่อไป



รูปที่ 4.1 รูปแสดงกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ

ลักษณะการผลิตน้ำตาลคือ จะต้องนำ อ้อย จากไร่เข้ามาในโรงงานเพื่อที่จะทำการหีบอ้อย หลังจากผ่านกระบวนการหีบอ้อย จะได้น้ำตาลที่เรียกว่าน้ำตาลดิบ



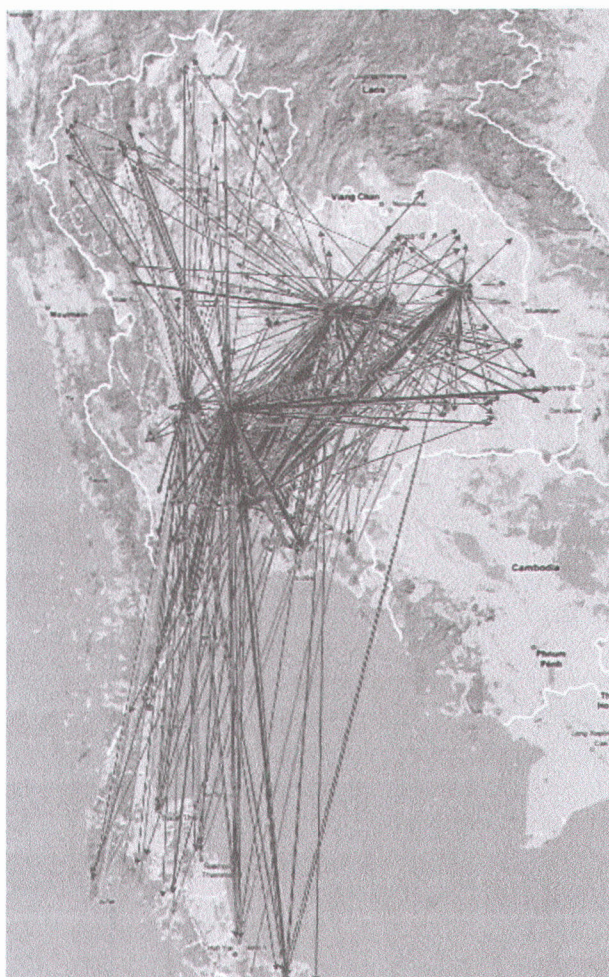
รูปที่ 4.2 รูปแสดงกระบวนการผลิตน้ำตาลบริสุทธิ์

หลังจากได้น้ำตาลดิบแล้วจึงเอาน้ำตาลดิบนั้นมาผ่านกระบวนการผลิต (การละลาย) เพื่อผลิตเป็นน้ำตาลชนิดอื่นๆต่อไปคือ น้ำตาลบริสุทธิ์พิเศษ (Super Refine) น้ำตาลบริสุทธิ์ (Refine) และน้ำตาลทรายขาว (White)

ซึ่งในการผลิตน้ำตาลดิบนั้นจะผลิตได้เฉพาะช่วงหีบ คือประมาณระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนเมษายน หลังจากนั้นจะไม่สามารถผลิตได้อีก กล่าวคือ ในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนเมษายนนั้นหาสามารถอ้อยได้เท่าไรก็จะต้องนำมาผลิตเป็นน้ำตาลทั้งหมดและเก็บไว้ในโกดังสินค้า หลังจากนั้นจึงนำน้ำตาลดิบที่เก็บไว้มาทำการผลิตเป็นน้ำตาลชนิดอื่นๆต่อไป

4.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

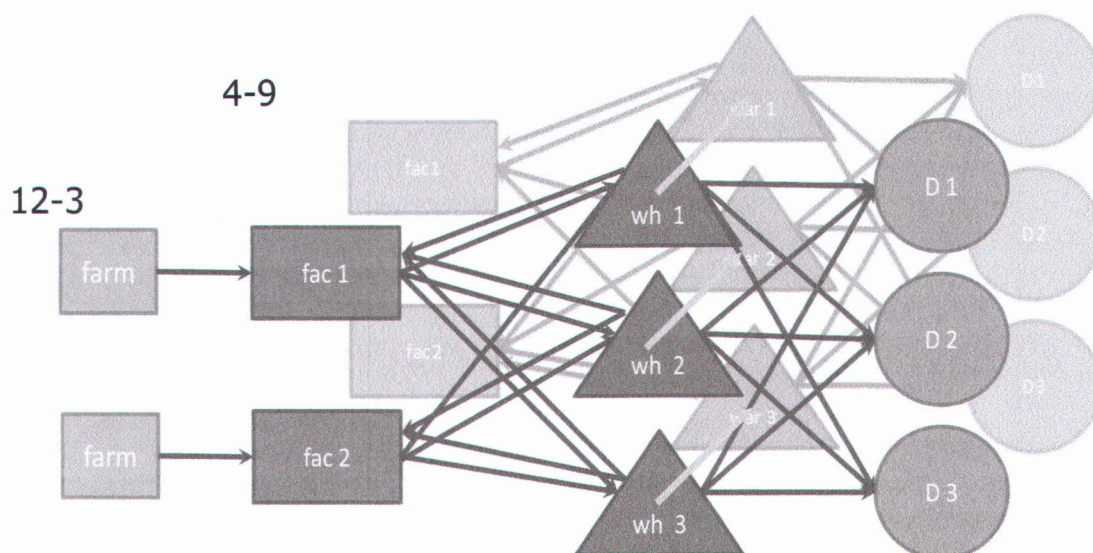
ศึกษาลักษณะของปัญหา และศึกษางานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ดังที่ได้กล่าวในบทที่1 และ 2



รูปที่ 4.3 เส้นทางการขนส่งน้ำตาล

จากรูปจะเป็นการแสดงเส้นทางการขนส่งน้ำตาลทุกชนิด (11 ชนิด) จาก 5 โรงงานไปยังจังหวัดต่างๆทั่วประเทศ โดยแต่ละสีหมายถึงน้ำตาลแต่ละชนิดที่ขนส่ง

หลังจากที่ได้ข้อมูลเส้นทางการขนส่งน้ำตาลแล้วจึงทำการศึกษาลักษณะการไหลของน้ำตาลตั้งแต่กระบวนการผลิตไปจนถึงลูกค้าซึ่งจะมีลักษณะดังนี้



รูปที่ 4.4 ลักษณะการไหลของน้ำตาล

จากรูปที่ 4.4 จะประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนเดือนที่ 12-3 (แผนภาพสีเข้ม) และอีกส่วนคือ ส่วนของเดือนที่ 4-9 (แผนภาพสีอ่อน) จะสังเกตได้ว่าในเดือนที่ 12-3 ในแผนภาพจะมี node farm ซึ่งเป็นลักษณะของการส่งอ้อยจากไร่เข้ามายังโรงงานเพื่อทำการผลิตน้ำตาล (เดือน 12-3 เป็นฤดูหีบอ้อย) ส่วนในเดือนที่ 4-9 เป็นฤดูละลาย ซึ่งในช่วงนี้จะไม่มีการหีบอ้อยแล้ว (ฤดูละลาย) แต่จะนำเอาน้ำตาลทรายดิบที่ผลิตในฤดูหีบอ้อยนั้นมาละลายเป็นน้ำตาลชนิดอื่นๆเพื่อส่งน้ำตาลให้กับลูกค้าโดยทั้ง 2 ส่วนนั้นจะมีการเชื่อมโยงที่ wh (warehouse) คือการเก็บน้ำตาลจากเดือนที่ 1 จะถูกส่งต่อไปยังเดือนที่ 2

ลักษณะการไหลของน้ำตาลนั้นจะเริ่มจาก ไร่ (farm) โดยอ้อยจากไร่นั้นจะถูกส่งมากที่โรงงานเพื่อทำการผลิตน้ำตาล หลังจากทีผลิตน้ำตาลดิบแล้ว บางส่วนจะส่งไปเก็บไว้ที่โกดังเพื่อรอการส่งกลับเข้ามาในโรงงานเพื่อทำการผลิตเป็นน้ำตาลชนิดอื่น และอีกส่วนของน้ำตาลดิบจะนำไปแปรรูปเป็นน้ำตาลชนิดอื่นแล้วนำไปเก็บที่โกดังเพื่อรอการขนส่งต่อไปให้ลูกค้า

โดยในรูปที่ 4.4 นั้น wh1 (warehouse 1) จะตั้งอยู่ในตัวโรงงาน fac 1 (factory 1) ค่าขนส่งจาก โรงงาน 1 ไป โกดัง 1 นั้นจะเท่ากับ 0 เช่นเดียวกับ โกดัง 2 จะตั้งอยู่ในตัวโรงงาน โรงงาน

2 ค่าขนส่งจาก โรงงาน 2 ไป โกดัง 2 นั้นจะเท่ากับ 0 เช่นกัน ส่วน โกดัง 3 นั้นเปรียบเสมือนโกดังนอกโรงงาน ซึ่งการขนส่งน้ำตาลจากโรงงานที่ 1 และ 2 ไปยังโกดัง 3 นั้น จะมีค่าใช้จ่าย

รูปที่ 4.5 และ 4.6 เป็นผลที่ได้จากการสร้างแบบจำลองเพื่อเป็นต้นแบบในการสร้างแบบจำลองขนาดใหญ่โดยมีข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองดังนี้

ระยะเวลา 11 เดือน

2 ชนิดน้ำตาล (Raw, Refine)

2 โรงงาน (MP,SB)

3 โกดัง(2 โกดังในโรงงานและ 1 โกดังนอกโรงงาน)

3 จังหวัดปลายทาง (กรุงเทพ อุดรฯ และ สมุทรสาคร)

ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลอง

		MP	SB
ฤดูเก็บ	Raw	56,450	26,894
	Refine T1	8,511	13,897
ฤดูละลาย	Raw	0	0
	Refine T1	13,280	15,700

ตารางที่ 4.1 กำลังการผลิตของโรงงาน (ton)

	MP	SB
50 kg	3620	1005

ตารางที่ 4.2 กำลังการบรรจุของโรงงาน (ton)

	MP	SB	พระประแดง
Capacity	218,500	70,121	54,912

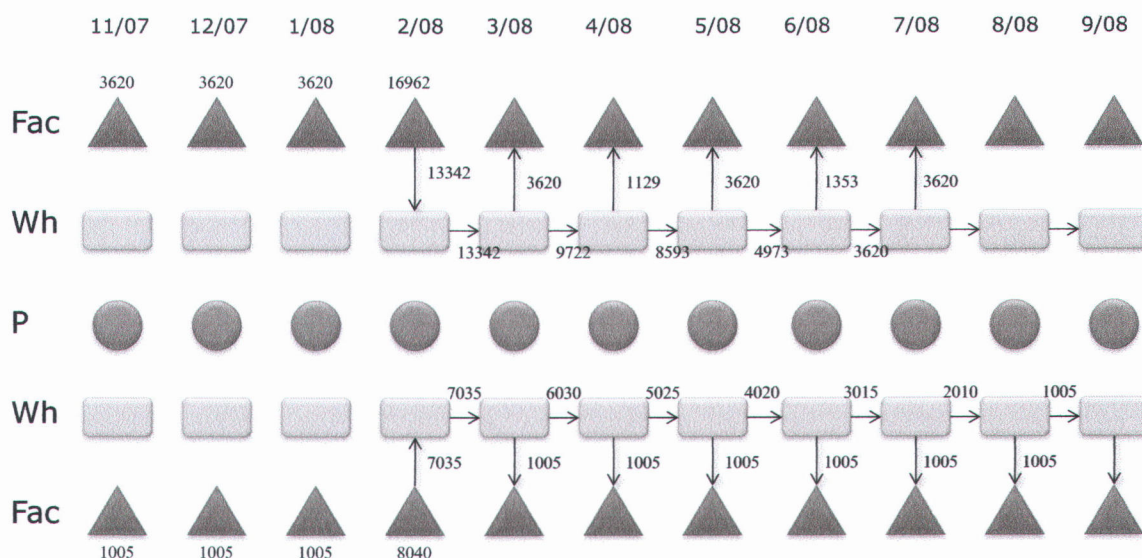
ตารางที่ 4.3 ปริมาณสูงสุดในการเก็บน้ำตาลในแต่ละโกดัง (ton)

	11/07	12/07	1/08	2/08	3/08	4/08	5/08	6/08	7/08	8/08	9/08
กลุ่มเทพ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
อยุธยา	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
สมุทรสาคร	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

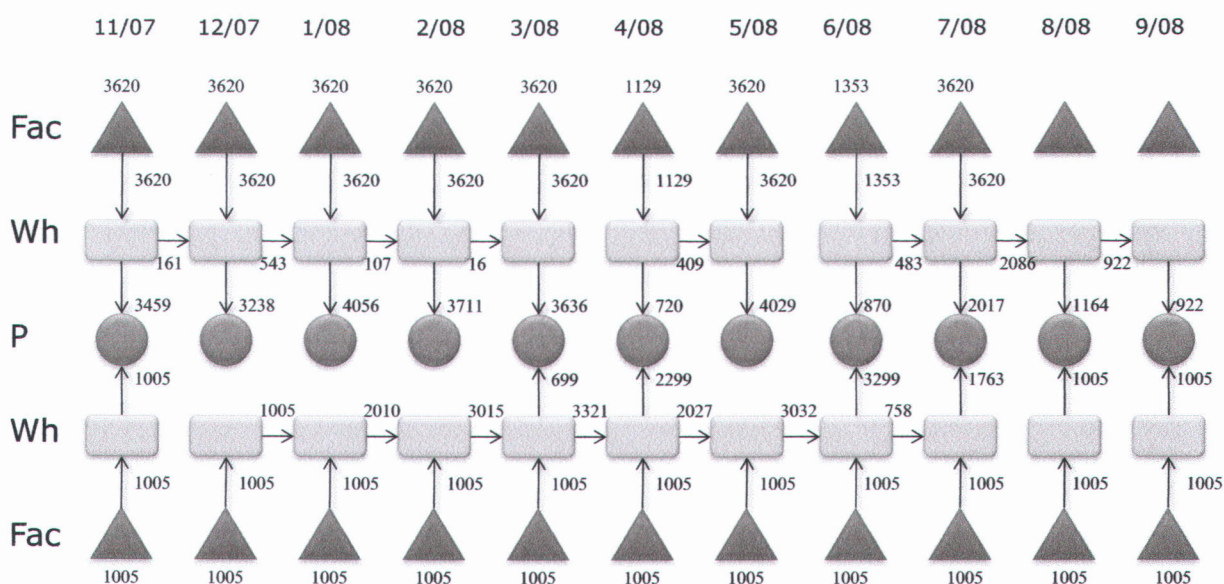
ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงความต้องการน้ำตาลดิบของลูกค้า (ton)

	11/07	12/07	1/08	2/08	3/08	4/08	5/08	6/08	7/08	8/08	9/08
กลุ่มเทพ	3504	2578	3216	2796	3271	2299	3189	3279	2924	1344	1207
อยุธยา	105	90	285	285	315	210	330	315	285	300	285
สมุทรสาคร	855	570	555	630	750	510	510	555	570	525	435

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงความต้องการน้ำตาลบริสุทธิ์ของลูกค้า (ton)



รูปที่ 4.5 เส้นทางไหลของน้ำตาลดิบ



รูปที่ 4.6 เส้นทางไหลของน้ำตาลบริสุทธิ์

จากตัวแปรต่างๆในรูปที่ 4.5 และ 4.6 มีความหมายดังนี้ Fac ในด้านบนของรูปภาพ หมายถึงโรงงานมิตรผล (MP) ส่วน Fac ในด้านล่างของรูปภาพนั้นหมายถึงโรงงานสิงห์บุรี Wh ในด้านบนของรูปภาพคือโกดังในโรงงานมิตรผล และ Wh ในด้านล่างของรูปภาพนั้นคือโกดังในโรงงานสิงห์บุรี และ P คือ 3 จังหวัดปลายทางแต่ในรูปที่ 4.5 และ 4.6 นั้นได้นำทั้ง 3 จังหวัดมา

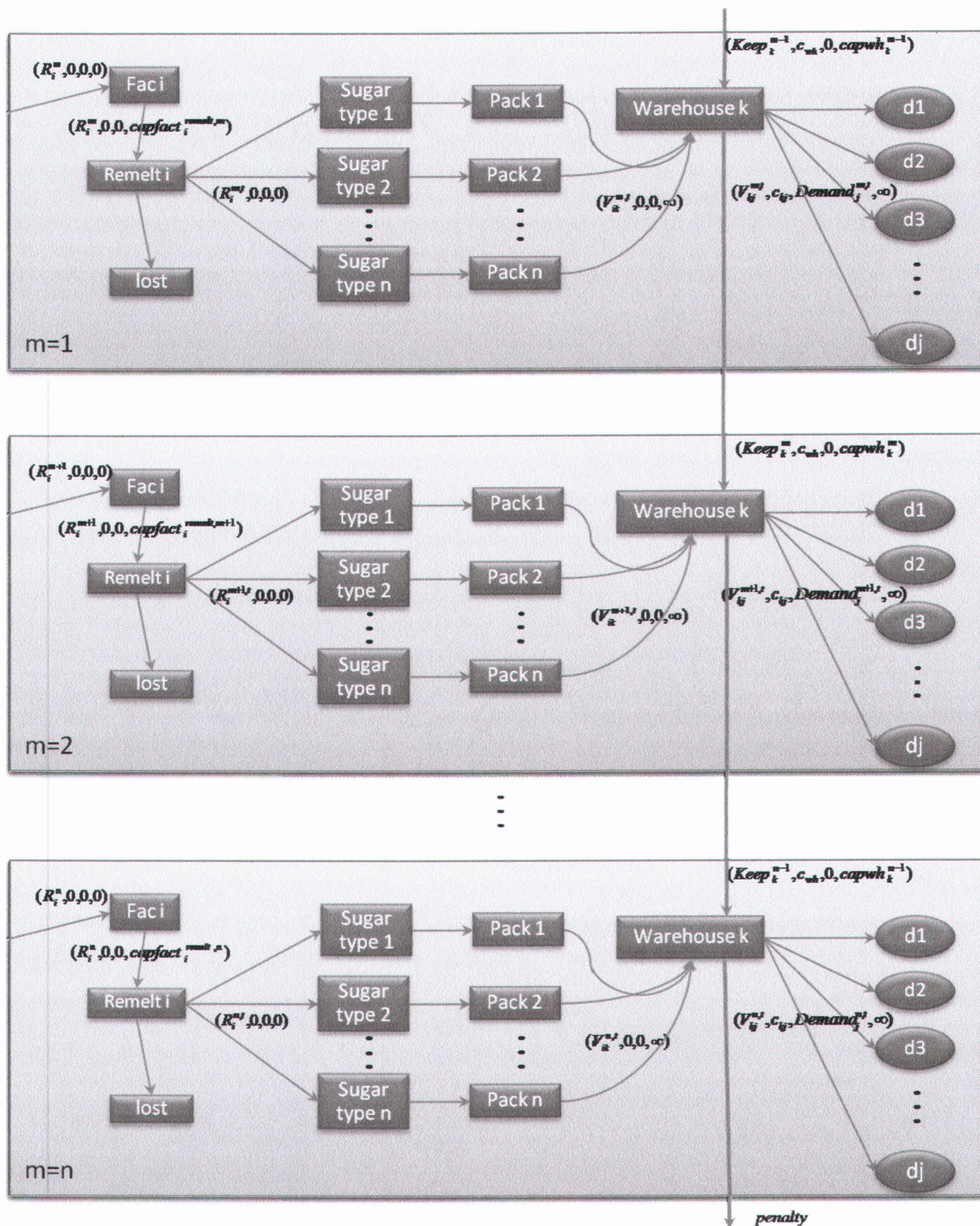
รวมกันเพื่อให้เห็นลักษณะการผลิตน้ำตาล ผลที่ได้จากแบบจำลองนั้นไม่มีการส่งน้ำตาลไปเก็บที่โกดัง นอกจึงไม่ได้แสดงในรูปที่ 4.5 และ 4.6

ในรูปที่ 4.5 และ 4.6 จะแสดงความสัมพันธ์ในการผลิตน้ำตาลดิบและน้ำตาลบริสุทธิ์ เช่น การผลิตน้ำตาลทรายดิบของโรงงานมิตรผล ในเดือน 11/07 จะผลิตออกมาเท่ากับ 3620 ตันแต่จะไม่ได้ทำการขนส่งไปที่โกดังแต่จะนำไปแปรรูปเป็นน้ำตาลบริสุทธิ์ เท่ากับ 3620 ในรูปที่ 9 ในเดือนที่ 12 และเดือน 1 ที่โรงงานมิตรผลก็จะทำการผลิตน้ำตาลดิบเท่ากับ 3620 และนำไปแปรรูปเป็นน้ำตาลบริสุทธิ์เช่นกัน แต่ในเดือนที่ 2 น้ำตาลดิบที่ผลิตที่โรงงานมิตรผลนั้นจะทำการผลิตออกมามาก เนื่องจากหลังจากเดือนที่ 2 นั้นจะไม่มีอ้อยส่งเข้ามาในโรงงานเพื่อผลิตน้ำตาล จึงทำให้ต้องผลิตน้ำตาลดิบเก็บไว้เพื่อทำการแปรรูปเป็นน้ำตาลบริสุทธิ์แล้วส่งให้ลูกค้าต่อไป จะสังเกตเห็นว่าในเดือนที่ 3-9 นั้นจะไม่มีการผลิตน้ำตาลดิบเพิ่มแล้ว

ในรูปที่ 4.6 จะแสดงการไหลของน้ำตาลบริสุทธิ์ คือ ในเดือนที่ 11 โรงงานมิตรผล จะทำการผลิตน้ำตาลบริสุทธิ์ 3620 ตัน และจะทำการส่งไปเก็บที่โกดัง 3620 (ผลิตเท่า capacity ในการบรรจุ) แล้วส่งต่อไปยังลูกค้า ซึ่งมีความต้องการเท่ากับ 3459 ส่วนที่เหลือจากการส่งไปยังลูกค้า นั้นจะทำการเก็บไว้ในโกดังและส่งไปยังเดือนที่ 12 ในเดือนที่ 12 ก็ทำการผลิตน้ำตาลบริสุทธิ์ เท่ากับ 3620 แล้วทำการส่งไปยังโกดัง ซึ่งน้ำตาลจะรวมกับน้ำตาลที่ถูกเก็บไว้ในโกดังจากเดือนที่แล้ว 161 รวมเป็น 3781 และแยกเป็นสองส่วนคือ ส่งให้ลูกค้า 3238 และเก็บอีก 543 ซึ่งการไหลของน้ำตาลจะเป็นเช่นนี้จนถึงเดือน 9

ในรูปที่ 4.4 นั้นจะเป็นการแสดงการไหลของน้ำตาลเพียงส่วนเดียว ซึ่งในแบบจำลองจริงนั้นจะมี 5 โรงงาน 5 โกดัง 5 ชนิดน้ำตาลและ 30 จังหวัดปลายทาง ซึ่งจะมีตัวแปรทั้งหมดประมาณ 30000 ตัวแปร

หลังจากที่ได้ทำการศึกษารูปแบบการไหลของน้ำตาลแล้วจึงทำการสร้างแบบจำลองเพื่อหาค่าที่ดีที่สุดสำหรับการกระจายสินค้าน้ำตาล



รูปที่ 4.7 แผนภูมิการผลิตและการกระจายสินค้าน้ำตาล

4.2.1 การหาผลเฉลยที่ดีที่สุด (Nominal Optimization)

แบบจำลองแรกที่ทำในงานวิจัยนี้คือแบบจำลองหาผลเฉลยที่ดีที่สุด ซึ่งเป็นแบบจำลองรูปแบบปกติที่นิยมใช้ แต่ว่าในแบบจำลองชนิดนี้ไม่ได้คำนึงถึงผลของความไม่แน่นอนที่อาจจะเกิดขึ้น แบบจำลองชนิดนี้เป็นแบบจำลองทั่วไปที่นิยมใช้ เนื่องจากเป็นวิธีการสร้างแบบจำลองพื้นฐาน

$$\text{Min} \quad \text{Obj} (V_{kj}^t, \text{Keep}_k^{mt}) = \sum_m \sum_t \sum_k \sum_j (C_{kj}^{mt} V_{kj}^{mt}) + \sum_m \sum_t \sum_k (C_k \text{Keep}_k^{mt}) \quad (4.1)$$

Subject to

$$R_i^m = \sum_t \mu_t R_i^m + \mu_{\text{lost}} R_i^m \quad \forall i \in I, \forall m \in M \quad (4.2)$$

$$V_i^{m,t} = \mu_t R_i^m \quad \forall i \in I, \forall t \in T, \forall m \in M \quad (4.3)$$

$$\text{lost}_i^m = \mu_{\text{lost}} R_i^m \quad \forall i \in I, \forall m \in M \quad (4.4)$$

$$\text{Keep}_k^{m-1,t} + \sum_i V_{ik}^{m,t} = \text{Keep}_k^{m,t} + \sum_j V_{kj}^{m,t} \quad \forall k \in K, \forall m \in M, \forall t \in T \quad (4.5)$$

$$\sum_t \text{keep}_k^{m,t} \leq \text{capwh}_k^m \quad \forall m \in M, \forall k \in K \quad (4.6)$$

$$R_i^m \leq \text{Capfact}_i^{\text{remelt},m} \quad \forall i \in I, \forall m \in M \quad (4.7)$$

$$\sum_k V_{kj}^t \geq \text{Demand}_j^t \quad \forall j \in J, \forall t \in T \quad (4.8)$$

$$R, V \geq 0 \quad (4.9)$$

โดยที่

T	=	เซตของชนิดน้ำตาล
I	=	เซตของโรงงาน
J	=	เซตของชนิดจังหวัดปลายทาง
K	=	เซตของชนิด Warehouse
M	=	เซตของเดือน
t	=	ชนิดน้ำตาล t
i	=	โรงงาน i
k	=	โกดัง k
j	=	จังหวัดปลายทาง j
m	=	เดือน

R_i^m	=	ปริมาณน้ำตาดิบที่ส่งจากโรงงาน i ไปทำการละลาย
$R_i^{m,t}$	=	ปริมาณน้ำตาดิบชนิด t ที่ผ่านการละลายแล้วจากโรงงาน i
$V_{ik}^{m,t}$	=	ปริมาณน้ำตาดิบชนิด t ที่ส่งจากโรงงาน i ไปโกดัง k ในเดือน m
$V_{kj}^{m,t}$	=	ปริมาณน้ำตาดิบชนิด t ที่ส่งจากโกดัง k ไปจังหวัด j ในเดือน m
$lost_i^m$	=	ปริมาณน้ำตาดิบที่สูญเสียจากกระบวนการผลิตที่โรงงาน i ในเดือน m
μ_{st}	=	ค่าสัมประสิทธิ์ในการละลายน้ำตาดิบชนิด st
μ_{lost}	=	ค่าสัมประสิทธิ์ในการสูญเสียน้ำตาดิบเมื่อผ่านกระบวนการละลายน้ำตาดิบ
c_{kj}	=	ค่าขนส่งน้ำตาดิบต่อตัน จากโกดัง k ไปยังจังหวัด j
c_{wh}	=	ค่าจัดเก็บน้ำตาดิบที่โกดัง wh
$keep_k^{m,t}$	=	ปริมาณน้ำตาดิบชนิด t ในโกดัง k ที่เก็บจากเดือน m ไปเดือน $m+1$
$Capfact_i^{m,remelt}$	=	ความสามารถในการทำละลายน้ำตาดิบที่โรงงาน i
$Demand_j^{m,t}$	=	ความต้องการน้ำตาดิบชนิด t จากจังหวัด j
$capwh_k^m$	=	ความสามารถในการจัดเก็บของโกดัง

แบบจำลองการหาผลเฉลยที่ดีที่สุดนั้นจะทำการหาค่าขนส่งที่ถูกที่สุดในการกระจายสินค้าน้ำตาดิบไปยังจังหวัดปลายทาง โดยที่ไม่ได้คำนึงถึงผลกระทบของความไม่แน่นอนของข้อมูลที่จะเกิดขึ้น

ขั้นตอนการผลิตน้ำตาดิบจะถูกจำลองมาอยู่ในแบบจำลองโดยเริ่มจากการนำอ้อยจากไร่เข้ามาที่โรงงานผ่านกระบวนการหีบอ้อยได้น้ำตาดิบ แล้วนำน้ำตาดิบนั้นไปผ่านกระบวนการละลายในสมการที่ 4.2 คือนำน้ำตาดิบ R_i ผ่านกระบวนการละลายเพื่อให้ได้น้ำตาดิบชนิด t และในกระบวนการละลายนั้นจะมีการสูญเสียน้ำตาดิบโดยมีสัมประสิทธิ์คือ μ_{lost}

ในสมการที่ 4.3 คือสัดส่วนของน้ำตาลแต่ละชนิดที่ผลิตได้เมื่อผ่านกระบวนการละลายน้ำตาลโดยสัมประสิทธิ์ของน้ำตาลแต่ละชนิดคือ μ_{st} เมื่อผ่านกระบวนการละลายน้ำตาลเพื่อให้ได้น้ำตาลชนิดต่างๆแล้ว น้ำตาลเหล่านั้นจะถูกส่งไปบรรจุหีบห่อและถูกส่งต่อไปยังโกดังเพื่อทำการเก็บน้ำตาลรอการส่งไปจังหวัดปลายทางหรือเก็บไปยังเดือนถัดไป สมการที่ 4.5 คือสมการที่หมายถึง น้ำตาลที่เก็บมาจากเดือนที่แล้วบวกกับน้ำตาลที่ถูกผลิตและส่งมาเก็บที่โกดังในเดือนนั้นๆ ต้องเท่ากับน้ำตาลที่ถูกเก็บไปยังเดือนถัดไปรวมกับน้ำตาลที่ส่งให้ลูกค้า

สมการที่ 4.6 และ 4.7 เป็น capacity constrain ที่กำหนดว่าปริมาณน้ำตาลที่เก็บข้ามเดือนทั้งหมดจะต้องไม่เกินความสามารถในการจัดเก็บน้ำตาลของเดือนนั้นๆ และน้ำตาลที่ถูกส่งมาละลายในเดือนนั้นๆจะต้องมีค่าไม่เกินความสามารถในการละลายน้ำตาลในแต่ละโรงงานในเดือนนั้นๆ

ส่วนสุดท้ายคือการจัดส่งน้ำตาล สมการที่ 4.8 เป็นข้อจำกัดที่บอกว่าน้ำตาลที่ส่งไปยังจังหวัดปลายทางใดๆจะต้องเพียงพอต่อความต้องการน้ำตาลชนิดนั้นๆในแต่ละจังหวัด และสมการที่ 4.9 คือตัวแปรแต่ละตัวแปรในแบบจำลองนั้นจะต้องมีค่าเป็นบวก

4.2.2. การหาผลเฉลยแบบคงทนแบบที่ 1 (Robust Model 1)

ในแบบจำลองเชิงคงทนแบบที่ 1 นั้นจะสะท้อนถึงความไม่แน่นอนที่อาจจะเกิดขึ้นจากการที่เราไม่ทราบปริมาณของความต้องการน้ำตาลที่แน่ชัด ในแบบจำลองนี้จึงได้ตั้งสมมุติฐานให้มีค่าความไม่แน่นอนที่ปริมาณความต้องการน้ำตาลในแต่ละเดือน

$$\text{Max} \quad \sum_i w_i \gamma_i \quad (4.10)$$

Subject to

$$\text{Obj} \left(V_{kj}^t, \text{Keep}_k^{mt} \right) \leq \text{Obj} \left(\tilde{V}_{kj}^t, \tilde{\text{Keep}}_k^{mt} \right) + \Delta \quad (4.11)$$

$$R_i = \sum_t \mu_t R_i^m + \mu_{\text{lost}} R_i^m \quad \forall i \in I, \forall m \in M \quad (4.12)$$

$$V_i^{m,t} = \mu_i R_i^m \quad \forall i \in I, \forall t \in T, \forall m \in M \quad (4.13)$$

$$\text{lost}_i^m = \mu_{\text{lost}} R_i^m \quad \forall i \in I, \forall m \in M \quad (4.14)$$

$$\text{Keep}_k^{m-1,t} + \sum_i V_{ik}^{m,t} = \text{Keep}_k^{m,t} + \sum_j V_{kj}^{m,t} \quad \forall k \in K, \forall m \in M, \forall t \in T \quad (4.15)$$

$$R_i^m \leq Capfact_i^{remelt,m} \quad \forall i \in I, \forall m \in M \quad (4.16)$$

$$\sum_k V_{kj}^t \leq \sum_{\omega=1}^{\Omega 1} Demand_j^{m,t} (y1_{i,m}^\omega - y1_{i,m}^{\omega-1}) \quad \forall j \in J, \forall t \in T, \forall m \in M, \omega \in \Omega 1 \quad (4.16)$$

$$y1_{i,m}^\omega \geq y1_{i,m}^{\omega-1} \quad \forall i \in I, \forall m \in M, \omega \in \Omega 1 \quad (4.17)$$

$$y1_{i,m}^0 = 0 \quad \forall i \in I, \forall m \in M \quad (4.18)$$

$$y1_{i,m}^{\Omega 1} = 1 \quad \forall i \in I, \forall m \in M \quad (4.19)$$

$$\gamma 1_{i,m} \leq \sum_{\omega=1}^{\Omega 1} p1_{i,m}^\omega (y1_{i,m}^\omega - y1_{i,m}^{\omega-1}) \quad \forall i \in I, \forall m \in M \quad (4.20)$$

$$y1_{i,m}^\omega = \{0,1\} \quad \forall i \in I, \forall m \in M, \omega \in \Omega 1 \quad (4.21)$$

$$0 \leq \gamma 1_{i,m} \leq 1 \quad \forall i \in I, \forall m \in M \quad (4.22)$$

$$R, V \geq 0 \quad (4.23)$$

โดยที่

Δ	=	จำนวนเงินที่ยอมเสียเพื่อให้ได้ความคงทนของแบบจำลอง
$w1_i$	=	น้ำหนักความสำคัญของ constrain i
$\Omega 1$	=	เซตของ ω
$\gamma 1$	=	ค่าความน่าเชื่อถือของ uncertain variable ตัวที่ 1 (demand)
$p1_i^k$	=	ค่าความน่าจะเป็นของตัวแปรที่ k ใน constrain i โดยที่จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0-1
$y1_i^k$	=	เป็น binary variable โดยจะเท่ากับ 1 เมื่อตัวแปร k ถูกป้องกัน และจะเท่ากับ 0 เมื่อตัวแปรที่ k ไม่ได้ถูกป้องกัน

4.2.3. การหาผลเฉลยแบบคงทนแบบที่ 2 (Robust Model 2)

แบบจำลองเชิงคงทนแบบที่ 2 นั้นจะรวบรวมความไม่แน่นอนของกำลังการผลิตในแต่ละเดือน โดยใน robust model 2 นั้นจะสะท้อนเหตุการณ์ความไม่แน่นอนที่อาจเกิดขึ้นเช่น

เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตนั้นเกิดชำรุดเสียหาย หรือปริมาณอ้อยที่นำมาหีบมีปริมาณมาก หรือน้อยกว่าที่ประมาณการณ์ไว้

$$\text{Max} \quad \sum_i w2_i \gamma 2_i \quad (4.24)$$

Subject to

$$Obj(V_{kj}^t, Keep_k^{mt}) \leq Obj(\tilde{V}_{kj}^t, \tilde{Keep}_k^{mt}) + \Delta \quad (4.25)$$

$$R_i^m = \sum_t \mu_t R_i^m + \mu_{lost} R_i^m \quad \forall i \in I, \forall m \in M \quad (4.26)$$

$$V_i^{m,t} = \mu_t R_i^m \quad \forall i \in I, \forall t \in T, \forall m \in M \quad (4.27)$$

$$lost_i^m = \mu_{lost} R_i^m \quad \forall i \in I, \forall m \in M \quad (4.28)$$

$$Keep_k^{m-1,t} + \sum_i V_{ik}^{m,t} = Keep_k^{m,t} + \sum_j V_{kj}^{m,t} \quad \forall k \in K, \forall m \in M, \forall t \in T \quad (4.29)$$

$$R_i^m \leq \sum_{\omega=1}^{\Omega 2} Capfact_i^{remelt,m} (y2_{i,m}^{\omega} - y2_{i,m}^{\omega-1}) \quad \forall i \in I, \forall m \in M, \omega \in \Omega 2 \quad (4.30)$$

$$\sum_t Keep_k^{m,t} \leq Capwh_k^m \quad \forall k \in K, \forall m \in M \quad (4.31)$$

$$\sum_k V_{kj}^t \geq Demand_j^{m,t} \quad \forall j \in J, \forall t \in T \quad (4.32)$$

$$y2_{i,m}^{\omega} \geq y2_{i,m}^{\omega-1} \quad \forall i \in I, \forall m \in M, \omega \in \Omega 2 \quad (4.33)$$

$$y2_{i,m}^0 = 0 \quad \forall i \in I, \forall m \in M \quad (4.34)$$

$$y2_{i,m}^{\Omega 2} = 1 \quad \forall i \in I, \forall m \in M \quad (4.35)$$

$$\gamma 2_{i,m} \leq \sum_{\omega=1}^{\Omega 2} p2_{i,m}^{\omega} (y2_{i,m}^{\omega} - y2_{i,m}^{\omega-1}) \quad \forall i \in I, \forall m \in M, \omega \in \Omega 2 \quad (4.36)$$

$$y2_{i,m}^{\omega} = \{0,1\} \quad \forall i \in I, \forall m \in M, \omega \in \Omega 2 \quad (4.38)$$

$$0 \leq \gamma 2_{i,m} \leq 1 \quad \forall i \in I, \forall m \in M \quad (4.39)$$

$$R, V, Keep \geq 0 \quad (4.40)$$

โดยที่

Δ = จำนวนเงินที่ยอมเสียเพื่อให้ได้ความคงทนของแบบจำลอง

$w2_i$ = น้ำหนักความสำคัญของ constrain i

$\Omega 2$	=	เซตของ ω
$\gamma 2$	=	ค่าความน่าเชื่อถือของ uncertain variable ตัวที่ 2 (capacity)
$p 2_i^k$	=	ค่าความน่าจะเป็นของตัวแปรที่ k ใน constrain i โดยที่จะ มีค่าอยู่ระหว่าง 0-1
$y 2_i^k$	=	เป็น binary variable โดยจะเท่ากับ 1 เมื่อตัวแปร k ถูก ป้องกัน และจะเท่ากับ 0 เมื่อตัวแปรที่ k ไม่ได้ถูกป้องกัน

4.2.4. การหาผลเฉลยแบบคงทนแบบที่ 3 (Robust Model 3)

แบบจำลองเชิงคงทนแบบที่ 3 นั้นเป็นแบบจำลองเชิงคงทนที่มีความคงทนมากที่สุด ใน 3 แบบคือ รวบรวมทั้งความไม่แน่นอนของความต้องการปริมาณน้ำตาลในแต่ละเดือนและความไม่แน่นอนของปริมาณการทำละลายน้ำตาลได้ในแต่ละเดือน ซึ่งแบบจำลองนี้สามารถสะท้อนถึงความเป็นจริงได้มากที่สุด เนื่องจากในสถานการณ์จริงนั้นเราไม่สามารถทราบได้ว่าเมื่อถึงช่วงเดือนนั้นๆ ปริมาณน้ำตาลที่ทำละลายและปริมาณความต้องการน้ำตาลจะมีค่าเท่าไร

$$\text{Max} \quad \sum_i w1_i \gamma 1_i + \sum_i w2_i \gamma 2_i \quad (4.41)$$

Subject to

$$Obj(V_{kj}^t, Keep_k^{mt}) \leq Obj(\tilde{V}_{kj}^t, \tilde{Keep}_k^{mt}) + \Delta \quad (4.42)$$

$$R_i^m = \sum_t \mu_t R_i^m + \mu_{lost} R_i^m \quad \forall i \in I, \forall m \in M \quad (4.43)$$

$$V_i^{m,t} = \mu_t R_i^m \quad \forall i \in I, \forall t \in T, \forall m \in M \quad (4.44)$$

$$lost_i^m = \mu_{lost} R_i^m \quad \forall i \in I, \forall m \in M \quad (4.45)$$

$$Keep_k^{m-1,t} + \sum_i V_{ik}^{m,t} = Keep_k^{m,t} + \sum_j V_{kj}^{m,t} \quad \forall k \in K, \forall m \in M, \forall t \in T \quad (4.46)$$

$$\sum_k V_{kj}^t \geq \sum_{\omega=1}^{\Omega 1} Demand_j^{m,t} (y1_{i,m}^\omega - y1_{i,m}^{\omega-1}) \quad \forall j \in J, \forall t \in T, \forall m \in M, \omega \in \Omega 1 \quad (4.47)$$

$$R_i^m \leq \sum_{\omega=1}^{\Omega 2} Capfact_i^{remelt,m} (y2_{i,m}^\omega - y2_{i,m}^{\omega-1}) \quad \forall i \in I, \forall m \in M, \omega \in \Omega 2 \quad (4.48)$$

$$\sum_t Keep_k^{m,t} \leq Capwh_k^m \quad \forall k \in K, \forall m \in M \quad (4.49)$$