



ใบรับรองวิทยานิพนธ์  
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการวิศวกรรม)

ปริญญา

การจัดการวิศวกรรม

วิศวกรรมอุตสาหกรรม

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การจัดสรรความต้องการของลูกค้าที่เหมาะสมที่สุดในห่วงโซ่อุปทานสำหรับอุตสาหกรรม  
เซมิคอนดักเตอร์แบบหลากหลายเกณฑ์ภายใต้ผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย

Optimization of Demand Allocation for Semiconductor Supply Chain  
with Multi-Criteria under Multiple Products

นามผู้วิจัย นางสาวอมรรัตน์ ดวงแก้ว

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

( รองศาสตราจารย์พัชราภรณ์ ญาณภีร์, D.Tech.Sc. )

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

( รองศาสตราจารย์ศันสนีย์ สุภาภา, M.S. )

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

( รองศาสตราจารย์พีรยุทธ์ ชาญเศรษฐิกุล, Ph.D. )

หัวหน้าภาควิชา

( รองศาสตราจารย์อนันต์ มุ่งวัฒนา, Ph.D. )

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

( รองศาสตราจารย์กัญญา ธีระกุล, D.Agr. )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. ....

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การจัดสรรความต้องการของลูกค้าที่เหมาะสมที่สุด  
ในห่วงโซ่อุปทานสำหรับอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์แบบหลากหลายเกณฑ์  
ภายใต้ผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย

Optimization of Demand Allocation for Semiconductor Supply Chain  
with Multi-Criteria under Multiple Products

โดย

นางสาวมรรรัตน์ ดวงแก้ว

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการวิศวกรรม)

พ.ศ. 2554

อมรรัตน์ ดวงแก้ว 2554: การจัดสรรความต้องการของลูกค้าที่เหมาะสมที่สุดในห่วงโซ่อุปทานสำหรับอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์แบบหลากหลายเกณฑ์ภายใต้ผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการวิศวกรรม) ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์ พัชรภรณ์ ญาณภีร์, D.Tech.Sc. 159 หน้า

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อนำเสนอวิธีการวางแผนการผลิตโดยรวม สำหรับอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ ซึ่งพิจารณาผลประโยชน์โดยรวมทั้งหมดของระบบห่วงโซ่อุปทานเป็นสำคัญ ด้วยการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ขนาดใหญ่ โดยวิธีกำหนดการจำนวนเต็มแบบผสมไม่เชิงเส้นหลายวัตถุประสงค์ (Multi-Objective Mixed-Integer Non-Linear Programming) และการพยากรณ์ด้วยตัวแบบจำลองสี่เหลี่ยมกับหลักการทางพันธุกรรม (GAGM) เพื่อพยากรณ์ความต้องการของผลิตภัณฑ์ที่มีวงจรชีวิตสั้น และสร้างแผนการผลิตภายใต้ข้อจำกัดของกระบวนการผลิตและกำลังการผลิต โดยไม่พิจารณาการวางแผนการผลิตล่วงหน้า เพื่อหาค่ากำไรสูงสุดให้แก่ระบบห่วงโซ่อุปทานโดยรวม ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าคำตอบที่ได้มีประสิทธิภาพและให้ผลกำไรในระดับที่ยอมรับได้ ภายใต้การจัดสรรความต้องการของผลิตภัณฑ์ภายในห่วงโซ่อุปทาน

Amornrat Duangkaew 2011: Optimization of Demand Allocation for Semiconductor Supply Chain with Multi-Criteria under Multiple Products. Master of Engineering (Engineering Management) Department of Industrial Engineering. Thesis Advisor: Associate Professor Patcharaporn Yanpirat, D.Tech.Sc. 159 pages.

This study was aimed at to propose the aggregate production planning with the benefits consideration for the entire supply chain of the semiconductor industry. The case based study was conducted. The large scale mathematical model was developed by using Multi-Objective Mixed-Integer Non-Linear Programming technique. Demand for products; which have short product life, were forecasted using Genetic Algorithm based Grey Method (GAGM) as well as manufacturing and capacity constraints with no advanced production planning constraints were assumed under the entire supply chain's profit maximization. The result revealed the efficient solution with the acceptable profit level under alternated demand allocations within the chain.

---

Student's signature

---

Thesis Advisor's signature

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.พัชรภรณ์ ญาณภีร์ดี ประธานกรรมการ  
ที่ปรึกษา และ ประธานโครงการ รวมทั้งรองศาสตราจารย์ศันย์สนีย์ สุภาภา และรองศาสตราจารย์  
พิรยุทธ์ ชาญเศรษฐีกุล กรรมการร่วม ที่ให้คำปรึกษาในการเรียน การค้นคว้าวิจัย ตลอดจนตรวจ  
แก้ไขวิทยานิพนธ์ด้วยความเอาใจใส่ตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ภาคีวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนและ  
มอบความรู้อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปในอนาคต และขอขอบคุณ  
ครอบครัวและเพื่อนๆ ทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือ ให้กำลังใจ จนสามารถประสบความสำเร็จใน  
การเรียน และสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้

อมรรัตน์ ดวงแก้ว

พฤษภาคม 2554

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(6)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(8)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	15
การตรวจเอกสาร	17
อุปกรณ์และวิธีการ	39
อุปกรณ์	39
วิธีการ	40
ผลและวิจารณ์	46
สรุปและข้อเสนอแนะ	109
สรุป	109
ข้อเสนอแนะ	110
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	111
ภาคผนวก	117
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	159

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	หลักเกณฑ์การประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองการพยากรณ์	27
2	ผลิตภัณฑ์ที่ทำการคัดเลือก 10 ลำดับและโรงงานที่สามารถทำการผลิตได้	48
3	ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีการอนุกรมเวลาแบบวินเทอร์เชิงผลคูณ โดยใช้ค่าพยากรณ์ 12 ค่าในการพยากรณ์ค่าล่วงหน้า 12 ค่า (A12)	53
4	ผลสรุปค่าความคลาดเคลื่อนด้วยวิธีการพยากรณ์แบบวินเทอร์เชิงผลคูณ	54
5	ผลการหาอัตราการข้ามสายพันธ์์ และอัตราการกลายพันธ์์ที่เหมาะสม สำหรับข้อมูลกลุ่มที่ 1	55
6	ผลการหาอัตราการข้ามสายพันธ์์ และอัตราการกลายพันธ์์ที่เหมาะสม สำหรับข้อมูลกลุ่มที่ 2	55
7	ผลการพยากรณ์ด้วยตัวแบบเกรย์ร่วมกับหลักการเชิงพันธุกรรม (GAGM) โดยใช้ค่าพยากรณ์ 12 ค่าในการพยากรณ์ค่าล่วงหน้า 12 ค่า (A12)	58
8	ผลสรุปค่าความคลาดเคลื่อนการพยากรณ์ด้วยตัวแบบเกรย์ร่วมกับ หลักการเชิงพันธุกรรม (GAGM)	59
9	ค่าความคลาดเคลื่อนของวิธีการพยากรณ์และค่าความแตกต่างของการพยากรณ์ ทั้ง 2 วิธี (ข้อมูลกลุ่มที่ 1)	62
10	ค่าความคลาดเคลื่อนของวิธีการพยากรณ์และค่าความแตกต่างของการพยากรณ์ ทั้ง 2 วิธี (ข้อมูลกลุ่มที่ 2)	62
11	สรุปจำนวนของข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย (สินค้า, วัตถุดิบหลัก, โรงงานผลิตวัตถุดิบหลัก และ โรงงานประกอบ)	72
12	สรุปจำนวนของข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย (ลูกค้า)	74
13	รายละเอียดของผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง	88
14	ข้อมูลความต้องการของลูกค้าสำหรับผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้น (หน่วย: พันชิ้น)	91
15	ผลการเปรียบเทียบการจัดสรรความต้องการที่ใช้ Solver หาคำตอบ กับวิธีการจัดสรรความต้องการที่ใช้ในปัจจุบันของผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง (หน่วย: พันชิ้น)	93

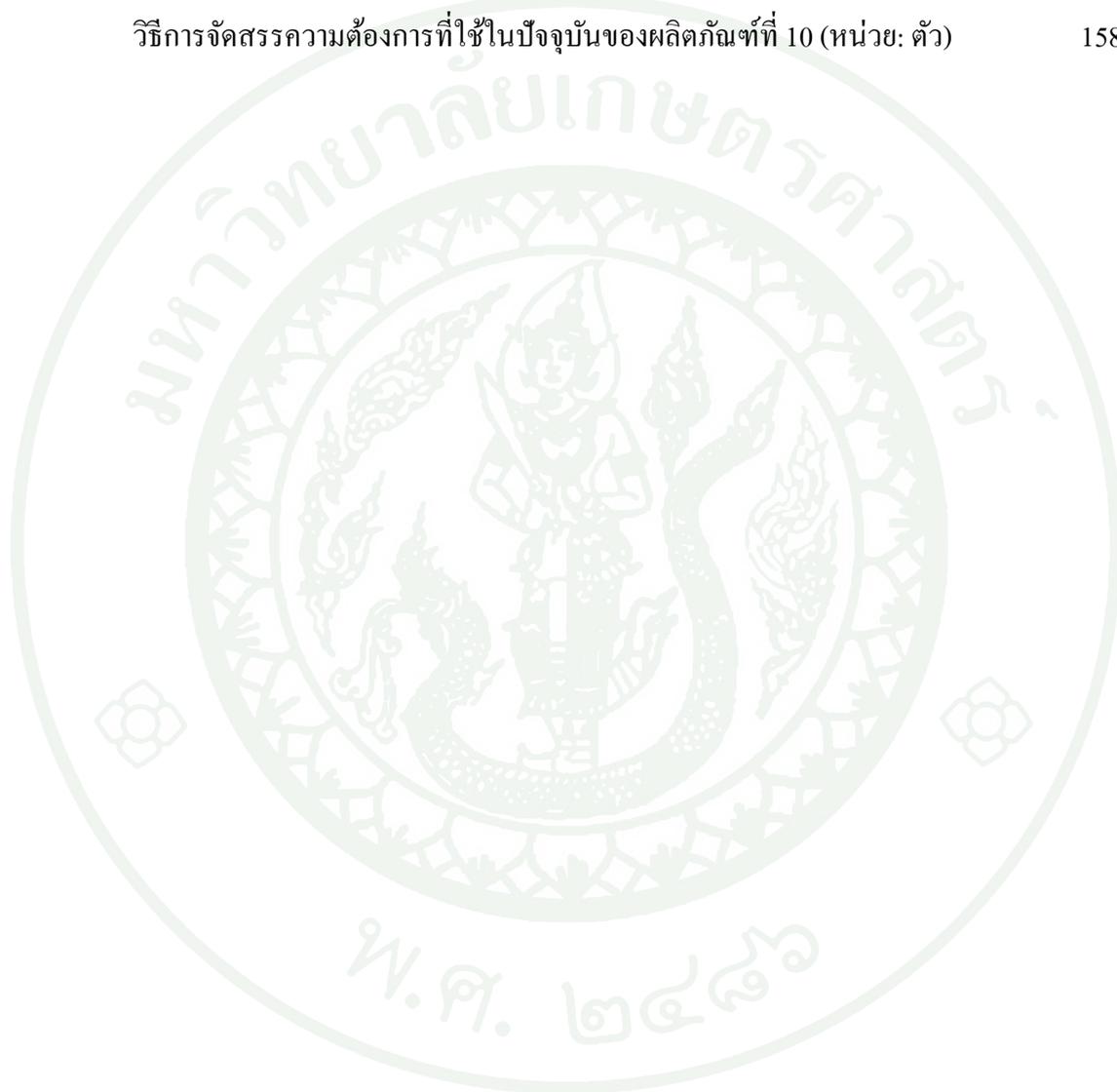
## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
16	ผลการจัดสรรคำสั่งซื้อของทั้ง 10 ผลิตภัณฑ์ไปยัง 10 โรงงานในระบบห่วงโซ่อุปทาน	100
17	ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจัดสรรความต้องการที่ใช้ Solver หาคำตอบกับวิธีการจัดสรรความต้องการที่ใช้ในปัจจุบันของผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง	103
18	ผลการเปรียบเทียบต้นทุนหลังการจัดสรรความต้องการที่ใช้ Solver หาคำตอบกับวิธีการจัดสรรความต้องการที่ใช้ในปัจจุบันของทั้ง 10 โรงงานในระบบห่วงโซ่อุปทาน	104
19	ผลการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระบบห่วงโซ่อุปทานโดยรวมระหว่างแผนการจัดสรรความต้องการแบบเดิมและแผนการจัดสรรความต้องการที่นำเสนอ	106
<b>ตารางผนวกที่</b>		
1	คำอธิบายภาษาอังกฤษของผลิตภัณฑ์ที่แสดงในภาพที่ 4	118
2	ข้อมูลความต้องการของ 10 ผลิตภัณฑ์ที่ทำการคัดเลือกระยะเวลาทั้งหมด 3 ปี	120
3	ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีอนุกรมเวลาโดยเพิ่มค่าพยากรณ์ที่ละ 1 ค่าของข้อมูลกลุ่มที่ 1	123
4	ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีอนุกรมเวลาโดยเพิ่มค่าพยากรณ์ที่ละ 1 ค่าของข้อมูลกลุ่มที่ 2	126
5	สรุปค่าสัมประสิทธิ์ a และ b ที่ใช้ในสมการที่ (6) ของข้อมูลกลุ่มที่ 1	129
6	สรุปค่าสัมประสิทธิ์ a และ b ที่ใช้ในสมการที่ (6) ของข้อมูลกลุ่มที่ 2	129
7	ผลการพยากรณ์ด้วยตัวแบบเกรย์ร่วมกับหลักการเชิงพันธุกรรม โดยเพิ่มค่าพยากรณ์ที่ละ 1 ค่าของข้อมูลกลุ่มที่ 1	130
8	ผลการพยากรณ์ด้วยตัวแบบเกรย์ร่วมกับหลักการเชิงพันธุกรรม โดยเพิ่มค่าพยากรณ์ที่ละ 1 ค่าของข้อมูลกลุ่มที่ 2	133
9	ข้อมูลความต้องการแยกตามลูกค้าสำหรับใช้ในการจัดสรรความต้องการของผลิตภัณฑ์ที่คัดเลือก	136
10	รายละเอียดของผลิตภัณฑ์ที่ 1 สำหรับใช้ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	139
11	รายละเอียดของผลิตภัณฑ์ที่ 2 สำหรับใช้ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	140



## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
29 ผลการเปรียบเทียบการจัดสรรความต้องการที่ใช้ Solver หาคำตอบกับ วิธีการจัดสรรความต้องการที่ใช้ในปัจจุบันของผลิตภัณฑ์ที่ 10 (หน่วย: ตัว)	158



## สารบัญญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะโครงสร้างพื้นฐานของระบบเครือข่ายห่วงโซ่อุปทานของธุรกิจอิเล็กทรอนิกส์	2
2	ขั้นตอนกระบวนการผลิตสารกึ่งตัวนำ	4
3	เครือข่ายห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์	6
4	การเปลี่ยนแปลงลักษณะของผลิตภัณฑ์ในช่วงปี 1990 - 2009	8
5	รายได้ของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์โดยรวมทั่วโลกและเปอร์เซ็นต์ ความเปลี่ยนแปลงของรายได้ต่อปี	10
6	โครงสร้างการจัดสรรคำสั่งซื้อในการผลิตไปยังผู้จัดซื้อจัดหา	11
7	เปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิตของแต่ละโรงงาน	12
8	ตัวอย่างการจัดสรรความต้องการในระบบห่วงโซ่อุปทาน	13
9	โครงสร้างการพยากรณ์ความต้องการซื้อของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์	23
10	โครงสร้างการพยากรณ์แบบใช้เทคนิค SVR ร่วมกับเทคนิคอัลกอริทึมทางพันธุศาสตร์	24
11	ตัวอย่างของรูปแบบการขนส่งสำหรับสินค้าสองชนิดและการเข้ารหัสด้วย วิธีอัลกอริทึมทางพันธุศาสตร์	32
12	แนวคิดของอัลกอริทึมทางพันธุศาสตร์ในการคัดเลือกสายพันธุ์ที่ดีที่สุด	34
13	ตัวอย่างเวลาที่ไม่น่าแน่นอนในการจัดส่งสินค้าของผู้จัดซื้อจัดหาโดยใช้ Fuzzy set	37
14	ข้อจำกัดของการจัดสรรคำสั่งซื้อในระบบห่วงโซ่อุปทาน	40
15	แผนภาพแสดงขั้นตอนการวิจัยโดยสังเขป	45
16	ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่นำมาคัดเลือกเพื่อใช้ในการศึกษา	46
17	ปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิตมากกว่า 1 โรงงาน แบ่งตามรูปแบบของ IC	47
18	ลักษณะแนวโน้มของข้อมูลความต้องการในอดีตของผลิตภัณฑ์ทั้ง 10 ลำดับ	49
19	ข้อมูลความต้องการของทั้ง 10 ผลิตภัณฑ์ที่ถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม	50
20	การกำหนดตัวแปรวิธีวินเทอร์เชิงผลคูณในโปรแกรม Minitab 15.1.1	51
21	ตัวอย่างของกราฟแสดงผลการพยากรณ์จากวิธีวินเทอร์เชิงผลคูณ	52
22	การกำหนดตัวแปรของโปรแกรม Evolver 5.5	56
23	ค่าความคลาดเคลื่อนของวิธีการพยากรณ์และค่าความแตกต่างของการพยากรณ์ ทั้ง 2 วิธี (ข้อมูลกลุ่มที่ 1)	61

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
24	ค่าความคลาดเคลื่อนของวิธีการพยากรณ์และค่าความแตกต่างของการพยากรณ์ทั้ง 2 วิธี (ข้อมูลกลุ่มที่ 2)	61
25	โครงสร้างของระบบเครือข่ายห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรม	63
26	การกำหนดเป้าหมาย, ตัวแปร และข้อจำกัดให้กับโปรแกรม Solver	88
27	ผลการหาคำตอบที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม Premium Solver for Education v7.0	91
28	ผลการหาคำตอบด้วยโปรแกรม Premium Solver for Education v7.0	92
29	ผลการเปรียบเทียบกับการจัดสรรความต้องการของผลิตภัณฑ์ที่ 1	94
30	ผลการเปรียบเทียบกับการจัดสรรความต้องการของผลิตภัณฑ์ที่ 2	95
31	ผลการเปรียบเทียบกับการจัดสรรความต้องการของผลิตภัณฑ์ที่ 3	95
32	ผลการเปรียบเทียบกับการจัดสรรความต้องการของผลิตภัณฑ์ที่ 4	96
33	ผลการเปรียบเทียบกับการจัดสรรความต้องการของผลิตภัณฑ์ที่ 5	96
34	ผลการเปรียบเทียบกับการจัดสรรความต้องการของผลิตภัณฑ์ที่ 6	97
35	ผลการเปรียบเทียบกับการจัดสรรความต้องการของผลิตภัณฑ์ที่ 7	97
36	ผลการเปรียบเทียบกับการจัดสรรความต้องการของผลิตภัณฑ์ที่ 8	98
37	ผลการเปรียบเทียบกับการจัดสรรความต้องการของผลิตภัณฑ์ที่ 9	98
38	ผลการเปรียบเทียบกับการจัดสรรความต้องการของผลิตภัณฑ์ที่ 10	99
39	การเปลี่ยนแปลงของค่าตัวแปรที่มีผลกระทบต่อผลกำไรของแผนการผลิต	107

### คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

AHP	=	Analytic hierarchy process
CCP	=	Chance constrained programming
DEA	=	Data envelopment analysis
DRC/LVS	=	Design rule checking/Layout versus schematic
FST	=	Fuzzy set
GA	=	Genetic algorithm
GDS	=	Graphic database system
HDL	=	Hardware description language
IC	=	Integrated circuit
KPIs	=	Key performance index
MACO	=	Multiple ant colony optimization
MILP	=	Mixed integer linear programming
MOLP	=	Multi-objective linear programming
MOMILP	=	Multi-objective mixed integer linear programming
MINLP	=	Multi-Objective Mixed-Integer Non-Linear Programming
MOP	=	Multi-objective programming
NP	=	Nested partitioning
NP-hard	=	Non-deterministic polynomial-time hard
OCBA	=	Optimal computing budget allocation
PCB	=	Printed circuit board
SARIMA	=	Seasonal autoregressive integrated moving average
SOC	=	System-on-chip
ssGA	=	Steady-state genetic algorithm
SVR	=	Support vector regression
Y/Y	=	Year-to-Year

การจัดสรรความต้องการของลูกค้าที่เหมาะสมที่สุด  
ในห่วงโซ่อุปทานสำหรับอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์แบบหลากหลายเกณฑ์  
ภายใต้ผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย

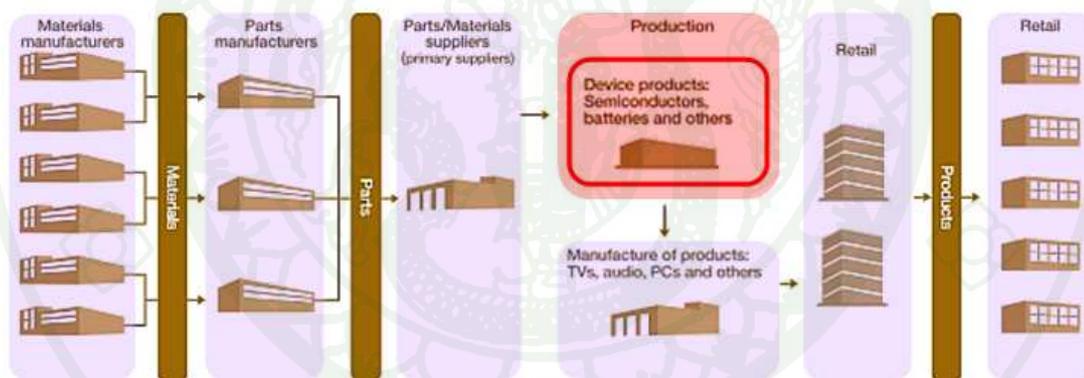
**Optimization of Demand Allocation for Semiconductor Supply Chain  
with Multi-Criteria under Multiple Products**

คำนำ

ปัญหาเกี่ยวกับกลยุทธ์ในการบริหารจัดการระบบห่วงโซ่อุปทานนั้นได้รับความนิยมเป็นอย่างมากสำหรับงานวิจัยในปัจจุบัน โดยที่การศึกษาส่วนใหญ่มุ่งเน้นด้านการลดต้นทุนในเครือข่ายระบบห่วงโซ่อุปทานให้น้อยที่สุด แต่ไม่สามารถชี้วัดกำไรรวมหรือผลประโยชน์สูงสุดของระบบห่วงโซ่อุปทานได้ สำหรับในปัจจุบันนอกจากองค์การต้องมุ่งเน้นที่การลดต้นทุนเป็นหลักแล้ว การคำนึงถึงผลกำไรรวมทั้งองค์การจะได้รับ มีความสำคัญเป็นอย่างมากเช่นเดียวกัน จากลักษณะดังกล่าวการบริหารจัดการระบบห่วงโซ่อุปทานที่เหมาะสมโดยมุ่งเน้นการสร้างผลกำไรให้ได้มากที่สุด และลดต้นทุนต่ำที่สุด จะสามารถนำองค์การในระบบเครือข่ายห่วงโซ่อุปทานไปสู่ความสำเร็จในการประกอบธุรกิจได้

การบริหารจัดการระบบห่วงโซ่อุปทานในปัจจุบันมีความซับซ้อนและยากแก่การวางแผนกลยุทธ์ในการบริหารจัดการเป็นอย่างมาก เนื่องมาจากการแข่งขันทางธุรกิจที่นับวันจะยิ่งเข้มข้นมากขึ้นรวมทั้งลักษณะการทำธุรกิจที่มักจะทำร่วมกันเป็นเครือข่ายมากกว่าแบบเดี่ยว เพราะการทำธุรกิจแบบเดี่ยวนั้น เป็นไปได้ยากที่จะนำพาธุรกิจให้อยู่รอดได้จากสภาพแวดล้อมที่มีการแข่งขันกันอย่างสูงเช่นนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแล้วสำหรับอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ เพราะมีความไม่แน่นอนของความต้องการซื้อสูง เปลี่ยนแปลงกะทันหันอย่างรวดเร็วตลอดเวลา ระบบการผลิตมีความยืดหยุ่นสูงสามารถปรับเปลี่ยนได้หลายรูปแบบ สินค้ามีวงจรชีวิตสั้น และการลงทุนเริ่มต้นมีมูลค่าที่สูงมากสำหรับผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ มีความซับซ้อนของระบบการทำธุรกิจ เครือข่าย

ห่วงโซ่อุปทานของรัฐกิจดังกล่าวจึงต้องมีการวางแผนกลยุทธ์อย่างรอบคอบ ลักษณะ โครงสร้างพื้นฐานของเครือข่ายห่วงโซ่อุปทานรัฐกิจด้านอิเล็กทรอนิกส์ แสดงดังภาพที่ 1 เห็นได้ชัดเจนว่า อุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์เป็นเพียงส่วนหนึ่งในเครือข่ายห่วงโซ่อุปทานขนาดใหญ่ของรัฐกิจอิเล็กทรอนิกส์เท่านั้น โดยเป็นอุตสาหกรรมที่อยู่ตรงกลางของระบบห่วงโซ่อุปทานอิเล็กทรอนิกส์ หรือที่เรียกว่า อุตสาหกรรมกลางน้ำ (Midstream industry) ซึ่งรับชิ้นส่วน (Parts manufacturers) หรือวัตถุดิบ (Materials manufacturers) ในการผลิตจากผู้ผลิตวัตถุดิบ (Suppliers) ในที่นี้คือ แผ่นเวเฟอร์ นำมาแปรสภาพเป็นผลิตภัณฑ์วงจรรวม (Integrated circuit, IC) หรือ สารกึ่งตัวนำ (Semiconductors) แล้วส่งต่อชิ้นส่วนดังกล่าวไปผลิตเป็นส่วนประกอบเพื่อควบคุมการทำงานของสินค้าอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เช่น เกมส์ คอมพิวเตอร์ กล้องถ่ายรูป โทรศัพท์มือถือ และอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นๆ เป็นต้น หลังจากนั้นจึงส่งผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ดังกล่าวไปยังร้านค้าปลีก (Retail) ต่างๆ ในขั้นตอนสุดท้าย



ภาพที่ 1 ลักษณะ โครงสร้างพื้นฐานของระบบเครือข่ายห่วงโซ่อุปทานของรัฐกิจอิเล็กทรอนิกส์

ที่มา: โรงงานกรณีศึกษา (2553)

การผลิตสารกึ่งตัวนำ หรือ ผลิตภัณฑ์เซมิคอนดักเตอร์ แบ่งเป็น 4 กระบวนการหลัก ได้แก่ กระบวนการสร้างแผ่นเวเฟอร์ (Wafer fabrication), กระบวนการออกแบบแผงวงจรรวม (Mask fabrication), กระบวนการผลิตแผงวงจรรวมคุณภาพ (Front-end production) และสุดท้าย คือ

กระบวนการประกอบและทดสอบวงจรรวม (Back-end production) รายละเอียดของแต่ละกระบวนการแสดงดังภาพที่ 2

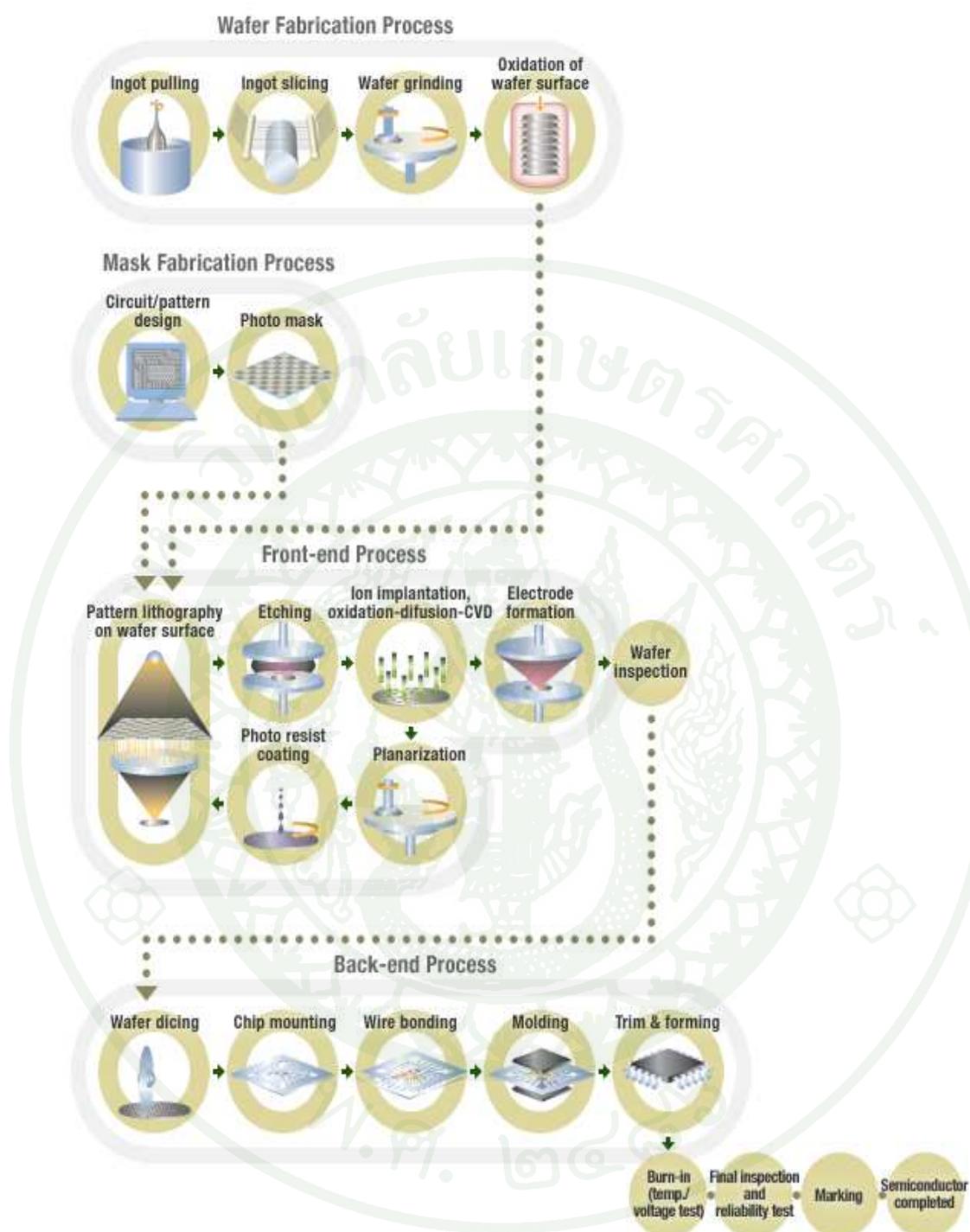
1. กระบวนการสร้างแผ่นเวเฟอร์ (Wafer fabrication) เริ่มต้นจากการปลูกผลึกซิลิกอน โดยวิธีการสร้างผลึกเดี่ยวของซิลิกอนจากกระบวนการหลอมละลายและทำให้เย็นลง จากนั้นกำหนดขนาดแท่งผลึกซิลิกอน ตัดแท่งผลึกให้เป็นแผ่นบางๆ แล้วขัดด้วยผงซิลิกอนคาร์ไบด์และผงอะลูมินา ขั้นตอนสุดท้ายคือ การทำความสะอาดด้วยกระบวนการทางเคมี

2. กระบวนการออกแบบแผงวงจรรวม (Mask fabrication) แบ่งออกเป็น 2 หัวข้อย่อย คือ การออกแบบแผ่นวงจรรวม (IC design) และการทำหน้ากากสำหรับฉายแสง (Photo masking)

2.1 การออกแบบแผงวงจรรวม (IC design) เริ่มต้นจากการออกแบบรายละเอียดของวงจร (Hardware description language, HDL) หลังจากนั้นทำการตรวจสอบความถูกต้องของฟังก์ชันที่ออกแบบ (Simulation) แล้วทำการแปลงฟังก์ชันให้อยู่ในรูปวงจรกิจภาพ (Physical layout) หาดำแหน่งวางที่เหมาะสมของวงจร และการเชื่อมต่อ (Place and route) ตรวจสอบหลักการบางประการด้วย ตรรกะ (Logic) ระบบวงจร (Design rule checking/Layout versus schematic, DRC/LVS) และสุดท้ายคือ การออกแบบวงจรสำหรับระบบฐานข้อมูลตามที่ลูกค้าต้องการใช้งาน (Graphic database system II, GDS II)

2.2 การทำหน้ากากสำหรับฉายแสง (Photo masking) หลังจากการออกแบบแผงวงจรรวม ในวงจรรวมแต่ละตัวจะมีวงจรประมาณ 10-30 ชั้น ขึ้นอยู่กับความยุ่งยากซับซ้อนของวงจรแต่ละชนิด จากนั้นจะนำเอาแบบแต่ละชั้นมาผลิตเป็นหน้ากาก (Mask) ซึ่งเป็นแผ่นแก้ว หรือแผ่นควอทซ์ ที่จะใช้สำหรับเป็นแม่แบบในการฉายแสงเพื่อผลิตวงจรลงบนแผ่นเวเฟอร์

3. กระบวนการผลิตแผงวงจรรวมจุดภาค (Front-end production) เป็นการสร้างแผงวงจรจำนวนมากบนแผ่นซิลิกอน ด้วยกรรมวิธีทางฟิสิกส์และเคมีที่มีกระบวนการละเอียดและประณีตต่อเนื่องกันประมาณ 100 ขั้นตอน ซึ่งสามารถแบ่งเป็นขั้นตอนหลักได้ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 2 ขั้นตอนกระบวนการผลิตสารกึ่งตัวนำ (Semiconductor process)

ที่มา: Horiba (2010)

3.1 ขั้นตอนการถ่ายยอลายวงจรไฟฟ้าด้วยแสง (Photolithography) ส่วนนี้จะต้องทำงานในห้องสีเหลือง โดยจะเริ่มจากการเคลือบสารที่มีปฏิกิริยาไวต่อแสง (Photoresist) ก่อนที่จะฉายแสงลงไปบนแผ่นเวเฟอร์ในแต่ละชั้น จากนั้นจะทำการถ่ายยอลวดลายไฟฟ้าที่ออกแบบเรียบร้อยแล้วผ่านต้นแบบหรือหน้ากาก (Mask) ด้วยกล้องพิเศษ ลงบนแผ่นซิลิคอน

3.2 ขั้นตอนการเคลือบชั้นต่างๆ (Deposition) เป็นการเคลือบชั้นโลหะบนฉนวน โดยอาศัยกระบวนการสลายตัวด้วยก๊าซ

3.3 ขั้นตอนการกัดลายวงจร (Etching) เป็นการกัดส่วนต่างๆ ที่ไม่ต้องการออกจากแผ่นเวเฟอร์ ซึ่งมีอยู่ 2 แบบ คือ แบบเปียกที่ใช้ปฏิกิริยาเคมี และแบบแห้งซึ่งใช้หลักการของอะตอมอิสระ

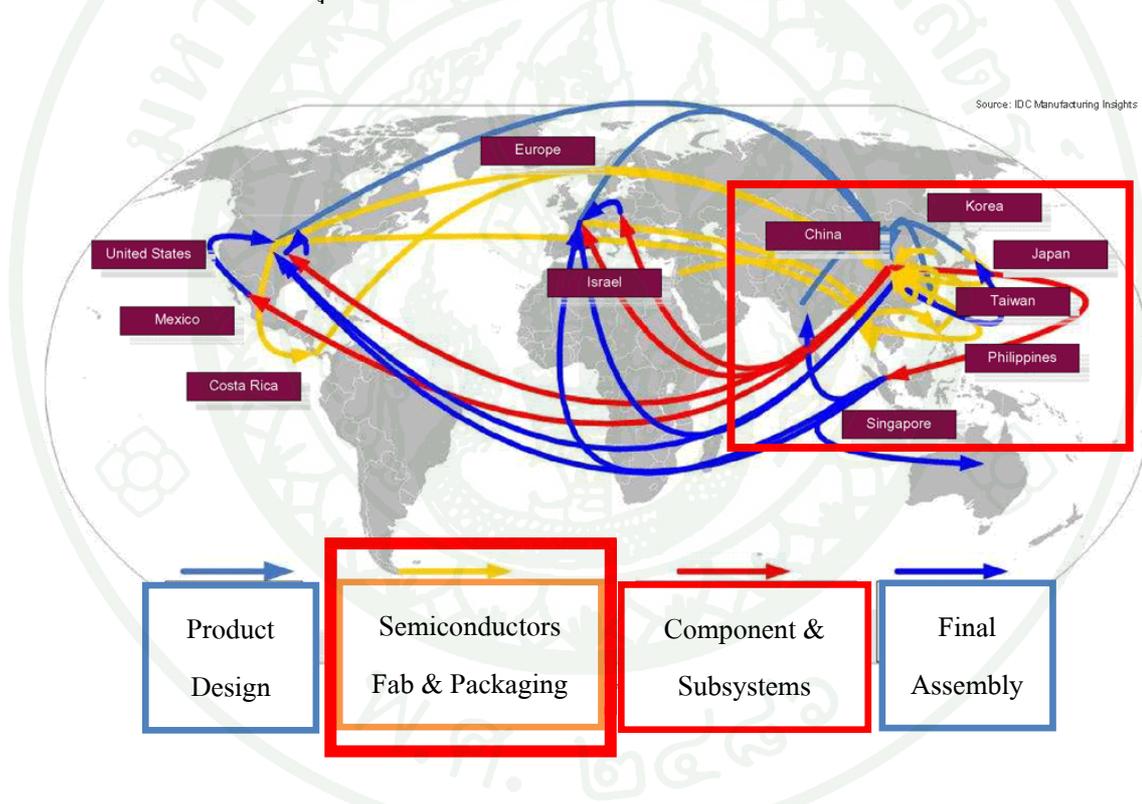
3.4 ขั้นตอนการเจือสาร (Doping) คือ การปรับเปลี่ยนค่าการนำไฟฟ้าด้วยการยิงธาตุ

3.5 การทดสอบ (Testing) เป็นการทดสอบคุณสมบัติในการทำงานของวงจรในแผ่นเวเฟอร์เบื้องต้น

4. กระบวนการประกอบและทดสอบวงจรรวม (Back-end production) เป็นการตัดแผงวงจรจากแผ่นเวเฟอร์มาประกอบเป็นแผงวงจรรวม (IC) แล้วนำไปตัดแต่งขาตามกำหนด และพิมพ์เบอร์ เพื่อส่งไปทำการทดสอบคุณสมบัติ แล้วจึงนำมาประกอบลงบนแผงวงจรไฟฟ้า (Printed circuit board, PCB) เมื่อเรียบร้อยแล้วจึงนำแผงวงจรไฟฟ้านั้นไปประกอบกับส่วนอื่นๆ เพื่อให้ควบคุมการทำงานของสินค้าอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ต่อไป

จากความซับซ้อนของกระบวนการผลิตดังกล่าว ทำให้อุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์จำเป็นต้องมีกระบวนการจัดการห่วงโซ่อุปทานของธุรกิจ ซึ่งเป็นกระบวนการจัดการที่แยกย่อยออกมาจากระบบห่วงโซ่อุปทานของธุรกิจอิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมด โดยที่กระบวนการผลิตดังกล่าวข้างต้น สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ตามลักษณะของความซับซ้อนในการผลิต กลุ่มแรกคือ ตั้งแต่

กระบวนการสร้างแผ่นเวเฟอร์, ออกแบบแผงวงจรรวม และการผลิตแผงวงจรรวมคุณภาพ จะใช้เทคโนโลยีขั้นสูง และเครื่องจักรที่ซับซ้อนในการผลิต เงินลงทุนเริ่มต้นจำนวนมาก แรงงานที่มีทักษะในการผลิตที่ค่อนข้างสูง โดยจะพบการผลิตได้ในประเทศที่พัฒนาแล้ว เช่น สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น และประเทศในแถบยุโรป เป็นต้น ในขณะที่กลุ่มที่สองคือ กระบวนการประกอบและทดสอบวงจรรวม ที่ใช้เทคโนโลยีไม่ซับซ้อนมากนัก ซึ่งในขั้นนี้จะมีการผลิตมากในประเทศที่กำลังพัฒนา เนื่องจากมีต้นทุนแรงงานในการผลิตที่ต่ำกว่า เช่น ประเทศไทย เวียดนาม เกาหลี และไต้หวัน เป็นต้น ทำให้ห่วงโซ่อุปทานของธุรกิจเซมิคอนดักเตอร์ทั้งหมดจะอยู่กระจายไปยังภูมิภาคต่างๆ ทั่วโลก ตามกระบวนการในการผลิต ความสามารถของกระบวนการผลิต และต้นทุนของการผลิตเป็นหลัก ตัวอย่างเครือข่ายห่วงโซ่อุปทานตามกระบวนการผลิตแสดงได้ดังภาพที่ 3



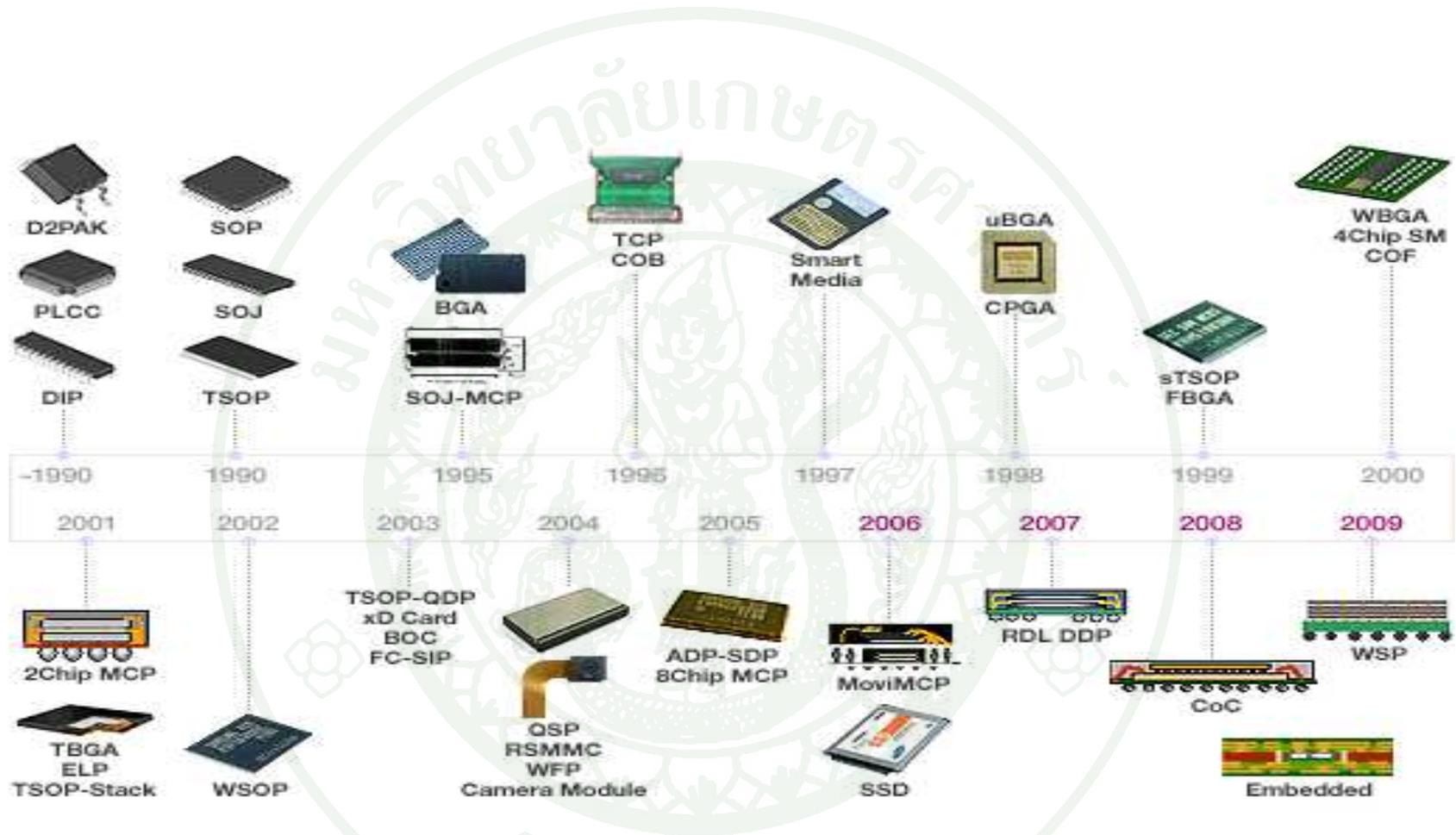
ภาพที่ 3 เครือข่ายห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์

ที่มา: Venture Outsource (2010)

โดยความเชื่อมโยงของกระบวนการผลิตในห่วงโซ่อุปทานอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ ประกอบด้วย กระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์ (Product Design) กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์วงจร

รวม (Semiconductors Fab & Packaging) กระบวนการผลิตส่วนประกอบต่างๆของผลิตภัณฑ์ (Components and Subsystems) และกระบวนการประกอบและทดสอบขั้นสุดท้าย (Final Assembly) จากภาพจะเห็นได้ว่าภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เป็นฐานในการทำธุรกิจหลักของเครือข่ายห่วงโซ่อุปทานเซมิคอนดักเตอร์ ไม่ว่าจะเป็นการออกแบบ การผลิตสารกึ่งตัวนำ รวมทั้งการประกอบและทดสอบวงจรรวม แล้วจึงส่งสินค้าไปยังภูมิภาคต่างๆ ทั่วโลก เพื่อผลิตเป็นสินค้าสำเร็จรูปต่อไป จากลักษณะความซับซ้อนและข้อจำกัดของเครือข่ายห่วงโซ่อุปทานของธุรกิจเซมิคอนดักเตอร์ ที่ไม่สามารถผลิตสินค้าให้แล้วเสร็จได้ภายในโรงงานเพียงแห่งเดียว ทำให้กระบวนการจัดการเครือข่ายห่วงโซ่อุปทานมีความสำคัญและท้าทายเป็นอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นการวางแผนกำลังการผลิต การจัดสรรแหล่งทรัพยากรหรือวัตถุดิบการผลิตในระบบห่วงโซ่อุปทาน การจัดการด้านการขนส่งและโลจิสติกส์ เป็นต้น เพราะจากความซับซ้อนของกระบวนการผลิตและการจัดการ หากกระบวนการจัดการห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมทำได้ไม่ดีพอ จะส่งผลให้เกิดผลกระทบโดยรวมต่อเครือข่ายธุรกิจอิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมดได้

ด้านลักษณะของผลิตภัณฑ์วงจรรวม ในช่วง 20 ปี ที่ผ่านมามีความเปลี่ยนแปลงของการผลิต รวมไปถึงความซับซ้อนของการผลิตที่เพิ่มสูงขึ้น จากภาพที่ 4 ซึ่งแสดงการเปลี่ยนแปลงลักษณะของผลิตภัณฑ์วงจรรวมชนิดต่างๆ (คำอธิบายของแต่ละผลิตภัณฑ์แสดงตามตารางผนวกที่ 1) จะเห็นว่าลักษณะของผลิตภัณฑ์จะมีการผลิตที่ซับซ้อนมากขึ้น อาทิเช่น ขนาดที่ลดลงของตัวผลิตภัณฑ์แต่ในขณะที่ฟังก์ชันการทำงานของตัวผลิตภัณฑ์ (System-on-chip, SOC) มีเพิ่มมากขึ้น หรือการเปลี่ยนจากผลิตภัณฑ์ที่มีขาคู่ข้างให้ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีขาหรือขามีลักษณะเป็นบอลอยู่ข้างใต้ตัวบรรจุภัณฑ์ (Package) ขนาดบรรจุภัณฑ์มีขนาดลดลง จำนวนของวงจรในวงจรรวมมีเพิ่มขึ้นจาก 1 วงจรต่อชิ้นเป็น 2 หรือ 3 วงจรต่อชิ้น ส่วนในการผลิต จากการวางวงจรรวมในแนวราบเปลี่ยนมาวางเป็นแนวตั้งซ้อนกันเพื่อจำกัดพื้นที่ หรือการกลับหัววงจรรวมจากบนลงล่าง เพื่อลดสัญญาณรบกวน เป็นต้น ซึ่งการพัฒนาต่างๆ ของลักษณะตัวผลิตภัณฑ์เหล่านี้ทำให้การผลิตยุ่งยากซับซ้อนมากยิ่งขึ้นกว่าในอดีตเป็นอย่างมาก



ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงลักษณะของผลิตภัณฑ์ในช่วงปี 1990 - 2009

ที่มา: Samsung (2010)

ปัจจุบันสำหรับความต้องการของผลิตภัณฑ์สารกึ่งตัวนำนั้น ผลิตภัณฑ์ลักษณะเดิมที่ยังมีความซับซ้อนในการผลิตไม่มากนัก ยังคงมีความต้องการซื้ออย่างต่อเนื่องไม่ได้เปลี่ยนแปลงเป็นผลิตภัณฑ์แบบใหม่โดยทันทีแต่อย่างใด ในขณะที่ผลิตภัณฑ์แบบใหม่มีการพัฒนาเพิ่มมากขึ้นเพื่อตอบสนองต่อลักษณะของสินค้าอิเล็กทรอนิกส์ชนิดต่างๆ ที่มีความหลากหลายแตกต่างกัน จึงทำให้ชนิดของผลิตภัณฑ์สำหรับธุรกิจดังกล่าวนี้มีความหลากหลายเป็นอย่างมาก กระบวนการผลิตจึงจำเป็นต้องมีความยืดหยุ่นในการผลิต เพื่อรองรับความหลากหลายของการผลิตสินค้าดังกล่าว ในด้านการลงทุนสำหรับผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่นั้น มีมูลค่าลงทุนเริ่มต้นที่ค่อนข้างสูงมากคือจะอยู่ในหลักล้านดอลลาร์หรือมากกว่านั้น ซึ่งในการซื้อเครื่องมือหรืออุปกรณ์ชนิดใหม่นั้นมีมูลค่าถึง 70% ของต้นทุนรวมทั้งหมดและมีแนวโน้มว่าจะสูงขึ้นอีก (Geng *et al.*, 2009) นอกจากนี้แล้วลักษณะของธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับด้านเทคโนโลยีเป็นหลัก ไม่ว่าจะเป็น อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ หรือ อุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ ปริมาณความต้องการจะมีความผันแปรอยู่ตลอดเวลา และจะมีสูงมากเพียงบางฤดูกาลเท่านั้น ทำให้เกิดข้อจำกัดในการลงทุนสำหรับผลิตภัณฑ์ตัวใหม่

ข้อมูลในภาพที่ 5 แสดงข้อมูลรายได้ของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์โดยรวมทั่วโลก (Revenue) และเปอร์เซ็นต์ความเปลี่ยนแปลงของรายได้ต่อปี (% Change Y/Y) ประจำเดือนมีนาคม ค.ศ. 2010 โดยมีค่าการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจากเดือนเดียวกันของปีก่อนหน้าคิดเป็น 58.3% จากลักษณะแนวโน้มของข้อมูลตั้งแต่ปี ค.ศ. 1996 จนถึง ค.ศ. 2009 ตามภาพ จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงไม่แน่นอนขึ้นลงเป็นฤดูกาล โดยในแต่ละปีรายได้จะมีค่าสูงที่สุดในช่วงไตรมาสที่ 3 ของปีและต่ำสุดในไตรมาสที่ 2 ของปีเป็นวัฏจักร และเนื่องจากผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์นั้นเป็นสินค้าฟุ่มเฟือย หากเกิดวิกฤติเศรษฐกิจจะทำให้เกิดผลกระทบอย่างรวดเร็วต่อธุรกิจ เช่น วิกฤติเศรษฐกิจที่เกิดในปี 2002 และปี 2009 เป็นต้น ทำให้รายได้ลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเทียบกับเปอร์เซ็นต์จากปีก่อนหน้า จากลักษณะของธุรกิจและข้อจำกัดดังกล่าวมาทั้งหมด ทำให้ในการประกอบธุรกิจจำเป็นต้องร่วมมือกันในลักษณะของเครือข่ายห่วงโซ่อุปทานเพื่อลดปริมาณการลงทุนและเพิ่มความยืดหยุ่นในกระบวนการผลิตให้แก่เครือข่ายห่วงโซ่อุปทาน การจัดสรรคำสั่งซื้อภายในระบบห่วงโซ่อุปทานเป็นกลยุทธ์หนึ่งที่มีความสำคัญ โดยปกติสำหรับธุรกิจที่มีการทำงานเป็นแบบเครือข่าย กระบวนการในการรับคำสั่งซื้อ จะมีตัวกลางเป็นบริษัทหรือองค์กรที่จัดตั้งขึ้นเพื่อจัดสรรคำสั่งซื้อไปยังแต่ละโรงงานผู้ผลิต ซึ่งหลักการนี้มีความคล้ายคลึงกับปัญหาการ

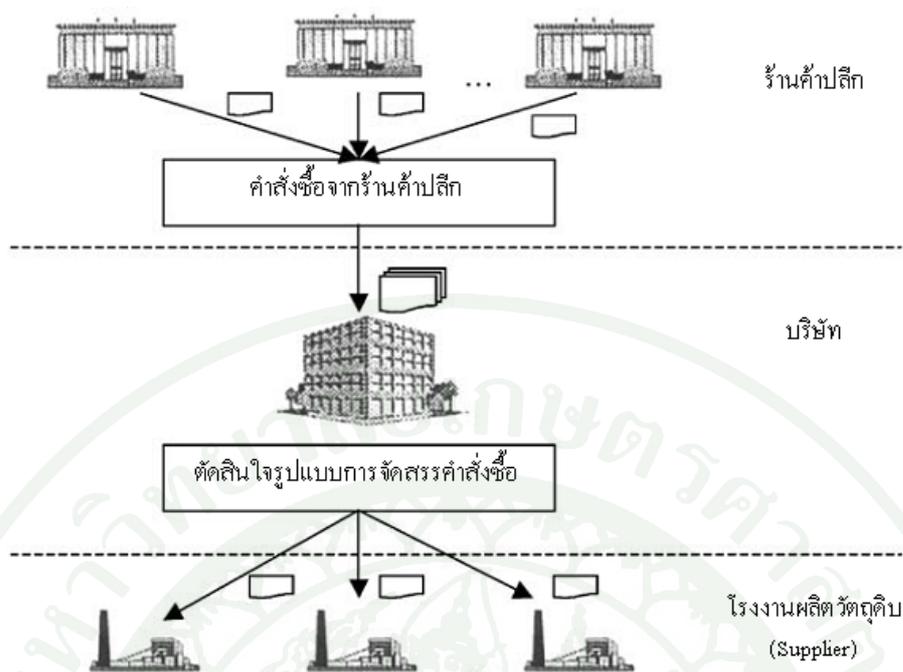
คัดเลือกผู้จัดซื้อจัดหา ดังตัวอย่างโครงสร้างที่แสดงในภาพที่ 6 โดยเมื่อได้รับคำสั่งซื้อจากร้านค้าปลีกต่างๆ แล้ว ทางบริษัทจะทำการจัดสรรคำสั่งซื้อขึ้นส่วน หรือวัตถุดิบสำหรับการผลิต ไปยังโรงงานผลิตวัตถุดิบ (Suppliers) ต่างๆ ที่มีหลายรายในระบบห่วงโซ่อุปทาน



ภาพที่ 5 รายได้ของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์โดยรวมทั่วโลก (Revenue) และเปอร์เซ็นต์ความเปลี่ยนแปลงของรายได้ต่อปี (% Change Y/Y)

ที่มา: Semiconductor Industry Association (2010)

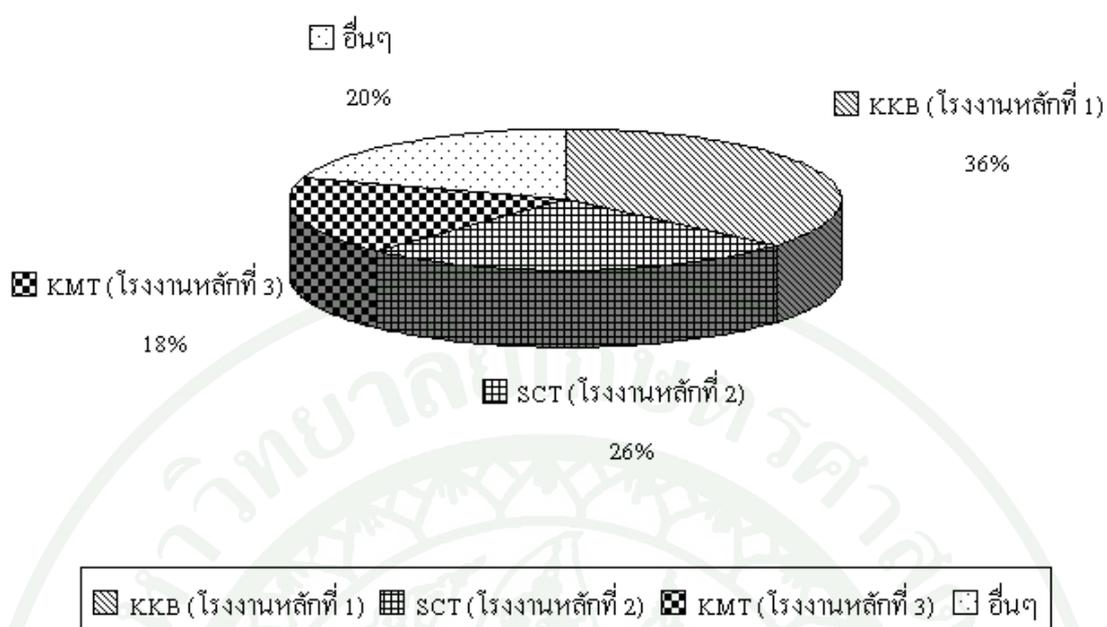
สำหรับโรงงานการศึกษาที่คัดเลือกมาทำงานวิจัย เป็น โรงงานผลิตเซมิคอนดักเตอร์ที่สำคัญแห่งหนึ่งในประเทศไทย มีลักษณะการประกอบธุรกิจดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น เนื่องจากว่าเครือข่ายระบบห่วงโซ่อุปทานมีหลายโรงงานที่สามารถทำการผลิตสินค้าชนิดเดียวกันได้ ปัญหาอย่างหนึ่งที่สำคัญขององค์กรคือ การจัดสรรคำสั่งซื้อไปยังแต่ละโรงงานที่สามารถผลิตสินค้าชนิดเดียวกันได้ในเครือข่ายระบบห่วงโซ่อุปทาน โดยมีลักษณะของปัญหาที่สำคัญดังต่อไปนี้



ภาพที่ 6 โครงสร้างการจัดการคำสั่งซื้อในการผลิตไปยังผู้จัดซื้อจัดหา

ที่มา: Kawtummachai and Hop (2005)

1. ไม่มีวิธีชี้วัดว่าการจัดสรรความต้องการในห่วงโซ่อุปทานที่เป็นอยู่นั้นสามารถสร้างโอกาสในการทำอะไรให้กับห่วงโซ่อุปทานโดยรวมได้มากน้อยเพียงใด ยกตัวอย่าง เช่น ในเครือข่ายห่วงโซ่อุปทานของโรงงานประกอบและทดสอบวงจรรวมแห่งหนึ่ง มีเปอร์เซ็นต์การจัดสรรจำนวนผลิตภัณฑ์ไปยังโรงงานในเครือข่ายห่วงโซ่อุปทานดังภาพที่ 7 คือ มีโรงงานหลักที่ทำการผลิตอยู่ทั้งหมด 3 โรงงาน โดยเปอร์เซ็นต์ในการจัดสรรจำนวนผลิตภัณฑ์สำหรับโรงงานหลักจะเป็น 36% สำหรับโรงงานที่ 1 (KKB), 26% สำหรับโรงงานที่ 2 (SCT) และ 18% สำหรับโรงงานที่ 3 (KMT) ตามลำดับ ส่วนที่เหลือจะแบ่งให้แก่โรงงานรองหรือโรงงานที่สนับสนุนการผลิตคิดเป็นทั้งหมด 20% ของจำนวนผลิตภัณฑ์ทั้งหมด



ภาพที่ 7 เปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิตของแต่ละโรงงาน

ที่มา: โรงงานกรณีศึกษา (2553)

ภาพที่ 8 แสดงปริมาณจำนวนผลิตภัณฑ์ที่โรงงานหลักทำการผลิตอยู่นั้นไม่ได้สอดคล้องกับปริมาณความต้องการที่เกิดขึ้นทั้งหมดในห่วงโซ่อุปทาน ยกตัวอย่างปริมาณความต้องการทั้งหมด 6 เดือนตั้งแต่เดือน เม.ย. 53 – ก.ย. 53 ดังภาพที่ 8 โดยปริมาณความต้องการเกือบครึ่งหนึ่งทำการผลิต ณ โรงงานที่ 2 และโรงงานสนับสนุนการผลิตมากกว่าโรงงานที่ 1 และ 3 ถึงแม้ว่าโรงงานที่ 1 จะมีจำนวนชนิดของผลิตภัณฑ์ในการผลิตมากที่สุดก็ตาม ดังที่แสดงในภาพที่ 7 แต่ปริมาณความต้องการที่ถูกจัดสรรนั้นกลับมีปริมาณน้อยที่สุด ซึ่งจะเห็นได้ว่ารายได้เกือบหนึ่งในสี่ของทั้งหมดอาจจะตกอยู่ที่โรงงานสนับสนุนการผลิตแทนที่จะเป็นโรงงานหลักของรัฐกิจ ซึ่งปัจจัยที่ก่อให้เกิดการจัดสรรคำสั่งซื้อไปยังโรงงานสนับสนุนการผลิตมากกว่าโรงงานหลักของเครือข่ายธุรกิจมีหลายสาเหตุ แต่สาเหตุสำคัญอย่างหนึ่งคือ ความบกพร่องในหลักการและวิธีการตัดสินใจในการจัดสรรคำสั่งซื้อในระบบห่วงโซ่อุปทาน รวมทั้งไม่มีวิธีการที่เป็นมาตรฐานมาช่วยในการตัดสินใจ



ภาพที่ 8 ตัวอย่างการจัดการสรรความต้องการในระบบห่วงโซ่อุปทาน

ที่มา: โรงงานกรณีศึกษา (2553)

2. ลักษณะการจัดการคำสั่งซื้อในปัจจุบันของโรงงาน โดยทั่วไปนั้น จะมีการจัดการความต้องการที่ต่อเมื่อกำลังการผลิตของ โรงงานตนเองไม่เพียงพอต่อความต้องการที่เกิดขึ้น จึงทำการจัดการความต้องการส่วนเกินไปยังโรงงานอื่นหรือโรงงานสนับสนุนการผลิต ซึ่งจะพิจารณาเพียงเฉพาะข้อจำกัดภายในโรงงานตนเองเท่านั้น แทนที่จะมองการจัดการเป็นภาพรวมของเครือข่าย เพื่อสร้างกำไรสูงสุดให้แก่ห่วงโซ่อุปทาน

3. แต่ละโรงงานในเครือข่ายห่วงโซ่อุปทานมีข้อจำกัดในการผลิตที่แตกต่างกัน เช่น ลักษณะการผลิต กำลังการผลิต ชนิดของเครื่องจักรที่สามารถทำการผลิตสินค้าแต่ละแบบ ต้นทุนในการผลิตสินค้า และราคาขายของสินค้าแต่ละประเภทในแต่ละ โรงงานก็มีความแตกต่างกัน เป็นต้น ทำให้การจัดการความต้องการสำหรับเครือข่ายธุรกิจขนาดใหญ่ให้มีประสิทธิภาพนั้นเป็นไปได้ยาก เนื่องมาจากหลักเกณฑ์ในการจัดสรรนั้นมีมากมาย

4. โดยปกติการพิจารณาการจัดสรรคำสั่งซื้อ จะพิจารณาเฉพาะตัวแปรภาพรวมของข้อมูลทั้งหมดที่มีอยู่ ไม่ได้ลงรายละเอียดไปถึงการจัดตารางการผลิตในแต่ละโรงงานทำให้การจัดสรรคำสั่งซื้อไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร

จากปัญหาที่กล่าวมาทั้งหมดจะเห็นว่า ข้อดีของธุรกิจคือ มีหลายโรงงานในระบบเครือข่ายห่วงโซ่อุปทาน ที่สามารถผลิตสินค้าชนิดเดียวกันได้ ทำให้มีความยืดหยุ่นในการผลิตค่อนข้างสูง โดยถ้าโรงงานใดโรงงานหนึ่ง เต็มกำลังการผลิตหรือเกิดปัญหาในการผลิตก็สามารถจัดสรรคำสั่งซื้อ เพื่อไปผลิตยังโรงงานอื่นได้ แต่ในทางตรงกันข้าม เกณฑ์ในการพิจารณาสำหรับการจัดสรรคำสั่งซื้อมีความหลากหลายมากเช่นกัน ไม่ว่าจะเป็นประเภทของลักษณะงานที่มีหลายชนิดหลายแบบ กรรมวิธีการผลิตที่มีความยุ่งยากซับซ้อนหลายขั้นตอน ข้อจำกัดในด้านการผลิตและการลงทุน และด้วยลักษณะของธุรกิจที่สินค้ามีวงจรอายุสั้น ทำให้ระบบการจัดสรรคำสั่งซื้อทำได้ยากจำกัด การตัดสินใจในการจัดสรรคำสั่งซื้อจึงต้องมีความรวดเร็ว และเกิดผลประโยชน์สูงสุดแก่องค์กรของตนเท่านั้น แต่ไม่สามารถชี้วัดได้ว่าก่อให้เกิดผลประโยชน์สูงสุดต่อระบบห่วงโซ่อุปทานโดยรวมหรือไม่ ดังนั้นการสร้างวิธีการที่เป็นมาตรฐานและรวดเร็วในการตัดสินใจจัดสรรความต้องการในระบบห่วงโซ่อุปทานขนาดใหญ่ ภายใต้ข้อจำกัดด้านการผลิตหลายๆ ด้าน รวมทั้งเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงของความต้องการที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วตลอดเวลา ภายใต้รูปแบบของผลิตภัณฑ์ที่มีความหลากหลาย คาดว่าจะสามารถช่วยให้แผนการผลิตตลอดระบบห่วงโซ่อุปทานมีความถูกต้องและสามารถชี้วัดความคุ้มค่าและผลกำไรโดยรวมในทางตัวเลขให้กับเครือข่ายห่วงโซ่อุปทานได้

## วัตถุประสงค์

การวิจัยมีวัตถุประสงค์โดยรวม เพื่อการจัดสรรความต้องการของลูกค้าในระบบห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ ให้องค์กรโดยรวมได้รับผลประโยชน์สูงสุดและคุ้มค่าที่สุด โดยแบ่งเป็นวัตถุประสงค์หลักดังนี้

1. เพื่อพยากรณ์ความต้องการของแผนการผลิตระยะกลาง (3 เดือน – 1 ปี) สำหรับใช้ในการจัดสรรความต้องการซื้อในระบบห่วงโซ่อุปทาน
2. เพื่อสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ สำหรับใช้ในการจัดสรรความต้องการซื้อให้แก่ระบบห่วงโซ่อุปทาน
3. เพื่อประเมินและเปรียบเทียบข้อดีข้อด้อยของวิธีการที่นำเสนอกับวิธีการเดิมในการจัดสรรความต้องการในระบบห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ เพื่อชี้วัดความสามารถของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้น

### ขอบเขตการวิจัย

1. พิจารณาการจัดสรรความต้องการเฉพาะสินค้าสำเร็จรูปในเครือข่ายห่วงโซ่อุปทานเฉพาะส่วนของกระบวนการประกอบและทดสอบวงจรรวมขั้นสุดท้าย (Back-end production) ในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์เท่านั้น เนื่องมาจากมีโรงงานที่สามารถผลิตสินค้าได้มากกว่า 1 โรงงานในระบบห่วงโซ่อุปทาน และมีขั้นตอนในการผลิตไม่ซับซ้อนมากนัก (ประมาณ 10-15 ขั้นตอน)
2. การวิจัยจะไม่พิจารณาในเรื่องระบบสินค้าคงคลัง และนโยบายด้านกลยุทธ์ในการผลิตอื่นๆ เพราะสินค้านี้มีอายุสั้น ดังนั้นกลยุทธ์ในการผลิตจึงมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาขึ้นกับสถานการณ์ของตลาดและความต้องการซื้อ โดยจะพิจารณาเพียง ระดับสินค้าคงคลังสามารถตอบสนองต่อความต้องการล่วงหน้าได้ตามระยะเวลานำในการผลิตและมีระดับที่ยอมรับได้ไม่สูงจนเกินไปเท่านั้น นอกจากนี้ยังไม่พิจารณาในเรื่องของเวลาในการจัดส่งสินค้าด้วยเช่นกัน
3. การวิจัยจะไม่พิจารณาในเรื่องข้อจำกัดของการจัดซื้อจัดหาวัตถุดิบต่างๆ โดยสมมุติว่า วัตถุดิบในการผลิตสินค้านั้นมีอย่างเพียงพอ
4. การวิจัยจะไม่พิจารณาข้อจำกัดทางด้านคุณภาพไม่ว่าจะเป็นทางด้านการผลิต หรือด้านคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ เป็นต้น เพราะเป็นปัจจัยที่ชี้วัดผลกำไรได้ยาก

## การตรวจเอกสาร

การตรวจเอกสารของงานวิจัยฉบับนี้ มุ่งเน้นการทบทวนการแก้ปัญหาในระบบห่วงโซ่อุปทาน เช่น ปัญหาการจัดการระบบห่วงโซ่อุปทานทั้งหมดให้มีความเหมาะสมที่สุด ปัญหาการคัดเลือกทำเลที่ตั้ง ปัญหาการคัดเลือกผู้จัดซื้อจัดหา และโดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาการจัดการคำสั่งซื้อภายในระบบห่วงโซ่อุปทาน เป็นต้น โดยจุดประสงค์ของงานวิจัยเกือบทั้งหมด คือ การสร้างกระบวนการ หรือ วิธีการในการตัดสินใจที่สนับสนุนให้ระบบห่วงโซ่อุปทานได้รับผลประโยชน์สูงสุด และช่วยให้องค์กรทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น การตรวจเอกสารของงานวิจัยจะแบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ ลักษณะปัญหาโดยทั่วไปในระบบห่วงโซ่อุปทาน ลักษณะปัญหาของธุรกิจเคมีคอนคเรตเตอร์ เทคนิคสำหรับการพยากรณ์ความต้องการในอนาคต และเครื่องมือที่ใช้สำหรับกระบวนการจัดการระบบห่วงโซ่อุปทาน

### 1. ลักษณะปัญหาโดยทั่วไปในระบบห่วงโซ่อุปทาน

งานวิจัยในช่วงระยะ 10 ปีหลังมานี้ นักวิจัยเริ่มที่จะให้ความสนใจในเรื่องของการจัดการระบบห่วงโซ่อุปทานเพิ่มมากขึ้น สาเหตุหลักนั้นเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจและการเมืองอย่างรวดเร็ว ทำให้ธุรกิจต่างๆ หันมาร่วมมือกันในการประเมินและหาการผลิตที่เหมาะสมที่สุดสำหรับระบบห่วงโซ่อุปทานเพื่อให้บรรลุตามดัชนีชี้วัด (KPIs) ของตนเอง ไม่ว่าจะเป็นการเพิ่มผลกำไร การลดต้นทุน หรือการปรับปรุงด้านการบริการลูกค้า เป็นต้น (Tsiakis and Papageorgiou, 2008) นอกจากนั้นการแข่งขันทางด้านการตลาดและการพัฒนาของเทคโนโลยีที่เป็นไปอย่างรวดเร็วมาก ทำให้ผู้ผลิตทั้งหลายต้องหันกลับมาคิดหาวิธีที่ยืดหยุ่นในการผลิตให้มากที่สุด ในขณะที่ค่าใช้จ่ายยังคงเท่าเดิม (Yue *et al.*, 2010) จากการแข่งขันทางธุรกิจที่นับวันจะยิ่งเข้มข้นมากขึ้นนี้เอง รวมทั้งลักษณะการทำธุรกิจที่มักจะทำร่วมกันเป็นเครือข่ายมากกว่าแบบเดี่ยว เพราะการทำธุรกิจแบบเดี่ยวนั้น เป็นไปได้ยากที่จะนำพาธุรกิจให้อยู่รอดได้จากสภาพแวดล้อมที่มีการแข่งขันกันอย่างสูงในปัจจุบัน และด้วยข้อมูลความต้องการที่ไม่แน่นอน เป็นแรงผลักดันให้ผู้วางแผนกำลังการผลิตต้องคำนึงถึงการเพิ่มผลกำไรของโรงงานตนเองให้ได้สูงสุด และในเวลาเดียวกันก็ต้องได้รับประโยชน์จากการจัดจ้างองค์กรภายนอกในห่วงโซ่อุปทานด้วย ทำให้ความ

ร่วมมือในการแบ่งปันทรัพยากรและคำสั่งซื้อในระบบห่วงโซ่อุปทาน เป็นสิ่งที่น่าสนใจเป็นอย่างยิ่ง โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมเทคโนโลยีขั้นสูง เพราะการตอบสนองต่อความต้องการที่รวดเร็วและการแบ่งปันทรัพยากรที่มีราคาแพงระหว่างโรงงานเป็นจุดสำคัญในการนำไปสู่ความสำเร็จภายใต้ผลิตภัณฑ์ที่มีวงจรชีวิตสั้นๆ รวมทั้งการลงทุนเริ่มต้นที่ค่อนข้างสูง แต่ให้ผลกำไรเพียงเล็กน้อย นอกจากนี้ ผู้วางแผนกำลังการผลิตจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนการใช้ทรัพยากรของโรงงานเพื่อให้สามารถนำไปใช้ได้เหมาะสมกับเป้าหมายขององค์กรและสนองต่อความต้องการไปพร้อมๆ กัน ทำให้การแบ่งปันทรัพยากร และการแบ่งปันคำสั่งซื้อ กลายเป็นหนึ่งในสิ่งสำคัญเพื่อนำไปสู่ความสำเร็จของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ เพราะต้องมีกระบวนการผลิตที่มีความยืดหยุ่นสูงในระบบห่วงโซ่อุปทาน คือสามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบของการผลิตได้ง่าย เพื่อรองรับความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นตลอดเวลา ไม่ว่าจะเป็นลักษณะของผลิตภัณฑ์ ลักษณะของการผลิต สำหรับการรับมือกับการแข่งขันทางธุรกิจที่มีอย่างเข้มข้นในปัจจุบัน (Wang and Chen, 2009) เช่นเดียวกันกับ Zhou *et al.* (2002) ที่มีแนวคิดแบบเดียวกันนี้ได้เคยกล่าวเอาไว้ว่า หลายงานวิจัยที่ผ่านมาชี้ให้เห็นว่าการผลักดันในเรื่องการควมรวมห่วงโซ่อุปทาน และความสำเร็จของธุรกิจจะขึ้นอยู่กับกิจกรรมที่เชื่อมโยงระหว่างสมาชิกในห่วงโซ่อุปทาน ไม่ว่าจะเป็นผู้ผลิต ศูนย์กระจายสินค้า ลูกค้าหรือแม้กระทั่งผู้จัดซื้อจัดหาวัตถุดิบ นอกจากนี้ยังได้กล่าวอีกด้วยว่าปัญหาการจัดการความสมดุลหรือความเหมาะสมในระบบห่วงโซ่อุปทานนั้นมีลักษณะปัญหาเป็นแบบ NP-hard คือเป็นปัญหาที่มีขนาดข้อมูลเยอะมากๆ แต่สามารถนำปัญหามาลดรูปแล้วหาคำตอบภายในช่วงเวลาที่ยอมรับได้ นอกจากนี้ยังหมายถึง ปัญหานั้นมีความซับซ้อน ยุ่งยากในการจัดการ และมีวิธีการที่หลากหลายในการแก้ปัญหา

## 2. ลักษณะปัญหาห่วงโซ่อุปทานของธุรกิจเซมิคอนดักเตอร์

รูปแบบธุรกิจหนึ่งที่มีความซับซ้อนและท้าทายเป็นอย่างมากในการจัดการระบบห่วงโซ่อุปทานคือ ธุรกิจเซมิคอนดักเตอร์ เพราะในตลาดการแข่งขัน ผู้ผลิตเซมิคอนดักเตอร์ต้องเผชิญกับสภาพแวดล้อมที่เต็มไปด้วยผลิตภัณฑ์มากมายหลายประเภท ลำดับความสำคัญของการสั่งซื้อที่หลากหลาย ปริมาณความต้องการที่มีการเปลี่ยนแปลงในเวลาที่กำหนด และการผลิตผลิตภัณฑ์เซมิคอนดักเตอร์นั้นมีกระบวนการผลิตที่ซับซ้อนมาก จากลักษณะดังกล่าวทำให้การ

วางแผนการผลิตยากขึ้นไปอีก (Chung *et al.*, 2008) นอกจากนี้ Geng *et al.* (2009) เคยกล่าวไว้ว่า โดยปกติแล้ว การลงทุนใหม่สำหรับธุรกิจเซมิคอนดักเตอร์เฉพาะในการผลิตเวเฟอร์ จะอยู่ในหลัก พันล้านดอลลาร์หรือมากกว่านั้น ซึ่งในการซื้อเครื่องมือหรืออุปกรณ์นั้นมีค่าถึง 70% ของต้นทุน รวมทั้งหมดและมีแนวโน้มว่าจะสูงขึ้นเรื่อยๆ ยิ่งไปกว่านั้นยังต้องใช้เงินถึงหนึ่งล้านดอลลาร์ในทุกๆ ไตรมาสสำหรับซื้อเครื่องมือใหม่ การประมาณค่าที่ต่ำเกินไปหรือสูงเกินไปของกำลังการผลิต จะนำไปสู่การใช้ประโยชน์ของเครื่องมือเครื่องจักรที่ต่ำกว่าเป้าหมายหรือสูญเสียการขายได้ ซึ่งทำให้ ปัญหาในการวางแผนกำลังการผลิตมีความท้าทายมากสำหรับอุตสาหกรรม การผลิตสารกึ่งตัวนำ เนื่องจากลักษณะความไม่แน่นอนสูงของทั้งตลาดและระบบการผลิต, วงจรชีวิตของสินค้า ที่มีสั้น และมูลค่าการลงทุนสูงดังกล่าวของอุตสาหกรรม นอกจากนี้ Chen *et al.* (2010) ก็ได้สนับสนุนความคิดดังกล่าวเช่นกัน โดยได้กล่าวไว้ว่า ความท้าทายอย่างหนึ่งในการจัดการห่วงโซ่อุปทานของสินค้าที่มีอายุสั้นๆ คือการจัดสมดุลของสินค้าให้พร้อมกับความต้องการอยู่เสมอและต้องมีสินค้าคงคลังในระดับต่ำเพื่อหลีกเลี่ยงความล้มเหลวของสินค้า สาเหตุดังกล่าวเกิดจาก ความไม่แน่นอนของความต้องการของสินค้าที่มีอายุสั้นๆ ซึ่งประกอบด้วยสองส่วนหลักคือ การไม่ทราบการเปิดรับของตลาดสำหรับสินค้าใหม่นั้นและความไม่มีแบบแผนตามธรรมชาติของตัวสินค้า

### 3. เทคนิคสำหรับการพยากรณ์ความต้องการในอนาคต

การพยากรณ์ความต้องการซื้อเป็นปัจจัยหลักที่สำคัญ เพื่อใช้ในการกำหนดการลงทุน สำหรับการวางแผนการผลิตขององค์กร การคาดการณ์ความต้องการในอนาคตนั้นจึงเป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับการตัดสินใจเกี่ยวกับกลยุทธ์ในการผลิตภายใต้ความเสี่ยงในการขาดแคลนกำลังการผลิตรวมทั้งเวลาในการผลิตที่อาจจะเพิ่มขึ้นได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สำหรับอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ แต่เนื่องจากผลิตภัณฑ์สินค้าเซมิคอนดักเตอร์นั้นมีอย่างหลากหลายและมีวงจรชีวิตที่สั้น ทำให้การพยากรณ์ความต้องการมีความซับซ้อนและยุ่งยาก ธุรกิจโดยส่วนมากแล้วในการพยากรณ์ความต้องการในอนาคต จะใช้ข้อมูลทางการตลาดและประสบการณ์หรือความรู้ ความเข้าใจที่มีมาก่อนในการตัดสินใจ ซึ่งทำให้เกิดปัญหาว่าผลที่ได้จากวิธีการดังกล่าวไม่มีความแม่นยำเท่าที่ควรและเกิดข้อผิดพลาดเป็นปริมาณมาก นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้มาซึ่งแตกต่างกันออกไปตามรูปแบบของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นความแม่นยำของการคาดการณ์ความต้องการในอนาคตจะสามารถ

ช่วยลดต้นทุนในการจัดเก็บสินค้าคงคลัง ส่งเสริมคุณภาพการให้บริการแก่ลูกค้า รวมไปถึงเพิ่มความสามารถในการแข่งขันทางการตลาดได้ (Chien *et al.*, 2008)

วิธีการพยากรณ์ที่แตกต่างกันได้นำไปประยุกต์ใช้กับปัญหาที่แตกต่างกัน กลุ่มของเทคนิคการพยากรณ์ จึงแยกย่อยออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มเทคนิคการพยากรณ์แบบดั้งเดิม และกลุ่มเทคนิคการพยากรณ์แบบประยุกต์สมัยใหม่

### 3.1 กลุ่มเทคนิคการพยากรณ์แบบดั้งเดิม

เทคนิควิธีการพยากรณ์แบบดั้งเดิม ที่นิยมนำมาใช้เพื่อจัดการกับปัญหาในการพยากรณ์ข้อมูล คือ การวิเคราะห์สมการถดถอยอย่างง่าย (Simple regression), การวิเคราะห์สมการถดถอยแบบพหุคูณ (Multivariate regression), การปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียล (Exponential smoothing) และการวิเคราะห์อนุกรมเวลา (Time series analysis) เป็นต้น เทคนิคแบบดั้งเดิมนี้นี้ มีประโยชน์มากในการอธิบายแนวโน้มของข้อมูลในระยะยาว แต่มีข้อจำกัดคือ จำนวนของข้อมูลต้องมีอย่างน้อยที่สุด 50 ค่า หรือมากกว่า 100 ค่า ขึ้นไปในการสร้างแบบจำลองการพยากรณ์ แต่เนื่องมาจากความเปลี่ยนแปลงของ สังคมและนวัตกรรมทางเทคโนโลยีอย่างรวดเร็วในปัจจุบัน ทำให้ข้อมูลที่ได้มีเพียงเล็กน้อยในช่วงระยะเวลาสั้นๆ เท่านั้น สำหรับการนำไปใช้ในการพยากรณ์สถานการณ์ในอนาคต (Wang and Hsu, 2008) ดังนั้นเพื่อตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วดังกล่าว ทำให้กลุ่มของเทคนิควิธีการนี้ไม่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้พยากรณ์ความต้องการของอุตสาหกรรมที่ข้อมูลมีความเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ไม่ว่าจะเป็น อุตสาหกรรมแฟชั่น อุตสาหกรรมทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ หรือแม้แต่อุตสาหกรรมเคมีคอนคเรตเตอร์ เป็นต้น ในงานวิจัยนี้ใช้ตัวแบบการพยากรณ์ คือ เทคนิคการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลา (TSM) มาเป็นตัวเปรียบเทียบกับวิธีการพยากรณ์แบบประยุกต์สมัยใหม่ ซึ่งวิธีการอนุกรมเวลาที่คัดเลือกมาใช้ในการพยากรณ์คือ วิธี Winter's method เชิงผลคูณ (Multiplicative) เนื่องจากอุปสงค์สำหรับผลิตภัณฑ์เคมีคอนคเรตเตอร์นั้นมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว และมีผลของฤดูกาลและแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นตามเวลาที่เปลี่ยนแปลงเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งวิธีการนี้สามารถพยากรณ์ค่าได้อย่างแม่นยำ แต่มีข้อจำกัดคือ ต้องมีข้อมูลที่เพียงพอสำหรับสร้างแบบจำลองการพยากรณ์ คือ ไม่น้อยกว่า 50 ค่า หรือมากกว่า 100 ค่า

ขึ้นไป โดยข้อมูลยิ่งมาก ค่าที่ได้จะมีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่น้อยลงหรืออีกนัยหนึ่งมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

แบบจำลองการพยากรณ์อนุกรมเวลาโดยวิธีวินเทอร์เชิงผลคูณนี้ ถูกสร้างจากค่าสังเกตทั้งหมดของอนุกรมเวลา โดยใช้การปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลในการกำหนดค่าระดับ ค่าแนวโน้ม และค่าฤดูกาล จากนั้นจึงนำค่าระดับ และค่าแนวโน้มที่ได้มาบวกกัน และนำมาคูณค่าฤดูกาล ซึ่งค่าผลรวมสุดท้ายที่ได้ คือค่าพยากรณ์ (ศิริภรณ์ และ รวิพิมพ์, 2551) ดังสมการที่ (1)-(4)

$$L_t = \alpha \left( \frac{Y_t}{S_{t-s}} \right) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (1)$$

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (2)$$

$$S_t = \gamma \left( \frac{Y_t}{L_t} \right) + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (3)$$

$$F_{t+m} = (L_t + b_m)S_{t-s+m} \quad (4)$$

โดยที่  $F_{t+m}$  คือ ค่าพยากรณ์ ณ เดือน  $t+m$ ; โดยที่  $m = 1, 2, 3, \dots, n$

$n$  คือ จำนวนของข้อมูลที่ต้องการจากการพยากรณ์

$L_t$  คือ ค่าระดับของอนุกรมเวลา (Level) ณ เดือน  $t$ ;

$b_t$  คือ ค่าแนวโน้มของอนุกรมเวลา (Trend) ณ เดือน  $t$ ;

$S_t$  คือ ดัชนีฤดูกาลของอนุกรมเวลา (Seasonal) ณ เดือน  $t$ ;

$Y_t$  คือ ค่าสังเกตของอนุกรมเวลา ณ เดือน  $t$ ;

$\alpha, \beta$  และ  $\gamma$  คือ ค่าคงที่การปรับเรียบข้อมูล โดยมีค่าอยู่ในช่วง  $(0,1)$

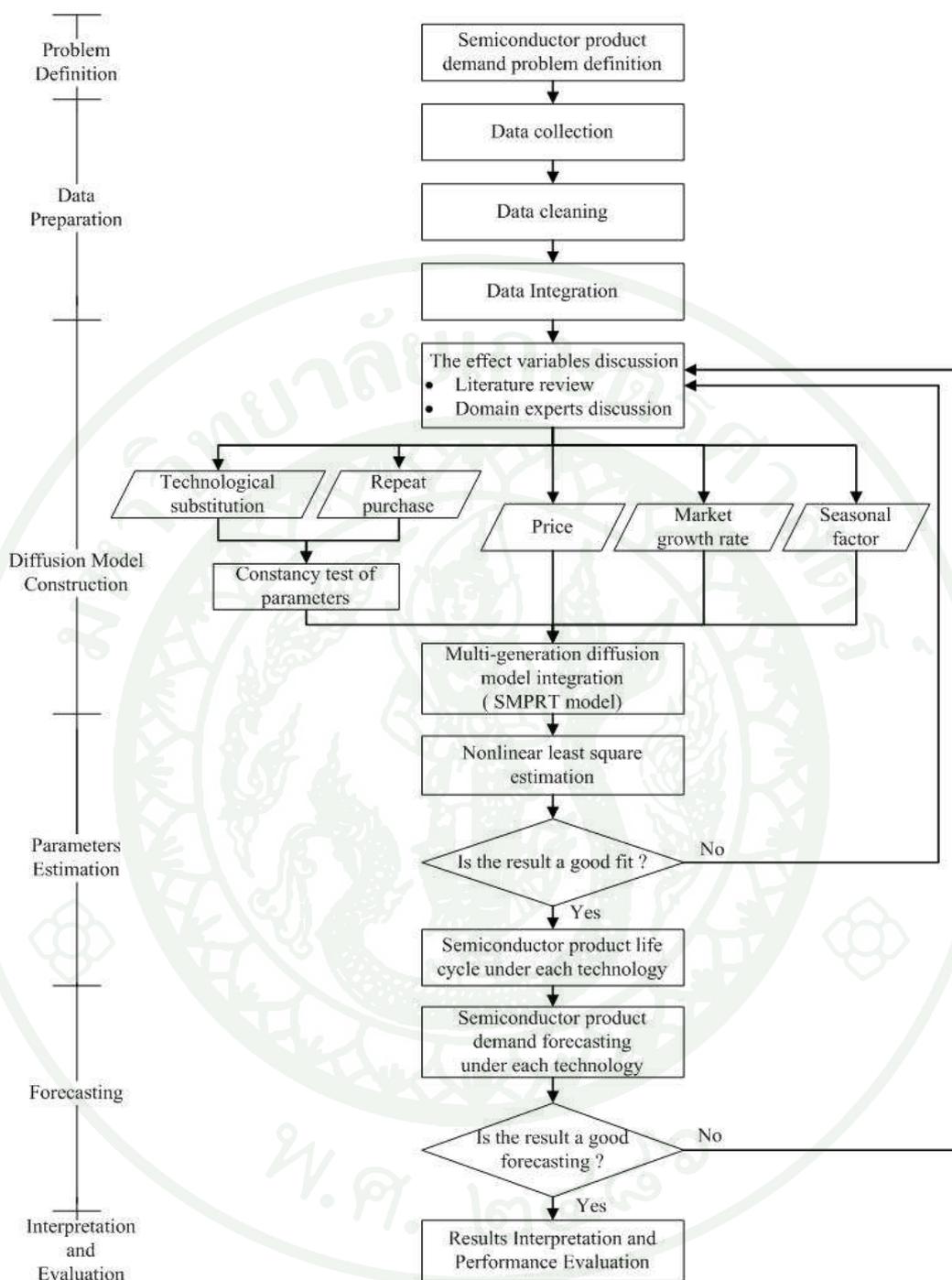
และ  $s$  คือ จำนวนของระยะเวลาพยากรณ์ใน 1 ปี

### 3.2 กลุ่มเทคนิคการพยากรณ์แบบประยุกต์สมัยใหม่

จากปัญหาการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีและข้อมูลทางการตลาดอย่างรวดเร็วในปัจจุบัน ทำให้เทคนิคการพยากรณ์แบบดั้งเดิมไม่สามารถตอบโจทย์การแก้ปัญหาดังกล่าวได้ จึงเกิด

เทคนิคการพยากรณ์ประยุกต์สมัยใหม่ขึ้น โดยอาศัยการประยุกต์จากเทคนิควิธีการเดิมรวมเข้ากับวิธีการสมัยใหม่ อาทิเช่น เทคนิคแบบจำลองการแพร่ต่างๆ (Diffusion model) ยกตัวอย่างเช่น การศึกษาของ Chien *et al.* (2008) ได้นำเสนอแบบจำลองที่ทำการปรับปรุงวิธีการอนุกรมเวลาเพื่อใช้สำหรับการทำนายความต้องการซื้อในอนาคตสำหรับสินค้าใหม่ของอุตสาหกรรม เซมิคอนดักเตอร์ โดยใช้ข้อมูลจากอดีตที่ผ่านมา และพัฒนาวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์จากแบบจำลองการแพร่ (Diffusion Model) ซึ่งใช้วิธีการ Nonlinear least square ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ของการพยากรณ์ ซึ่งแสดงโครงสร้างของการพยากรณ์ตามภาพที่ 9 เป็นต้น แต่ปัญหาคือ ส่วนใหญ่เทคนิคดังกล่าว จะถูกนำไปใช้ในการพยากรณ์ การเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์ใหม่ที่จะนำออกสู่ตลาดมากกว่าการพยากรณ์ความต้องการซื้อของสินค้าที่มีการผลิตอยู่แล้ว

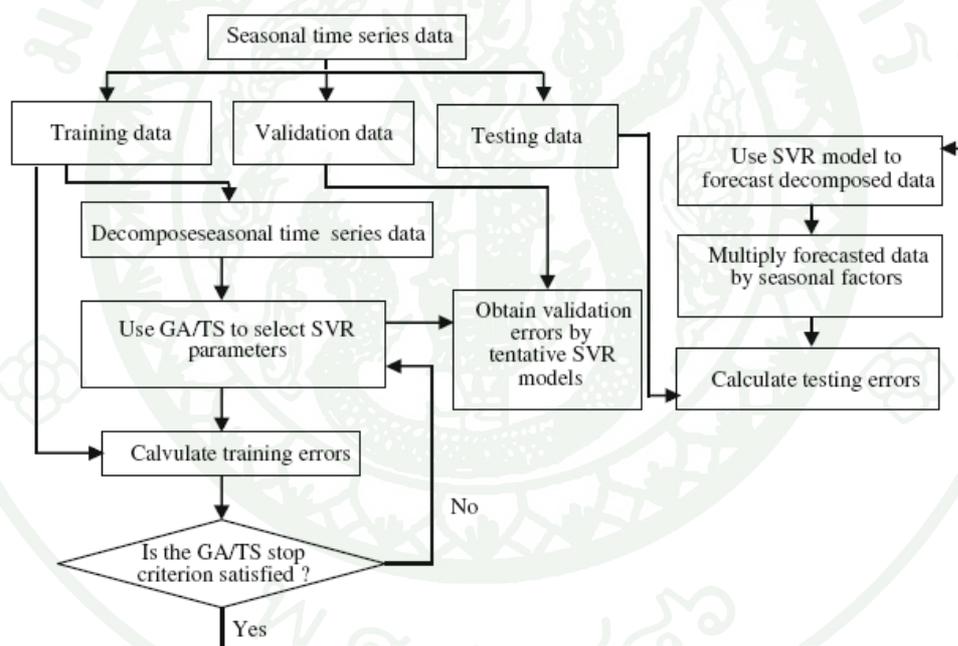
เทคนิคแบบจำลอง Support vector regression (SVR) เป็นแบบจำลองการพยากรณ์ที่ประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหาด้านอนุกรมเวลาโดยอยู่บนพื้นฐานหลักในการลดความเสี่ยงของการพยากรณ์ที่ผิดพลาดให้ต่ำที่สุด แต่ก็ไม่สามารถตอบ โจทย์ในการแก้ปัญหาข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีลักษณะเป็นฤดูกาลและแนวโน้มได้ สำหรับเทคนิคที่นิยมนำมาใช้แก้ปัญหาสำหรับข้อมูลที่มีลักษณะเป็นฤดูกาลและแนวโน้ม เช่น เทคนิคแบบจำลอง SARIMA และแบบจำลอง ที่นำวิธีการของอัลกอริทึมทางพันธุศาสตร์มาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว แสดงตัวอย่าง โครงสร้างการพยากรณ์แบบใช้เทคนิค SVR ร่วมกับเทคนิคอัลกอริทึมทางพันธุศาสตร์ ดังภาพที่ 10 (Pai *et al.*, 2010) แต่อย่างไรก็ตามวิธีการดังกล่าวยังไม่เหมาะสมสำหรับลักษณะของธุรกิจเซมิคอนดักเตอร์ที่ข้อมูลมีความผันผวนสูง และเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ยังมีข้อมูลดั้งเดิมเพื่อใช้ในการพยากรณ์น้อยมาก เนื่องมาจากสินค้ามีวงจรชีวิตสั้น



ภาพที่ 9 โครงสร้างการพยากรณ์ความต้องการซื้อของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ด้วยวิธีแบบจำลองการแพร่

ที่มา: Chien *et al.* (2008)

สำหรับสินค้าที่มีวงจรอายุสั้นของอุตสาหกรรมเทคโนโลยีชั้นสูง ในการตอบสนองต่อสถานการณ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงของตลาดอย่างรวดเร็ว วิธีการที่เหมาะสมในการนำมาใช้เป็นอย่างมากคือ เทคนิคทฤษฎีสีเทา (Grey theory) ดังเช่น การศึกษาของ Lin and Yang (2003) ได้นำเอาทฤษฎีสีเทา มาใช้ในการพยากรณ์รายได้ของอุตสาหกรรมเกี่ยวกับจอภาพในได้หวัน ซึ่งผลที่ได้แสดงให้เห็นว่า การพยากรณ์ด้วยทฤษฎีสีเทานั้น เหมาะกับอุตสาหกรรมที่ข้อมูลยังไม่สมบูรณ์ และมีข้อมูลไม่มากเพียงพอ รวมทั้งข้อมูลที่มีความไม่แน่นอนสูง นอกจากนี้ยังมีการศึกษาของ Tsaur (2010) ได้นำเทคนิคการพยากรณ์แบบสีเทาซึ่งอยู่ในรูปของสมการถดถอย มาใช้เพื่อลดข้อจำกัดในเรื่องของจำนวนตัวอย่าง โดยผสมผสานทฤษฎีฟัซซีในการแก้ปัญหาค่าข้อมูลที่คลุมเครือ ในการพยากรณ์ความต้องการซื้อล่วงหน้าของสินค้าโทรทัศน์ประเภทจอแอลซีดี เป็นต้น



ภาพที่ 10 โครงสร้างการพยากรณ์แบบใช้เทคนิค SVR ร่วมกับเทคนิคอัลกอริทึมทางพันธุศาสตร์

ที่มา: Pai *et al.* (2010)

การศึกษาที่ลักษณะปัญหาและประเภทของอุตสาหกรรมมีความใกล้เคียงกับงานวิจัยนี้เป็นอย่างมากคือ ผลการศึกษาของ Wang and Hsu (2008) ซึ่งศึกษาถึงการพยากรณ์ปริมาณของ

ผลผลิต สำหรับอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ในไต้หวัน ในช่วงระยะเวลาสั้นๆ และมีข้อมูลในอดีตเพื่อพิจารณาน้อยกว่า 50 ค่า โดยใช้ทฤษฎีสีเทา (Grey theory) ซึ่งเป็นเทคนิคการพยากรณ์สมัยใหม่ (Non-traditional forecasting) และชุดข้อมูลพีชชีในการพยากรณ์ความต้องการ ตัวแบบการพยากรณ์สีเทาเป็นเทคนิคที่สำคัญของทฤษฎีสีเทา โดยใช้สมการเชิงอนุพันธ์ เพื่อที่จะอธิบายแนวโน้มในอนาคตของอนุกรมเวลา ซึ่งมีประโยชน์มากสำหรับการพยากรณ์ที่มีข้อมูลในอดีตไม่มากนัก นอกจากนี้ในการศึกษานี้ ได้ใช้เทคนิคอัลกอริทึมทางพันธุศาสตร์สำหรับประมาณค่าพารามิเตอร์ของการพยากรณ์ เนื่องจากเทคนิคอัลกอริทึมทางพันธุศาสตร์นั้นสามารถช่วยในการแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนและไม่เป็นเชิงเส้นได้

สมการอนุพันธ์ของทฤษฎีสีเทา (Grey theory) ถูกสร้างจากสมการอนุกรมเวลาแบบดั้งเดิม โดยใช้เทคนิคการย้อนกลับข้อมูลสะสม (Inverse accumulated generating operation, IAGO) (Wang and Hsu, 2008) ดังสมการที่ (5)

$$\hat{y}_{i,(t+1)} = \left[ y_{i,1} - \frac{b}{a} \right] e^{-at} (1 - e^a) \quad (5)$$

โดยที่  $\hat{y}_{i,(t+1)}$  คือ ค่าพยากรณ์ ณ เดือน  $t+1$ ; โดยที่  $t = 2, 3, \dots, T$ ;

$T$  คือ จำนวนค่าพยากรณ์ทั้งหมด

$a$  คือ สัมประสิทธิ์สำหรับค่าแนวโน้มของสมการ

$b$  คือ ตัวแปรควบคุมสำหรับค่าพยากรณ์ของสมการ

$i$  คือ กลุ่มของข้อมูล; โดยที่  $i = 1, 2, \dots, I$

$I$  คือ จำนวนกลุ่มของข้อมูลทั้งหมด

$\hat{y}_{i,1} = y_{i,1}$  คือ ค่าพยากรณ์ในเดือนแรกมีค่าเท่ากับค่าสังเกตตั้งต้น

สมการที่ใช้ในงานวิจัยของ Wang and Hsu (2008) แสดงตามสมการที่ 6 ซึ่งใช้ข้อมูลรายเดือนทั้งหมด 1 ปี เป็นข้อมูลตั้งต้นสำหรับการพยากรณ์ และทำการพยากรณ์ค่าล่วงหน้าทั้งหมด 4 เดือน โดยค่าสัมประสิทธิ์  $a$  และ  $b$  ที่ใช้ในสมการ หามาจากเทคนิคอัลกอริทึมทางพันธุศาสตร์ โดยกำหนดค่าประชากรเท่ากับ 100, อัตราการข้ามสายพันธุ์เท่ากับ 0.6 และอัตราการกลายพันธุ์มีค่า

เท่ากับ 0.001 ตามลำดับ ซึ่งเป็นอัตราปกติที่ใช้สำหรับประชากรขนาด 100 (แต่ถ้าหากประชากรมีขนาดเท่ากับ 30 อัตราการกลายพันธุ์และข้ามสายพันธุ์จะมีค่าเท่ากับ 0.9 และ 0.01 ตามลำดับ) ผลลัพธ์ของงานวิจัยแสดงให้เห็นว่าวิธีพยากรณ์ด้วยทฤษฎีสีเทา (Grey theory) ร่วมกับเทคนิคอัลกอริทึมทางพันธุศาสตร์ให้ความแม่นยำของการพยากรณ์ที่ค่อนข้างสูงกว่าวิธีการพยากรณ์ด้วยทฤษฎีสีเทาแบบดั้งเดิม และให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่ต่ำมาก อยู่ในช่วง 5-15 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น

$$\hat{y}_{1,(t+1)} = \left[ y_{1,1} - \frac{624.96}{0.18} \right] e^{-0.18t} (1 - e^{0.18}) \quad (6)$$

จากทั้งหมดที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าทฤษฎีสีเทา (Grey theory) นั้น ไม่จำเป็นต้องใช้ข้อมูลทีมาก ข้อมูลเพียงเล็กน้อยก็สามารถที่จะให้การพยากรณ์ที่มีความแม่นยำที่สูงได้ นอกจากนี้แล้วลักษณะของข้อมูลที่เป็นแบบฤดูกาลสามารถแก้ปัญหาได้โดยอาศัยเทคนิคอัลกอริทึมทางพันธุศาสตร์ ดังนั้นวิธีการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาการพยากรณ์สำหรับอุตสาหกรรม เซมิคอนดักเตอร์หรืออุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีขั้นสูง คือ เทคนิคทฤษฎีสีเทา ร่วมกับอัลกอริทึมทางพันธุศาสตร์ เพราะการพยากรณ์ค่าความต้องการซื้อล่วงหน้าที่มีความแม่นยำ จะนำไปสู่การวางแผนการผลิตโดยรวม รวมทั้งทำให้การจัดสรรความต้องการซื้อภายในระบบห่วงโซ่อุปทานมีประสิทธิภาพและถูกต้องมากยิ่งขึ้น โดยเทคนิคที่เลือกมาใช้ต้องมีความสอดคล้องและเหมาะสมกับลักษณะของธุรกิจหรือระบบเครือข่ายห่วงโซ่อุปทานด้วยเช่นกัน

### 3.4 การประเมินประสิทธิภาพตัวแบบการพยากรณ์

การประเมินประสิทธิภาพของการพยากรณ์ใช้การเปรียบเทียบค่าที่ได้จากตัวแบบจำลองกับค่าจริงที่เกิดขึ้น โดยใช้ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์เป็นดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของวิธีการพยากรณ์ โดยวิธีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error, MAPE) เป็นวิธีการที่นิยมนำมาใช้เพื่อประเมินประสิทธิภาพของวิธีการที่นำเสนอ รายละเอียดแสดงดังสมการที่ (7) และมีหลักเกณฑ์การประเมินประสิทธิภาพดังตารางที่ 1 ซึ่งอ้างอิงหลักเกณฑ์ดังกล่าวจากงานวิจัยของ Wang and Hsu (2008)

Minimize: MAPE

$$\text{MAPE} = \left[ \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - \hat{F}_t}{A_t} \right|}{n} \right] \times 100\% \quad (7)$$

โดยที่ MAPE คือ ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์;

$\hat{F}_t$  คือ ค่าพยากรณ์ที่ได้จากตัวแบบจำลอง;

$A_t$  คือ ค่าอุปสงค์จริงที่เกิดขึ้น;

$t = 1, 2, 3, \dots, n$

และ  $n$  คือ จำนวนค่าข้อมูลทั้งหมด

**ตารางที่ 1** หลักเกณฑ์การประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองการพยากรณ์

MAPE (%)	ประสิทธิภาพของการพยากรณ์
<10	มีความน่าเชื่อถือสูงมาก
10-20	มีความน่าเชื่อถือปานกลาง
20-50	มีความน่าเชื่อถือต่ำแต่สามารถยอมรับได้
>50	มีความน่าเชื่อถือต่ำ

ที่มา: Wang and Hsu (2008)

#### 4. เครื่องมือที่ใช้สำหรับกระบวนการจัดการระบบห่วงโซ่อุปทาน

จากที่กล่าวมา จะเห็นได้ว่าความซับซ้อนของปัญหาที่นับวันจะยิ่งมากขึ้นทำให้แบบจำลองกำลังการผลิตแบบธรรมดานั้น สามารถรับมือกับปัญหาการวางแผนกำลังการผลิตได้สำหรับโรงงานเดียวเท่านั้น แต่ล้มเหลวต่อการจัดสรรกำลังการผลิตและการแบ่งปันคำสั่งซื้อระหว่างบริษัท

หรือเครือข่ายห่วงโซ่อุปทาน เนื่องมาจากความไม่สัมพันธ์กันของข้อมูล (เช่น ทรัพยากรการผลิต กำลังการผลิต และสถานะการสั่งซื้อ) ทำให้การวางแผนการใช้กำลังการผลิตไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอและกำไรของแต่ละโรงงานไม่ดีพอ จากผลลัพท์นี้เองถ้ากำลังการผลิตด้านทรัพยากรมีมากเกินไปหรือเกิดการขาดแคลนทรัพยากร ก็จะนำไปสู่ค่าใช้จ่ายที่สูงและการลดลงของความไว้วางใจของลูกค้าได้ (Wang and Chen, 2009) ทำให้ที่ผ่านมา การปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบห่วงโซ่อุปทานจึงได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้น แต่โดยส่วนมากแล้วจะมุ่งเน้นในเรื่องของระบบโลจิสติกส์มากกว่าการตัดสินใจทางธุรกิจ เช่น การออกแบบการทำงานและการผลิตสินค้าในเครือข่ายระบบห่วงโซ่อุปทาน อาทิเช่น การหาจำนวนและสถานที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้า, การกำหนดศูนย์กลางการกระจายสินค้าในการส่งของให้ลูกค้า, จำนวนของระดับ (Echelon) ในห่วงโซ่อุปทาน และการกำหนดโรงงานที่จะทำการผลิตสินค้า เป็นต้น (Tsiakis and Papageorgiou, 2008) เพื่อที่จะสนับสนุนคำกล่าวข้างต้นเพิ่มเติม Yoo *et al.* (2010) ก็ได้กล่าวไว้เช่นกันว่าการจัดการระบบห่วงโซ่อุปทานที่มีขนาดใหญ่และค่อนข้างซับซ้อนนั้น การวิเคราะห์หรือแบบจำลองทางคณิตศาสตร์อย่างง่ายไม่สามารถแก้ปัญหาได้ ทำให้แบบจำลองเชิงปริมาณสำหรับการวางแผนกลยุทธ์ห่วงโซ่อุปทานนั้น ได้ถูกนำมาใช้เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ในงานวิจัยต่างๆ จุดประสงค์ก็เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพต่อการวางแผนจัดสรรทรัพยากรในระยะยาว รวมทั้งปัจจัยต่างๆ เหล่านี้ เช่น การคัดเลือกผู้จัดซื้อจัดหา, การกำหนดกำลังการผลิตของผู้ผลิตและศูนย์กระจายสินค้า รวมไปถึงการจัดสรรกำลังการผลิตเพื่อที่จะผลิตสินค้าออกมา (Li *et al.*, 2009) โดยที่จุดประสงค์ของแบบจำลองส่วนมากจะเป็นการลดต้นทุนรวมให้ได้ต่ำที่สุด แต่มีอีกหนึ่งแนวคิดที่สนับสนุนไปในทางตรงกันข้ามแต่สร้างผลประโยชน์ให้แก่ระบบห่วงโซ่อุปทานเช่นกัน คือผลงานของ Shen (2006) ซึ่งได้กล่าวไว้ว่าการหากำไรสูงสุดควรจะเป็นวัตถุประสงค์อันดับแรกแทนที่การหาค่าต้นทุนต่ำที่สุดสำหรับห่วงโซ่อุปทานที่ประกอบไปด้วยหลายๆ องค์กร เพราะในการจัดการต้นทุนต่างๆ เหล่านั้น ไม่มีวิธีการที่ชัดเจนในการตรวจสอบผลกำไรที่ได้รับว่ามีมากน้อยเพียงใด

จากการทบทวนงานวิจัย พบว่างานวิจัยในเรื่องระบบห่วงโซ่อุปทานโดยส่วนใหญ่แล้วจะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มหลักๆ ได้แก่ กลุ่มแรกคือกลุ่มของการวางแผนจัดการระบบห่วงโซ่อุปทานทั้งหมด มีจุดประสงค์เพื่อ การวางแผนการทำงานในระบบห่วงโซ่อุปทานให้เหมาะสมที่สุด และก่อให้เกิดประโยชน์ต่อระบบห่วงโซ่อุปทานสูงสุด เช่น การออกแบบเครือข่ายระบบห่วงโซ่อุปทาน

การจัดสรรตำแหน่งที่ตั้งของโรงงาน การวางแผนการผลิตของเครือข่ายห่วงโซ่อุปทาน การจัดสรรกำลังการผลิตในห่วงโซ่อุปทาน และระบบการขนส่ง เป็นต้น กลุ่มที่สองคือกลุ่มของการจัดสรรคำสั่งซื้อและการคัดเลือกผู้จัดซื้อจัดหา การศึกษา ค้นคว้า และวิจัย ในระยะหลังที่ผ่านมา การแก้ปัญหาในเรื่องการคัดเลือกผู้จัดซื้อจัดหาวัตถุดิบและการจัดสรรคำสั่งซื้อ ไปยังผู้จัดซื้อจัดหาวัตถุดิบนั้น ได้รับความนิยมนับเป็นอย่างมากเช่นเดียวกัน เช่น งานวิจัยของ Demirtas and Üstün (2008) และงานวิจัยของ Altiparmak *et al.* (2009) เป็นต้น ซึ่งได้กล่าวเอาไว้ว่า โดยส่วนใหญ่แล้วแต่ละองค์กรจำเป็นต้องทำงานกับผู้จัดซื้อจัดหาวัตถุดิบที่แตกต่างกันเพื่อที่จะดำเนินกิจกรรมภายในโรงงานอุตสาหกรรมหรือภายในระบบห่วงโซ่อุปทาน เพราะวัตถุดิบและชิ้นส่วนประกอบต่างๆ นั้น มีมูลค่าถึง 70% ของต้นทุนสินค้าทั้งหมด ดังนั้นการคัดเลือกผู้จัดซื้อจัดหาวัตถุดิบหรือการจัดสรรปริมาณคำสั่งซื้อ จึงเป็นหนึ่งในฟังก์ชันที่สำคัญที่สุดของการจัดการระบบห่วงโซ่อุปทาน เนื่องมาจากการที่ธุรกิจถูกบีบบังคับให้รักษาระดับการบริการลูกค้าที่สูงไว้ ในขณะที่เดียวกันกับที่ต้องทำการลดค่าใช้จ่ายและรักษากำไรขั้นต้นไว้เช่นกัน

เครื่องมือที่นิยมนำมาใช้ในการแก้ปัญหาการจัดการในระบบห่วงโซ่อุปทาน สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มหลัก ดังต่อไปนี้ คือ เทคนิคแบบจำลองหรือการจำลองสถานการณ์, การสร้างอัลกอริทึมด้วยวิธีการและทฤษฎีต่างๆ ตามลักษณะของปัญหา และเทคนิคการโปรแกรมทางคณิตศาสตร์หรือแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

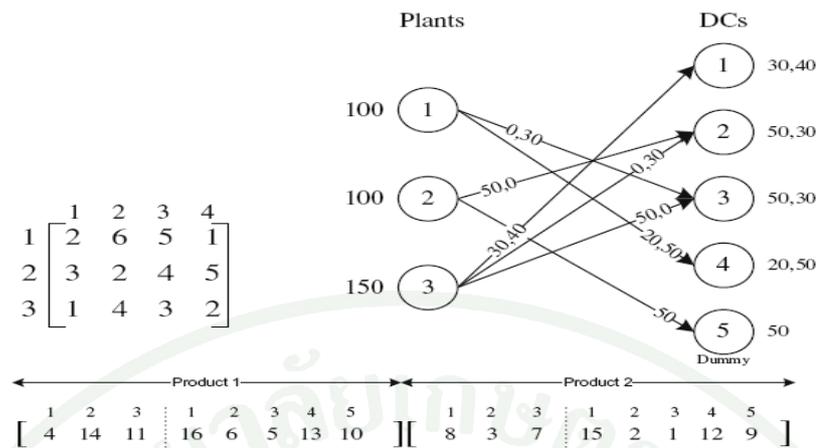
#### 4.1 เทคนิคแบบจำลองหรือการจำลองสถานการณ์

เครื่องมือที่ค่อนข้างได้รับความนิยมในการนำมาแก้ปัญหาการจัดการระบบห่วงโซ่อุปทาน คือ เทคนิคแบบจำลองหรือการจำลองสถานการณ์ ยกตัวอย่างเช่น งานวิจัยของ Yoo *et al.* (2010) ได้นำเอาวิธีการจำลองสถานการณ์ที่สร้างขึ้นจากอัลกอริทึมสองแบบคือ เทคนิควิธีการสุ่มตัวอย่างด้วยวิธี Nested partitioning (NP) และการคัดเลือกทางสถิติโดยวิธี Optimal computing budget allocation (OCBA) รวมเข้าด้วยกันเป็นอัลกอริทึมแบบผสมผสาน (Hybrid algorithm) เพื่อหาจำนวนทางเลือกที่น้อยที่สุดในการประเมินคำตอบและจำนวนการจำลองสถานการณ์ซ้ำที่เหมาะสมที่สุด ตามลำดับ จากผลการทดลองอัลกอริทึมดังกล่าวให้ผลการคำนวณที่มีความถูกต้อง

มากกว่าวิธีการที่นำมาเปรียบเทียบทั้งยังใช้เวลาในการคำนวณน้อยกว่าวิธีการจำลองสถานการณ์แบบเดิม นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ Chen *et al.* (2010) ที่ใช้วิธีการสร้างแบบจำลองสถานการณ์เช่นกันในการนำเสนอสัญญาความร่วมมือเพื่อแบ่งปันความเสี่ยงและผลกำไรในระบบห่วงโซ่อุปทานสำหรับสภาพแวดล้อมที่เป็นแบบกระจายอำนาจหรือมีหลายๆ องค์กรในเครือข่ายห่วงโซ่อุปทานที่ทำธุรกิจร่วมกัน โดยที่เงื่อนไขในการนำมาศึกษานั้นคือ ผู้จัดซื้อจัดหาคำหนดกำลังการผลิตสูงสุดเอาไว้ โดยที่ผู้ค้าปลีกจะต้องไม่สั่งปริมาณสินค้าเกินไปจากกำลังการผลิตที่กำหนด ผลที่ได้จากสัญญาความร่วมมือดังกล่าวแสดงให้เห็นว่ามีความยืดหยุ่นและสามารถแบ่งแยกผลกำไรรวมไปยังแต่ละส่วนระหว่างผู้จัดซื้อจัดหาและผู้ค้าปลีกได้เป็นอย่างดี เป็นต้น และเทคนิคดังกล่าวยังได้ถูกนำมาใช้ในการแก้ปัญหาในเรื่องการแบ่งสรรข้อมูลความต้องการด้วย เช่นงานวิจัยของ Zhang and Zhang (2007) ได้เคยกล่าวไว้ว่าการจำลองสถานการณ์เป็นหนึ่งในเทคนิค ที่ทำให้ผู้วิจัยสามารถเห็นภาพและการทดลองจากสภาพการณ์จริงของระบบ แต่อย่างไรก็ดี การจำลองนั้นก็ยังมีข้อจำกัดหลายอย่างที่ไม่สามารถเทียบกับการดำเนินงานจริงได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อปัญหามีระดับนัยสำคัญที่ไม่แน่นอนและค่อนข้างยากในการวิเคราะห์ปัญหา ปัจจุบันการจำลองสถานการณ์โดยใช้คอมพิวเตอร์มีความสำคัญมากในการประเมินค่าความผันแปรของระบบที่มีความซับซ้อน และเป็นหนึ่งในวิธีการที่ได้รับการยอมรับ โดยการจำลองสถานการณ์นั้นผู้ตัดสินใจสามารถตรวจสอบความเปลี่ยนแปลงในห่วงโซ่และติดตามผลโดยเสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่าการจำลองแบบลงมือทำจริงซึ่งทำให้สิ้นเปลืองทรัพยากรมาก งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์แบบจำลองเพื่อแก้ปัญหาต่างๆ ของห่วงโซ่อุปทาน ยกตัวอย่างเช่น ปัจจัยใดที่เหมาะสมแล้วควรนำมาใช้ในการทำธุรกิจเพื่อพิจารณากลยุทธ์การแบ่งปันข้อมูลความต้องการในห่วงโซ่อุปทาน และรูปแบบความต้องการของตลาดรวมถึงพ่อค้าคนกลางมีผลกระทบใดต่อกลยุทธ์ทางธุรกิจบ้าง การศึกษาวิจัยและวิเคราะห์ที่แสดงในงานวิจัยนี้ช่วยของค์กรในการตัดสินใจเรื่องการออกแบบแบบจำลองทางธุรกิจและ การร่วมมือกันระหว่างองค์กรที่ดีกว่ารูปแบบการแก้ปัญหาเดิม แต่อย่างไรก็ตามเทคนิคดังกล่าวไม่เหมาะสมกับโครงสร้างของธุรกิจเซมิคอนดักเตอร์เท่าที่ควร เนื่องมาจากตัวแปรในการตัดสินใจมีปริมาณมาก และมีข้อจำกัดหลายอย่างรวมทั้งโครงสร้างของธุรกิจมีความยืดหยุ่นสูงสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา ทำให้การแก้ไขแบบจำลองซึ่งมีโครงสร้างค่อนข้างตายตัวเป็นไปได้ยากและใช้เวลานาน

#### 4.2 เทคนิคการสร้างอัลกอริทึมด้วยวิธีการและทฤษฎีต่างๆ ตามลักษณะของปัญหา

เทคนิคอีกชนิดหนึ่งที่นิยมนำมาใช้แก้ปัญหาการจัดการในระบบห่วงโซ่อุปทานได้แก่ การสร้างอัลกอริทึมด้วยวิธีการและทฤษฎีต่างๆ ตามลักษณะของปัญหา เช่น Wen and Iwamura (2008) ได้สร้างไฮบริดอัลกอริทึมระหว่าง Simplex algorithm, การจำลองสถานการณ์ภายใต้ความคลุมเครือ (Fuzzy simulations) และอัลกอริทึมทางพันธุศาสตร์ (Genetic Algorithm) โดยที่ Simplex algorithm นั้น คิดค้นโดย Dantzig ในปี 1947 และเป็นหนึ่งในอัลกอริทึมที่ดีที่สุดในการหาคำตอบ เพราะมีประสิทธิภาพมากในการหาคำตอบของระบบสมการที่เป็นเชิงเส้น โดยใช้ Greedy strategy ซึ่งใช้วิธีการเปลี่ยนจาก Feasible vertex เป็น Adjacent vertex โดยอัลกอริทึมจะหาทางออกหรือคำตอบที่ดีที่สุดให้ Simplex algorithm เป็นตัวอย่างของอัลกอริทึมที่เก่าแก่ซึ่งรู้จักกันดีว่าสามารถใช้ได้ดีในทางปฏิบัติ แต่ข้อเสียคือ ใช้เวลามากจึงต้องรวมวิธีการจำลองสถานการณ์ภายใต้ความคลุมเครือและอัลกอริทึมทางพันธุศาสตร์เข้าไปด้วย เพื่อที่จะแก้ปัญหาของ Simplex algorithm ดังกล่าว จุดประสงค์หลักของไฮบริดอัลกอริทึมนี้ คือหาค่าต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดสำหรับปัญหาการจัดสรรแหล่งที่ตั้งของโรงงาน และในปีเดียวกันนี้เองอัลกอริทึมอีกแบบหนึ่งได้ถูกนำเสนอไว้เช่นกัน โดย Altıparmak *et al.* (2009) นำอัลกอริทึมทางพันธุศาสตร์แบบใหม่ที่เรียกว่า Steady-state genetic algorithm (ssGA) มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา หลายงานวิจัยที่ผ่านมาชี้ให้เห็นว่าอัลกอริทึมทางพันธุศาสตร์ได้รับความสนใจอย่างมากและประสบความสำเร็จในการนำไปประยุกต์ใช้กับปัญหาของห่วงโซ่อุปทานสำหรับการออกแบบเครือข่ายห่วงโซ่อุปทาน เช่น การหาเส้นทางของยานพาหนะของรูปแบบการขนส่งสำหรับสินค้าสองชนิดโดยการเข้ารหัสด้วยวิธีอัลกอริทึมทางพันธุศาสตร์ (แสดงตัวอย่างอย่างง่ายดังภาพที่ 11) และปัญหาการจัดตารางเวลาทำงาน การหาค่าเครือข่ายการขนส่งที่เหมาะสม และปัญหาการจัดสรรแหล่งที่ตั้ง เป็นต้น



ภาพที่ 11 ตัวอย่างของรูปแบบการขนส่งสำหรับสินค้าสองชนิดและการเข้ารหัสด้วยวิธีอัลกอริทึมทางพันธุศาสตร์

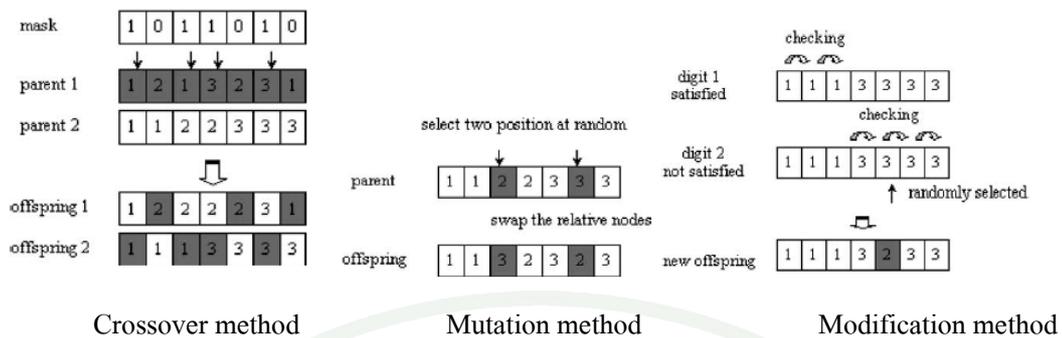
ที่มา: Altiparmak *et al.* (2009)

ผลการวิจัยยังได้สนับสนุนว่าวิธีการดังกล่าวมีประสิทธิภาพมากในการหาคำตอบ เพราะให้เวลาในการคำนวณหรือหาคำตอบที่น้อยกว่ารวมทั้งยังสามารถแก้ปัญหาในสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาและความต้องการซื้อที่มีความไม่แน่นอนได้เป็นอย่างดี อีกตัวอย่างหนึ่งคือ งานวิจัยของ Wang and Chen (2009) ใช้อัลกอริทึมซึ่งค่อนข้างได้รับความนิยมอีกวิธีการหนึ่งในการนำมาแก้ปัญหาเพื่อหาวิธีการหรือแนวทางในการจัดการที่ดีที่สุด นั่นคืออัลกอริทึมที่ได้หลักการมาจากการทำงานหรือวิธีการหาอาหารของมด (Ant algorithm) โดยในงานวิจัยนี้ได้นำมาประยุกต์ใช้เพื่อที่จะค้นหาแผนการใช้ทรัพยากรที่มีประสิทธิภาพ ในเรื่องการตัดสินใจลงทุนของทรัพยากร แผนการใช้กำลังการผลิต, การคัดเลือกทรัพยากร และ การจัดสรรงานระหว่างโรงงานในระบบห่วงโซ่อุปทานสองโรงงาน ขั้นตอนวิธีการนี้ไม่เพียงแต่ลดค่าใช้จ่ายโดยรวมของการผลิตตามคำสั่งซื้อทั้งหมดแต่ยังรวมไปถึงการเพิ่มผลกำไรในระดับ โรงงานและระบบด้วย ในหลายๆอุตสาหกรรม Ant algorithm สามารถแสดงวิธีการที่จะนำเสนอขั้นตอนวิธีแก้ปัญหาที่ประสบความสำเร็จสำหรับปัญหาที่ใหญ่และซับซ้อนของระบบการผลิตได้ นอกจากนี้การศึกษายังแสดงให้เห็นถึงว่า Ant algorithm มีคุณลักษณะที่ดีเยี่ยมในการรับมือกับการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยต่างๆ นอกจากนี้ก็ยังมีวิธีการฮิวริสติกอัลกอริทึมที่นำมาใช้กับการแก้ปัญหาแหล่งที่ตั้งของโรงงานเพื่อหา

แหล่งที่ตั้งที่เหมาะสมที่สุดต้นทุนต่ำที่สุดเพื่อการจัดสรรกำลังการผลิตหรือสินค้าไปยังลูกค้าหลายๆ ราย (Altinel *et al.*, 2009; Murat *et al.*, 2010) เป็นต้น

การประยุกต์เอาเทคนิคทางอัลกอริทึมไปใช้ในการแก้ปัญหาการจัดสรรคำสั่งซื้อและการคัดเลือกผู้จัดซื้อจัดหา เช่น อัลกอริทึมทางพันธุศาสตร์ที่ถูกนำมาใช้ในการจัดสรรลูกค้าไปยังศูนย์กระจายสินค้าที่หลากหลายในเครือข่ายห่วงโซ่อุปทานเพื่อการจัดสรรความสมดุลของเครือข่าย แสดงแนวคิดของอัลกอริทึมทางพันธุศาสตร์ดังภาพที่ 12 (Zhou *et al.*, 2002) หรือใช้วิธีการแก้ปัญหาแบบ Multiple ant colony optimization (MACO) ในการจัดสรรลูกค้าไปยัง ศูนย์กระจายสินค้าโดยการลดเวลาในการขนส่งและลดความไม่สมดุลของศูนย์กระจายสินค้า ซึ่งเทคนิค MACO นั้นเป็นรูปแบบของการปรับเปลี่ยน Ant colony แบบดั้งเดิมที่ใช้หลายๆ Ant colony ร่วมมือกันเพื่อหารูปแบบที่ดีที่สุดของการจัดสรรลูกค้าให้กับศูนย์กระจายสินค้า (Chan and Kumar, 2009) อีกตัวอย่างหนึ่งคือ อัลกอริทึมที่สร้างขึ้นสำหรับการแก้ปัญหาการคัดเลือกผู้จัดซื้อจัดหาภายใต้ความต้องการที่ไม่แน่นอน โดยเฉพาะ เพราะผู้จัดซื้อจัดหานั้นเป็นส่วนสำคัญในการเชื่อมโยงระบบห่วงโซ่อุปทานและการตัดสินใจเกี่ยวกับแหล่งทรัพยากร ซึ่งเป็นส่วนสำคัญอย่างหนึ่งในช่วงของการวางแผนการทำงานของระบบห่วงโซ่อุปทาน (Zhou and Li, 2007; Awasthi *et al.*, 2009) นอกจากนี้ที่กล่าวมาแล้วก็ยังมีอัลกอริทึมที่สร้างขึ้นสำหรับการคัดเลือกผู้จัดซื้อจัดหาของระบบห่วงโซ่อุปทานแบบผลิตตามคำสั่งซื้อ ซึ่งเรียกว่า ใช้ Frontier portfolio approach เพื่อหาผู้มีส่วนร่วมทางธุรกิจที่ดีที่สุดโดยที่ใช้แผนการผลิตได้สั้นที่สุดและทำให้เกิดความพึงพอใจต่อลูกค้าสูงสุด (Yue *et al.*, 2010)

ข้อดีของเทคนิคการสร้างอัลกอริทึมด้วยวิธีการและทฤษฎีต่างๆ ตามลักษณะของปัญหาคือ สามารถช่วยแก้ปัญหาที่มีขนาดใหญ่และไม่เป็นเชิงเส้นได้ โดยใช้เวลาไม่มากนัก แต่ข้อเสียคือ ไม่สามารถหาคำตอบที่ถูกต้องที่สุดให้กับปัญหาได้ ซึ่งหากปัญหาดังกล่าวสามารถยอมรับคำตอบที่ไม่ต้องการความถูกต้องร้อยเปอร์เซ็นต์ วิธีการสร้างอัลกอริทึมตามลักษณะของปัญหาจะเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่น่าสนใจในการนำมาใช้หาคำตอบที่ต้องการศึกษา



ภาพที่ 12 แนวคิดของอัลกอริทึมทางพันธุศาสตร์ในการคัดเลือกสายพันธุ์ที่ดีที่สุด (คำตอบที่ดีที่สุด)

ที่มา: Zhou *et al.* (2002)

#### 4.3 เทคนิคแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

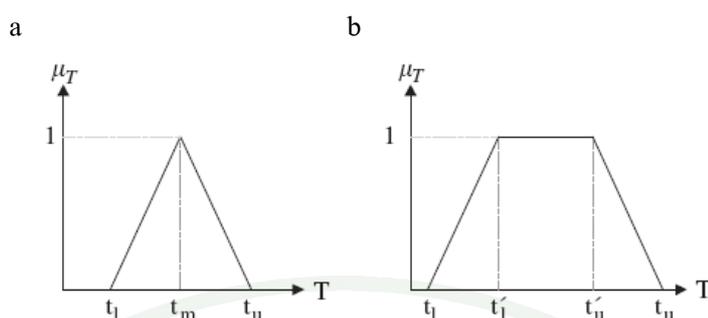
นอกจากเทคนิคทั้งสองแบบไม่ว่าจะเป็นเทคนิคการสร้างแบบจำลองสถานการณ์หรือเทคนิคทางอัลกอริทึมต่างๆ แล้ว เทคนิคที่นิยมนำมาใช้ในการแก้ปัญหาอีกแบบหนึ่งคือ เทคนิคการโปรแกรมทางคณิตศาสตร์หรือแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเทคนิคดังกล่าวนี้เองเป็นเทคนิคพื้นฐานที่สำคัญเพื่อนำไปต่อยอดพัฒนาเป็นเทคนิคแบบจำลองสถานการณ์และเทคนิคทางอัลกอริทึมต่างๆ จึงทำให้เกิดงานวิจัยมากมายที่ใช้เทคนิคแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาเครือข่ายระบบห่วงโซ่อุปทาน ยกตัวอย่างเช่น งานวิจัยของ Tsiakis and Papageorgiou (2008) ใช้ Mixed integer linear programming (MILP) เพื่อที่จะหาค่าการผลิตที่เหมาะสมที่สุดและการกระจายข้อมูลในห่วงโซ่อุปทานภายใต้ข้อจำกัดในการทำงานและด้านการเงิน ข้อจำกัดในการทำงานรวมถึง คุณภาพ, การผลิต และการจัดส่งสินค้า รวมทั้งความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการการผลิตกับความสมดุลในการทำงาน ส่วนข้อจำกัดทางด้านการเงินได้แก่ ต้นทุนในการผลิตสินค้า ต้นทุนการขนส่ง อัตราการเก็บภาษีของวัตถุดิบในเครือข่าย และการตัดสินใจในการจ้างองค์กรภายนอกในการผลิตจะใช้ก็ต่อเมื่อองค์กรไม่สามารถตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ Li *et al.* (2009) ที่ใช้แบบจำลอง Mixed integer programming

เช่นกัน ในการวิเคราะห์ระบบห่วงโซ่อุปทานทั้งหมดตั้งแต่การจัดซื้อวัตถุดิบไปจนกระทั่งถึงการกระจายสินค้าขั้นตอนสุดท้าย โดยมีจุดประสงค์เพื่อจัดสรรกำลังการผลิตระหว่างโรงงานและผลิตภัณฑ์ที่มีความแตกต่างกัน รวมเข้าด้วยกันกับวิธีการคัดเลือกทางเลือกในการแก้ปัญหาโดยใช้ Decomposition heuristic และ Integrated heuristic algorithm จุดเด่นของงานวิจัยนี้คือพยายามที่จะสร้างแบบจำลองเพื่อให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด แต่จุดด้อยคือไม่มีการพิจารณาความต้องการที่ไม่แน่นอนร่วมด้วย ในปีเดียวกัน Geng *et al.* (2009) ได้นำเสนอวิธีการ Stochastic programming กับกรแก้ปัญหาการวางแผนกำลังการผลิตซึ่งได้พิจารณาความไม่แน่นอนของความต้องการเข้าไปในการพิจารณาด้วย ผลจากงานวิจัยดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าการที่จะปรับปรุงประสิทธิภาพของธุรกิจ จำเป็นต้องปรับปรุงเสถียรภาพของกำลังการผลิตก่อนเป็นลำดับแรก เพราะความไม่แน่นอนของความต้องการและกำลังการผลิตมีผลกระทบโดยตรงต่อการตัดสินใจขยายกำลังการผลิต ความผันแปรของความต้องการจะนำไปสู่การขยายกำลังการผลิต ในขณะที่ความผันแปรของกำลังการผลิตจะถูกทำให้สมดุลได้จากการขาย อีกตัวอย่างคืองานวิจัยของ Bilgen (2010) จุดประสงค์ของการศึกษานี้แยกออกเป็นสองส่วนคือ ส่วนแรกทำการพัฒนาการผสมผสาน Mixed integer linear programming (MILP) ที่เกี่ยวข้องพร้อมกับการสร้างเครือข่ายการผลิตและการกระจายสินค้า ส่วนที่สองคือการจำลองประโยชน์และความสำคัญของโปรแกรมแบบคลุมเครือ (Fuzzy) ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ยืดหยุ่น ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองที่นำเสนอนี้ใช้ได้จริง และสามารถจัดการได้ง่ายสำหรับระบบห่วงโซ่อุปทานของการอุปโภคบริโภค

นอกจากนี้ เครื่องมือหรือเทคนิคดังกล่าวยังได้รับความนิยมในการนำมาแก้ปัญหาการคัดเลือกผู้จัดซื้อจัดหาและการจัดสรรคำสั่งซื้อ ยกตัวอย่างเช่น งานวิจัยของ Demirtas and Üstün (2008) ได้รวบรวมวิธีการของการวิเคราะห์กระบวนการของเครือข่าย (Analytic network process, ANP) เข้ากับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์คือ แบบจำลองเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบหลายวัตถุประสงค์ (Multi-objective mixed integer linear programming, MOMILP) เพื่อพิจารณาทั้งปัจจัยเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ ในการเลือกผู้จัดซื้อจัดหาที่ดีที่สุดและหาจำนวนที่จะสั่งซื้อที่เหมาะสมสำหรับผู้จัดซื้อจัดหาที่ถูกคัดเลือกนั้นเพื่อที่จะทำให้การจัดซื้อจัดหามีคุณค่าสูงสุดโดยใช้งบประมาณและอัตราของเสียต่ำที่สุด และในปีเดียวกันนี้ Özgen *et al.* (2008) ได้นำเสนอการรวมกันของวิธีการกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic hierarchy process, AHP) และวิธีการของการ

โปรแกรมเชิงเส้นด้วยความน่าจะเป็นแบบหลายวัตถุประสงค์ (Multi-objective possibilistic linear programming) ซึ่งพัฒนาขึ้นเพื่อที่จะอธิบายทุกปัจจัยไม่ว่าจะเป็นปัจจัยที่จับต้องได้ ปัจจัยที่จับต้องไม่ได้ ปัจจัยที่เกี่ยวกับปริมาณ และปัจจัยที่เกี่ยวกับคุณภาพเพื่อใช้ในการประเมิน คัดเลือกผู้จัดซื้อ จัดหาและใช้ในการกำหนดปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุด หลังจากนั้นได้มีการประยุกต์ใช้ การโปรแกรมตัวเลขแบบผสมแบบไม่เป็นเชิงเส้น (Mixed-integer non linear programming) ในการสร้างแบบจำลองความร่วมมือเพื่อหาผลประโยชน์ที่เหมาะสมที่สุดของสมาชิกทั้งหมดไม่ว่าจะเป็น ผู้ซื้อหรือผู้ขายและการจัดแนวทางการตัดสินใจระหว่างส่วนต่างๆของห่วงโซ่อุปทาน (Kheljani *et al.*, 2009) นอกจากงานวิจัยนี้แล้วยังมีงานวิจัยของ Lin (2009) ซึ่งวัตถุประสงค์ของงานวิจัยดังกล่าวนี้ คือ เพื่อแนะนำวิธีการการตัดสินใจอย่างกว้างๆ ในการจำแนกผู้จัดซื้อจัดหาที่สำคัญโดยการพิจารณาผลของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกันในบรรดาปัจจัยอื่นๆ ที่ถูกเลือกมา เพื่อให้ได้บรรลุถึงการ จัดสรรคำสั่งซื้อที่เหมาะสมของผู้จัดซื้อจัดหาที่สำคัญ วิธีการที่ถูกนำมาเสนอ จะถูกแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน วิธีการแรกคือ การรวมวิธีการของ Analytic network process (ANP) ด้วย Fuzzy preference programming (FPP) เป็น Fuzzy analytic network process (FANP) ซึ่งจะทำให้มีประสิทธิภาพในการเลือกผู้จัดซื้อจัดหาที่สำคัญมากขึ้น และอย่างที่สองคือ การประยุกต์ใช้ Multi-Objective linear programming (MOLP) เพื่อให้เกิดความสะดวกในการจัดสรรคำสั่งซื้อที่เหมาะสมในบรรดาผู้จัดซื้อ จัดหาที่ถูกคัดเลือกมาแล้ว อีกตัวอย่างหนึ่งของการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์คือ ผลงานวิจัยของ Sawik (2010) ได้สร้าง Single-or multi-objective mixed integer program ขึ้นเพื่อ แก้ปัญหาการจัดสรรคำสั่งซื้อสำหรับชิ้นส่วนในหมู่ผู้จัดซื้อจัดหาสำหรับกระบวนการผลิตตาม คำสั่งซื้อ และผลงานของ Osman and Demirli (2010) ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้แบบจำลอง Bilinear goal programming เข้ากับวิธี Benders decomposition อัลกอริทึมสำหรับการปรับเปลี่ยนโครงสร้าง ห่วงโซ่อุปทานและการคัดสรรผู้จัดหาวัตถุดิบเช่นกัน

สำหรับธุรกิจเซมิคอนดักเตอร์ในปัจจุบัน ความผันแปรของตัวแปรต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อระบบห่วงโซ่อุปทานนั้นมีความไม่แน่นอนเป็นอย่างมาก ทฤษฎีที่นิยมนำมาใช้ แก้ปัญหาความไม่แน่นอนของข้อมูลหรือค่าตัวแปรดังกล่าวคือ ทฤษฎีความคลุมเครือ (Fuzzy set, FST) ซึ่งเป็นการหาโครงสร้างที่เหมาะสมเพื่อที่จะแก้ปัญหาข้อมูลที่มีความไม่แน่นอน ยกตัวอย่าง เช่น เวลาในการจัดส่งสินค้าของผู้จัดซื้อจัดหา (แสดงตัวอย่างดังกล่าวดังภาพที่ 13)



ภาพที่ 13 ตัวอย่างเวลาที่ไม่แน่นอนในการจัดส่งสินค้าของผู้จัดซื้อจัดหาโดยใช้ Fuzzy set

ที่มา: Faez *et al.* (2009)

จากหลายๆ งานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าทฤษฎี Fuzzy set เป็นหนึ่งในตัวจัดการที่ดีสำหรับการจัดการกับความไม่แน่นอนต่างๆ ยกตัวอย่างเช่น การศึกษาของ Faez *et al.* (2009) ซึ่งใช้หลักการของ Fuzzy set ร่วมกับเทคนิค Case based reasoning (CBR) ในการคำนวณความคลุมเครือในการตัดสินใจจากค่าพารามิเตอร์ สำหรับแก้ปัญหาการคัดเลือกผู้จัดซื้อจัดหา นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ Amid *et al.* (2009) ได้ใช้แบบจำลอง Fuzzy multi-objective ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นมาสำหรับปัญหาการคัดเลือกผู้จัดซื้อจัดหา ภายใต้สภาวะราคาที่มีความไม่แน่นอน ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดของปริมาณการสั่งซื้อสินค้า แบบจำลองนี้ ผู้จัดการฝ่ายจัดซื้อสามารถคัดเลือกจำนวนของเงื่อนไขที่จะนำมาพิจารณา เพื่อที่จะจัดการฝั่งการทำงานของปริมาณความต้องการวัตถุดิบ ส่วนประกอบและผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปเพื่อปรับปรุงคุณภาพ บริการและการลดค่าใช้จ่าย และปรับปรุงสมรรถนะของห่วงโซ่อุปทาน แบบจำลองนี้สามารถใช้เป็นระบบสนับสนุนการตัดสินใจโดยผู้จัดการฝ่ายจัดซื้อในการคิดว่าปริมาณคำสั่งซื้อไหนจะเป็นของผู้จัดซื้อไหนในกรณีของหลายแหล่งวัตถุดิบ อีกตัวอย่างหนึ่ง คือการศึกษาของ Özgen *et al.* (2008) ได้นำหลักการ Fuzzy set มาใช้กับปัญหาการประเมินผู้จัดซื้อจัดหาและวิธีการจัดสรรคำสั่งซื้อไปยังแต่ละผู้จัดซื้อที่ทำการคัดเลือกนั้น วิธีการที่ใช้คือ การรวมการโปรแกรมเชิงเส้น เช่น การโปรแกรมเชิงตัวเลขผสม การโปรแกรมเป้าหมาย และการโปรแกรมแบบหลายวัตถุประสงค์ และใช้ วิธีการถ่วงน้ำหนักแบบเชิงเส้น และกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) เพื่อช่วยในการตัดสินใจ โดยในการศึกษาได้ชี้ให้เห็นว่า วิธีการจัดสรรคำสั่งซื้อที่เหมาะสมสามารถเพิ่มขีดความสามารถทางการแข่งขันของธุรกิจได้

จากที่กล่าวมาทั้งหมด จะเห็นได้ว่าเทคนิคที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาการจัดการระบบ  
ห่วงโซ่อุปทานนั้นมีอยู่มากมาย ซึ่งแบบจำลองหรือเทคนิคที่ควรเลือกนำมาใช้ในการแก้ปัญหานั้น  
จะขึ้นอยู่กับลักษณะของปัญหารวมทั้งลักษณะของธุรกิจที่ทำการศึกษาเป็นหลัก โดยการเลือก  
เครื่องมือที่เหมาะสมกับลักษณะของปัญหา จะทำให้แก้ปัญหาได้ตรงตามวัตถุประสงค์และเพิ่ม  
ประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาให้สูงขึ้นได้ เช่นเดียวกันกับการจัดสรรความต้องการซื้อในระบบ  
ห่วงโซ่อุปทาน ให้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุดนั้น จำเป็นต้องคำนึงถึงธรรมชาติของการทำ  
ธุรกิจและลักษณะของกระบวนการผลิต ปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งที่สามารถควบคุมได้ และไม่  
สามารถควบคุมได้ แล้วเลือกเครื่องมือหรือเทคนิคที่สามารถตอบสนองต่อการแก้ปัญหของ  
ข้อจำกัดที่เกิดขึ้น โดยวิธีการสามารถมีได้หลายรูปแบบ แต่ควรมีวิธีการที่สามารถชี้วัดผลของการ  
แก้ปัญหาเพื่อประเมินประสิทธิภาพของวิธีการที่ใช้ แล้วจึงเลือกวิธีการที่ให้คำตอบที่ดีที่สุด เพื่อให้  
เกิดประโยชน์สูงสุดต่อองค์กรโดยรวม

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์
  - 1.1 ระบบปฏิบัติการ Microsoft Window Vista™ Home Premium
  - 1.2 หน่วยประมวลผลกลาง Intel(R) Core™2 Duo, CPU 2.00 GHz
  - 1.3 หน่วยความจำ 2 GB
  - 1.4 ความจุของ Hard disk drive 250 GB
2. ซอฟต์แวร์
  - 2.1 Program Microsoft Office 2007
  - 2.2 Minitab 15 Statistical Software English
  - 2.3 Evolver v5.5
  - 2.4 Premium Solver for Education v7.0
3. เครื่องพิมพ์

### สมมติฐานการวิจัย

1. การพยากรณ์ความต้องการที่แม่นยำ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดสรรความต้องการซื้อในระบบห่วงโซ่อุปทานเซมิคอนดักเตอร์ได้
2. การจัดสรรความต้องการซื้อระหว่างผู้ผลิตหลายๆ ราย ในระบบห่วงโซ่อุปทานเซมิคอนดักเตอร์ที่เหมาะสม สามารถเพิ่มขีดความสามารถในการทำกำไรของระบบห่วงโซ่อุปทานโดยรวมทั้งหมดได้

## วิธีการ

การวิจัยการจัดสรรความต้องการในระบบห่วงโซ่อุปทานของธุรกิจเซมิคอนดักเตอร์แบบหลากหลายเกณฑ์ภายใต้ข้อจำกัดที่หลากหลายของผลิตภัณฑ์ เพื่อให้เกิดกำไรสูงสุดต่อระบบห่วงโซ่อุปทาน โดยรวม มีทั้งหมด 12 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. การเลือกกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่จะนำมาเป็นตัวอย่างในการศึกษา เนื่องจากลักษณะของผลิตภัณฑ์สำหรับธุรกิจเซมิคอนดักเตอร์มีความหลากหลายเป็นอย่างมาก ผลิตภัณฑ์ที่จะนำมาคัดเลือกเพื่อเป็นตัวอย่างในการศึกษาจึงต้องพิจารณาจากปัจจัยดังต่อไปนี้

1.1 สามารถทำการผลิตได้หลายโรงงานในระบบห่วงโซ่อุปทาน อย่างน้อย 2 โรงงานขึ้นไป เพื่อที่จะสามารถจัดสรรคำสั่งซื้อระหว่างแต่ละโรงงานได้ รายละเอียดดังภาพที่ 14

ลำดับที่	จำนวนโรงงานที่สามารถผลิตได้	การจัดสรรคำสั่งซื้อ (ได้ / ไม่ได้)
1		ไม่สามารถจัดสรรคำสั่งซื้อได้
2		สามารถจัดสรรคำสั่งซื้อได้
3		สามารถจัดสรรคำสั่งซื้อได้
4		สามารถจัดสรรคำสั่งซื้อได้

ภาพที่ 14 ข้อจำกัดของการจัดสรรคำสั่งซื้อในระบบห่วงโซ่อุปทาน

1.2 มีปริมาณความต้องการอย่างต่อเนื่องในระยะเวลาที่ทำการศึกษา โดยระยะเวลาที่คัดเลือกมาทำการศึกษารวมทั้งหมด 3 ปี

2. ศึกษาลักษณะของข้อมูลความต้องการในอดีตของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่คัดเลือกมาทำการศึกษา ย้อนหลัง 3 ปีตามระยะเวลาที่คัดเลือกมาทำการศึกษา เพื่อประเมินลักษณะความต้องการของสินค้ากลุ่มนั้นสำหรับคัดเลือกวิธีการพยากรณ์ความต้องการในอนาคต ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.1 ศึกษาลักษณะแนวโน้มของข้อมูลแต่ละผลิตภัณฑ์

2.2 แบ่งกลุ่มข้อมูลตามลักษณะแนวโน้มของผลิตภัณฑ์ออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีแนวโน้มของความต้องการลดลงและกลุ่มที่มีแนวโน้มของความต้องการเพิ่มขึ้น

2.3 ศึกษาลักษณะของข้อมูลว่าได้รับผลกระทบจากอิทธิพลของฤดูกาลหรือไม่

2.4 คัดเลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับลักษณะของข้อมูลที่คัดเลือกมาทำการศึกษา

3. พยากรณ์ความต้องการของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่คัดเลือก โดยรวมข้อมูลที่มีลักษณะความต้องการเหมือนกันเป็นกลุ่ม ในงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มตามผลการวิเคราะห์ลักษณะของข้อมูล คือกลุ่มที่มีแนวโน้มของความต้องการลดลง และกลุ่มที่มีแนวโน้มของความต้องการเพิ่มขึ้น และใช้ตัวแบบการพยากรณ์ 2 ชนิด คือ เทคนิคการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลา (TSM) ใช้โปรแกรม Minitab 15.1.1 และ เทคนิคการพยากรณ์ด้วยตัวแบบสี่เท่าร่วมกับหลักการเชิงพันธุกรรม (GAGM) ใช้โปรแกรม Evolver v5.5 จาก Palisade Corporation ซึ่งเป็นฟังก์ชันเพิ่มในโปรแกรม Excel และใช้ข้อมูลความต้องการรายเดือนระหว่างเดือนมกราคม 2551 – ธันวาคม 2553 เพื่อสร้างตัวแบบพยากรณ์และตรวจสอบความแม่นยำของการพยากรณ์ ขั้นตอนการพยากรณ์สำหรับวิธีการทั้งสองสามารถสรุปโดยสังเขปได้ดังนี้

3.1 เริ่มต้นพยากรณ์ค่าความต้องการจากค่าจริง 12 เดือน เพื่อทำการพยากรณ์ค่าความต้องการล่วงหน้า 12 เดือนทั้งวิธี TSM และ GAGM

3.2 เพิ่มค่าความต้องการจากเดิม 12 เดือน เป็น 13 เดือน แล้วทำการพยากรณ์ค่าความต้องการล่วงหน้า 12 เดือน เช่นเดิมทั้งวิธี TSM และ GAGM

3.3 ทำเช่นเดียวกับข้อ 2 จนค่าความต้องการเดิมครบ 24 เดือน เดือน แล้วทำการพยากรณ์ค่าความต้องการล่วงหน้า 12 เดือนเช่นเดิม สำหรับตรวจสอบและยืนยันความแม่นยำของวิธีการพยากรณ์ทั้งวิธี TSM และ GAGM

3.4 การประเมินประสิทธิภาพตัวแบบจำลอง ใช้การเปรียบเทียบค่าที่ได้จากตัวแบบจำลองกับค่าจริงที่เกิดขึ้น โดยพิจารณาเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น (Mean absolute percentage error, MAPE) จากสมการที่ (7) และมีหลักเกณฑ์พิจารณาประสิทธิภาพของตัวแบบการพยากรณ์ ดังตารางที่ 1 ตามที่กล่าวไว้ในส่วนของการตรวจเอกสาร

4. รวบรวมข้อจำกัดที่ใช้ในการจัดสรรความต้องการระหว่างแต่ละโรงงานในเครือข่ายระบบห่วงโซ่อุปทาน โดยอาศัยข้อมูลจากวิธีการทำงานในปัจจุบัน รวมทั้งลักษณะพื้นฐานของห่วงโซ่อุปทานและวิธีการผลิต ว่ามีข้อจำกัดใดบ้างที่นำมาพิจารณาในการจัดสรรความต้องการไปยังโรงงานอื่น หรือยังมีข้อจำกัดใดบ้างที่มีความสำคัญและกระทบต่อผลกำไรขององค์กรแต่ยังไม่ได้ถูกหยิบยกขึ้นมาพิจารณา

5. รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการจัดสรรความต้องการ เช่น ต้นทุน ราคาขายของผลิตภัณฑ์ที่ทำการคัดเลือก และข้อมูลในการผลิตต่างๆ เพื่อนำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองและคำนวณผลกำไรที่ได้จากการจัดสรรความต้องการในระบบห่วงโซ่อุปทาน

6. ศึกษาลักษณะของผลิตภัณฑ์ รวมทั้งวิธีการในการจัดสรรความต้องการอย่างละเอียดของวิธีการในปัจจุบัน เพื่อประเมินข้อจำกัด ในการจัดสรรความต้องการของแต่ละชนิดผลิตภัณฑ์ เช่นถึงแม้ว่าจะเป็นสินค้าชนิดเดียวกัน แต่มีข้อจำกัดของการผลิตที่แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร ชนิดของเครื่องจักรที่ใช้ โรงงานที่ทำการผลิตมีศักยภาพในการผลิตมากน้อยเพียงใด เพื่อนำมาเป็นปัจจัยในการพิจารณาการจัดสรรความต้องการ

7. แสดงความสัมพันธ์ของจัดสรรความต้องการ และข้อจำกัดที่ได้ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical modeling) เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ของการจัดสรรความต้องการจากข้อจำกัดที่มีและผลกำไรที่ได้จากการจัดสรรความต้องการด้วยรูปแบบวิธีทางคณิตศาสตร์

8. ในการหาคำตอบของผลิตภัณฑ์ที่ทำการคัดเลือกมาศึกษาทั้ง 10 ผลิตภัณฑ์ ด้วยโปรแกรม Premium Solver for Education v7.0 มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

8.1 ทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองที่ออกแบบกับผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง หลังจากนั้นประยุกต์ใช้วิธีการเดียวกันกับผลิตภัณฑ์ทั้ง 10 ผลิตภัณฑ์

8.2 หาคำตอบการจัดสรรความต้องการของทั้ง 10 ผลิตภัณฑ์ แบบรวมสมการวัตถุประสงค์ ตามวิธี Mixed-Integer Non-Linear Programming แล้วตรวจสอบความเหมาะสมของคำตอบที่ได้ กับสมการทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นและระดับของข้อมูลที่กำหนดไว้ เช่น คำตอบที่ได้ไม่เกินกำลังการผลิตของแต่ละโรงงาน สามารถเก็บรักษาระดับของสินค้าคงคลังได้ตามเป้าหมายที่กำหนด และระยะเวลาในการผลิตเป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ เป็นต้น รวมทั้งเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบ หากไม่เหมาะสมและใช้เวลานานเกินไป ให้หาวิธีการแก้ไขข้อจำกัดดังกล่าว

8.3 หาคำตอบของการจัดสรรความต้องการของทั้ง 10 ผลิตภัณฑ์แบบแยกสมการวัตถุประสงค์ ตามวิธี Multi-Objective Mixed-Integer Non-Linear Programming จากเทคนิคการจัดลำดับความสำคัญของวัตถุประสงค์ (Lexicography Programming) แล้วตรวจสอบความเหมาะสมของคำตอบที่ได้เช่นเดียวกับวิธีแบบรวมสมการวัตถุประสงค์

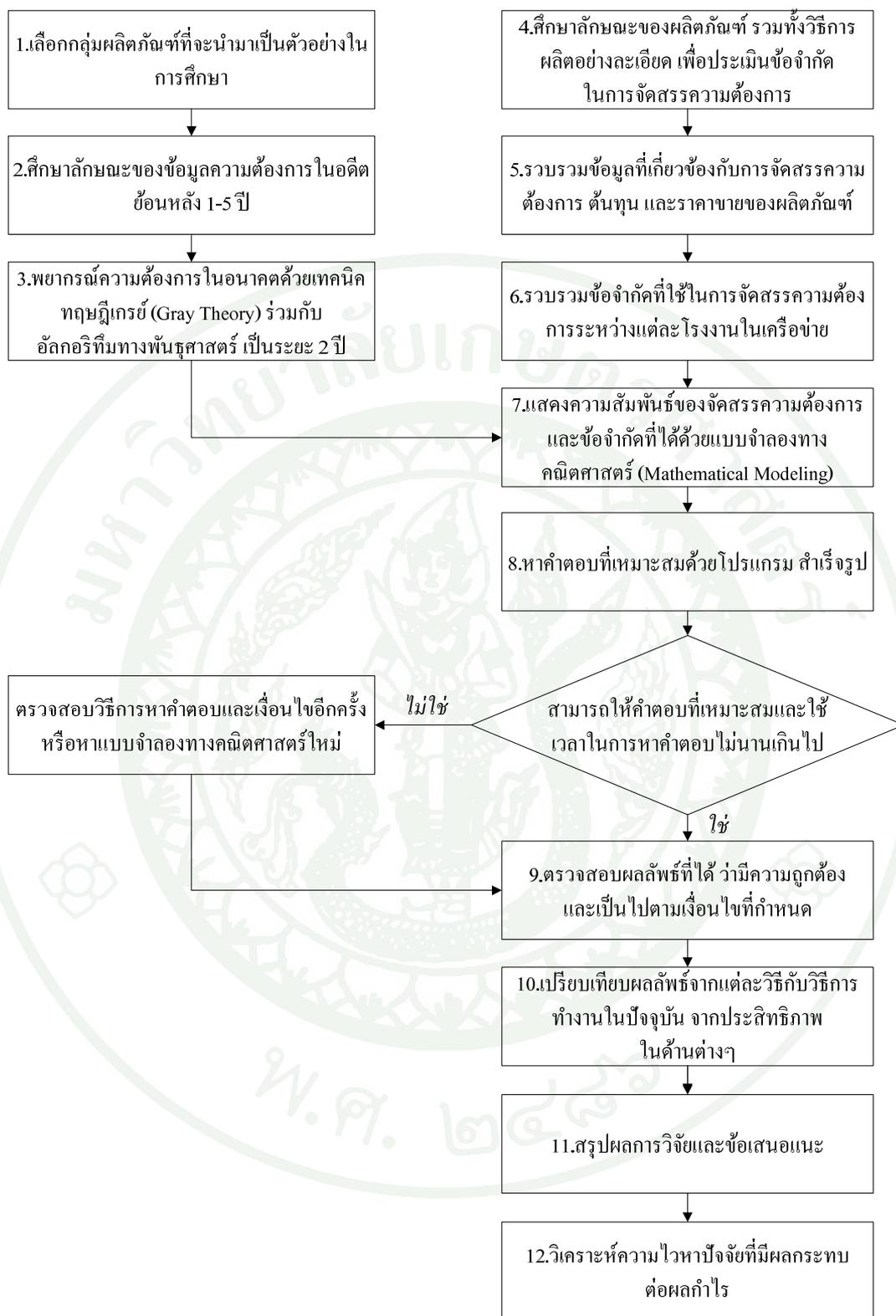
9. ตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้ ว่ามีความถูกต้องและเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดหรือไม่ กับสมการทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นและเป็นไปตามระดับของข้อมูลที่กำหนดไว้สำหรับทุกผลิตภัณฑ์ เช่น คำตอบที่ได้ไม่เกินกำลังการผลิตของแต่ละโรงงาน สามารถเก็บรักษาระดับของสินค้าคงคลังได้ตามเป้าหมายที่กำหนด และระยะเวลาในการผลิตเป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ เป็นต้น เพื่อให้แน่ใจได้ว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นมีความเหมาะสมและสามารถนำไปใช้งานได้จริง

10. เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับวิธีการทำงานในปัจจุบัน จากประสิทธิภาพ ในด้านต่างๆ เช่น ผลกำไรที่เพิ่มขึ้น เวลาในการทำงานที่รวดเร็วขึ้น และความถูกต้องของผลที่ได้ เป็นต้น เพื่อแสดงให้เห็นว่า ผลที่ได้จากการศึกษาให้คำตอบที่ดีกว่าวิธีการทำงานในปัจจุบันอย่างไร

11. วิเคราะห์ความไวหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อผลกำไร เพื่อเป็นแนวทางในการจัดสรรความต้องการและปรับปรุงประสิทธิภาพของวิธีการในอนาคต

12. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

แสดงโครงสร้างวิธีการวิจัยพอสังเขป ดังภาพที่ 15



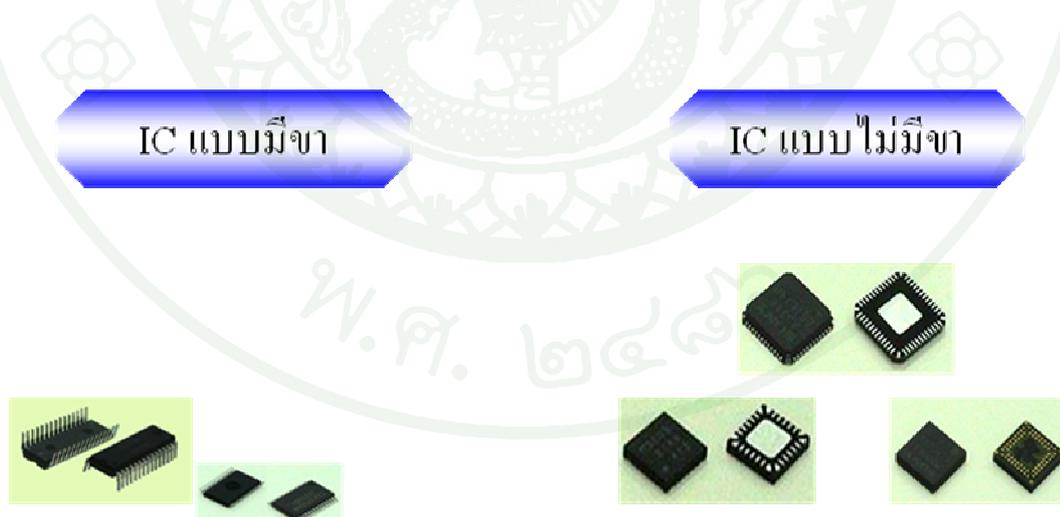
ภาพที่ 15 แผนภาพแสดงขั้นตอนการวิจัยโดยสังเขป

## ผลและวิจารณ์

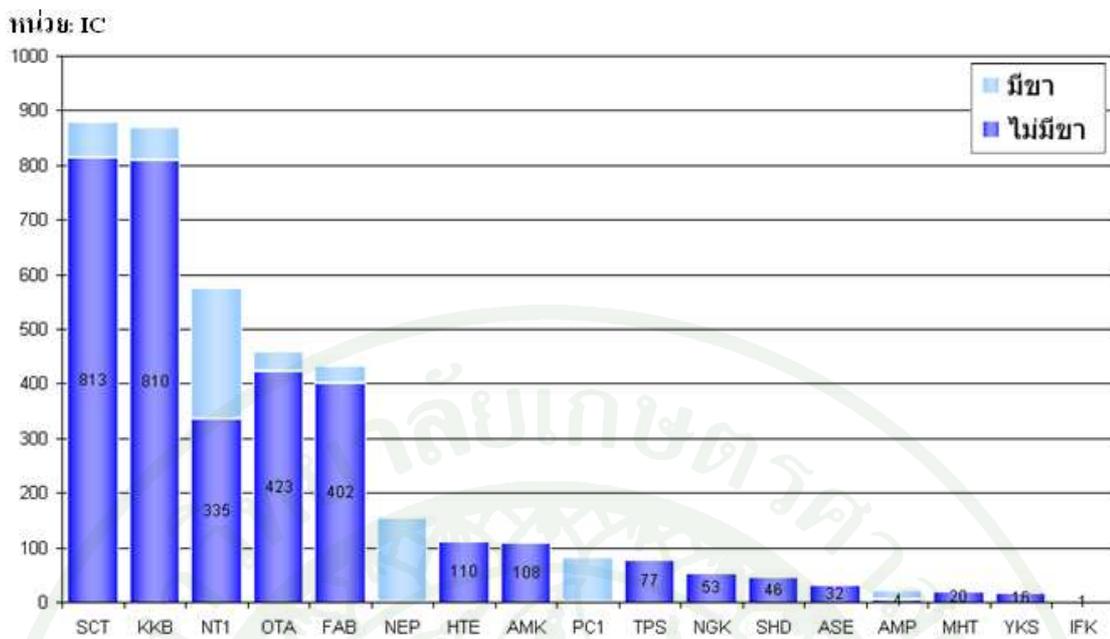
### 1. ผลการเลือกกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่จะนำมาเป็นตัวอย่างในการศึกษา

จากการพิจารณาความต้องการของลูกค้าที่มีอยู่ในปัจจุบัน หลักเกณฑ์การคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่จะนำมาใช้ในการศึกษา คือ ต้องสามารถทำการผลิตได้อย่างน้อย 2 โรงงานในระบบห่วงโซ่อุปทาน ทั้งนี้ยังต้องมีความต่อเนื่องของข้อมูล และแนวโน้มการผลิตเป็นระยะเวลาไม่ต่ำกว่าช่วงเวลาที่คัดเลือกมาทำการศึกษาคือ อย่างน้อย 3 ปี

1.1 พิจารณาปริมาณงานที่สามารถทำการผลิตได้อย่างน้อย 2 โรงงานในระบบห่วงโซ่อุปทาน จะเห็นได้ว่า ผลิตภัณฑ์ที่ยังทำการผลิตอยู่แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ IC แบบมีขา และ IC แบบไม่มีขา ดังภาพที่ 16 แต่เมื่อพิจารณาเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิตมากกว่า 1 โรงงาน ณ เวลาที่พิจารณา พบว่า 82.5% ของผลิตภัณฑ์ทั้งหมดจะเป็นผลิตภัณฑ์แบบไม่มีขาแทบทั้งสิ้นที่เหลือจะเป็นผลิตภัณฑ์แบบมีขา 17.49% แสดงรายละเอียดเพิ่มเติม ดังภาพที่ 17 ดังนั้นกลุ่มผลิตภัณฑ์ IC แบบไม่มีขา จึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่เลือกมาใช้ในการศึกษานี้



ภาพที่ 16 ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่นำมาคัดเลือกเพื่อใช้ในการศึกษา



ภาพที่ 17 ปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิตมากกว่า 1 โรงงาน แบ่งตามรูปแบบของ IC

1.2 จากข้อมูลที่มี ณ ช่วงเวลาที่ทำการศึกษา (รายละเอียดของข้อมูลแสดงใน ตารางผนวกที่ 2) พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่สามารถทำการผลิตได้มากกว่า 1 โรงงานในระบบห่วงโซ่อุปทาน จะถูกจัดสรรระหว่างโรงงานประกอบเพียง 2 โรงงานคิดเป็น 81.4% หรือ 3 โรงงานคิดเป็น 18.6% ต่อผลิตภัณฑ์แบบไม่มีขาที่ทำการผลิตในระบบห่วงโซ่อุปทานเท่านั้น ดังนั้นเพื่อชี้ให้เห็นถึงความมีประสิทธิภาพในการจัดสรรความต้องการ จึงเลือกผลิตภัณฑ์ที่สามารถผลิตได้ 3 โรงงานในระบบห่วงโซ่อุปทานมาทำการศึกษา เพราะมีหลักเกณฑ์ในการตัดสินใจและรูปแบบความซับซ้อนของปัญหาที่มากกว่า โดยที่ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวต้องทำการผลิต ณ โรงงานกรณีศึกษาและมีปริมาณความต้องการจากอดีตมาจนถึงปัจจุบัน ไม่น้อยกว่า 2 ปี รายละเอียดของข้อมูลและแนวโน้มการผลิตจากอดีตถึงปัจจุบัน (มกราคม 2551 – ธันวาคม 2553) ของผลิตภัณฑ์ที่ทำการคัดเลือก 10 ลำดับและโรงงานที่สามารถทำการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดดังกล่าวได้ แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 2

## 2. ผลของการศึกษาลักษณะของข้อมูลความต้องการในอดีต

จากผลิตภัณฑ์ที่ทำการคัดเลือกตามตารางที่ 2 นำข้อมูลความต้องการในอดีตมาศึกษา เพื่อทำการคัดเลือกวิธีการพยากรณ์ความต้องการในอนาคต รายละเอียดของข้อมูลความต้องการของแต่ละผลิตภัณฑ์แสดงในตารางผนวกที่ 2 โดยลักษณะแนวโน้มของข้อมูลความต้องการในอดีตของผลิตภัณฑ์ทั้ง 10 ลำดับ ถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่มีแนวโน้มความต้องการลดลง 5 ลำดับ (ผลิตภัณฑ์ลำดับที่ 1-5) และกลุ่มที่มีแนวโน้มความต้องการเพิ่มขึ้น 5 ลำดับ (ผลิตภัณฑ์ลำดับที่ 6-10) แสดงรายละเอียดดังภาพที่ 18

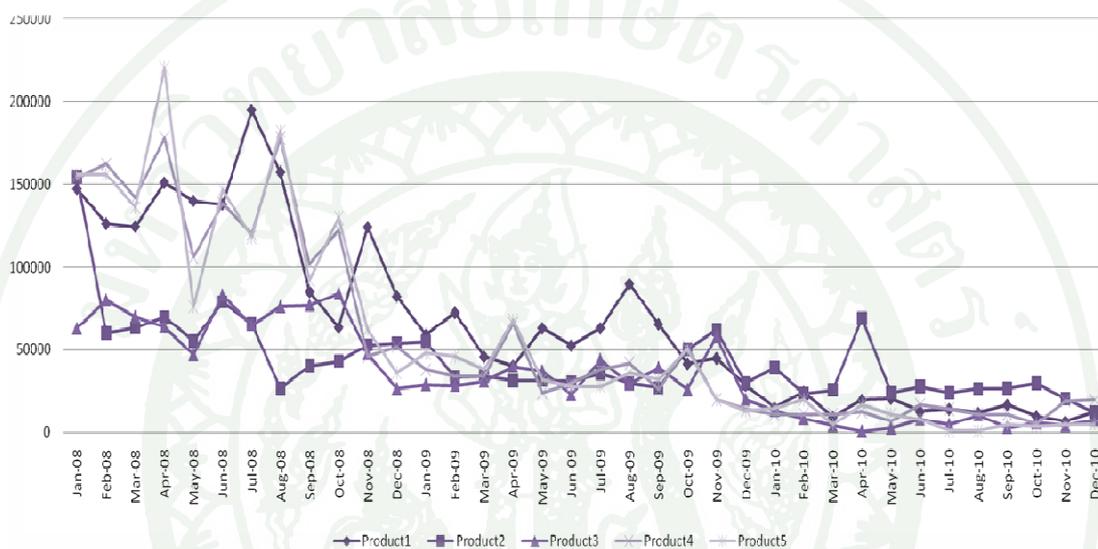
ตารางที่ 2 ผลิตภัณฑ์ที่ทำการคัดเลือก 10 ลำดับและโรงงานที่สามารถทำการผลิตได้

ผลิตภัณฑ์ ลำดับที่	ประเภท	ชื่อโรงงาน									
		SCT	FAB	NT1	KKB	OTA	ASE	MHT	AMK	HTE	SHD
1	ไม่มีขา	1	1					1			
2	ไม่มีขา	1	1							1	
3	ไม่มีขา	1	1					1			
4	ไม่มีขา	1	1			1					
5	ไม่มีขา	1		1							1
6	ไม่มีขา	1				1	1				
7	ไม่มีขา	1		1	1						
8	ไม่มีขา	1			1				1		
9	ไม่มีขา	1	1				1				
10	ไม่มีขา	1		1	1						
รวม		10	5	3	3	2	2	2	1	1	1

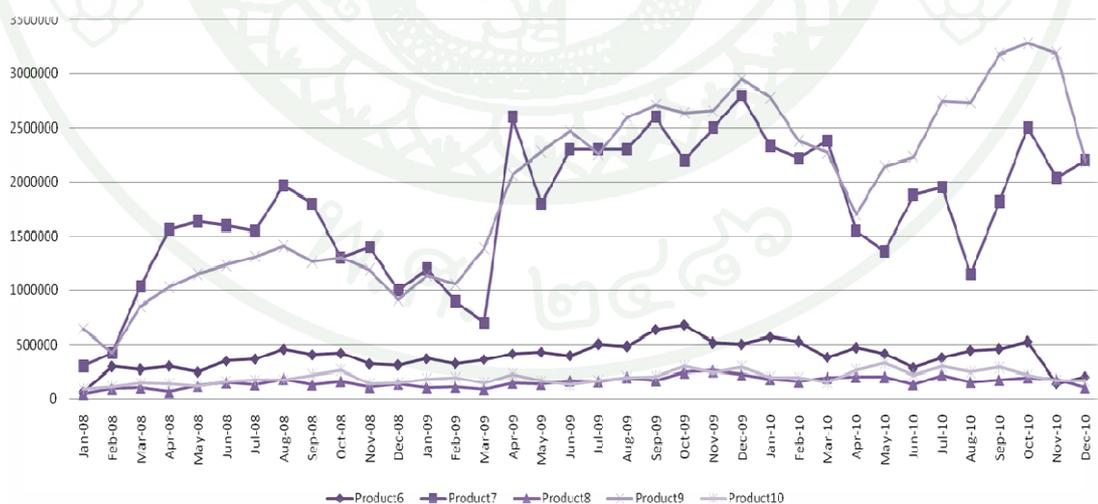
จากภาพที่ 18 ชี้ให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์เซมิคอนดักเตอร์นั้นมีปริมาณความต้องการขึ้นลงตามฤดูกาล รวมทั้งมีแนวโน้มขึ้นลงอย่างรวดเร็ว อันเนื่องมาจากผลิตภัณฑ์มีวงจรชีวิตสั้นและปริมาณความต้องการมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา จากลักษณะดังกล่าวร่วมกับการตรวจสอบเอกสาร วิธีการที่

คัดเลือกเพื่อนำมาใช้ในการพยากรณ์ได้แก่ เทคนิคการพยากรณ์โดยใช้วิธีจินเนติกอัลกอริทึม (Genetic algorithms, GA) ร่วมกับแนวคิดทฤษฎีสีเทา (Grey theory model, GM) โดยใช้วิธีการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลา มาเปรียบเทียบกับ เพื่อแสดงให้เห็นถึงความคลาดเคลื่อนและประสิทธิภาพของวิธีการพยากรณ์ที่นำเสนอ

ผลิตภัณฑ์กลุ่มที่ 1 (แนวโน้มความต้องการลดลง)



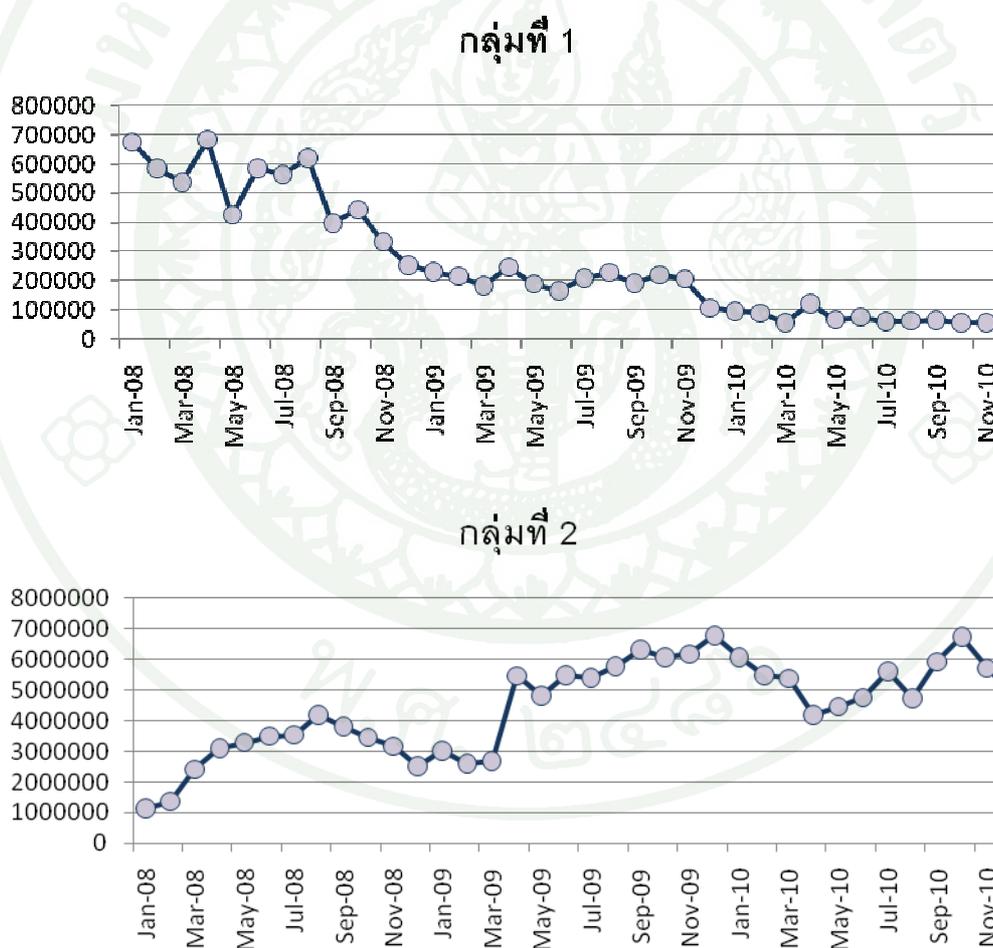
ผลิตภัณฑ์กลุ่มที่ 2 (แนวโน้มความต้องการเพิ่มขึ้น)



ภาพที่ 18 ลักษณะแนวโน้มของข้อมูลความต้องการในอดีตของผลิตภัณฑ์ทั้ง 10 ลำดับ

### 3. ผลของการพยากรณ์ความต้องการในอนาคต

การพยากรณ์ความต้องการสำหรับผลิตภัณฑ์เซมิคอนดักเตอร์ ใช้ข้อมูลความต้องการจากลูกค้าเป็นรายเดือน ระหว่างเดือนมกราคม 2551 – ธันวาคม 2553 ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 10 ชนิด เพื่อสร้างตัวแบบพยากรณ์และตรวจสอบความแม่นยำของการพยากรณ์ โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 กลุ่มตามผลการวิเคราะห์ลักษณะข้อมูลในข้อ 2 คือ กลุ่มของข้อมูลอุปสงค์ที่มีแนวโน้มลดลงสำหรับผลิตภัณฑ์ลำดับที่ 1-5 (กลุ่มที่ 1) และกลุ่มของข้อมูลที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นสำหรับผลิตภัณฑ์ลำดับที่ 6-10 (กลุ่มที่ 2) รายละเอียดดังภาพที่ 19

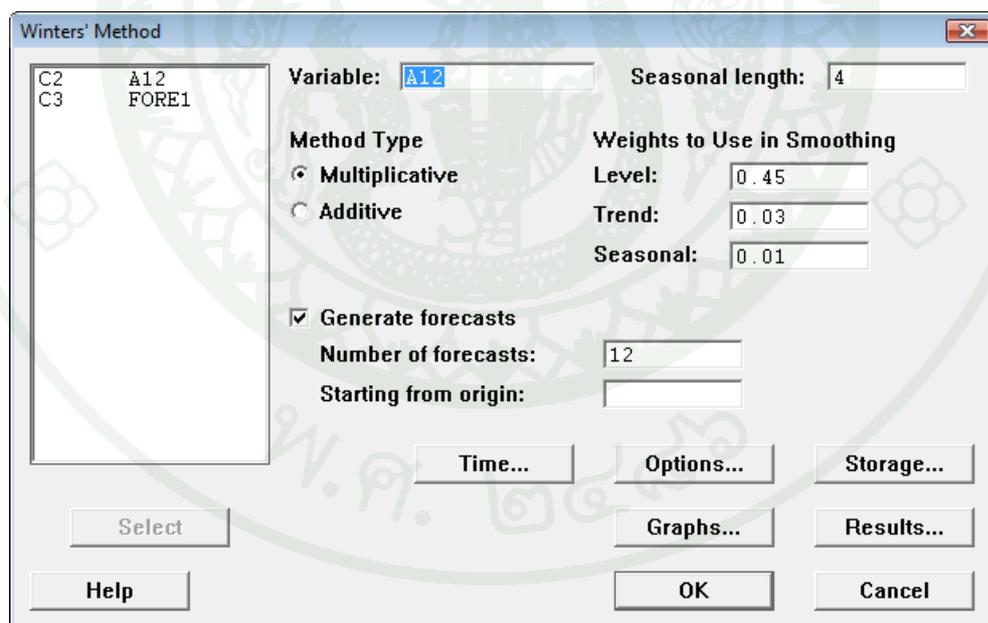


ภาพที่ 19 ข้อมูลความต้องการของทั้ง 10 ผลิตภัณฑ์ที่ถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม

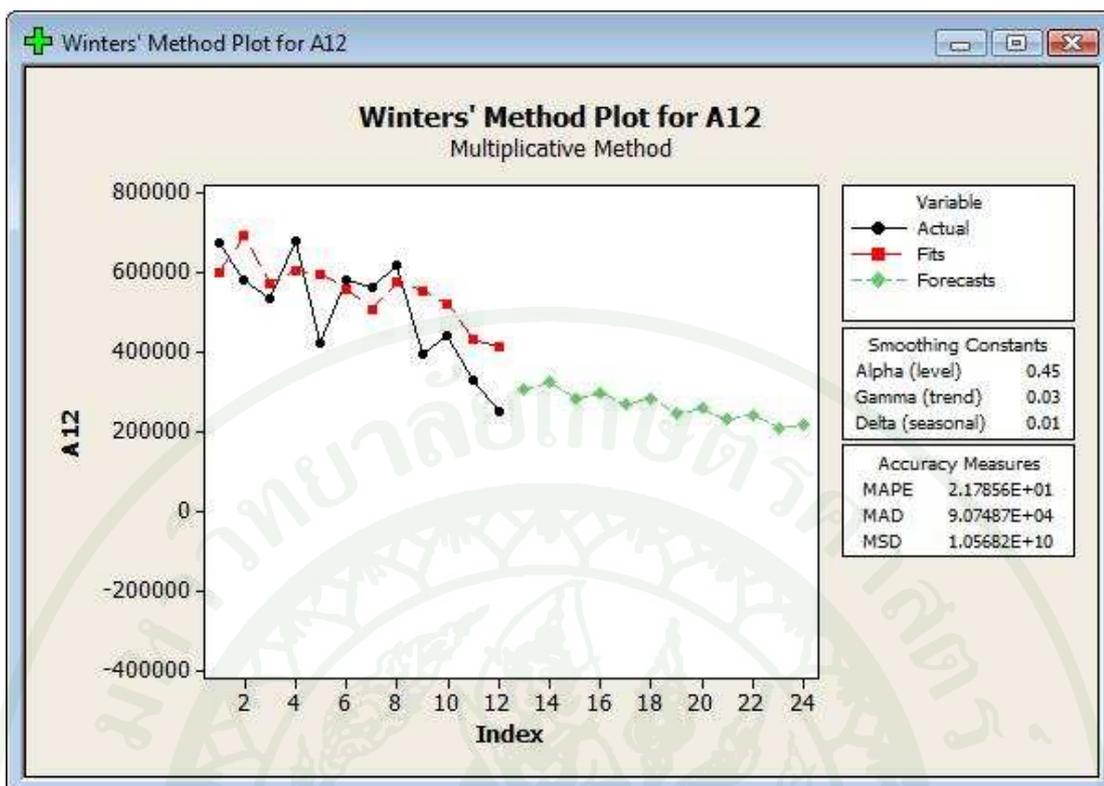
3.1 ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีอนุกรมเวลา (TSM) จากวิธีการวินเทอร์เชิงผลคูณ โดยใช้โปรแกรม Minitab 15.1.1 ช่วยในการประมวลผลสำหรับสมการที่ (1) ถึงสมการที่ (4) โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ 5 ตัว เป็นดังต่อไปนี้ ค่าระดับ (L) เท่ากับ 0.45, ค่าแนวโน้ม (b) เท่ากับ 0.03, ค่าฤดูกาล (S) เท่ากับ 0.01 (โดยค่าที่ได้เกิดจากนำข้อมูลที่มีอยู่ไปหาด้วยวิธีการปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียล), รอบของฤดูกาลใน 1 ปี (s) เท่ากับ 4 และค่าพยากรณ์ล่วงหน้าที่ต้องการคือ 12 เดือน รายละเอียดการกำหนดตัวแปรแสดงดังสมการที่ (8) และ ภาพที่ 20 โดยนำข้อมูลสำหรับการพยากรณ์ 12 ค่าแรกใส่ในโปรแกรม ซึ่งได้แก่ เดือน และปริมาณความต้องการในแต่ละเดือน มีหน่วยเป็นตัว แล้วทำการพยากรณ์ค่าข้อมูล 12 ค่า ตัวอย่าง ผลการพยากรณ์ของข้อมูลกลุ่มที่ 1 จากโปรแกรม Minitab 15.1.1 โดยใช้วิธีวินเทอร์เชิงผลคูณ แสดงดังภาพที่ 21

$$F_{t+m} = (0.45_t + 0.03_{tm}) 0.01_{t-4+m} \quad (8)$$

โดยที่  $m = 2, 3, \dots, 12$



ภาพที่ 20 การกำหนดตัวแปรวิธีวินเทอร์เชิงผลคูณในโปรแกรม Minitab 15.1.1



ภาพที่ 21 ตัวอย่างของกราฟแสดงผลการพยากรณ์จากวิธีวินเทอร์เชิงผลคูณ

จากภาพที่ 21 ผลการพยากรณ์ให้ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ (MAPE) 21.7% สำหรับรายละเอียดเชิงตัวเลขของผลการพยากรณ์ทั้งสองกลุ่ม แสดงดังตารางที่ 3 โดยค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนรวมของข้อมูลกลุ่มที่ 1 มีค่าเท่ากับ 29.8% ในส่วนของกลุ่มที่ 2 มีค่าเท่ากับ 17.53% ตามลำดับ หลังจากนั้นเพิ่มค่าสำหรับใช้ในการพยากรณ์ทีละ 1 ค่า จนค่าที่ใช้สร้างแบบจำลองการพยากรณ์ครบ 24 ค่า สำหรับตรวจสอบและยืนยันความแม่นยำของวิธีการพยากรณ์ด้วยวิธีวินเทอร์เชิงผลคูณ ผลเชิงตัวเลขที่ได้จากการพยากรณ์ทั้งหมดสำหรับสองกลุ่มผลิตภัณฑ์ แสดงดังตารางผนวกที่ 3 และ 4 ตามลำดับ โดยผลสรุปค่าความคลาดเคลื่อนด้วยวิธีการพยากรณ์แบบวินเทอร์เชิงผลคูณ แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนของทั้ง 2 กลุ่มอยู่ในช่วง 15% - 40% ซึ่งในช่วงแรกที่ค่าสำหรับใช้สร้างแบบจำลองการพยากรณ์ยังไม่มากนัก ความคลาดเคลื่อนจะมีค่าต่ำ แต่เมื่อค่าสำหรับใช้สร้างแบบจำลองการพยากรณ์มีค่ามากขึ้น จะทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนเพิ่มขึ้น อันเนื่องมาจากความแปรปรวนของข้อมูลที่ให้มีค่าเพิ่มมากขึ้น

ตารางที่ 3 ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีการอนุกรมเวลาแบบวินเทอร์เชิงผลคูณ โดยใช้ค่าพยากรณ์ 12 ค่า  
ในการพยากรณ์ค่าล่วงหน้า 12 ค่า (A12)

_Month	Group1			Group2		
	Actual	TSM	MAPE%	Actual	TSM	MAPE%
<b>ค่าสำหรับใช้สร้างตัวแบบการพยากรณ์</b>						
Jan-08	674529	600097	11.03	1146200	906976	20.87
Feb-08	584106	692981	18.64	1359590	1793196	31.89
Mar-08	535740	575092	7.35	2419178	2217534	8.34
Apr-08	682693	604663	11.43	3104598	3339046	7.55
May-08	424306	594695	40.16	3282819	3302787	0.61
Jun-08	584932	561923	3.93	3497140	3921902	12.15
Jul-08	563500	509498	9.58	3538965	4533030	28.09
Aug-08	619965	579236	6.57	4197395	4529095	7.90
Sep-08	396599	553175	39.48	3822870	4163861	8.92
Oct-08	442608	523731	18.33	3455735	4388692	27.00
Nov-08	332709	431475	29.69	3165920	4393831	38.79
Dec-08	250920	414621	65.24	2513489	3997495	59.04
			21.786			20.928
<b>ค่าที่ได้จากการพยากรณ์</b>						
Jan-09	228960	307170	34.16	3006264	2613103	13.08
Feb-09	214430	326717	52.37	2591740	3002638	15.85
Mar-09	182927	283878	55.19	2696245	3713581	37.73
Apr-09	245980	299423	21.73	5464568	4434730	18.85
May-09	188260	269337	43.07	4817230	4178526	13.26
Jun-09	164254	285198	73.63	5477819	4567112	16.63
Jul-09	208720	246620	18.16	5397257	5425490	0.52
Aug-09	226850	258791	14.08	5777260	6267821	8.49
Sep-09	189851	231504	21.94	6327920	5743949	9.23
Oct-09	219666	243680	10.93	6071282	6131586	0.99

ตารางที่ 3 (ต่อ)

_Month	Group1			Group2		
	Actual	TSM	MAPE%	Actual	TSM	MAPE%
<b>ค่าที่ได้จากการพยากรณ์</b>						
Nov-09	205180	209361	2.04	6178791	7137398	15.51
Dec-09	105620	218159	106.55	6775875	8100913	19.56
			37.820			14.142
สรุปรวม % ความคลาดเคลื่อน			29.80	17.53		

ตารางที่ 4 ผลสรุปค่าความคลาดเคลื่อนด้วยวิธีการพยากรณ์วินเทอร์เซิงผลคูณ (หน่วย: เปอร์เซ็นต์)

ขั้นตอน	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2
A12	29.80	17.53
A12+1	24.10	19.65
A12+2	20.51	18.20
A12+3	20.26	20.38
A12+4	22.95	29.66
A12+5	22.37	30.16
A12+6	23.45	36.04
A12+7	21.74	32.96
A12+8	24.45	31.56
A12+9	27.59	37.52
A12+10	34.91	34.95
A12+11	41.75	33.34

3.2 ผลการพยากรณ์ด้วยตัวแบบสี่เทาร่วมกับหลักการเชิงพันธุกรรม (GAGM) โดยใช้โปรแกรม Evolver v5.5 จาก Palisade Corporation ซึ่งเป็นฟังก์ชันเพิ่มในโปรแกรม Excel เพื่อหา

ค่าสัมประสิทธิ์ a และ b โดยอาศัยหลักการทางพันธุกรรมและทำการพยากรณ์ความต้องการตามสมการ (5) ในการกำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับข้อมูลที่มีขนาดประชากรเท่ากับ 100 ซึ่งประกอบไปด้วย อัตราการข้ามสายพันธุ์ และอัตราการกลายพันธุ์ นั้นแสดงผลการหาค่าที่เหมาะสมดังตารางที่ 5 และ 6 ตามลำดับ

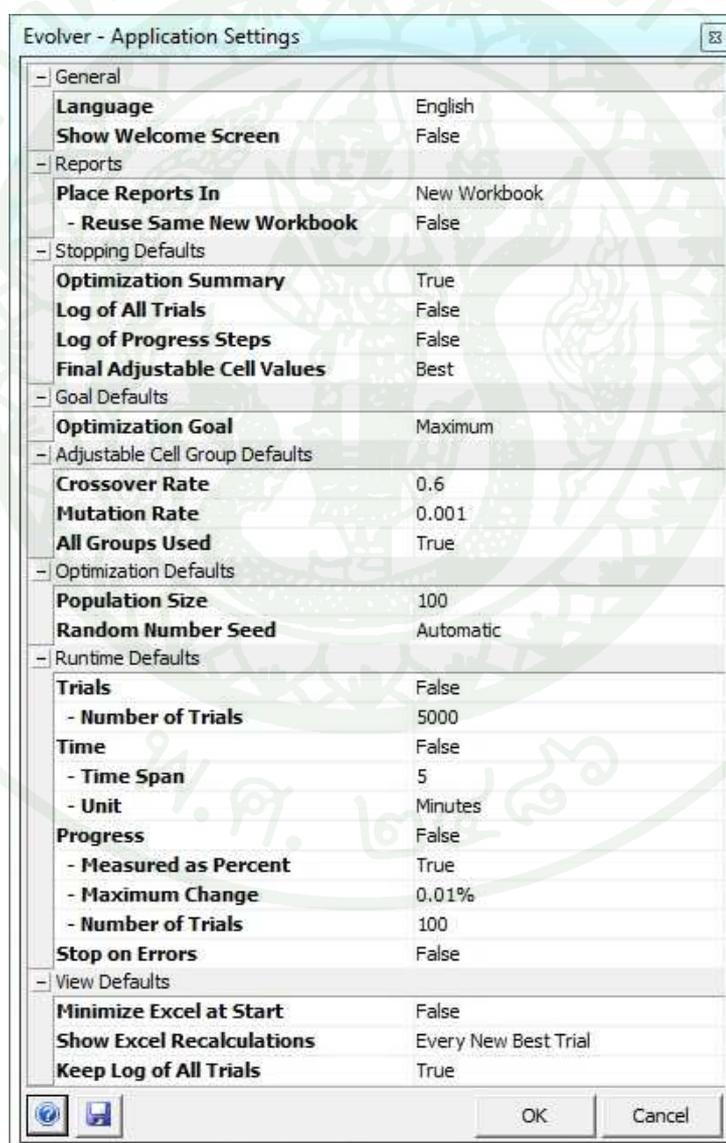
**ตารางที่ 5** ผลการหาอัตราการข้ามสายพันธุ์ และอัตราการกลายพันธุ์ที่เหมาะสมสำหรับข้อมูล  
กลุ่มที่ 1

Cross over/Mutation	0.001	0.100	0.500	1.000
0.100	20.554	15.667	15.667	20.045
0.300	15.667	15.667	15.667	18.599
0.500	15.667	15.667	15.667	15.687
0.600	15.667	15.667	15.667	15.890
0.700	15.667	17.047	15.667	18.430
0.900	15.667	15.670	15.667	18.931
1.000	16.064	19.889	15.688	15.765

**ตารางที่ 6** ผลการหาอัตราการข้ามสายพันธุ์ และอัตราการกลายพันธุ์ที่เหมาะสมสำหรับข้อมูล  
กลุ่มที่ 2

Cross over/Mutation	0.001	0.100	0.500	1.000
0.100	22.742	22.632	22.511	22.691
0.300	22.511	22.511	22.512	22.519
0.500	22.742	22.511	22.511	22.656
0.600	22.511	22.511	22.514	22.611
0.700	22.511	22.511	22.511	25.518
0.900	22.512	22.695	22.521	22.619
1.000	23.075	22.914	22.511	22.780

สำหรับข้อมูลกลุ่มที่ 1 จะเห็นได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุดมีค่าเท่ากับ 15.667% ในส่วนของข้อมูลกลุ่มที่ 2 ค่าความคลาดเคลื่อนที่ต่ำที่สุดมีค่าเท่ากับ 22.551% ซึ่งสามารถใช้ค่าพารามิเตอร์ได้หลายค่า ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์โดยอ้างอิงค่าจากงานวิจัยของ Wang and Hsu (2008) คือ อัตราการข้ามสายพันธุ์เท่ากับ 0.6, การกลายพันธุ์เท่ากับ 0.001, ขนาดของประชากรมีค่าเท่ากับ 100 และ จำนวนรอบวนซ้ำเท่ากับ 5,000 รอบ ซึ่งเป็นค่าที่นิยมใช้ในงานวิจัย เมื่อขนาดของประชากรมีค่าเท่ากับ 100 ซึ่งสามารถให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่ต่ำที่สุดเช่นเดียวกัน การกำหนดตัวแปรสำหรับโปรแกรม Evolver v5.5 แสดงดังภาพที่ 22



ภาพที่ 22 การกำหนดตัวแปรของโปรแกรม Evolver 5.5

สำหรับวิธีการพยากรณ์ด้วยตัวแบบสี่เทาร่วมกับหลักการเชิงพันธุกรรม (GAGM) เริ่มต้นการพยากรณ์ด้วยค่าข้อมูลสำหรับสร้างแบบจำลอง 12 ค่าเช่นเดียวกัน โดยค่าสัมประสิทธิ์  $a$  และ  $b$  ในสมการที่ (5) ที่ได้จากหลักการเชิงพันธุกรรม มีค่าเท่ากับ  $-0.063$  และ  $643,661.903$  สำหรับข้อมูลกลุ่มที่ 1 ในขณะที่ค่าสัมประสิทธิ์  $a$  และ  $b$  มีค่าเท่ากับ  $0.049$  และ  $2,190,461.435$  สำหรับข้อมูลกลุ่มที่ 2 สามารถสร้างเป็นสมการใหม่ได้ดังสมการที่ (9) และ (10) ตามลำดับ

$$\hat{y}_{1,(t+1)} = \left[ y_{1,1} - \frac{643,661.903}{-0.063} \right] e^{-(-0.063)t} (1 - e^{-0.063}) \quad (9)$$

$$\hat{y}_{2,(t+1)} = \left[ y_{2,1} - \frac{2,190,461.435}{0.049} \right] e^{-0.049t} (1 - e^{0.049}) \quad (10)$$

โดยที่  $t = 2, 3, \dots, 12$

ผลการพยากรณ์จากโปรแกรม Evolver v5.5 แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 7 หลังจากนั้นทำเช่นเดียวกับวิธีการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลา คือ เพิ่มค่าสำหรับใช้ในการพยากรณ์ทีละ 1 จนค่าที่ใช้สร้างแบบจำลองการพยากรณ์ครบ 24 ค่า สำหรับตรวจสอบและยืนยันความแม่นยำของวิธีการพยากรณ์ ค่าสัมประสิทธิ์  $a$  และ  $b$  ของทั้งสองกลุ่มข้อมูล ที่ใช้ในสมการที่ (5) แสดงดังตารางผนวกที่ 5 และ 6 ตามลำดับ ส่วนของผลที่ได้จากการพยากรณ์ด้วยวิธีการพยากรณ์ด้วยตัวแบบสี่เทาร่วมกับหลักการเชิงพันธุกรรม (GAGM) ทั้งหมดแสดงดังตารางผนวกที่ 7 และ 8 ตามลำดับ ผลสรุปค่าความคลาดเคลื่อนจากวิธีการพยากรณ์ด้วยตัวแบบสี่เทาร่วมกับหลักการเชิงพันธุกรรม (GAGM) แสดงดังตารางที่ 8

ตารางที่ 7 ผลการพยากรณ์ด้วยตัวแบบสี่เทาร่วมกับหลักการเชิงพันธุกรรม (GAGM) โดยใช้ค่าพยากรณ์ 12 ค่าในการพยากรณ์ค่าล่วงหน้า 12 ค่า (A12)

_Month	Group1			Group2		
	Actual	GAGM	MAPE%	Actual	GAGM	MAPE%
<b>ค่าสำหรับใช้สร้างตัวแบบการพยากรณ์</b>						
Jan-08	674529	0		1146200	0	
Feb-08	584106	585461	0.23	1359590	2450349	80.23
Mar-08	535740	549845	2.63	2419178	2557950	5.74
Apr-08	682693	516395	24.36	3104598	2670275	13.99
May-08	424306	484980	14.30	3282819	2787534	15.09
Jun-08	584932	455477	22.13	3497140	2909941	16.79
Jul-08	563500	427768	24.09	3538965	3037723	14.16
Aug-08	619965	401745	35.20	4197395	3171117	24.45
Sep-08	396599	377305	4.86	3822870	3310369	13.41
Oct-08	442608	354351	19.94	3455735	3455735	0.00
Nov-08	332709	332795	0.03	3165920	3607485	13.95
Dec-08	250920	312549	24.56	2513489	3765898	49.83
			15.667			22.511
<b>ค่าที่ได้จากการพยากรณ์</b>						
Jan-09	228960	293535	28.20	3006264	3931268	30.77
Feb-09	214430	275678	28.56	2591740	4103899	58.35
Mar-09	182927	258907	41.54	2696245	4284111	58.89
Apr-09	245980	243157	1.15	5464568	4472237	18.16
May-09	188260	228365	21.30	4817230	4668623	3.08
Jun-09	164254	214472	30.57	5477819	4873634	11.03
Jul-09	208720	201425	3.50	5397257	5087647	5.74
Aug-09	226850	189171	16.61	5777260	5311058	8.07
Sep-09	189851	177663	6.42	6327920	5544279	12.38
Oct-09	219666	166855	24.04	6071282	5787742	4.67

## ตารางที่ 7 (ต่อ)

_Month	Group1			Group2		
	Actual	GAGM	MAPE%	Actual	GAGM	MAPE%
ค่าที่ได้จากการพยากรณ์						
Nov-09	205180	156704	23.63	6178791	6041895	2.22
Dec-09	105620	147171	39.34	6775875	6307210	6.92
			22.072			18.356
สรุปรวม % ความคลาดเคลื่อน			19.01	20.34		

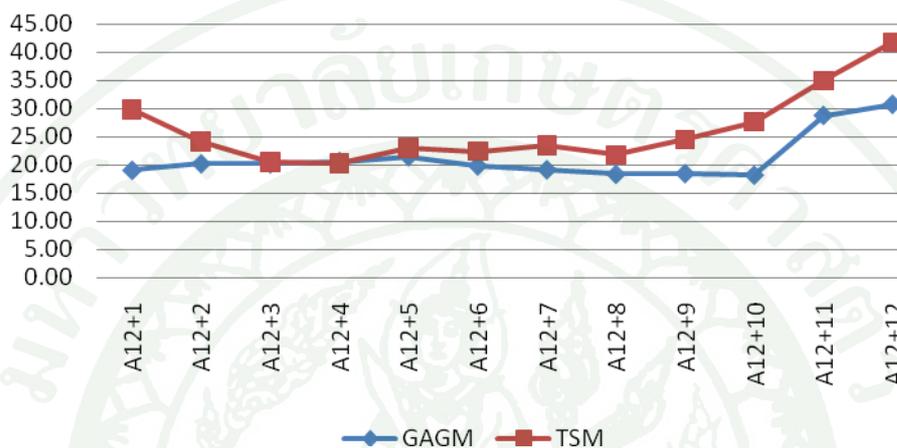
ตารางที่ 8 ผลสรุปค่าความคลาดเคลื่อนการพยากรณ์ด้วยตัวแบบสี่เทาร่วมกับหลักการเชิง  
พันธุกรรม (GAGM) (หน่วย: เปอร์เซ็นต์)

ขั้นตอน	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2
A12	19.01	20.34
A12+1	20.17	28.33
A12+2	20.17	33.06
A12+3	20.58	34.15
A12+4	21.44	33.53
A12+5	19.81	30.36
A12+6	19.12	23.46
A12+7	18.31	29.25
A12+8	18.44	32.69
A12+9	18.18	35.5
A12+10	28.7	35.07
A12+11	30.65	38.07

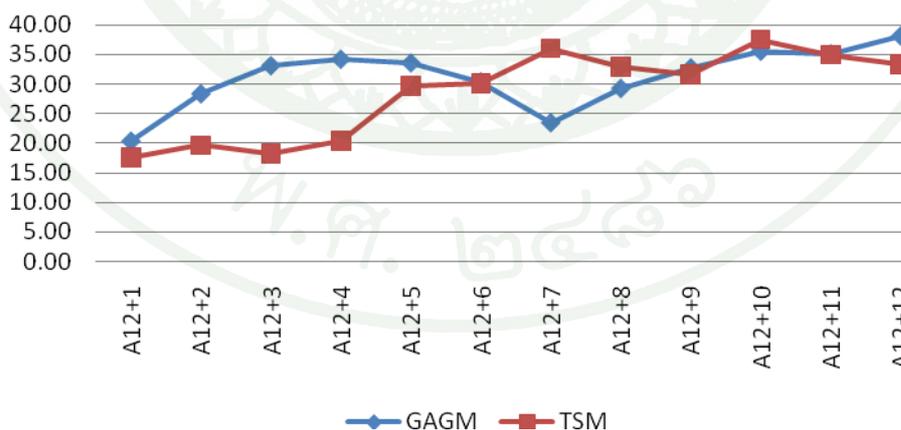
3.3 ผลการประเมินประสิทธิภาพตัวแบบจำลอง เพื่อที่จะประเมินประสิทธิภาพของการพยากรณ์กับข้อมูลจริง ผลของเปอร์เซ็นต์ค่าความคลาดเคลื่อนของแต่ละกลุ่มข้อมูล (MAPE) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลจริง ดังที่แสดงในตารางที่ 4 และ 8 จะเห็นว่า สำหรับข้อมูลกลุ่มที่ 1 วิธีการพยากรณ์ด้วยตัวแบบสี่เทาร่วมกับหลักการเชิงพันธุกรรม (GAGM) มีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 19.01% ในขณะที่วิธีการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลา (TSM) มีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 29.80% โดยวิธีการพยากรณ์ด้วยตัวแบบสี่เทาร่วมกับหลักการเชิงพันธุกรรม (GAGM) ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนต่ำกว่าวิธีการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลา 10.79% แสดงผลต่างของค่าความคลาดเคลื่อนดังภาพที่ 23 และตารางที่ 9 ตามลำดับ จากภาพที่ 23 จะเห็นว่าวิธีการพยากรณ์ด้วยตัวแบบสี่เทาร่วมกับหลักการเชิงพันธุกรรม (GAGM) มีประสิทธิภาพสูงกว่าวิธีการพยากรณ์อนุกรมเวลา เพราะให้ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ที่ต่ำกว่า

แต่สำหรับข้อมูลกลุ่มที่ 2 วิธีการพยากรณ์ด้วยตัวแบบสี่เทาร่วมกับหลักการเชิงพันธุกรรม (GAGM) มีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 20.34% ในขณะที่วิธีการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลามีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 17.53% โดยวิธีการพยากรณ์ด้วยตัวแบบสี่เทาร่วมกับหลักการเชิงพันธุกรรม (GAGM) ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสูงกว่าวิธีการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลา 2.81% แสดงผลต่างของค่าความคลาดเคลื่อนดังภาพที่ 24 และตารางที่ 10 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพของการพยากรณ์ด้วยตัวแบบสี่เทาร่วมกับหลักการเชิงพันธุกรรม (GAGM) มีประสิทธิภาพด้อยกว่าวิธีการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลา เมื่อกลับไปตรวจสอบข้อมูลที่มีพบว่าข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน ระหว่างปีแรกและปีที่สอง ดังนั้นจึงทำให้ตัวแบบจำลองไม่สามารถปรับตัวได้ทันตามข้อมูลที่เกิดขึ้นจริง แต่จากผลความคลาดเคลื่อนดังกล่าว เมื่อนำไปวิเคราะห์เทียบกับหลักเกณฑ์การประเมินประสิทธิภาพตามตารางที่ 1 ผลที่ได้จากทั้งสองวิธีมีความน่าเชื่อถืออยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ คือค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง 20% - 40% และค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นระหว่างทั้งสองวิธีการมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก เนื่องจากมีการแบ่งความต้องการออกเป็น 2 กลุ่มเพื่อลดเวลาสำหรับการทดสอบแบบจำลอง ดังนั้นหากการใช้งานจริงมีการแบ่งความต้องการออกเป็นกลุ่มเช่นเดียวกันกับงานวิจัย เมื่อจะพิจารณาหรือนำผลการพยากรณ์สำหรับแต่ละผลิตภัณฑ์ไปใช้ จึงจำเป็นต้องแบ่งผลการพยากรณ์ของแต่ละกลุ่มออกตามสัดส่วนในการผลิตของแต่ละผลิตภัณฑ์ แต่หากแยกการพยากรณ์

เป็นอิสระต่อกันในแต่ละผลิตภัณฑ์ จะสามารถนำผลการพยากรณ์ไปใช้ในการจัดสรรความต้องการ  
 ในขั้นตอนถัดไปได้ทันทีโดยไม่ต้องแบ่งสัดส่วนผลิตภัณฑ์ และในงานวิจัยนี้เลือกใช้ผลของค่า  
 ความต้องการที่เกิดขึ้นจริงแยกตามผลิตภัณฑ์จึงไม่ต้องมีการแบ่งสัดส่วนก่อนนำไปใช้ รายละเอียด  
 แสดงดังตารางผนวกที่ 9



ภาพที่ 23 ค่าความคลาดเคลื่อนของวิธีการพยากรณ์และค่าความแตกต่างของการพยากรณ์ทั้ง 2 วิธี  
 (ข้อมูลกลุ่มที่ 1)



ภาพที่ 24 ค่าความคลาดเคลื่อนของวิธีการพยากรณ์และค่าความแตกต่างของการพยากรณ์ทั้ง 2 วิธี  
 (ข้อมูลกลุ่มที่ 2)

ตารางที่ 9 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของวิธีการพยากรณ์และค่าความแตกต่างของการพยากรณ์ทั้ง 2 วิธี (ข้อมูลกลุ่มที่ 1)

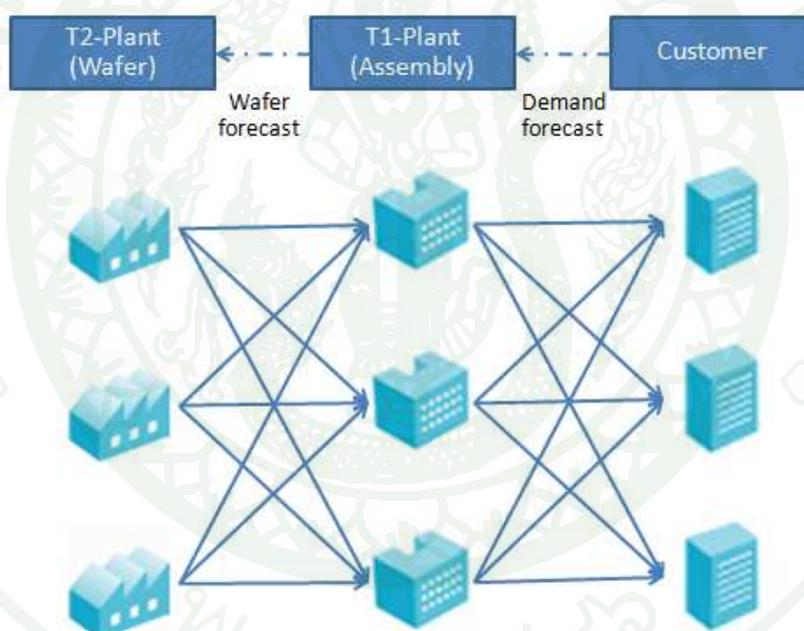
Method	A12+1	A12+2	A12+3	A12+4	A12+5	A12+6	A12+7	A12+8	A12+9	A12+10	A12+11	A12+12
GAGM	19.01	20.17	20.17	20.58	21.44	19.81	19.12	18.31	18.44	18.18	28.70	30.65
TSM	29.80	24.10	20.51	20.26	22.95	22.37	23.45	21.74	24.45	27.59	34.91	41.75
Var	10.79	3.93	0.34	-0.32	1.51	2.57	4.32	3.43	6.01	9.41	6.21	11.10

ตารางที่ 10 ค่าความคลาดเคลื่อนของวิธีการพยากรณ์และค่าความแตกต่างของการพยากรณ์ทั้ง 2 วิธี (ข้อมูลกลุ่มที่ 2)

Method	A12+1	A12+2	A12+3	A12+4	A12+5	A12+6	A12+7	A12+8	A12+9	A12+10	A12+11	A12+12
GAGM	20.34	28.33	33.06	34.15	33.53	30.36	23.46	29.25	32.69	35.50	35.07	38.07
TSM	17.53	19.65	18.20	20.38	29.66	30.16	36.04	32.96	31.56	37.52	34.95	33.34
Var	-2.81	-8.68	-14.85	-13.77	-3.88	-0.19	12.58	3.71	-1.13	2.02	-0.11	-4.73

#### 4. ผลการศึกษาลักษณะและข้อจำกัดของระบบห่วงโซ่อุปทาน เพื่อประเมินข้อจำกัดในการผลิตของแต่ละผลิตภัณฑ์

งานวิจัยนี้เป็นการจัดสรรความต้องการซื้อที่ได้รับจากลูกค้าไปผลิตยังโรงงานแต่ละแห่งในระบบห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ โดยระบบห่วงโซ่อุปทานจะประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลักได้แก่ โรงงานผลิตเว็ดดูบหลัก (Wafer) โรงงานขึ้นรูปเซมิคอนดักเตอร์ (Assembly) และลูกค้า (รายละเอียดดังภาพ 25) ความซับซ้อนของปัญหา คือ แต่ละส่วนในระบบห่วงโซ่อุปทานมีหลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นแหล่งผลิตทั้งเว็ดดูบและแหล่งประกอบขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ลูกค้า หรือแม้แต่ชนิดของสินค้า



ภาพที่ 25 โครงสร้างของระบบเครือข่ายห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรม

โดยที่ผลิตภัณฑ์สามารถถูกผลิตได้จากหลายๆ โรงงานในต่างพื้นที่กันแต่ไม่ได้ทั้งหมดคือไม่มีโรงงานไหนสามารถผลิตผลิตภัณฑ์ได้ทั้งหมด ขึ้นอยู่กับชนิดและรูปแบบของผลิตภัณฑ์ ในที่นี้กำลังการผลิตกำหนดจากเวลาในการทำการผลิตที่เป็นไปได้ของแต่ละโรงงานแต่ไม่ขึ้นกับปัจจัยอื่นๆ เช่น ปริมาณการกระจายสินค้าและการขนส่ง นอกจากนี้เว็ดดูบหลักสามารถจัดหาได้

ไม่จำกัด ลูกค้าในแต่ละพื้นที่ที่มีความต้องการสินค้าได้หนึ่งชนิดหรือมากกว่าก็ได้ โดยสามารถรับสินค้าได้จากโรงงานมากกว่าหนึ่งแหล่ง ต้นทุนของกระบวนการผลิตจะเป็นต้นทุนมาตรฐานที่กำหนดโดยแต่ละโรงงาน นอกจากนี้ยังพิจารณาต้นทุนการขนส่งและต้นทุนในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในแต่ละโรงงานร่วมด้วย

การตัดสินใจในการจัดสรรความต้องการ เพื่อนำไปผลิตในแต่ละโรงงาน จะพิจารณาจากปริมาณการผลิต ระดับการใช้งาน และความเชื่อมโยงของการขนส่งในเครือข่ายกับการไหลของวัตถุดิบ จุดประสงค์เพื่อให้เกิดกำไรสูงสุดในเครือข่ายห่วงโซ่อุปทาน ภาพรวมของข้อจำกัดและข้อสมมติฐานในการวิจัย แสดงดังหัวข้อต่อไปนี้

4.1 ระดับความปลอดภัยของสินค้าคงคลัง สำหรับแต่ละชนิดผลิตภัณฑ์กำหนดจากนโยบายของสำนักงานใหญ่ โดยขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์และลูกค้าที่ทำการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์นั้นๆ

4.2 แบบจำลองจะพิจารณาความต้องการ กำลังการผลิต ระดับสินค้าคงคลัง เป็นต้น ในแต่ละผลิตภัณฑ์เป็นอิสระต่อกัน

4.3 สินค้าแต่ละชนิดสามารถถูกผลิตได้หลายโรงงาน และแต่ละโรงงานสามารถผลิตสินค้าได้อย่างน้อยที่สุด 1 ชนิดสินค้าแต่ไม่สามารถผลิตสินค้าได้ทุกชนิดสินค้า โดยขึ้นอยู่กับชนิดของสินค้าหรือรูปแบบของสินค้าเป็นหลัก

4.4 มีการขนส่งสินค้าระหว่างโรงงานผลิตวัตถุดิบหลักไปยังโรงงานประกอบและจากโรงงานประกอบไปยังลูกค้า แต่ไม่มีการขนส่งระหว่างโรงงานด้วยตนเอง

4.5 ไม่มีข้อจำกัดอื่นๆ เช่น ปริมาณในการขนส่ง เป็นต้น สำหรับการขนส่งวัตถุดิบไปยังโรงงานประกอบ และการขนส่งผลิตภัณฑ์ไปยังลูกค้า

4.6 แบบจำลองจะพิจารณาเป็นแบบแผนการผลิตระยะกลาง (3 เดือน -1 ปี)

4.7 วัสดุหลัก (Wafer) สามารถจัดหาได้ไม่จำกัด โดยนำเข้ามาจากโรงงานผลิตวัสดุหลักจากต่างประเทศ

4.8 ต้นทุนในการส่งมอบล่าช้าไม่นำมาคิดเนื่องจาก กำหนดให้ปริมาณการส่งมอบ ณ เดือนใดๆ มีค่าเท่ากับความต้องการ ณ เดือนนั้นๆ โดยจะพิจารณาเพียง ต้นทุนในการผลิต ต้นทุนในการขนส่ง ต้นทุนการจัดซื้อวัสดุ และต้นทุนในการเก็บรักษาสินค้า เท่านั้น

## 5. ผลการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนการผลิต ต้นทุน และราคาขายผลิตภัณฑ์

การจัดสรรคำสั่งซื้อไปยังแต่ละโรงงานผู้ผลิตในระบบห่วงโซ่อุปทานเพื่อให้ได้กำไรสูงสุดนั้น จำเป็นต้องใช้ข้อมูลจากหลายแหล่งข้อมูลด้วยกัน ทั้งจากโรงงานประกอบและโรงงานผลิตวัสดุหลัก ซึ่งมีรายละเอียดของข้อมูลที่รวบรวมสำหรับแต่ละผลิตภัณฑ์ แสดงในตารางผนวกที่ 9 และอธิบายรายละเอียดของแต่ละข้อมูลดังต่อไปนี้

5.1 ข้อมูลของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ จำนวนของโรงงานที่สามารถทำการผลิตผลิตภัณฑ์ดังกล่าวได้ จำนวนของวัสดุหลักที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดนั้นๆ และจำนวนของผลิตภัณฑ์ที่ได้ต่อวัสดุหลักแต่ละชนิด (Wafer/Slice) อ้างอิงจากระบบวางแผนการผลิต (Advance Supply Chain Planning) ของโรงงานกรณีศึกษา

5.2 ความต้องการของลูกค้า (Demand) เป็นข้อมูลที่สำคัญในการใช้วางแผนการผลิต ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษานี้อ้างอิงข้อมูลจากระบบการวางแผนการผลิต (Advance Supply Chain Planning) ของโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งเป็นปริมาณความต้องการ IC ที่ลูกค้าหรือตัวแทนจำหน่าย (Sales person) ไล่เข้ามาในระบบ แต่จะไม่เท่ากับปริมาณการผลิต โดยปริมาณการผลิตต้องมีค่ามากกว่าเนื่องมาจากต้องมีการจัดเก็บสินค้าคงคลังสำหรับรองรับความต้องการในเดือนถัดไป (ข้อมูลแสดงในตารางผนวกที่ 8)

5.3 กำลังการผลิต (Capacity) เป็นข้อจำกัดในการวางแผนการผลิตของแต่ละผลิตภัณฑ์ โดยใช้ข้อมูลจากฝ่ายวางแผนด้านกำลังการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา สำหรับโรงงานอื่นในระบบห่วงโซ่อุปทานใช้ข้อมูลในระบบฐานข้อมูล I-Semicon ที่เกี่ยวกับการวางแผนการผลิต

5.4 ต้นทุนต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ (Standard cost) ไม่ว่าจะเป็นต้นทุนการผลิต ต้นทุนสินค้าคงคลัง ต้นทุนวัตถุดิบและต้นทุนในการขนส่ง ใช้ข้อมูลจากระบบฐานข้อมูล I-Semicon เช่นกัน เพื่อเป็นข้อมูลตั้งต้นที่จะนำไปคำนวณหาค่าไรต่อหน่วย

5.5 ราคาขาย (Price) ใช้ข้อมูลจากระบบฐานข้อมูล I-Semicon ในส่วนของข้อมูลเกี่ยวกับลูกค้า เพื่อใช้เป็นข้อมูลตั้งต้นที่จะนำไปคำนวณหาค่าไรต่อหน่วย

5.6 อัตราผลผลิต (Yield) ใช้ข้อมูลจากฝ่ายวิศวกรรมการผลิตสำหรับโรงงานกรณีศึกษา และข้อมูลจากระบบวางแผนการผลิต (ASCP) สำหรับโรงงานอื่นในระบบห่วงโซ่อุปทาน

5.7 เวลามาตรฐานการผลิตต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ (Lead time) ใช้ข้อมูลจากฝ่ายผลิตของโรงงานกรณีศึกษา และข้อมูลจากระบบวางแผนการผลิต (ASCP) สำหรับโรงงานอื่นในระบบห่วงโซ่อุปทาน ซึ่งข้อมูลดังกล่าวนี้เป็นข้อมูลสำคัญที่ต้องใช้ในการวางแผนการผลิต

5.8 ระดับความปลอดภัยการเก็บสินค้าคงคลัง (Safety Stock) ใช้ข้อมูลของฝ่ายวางแผนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งพิจารณาการเก็บสินค้าคงคลังตามลักษณะการสั่งซื้อของลูกค้า

## 6. ผลการรวบรวมข้อจำกัดที่ใช้ในการจัดสรรความต้องการระหว่างแต่ละโรงงานในเครือข่ายระบบห่วงโซ่อุปทาน

ข้อจำกัดที่ใช้ในการจัดสรรความต้องการระหว่างแต่ละโรงงานในเครือข่ายระบบห่วงโซ่อุปทาน แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มได้แก่ ข้อจำกัดด้านความต้องการ ข้อจำกัดด้านการขนส่ง ข้อจำกัดด้านกำลังการผลิต และข้อจำกัดด้านการผลิต อธิบายรายละเอียดโดยสังเขปได้ดังต่อไปนี้

### 6.1 ข้อจำกัดด้านความต้องการ

6.1.1 ปริมาณการจัดสรรความต้องการของลูกค้า ( $DM_{allocation}$ ) ในเดือนที่วางแผนการผลิต ต้องมีค่าเท่ากับความต้องการของลูกค้า (DM) ในเดือนเดียวกัน และปริมาณในการจัดสรรความต้องการของลูกค้าต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับศูนย์ คือในบางเดือนอาจจะไม่มีความต้องการของลูกค้าได้สำหรับบางโรงงาน

6.1.2 ปริมาณความต้องการวัตถุดิบหลักใดๆ ของแต่ละผลิตภัณฑ์ในเดือนที่วางแผนการผลิต ต้องมีค่าเท่ากับปริมาณนำเข้า (IP) ของแต่ละผลิตภัณฑ์รวมกันในทุกโรงงานประกอบหารด้วยปริมาณของผลิตภัณฑ์ต่อหน่วยวัตถุดิบหลัก (Wafer/Slice) ในเดือนเดียวกัน

6.2 ข้อจำกัดด้านการขนส่ง ปริมาณการขนส่งจากโรงงานประกอบใดๆ ไปยังลูกค้าใดๆ ของแต่ละผลิตภัณฑ์ในเดือนที่วางแผนการผลิตต้องมีค่าไม่น้อยกว่าปริมาณความต้องการที่จัดสรรไปยังแต่ละโรงงานในระบบห่วงโซ่อุปทานและต้องมีค่าเท่ากับปริมาณความต้องการของลูกค้าในเดือนเดียวกัน ทั้งนี้ปริมาณการขนส่งจากโรงงานประกอบใดๆ ไปยังลูกค้า ต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับศูนย์

6.3 ข้อจำกัดด้านกำลังการผลิต ปริมาณนำเข้าการผลิตของโรงงานใดๆ ต้องมีค่าไม่เกินกำลังการผลิตของโรงงานนั้น

6.4 ข้อจำกัดด้านการผลิตทั้งในส่วน of โรงงานประกอบและส่วน of โรงงานผลิต  
วัตถุดิบหลัก จะขึ้นอยู่กับ อัตราการผลิต (yield), เวลารานในการผลิต (LT) และ ระดับความปลอดภัย  
ของสินค้าคงคลัง เป็นต้น

## 7. ความสัมพันธ์ของการจัดสรรความต้องการและข้อจำกัดของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Modelling)

สัญลักษณ์:

$i$	สินค้า, เมื่อ $i = 1, \dots, I$ , โดยที่ $I$ คือจำนวนชนิดของสินค้าที่จะทำการผลิต
$j$	โรงงานประกอบ, เมื่อ $j = 1, \dots, J$ , โดยที่ $J$ คือจำนวนของโรงงานประกอบ
$k$	ลูกค้า, เมื่อ $k = 1, \dots, K$ , โดยที่ $K$ คือจำนวนลูกค้า
$l$	โรงงานผลิตวัตถุดิบหลัก, เมื่อ $l = 1, \dots, L$ , โดยที่ $L$ คือจำนวนของโรงงานผลิต วัตถุดิบหลัก (Wafer)
$h$	วัตถุดิบ, เมื่อ $h = 1, \dots, H$ , โดยที่ $H$ คือจำนวนชนิดของวัตถุดิบ
$t$	ระยะเวลาในการวางแผน, เมื่อ $t = 1, \dots, T$ หรือ $t = 1, \dots, n, n \leq T$

พารามิเตอร์เกี่ยวกับความต้องการ:

$DM_{ikt}$	ความต้องการสำหรับสินค้า $i$ ที่เกิดจากลูกค้า $k$ ในช่วงระยะเวลา $t$ (หน่วย: ชิ้น/เดือน)
------------	--

พารามิเตอร์เกี่ยวกับกำลังการผลิต:

$CAP_{ijt}$	กำลังการผลิตของผลิตภัณฑ์ (ปริมาณการผลิตที่เป็นไปได้) $i$ ในโรงงานประกอบ $j$ ในช่วงระยะเวลา $t$ (หน่วย: ชิ้น/เดือน)
-------------	---

พารามิเตอร์เกี่ยวกับต้นทุน:

$cp_{ijt}$	ต้นทุนมาตรฐานในการผลิตของโรงงานประกอบ $j$ สำหรับสินค้า $i$ ในช่วงระยะเวลา $t$ แต่ไม่รวมต้นทุนการจัดซื้อวัตถุดิบหลัก (หน่วย: บาท/ชิ้น)
$ct_{ijkt}$	ต้นทุนของการขนส่งสินค้า $i$ จากโรงงานประกอบ $j$ ไปยังลูกค้า $k$ ในช่วงระยะเวลา $t$ (หน่วย: บาท/ชิ้น)
$ci_{ijt}$	ต้นทุนในการเก็บรักษาสินค้า $i$ ในโรงงานประกอบ $j$ ในช่วงระยะเวลาสิ้นสุด $t$ (หน่วย: บาท/ชิ้น)
$cm_{hjt}$	ต้นทุนการจัดซื้อวัตถุดิบหลัก $h$ ในโรงงานประกอบ $j$ ในช่วงระยะเวลา $t$ (หน่วย: บาท/แผ่น)
$wcp_{it}$	ต้นทุนมาตรฐานในการผลิตของโรงงานผลิตวัตถุดิบหลัก $1$ ในช่วงระยะเวลา $t$ (หน่วย: บาท/แผ่น)
$wct_{hjt}$	ต้นทุนการขนส่งวัตถุดิบ $h$ จากโรงงานผลิตวัตถุดิบหลัก $1$ ไปยังโรงงานประกอบ $j$ ในช่วงระยะเวลา $t$ (หน่วย: บาท/แผ่น)
$wci_{it}$	ต้นทุนในการเก็บรักษาวัตถุดิบหลักในผลิตวัตถุดิบหลัก $1$ ในช่วงระยะเวลาสิ้นสุด $t$ (หน่วย: บาท/แผ่น)
$wcm_{hjt}$	ต้นทุนการจัดซื้อวัตถุดิบสำหรับวัตถุดิบหลัก $h$ ในโรงงานผลิตวัตถุดิบหลัก $1$ ในช่วงระยะเวลา $t$ (หน่วย: บาท/แผ่น)

พารามิเตอร์เกี่ยวกับการผลิต:

$LT_{ij}$	เวลาในการผลิตสินค้า $i$ ต่อหน่วย ณ โรงงานประกอบ $j$ (Lead time) (หน่วย: วัน/ชิ้น)
$WLT_{ht}$	เวลาในการผลิตวัตถุดิบหลัก $h$ ต่อหน่วย ณ โรงงานผลิตวัตถุดิบหลัก $1$ (Wafer Lead time) (หน่วย: วัน/แผ่น)
$Yield_{ij}$	อัตราผลผลิตของสินค้า $i$ ณ โรงงานประกอบ $j$ (หน่วย: ร้อยละของปริมาณสินค้าที่ผลิตต่อเดือน)

$WYield_h$	อัตราผลผลิตของวัตถุดิบหลัก $h$ ณ โรงงานผลิตวัตถุดิบหลัก 1 (หน่วย: ร้อยละของปริมาณวัตถุดิบหลักที่ผลิตต่อเดือน)
$SSL_i$	ระดับความปลอดภัยการเก็บสินค้าคงคลังของสินค้า $i$ (Safety stock level) (หน่วย: วัน/ชิ้น)
$WSSL_h$	ระดับความปลอดภัยการเก็บสินค้าคงคลังของวัตถุดิบหลัก $h$ (Wafer Safety stock level) (หน่วย: วัน/แผ่น)
$Awk_j$	จำนวนวันที่ทำการผลิตในแต่ละเดือนของโรงงานประกอบ $j$ (Assembly working day) (หน่วย: วัน/เดือน)
$Wwk_l$	จำนวนวันที่ทำการผลิตในแต่ละเดือนของโรงงานผลิตวัตถุดิบหลัก 1 (Wafer Working day) (หน่วย: วัน/เดือน)
$Rishu_h$	ปริมาณสินค้าต่อวัตถุดิบหลัก (IC/Slice) (หน่วย: ชิ้น/แผ่น)
พารามิเตอร์อื่นๆ:	
$PR_{it}$	ราคาของสินค้า $i$ ในช่วงระยะเวลา $t$ (หน่วย: บาท/ชิ้น หรือ แผ่น)
ตัวแปรในการตัดสินใจ:	
$DMallocation_{ijt}$	จำนวนของสินค้า $i$ ที่ผลิตในโรงงาน $j$ ในช่วงระยะเวลา $t$
$Y_{ijkt}$	จำนวนของสินค้า $i$ ที่จัดส่งไปยังลูกค้า $k$ จากโรงงานประกอบ $j$ ในช่วงระยะเวลา $t$
$WDM_{ht}$	ความต้องการวัตถุดิบหลัก $h$ ของโรงงานผลิตวัตถุดิบหลัก 1 ในช่วงระยะเวลา $t$ (หน่วย: แผ่น/เดือน)
$SSQ_{it}$	ปริมาณความปลอดภัยของการเก็บสินค้าคงคลังตามเป้าหมายของสินค้า $i$ ในช่วงระยะเวลา $t$ (Safety Stock Quantity Target) (หน่วย: ชิ้น/เดือน)
$WSSQ_{ht}$	ปริมาณความปลอดภัยของการเก็บวัตถุดิบคงคลังตามเป้าหมายของวัตถุดิบหลัก $h$ ในช่วงระยะเวลา $t$ (Wafer Safety Stock Quantity Target) (หน่วย: แผ่น/เดือน)

$WQ_{ijt}$	ปริมาณการเก็บงานระหว่างทำตามเป้าหมายของสินค้า $i$ ณ โรงงานประกอบ $j$ ในช่วงระยะเวลา $t$ (Work in process quantity target) (หน่วย: ชิ้น/เดือน)
$WWQ_{hlt}$	ปริมาณการเก็บงานระหว่างทำตามเป้าหมายของวัตถุดิบหลัก $h$ ณ โรงงานผลิตวัตถุดิบหลัก 1 ในช่วงระยะเวลา $t$ (Wafer Work in process quantity target) (หน่วย: แผ่น/เดือน)
$FG_{ijt}$	ปริมาณสินค้าคงคลังของสินค้า $i$ ใน โรงงานประกอบ $j$ ณ ปลายเดือน $t$ (Finish goods inventory) (หน่วย: ชิ้น/เดือน)
$WFG_{hlt}$	ปริมาณสินค้าคงคลังของวัตถุดิบหลัก $h$ ใน โรงงานผลิตวัตถุดิบหลัก 1 ณ ปลายเดือน $t$ (Wafer Finish goods inventory) (หน่วย: แผ่น/เดือน)
$SP_{ijt}$	ปริมาณการส่งมอบสินค้า $i$ ของ โรงงานประกอบ $j$ ในช่วงระยะเวลา $t$ (Supply) (หน่วย: ชิ้น/เดือน)
$WSP_{hlt}$	ปริมาณการส่งมอบของวัตถุดิบหลัก $h$ ณ โรงงานผลิตวัตถุดิบหลัก 1 ในช่วงระยะเวลา $t$ (Wafer Supply) (หน่วย: แผ่น/เดือน)
$wip_{ijt}$	งานระหว่างทำของสินค้า $i$ ณ โรงงานประกอบ $j$ ในช่วงระยะเวลา $t$ (Work in process inventory) (หน่วย: ชิ้น/เดือน)
$Wwip_{hlt}$	งานระหว่างทำของวัตถุดิบหลัก $h$ ณ โรงงานผลิตวัตถุดิบหลัก 1 ในช่วงระยะเวลา $t$ (Wafer Work in process inventory) (หน่วย: แผ่น/เดือน)
$IP_{ijt}$	ปริมาณนำเข้าสินค้า $i$ ของ โรงงานประกอบ $j$ ในช่วงระยะเวลา $t$ (หน่วย: ชิ้น/เดือน)
$MIP_{hlt}$	ปริมาณนำเข้าวัตถุดิบหลัก $h$ ของ โรงงานผลิตวัตถุดิบหลัก 1 ในช่วงระยะเวลา $t$ (หน่วย: แผ่น/เดือน)
$OP_{ijt}$	ผลผลิตของสินค้า $i$ ณ โรงงานประกอบ $j$ ในช่วงระยะเวลา $t$ (Output) (หน่วย: ชิ้น/เดือน)
$WOP_{hlt}$	ผลผลิตของวัตถุดิบหลัก $h$ ณ โรงงานผลิตวัตถุดิบหลัก 1 ในช่วงระยะเวลา $t$ (Wafer Output) (หน่วย: แผ่น/เดือน)

สรุปจำนวนของข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยได้ดังตารางที่ 11 และ 12

ตารางที่ 11 สรุปจำนวนของข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย (สินค้า, วัตถุดิบหลัก, โรงงานผลิตวัตถุดิบหลัก และ โรงงานประกอบ)

สินค้า(i)	วัตถุดิบหลัก (h)	โรงงานผลิตวัตถุดิบหลัก (l)		โรงงานประกอบ (j)										
		1	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	1	✓		✓	✓							✓		
2	2	✓		✓	✓									✓
	3	✓												
	4	✓												
3	5	✓		✓	✓							✓		
	6	✓												
4	7		✓	✓	✓					✓				
	8		✓											
5	9	✓		✓		✓								✓
	10	✓												
	11	✓												
6	12	✓		✓						✓	✓			
7	13	✓		✓		✓	✓							
	14	✓												

ตารางที่ 11 (ต่อ)

สินค้า(i)	วัตถุดิบหลัก (h)	โรงงานผลิตวัตถุดิบหลัก (l)		โรงงานประกอบ (j)													
		1	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
8	15	✓															
	16	✓			✓		✓									✓	
	17	✓															
9	18	✓															
	19	✓			✓	✓							✓				
	20	✓															
10	21	✓			✓		✓	✓									

ตารางที่ 12 สรุปจำนวนของข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย (ลูกค้า)

สินค้า(i)	วัตถุดิบหลัก (h)	ลูกค้า (k)																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1				✓		✓					✓							✓
2	2			✓		✓										✓			
3	5			✓		✓										✓			
4	7	✓	✓						✓									✓	
5	9				✓						✓		✓				✓		✓
6	12									✓				✓					✓
7	13				✓				✓							✓			
8	16						✓	✓											
9	19									✓				✓					
10	21							✓											

## 7.1 สมการวัตถุประสงค์ (Objective function)

สมการวัตถุประสงค์ สำหรับผลิตภัณฑ์ใดๆ คือ การหาค่ากำไรสูงสุดของห่วงโซ่อุปทานจากรายได้สูงสุดที่ได้รับลบด้วยต้นทุนรวม ได้แก่ ต้นทุนของการผลิต (ไม่รวมต้นทุนวัตถุดิบหลัก), ต้นทุนสินค้าคงคลัง, ต้นทุนการจัดซื้อวัตถุดิบหลัก และต้นทุนการขนส่ง โดยแบ่งสมการเป้าหมายออกเป็น 3 สมการ ตามวิธีการ Multi-Objective Mixed-Integer Non-Linear Programming (MOMINLP) และเรียงลำดับความสำคัญของสมการ ตามลำดับความสำคัญที่โรงงานกรณีศึกษากำหนดจากวิธีการ Lexicographic โดยแสดงสมการวัตถุประสงค์ที่ใช้ดังต่อไปนี้

7.1.1 สมการวัตถุประสงค์ที่ 1 คือการหาค่าต้นทุนรวมต่ำที่สุดในการผลิตสินค้าใดๆ ได้แก่ ต้นทุนการผลิตสินค้า ณ โรงงานประกอบรวมกับ ต้นทุนการผลิตสินค้า ณ โรงงานผลิตวัตถุดิบหลัก ซึ่งได้แก่ ต้นทุนทางด้านการผลิต, ต้นทุนทางด้านการจัดเก็บสินค้า, ต้นทุนจัดซื้อวัตถุดิบ และต้นทุนทางด้านขนส่งวัตถุดิบ โดยแสดงดังสมการที่ (11)

$$\begin{aligned} \text{Min [total production cost]} &= [\text{Assembly Plant Cost} + \text{WF Plant Cost}] \\ &= \sum_{i=1}^{10} \sum_{t=1}^{12} \left[ \sum_{j=1}^{10} \left( (cp_{ijt} \times OP_{ijt}) + (ci_{ijt} \times (FG_{ijt} + wip_{ijt})) \right) + \sum_{h=1}^{21} \left( cm_{hjt} \times \frac{IP_{ijt}}{Rishu_h} \right) \right] \\ &\quad + \sum_{l=1}^2 \sum_{h=1}^{21} \left[ \left( (wcp_{hlt} \times WOP_{hlt}) + (wci_{hlt} \times (WFG_{hlt} + Wwip_{hlt})) \right) \right. \\ &\quad \left. + (wcm_{hlt} \times MIP_{hlt}) + \left( wct_{hjt} \times \left( \frac{IP_{ijt}}{Rishu_h} \right) \right) \right] \end{aligned} \quad (11)$$

7.1.2 สมการวัตถุประสงค์ที่ 2 คือการหาค่าต้นทุนต่ำที่สุดในการขนส่งสินค้าจากโรงงานประกอบใดๆ ไปยังลูกค้า โดยแสดงดังสมการที่ (12)

$$\text{Min [total customer transportation cost]} = \sum_{t=1}^{12} \sum_{k=1}^{K_j} \sum_{j=1}^{10} ct_{jkt} Y_{jkt} \quad (12)$$

โดยที่  $k = 1, 2, 3, \dots, 18$

7.1.3 สมการวัตถุประสงค์ที่ 3 คือการหาค่ากำไรสูงสุดของห่วงโซ่อุปทานจากรายได้สูงสุดที่ได้รับลบด้วยต้นทุนรวมที่ได้จากสมการเป้าหมายที่ 1 รวมกับสมการเป้าหมายที่ 2 แสดงดังสมการที่ (13)

$$\text{Max[Profit]} = \sum_{i=1}^{10} \sum_{t=1}^{12} \left[ \sum_{j=1}^{10} \sum_{k=1}^{18} \left( \text{PR}_{it} \times \text{DM}_{ikt} \right) - (\text{total\_production\_cost}) - (\text{total\_customer\_transportation\_cost}) \right] \quad (13)$$

## 7.2 สมการข้อจำกัด (Constraints)

7.2.1 ผลรวมปริมาณความต้องการของลูกค้าในเดือนที่วางแผนการผลิตสำหรับสินค้าใดๆ ต้องมีค่าเท่ากับผลรวมของปริมาณการจัดสรรความต้องการไปยังโรงงานประกอบในระบบห่วงโซ่อุปทานในเดือนเดียวกัน ทั้งนี้ปริมาณการจัดสรรความต้องการไปยังโรงงานประกอบใดๆ ต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับศูนย์และเป็นเลขจำนวนเต็มเสมอ แสดงรายละเอียดดังสมการที่ (14) และ (15)

$$\sum_{k=1}^{18} \text{DM}_{ikt} = \sum_{j=1}^{10} \text{DMMallocation}_{ijt} \quad (14)$$

โดยที่  $i = 1, 2, 3, \dots, 10$

$t = 1, 2, 3, \dots, 12$

$$\text{DMMallocation}_{ijt} \geq 0 \text{ and integer} \quad (15)$$

โดยที่  $i = 1, 2, 3, \dots, 10$

$t = 1, 2, 3, \dots, 12$

$j = 1, 2, 3, \dots, 10$

7.2.2 ปริมาณความต้องการวัตถุดิบหลัก ณ เดือนที่วางแผนการผลิตมีค่าเท่ากับผลรวมปริมาณนำเข้าวัตถุดิบของโรงงานประกอบต่อปริมาณผลิตภัณฑ์ต่อวัตถุดิบหลัก (Wafer/Slice, Rishu) แสดงรายละเอียดดังสมการที่ (16)

$$WDM_{hit} = \sum_{j=1}^{10} \frac{IP_{ijt}}{Rishu_h} \quad (16)$$

โดยที่  $i = 1, 2, 3, \dots, 10$

$t = 1, 2, 3, \dots, 12$

$l = 1, 2, 3, \dots, 2$

$h = 1, 2, 3, \dots, 21$

7.2.3 ผลรวมปริมาณการขนส่งจากโรงงานประกอบ ณ เดือนที่วางแผนการผลิตต้องมีค่าไม่เกินปริมาณความต้องการที่ถูกจัดสรรไปยังโรงงานประกอบนั้นๆ ในระบบห่วงโซ่อุปทาน นอกจากนี้แล้วผลรวมปริมาณการขนส่งไปยังลูกค้าใดๆ ในระบบห่วงโซ่อุปทานต้องมีค่าเท่ากับความต้องการของลูกค้าในในเดือนเดียวกัน และปริมาณการขนส่งดังกล่าวต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับศูนย์ แสดงรายละเอียดดังสมการที่ (17) ถึงสมการที่ (19)

$$\sum_{j=1}^{10} y_{ijkt} \leq DM_{allocation_{ijt}} \quad (17)$$

$$\sum_{j=1}^{10} y_{ijkt} = DM_{ikt} \quad (18)$$

$$y_{ijkt} \geq 0 \quad (19)$$

โดยที่  $i = 1, 2, 3, \dots, 10$

$t = 1, 2, 3, \dots, 12$

$j = 1, 2, 3, \dots, 10$

$k = 1, 2, 3, \dots, 18$

7.2.4 ปริมาณวัตถุดิบนำเข้าของโรงงานประกอบใดๆ ณ เดือนที่วางแผนการผลิตต้องมีค่าไม่ต่ำกว่ากำลังการผลิตของโรงงานประกอบนั้นๆ ดังสมการที่ (20)

$$IP_{ijt} \leq CAP_{ijt} \quad (20)$$

โดยที่  $i = 1, 2, 3, \dots, 10$

$t = 1, 2, 3, \dots, 12$

$j = 1, 2, 3, \dots, 10$

7.2.5 ปริมาณความปลอดภัยของการเก็บสินค้าคงคลังตามเป้าหมาย (FG\_target, SSQ) ของโรงงานประกอบใดๆ ควรมีค่าเท่ากับความต้องการของลูกค้านเฉลี่ยต่อวันของเดือนถัดไปคูณด้วยระดับความปลอดภัยของการเก็บสินค้าคงคลัง (Safety Stock level) ของผลิตภัณฑ์นั้นๆ แสดงรายละเอียดดังสมการที่ (21)

$$SSQ_{ijt} = \frac{DMallocation_{ij,(t+1)}}{Awk_{j,(t+1)}} \times SSL_i \quad (21)$$

โดยที่  $i = 1, 2, 3, \dots, 10$

$t = 1, 2, 3, \dots, 12$

$j = 1, 2, 3, \dots, 10$

7.2.6 ปริมาณการเก็บงานระหว่างทำตามเป้าหมาย (WIP\_target, WQ) งานระหว่างทำในกระบวนการผลิตของแต่ละผลิตภัณฑ์ ณ สิ้นเดือนของโรงงานประกอบ ต้องเท่ากับปริมาณผลผลิต (Output, OP) เฉลี่ยต่อวันของเดือนถัดไป คูณด้วยเวลามาตรฐานในการผลิตของผลิตภัณฑ์ (Lead time, LT) ของผลิตภัณฑ์นั้น ดังแสดงในสมการที่ (22)

$$WQ_{ijt} = \frac{OP_{ij,(t+1)}}{Yield_{ij}} \times \frac{LT_{ij}}{wk_{j,(t+1)}} \quad (22)$$

โดยที่  $i = 1, 2, 3, \dots, 10$

$$t = 1, 2, 3, \dots, 12$$

$$j = 1, 2, 3, \dots, 10$$

อเนียงปริมาณการเก็บงานระหว่างทำตามเป้าหมาย (WIP\_target, WQ) ณ สิ้นเดือน (t) ของโรงงานประกอบใดๆ ขึ้นอยู่กับปริมาณผลผลิต (Output, OP) เฉลี่ยต่อวันของเดือนถัดไป (t+1) ซึ่งในกรณีที่ปริมาณผลผลิต (Output, OP) เฉลี่ยต่อวันของเดือนถัดไปมีค่าเท่ากับศูนย์ จะทำให้ปริมาณการเก็บงานระหว่างทำตามเป้าหมาย (WIP\_target, WQ) ณ สิ้นเดือนที่ทำการวางแผนการผลิตมีค่าเท่ากับศูนย์เช่นกัน แสดงรายละเอียดดังสมการที่ (23)

$$WQ_{ijt} = 0, \text{ เมื่อ } OP_{ij,(t+1)} = 0 \quad (23)$$

$$\text{โดยที่ } i = 1, 2, 3, \dots, 10$$

$$t = 1, 2, 3, \dots, 12$$

$$j = 1, 2, 3, \dots, 10$$

7.2.7 ปริมาณสินค้าคงคลัง (FG\_inventory, FG) ณ สิ้นเดือนของโรงงานประกอบ เกิดจากปริมาณสินค้าคงคลังของเดือนก่อนหน้ารวมกับผลผลิต (Output, OP) ที่ได้ภายในเดือนปัจจุบัน หักลบด้วยปริมาณการส่งมอบสินค้า (Supply, SP) ของเดือนปัจจุบัน ดังสมการที่ (24)

$$FG_{ijt} = FG_{ij,(t-1)} + OP_{ijt} - SP_{ijt} \quad (24)$$

$$\text{โดยที่ } i = 1, 2, 3, \dots, 10$$

$$t = 1, 2, 3, \dots, 12$$

$$j = 1, 2, 3, \dots, 10$$

7.2.8 ปริมาณการส่งมอบสินค้า (Supply, SP) ของโรงงานประกอบในเดือนที่วางแผนการผลิตมีค่าเท่ากับความต้องการที่ถูกจัดสรรไปยังโรงงานประกอบนั้นของเดือนเดียวกัน เพราะมีเงื่อนไขว่าจะไม่มีการส่งมอบสินค้าล่าช้าแก่ลูกค้า รายละเอียดดังสมการที่ (25)

$$SP_{ijt} = DMallocation_{ijt} \quad (25)$$

โดยที่  $i = 1, 2, 3, \dots, 10$

$t = 1, 2, 3, \dots, 12$

$j = 1, 2, 3, \dots, 10$

7.2.9 งานระหว่างทำ (WIP, wip) ของโรงงานประกอบที่ค้างในกระบวนการผลิต ณ สิ้นเดือน เกิดจากปริมาณงานระหว่างทำของ ณ สิ้นเดือนก่อนหน้ารวมกับปริมาณนำเข้า (Input, IP) ในเดือนปัจจุบันคูณด้วย อัตราผลิต (Yield) และหักออกด้วยผลผลิต (Output, OP) ที่ได้ในเดือนปัจจุบัน แสดงรายละเอียดดังสมการที่ (26)

$$wip_{ijt} = wip_{ij,(t-1)} + IP_{ijt} - \left( \frac{OP_{ijt}}{Yield_{ij}} \right) \quad (26)$$

โดยที่  $i = 1, 2, 3, \dots, 10$

$t = 1, 2, 3, \dots, 12$

$j = 1, 2, 3, \dots, 10$

7.2.10 ปริมาณผลผลิต (Output, OP) ของผลิตภัณฑ์ใดๆ ณ เดือนที่วางแผนการผลิตของโรงงานประกอบใดๆ มีค่าเท่ากับ ปริมาณการส่งมอบสินค้า (Supply ,SP) ณ เดือนที่วางแผนรวมกับปริมาณสินค้าคงคลัง(FG\_inventory, FG) ของเดือนก่อนหน้าและปริมาณความปลอดภัยของการเก็บสินค้าคงคลังตามเป้าหมาย (FG\_target, SSQ) ของเดือนที่วางแผนการผลิต ในกรณีที่มีความต้องการที่ถูกจัดสรรในเดือนถัดไปมีค่าไม่เท่ากับศูนย์ รายละเอียดดังสมการที่ (28)

$$OP_{ijt} = SP_{ijt} - FG_{ij,(t-1)} + SSQ_{ijt}, \text{ เมื่อ } DMallocation_{ij,(t+1)} \neq 0 \quad (28)$$

โดยที่  $i = 1, 2, 3, \dots, 10$

$t = 1, 2, 3, \dots, 12$

$j = 1, 2, 3, \dots, 10$

อนึ่งปริมาณผลผลิตของผลิตภัณฑ์ใดๆ ณ เดือนที่วางแผนการผลิตของโรงงานประกอบ จะมีค่าเท่ากับปริมาณการส่งมอบสินค้า (Supply ,SP) ณ เดือนที่วางแผนรวมกับปริมาณสินค้าคงคลัง(FG\_inventory, FG) ของเดือนก่อนหน้า หากปริมาณการจัดสรรความต้องการมายังโรงงานประกอบนั้นๆในเดือนถัดไปมีค่าเท่ากับศูนย์ และปริมาณผลผลิตของผลิตภัณฑ์ใดๆ ณ เดือนที่วางแผนการผลิตของโรงงานประกอบ จะต้องมามีค่าเท่ากับศูนย์ ในกรณีที่มีการคำนวณปริมาณผลผลิตมีค่าน้อยกว่าศูนย์ รายละเอียดดังสมการที่ (29) และ (30)

$$OP_{ijt} = SP_{ijt} - FG_{ij,(t-1)}, \text{ เมื่อ } DM_{allocation_{ij,(t+1)}} = 0 \quad (29)$$

$$OP_{ijt} = 0, \text{ เมื่อ } SP_{ijt} - FG_{ij,(t-1)} + SSQ_{ijt} \text{ หรือ } SP_{ijt} - FG_{ij,(t-1)} < 0 \quad (30)$$

โดยที่  $i = 1, 2, 3, \dots, 10$

$t = 1, 2, 3, \dots, 12$

$j = 1, 2, 3, \dots, 10$

7.2.11 ปริมาณนำเข้า (Input ,IP) ของผลิตภัณฑ์ใดๆ ณ เดือนที่วางแผนการผลิตของโรงงานประกอบมีค่าเท่ากับปริมาณผลผลิต ณ สิ้นเดือนที่วางแผนหารด้วยอัตราผลผลิต (Yield) หักออกด้วยปริมาณการเก็บงานระหว่างทำ (WIP, Wip) ณ สิ้นเดือนของเดือนก่อนหน้า และรวมเข้ากับระดับปริมาณการเก็บงานระหว่างทำตามเป้าหมาย (WIP\_target, WQ) ของเดือนนั้น รายละเอียดดังสมการที่ (31)

$$IP_{ijt} = \left( \frac{OP_{ijt}}{Yield_{ij}} \right) - wip_{ij,(t-1)} + WQ_{ijt} \quad (31)$$

โดยที่  $i = 1, 2, 3, \dots, 10$

$t = 1, 2, 3, \dots, 12$

$j = 1, 2, 3, \dots, 10$

อนึ่งปริมาณนำเข้าของผลิตภัณฑ์ใดๆ ณ เดือนที่วางแผนการผลิตของโรงงาน ประกอบ จะต้องไม่น้อยกว่าศูนย์ ดังสมการที่ (32)

$$IP_{ijt} \geq 0 \quad (32)$$

โดยที่  $i = 1, 2, 3, \dots, 10$

$t = 1, 2, 3, \dots, 12$

$j = 1, 2, 3, \dots, 10$

7.2.12 ปริมาณความปลอดภัยของการเก็บวัตถุดิบหลักตามเป้าหมาย (Wafer FG\_target, WSSQ) ของโรงงานผลิตวัตถุดิบหลักใดๆ ควรมีค่าเท่ากับความต้องการวัตถุดิบหลักเฉลี่ยต่อวันของเดือนถัดไปคูณด้วยระดับความปลอดภัยของการเก็บวัตถุดิบหลัก (Wafer Safety Stock level) ของวัตถุดิบหลักนั้นๆ แสดงรายละเอียดดังสมการที่ (33)

$$WSSQ_{ht} = \frac{WDM_{hl,(t+1)}}{Wwk_{hl,(t+1)}} \times WSSL_h \quad (33)$$

โดยที่  $t = 1, 2, 3, \dots, 12$

$l = 1, 2, 3, \dots, 2$

$h = 1, 2, 3, \dots, 21$

7.2.13 ปริมาณการเก็บวัตถุดิบหลักระหว่างทำตามเป้าหมาย (Wafer WIP\_target, WWQ) วัตถุดิบหลักระหว่างทำในกระบวนการผลิตของวัตถุดิบหลักแต่ละชนิด ณ สิ้นเดือนของโรงงานประกอบ ต้องเท่ากับปริมาณผลผลิตวัตถุดิบหลัก (Wafer Output, WOP) เฉลี่ยต่อวันของเดือนถัดไป คูณด้วยเวลาดำเนินการในการผลิตของวัตถุดิบหลัก (Wafer Lead time, LT) นั้น ดังแสดงในสมการที่ (34)

$$WWQ_{ht} = \frac{WOP_{hl,(t+1)}}{WYield_{hl}} \times \frac{WLT_{hl}}{Wwk_{hl,(t+1)}} \quad (34)$$

โดยที่  $t = 1, 2, 3, \dots, 12$

$$l = 1, 2, 3, \dots, 2$$

$$h = 1, 2, 3, \dots, 21$$

อนึ่งปริมาณการเก็บวัตถุดิบหลักระหว่างทำตามเป้าหมาย (Wafer  $WIP\_target$ ,  $WWQ$ ) ณ สิ้นเดือน ( $t$ ) ของโรงงานผลิตวัตถุดิบหลักใดๆ ขึ้นอยู่กับปริมาณผลผลิตวัตถุดิบหลัก (Wafer Output,  $WOP$ ) เฉลี่ยต่อวันของเดือนถัดไป ( $t+1$ ) ซึ่งในกรณีที่ปริมาณผลผลิตวัตถุดิบหลัก (Wafer Output,  $WOP$ ) เฉลี่ยต่อวันของเดือนถัดไปมีค่าเท่ากับศูนย์ จะทำให้ปริมาณการเก็บวัตถุดิบหลักระหว่างทำตามเป้าหมาย (Wafer  $WIP\_target$ ,  $WWQ$ ) ณ สิ้นเดือนที่ทำการวางแผนการผลิตมีค่าเท่ากับศูนย์เช่นกัน แสดงรายละเอียดดังสมการที่ (35)

$$WWQ_{hlt} = 0, \text{ เมื่อ } WOP_{h,(t+1)} = 0 \quad (35)$$

$$\text{โดยที่ } t = 1, 2, 3, \dots, 12$$

$$l = 1, 2, 3, \dots, 2$$

$$h = 1, 2, 3, \dots, 21$$

7.2.14 ปริมาณวัตถุดิบหลักคงคลัง (Wafer  $FG\_inventory$ ,  $FG$ ) ณ สิ้นเดือนของโรงงานผลิตวัตถุดิบหลัก เกิดจากปริมาณวัตถุดิบหลักคงคลังของเดือนก่อนหน้ารวมกับผลผลิตวัตถุดิบหลัก (Wafer Output,  $WOP$ ) ที่ได้ภายในเดือนปัจจุบัน หักลบด้วยปริมาณการส่งมอบวัตถุดิบหลัก (Wafer Supply,  $WSP$ ) ของเดือนปัจจุบัน ดังสมการที่ (36)

$$WFG_{hlt} = WFG_{h,(t-1)} + WOP_{hlt} + WSP_{hlt} \quad (36)$$

$$\text{โดยที่ } t = 1, 2, 3, \dots, 12$$

$$l = 1, 2, 3, \dots, 2$$

$$h = 1, 2, 3, \dots, 21$$

7.2.15 ปริมาณการส่งมอบวัตถุดิบหลัก (Wafer Supply,  $WSP$ ) ของโรงงานผลิตวัตถุดิบหลักในเดือนที่วางแผนการผลิตมีค่าเท่ากับความต้องการวัตถุดิบหลักของโรงงานผลิต

วัตถุดิบหลักนั้นในเดือนเดียวกัน เพราะมีเงื่อนไขว่าวัตถุดิบหลักสามารถจัดหาได้ไม่จำกัด รายละเอียดดังสมการที่ (37)

$$WSP_{hlt} = WDM_{hlt} \quad (37)$$

โดยที่  $t = 1, 2, 3, \dots, 12$

$l = 1, 2, 3, \dots, 2$

$h = 1, 2, 3, \dots, 21$

7.2.16 วัตถุดิบหลักระหว่างทำ (Wafer WIP, WWip) ของโรงงานผลิตวัตถุดิบหลักที่คงค้างในกระบวนการผลิต ณ สิ้นเดือน เกิดจากปริมาณวัตถุดิบหลักระหว่างทำของ ณ สิ้นเดือนก่อนหน้ารวมกับปริมาณนำเข้าวัตถุดิบหลัก (Wafer Input, WIP) ในเดือนปัจจุบันคูณด้วย อัตราผลผลิต (Wafer Yield) และหักออกด้วยผลผลิตวัตถุดิบหลัก (Wafer Output, WOP) ที่ได้ในเดือนปัจจุบัน แสดงรายละเอียดดังสมการที่ (38)

$$Wwip_{hlt} = Wwip_{hl,(t-1)} + MIP_{hlt} - \left( \frac{WOP_{hlt}}{WYield_{hl}} \right) \quad (38)$$

โดยที่  $t = 1, 2, 3, \dots, 12$

$l = 1, 2, 3, \dots, 2$

$h = 1, 2, 3, \dots, 21$

อนึ่งกำหนดให้ปริมาณการเก็บวัตถุดิบหลักระหว่างทำ (Wafer WIP, WWip) ณ สิ้นเดือน (t) ของโรงงานผลิตวัตถุดิบหลักใดๆ มีค่าเท่ากับปริมาณการเก็บวัตถุดิบหลักระหว่างทำตามเป้าหมาย (Wafer WIP\_target, WWQ) ณ สิ้นเดือน (t) นั้นๆเสมอ คือไม่มีการผลิตวัตถุดิบหลักล่วงหน้าและไม่มีการขาดแคลนของวัตถุดิบหลัก แสดงรายละเอียดดังสมการที่ (39)

$$Wwip_{hlt} = WWQ_{hlt} \quad (39)$$

โดยที่  $t = 1, 2, 3, \dots, 12$

$$l = 1, 2, 3, \dots, 2$$

$$h = 1, 2, 3, \dots, 21$$

7.2.17 ปริมาณผลผลิตวัตุดิบหลัก (Wafer Output, WOP) ของวัตุดิบหลักใดๆ ณ เดือนที่วางแผนการผลิตของโรงงานผลิตวัตุดิบหลักใดๆ มีค่าเท่ากับ ปริมาณการส่งมอบวัตุดิบหลัก (Wafer Supply, WSP) ณ เดือนที่วางแผนรวมกับปริมาณวัตุดิบหลักคงคลัง (Wafer FG\_inventory, WFG) ของเดือนก่อนหน้าและปริมาณความปลอดภัยของการเก็บวัตุดิบหลักตามเป้าหมาย (Wafer FG\_target, WSSQ) ของเดือนที่วางแผนการผลิต ในกรณีที่ความต้องการวัตุดิบหลักของเดือนถัดไปมีค่าเท่าไม่เท่ากับศูนย์ รายละเอียดดังสมการที่ (40)

$$WOP_{hlt} = WSP_{hlt} - WFG_{hl,(t-1)} + WSSQ_{hlt}, \text{ เมื่อ } WDM_{hl,(t+1)} \neq 0 \quad (40)$$

$$\text{โดยที่ } t = 1, 2, 3, \dots, 12$$

$$l = 1, 2, 3, \dots, 2$$

$$h = 1, 2, 3, \dots, 21$$

อนึ่งปริมาณผลผลิตของวัตุดิบหลักใดๆ ณ เดือนที่วางแผนการผลิตของโรงงานผลิตวัตุดิบหลัก จะมีค่าเท่ากับปริมาณการส่งมอบวัตุดิบหลัก (Wafer Supply, WSP) ณ เดือนที่วางแผนรวมกับปริมาณวัตุดิบหลักคงคลัง (Wafer FG\_inventory, WFG) ของเดือนก่อนหน้า หากปริมาณความต้องการวัตุดิบหลักในโรงงานผลิตวัตุดิบหลักนั้นๆ ในเดือนถัดไปมีค่าเท่ากับศูนย์ และปริมาณผลผลิตของวัตุดิบหลักใดๆ ณ เดือนที่วางแผนการผลิตของโรงงานผลิตวัตุดิบหลัก จะต้องมีค่าเท่ากับศูนย์ ในกรณีที่การคำนวณปริมาณผลผลิตของวัตุดิบหลักมีค่าน้อยกว่าศูนย์ รายละเอียดดังสมการที่ (41) และ (42)

$$WOP_{hlt} = WSP_{hlt} - WFG_{hl,(t-1)}, \text{ เมื่อ } WDM_{hl,(t+1)} = 0 \quad (41)$$

$$WOP_{hlt} = 0, \text{ เมื่อ } WSP_{hlt} - WFG_{hl,(t-1)} + WSSQ_{hlt} \text{ หรือ } WSP_{hlt} - WFG_{hl,(t-1)} < 0 \quad (42)$$

$$\text{โดยที่ } t = 1, 2, 3, \dots, 12$$

$$l = 1, 2, 3, \dots, 2$$

$$h = 1, 2, 3, \dots, 21$$

7.2.11 ปริมาณนำเข้าวัตถุดิบหลัก (Wafer Input, WIP) ของวัตถุดิบหลักใดๆ ณ เดือนที่วางแผนการผลิตของโรงงานผลิตวัตถุดิบหลักมีค่าเท่ากับปริมาณผลผลิตวัตถุดิบหลัก ณ สิ้นเดือนที่วางแผนหารด้วยอัตราผลผลิตของวัตถุดิบหลักนั้น (Wafer Yield) หักออกด้วยปริมาณการเก็บวัตถุดิบหลักระหว่างทำ (Wafer WIP, WWip) ณ สิ้นเดือนของเดือนก่อนหน้า และรวมเข้ากับระดับปริมาณการเก็บวัตถุดิบหลักระหว่างทำตามเป้าหมาย (Wafer WIP\_target, WWQ) ของเดือนนั้น รายละเอียดแสดงดังสมการที่ (43)

$$MIP_{ht} = \left( \frac{WOP_{ht}}{WYield_{hl}} \right) - Wwip_{hl,(t-1)} + WWQ_{ht} \quad (43)$$

โดยที่  $t = 1, 2, 3, \dots, 12$

$l = 1, 2, 3, \dots, 2$

$h = 1, 2, 3, \dots, 21$

อนึ่งปริมาณนำเข้าของวัตถุดิบหลักใดๆ ณ เดือนที่วางแผนการผลิตของโรงงานผลิตวัตถุดิบหลัก จะต้องไม่น้อยกว่าศูนย์ ดังสมการที่ (44)

$$MIP_{ht} \geq 0 \quad (44)$$

โดยที่  $t = 1, 2, 3, \dots, 12$

$l = 1, 2, 3, \dots, 2$

$h = 1, 2, 3, \dots, 21$

## 8. ผลการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

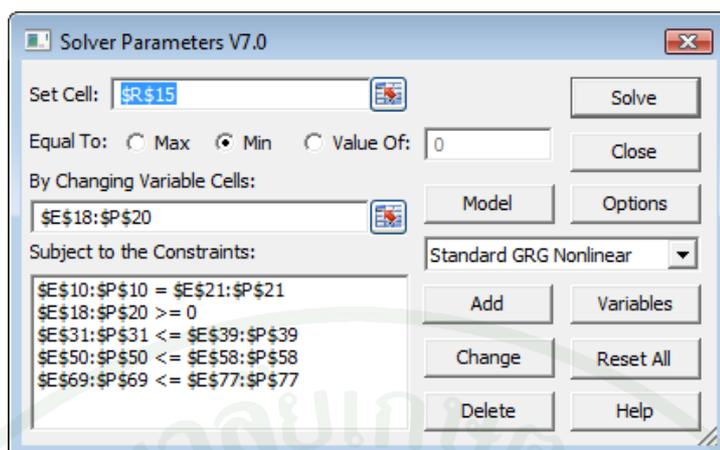
การศึกษานี้ เลือกใช้โปรแกรม Premium Solver for Education v7.0 มาเป็นเครื่องมือในการหาคำตอบ ซึ่งสะดวกต่อการใช้งานในทางปฏิบัติมาก เนื่องจากเป็น add-in ที่ทำงานบนโปรแกรม Microsoft Excel เมื่อนำซอฟต์แวร์มาใช้ในการหาคำตอบสำหรับผลิตภัณฑ์ทั้ง 10 ชนิด ด้วยระยะเวลาการผลิต 12 เดือน เมื่อสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยรวมสมการวัตถุประสงค์ พบว่าเกิดข้อจำกัดของโปรแกรม เนื่องมาจากลักษณะของปัญหาเป็นปัญหาที่ไม่เป็นเชิงเส้น (Non-Linear problem) ทำให้โปรแกรมที่ใช้ไม่สามารถรองรับขนาดปัญหาขนาดใหญ่ได้ เนื่องมาจากติดปัญหาทางด้านลิขสิทธิ์ ซึ่งจากข้อจำกัดดังกล่าว หากใช้ซอฟต์แวร์ลิขสิทธิ์จะทำให้เกิดค่าใช้จ่ายสูงมาก ซึ่งทำให้ไม่เหมาะกับการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม ดังนั้นจึงต้องลดขนาดของปัญหาให้เล็กลง โดยการหาคำตอบเริ่มจากการจัดรูปแบบของปัญหา และใส่สมการความสัมพันธ์ ตามสมการที่สร้างไว้ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ แต่เนื่องจากข้อจำกัดของ Solver นั้นสามารถระบุ cell วัตถุประสงค์ (Objective) ได้เพียง cell เดียวเท่านั้น ในขณะที่สมการเป้าหมายของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดไว้มี 3 สมการ ดังนั้นจึงใช้เทคนิคการจัดลำดับความสำคัญของวัตถุประสงค์ (Lexicography Programming) กำหนดค่าวัตถุประสงค์ที่ละขั้นตอน และนำค่าที่ได้จากผลการหาคำตอบด้วย Solver ในครั้งแรก ไปเป็นข้อจำกัดของการหาคำตอบด้วย Solver ในขั้นตอนถัดไป โดยมีการจัดลำดับของค่าเป้าหมาย เรียงลำดับความสำคัญดังต่อไปนี้ คือ

8.1 Min[total production cost]

8.2 Min[total customer transportation cost]

8.3 Max[Profit]

จากนั้นระบุ cell วัตถุประสงค์ (Objective), cell ตัวแปร (Variable) และ Cell ข้อจำกัด (Constraints) ให้กับ Solver ดังภาพที่ 26



ภาพที่ 26 การกำหนด cell เป้าหมาย (Objective), cell ตัวแปร (Variable) และ Cell ข้อจำกัด (Constraints) ให้กับ Solver

### 9. ผลการตรวจสอบผลลัพธ์

จากการเลือกใช้โปรแกรม Premium Solver for Education v7.0 มาเป็นเครื่องมือในการหาคำตอบ โดยเลือกผลิตภัณฑ์ตัวอย่างมา 1 ผลิตภัณฑ์ มาทดสอบแบบจำลอง ด้วยระยะเวลาการผลิต 12 เดือนนั้น (ข้อมูลพื้นฐานของผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง และความต้องการของลูกค้า แสดงดังตารางที่ 13 และ 14) ผลปรากฏว่าซอฟต์แวร์สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ แสดงดังภาพที่ 27

ตารางที่ 13 รายละเอียดของผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง

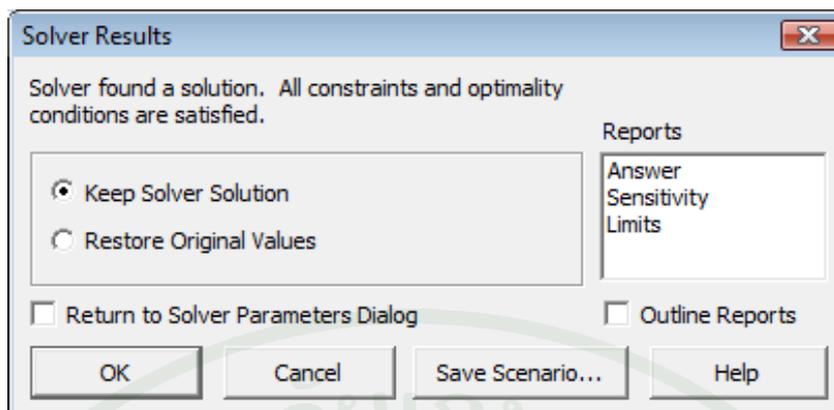
จำนวนโรงงานที่สามารถทำการผลิตสินค้าได้ (หน่วย: โรงงาน)	3		
จำนวนวัตถุดิบหลักที่ใช้ (หน่วย: ชนิด)	3		
จำนวนลูกค้า (หน่วย: ราย)	3		
ราคาขาย (หน่วย: บาท)	ลูกค้าที่ 1	ลูกค้าที่ 2	ลูกค้าที่ 3
	5	10	15
ต้นทุนการขนส่งสินค้า (หน่วย: บาท)	ลูกค้าที่ 1	ลูกค้าที่ 2	ลูกค้าที่ 3
โรงงานประกอบ 1	0.001	0.001	0.005

ตารางที่ 13 (ต่อ)

ต้นทุนการขนส่งสินค้า (หน่วย: บาท)	ลูกค้าที่ 1	ลูกค้าที่ 2	ลูกค้าที่ 3
โรงงานประกอบ 2	0.002	0.002	0.003
โรงงานประกอบ 3	0.002	0.002	0.001
	โรงงานประกอบ	โรงงานประกอบ	โรงงานประกอบ
ข้อมูลการผลิต(1)	1	2	3
ต้นทุนการผลิต (หน่วย: บาท)	0.1	0.2	0.3
ต้นทุนสินค้าคงคลัง (หน่วย: บาท)	0.1	0.2	0.3
ต้นทุนวัตถุดิบ (หน่วย: บาท)	10	10	10
ต้นทุนการขนส่งวัตถุดิบหลัก (หน่วย: บาท)	10	20	30
กำลังการผลิต (หน่วย: ตัวต่อเดือน)	8M	3M	7M
ร้อยละของผลผลิต	0.98	0.98	0.90
ระดับความปลอดภัยของการเก็บสินค้าคงคลัง (หน่วย: วัน)	7	7	7
เวลาในการผลิตสินค้า (หน่วย: วัน)	17	15	10
ข้อมูลการผลิต(2)	วัตถุดิบหลัก 1	วัตถุดิบหลัก 2	วัตถุดิบหลัก 3
ต้นทุนการผลิต (หน่วย: บาท)	10	10	10
ต้นทุนสินค้าคงคลัง (หน่วย: บาท)	10	10	10
ต้นทุนวัตถุดิบ (หน่วย: บาท)	5	5	5
ร้อยละของผลผลิต	0.90	0.90	0.90
ระดับความปลอดภัยของการเก็บสินค้าคงคลัง (หน่วย: วัน)	7	7	7
เวลาในการผลิตสินค้า (หน่วย: วัน)	10	10	10
Wafer/Slice (หน่วย: แผ่น)	500	1000	700

ตารางที่ 14 ข้อมูลความต้องการของลูกค้าสำหรับผลิตภัณฑ์ตัวอย่างในปี 2553 ที่ใช้ทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นสำหรับ 3 โรงงาน  
(หน่วย: พันชิ้น)

Month	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
Cust1	-	100	310	610	100	-	-	690	4,000	3,250	3,570	1,870
Cust2	-	-	-	-	250	40	360	2,300	5,500	5,000	5,000	5,000
Cust3	15	160	350	410	360	190	-	890	6,740	5,840	2,390	1,420
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>260</b>	<b>660</b>	<b>1,020</b>	<b>710</b>	<b>230</b>	<b>360</b>	<b>3,880</b>	<b>16,240</b>	<b>14,090</b>	<b>10,960</b>	<b>8,290</b>



ภาพที่ 27 ผลการหาคำตอบที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม Premium Solver for Education v7.0

โปรแกรมสามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดโดยใช้เวลาประมาณ 1 นาทีในการหาคำตอบ ผลลัพธ์ที่ได้จาก Solver คือ แผนการผลิตมีปริมาณนำเข้าที่เหมาะสมไม่เกินกำลังการผลิตที่มี เกิดงานระหว่างทำตามเป้าหมายทุกเดือน นอกจากนั้นปริมาณผลผลิต ปริมาณสินค้าคงคลังเป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนด รวมทั้งปริมาณการส่งมอบงาน จะเห็นได้ว่าได้คำตอบที่เป็นไปตามสมการข้อจำกัดทุกข้อ และเป็นคำตอบที่เหมาะสมสำหรับแผนการผลิตรายเดือน ตัวอย่างดังภาพที่ 28

ผลการเปรียบเทียบการจัดสรรความต้องการที่ใช้ Solver หาคำตอบกับวิธีการจัดสรรความต้องการที่ใช้ในปัจจุบันของผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง (หน่วย: พันชิ้น) ดังตารางที่ 15 จากตารางจะเห็นว่า การจัดสรรความต้องการจะเริ่มมีความแตกต่างกันตั้งแต่เดือนที่ 8 เป็นต้นไป เนื่องมาจากวิธีการจัดสรร กำหนดให้จัดสรรไปยังโรงงานที่มีต้นทุนในการผลิตที่ต่ำที่สุดก่อน จนเต็มกำลังการผลิตที่มี หลังจากนั้นจึงจัดสรรความต้องการส่วนเกินไปยังโรงงานอื่น ที่มีต้นทุนที่ต่ำเป็นลำดับรองลงมา จนกระทั่งครบทุกโรงงาน ซึ่งแตกต่างจากวิธีการแบบเดิมที่จะพิจารณาเพียงเฉพาะค่าต้นทุนมาตรฐานในการผลิต สำหรับใช้ในการจัดสรรความต้องการ รวมทั้งค่าการผลิตโดยรวมเท่านั้นซึ่งไม่เพียงพอต่อการตัดสินใจ

The screenshot shows the Microsoft Excel interface with the Solver Parameters dialog box open. The dialog box is configured to maximize the value of cell \$G\$29, with the following constraints:

- By Changing Variable Cells: \$G\$116:\$I\$118,\$G\$109:\$I\$111,\$G\$104
- Subject to the Constraints:
  - \$D\$102:\$D\$104 <= \$E\$102:\$E\$104
  - \$D\$109:\$D\$111 <= \$E\$109:\$E\$111
  - \$D\$116:\$D\$118 <= \$E\$116:\$E\$118
  - \$D\$39:\$D\$41 <= \$E\$39:\$E\$41
  - \$D\$46:\$D\$48 <= \$E\$46:\$E\$48
  - \$D\$53:\$D\$55 <= \$E\$53:\$E\$55
  - \$G\$60:\$G\$62 <= \$F\$60:\$F\$62

The Solver Parameters dialog box also shows the following options:

- Set Cell: \$G\$29
- Equal To: Max (selected), Min, Value Of: 0
- Model (selected)
- Standard LP Simplex (selected)

The data table below shows the demand allocation by item, with the Profit cell highlighted in red.

		M7	M8	M9	M10	M11	M12						
Cust1		0	0	690000	4000000	3250000	3570000	1870000					
Cust2		000	360000	2300000	5500000	5000000	5000000	5000000					
Cust3		000	0	890000	6740000	5840000	2390000	1420000					
Total		000	360000	3880000	16240000	14090000	10960000	8290000					
Price		5	5	5	5	5	5	5					
Cust1		10	10	10	10	10	10	10					
Cust2		15	15	15	15	15	15	15					
Cust3													
Allocation													
Plant1		15000	260000	660000	1020000	710000	230000	360000	3880000	10213535	6624134	7909697	8290000
Plant2		0	0	0	0	0	0	0	5435309	1145867	3050303	0	
Plant3		0	0	0	0	0	0	0	591156	6319999	0	0	
Total		15000	260000	660000	1020000	710000	230000	360000	3880000	16240000	14090000	10960000	8290000
TotalCost_Assembly plant													
Plant1		87,211	169,336	264,725	190,131	95,014	227,063	1,101,215	2,313,496	2,068,976	2,189,145	2,010,237	439,567
Plant2		-	0	0	0	0	0	358,259	1,726,498	1,217,548	1,076,379	381,108	0
Plant3		0	0	-	-	-	-	41,071	665,864	2,505,025	1,712,530	0	0
TotalCost_W		70,052	77,272	81,847	55,042	100,822	376,435	937,479	1,358,909	1,329,338	1,009,190	448,836	80,244

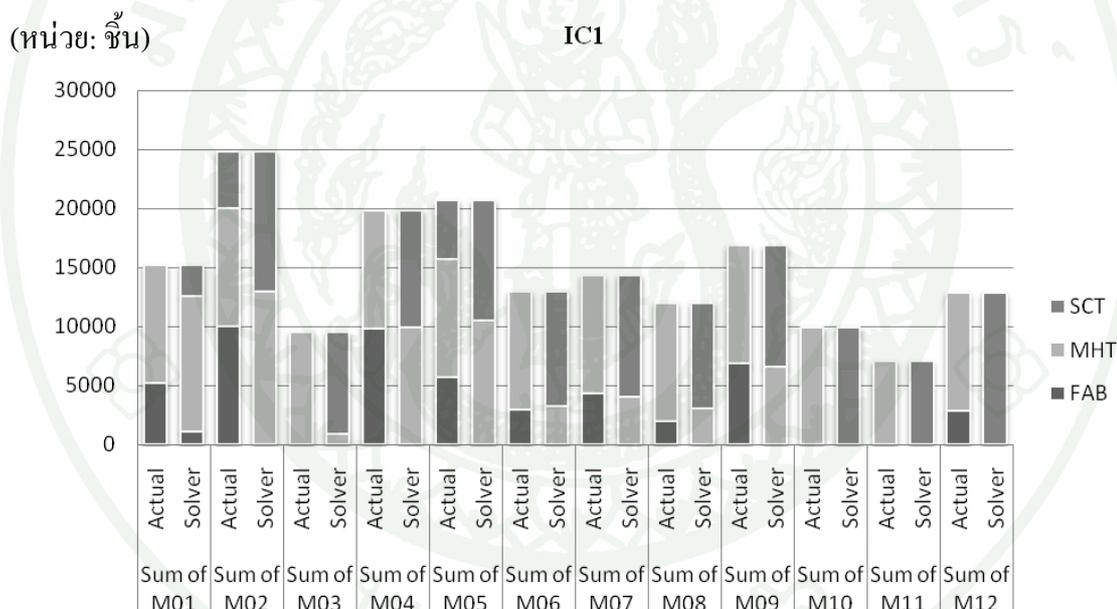
The Profit cell is highlighted in red and shows a value of 10,795,709.

ภาพที่ 28 ผลการหาคำตอบด้วยโปรแกรม Premium Solver for Education v7.0

ตารางที่ 15 ผลการเปรียบเทียบการจัดสรรความต้องการที่ใช้ Solver หาคำตอบกับวิธีการจัดสรรความต้องการที่ใช้ในปัจจุบันของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างในปี 2553  
(หน่วย: พันชิ้น)

Month	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
<b>ผลจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นำเสนอ</b>												
Plant1	15	260	660	1,020	710	230	360	3,880	10,214	6,624	7,910	8,290
Plant2	-	-	-	-	-	-	-	-	5,435	1,146	3,050	-
Plant3	-	-	-	-	-	-	-	-	591	6,320	-	-
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>260</b>	<b>660</b>	<b>1,020</b>	<b>710</b>	<b>230</b>	<b>360</b>	<b>3,880</b>	<b>16,240</b>	<b>14,090</b>	<b>10,960</b>	<b>8,290</b>
<b>แผนการผลิตที่ผ่านมาของโรงงานกรณีศึกษา</b>												
Plant1	15	260	660	1,020	710	230	360	1,810	200	600	3,450	4,420
Plant2	-	-	-	-	-	-	-	690	5,720	4,820	1,970	1,000
Plant3	-	-	-	-	-	-	-	1,380	10,320	8,670	5,540	2,870
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>260</b>	<b>660</b>	<b>1,020</b>	<b>710</b>	<b>230</b>	<b>360</b>	<b>3,880</b>	<b>16,240</b>	<b>14,090</b>	<b>10,960</b>	<b>8,290</b>

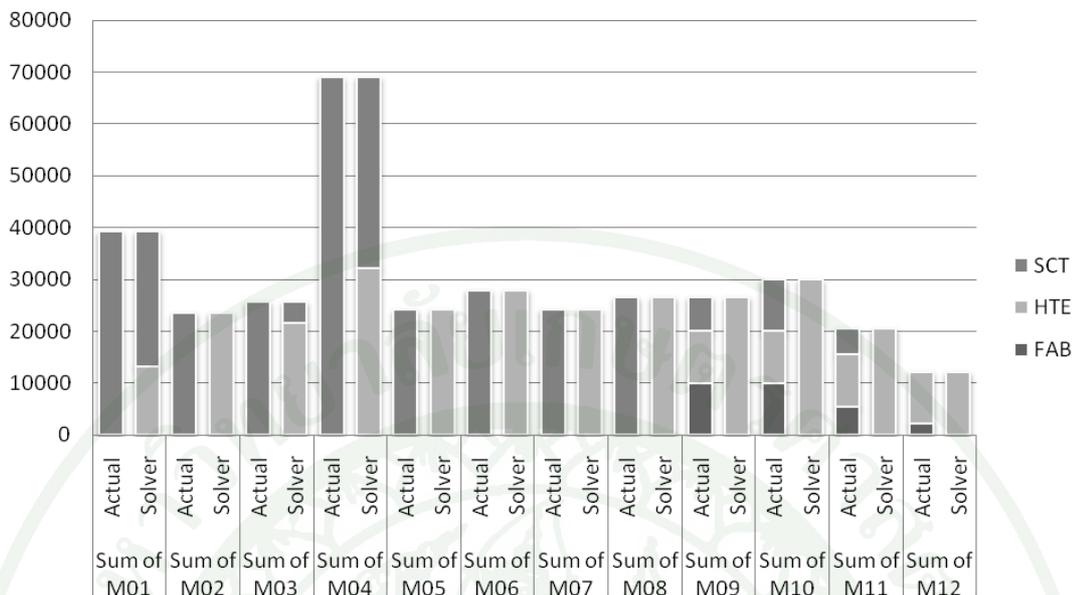
หลังจากนั้นทำการหาคำตอบของผลิตภัณฑ์ทั้ง 10 ผลิตภัณฑ์ที่คัดเลือกมาทำวิจัย โดยข้อมูลที่ใช้สำหรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแต่ละผลิตภัณฑ์ สำหรับในกรณีที่ใช้ผลจากการพยากรณ์ที่รวมกลุ่มข้อมูล ก่อนนำมาใช้ในการจัดสรรความต้องการจำเป็นต้องแบ่งผลการพยากรณ์ออกตามสัดส่วนความต้องการของแต่ละผลิตภัณฑ์ก่อน แต่ในงานวิจัยนี้ข้อมูลความต้องการที่ใช้เป็นข้อมูลจริงที่เกิดขึ้นแล้ว ณ โรงงานกรณีศึกษา เพื่อจะได้เปรียบเทียบผลที่นำเสนอกับผลที่เกิดขึ้นจริงได้ แสดงรายละเอียดของผลิตภัณฑ์ทั้ง 10 ที่ใช้ในงานวิจัยดังตารางผนวกที่ 10 ถึงตารางผนวกที่ 19 และ แสดงผลการจัดสรรความต้องการของทั้ง 10 ผลิตภัณฑ์ที่คัดเลือกมาทำการวิจัย เปรียบเทียบกับผลการจัดสรรที่เกิดขึ้นจริง ดังภาพที่ 29 ถึงภาพที่ 38 (รายละเอียดของภาพ แสดงตามตารางผนวกที่ 20 ถึงตารางผนวกที่ 29)



ภาพที่ 29 ผลการเปรียบเทียบกับการจัดสรรความต้องการของผลิตภัณฑ์ที่ 1

(หน่วย: ชิ้น)

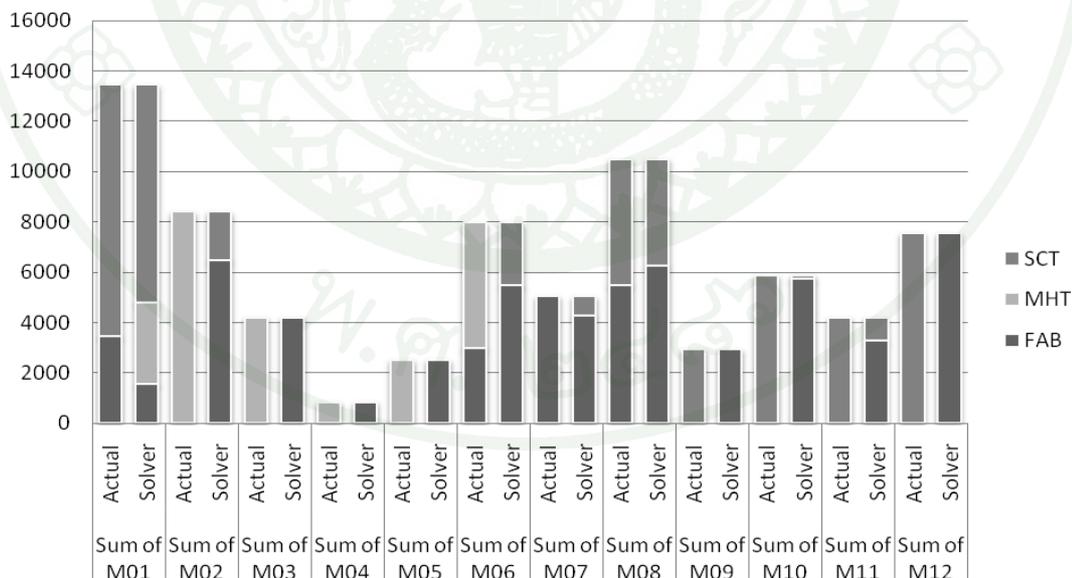
IC2



ภาพที่ 30 ผลการเปรียบเทียบกับการจัดสรรความต้องการของผลิตภัณฑ์ที่ 2

(หน่วย: ชิ้น)

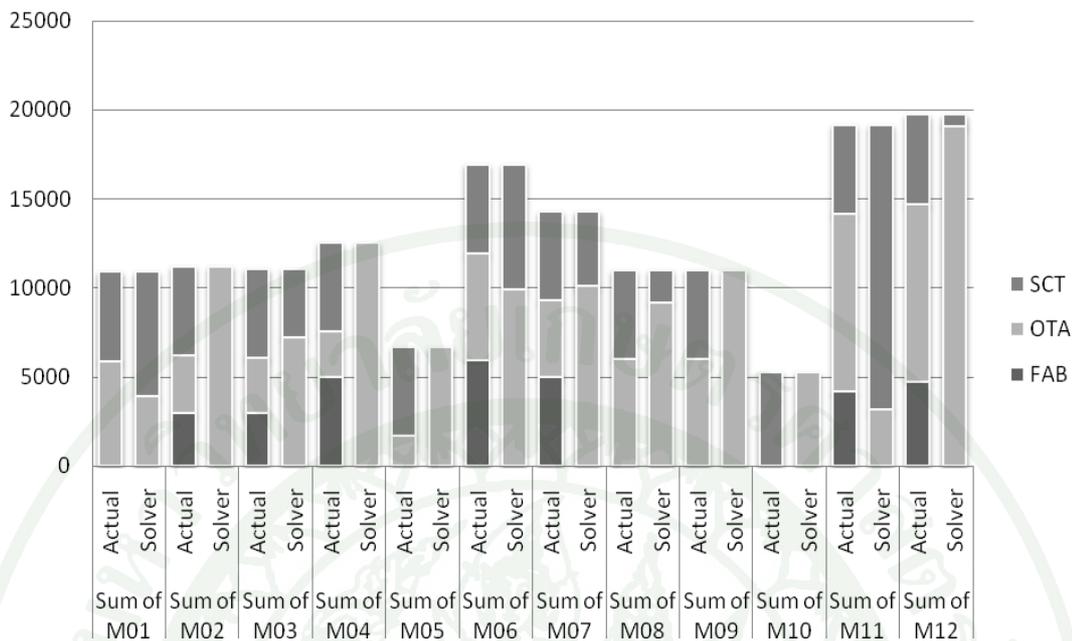
IC3



ภาพที่ 31 ผลการเปรียบเทียบกับการจัดสรรความต้องการของผลิตภัณฑ์ที่ 3

(หน่วย: ชิ้น)

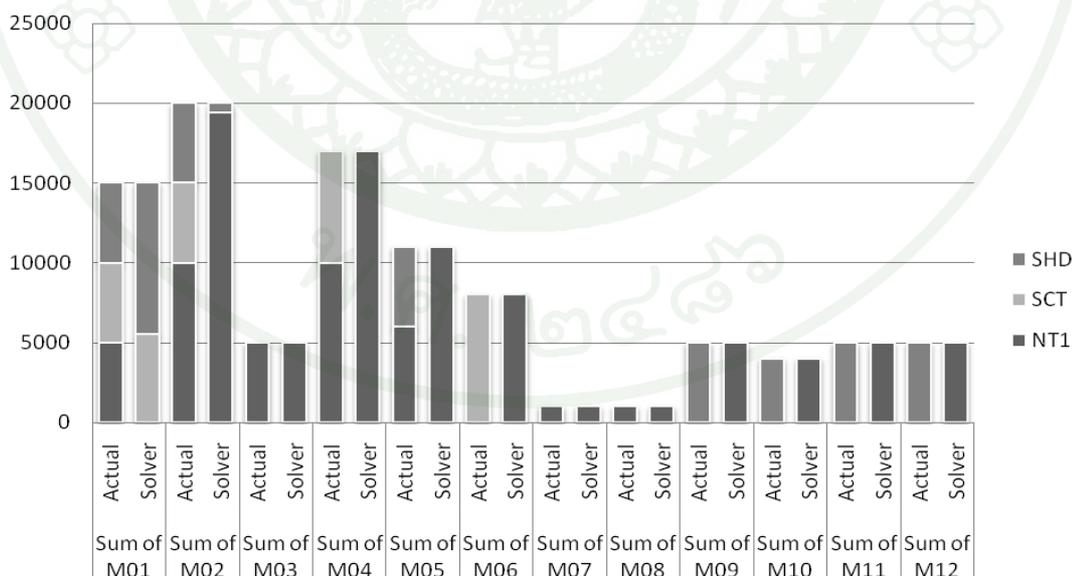
IC4



ภาพที่ 32 ผลการเปรียบเทียบกับการจัดสรรความต้องการของผลิตภัณฑ์ที่ 4

(หน่วย: ชิ้น)

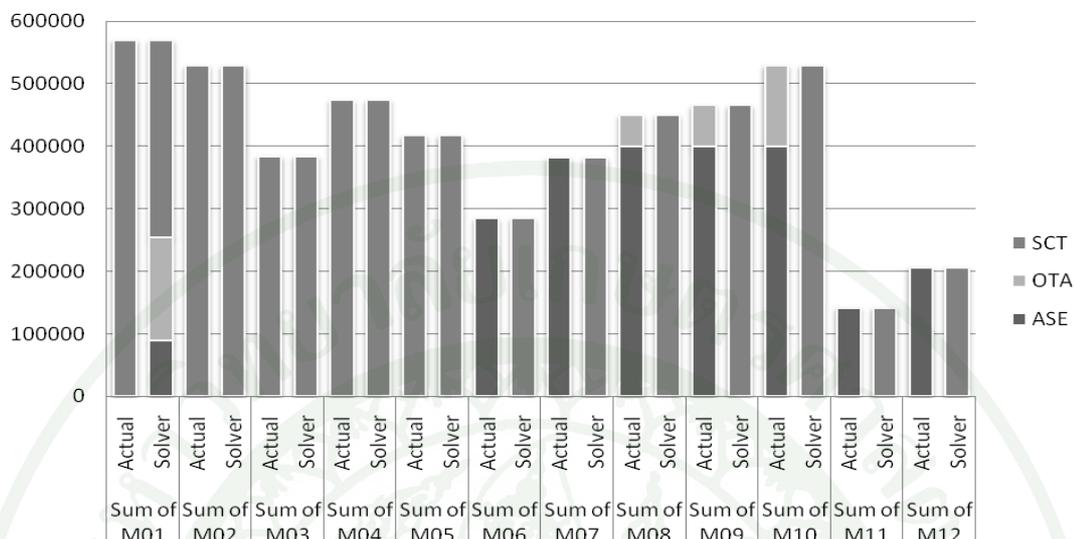
IC5



ภาพที่ 33 ผลการเปรียบเทียบกับการจัดสรรความต้องการของผลิตภัณฑ์ที่ 5

(หน่วย: ชน)

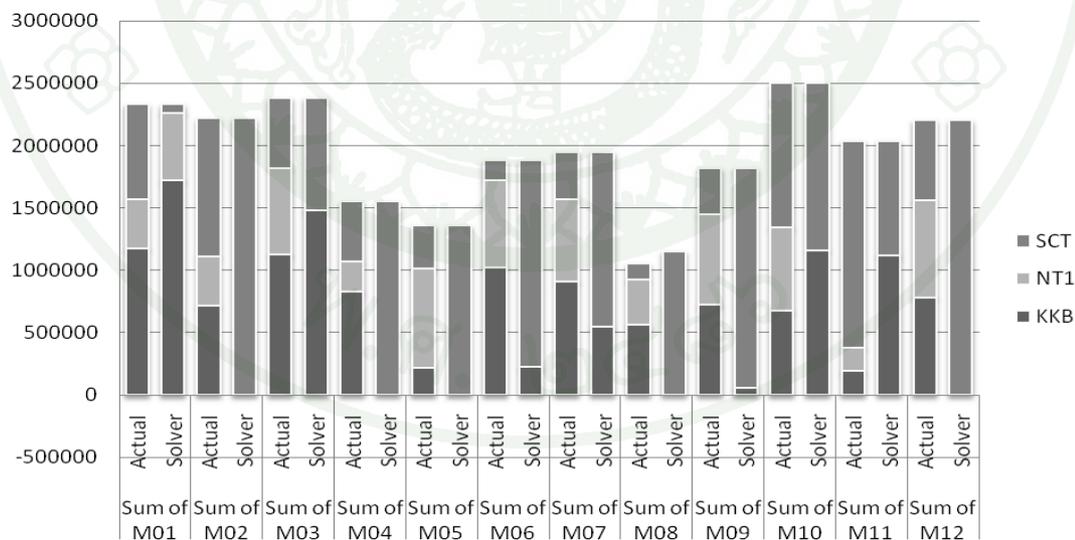
IC6



ภาพที่ 34 ผลการเปรียบเทียบกับการจัดสรรความต้องการของผลิตภัณฑ์ที่ 6

(หน่วย: ชน)

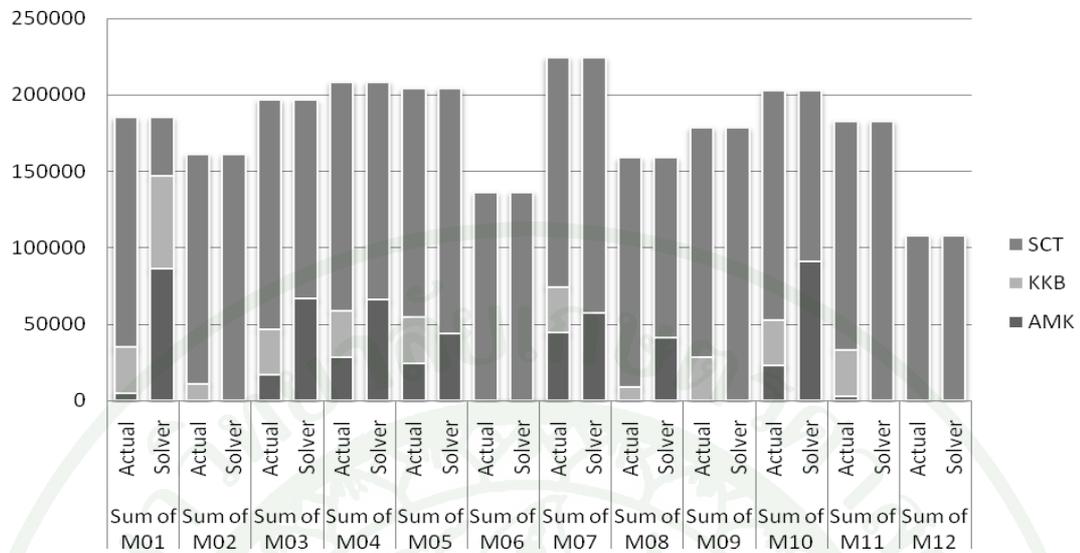
IC7



ภาพที่ 35 ผลการเปรียบเทียบกับการจัดสรรความต้องการของผลิตภัณฑ์ที่ 7

(หน่วย: ชิ้น)

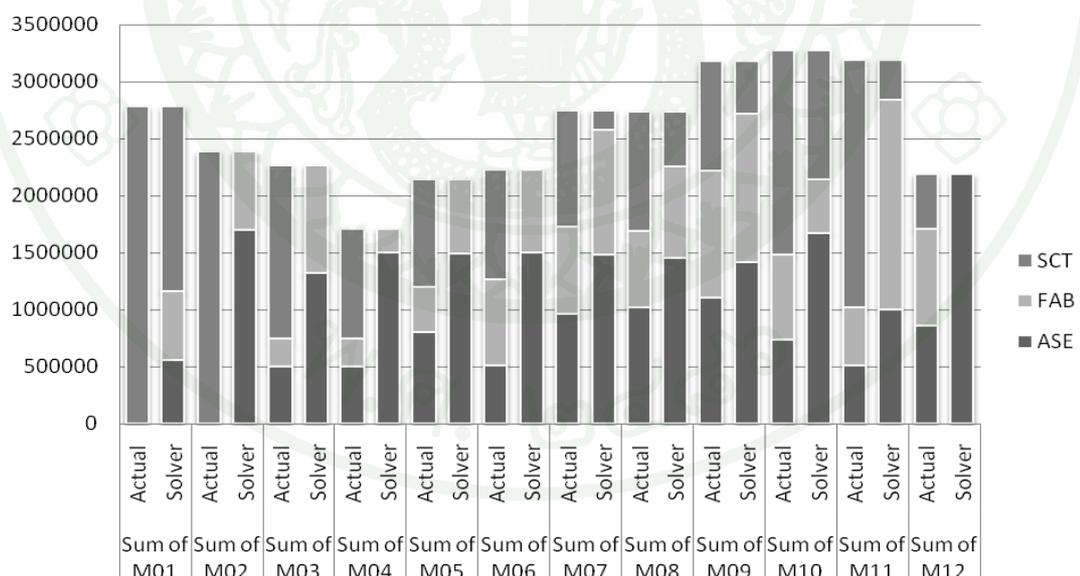
IC8



ภาพที่ 36 ผลการเปรียบเทียบกับการจัดสรรความต้องการของผลิตภัณฑ์ที่ 8

(หน่วย: ชิ้น)

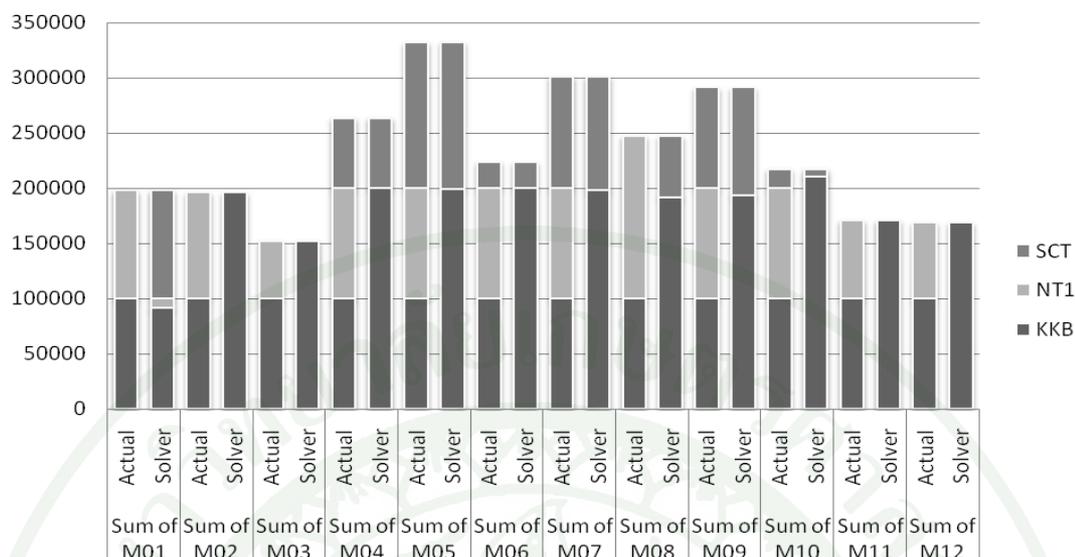
IC9



ภาพที่ 37 ผลการเปรียบเทียบกับการจัดสรรความต้องการของผลิตภัณฑ์ที่ 9

(หน่วย: ชิ้น)

IC10



ภาพที่ 38 ผลการเปรียบเทียบกับการจัดสรรความต้องการของผลิตภัณฑ์ที่ 10

จากผลการจัดสรรที่ได้ สามารถแสดงปริมาณการจัดสรรคำสั่งซื้อของทั้ง 10 ผลิตภัณฑ์ไปยัง 10 โรงงานในระบบห่วงโซ่อุปทานตลอดทั้ง 12 เดือน ได้ดังตารางที่ 16

#### 10. เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่นำเสนอ กับผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการทำงานในปัจจุบัน

สรุปผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจัดสรรความต้องการที่ใช้ Solver หาคำตอบกับวิธีการจัดสรรความต้องการที่ใช้ในปัจจุบันของผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง ดังตารางที่ 17 จากตารางแสดงให้เห็นว่าผลกำไรที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นำเสนอ ดีกว่าแผนการผลิตในปัจจุบันเป็นอย่างมาก โดยสามารถเพิ่มผลกำไรได้มากกว่า 10 ล้านบาท ต่อระยะเวลาการวางแผน 12 เดือนของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่นำเสนอ โดยถึงแม้ต้นทุนการขนส่งจะเพิ่มขึ้นจากแผนการผลิตเดิมจาก 88,000 บาท เป็น 93,000 บาท คิดเป็น 5.68% ของแผนการผลิตเดิมก็ตาม แต่เทียบกับปริมาณต้นทุนที่ลดลงจาก 36.2 ล้านบาทเหลือเพียง 26.1 ล้านบาท คิดเป็น 27.93% ถือว่าน้อยมาก ดังนั้นจึงสามารถเพิ่มผลกำไรให้แก่ระบบห่วงโซ่อุปทานได้เป็นอย่างดีเมื่อเทียบกับวิธีการในปัจจุบัน โดยผลกำไรเพิ่มขึ้นจาก 552 ล้านบาท เป็น 562 ล้านบาท คิดเป็น 1.8% ของแผนการผลิตเดิม

ตารางที่ 16 ผลการจัดสรรคำสั่งซื้อของทั้ง 10 ผลิตภัณฑ์ไปยัง 10 โรงงานในระบบห่วงโซ่อุปทาน

Values	AMK		AMK Var	ASE		ASE Var	FAB		FAB Var	HTE		HTE Var
	Actual	Solver		Actual	Solver		Actual	Solver		Actual	Solver	
Sum of M01	5036	86585	81549		649076	649076	8610	606366	597756		13266	13266
Sum of M02		0	0		1701769	1701769	13000	687515	674515		23550	23550
Sum of M03	16704	66592	49888	500000	1317526	817526	253000	954619	701619		21635	21635
Sum of M04	28536	66157	37621	500000	1503571	1003571	264800	201089	-63711		32219	32219
Sum of M05	24488	43655	19167	800000	1493473	693473	405665	651563	245898		24150	24150
Sum of M06		0	0	797000	1505121	708121	761850	731569	-30281		27900	27900
Sum of M07	44509	57192	12683	1341000	1481095	140095	782425	1098090	315665		24221	24221
Sum of M08		41117	41117	1420000	1455742	35742	680794	806837	126043		26550	26550
Sum of M09		0	0	1507983	1412188	-95795	1124818	1307697	182879	10000	26600	16600
Sum of M10	22732	91253	68521	1140123	1671167	531044	750123	473952	-276171	10000	29950	19950
Sum of M11	2900	0	-2900	652563	1004172	351609	520923	1836508	1315585	10000	20500	10500
Sum of M12		0	0	1061235	2187695	1126460	864962	7560	-857402	10000	12150	2150
<b>Sum</b>	144905	452551	307646	9719904	17382594	7662690	6430970	9363364	2932394	40000	282691	242691

ตารางที่ 16 (ต่อ)

Values	KKB		KKB Var	MHT		MHT Var	NT1		NT1 Var	OTA		OTA Var
	Actual	Solver		Actual	Solver		Actual	Solver		Actual	Solver	
Sum of M01	1306050	1870185	564135	10000	14649	4649	495294	552706	57412	5900	169493	163593
Sum of M02	828652	195949	-632703	18400	12951	-5449	501509	19391	-482118	3220	11220	8000
Sum of M03	1257200	1631528	374328	13710	949	-12761	744679	5000	-739679	3060	7248	4188
Sum of M04	960000	200313	-759687	10840	9953	-887	350000	17000	-333000	2540	12540	10000
Sum of M05	350000	199419	-150581	12520	10538	-1982	896550	11000	-885550	1680	6680	5000
Sum of M06	1120000	423925	-696075	15000	3221	-11779	802000	8000	-794000	6000	9939	3939
Sum of M07	1039000	743424	-295576	10000	4051	-5949	758000	1000	-757000	4280	10084	5804
Sum of M08	770761	191808	-578953	10000	3034	-6966	510131	1000	-509131	56000	9171	-46829
Sum of M09	850524	249453	-601071	10000	6597	-3403	822071	5000	-817071	71000	11000	-60000
Sum of M10	803143	1369736	566593	9956	0	-9956	773143	4000	-769143	129000	5260	-123740
Sum of M11	318795	1292073	973278	7047	0	-7047	259553	5000	-254553	10000	3168	-6832
Sum of M12	882000	168716	-713284	10000	0	-10000	850716	5000	-845716	10000	19104	9104
<b>Sum</b>	10486125	8536528	-1949597	137473	65943	-71530	7763646	634096	-7129550	302680	274906	-27774

ตารางที่ 16 (ต่อ)

Values	SCT		SCT Var	SHD		SHD Var
	Actual	Solver		Actual	Solver	
Sum of M01	4320832	2184901	-2135931	5000	9495	4495
Sum of M02	4205190	2922018	-1283172	5000	609	-4391
Sum of M03	2650145	1433401	-1216744		0	0
Sum of M04	2202555	2276429	73874		0	0
Sum of M05	2025938	2081362	55424	5000	0	-5000
Sum of M06	1328133	2120308	792175		0	0
Sum of M07	1684093	2244151	560058		0	0
Sum of M08	1353830	2266257	912427		0	0
Sum of M09	1588261	2971122	1382861	5000	0	-5000
Sum of M10	3142086	3138989	-3097	4000	0	-4000
Sum of M11	3988810	1614170	-2374640	5000	0	-5000
Sum of M12	1235535	2529223	1293688	5000	0	-5000
<b>Sum</b>	29725408	27782332	-1943076	34000	10104	-23896

ตารางที่ 17 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจัดสรรความต้องการที่ใช้ Solver หาคำตอบกับ  
วิธีการจัดสรรความต้องการที่ใช้ในปัจจุบันของผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง

(หน่วย: พันบาท)	ต้นทุนการผลิตรวม	ต้นทุนขนส่ง	กำไร
แผนการจัดสรรความต้องการแบบเดิม	36,211	88	552,175
แผนการจัดสรรความต้องการที่นำเสนอ	26,098	93	562,284
การเปลี่ยนแปลง (เพิ่มขึ้น/ลดลง)	(10,113)	4	<b>+10,109</b>

จากผลของการตรวจสอบกับผลิตภัณฑ์ตัวอย่างแสดงให้เห็นว่า วิธีการที่นำเสนอให้ประสิทธิภาพของการจัดสรรความต้องการที่ดีกว่าวิธีการที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน จึงนำวิธีการดังกล่าวไปใช้เพื่อจัดสรรความต้องการสำหรับผลิตภัณฑ์ทั้ง 10 ผลิตภัณฑ์ที่ได้คัดเลือกไว้จากผลของการศึกษาข้อที่ 1 โดยเลือกข้อมูลความต้องการมา 12 เดือนต่อสินค้า ข้อมูลความต้องการของผลิตภัณฑ์ทั้ง 10 ลำดับแยกตามลูกค้าซึ่งแสดงดังตารางผนวกที่ 9 รวมทั้งข้อมูลของผลิตภัณฑ์ทั้ง 10 ลำดับสำหรับใช้ในการจัดสรรความต้องการของลูกค้า แสดงตามตารางผนวกที่ 10-19 ผลการเปรียบเทียบต้นทุนที่ เพิ่มขึ้น หรือ ลดลง จากวิธีการจัดสรรความต้องการที่ใช้ Solver หาคำตอบ กับวิธีการจัดสรรความต้องการที่ใช้ในปัจจุบันของแต่ละโรงงานในระบบห่วงโซ่อุปทาน แสดงดังตารางที่ 18 ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าแผนการจัดสรรที่นำเสนอจะทำให้บางโรงงานในเครือข่ายระบบห่วงโซ่อุปทานมีต้นทุนที่เพิ่มขึ้น ได้แก่ โรงงาน FAB, KKB, OTA, ASE และ HTE ในทางตรงกันข้ามจะมีโรงงานที่ต้นทุนลดลงจากวิธีการจัดสรรแบบใหม่ ได้แก่ โรงงาน SCT, NT1, MHT, SHD และ AMK โดยเฉพาะโรงงาน SCT มีต้นทุนที่ลดลงเป็นอย่างมากถึง 89 ล้านบาท

ตารางที่ 18 ผลการเปรียบเทียบต้นทุนหลังการจัดสรรความต้องการที่ใช้ Solver หาคำตอบกับ  
วิธีการจัดสรรความต้องการที่ใช้ในปัจจุบันของทั้ง 10 โรงงานในระบบห่วงโซ่อุปทาน

โรงงาน	แผนการจัดสรร	ต้นทุนการผลิตรวม (บาท)	ต้นทุนขนส่ง (บาท)	ต้นทุนรวม (บาท)
<b>SCT</b>	การจัดสรรแบบเดิม	166,674,915	34,173	166,709,088
	การจัดสรรที่นำเสนอ	77,285,208	25,375	77,310,583
	การเปลี่ยนแปลง (เพิ่มขึ้น/ลดลง)	<b>(89,389,707)</b>	<b>(8,798)</b>	<b>(89,398,505)</b>
<b>FAB</b>	การจัดสรรแบบเดิม	52,068,364	85,534	52,153,898
	การจัดสรรที่นำเสนอ	70,791,200	107,038	70,898,238
	การเปลี่ยนแปลง (เพิ่มขึ้น/ลดลง)	18,722,836	21,504	<b>18,744,340</b>
<b>NT1</b>	การจัดสรรแบบเดิม	12,546,380	14,466	12,560,846
	การจัดสรรที่นำเสนอ	2,029,156	11,195	2,040,351
	การเปลี่ยนแปลง (เพิ่มขึ้น/ลดลง)	<b>(10,517,224)</b>	<b>(3,271)</b>	<b>(10,520,495)</b>
<b>KKB</b>	การจัดสรรแบบเดิม	10,355,489	23,680	10,379,169
	การจัดสรรที่นำเสนอ	15,857,267	24,303	15,881,570
	การเปลี่ยนแปลง (เพิ่มขึ้น/ลดลง)	5,501,779	623	<b>5,502,401</b>
<b>MHT</b>	การจัดสรรแบบเดิม	1,556,182	26,600	1,582,782
	การจัดสรรที่นำเสนอ	782,041	28,550	810,591
	การเปลี่ยนแปลง (เพิ่มขึ้น/ลดลง)	<b>(774,140)</b>	1,950	<b>(772,191)</b>
<b>OTA</b>	การจัดสรรแบบเดิม	5,897,747	944,539	6,842,286
	การจัดสรรที่นำเสนอ	8,821,836	1,318,622	10,140,458
	การเปลี่ยนแปลง (เพิ่มขึ้น/ลดลง)	2,924,089	374,083	<b>3,298,173</b>

## ตารางที่ 18 (ต่อ)

โรงงาน	แผนการจัดสรร	ต้นทุนการผลิตรวม (บาท)	ต้นทุนขนส่ง (บาท)	ต้นทุนรวม (บาท)
ASE	การจัดสรรแบบเดิม	63,906,564	6,090,706	69,997,270
	การจัดสรรที่นำเสนอ	109,231,201	8,903,305	118,134,507
	การเปลี่ยนแปลง (เพิ่มขึ้น/ลดลง)	45,324,637	2,812,600	<b>48,137,236</b>
HTE	การจัดสรรแบบเดิม	1,345,243	439,070	1,784,313
	การจัดสรรที่นำเสนอ	9,474,412	405,968	9,880,380
	การเปลี่ยนแปลง (เพิ่มขึ้น/ลดลง)	8,129,169	(33,102)	<b>8,096,067</b>
SHD	การจัดสรรแบบเดิม	905,981	6,953,340	7,859,321
	การจัดสรรที่นำเสนอ	256,005	7,539,206	7,795,211
	การเปลี่ยนแปลง (เพิ่มขึ้น/ลดลง)	(649,976)	585,867	<b>(64,110)</b>
AMK	การจัดสรรแบบเดิม	40,062	625,154	665,216
	การจัดสรรที่นำเสนอ	111,973	488,121	600,094
	การเปลี่ยนแปลง (เพิ่มขึ้น/ลดลง)	71,911	(137,032)	<b>(65,122)</b>

จากผลของการจัดสรรความต้องการด้วยวิธีการที่นำเสนอของทั้ง 10 ผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาระบบห่วงโซ่อุปทานโดยรวม พบว่าวิธีการที่นำเสนอสามารถให้ผลกำไรที่เพิ่มขึ้นต่อระบบห่วงโซ่อุปทานโดยรวมเป็นมูลค่าถึง 17 ล้านบาท ผลอันเนื่องมาจากต้นทุนการผลิตที่ลดลงเป็นมูลค่าถึง 20.65 ล้านบาท แต่ในทางตรงกันข้ามต้นทุนการขนส่งเพิ่มมากขึ้นจากเดิมเป็นมูลค่า 3.6 ล้านบาท อันเนื่องมาจากระยะทางที่ไกลขึ้นแต่เป็นปริมาณไม่มากนักเมื่อเทียบกับต้นทุนในการผลิต รายละเอียดการเปรียบเทียบแสดงดังตารางที่ 19

**ตารางที่ 19** ผลการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระบบห่วงโซ่อุปทานโดยรวมระหว่าง  
แผนการจัดสรรความต้องการแบบเดิมและแผนการจัดสรรความต้องการที่นำเสนอ

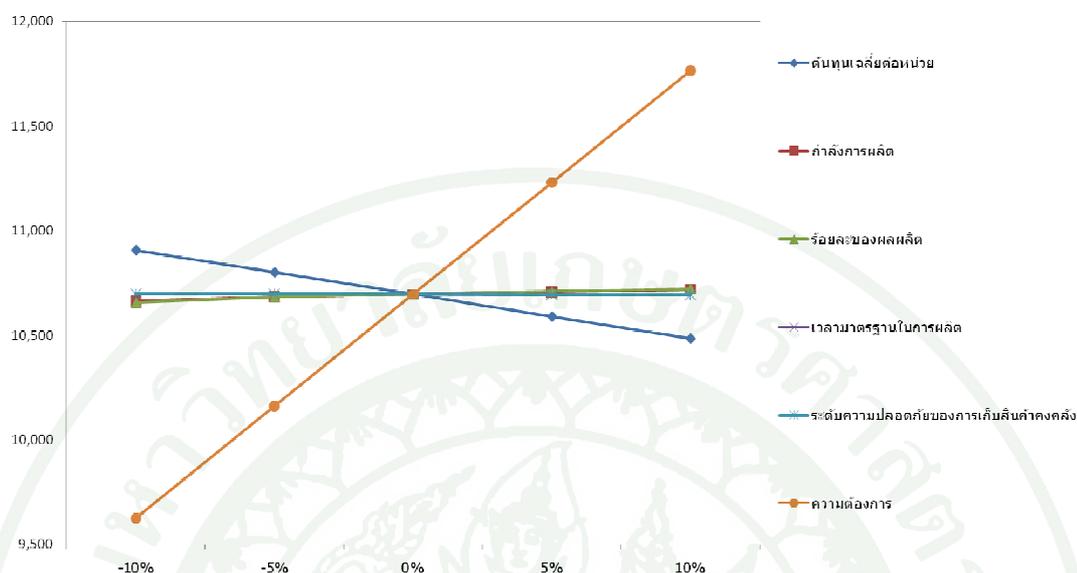
แผนการจัดสรร	ต้นทุนการผลิตรวม (บาท)	ต้นทุนขนส่ง (บาท)	กำไร (บาท)
การจัดสรรแบบเดิม	315,296,927	15,237,262	1,508,074,598
การจัดสรรที่นำเสนอ	294,640,299	18,851,684	1,525,116,803
การเปลี่ยนแปลง (เพิ่มขึ้น/ลดลง)	(20,656,628)	3,614,423	<u>+17,042,205</u>

จากที่กล่าวมาทั้งหมด หากนำวิธีการดังกล่าวไปใช้จริงกับทุกผลิตภัณฑ์ไม่เพียงแต่จะสามารถสร้างผลกำไรให้เพิ่มมากขึ้นเท่านั้น แต่จะสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการทำงานได้อีกทางหนึ่ง อย่างไรก็ตามแต่ค่าข้อมูลความต้องการไม่สามารถที่จะรู้ล่วงหน้าได้ ดังนั้นวิธีการพยากรณ์ที่แม่นยำ จะมีประโยชน์เป็นอย่างมากสำหรับการนำเสนอค่าพยากรณ์ที่ได้จากวิธีการที่เหมาะสม มาใช้ร่วมกับการจัดสรรความต้องการด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นำเสนอ

### 11. ผลการวิเคราะห์หาความไวหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อผลกำไร

ในการวิเคราะห์หาความไวของผลิตภัณฑ์ งานวิจัยนี้คัดเลือกผลิตภัณฑ์มา 1 ผลิตภัณฑ์ที่มีความต้องการสูงสุด ซึ่งได้แก่ผลิตภัณฑ์ลำดับที่ 9 (IC9) มาเป็นตัวอย่างในการศึกษาความไวของตัวแปรที่ใช้ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ระยะเวลาของแผนการผลิต 12 เดือน โดยตัวแปรที่นำมาใช้วิเคราะห์ความไวจะเลือกตัวแปรที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ในระบบการผลิตจริง ได้แก่ ต้นทุนรวม กำลังการผลิต อัตราผลผลิต เวลามาตรฐานในการผลิต และระดับความปลอดภัยของสินค้าคงคลัง จากภาพที่ 39 จะเห็นได้ว่าตัวแปรที่มีความไวต่อผลกำไรของแผนการจัดสรรความต้องการของผลิตภัณฑ์ในระบบห่วงโซ่อุปทาน เรียงลำดับจากมากไปน้อย ดังต่อไปนี้

หน่วย: ล้านบาท



ภาพที่ 39 การเปลี่ยนแปลงของค่าตัวแปรที่มีผลกระทบต่อผลกำไรของแผนการผลิต

1. ต้นทุนเฉลี่ยต่อหน่วย (Unit cost) โดยต้นทุนรวมของผลิตภัณฑ์ที่ลดลงมีผลต่อผลกำไรที่เพิ่มมากขึ้น
2. อัตราการผลิต (Yield) โดยที่อัตราการผลิตที่เพิ่มขึ้นมาผลต่อผลกำไรที่เพิ่มขึ้น
3. กำลังการผลิต (Capacity) โดยที่กำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อกำไรที่เพิ่มขึ้น
4. เวลายมาตรฐานในการผลิต (Lead time) โดยที่เวลายมาตรฐานในการผลิตที่ลดลงมีผลต่อกำไรที่เพิ่มขึ้น
5. ระดับความปลอดภัยของการเก็บสินค้าคงคลัง (Safety Stock level) โดยที่ระดับความปลอดภัยของการเก็บสินค้าคงคลังที่ลดลงมีผลต่อผลกำไรที่เพิ่มมากขึ้น

## 6. ความต้องการของลูกค้า (Demand) โดยที่ระดับความต้องการที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อผลกำไรที่เพิ่มขึ้น

จะเห็นว่าความต้องการของลูกค้า และต้นทุนเฉลี่ยต่อหน่วยของผลิตภัณฑ์ มีผลกระทบต่อความสามารถในการทำกำไรมากที่สุด ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากเกี่ยวข้องกับผลกำไรโดยตรง หากสามารถเพิ่มปริมาณการขายควบคู่ไปกับการลดต้นทุนได้มากขึ้นก็จะทำให้ผลกำไรมากขึ้นไปตามลำดับ ซึ่งในส่วนนี้ทำให้มองเห็นภาพว่า หากต้องการเพิ่มกำไรให้กับระบบห่วงโซ่อุปทาน บริษัทในระบบห่วงโซ่อุปทานควรเน้นนโยบายทางด้านการส่งเสริมการขาย เพื่อเพิ่มปริมาณความต้องการของผลิตภัณฑ์ รวมทั้งการลดต้นทุนรวมของผลิตภัณฑ์ก่อนเป็นลำดับแรก ส่วนอัตราการผลิตและกำลังการผลิต เป็นสิ่งที่มีผลกระทบต่อความสามารถในการทำกำไรเป็นลำดับถัดมา เนื่องจากเกี่ยวข้องกับความสามารถในการผลิตได้ เมื่อทำการผลิตได้มากขึ้นก็จะสามารถขายได้มากขึ้น ในขณะที่เวลามาตรฐานในการผลิตและระดับความปลอดภัยของการเก็บสินค้าคงคลัง มีผลกระทบต่อความสามารถในการทำกำไรน้อยที่สุด ตามลำดับ

## สรุปและข้อเสนอแนะ

### สรุป

จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า ในส่วนของการพยากรณ์นั้นลักษณะของข้อมูลที่มีแนวโน้ม และมีผลปัจจัยด้านฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง รวมทั้งข้อมูลที่ใช้สร้างตัวแบบมีน้อย ตัวแบบพยากรณ์ GAGM ให้ผลการพยากรณ์ที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าตัวแบบพยากรณ์ TSM แต่ถ้าข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันตัวแบบพยากรณ์ GAGM จำเป็นต้องใช้เวลาเพื่อปรับค่าของตัวแบบจำลอง ทำให้ช่วงเวลาดังกล่าวค่าพยากรณ์จะมีค่าคลาดเคลื่อนมาก อย่างไรก็ตามการคัดเลือกวิธีการที่จะนำมาใช้พยากรณ์ข้อมูล จำเป็นต้องคำนึงถึงความสอดคล้องและความเหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลสำหรับแต่ละเครือข่ายห่วงโซ่อุปทานด้วยเช่นกัน

ในขณะที่ผลการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อช่วยในการแก้ปัญหาการจัดสรรความต้องการไปโรงงานประกอบในระบบห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์โดยใช้ซอฟต์แวร์ Premium Solver for Education v7.0 ช่วยในการหาคำตอบ พบว่าซอฟต์แวร์สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดให้กับสมการเป้าหมายย่อยทั้ง 3 สมการ และใช้เวลาในการหาคำตอบเพียงประมาณ 1 นาที เท่านั้น คิดเป็นมูลค่าของผลกำไรที่เพิ่มต่อ 10 ผลิตภัณฑ์เป็นมูลค่า 18.65 ล้านบาท โดยประมาณ แสดงให้เห็นว่า การจัดสรรความต้องการอย่างเหมาะสม จะส่งผลกระทบต่อความสามารถในการทำกำไร สามารถเพิ่มคุณค่าให้กับแผนการผลิต และเพิ่มโอกาสในการทำกำไรให้กับองค์กรภายใต้ข้อจำกัดด้านต่างๆ ได้เป็นอย่างดี

จากการวิเคราะห์ความไว ตัวแปรที่มีผลต่อกำไรของแผนการผลิตที่สุดคือความต้องการของลูกค้า และต้นทุนเฉลี่ยต่อหน่วยของการผลิต ตัวแปรที่มีผลเป็นลำดับถัดมาคืออัตราการผลิตและกำลังการผลิต ตามลำดับ ดังนั้น เพื่อเป็นการเพิ่มผลกำไรให้กับเครือข่ายระบบห่วงโซ่อุปทาน การส่งเสริมการขายเพื่อเพิ่มปริมาณความต้องการ และการลดต้นทุนการผลิตของผลิตภัณฑ์ รวมทั้งการปรับปรุงอัตราการผลิต และการเพิ่มกำลังการผลิตของเครื่องจักร จึงเป็นสิ่งที่ควรพิจารณาเป็นอันดับแรก

### ข้อเสนอแนะ

1. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นสามารถปรับปรุงต่อไปได้อีก ตามผลลัพธ์ที่สนใจ และนโยบายการผลิตที่เปลี่ยนไปตามสถานการณ์ของตลาด เช่นนโยบายการผลักดันค้าระหว่างทำให้ออกมาเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปมากที่สุดเพื่อลดปริมาณงานระหว่างทำ หรือนโยบายในการลดการลงทุนให้ได้น้อยที่สุด เป็นต้น

2. การวางแผนการผลิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์นั้นมีความยืดหยุ่นในด้านการตัดสินใจสูงมาก มีข้อจำกัดมากมายและสามารถปรับเปลี่ยนได้หลายลักษณะตามแต่ช่วงเวลา สถานการณ์ของตลาด และนโยบายของบริษัท การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการหาคำตอบที่เหมาะสมนั้นอาจเป็นการลดความยืดหยุ่นบางประการในการปฏิบัติจริงลงไป ดังนั้นการประยุกต์ใช้อัลกอริทึมร่วมกับการนำเทคโนโลยีสารสนเทศ เข้ามาช่วยแก้ปัญหาในกรณีที่ปัญหาที่มีความซับซ้อนขึ้น เพื่อช่วยในการหาคำตอบจึงเป็นแนวทางที่น่าสนใจ สำหรับนำมาแก้ไขข้อจำกัดของตัวแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ไม่มีความยืดหยุ่นเพียงพอ

3. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นไม่พิจารณาข้อจำกัดหลายประการ ไม่ว่าจะเป็นข้อจำกัดในการจัดส่งวัตถุดิบหลัก ต้นทุนที่เกิดขึ้นหากเกิดการส่งมอบสินค้าล่าช้า เป็นต้น ซึ่งเป็นปัญหาเชิงคุณภาพที่สำคัญ ซึ่งกรณีที่มีการส่งมอบสินค้าล่าช้าดังกล่าวทำให้เกิดความเสียหายหลายประการ ซึ่งความเป็นจริงแล้วไม่สามารถที่จะประเมินค่าออกมาเป็นตัวเลขได้ โดยเฉพาะในด้านความพึงพอใจของลูกค้า เนื่องมาจากการแข่งขันทางการตลาดในธุรกิจอิเล็กทรอนิกส์นั้นค่อนข้างมีความรุนแรงและมีทางเลือกหลายทางสำหรับลูกค้า หากลูกค้าไม่พอใจในการตอบสนองความต้องการที่ล่าช้า อาจระงับคำสั่งซื้อ และอาจเปลี่ยนไปซื้อผลิตภัณฑ์ดังกล่าวกับบริษัทคู่แข่งที่สามารถตอบสนองความต้องการได้ในเวลาที่กำหนด ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อชื่อเสียงและรายได้ของบริษัทในระยะยาว ดังนั้น การส่งมอบที่ล่าช้า จึงควรนำมาพิจารณาด้วยเช่นกัน

4. แบบจำลองที่นำเสนอสามารถขยายผลยังธุรกิจทางด้านอื่นที่มีลักษณะของระบบห่วงโซ่อุปทานที่คล้ายคลึงกันได้

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- ศิริภรณ์ วิชัยสินธุ์ และ รวิพิมพ์ จวีสุข. 2551. เทคนิคการวิเคราะห์ห้อนุกรมเวลาสำหรับการพยากรณ์ปริมาณผลผลิตผักและผลไม้, น. 640-653. ใน การประชุมเชิงวิชาการประจำปีด้านการจัดการโซ่อุปทานและโลจิสติกส์ครั้งที่ 8. ชะอำ, เพชรบุรี.
- Altinel, I. K., E. Durmaz, N. Aras and K. C. Özkisackı. 2009. A location–allocation heuristic for the capacitated multi-facility Weber problem with probabilistic customer locations chain. **European Journal of Operational Research** 198: 790–799.
- Altiparmak, F., M. Gen, L. Lin and I. Karaoglan. 2009. A steady-state genetic algorithm for multi-product supply chain network design. **Computers & Industrial Engineering** 56: 521–537.
- Amid, A., S. H. Ghodsypour and C. O’Brien. 2009. A weighted additive fuzzy multi objective model for the supplier selection problem under price breaks in a supply chain. **Int. J. Production Economics** 121: 323–332.
- Awasthi, A., S. S. Chauhan, S. K. Goyal and J. M. Proth. 2009. Supplier selection problem for a single manufacturing unit under stochastic demand. **Int. J. Production Economics** 117: 229–233.
- Bilgen, B. 2010. Application of fuzzy mathematical programming approach to the production allocation and distribution supply chain network problem. **Expert Systems with Applications** 37: 4488-4495.

- Chan, F. T. S. and N. Kumar. 2009. Effective allocation of customers to distribution centres: A multiple ant colony optimization approach. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing** 25: 1–12.
- Chen, H., Y. Chen, C. H. Chiu, T. M. Choi and S. Sethi. 2010. Coordination mechanism for the supply chain with leadtime consideration and price-dependent demand. **European Journal of Operational Research** 203: 70–80.
- Chien, C. H., Y. J. Chen and J. T. Peng. 2008. Demand forecast of semiconductor products based on technology diffusion, pp. 2313-2322. *In Proceedings of the 40th Conference on Winter Simulation*. 07-10 December 2008, Winter Simulation Conference. Miami, Florida.
- Chung, S. H., A. H. I. Lee, H. Y. Kang and C. W. Lai. 2008. A DEA window analysis on the product family mix selection for a semiconductor fabricator. **Expert Systems with Applications** 35: 379–388.
- Demirtas, E. A. and Ö. Üstün. 2008. An integrated multiobjective decision making process for supplier selection and order allocation. **Omega** 36: 76–90.
- Faez, F., S. H. Ghodsypour and C. O'Brien. 2009. Vendor selection and order allocation using an integrated fuzzy case-based reasoning and mathematical programming model. **Int. J. Production Economics** 121: 395–408.
- Geng, N., Z. Jiang and F. Chen. 2009. Stochastic programming based capacity planning for semiconductor wafer fab with uncertain demand and capacity. **European Journal of Operational Research** 198: 899–908.

- Horiba. 2010. **Semiconductor process**. Available Source:  
<http://www.horiba.com/semiconductor/products/processes/semiconductor-process/>, May 15, 2010.
- Hsu, L. 2009. Forecasting the output of integrated circuit industry using genetic algorithm based multivariable grey optimization models. **Expert Systems with Applications** 36: 7898-7903.
- Kawtummachai, R. and N. V. Hop. 2005. Order allocation in a multiple-supplier environment. **Int. J. Production Economics** 93-94: 231-238.
- Kheljani, J. G., S. H. Ghodsypour and C. O'Brien. 2009. Optimizing whole supply chain benefit versus buyer's benefit through supplier selection. **Int. J. Production Economics** 121: 482-493.
- Li, H., L. Hendry and R. Teunter. 2009. A strategic capacity allocation model for a complex supply chain: Formulation and solution approach comparison. **Int. J. Production Economics** 121: 505-518.
- Lin, C. T. and S. Y. Yang. 2003. Forecast of the output value of Taiwan's opto-electronics industry using the Grey forecasting model. **Technological Forecasting & Social Change** 70: 177-186
- Lin, R. H. 2009. An integrated FANP-MOLP for supplier evaluation and order allocation. **Applied Mathematical Modelling** 33: 2730-2736.

- Murat, A., V. Verter and G. Laporte. 2010. A continuous analysis framework for the solution of location–allocation problems with dense demand. **Computers & Operations Research** 37: 123–136.
- Osman, H. and K. Demirli. 2010. A bilinear goal programming model and a modified Benders decomposition algorithm for supply chain reconfiguration and supplier selection. **Int. J. Production Economics** 124: 97–105.
- Özgen, D., S. Önüt, B. Gülsün, U. R. Tuzkaya and G. Tuzkaya. 2008. A two-phase possibilistic linear programming methodology for multi-objective supplier evaluation and order allocation problems. **Information Sciences** 178: 485–500.
- Pai, P. F., K. P. Lin, C. S. Lin and P. T. Chang. 2010. Time series forecasting by a seasonal support vector regression model. **Expert Systems with Applications** 37: 4261–4265.
- Samsung. 2010. **Package Technology Roadmap (1990-2009)**. Available Source: [http://www.samsung.com/global/business/semiconductor/products/fusionmemory/Products\\_MCP\\_pkginfo.html](http://www.samsung.com/global/business/semiconductor/products/fusionmemory/Products_MCP_pkginfo.html), May 15, 2010.
- Sawik, T. 2010. Single vs. multiple objective supplier selection in a make to order environment. **Omega** 38: 203–212.
- Semiconductor Industry Association. 2010. **Worldwide semiconductor revenue and year to year percent change**. Available Source: [http://www.sia-online.org/galleries/gsrfiles/GSR\\_1004.pdf](http://www.sia-online.org/galleries/gsrfiles/GSR_1004.pdf), Jun 16, 2010.

- Shen, Z. J. M. 2006. A profit-maximizing supply chain network design model with demand choice flexibility. **Operations Research Letters** 34: 673–682.
- Tsiakisa, P. and L. G. Papageorgiou. 2008. Optimal production allocation and distribution supply chain networks. **Int. J. Production Economics** 111: 468-483.
- Tsuar, R. C. 2010. The development of an interval grey regression model for limited time series forecasting. **Expert Systems with Applications** 37: 1200-1206
- Venture Outsource. 2010. **Electronic supply chain**. Available Source: <http://www.ventureoutsource.com/contract-manufacturing/benchmarks-best-practices/executive-management/economic-drivers-challenges-creating-regional-electronics->, May 15, 2010.
- Wang, C. H. and L. C. Hsu. 2008. Using genetic algorithms grey theory to forecast high technology industrial output. **Applied Mathematics and Computation** 195: 256-263.
- Wang, K. J. and M. J. Chen. 2009. Cooperative capacity planning and resource allocation by mutual outsourcing using ant algorithm in a decentralized supply chain. **Expert Systems with Applications** 36: 2831–2842.
- Wen, M. and K. Iwamura. 2008. Fuzzy facility location-allocation problem under the Hurwicz criterion. **European Journal of Operational Research** 184: 627–635.
- Yoo, T., H. Cho and E. Yücesan. 2010. Hybrid algorithm for discrete event simulation based supply chain optimization. **Expert Systems with Applications** 37: 2354–2361.

Yue, J., Y. Xia and T. Tran. 2010. Selecting sourcing partners for a make-to-order supply chain.

**Omega** 38: 136–144.

Zhang, C. and C. Zhang. 2007. Design and simulation of demand information sharing in a

supply chain. **Simulation Modelling Practice and Theory** 15: 32–46.

Zhou, G., H. Min and M. Gen. 2002. The balanced allocation of customers to multiple

distribution centers in supply chain network: a genetic algorithm approach. **Computer**

**& Industrial Engineering** 43: 251–261.

Zhou, Y. and D. Li. 2007. Coordinating order quantity decisions in the supply chain contract

under random demand. **Applied Mathematical Modelling** 31: 1029–1038.



ตารางผนวกที่ 1 คำอธิบายภาษาอังกฤษของผลิตภัณฑ์ที่แสดงในภาพที่ 4

อักษรย่อ	คำอธิบายภาษาอังกฤษ
D2PAK	D <sup>2</sup> Package
PLCC	Plastic Leaded Chip Carrier Package
DIP	Dual Inline Package
SOP	Small Outline Package
SOJ	Small Outline J-leaded Package
TSOP	Thin Small Outline Package
BGA	Ball Grid Array package
SOJ-MCP	Small Outline J-Bend-Multi Chip Package
TCP	Tape Carrier Package
COB	Chip On Board package
Smart Media	Smart Media
uBGA	Micro Ball Grid Array package
CPGA	Ceramic Pin Grid Array package
sTSOP	Ultra-compact Small TSOP package
FBGA	Fine Ball Grid Array package
WBGA	Window Ball Grid Array package
4Chip SM	4 Chip Surface Mount package
COF	Chip on Film package
2Chip MCP	2 Chip-Multi Chip Package
TBGA	Tape Ball Grid Array Package
ELP	Exposed Leadframe Package
TSOP-Stack	Thin Small Outline Package-Stack
WSOP	Very-very Thin Small Outline Package
TSOP-QDP	TSOP-Quad Die Package
xD Card	xD Picture Card
BOC	Board-on-Chip package

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

อักษรย่อ	คำอธิบายภาษาอังกฤษ
FC-SIP	Flip-Chip and System-in-Package
QSP	Quick Start Package
RSMMC	Reduced-Sized Multi Media Card
WFP	Wafer Fabricated Package
Camera Module	Camera Module
ADP-SDP	Acceptance Data Package-Session Description Protocol
8Chip MCP	8 Chip-Multi Chip Package
MoviMCP	Movi-Multi Chip Package
SSD	Solid State Drive
RDL	Re-Distribution Layer
DDP	Double Die Package
CoC	Chip on Chip package
Embedded	Embedded System
WSP	Wafer Scale Package

ตารางผนวกที่ 2 ข้อมูลความต้องการของ 10 ผลิตภัณฑ์ที่ทำการคัดเลือกระยะเวลาทั้งหมด 3 ปี

_Month	Product1	Product2	Product3	Product4	Product5	กลุ่มที่ 1	Product6	Product7	Product8	Product9	Product10	กลุ่มที่ 2	รวม
Jan-08	147129	154400	63000	154000	156000	674529	60000	300000	46240	647600	92360	1146200	1820729
Feb-08	126106	60000	80000	162000	156000	584106	298000	425000	95500	428640	112450	1359590	1943696
Mar-08	124340	63400	70000	142000	136000	535740	274000	1040000	104968	855200	145010	2419178	2954918
Apr-08	150893	69800	64000	178000	220000	682693	303000	1563818	65770	1031000	141010	3104598	3787291
May-08	139806	55500	47000	106000	76000	424306	250000	1636182	122777	1151860	122000	3282819	3707125
Jun-08	137830	79102	83000	138500	146500	584932	349000	1600000	154040	1232100	162000	3497140	4082072
Jul-08	194500	66000	65000	120000	118000	563500	368000	1550565	134620	1311600	174180	3538965	4102465
Aug-08	157240	26725	76000	178000	182000	619965	460000	1966435	185760	1411200	174000	4197395	4817360
Sep-08	85199	40400	77000	102000	92000	396599	408000	1800900	132760	1262210	219000	3822870	4219469
Oct-08	63540	43068	84000	122000	130000	442608	422000	1300000	165740	1300995	267000	3455735	3898343
Nov-08	124009	53000	47700	46000	62000	332709	321000	1400000	109070	1191800	144050	3165920	3498629
Dec-08	82420	54000	26500	52000	36000	250920	312000	1000000	139489	915000	147000	2513489	2764409
Jan-09	58960	55000	29000	38000	48000	228960	371000	1200000	107664	1143600	184000	3006264	3235224
Feb-09	72530	33400	28500	34000	46000	214430	326000	900000	112140	1057600	196000	2591740	2806170
Mar-09	45850	34077	31000	34000	38000	182927	363000	700000	91955	1390170	151120	2696245	2879172

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

_Month	Product1	Product2	Product3	Product4	Product5	กลุ่มที่ 1	Product6	Product7	Product8	Product9	Product10	กลุ่มที่ 2	รวม
Apr-09	40480	31500	40000	66000	68000	245980	417000	2600000	151728	2066840	229000	5464568	5710548
May-09	63210	31650	37400	24000	32000	188260	433000	1800000	137710	2279520	167000	4817230	5005490
Jun-09	52604	30650	23000	30000	28000	164254	399012	2300000	171507	2472250	135050	5477819	5642073
Jul-09	63220	35500	44000	38000	28000	208720	508000	2300000	162457	2258800	168000	5397257	5605977
Aug-09	89700	29850	29300	42000	36000	226850	487000	2300000	201930	2589200	199130	5777260	6004110
Sep-09	65551	27100	39200	26000	32000	189851	637000	2600000	172650	2709100	209170	6327920	6517771
Oct-09	41616	50050	26000	52000	50000	219666	682772	2200000	248680	2636830	303000	6071282	6290948
Nov-09	44980	62200	58000	20000	20000	205180	518061	2500000	261670	2655200	243860	6178791	6383971
Dec-09	28820	29800	20000	14000	13000	105620	505000	2800000	225985	2947500	297390	6775875	6881495
Jan-10	15170	39212	13440	10900	15000	93722	570000	2331050	185036	2779120	197794	6063000	6156722
Feb-10	24810	23550	8400	11220	20000	87980	529000	2218060	161152	2382830	195949	5486991	5574971
Mar-10	9510	25700	4200	11060	5000	55470	384000	2382200	196704	2267945	152179	5383028	5438498
Apr-10	19800	69050	840	12540	17000	119230	474000	1550000	208536	1703820	263685	4200041	4319271
May-10	20665	24150	2520	6680	11000	65015	417000	1360550	204488	2142516	332272	4456826	4521841
Jun-10	12930	27900	7980	16940	8000	73750	284000	1880700	136464	2231215	223854	4756233	4829983

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

_Month	Product1	Product2	Product3	Product4	Product5	กลุ่มที่ 1	Product6	Product7	Product8	Product9	Product10	กลุ่มที่ 2	รวม
Jul-10	14340	24221	5040	14280	1000	58881	381000	1950060	224509	2748045	300812	5604426	5663307
Aug-10	12019	26550	10500	11000	1000	61069	450000	1151280	158761	2733275	247131	4740447	4801516
Sep-10	16835	26600	2940	11000	5000	62375	465000	1818000	178453	3174765	291064	5927282	5989657
Oct-10	9956	29950	5880	5260	4000	55046	529000	2502000	202732	3278070	217458	6729260	6784306
Nov-10	7047	20500	4200	19160	5000	55907	141300	2038400	182900	3186326	170758	5719684	5775591
Dec-10	12857	12150	7560	19720	5000	57287	206000	2202000	107750	2187695	168716	4872161	4929448

ตารางผนวกที่ 3 ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีอนุกรมเวลาโดยเพิ่มค่าพยากรณ์ทีละ 1 ค่าของข้อมูลกลุ่มที่ 1

No.	Actual	ค่าพยากรณ์											
		A12	A12+1	A12+2	A12+3	A12+4	A12+5	A12+6	A12+7	A12+8	A12+9	A12+10	A12+11
1	674529	600096.75	542554.51	563390.59	584183.94	604340.41	559065.19	576917.57	588556.66	603038.15	572097.86	580827.22	589158.07
2	584106	692980.78	750913.96	659841.26	671911.65	683049.37	727402.66	653632.39	659810.8	667490.68	696892.23	662262.86	666578.62
3	535740	575091.69	604479.7	649702.83	563528.3	568292.77	590213.84	626734.79	580548.58	583586.03	598370.86	615786.14	583419.89
4	682693	604662.79	622454.54	649714	697311.44	620263.35	633638.82	656052.45	681217.93	627190.42	635959.39	646337.42	663779.15
5	424306	594695.47	529400.5	540810.05	561927.15	596286.71	544826.25	554943.92	566835.44	591459.89	556384.43	561536.66	570042.98
6	584932	561923.16	595589.06	520541.42	532832.57	552777.71	578563.88	517705.45	524139.76	538005.55	555152.99	526604.48	531132.42
7	563500	509497.91	526581.72	568121.42	494004.66	503308.79	515916.06	549596.97	509830.66	516230.64	524662.23	540796.32	512902.27
8	619965	579235.79	589499.42	614621.65	664217.3	594265.8	601776.52	622510.79	648800.43	599855.97	604651.11	614292.6	632522.73
9	396599	553174.84	489868.43	500388.31	522527.98	554963.49	505009.1	514372.59	526809.74	550070.87	516019.59	520805.95	529694.34
10	442608	523730.99	552874.62	483552.8	496531.25	515442.01	537774	481503.5	488324.63	501484.56	516348.47	489949.49	494760.37
11	332709	431475.08	446265.69	477819.04	417099.1	425972.04	436901.34	462494.17	429926.29	436073.17	443395.56	455661.81	432793.58
12	250920	414621.34	423422.73	442409.34	472932.68	424685.38	431174.17	446861.08	463019.62	429185.15	433365.5	440675.5	451878.8
13	228960	307169.83	273419.06	281329.76	294770.21	308949.49	282203.89	289155.84	296675.66	306873.65	288585.44	292082.93	297451.35
14	214430	326717.27	304174.35	267259.82	274907.85	282850.85	296014.47	266053.4	270068.09	275598.77	284334.03	270285.68	273117.98

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

ค่าพยากรณ์													
No.	Actual	A12	A12+1	A12+2	A12+3	A12+4	A12+5	A12+6	A12+7	A12+8	A12+9	A12+10	A12+11
15	182927	283878.5	262881.3	241102.58	210909.44	214341	220634.82	233285.67	217099.73	219446.55	223663.56	229724.19	218365.97
16	245980	299423.34	275509.26	250493.88	237367.59	212354.25	215911.61	223390.09	232034.06	214510.78	216806.69	220287.37	226279.9
17	188260	269337.04	215878.45	194127.76	182510.17	197863.53	180431.38	183528.68	187453.17	196117.24	184234.72	185828.55	188636.17
18	164254	285198.48	257659.21	197944.01	184554.59	200985.42	206290.31	184360.98	186298.1	191000.62	197703.13	187425.41	188782.63
19	208720	246619.91	221082.82	194051.53	154162.04	168768.97	173325.18	164610.75	152715.83	154717.14	157923.09	162105.27	153751.31
20	226850	258791.29	229889.51	199102.89	181563.29	177743.64	182628.86	172006.18	204076.35	188701.69	190400.23	192738.89	198989.97
21	189851	231504.25	178588.94	152147.62	136923.33	151956.17	141455.84	131972.35	159339.89	175994.82	165217.2	166272.54	169218.26
22	219666	243679.69	211144.07	152692.18	135386.86	151482.37	155668.5	127292.05	156637.1	174309.86	187622.38	177661.36	179133.11
23	205180	209361.32	179284.33	147000.48	110160.64	124473.36	128012.92	116293.71	135433.56	151960.84	164447.88	183679.71	174284.51
24	105620	218159.25	184269.77	147711.91	125758.99	127816.51	131545.69	117520.2	151948.43	158708.51	172826.48	194758.96	212080.15
25	93722		141299.44	110167.49	91336.492	106048.8	98914.364	86572.482	115862.78	133073.65	136682.46	155766.9	170878.9
26	87980			107440.35	86219.131	101979.31	105046.7	79381.857	110768.58	129039.51	142823.27	155790.85	172086.18
27	55470				66159.246	80177.751	82700.661	67976.679	92641.399	109754.41	122689.51	143305.57	151081.91
28	119230					77889.37	80462.52	63034.211	99820.52	111338.77	125965.68	149460.28	167925.44

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

ค่าพยากรณ์													
No.	Actual	A12	A12+1	A12+2	A12+3	A12+4	A12+5	A12+6	A12+7	A12+8	A12+9	A12+10	A12+11
29	65015						56372.888	41172.616	72385.68	90152.478	96927.021	117300.62	133348.8
30	73750							31471.659	64900.057	83769.157	98024.148	114787.21	132095.12
31	58881								49849.234	67547.992	80931.143	102931.44	113806.41
32	61069									63969.031	79104.88	104161.61	123770.74
33	62375										57171.583	78834.34	95818.693
34	55046											73783.584	92104.049
35	55907												76530.906

ตารางผนวกที่ 4 ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีอนุกรมเวลาโดยเพิ่มค่าพยากรณ์ทีละ 1 ค่าของข้อมูลกลุ่มที่ 2

No.	Actual	ค่าพยากรณ์											
		A12	A12+1	A12+2	A12+3	A12+4	A12+5	A12+6	A12+7	A12+8	A12+9	A12+10	A12+11
1	1146200	906976.09	911324.12	917826.67	926533	890488.73	972635.83	936697.36	908633.8	888908.4	978223.19	953092.92	930354.69
2	1359590	1793195.8	1783819.2	1738659	1746299	1719146.1	1583151.2	1835148.1	1813596.1	1798696.8	1643607.9	1817445	1800874.3
3	2419178	2217533.7	2216872.4	2260223.8	2181914.2	2154184.7	2128766.3	1891837.8	2132536.9	2118069.9	2090282.8	1927542.1	2116561.9
4	3104598	3339045.7	3341081	3350867.4	3453887.1	3937573.2	3911720.4	3862727.3	3472648.9	3734595.9	3712104.6	3682615.2	3388010.4
5	3282819	3302787	3320650.4	3326382.1	3337855.8	2977631.7	3329866.7	3307446.6	3271559.5	3068700.3	3463162.1	3447491.4	3418681.8
6	3497140	3921901.9	3897896.1	3792944.7	3801288	3757427.9	3403738.3	3981459.4	3962679.8	3938634.2	3535860.1	3934563.5	3920929.5
7	3538965	4533029.8	4533099.9	4637824.8	4468733.6	4443757.8	4406416.4	3836381.3	4349798.3	4337548.4	4297381.3	3907306.4	4310191.4
8	4197395	4529094.9	4532527.2	4546827.5	4692934.7	5368174.4	5344307.9	5272296.1	4717255.2	5082340.6	5063752.7	5020771.4	4601740.4
9	3822870	4163860.9	4186594.8	4192204.3	4205283.6	3731437.5	4180939.6	4162507.3	4121617.8	3854579.1	4358766.8	4345898	4313158.9
10	3455735	4388692.3	4361191.7	4242549.9	4250284.9	4203283.8	3797319.2	4448997.1	4433495.4	4407711.9	3945505.9	4395295	4384424.9
11	3165920	4393830.8	4393844.5	4496382.2	4331464.8	4311065.6	4273240.2	3715024.4	4215408.3	4205639.9	4164969.6	3783084.9	4175660.9
12	2513489	3997494.8	4000642.6	4013581.4	4143384.4	4742295	4723133.1	4657727.9	4164469.7	4488208.4	4473821.2	4434761.6	4062371.8
13	3006264	2613102.9	2627393.8	2631354.3	2642046	2356107.3	2638437	2624474.8	2589877.1	2428765.7	2744901.1	2735178.1	2707508.4
14	2591740	3002637.6	3368969.4	3277234.6	3283129.7	3251599.8	2933366	3437209.4	3425574.2	3408497.1	3046251.6	3393781.9	3385643.5

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

ค่าพยากรณ์													
No.	Actual	A12	A12+1	A12+2	A12+3	A12+4	A12+5	A12+6	A12+7	A12+8	A12+9	A12+10	A12+11
15	2696245	3713580.8	4135414.6	3372177.7	3248549.9	3233282.3	3204105.2	2786512.3	3161836.1	3154555.3	3123158.2	2837438.9	3131873.9
16	5464568	4434730.2	4911045.8	4059860.9	3454033.6	3954139.4	3939597.7	3890174.2	3472468.9	3742848.8	3732345.6	3703112.7	3387758.6
17	4817230	4178525.9	4628381.5	3867879.3	3326138.5	4428510.5	4970092.8	4960070.6	4931139.2	4590975.1	5199994	5192845.4	5169645.3
18	5477819	4567111.8	5001022.9	4097101.1	3555841.9	4656758.2	4523918	5309511.8	5299621.5	5272434.7	4700184.7	5242316.6	5236183.8
19	5397257	5425489.6	5922348.3	5019281	4221094.5	5453990.3	5295835.6	5444541.6	6188051.4	6181839.3	6138224.5	5544362	6127616.8
20	5777260	6267821.5	6826242.2	5827063	5115368.6	7513908.8	7287343.5	7465477.7	6581849.1	7103080.2	7094568.6	7043350.7	6421376.4
21	6327920	5743948.9	6273003.9	5386279.6	4754235.1	6031466.5	6574198.9	6725014.9	5939258.2	4913546.3	5568246.9	5562380.8	5524063.2
22	6071282	6131585.9	6633076.4	5561743.9	4934571.6	6202459.8	6026270.6	7236369.2	6398836.5	5308753.5	5971294	6663599.8	6658578.3
23	6178791	7137398.4	7709282	6666384.4	5713137	7125601.4	6919716.1	7073813.8	7126680	5928633.4	6650457.9	6099275.2	6743136.8
24	6775875	8100912.7	8741438.6	7594265.1	6776703.6	9652969	9362786.8	9544012.7	8469986.9	7627268.4	8537266.1	7831676.7	7218691.7
25	6063000		7917626.3	6904680	6182331.7	7634422.5	8322087.8	8475545.2	7529040.3	6295254.6	7977099	7321846.6	6749901.8
26	5486991			7026386.7	6313301.4	7748161.4	7528623.3	9004916.8	8004206.7	6703540.7	7479887	7668554.5	7071941.7
27	5383028				7205179.6	8797212.4	8543596.6	8703086	8809129.8	7390278	8230819.5	7565740.9	7718939.7
28	4200041					11792029	11438230	11622548	10358125	9398523.2	10452230	9607902.7	8869309.8

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

ค่าพยากรณ์													
No.	Actual	A12	A12+1	A12+2	A12+3	A12+4	A12+5	A12+6	A12+7	A12+8	A12+9	A12+10	A12+11
29	4456826						10069977	10226075	9118822.4	7676962.9	9671402.6	8893339.2	8209868.4
30	4756233							10773464	9609577	8098327.9	8988480	9230643.3	8523094.6
31	5604426								10491580	8851922.7	9811181.2	9032206.5	9225566.3
32	4740447									11169778	12367193	11384129	10519928
33	5927282										11365706	10464832	9669834.9
34	6729260											10792732	9974247.5
35	5719684												10732193

ตารางผนวกที่ 5 สรุปค่าสัมประสิทธิ์ a และ b ที่ใช้ในสมการที่ (6) ของข้อมูลกลุ่มที่ 1

#	A12	A12+1	A12+2	A12+3	A12+4	A12+5	A12+6	A12+7	A12+8	A12+9	A12+10	A12+11
<b>a</b>	-0.063	-0.063	-0.084	-0.084	-0.084	-0.076	-0.079	-0.079	-0.075	-0.075	-0.063	-0.060
<b>b</b>	646361.90	644928.52	665162.99	665421.20	665163.60	657474.59	661054.64	661007.69	657344.70	657327.75	644741.66	631225.58

ตารางผนวกที่ 6 สรุปค่าสัมประสิทธิ์ a และ b ที่ใช้ในสมการที่ (6) ของข้อมูลกลุ่มที่ 2

#	A12	A12+1	A12+2	A12+3	A12+4	A12+5	A12+6	A12+7	A12+8	A12+9	A12+10	A12+11
<b>a</b>	0.043	0.017	-0.001	-0.004	-0.001	0.005	0.034	0.048	0.049	0.050	0.049	0.051
<b>b</b>	2348814.81	2685987.16	3070567.74	3136576.28	3044728.45	3011280.29	2263462.34	2194384.82	2190461.10	2186136.84	2190461.43	2093999.50

ตารางผนวกที่ 7 ผลการพยากรณ์ด้วยตัวแบบสี่เทาร่วมกับหลักการเชิงพันธุกรรมโดยเพิ่มค่าพยากรณ์ทีละ 1 ค่าของข้อมูลกลุ่มที่ 1

ค่าพยากรณ์													
No.	Actual	A12	A12+1	A12+2	A12+3	A12+4	A12+5	A12+6	A12+7	A12+8	A12+9	A12+10	A12+11
1	674529												
2	584106	585460.89	584106	584106	584312.21	584106.52	584107.41	584106.53	584116.6	584106	584106	584106.14	573002.44
3	535740	549844.56	548592.14	537309.46	537475.3	537309.9	541568.26	539580.24	539621.35	541638.38	541647.8	548697.75	539416.04
4	682693	516394.95	515237.54	494262.1	494392.71	494262.47	502127.14	498448.18	498515.54	502258.37	502275.85	515435.81	507798.3
5	424306	484980.23	483910.9	454663.55	454763.5	454663.85	465558.42	460451.61	460540.98	465741.51	465765.82	484190.2	478033.83
6	584932	455476.61	454488.94	418237.49	418310.87	418237.74	431652.91	425351.51	425459.14	431879.61	431909.67	454838.69	450014
7	563500	427767.84	426855.84	384729.76	384780.18	384729.96	400216.66	392927.08	393049.67	400479.66	400514.5	427266.47	423636.54
8	619965	401744.72	400902.85	353906.55	353937.22	353906.71	371069.83	362974.35	363109	371362.65	371401.42	401365.66	398805.19
9	396599	377304.71	376527.81	325552.8	325566.56	325552.92	344045.7	335304.91	335449.07	344362.6	344404.55	377034.96	375429.32
10	442608	354351.49	353634.78	299470.64	299470.01	299470.73	318989.68	309744.71	309896.14	319325.6	319370.06	354179.18	353423.62
11	332709	332794.64	332133.65	275478.1	275465.29	275478.16	295758.42	286132.95	286289.71	296108.93	296155.3	332708.91	332707.79
12	250920	312549.18	311939.8	253407.75	253384.72	253407.79	274219.04	264321.11	264481.51	274580.23	274628.01	312540.17	313206.2
13	228960	293535.35	292973.75	233105.61	233074.08	233105.62	254248.32	244171.98	244334.56	254616.78	254665.52	293594.05	294847.7
14	214430	275678.22	275160.84	214430	214391.48	214430	235732.02	225558.82	225722.3	236104.78	236154.08	275796.44	277565.27

ตารางผนวกที่ 7 (ต่อ)

ค่าพยากรณ์													
No.	Actual	A12	A12+1	A12+2	A12+3	A12+4	A12+5	A12+6	A12+7	A12+8	A12+9	A12+10	A12+11
15	182927	258907.43	258430.96	197250.62	197206.43	197250.6	218564.22	208364.53	208527.84	218938.7	218988.23	259077.72	261295.85
16	245980	243156.88	242718.26	181447.58	181398.88	181447.56	202646.71	192480.96	192643.18	203020.69	203070.15	243372.48	245980.06
17	188260	228364.51	227960.9	166910.64	166858.43	166910.6	187888.44	177808.19	177968.53	188260	188309.14	228619.3	231562
18	164254	214472.02	214100.79	153538.34	153483.5	153538.29	174204.97	164253.91	164411.72	174572.49	174621.1	214760.44	217989.05
19	208720	201424.69	201083.38	141237.38	141180.67	141237.33	161518.04	151732.88	151887.61	161880.14	161928.03	201741.71	205211.68
20	226850	189171.08	188857.44	129921.94	129864.01	129921.88	149755.06	140166.33	140317.53	150110.59	150157.61	189512.17	193183.25
21	189851	177662.92	177374.84	119513.04	119454.45	119512.98	138848.76	129481.48	129628.8	139196.75	139242.78	178023.98	181859.86
22	219666	166854.85	166590.38	109938.08	109879.3	109938.01	128736.74	119611.14	119754.29	129076.4	129121.33	167232.21	171200.19
23	205180	156704.29	156461.62	101130.22	101071.67	101130.15	119361.15	110493.22	110631.98	119691.86	119735.6	157094.62	161165.33
24	105620	147171.24	146948.7	93028.02	92970.031	93027.951	110668.36	102070.35	102204.55	110989.62	111032.12	147571.58	151718.67
25	93722		138014.16	85574.939	85517.801	85574.869	102608.65	94289.555	94419.093	102920.08	102961.28	138625.82	142825.71
26	87980			78718.974	78662.921	78718.903	95135.904	87101.887	87226.692	95437.243	95477.107	130222.36	134454.02
27	55470				72357.51	72412.214	88207.383	80462.133	80582.174	88498.446	88536.952	122328.3	126573.03
28	119230					66610.795	81783.45	74328.526	74443.804	82064.137	82101.271	114912.79	119153.98

ตารางผนวกที่ 7 (ต่อ)

ค่าพยากรณ์													
No.	Actual	A12	A12+1	A12+2	A12+3	A12+4	A12+5	A12+6	A12+7	A12+8	A12+9	A12+10	A12+11
29	65015						75827.357	68662.483	68773.026	76097.636	76133.395	107946.8	112169.8
30	73750							63428.36	63534.221	70564.931	70599.319	101403.09	105595
31	58881								58694.484	65434.484	65467.511	95256.054	99405.574
32	61069									60677.048	60708.73	89481.652	93578.941
33	62375										56295.861	84057.293	88093.834
34	55046											78961.758	82930.236
35	55907												78069.301

ตารางผนวกที่ 8 ผลการพยากรณ์ด้วยตัวแบบสี่เทาร่วมกับหลักการเชิงพันธุกรรมโดยเพิ่มค่าพยากรณ์ทีละ 1 ค่าของข้อมูลกลุ่มที่ 2

ค่าพยากรณ์													
No.	Actual	A12	A12+1	A12+2	A12+3	A12+4	A12+5	A12+6	A12+7	A12+8	A12+9	A12+10	A12+11
1	1146200												
2	1359590	2450348.9	2727495.1	3067829.8	3126882.6	3041873.4	3024746	2342230.5	2305036.1	2303039.7	2300839.1	2303040	2208663.2
3	2419178	2557949.6	2773044.7	3064697.7	3115720.2	3038619.3	3040112.7	2423451.3	2419177.4	2419178	2419178	2419178.3	2324607.3
4	3104598	2670275.4	2819355	3061568.9	3104597.5	3035368.7	3055557.5	2507488.5	2538970.9	2541172.9	2543603.4	2541173.2	2446637.9
5	3282819	2787533.6	2866438.6	3058443.2	3093514.6	3032121.5	3071080.7	2594439.9	2664696.3	2669319.8	2674428.4	2669320.2	2575074.5
6	3497140	2909940.9	2914308.5	3055320.7	3082471.3	3028877.9	3086682.8	2684406.5	2796647.4	2803929	2811982.2	2803929.3	2710253.5
7	3538965	3037723.4	2962977.9	3052201.3	3071467.3	3025637.7	3102364.2	2777492.8	2935132.5	2945326.3	2956610.7	2945326.6	2852528.6
8	4197395	3171117.2	3012460.1	3049085.2	3060502.7	3022400.9	3118125.2	2873807	3080475.2	3093853.9	3108677.9	3093854.2	3002272.5
9	3822870	3310368.6	3062768.6	3045972.3	3049577.2	3019167.6	3133966.3	2973461.1	3233015	3249871.6	3268566.3	3249871.9	3159877.3
10	3455735	3455734.9	3113917.3	3042862.5	3038690.7	3015937.8	3149887.9	3076570.9	3393108.2	3413757	3436678.3	3413757.3	3325755.5
11	3165920	3607484.5	3165920.1	3039755.9	3027843	3012711.5	3165890.3	3183256.2	3561129	3585906.8	3613436.8	3585907.1	3500341.6
12	2513489	3765897.9	3218791.4	3036652.5	3017034.1	3009488.5	3181974.1	3293641	3737469.9	3766737.8	3799286.4	3766738.1	3684092.5
13	3006264	3931267.5	3272545.7	3033552.2	3006263.8	3006269.1	3198139.5	3407853.5	3922542.9	3956687.9	3994694.9	3956688.1	3877489.5
14	2591740	4103899	3327197.7	3030455.1	2995531.9	3003053.1	3214387.1	3526026.6	4116780.4	4156216.8	4200153.8	4156217	4081038.9

ตารางผนวกที่ 8 (ต่อ)

ค่าพยากรณ์													
No.	Actual	A12	A12+1	A12+2	A12+3	A12+4	A12+5	A12+6	A12+7	A12+8	A12+9	A12+10	A12+11
15	2696245	4284111.1	3382762.4	3027361.2	2984838.3	2999840.5	3230717.3	3648297.5	4320636.2	4365807.6	4416180.1	4365807.7	4295273.7
16	5464568	4472236.7	3439255	3024270.4	2974182.9	2996631.3	3247130.4	3774808.3	4534586.6	4585967.6	4643317.2	4585967.8	4520754.7
17	4817230	4668623.4	3496691.1	3021182.8	2963565.5	2993425.6	3263626.8	3905706.2	4759131.4	4817230	4882136.7	4817230.1	4758072.4
18	5477819	4873633.9	3555086.3	3018098.4	2952986.1	2990223.4	3280207.1	4041143.1	4994795.3	5060154.5	5133239.3	5060154.6	5007848.1
19	5397257	5087646.9	3614456.8	3015017.1	2942444.4	2987024.5	3296871.7	4181276.6	5242128.9	5315329.3	5397256.9	5315329.4	5270735.9
20	5777260	5311057.8	3674818.7	3011938.9	2931940.3	2983829.1	3313620.8	4326269.4	5501710	5583372.1	5674853.7	5583372.2	5547423.9
21	6327920	5544279.1	3736188.7	3008863.9	2921473.8	2980637.1	3330455.1	4476290.1	5774145.1	5864931.9	5966728.2	5864931.9	5838636.8
22	6071282	5787741.8	3798583.6	3005792	2911044.6	2977448.5	3347374.9	4631513	6060070.7	6160690.2	6273614.5	6160690.1	6145136.9
23	6178791	6041895.5	3862020.5	3002723.2	2900652.6	2974263.3	3364380.7	4792118.5	6360154.8	6471363.1	6596285	6471363	6467726.8
24	6775875	6307209.7	3926516.8	2999657.6	2890297.7	2971081.5	3381472.8	4958293.2	6675098.6	6797702.7	6935551.3	6797702.5	6807251.1
25	6063000		3992090.2	2996595.1	2879979.8	2967903.1	3398651.8	5130230.4	7005637.8	7140499	7292267.1	7140498.8	7164598.8
26	5486991			2993535.8	2869698.7	2964728.2	3415918.1	5308129.8	7352544.8	7500581.9	7667329.9	7500581.6	7540705.5
27	5383028				2859454.4	2961556.6	3433272	5492198.1	7716630	7878823.2	8061683.2	7878822.8	7936555.9
28	4200041					2958388.4	3450714.2	5682649.4	8098744.1	8276138.6	8476319.3	8276138.1	8353186.6

ตารางผนวกที่ 8 (ต่อ)

ค่าพยากรณ์													
No.	Actual	A12	A12+1	A12+2	A12+3	A12+4	A12+5	A12+6	A12+7	A12+8	A12+9	A12+10	A12+11
29	4456826						3468244.9	5879704.8	8499779.8	8693489.9	8912281.3	8693489.3	8791688.4
30	4756233							6083593.5	8920674.1	9131887.4	9370666.2	9131886.8	9253209.4
31	5604426								9362410.3	9592392.6	9852627.1	9592391.9	9738958.1
32	4740447									10076120	10359377	10076119	10250206
33	5927282										10892190	10584241	10788292
34	6729260											11117985	11354625
35	5719684												11950688

ตารางผนวกที่ 9 ข้อมูลความต้องการแยกตามลูกค้าสำหรับใช้ในการจัดสรรความต้องการของผลิตภัณฑ์ที่คัดเลือก

Product	Customer name	M01	M02	M03	M04	M05	M06	M07	M08	M09	M10	M11	M12
<b>IC1</b>	Cust4	51800	309200	96400	216700	200400	216100	187650	116000	160600	137000	43900	65400
	Cust6	0	0	0	0	0	9190	2800	0	0	0	0	0
	Cust11	466000	91700	132100	170300	78400	0	142000	157800	0	0	0	0
	Cust18	52200	128100	155500	87000	138200	58710	48550	176200	304400	392000	97400	140600
Total		570000	529000	384000	474000	417000	284000	381000	450000	465000	529000	141300	206000
<b>IC2</b>	Cust3	0	853100	1118900	926960	191600	0	0	0	0	0	0	0
	Cust5	0	0	0	0	479000	327000	1950060	830000	859000	1221680	1379100	1714900
	Cust15	2331050	1364960	1263300	623040	689950	1553700	0	321280	959000	1280320	659300	487100
Total		2331050	2218060	2382200	1550000	1360550	1880700	1950060	1151280	1818000	2502000	2038400	2202000
<b>IC3</b>	Cust3	125190	125500	116453	116100	114850	69440	103340	81520	0	0	0	0
	Cust5	0	0	0	0	0	0	0	0	111000	149300	130900	69000
	Cust15	59846	35652	80251	92436	89638	67024	121169	77241	67453	53432	52000	38750
Total		185036	161152	196704	208536	204488	136464	224509	158761	178453	202732	182900	107750

ตารางผนวกที่ 9 (ต่อ)

Product	Customer name	M01	M02	M03	M04	M05	M06	M07	M08	M09	M10	M11	M12
IC4	Cust1	1389560	1191415	1275000	958300	1268020	1196300	1566090	1452000	0	0	0	0
	Cust2	1389560	1191415	708700	532400	480900	503600	500000	540000	0	0	0	0
	Cust8	0	0	0	0	0	0	0	0	1975146	2414400	2282000	1405400
	Cust17	0	0	284245	213120	393596	531315	681955	741275	1199619	863670	904326	782295
Total		2779120	2382830	2267945	1703820	2142516	2231215	2748045	2733275	3174765	3278070	3186326	2187695
IC5	Cust4	57800	106000	36000	74800	28900	80000	32000	16300	5000	20000	20000	21000
	Cust11	50000	32000	43000	82000	150000	45000	70000	77000	64000	40000	30000	21000
	Cust12	21800	35000	30000	57000	62000	30000	150000	88000	191000	137000	103500	106000
	Cust16	0	1000	3000	15000	20000	10000	4000	5000	2000	0	0	0
	Cust18	68194	21949	40179	34885	71372	58854	44812	60831	29064	20458	17258	20716
Total		197794	195949	152179	263685	332272	223854	300812	247131	291064	217458	170758	168716
IC6	Cust9	0	0	1000	9900	2000	0	8000	3000	5000	2500	2000	0
	Cust14	15170	24810	8510	9900	2000	12930	6340	9019	11835	7456	5047	12857
	Cust18	0	0	0	0	16665	0	0	0	0	0	0	0
Total		15170	24810	9510	19800	20665	12930	14340	12019	16835	9956	7047	12857

ตารางผนวกที่ 9 (ต่อ)

Product	Customer name	M01	M02	M03	M04	M05	M06	M07	M08	M09	M10	M11	M12
IC7	Cust5	0	20000	20000	50000	22150	25900	22221	24550	0	0	0	0
	Cust8	0	0	0	0	0	0	0	0	16600	19950	15500	8150
	Cust15	39212	3550	5700	19050	2000	2000	2000	2000	10000	10000	5000	4000
Total		39212	23550	25700	69050	24150	27900	24221	26550	26600	29950	20500	12150
IC8	Cust7	13440	8400	4200	840	2520	7980	5040	10500				
	Cust8									2940	5880	4200	7560
Total		13440	8400	4200	840	2520	7980	5040	10500	2940	5880	4200	7560
IC9	Cust10	10900	11220	11060	12540	6680	14000	6700	5000	5000	3000	10000	10000
	Cust13	0	0	0	0	0	2940	7580	6000	6000	2260	9160	9720
Total		10900	11220	11060	12540	6680	16940	14280	11000	11000	5260	19160	19720
IC10	Cust7	15000	20000	5000	17000	11000	8000	1000	1000	5000	4000	5000	5000
Total		15000	20000	5000	17000	11000	8000	1000	1000	5000	4000	5000	5000

ตารางผนวกที่ 10 รายละเอียดของผลิตภัณฑ์ที่ 1 สำหรับใช้ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

จำนวนโรงงานที่สามารถทำการผลิตสินค้าได้ (หน่วย: โรงงาน)	3		
จำนวนวัตถุดิบหลักที่ใช้ (หน่วย: ชนิด)	1		
จำนวนลูกค้า (หน่วย: ราย)	3		
ราคาขาย (หน่วย: บาท)	ลูกค้าที่ 1	ลูกค้าที่ 2	ลูกค้าที่ 3
	31.9	31.9	31.9
ต้นทุนการขนส่งสินค้า (หน่วย: บาท)	ลูกค้าที่ 1	ลูกค้าที่ 2	ลูกค้าที่ 3
โรงงานประกอบ 1	0.1	0.1	0.5
โรงงานประกอบ 2	0.2	0.2	0.3
โรงงานประกอบ 3	0.2	0.2	0.1
ข้อมูลการผลิต(1)	โรงงานประกอบ 1	โรงงานประกอบ 2	โรงงานประกอบ 3
	1	2	3
ต้นทุนการผลิต (หน่วย: บาท)	10.2	14.40059	11.41093
ต้นทุนสินค้าคงคลัง (หน่วย: บาท)	1.1	1.584065	1.2552023
ต้นทุนวัตถุดิบ (หน่วย: บาท)	1000.0	1000	1000
ต้นทุนการขนส่งวัตถุดิบหลัก (หน่วย: บาท)	200.0	100	150
กำลังการผลิต (หน่วย: ตัวต่อเดือน)	10K	15K	20K
ร้อยละของผลผลิต	0.97	0.98	0.89
ระดับความปลอดภัยของการเก็บสินค้าคงคลัง (หน่วย: วัน)	5	5	5
เวลาในการผลิตสินค้า (หน่วย: วัน)	12	15	10
ข้อมูลการผลิต(2)	วัตถุดิบหลัก 1		
ต้นทุนการผลิต (หน่วย: บาท)	500		
ต้นทุนสินค้าคงคลัง (หน่วย: บาท)	55		
ต้นทุนวัตถุดิบ (หน่วย: บาท)	250		
ร้อยละของผลผลิต	0.99		
ระดับความปลอดภัยของการเก็บสินค้าคงคลัง (หน่วย: วัน)	15		
เวลาในการผลิตสินค้า (หน่วย: วัน)	15		
Wafer/Slice (หน่วย: แผ่น)	7984		

ตารางผนวกที่ 11 รายละเอียดของผลิตภัณฑ์ที่ 2 สำหรับใช้ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

จำนวนโรงงานที่สามารถทำการผลิตสินค้าได้			
(หน่วย: โรงงาน)	3		
จำนวนวัตถุดิบหลักที่ใช้ (หน่วย: ชนิด)	3		
จำนวนลูกค้า (หน่วย: ราย)	3		
ราคาขาย (หน่วย: บาท)	ลูกค้าที่ 1	ลูกค้าที่ 2	ลูกค้าที่ 3
	59.03	59.03	59.03
ต้นทุนการขนส่งสินค้า (หน่วย: บาท)	ลูกค้าที่ 1	ลูกค้าที่ 2	ลูกค้าที่ 3
โรงงานประกอบ 1	0.2	0.3	0.4
โรงงานประกอบ 2	0.3	0.1	0.5
โรงงานประกอบ 3	0.3	0.1	0.5
	โรงงานประกอบ 1	โรงงานประกอบ 2	โรงงานประกอบ 3
ข้อมูลการผลิต(1)	1	2	3
ต้นทุนการผลิต (หน่วย: บาท)	33.86	36.78	31.11
ต้นทุนสินค้าคงคลัง (หน่วย: บาท)	3.72	4.05	3.42
ต้นทุนวัตถุดิบ1 (หน่วย: บาท)	2000.00	2000.00	2000.00
ต้นทุนวัตถุดิบ2 (หน่วย: บาท)	2500.00	2500.00	2500.00
ต้นทุนวัตถุดิบ3 (หน่วย: บาท)	1500.00	1500.00	1500.00
ต้นทุนการขนส่งวัตถุดิบหลัก (หน่วย: บาท)	200.00	100.00	100.00
กำลังการผลิต (หน่วย: ตัวต่อเดือน)	100K	50K	30K
ร้อยละของผลผลิต	0.98	0.93	0.92
ระดับความปลอดภัยของการเก็บสินค้าคงคลัง			
(หน่วย: วัน)	12	17	10
เวลาในการผลิตสินค้า (หน่วย: วัน)	7	7	7
	วัตถุดิบหลัก 1	วัตถุดิบหลัก 2	วัตถุดิบหลัก 3
ข้อมูลการผลิต(2)			
ต้นทุนการผลิต (หน่วย: บาท)	500	500	500
ต้นทุนสินค้าคงคลัง (หน่วย: บาท)	55	55	55
ต้นทุนวัตถุดิบ (หน่วย: บาท)	1000	1500	800
ร้อยละของผลผลิต	1.00	0.97	0.96
เวลาในการผลิตสินค้า (หน่วย: วัน)	25	25	25
ระดับความปลอดภัยของการเก็บสินค้าคงคลัง			
(หน่วย: วัน)	15	15	15
Wafer/Slice (หน่วย: แผ่น)	23076	13462	9474

**ตารางผนวกที่ 12** รายละเอียดของผลิตภัณฑ์ที่ 3 สำหรับใช้ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

จำนวนโรงงานที่สามารถทำการผลิตสินค้าได้ (หน่วย: โรงงาน)	3		
จำนวนวัตถุดิบหลักที่ใช้ (หน่วย: ชนิด)	2		
จำนวนลูกค้า (หน่วย: ราย)	2		
ราคาขาย (หน่วย: บาท)	ลูกค้าที่ 1	ลูกค้าที่ 2	
	42.75	42.75	
ต้นทุนการขนส่งสินค้า (หน่วย: บาท)	ลูกค้าที่ 1	ลูกค้าที่ 2	
โรงงานประกอบ 1	0.3	0.3	
โรงงานประกอบ 2	0.1	0.1	
โรงงานประกอบ 3	0.1	0.1	
ข้อมูลการผลิต(1)	โรงงานประกอบ 1	โรงงานประกอบ 2	โรงงานประกอบ 3
ต้นทุนการผลิต (หน่วย: บาท)	5.55	5.28	5.69
ต้นทุนสินค้าคงคลัง (หน่วย: บาท)	0.61	0.58	0.63
ต้นทุนวัตถุดิบ1 (หน่วย: บาท)	590.94	590.94	590.94
ต้นทุนวัตถุดิบ2 (หน่วย: บาท)	715.84	715.84	715.84
ต้นทุนการขนส่งวัตถุดิบหลัก (หน่วย: บาท)	200.00	50.00	100.00
กำลังการผลิต (หน่วย: ตัวต่อเดือน)	10K	5K	5K
ร้อยละของผลผลิต	0.98	0.99	0.98
ระดับความปลอดภัยของการเก็บสินค้าคงคลัง (หน่วย: วัน)	5	5	5
เวลาในการผลิตสินค้า (หน่วย: วัน)	13	10	10
ข้อมูลการผลิต(2)	วัตถุดิบหลัก 1	วัตถุดิบหลัก 2	
ต้นทุนการผลิต (หน่วย: บาท)	500	500	
ต้นทุนสินค้าคงคลัง (หน่วย: บาท)	55	55	
ต้นทุนวัตถุดิบ (หน่วย: บาท)	5	5	
ร้อยละของผลผลิต	1.00	0.95	
ระดับความปลอดภัยของการเก็บสินค้าคงคลัง (หน่วย: วัน)	25	25	
เวลาในการผลิตสินค้า (หน่วย: วัน)	15	15	
Wafer/Slice (หน่วย: แผ่น)	28197	11402	

**ตารางผนวกที่ 13** รายละเอียดของผลิตภัณฑ์ที่ 4 สำหรับใช้ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

จำนวนโรงงานที่สามารถทำการผลิตสินค้าได้ (หน่วย: โรงงาน)	3		
จำนวนวัตถุดิบหลักที่ใช้ (หน่วย: ชนิด)	2		
จำนวนลูกค้า (หน่วย: ราย)	2		
ราคาขาย (หน่วย: บาท)	ลูกค้าที่ 1	ลูกค้าที่ 2	
	550	550	
ต้นทุนการขนส่งสินค้า (หน่วย: บาท)	ลูกค้าที่ 1	ลูกค้าที่ 2	
โรงงานประกอบ 1	0.3	0.1	
โรงงานประกอบ 2	0.1	0.3	
โรงงานประกอบ 3	0.1	0.3	
ข้อมูลการผลิต(1)	โรงงานประกอบ 1	โรงงานประกอบ 2	โรงงานประกอบ 3
ต้นทุนการผลิต (หน่วย: บาท)	65.50	68.88	64.67
ต้นทุนสินค้าคงคลัง (หน่วย: บาท)	7.20	7.58	7.11
ต้นทุนวัตถุดิบ1 (หน่วย: บาท)	729.47	729.47	729.47
ต้นทุนวัตถุดิบ2 (หน่วย: บาท)	315.37	315.37	315.37
ต้นทุนการขนส่งวัตถุดิบหลัก (หน่วย: บาท)	200.00	100.00	100.00
กำลังการผลิต (หน่วย: ตัวต่อเดือน)	10K	5K	10K
ร้อยละของผลผลิต	0.98	0.99	0.98
ระดับความปลอดภัยของการเก็บสินค้าคงคลัง (หน่วย: วัน)	5	5	5
เวลาในการผลิตสินค้า (หน่วย: วัน)	13	10	10
ข้อมูลการผลิต(2)	วัตถุดิบหลัก 1	วัตถุดิบหลัก 2	
ต้นทุนการผลิต (หน่วย: บาท)	1500	1500	
ต้นทุนสินค้าคงคลัง (หน่วย: บาท)	165	165	
ต้นทุนวัตถุดิบ (หน่วย: บาท)	500	500	
ร้อยละของผลผลิต	1.00	0.95	
เวลาในการผลิตสินค้า (หน่วย: วัน)	25	25	
ระดับความปลอดภัยของการเก็บสินค้าคงคลัง (หน่วย: วัน)	15	15	
Wafer/Slice (หน่วย: แผ่น)	1953	1524	

**ตารางผนวกที่ 14** รายละเอียดของผลิตภัณฑ์ที่ 5 สำหรับใช้ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

จำนวนโรงงานที่สามารถทำการผลิตสินค้าได้ (หน่วย: โรงงาน)	3		
จำนวนวัตถุดิบหลักที่ใช้ (หน่วย: ชนิด)	3		
จำนวนลูกค้า (หน่วย: ราย)	1		
ราคาขาย (หน่วย: บาท)	ลูกค้าที่ 1		
	36.31		
ต้นทุนการขนส่งสินค้า (หน่วย: บาท)	ลูกค้าที่ 1		
โรงงานประกอบ 1	0.2		
โรงงานประกอบ 2	0.3		
โรงงานประกอบ 3	0.3		
ข้อมูลการผลิต(1)	โรงงานประกอบ 1	โรงงานประกอบ 2	โรงงานประกอบ 3
ต้นทุนการผลิต (หน่วย: บาท)	28.14	21.07	25.02
ต้นทุนสินค้าคงคลัง (หน่วย: บาท)	3.10	2.32	2.75
ต้นทุนวัตถุดิบ1 (หน่วย: บาท)	558.52	558.52	558.52
ต้นทุนวัตถุดิบ2 (หน่วย: บาท)	968.23	968.23	968.23
ต้นทุนวัตถุดิบ3 (หน่วย: บาท)	575.84	575.84	575.84
ต้นทุนการขนส่งวัตถุดิบหลัก (หน่วย: บาท)	200.00	100.00	100.00
กำลังการผลิต (หน่วย: ตัวต่อเดือน)	10K	15K	10K
ร้อยละของผลผลิต	0.99	0.99	0.99
ระดับความปลอดภัยของการเก็บสินค้าคงคลัง (หน่วย: วัน)	7	7	7
เวลาในการผลิตสินค้า (หน่วย: วัน)	15	17	15
ข้อมูลการผลิต(2)	วัตถุดิบหลัก 1	วัตถุดิบหลัก 2	วัตถุดิบหลัก 3
ต้นทุนการผลิต (หน่วย: บาท)	500	500	500
ต้นทุนสินค้าคงคลัง (หน่วย: บาท)	55	55	55
ต้นทุนวัตถุดิบ (หน่วย: บาท)	10500	4000	3500
ร้อยละของผลผลิต	1.00	0.98	0.95
เวลาในการผลิตสินค้า (หน่วย: วัน)	25	25	25
ระดับความปลอดภัยของการเก็บสินค้าคงคลัง (หน่วย: วัน)	15	15	15
Wafer/Slice (หน่วย: แผ่น)	22842	9181	8774

**ตารางผนวกที่ 15** รายละเอียดของผลิตภัณฑ์ที่ 6 สำหรับใช้ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

จำนวนโรงงานที่สามารถทำการผลิตสินค้าได้				
(หน่วย: โรงงาน)	3			
จำนวนวัตถุดิบหลักที่ใช้				
(หน่วย: ชนิด)	1			
จำนวนลูกค้า				
(หน่วย: ราย)	4			
ราคาขาย (หน่วย: บาท)	ลูกค้าที่ 1	ลูกค้าที่ 2	ลูกค้าที่ 3	ลูกค้าที่ 4
	33.9	33.9	33.9	33.9
ต้นทุนการขนส่งสินค้า				
(หน่วย: บาท)	ลูกค้าที่ 1	ลูกค้าที่ 2	ลูกค้าที่ 3	ลูกค้าที่ 4
โรงงานประกอบ 1	0.003	0.001	0.002	0.003
โรงงานประกอบ 2	0.002	0.003	0.003	0.002
โรงงานประกอบ 3	0.001	0.002	0.003	0.001
ข้อมูลการผลิต(1)	โรงงานประกอบ 1	โรงงานประกอบ 2	โรงงานประกอบ 3	
ต้นทุนการผลิต (หน่วย: บาท)	6.45	7.32	7.30	
ต้นทุนสินค้าคงคลัง (หน่วย: บาท)	0.10	0.20	0.30	
ต้นทุนวัตถุดิบ (หน่วย: บาท)	1000.00	1000.00	1000.00	
ต้นทุนการขนส่งวัตถุดิบหลัก (หน่วย: บาท)	200.00	50.00	100.00	
กำลังการผลิต (หน่วย: ตัวต่อเดือน)	0.65M	0.25M	0.1M	
ร้อยละของผลผลิต	0.98	0.89	0.98	
ระดับความปลอดภัยของการเก็บ				
สินค้าคงคลัง (หน่วย: วัน)	5	5	5	
เวลาในการผลิตสินค้า (หน่วย: วัน)	12	15	10	
ข้อมูลการผลิต(2)	วัตถุดิบหลัก 1			
ต้นทุนการผลิต (หน่วย: บาท)	500			
ต้นทุนสินค้าคงคลัง (หน่วย: บาท)	0.5			
ต้นทุนวัตถุดิบ (หน่วย: บาท)	5			
ร้อยละของผลผลิต	0.98			
ระดับความปลอดภัยของการเก็บ				
สินค้าคงคลัง(หน่วย: วัน)	15			
เวลาในการผลิตสินค้า (หน่วย: วัน)	15			
Wafer/Slice (หน่วย: แผ่น)	14000			

**ตารางผนวกที่ 16** รายละเอียดของผลิตภัณฑ์ที่ 7 สำหรับใช้ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

จำนวนโรงงานที่สามารถทำการผลิตสินค้าได้ (หน่วย: โรงงาน)	3		
จำนวนวัตถุดิบหลักที่ใช้ (หน่วย: ชนิด)	3		
จำนวนลูกค้า (หน่วย: ราย)	3		
ราคาขาย (หน่วย: บาท)	ลูกค้าที่ 1	ลูกค้าที่ 2	ลูกค้าที่ 3
	5.7	5.7	5.7
ต้นทุนการขนส่งสินค้า (หน่วย: บาท)	ลูกค้าที่ 1	ลูกค้าที่ 2	ลูกค้าที่ 3
โรงงานประกอบ 1	0.001	0.001	0.01
โรงงานประกอบ 2	0.002	0.002	0.03
โรงงานประกอบ 3	0.002	0.002	0.03
ข้อมูลการผลิต(1)	โรงงานประกอบ 1	โรงงานประกอบ 2	โรงงานประกอบ 3
ต้นทุนการผลิต (หน่วย: บาท)	0.125	0.2	0.1
ต้นทุนสินค้าคงคลัง (หน่วย: บาท)	0.1	0.2	0.3
ต้นทุนวัตถุดิบ (หน่วย: บาท)	3.5	3.5	3.5
ต้นทุนการขนส่งวัตถุดิบหลัก (หน่วย: บาท)	30	10	10
กำลังการผลิต (หน่วย: ตัวต่อเดือน)	1.5M	1M	2M
ร้อยละของผลผลิต	0.98	0.93	0.92
ระดับความปลอดภัยของการเก็บสินค้าคงคลัง (หน่วย: วัน)	7	7	7
เวลาในการผลิตสินค้า (หน่วย: วัน)	12	17	10
ข้อมูลการผลิต(2)	วัตถุดิบหลัก 1	วัตถุดิบหลัก 2	วัตถุดิบหลัก 3
ต้นทุนการผลิต (หน่วย: บาท)	10	10	10
ต้นทุนสินค้าคงคลัง (หน่วย: บาท)	0.2	0.2	0.2
ต้นทุนวัตถุดิบ (หน่วย: บาท)	5	5	5
ร้อยละของผลผลิต	1.00	0.97	0.96
ระดับความปลอดภัยของการเก็บสินค้าคงคลัง (หน่วย: วัน)	10	10	10
เวลาในการผลิตสินค้า (หน่วย: วัน)	7	7	7
Wafer/Slice (หน่วย: แผ่น)	20384	12475	10440

ตารางผนวกที่ 17 รายละเอียดของผลิตภัณฑ์ที่ 8 สำหรับใช้ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

จำนวนโรงงานที่สามารถทำการผลิตสินค้าได้ (หน่วย: โรงงาน)	3		
จำนวนวัตถุดิบหลักที่ใช้ (หน่วย: ชนิด)	3		
จำนวนลูกค้า (หน่วย: ราย)	3		
ราคาขาย (หน่วย: บาท)	ลูกค้าที่ 1	ลูกค้าที่ 2	ลูกค้าที่ 3
	5.7	5.7	5.7
ต้นทุนการขนส่งสินค้า (หน่วย: บาท)	ลูกค้าที่ 1	ลูกค้าที่ 2	ลูกค้าที่ 3
โรงงานประกอบ 1	0.001	0.001	0.01
โรงงานประกอบ 2	0.002	0.002	0.03
โรงงานประกอบ 3	0.002	0.002	0.03
ข้อมูลการผลิต(1)	โรงงานประกอบ 1	โรงงานประกอบ 2	โรงงานประกอบ 3
ต้นทุนการผลิต (หน่วย: บาท)	0.125	0.2	0.1
ต้นทุนสินค้าคงคลัง (หน่วย: บาท)	0.1	0.2	0.3
ต้นทุนวัตถุดิบ (หน่วย: บาท)	3.5	3.5	3.5
ต้นทุนการขนส่งวัตถุดิบหลัก (หน่วย: บาท)	30	10	10
กำลังการผลิต (หน่วย: ตัวต่อเดือน)	0.15M	0.2M	0.1M
ร้อยละของผลผลิต	0.98	0.93	0.92
ระดับความปลอดภัยของการเก็บสินค้าคงคลัง (หน่วย: วัน)	7	7	7
เวลาในการผลิตสินค้า (หน่วย: วัน)	12	17	10
ข้อมูลการผลิต(2)	วัตถุดิบหลัก 1	วัตถุดิบหลัก 2	วัตถุดิบหลัก 3
ต้นทุนการผลิต (หน่วย: บาท)	10	10	10
ต้นทุนสินค้าคงคลัง (หน่วย: บาท)	0.2	0.2	0.2
ต้นทุนวัตถุดิบ (หน่วย: บาท)	5	5	5
ร้อยละของผลผลิต	1.00	0.97	0.96
ระดับความปลอดภัยของการเก็บสินค้าคงคลัง (หน่วย: วัน)	10	10	10
เวลาในการผลิตสินค้า (หน่วย: วัน)	7	7	7
Wafer/Slice (หน่วย: แผ่น)	20384	12475	10440

**ตารางผนวกที่ 18** รายละเอียดของผลิตภัณฑ์ที่ 9 สำหรับใช้ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

จำนวนโรงงานที่สามารถทำการผลิตสินค้าได้ (หน่วย: โรงงาน)	3			
จำนวนวัตถุดิบหลักที่ใช้ (หน่วย: ชนิด)	2			
จำนวนลูกค้า (หน่วย: ราย)	4			
ราคาขาย (หน่วย: บาท)	ลูกค้าที่ 1	ลูกค้าที่ 2	ลูกค้าที่ 3	ลูกค้าที่ 4
	41.8	41.8	41.8	41.8
ต้นทุนการขนส่งสินค้า (หน่วย: บาท)	ลูกค้าที่ 1	ลูกค้าที่ 2	ลูกค้าที่ 3	ลูกค้าที่ 4
โรงงานประกอบ 1	0.003	0.002	0.002	0.002
โรงงานประกอบ 2	0.005	0.001	0.001	0.001
โรงงานประกอบ 3	0.004	0.0025	0.0025	0.0025
ข้อมูลการผลิต(1)	โรงงานประกอบ 1	โรงงานประกอบ 2	โรงงานประกอบ 3	
ต้นทุนการผลิต (หน่วย: บาท)	7.55	7.38	6.03	
ต้นทุนสินค้าคงคลัง (หน่วย: บาท)	0.10	0.20	0.30	
ต้นทุนวัตถุดิบ (หน่วย: บาท)	627.42	627.42	627.42	
ต้นทุนการขนส่งวัตถุดิบหลัก (หน่วย: บาท)	200.00	50.00	100.00	
กำลังการผลิต (หน่วย: ตัวต่อเดือน)	2M	1M	1.5M	
ร้อยละของผลผลิต	0.99	0.98	1.00	
ระดับความปลอดภัยของการ เก็บสินค้าคงคลัง (หน่วย: วัน)	5	5	5	
เวลาในการผลิตสินค้า (หน่วย: วัน)	13	10	10	
ข้อมูลการผลิต(2)	วัตถุดิบหลัก 1	วัตถุดิบหลัก 2		
ต้นทุนการผลิต (หน่วย: บาท)	500	500		
ต้นทุนสินค้าคงคลัง (หน่วย: บาท)	0.5	0.5		
ต้นทุนวัตถุดิบ (หน่วย: บาท)	5	5		
ร้อยละของผลผลิต	1.00	0.95		
ระดับความปลอดภัยของการ เก็บสินค้าคงคลัง(หน่วย: วัน)	15	20		
เวลาในการผลิตสินค้า (หน่วย: วัน)	15	15		
Wafer/Slice (หน่วย: แผ่น)	49381	23202		

ตารางผนวกที่ 19 รายละเอียดของผลิตภัณฑ์ที่ 10 สำหรับใช้ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

จำนวนโรงงานที่สามารถทำการผลิตสินค้าได้ (หน่วย: โรงงาน)	3				
จำนวนวัตถุดิบหลักที่ใช้ (หน่วย: ชนิด)	1				
จำนวนลูกค้า (หน่วย: ราย)	5				
ราคาขาย (หน่วย: บาท)	ลูกค้าที่ 1	ลูกค้าที่ 2	ลูกค้าที่ 3	ลูกค้าที่ 4	ลูกค้าที่ 5
	45.61	45.61	45.61	45.61	45.61
ต้นทุนการขนส่งสินค้า (หน่วย: บาท)	ลูกค้าที่ 1	ลูกค้าที่ 2	ลูกค้าที่ 3	ลูกค้าที่ 4	ลูกค้าที่ 5
โรงงานประกอบ 1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1
โรงงานประกอบ 2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
โรงงานประกอบ 3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1
ข้อมูลการผลิต(1)	โรงงาน	โรงงาน	โรงงาน		
	ประกอบ 1	ประกอบ 2	ประกอบ 3		
ต้นทุนการผลิต (หน่วย: บาท)	7.7	8.2	6.4		
ต้นทุนสินค้าคงคลัง (หน่วย: บาท)	0.1	0.2	0.2		
ต้นทุนวัตถุดิบ (หน่วย: บาท)	666.8	666.8	666.8		
ต้นทุนการขนส่งวัตถุดิบหลัก (หน่วย: บาท)	200.0	100.0	100.0		
กำลังการผลิต (หน่วย: ตัวต่อเดือน)	100K	150K	200K		
ร้อยละของผลผลิต	0.97	0.99	0.98		
ระดับความปลอดภัยของการเก็บ สินค้าคงคลัง (หน่วย: วัน)	5	5	5		
เวลาในการผลิตสินค้า (หน่วย: วัน)	14	10	10		
	วัตถุดิบหลัก				
ข้อมูลการผลิต(2)	1				
ต้นทุนการผลิต (หน่วย: บาท)	300				
ต้นทุนสินค้าคงคลัง (หน่วย: บาท)	0.5				
ต้นทุนวัตถุดิบ (หน่วย: บาท)	100				
ร้อยละของผลผลิต	0.97				
ระดับความปลอดภัยของการเก็บ สินค้าคงคลัง (หน่วย: วัน)	25				
เวลาในการผลิตสินค้า (หน่วย: วัน)	15				
Wafer/Slice (หน่วย: แผ่น)	7460				

**ตารางผนวกที่ 20** ผลการเปรียบเทียบการจัดสรรความต้องการที่ใช้ Solver หาคำตอบกับวิธีการจัดสรรความต้องการที่ใช้ในปัจจุบันของผลิตภัณฑ์ที่ 1  
(หน่วย: ตัว)

		Data											
Source	Organization Code	Sum of M01	Sum of M02	Sum of M03	Sum of M04	Sum of M05	Sum of M06	Sum of M07	Sum of M08	Sum of M09	Sum of M10	Sum of M11	Sum of M12
Actual	FAB	5170	10000	0	9800	5665	2930	4340	2019	6835	0	0	2857
	MHT	10000	10000	9510	10000	10000	10000	10000	10000	10000	9956	7047	10000
	SCT	0	4810	0	0	5000	0	0	0	0	0	0	0
Actual Total		15170	24810	9510	19800	20665	12930	14340	12019	16835	9956	7047	12857
Solver	FAB	1116	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	MHT	11435	12951	949	9953	10538	3221	4051	3034	6597	0	0	0
	SCT	2619	11859	8561	9847	10127	9709	10289	8985	10238	9956	7047	12857
Solver Total		15170	24810	9510	19800	20665	12930	14340	12019	16835	9956	7047	12857
Grand Total		30340	49620	19020	39600	41330	25860	28680	24038	33670	19912	14094	25714

**ตารางผนวกที่ 21 ผลการเปรียบเทียบการจัดสรรความต้องการที่ใช้ Solver หาคำตอบกับวิธีการจัดสรรความต้องการที่ใช้ในปัจจุบันของผลิตภัณฑ์ที่ 2**  
(หน่วย: ตัว)

		Data												
Source	Organization Code	Sum of M01	Sum of M02	Sum of M03	Sum of M04	Sum of M05	Sum of M06	Sum of M07	Sum of M08	Sum of M09	Sum of M10	Sum of M11	Sum of M12	
Actual	FAB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10000	10000	5500	2150
	HTE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10000	10000	10000	10000
	SCT	39212	23550	25700	69050	24150	27900	24221	26550	6600	9950	5000	0	
Actual Total		39212	23550	25700	69050	24150	27900	24221	26550	26600	29950	20500	12150	
Solver	FAB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	HTE	13266	23550	21635	32219	24150	27900	24221	26550	26600	29950	20500	12150	
	SCT	25946	0	4065	36831	0	0	0	0	0	0	0	0	
Solver Total		39212	23550	25700	69050	24150	27900	24221	26550	26600	29950	20500	12150	
Grand Total		78424	47100	51400	138100	48300	55800	48442	53100	53200	59900	41000	24300	

**ตารางผนวกที่ 22 ผลการเปรียบเทียบการจัดสรรความต้องการที่ใช้ Solver หาคำตอบกับวิธีการจัดสรรความต้องการที่ใช้ในปัจจุบันของผลิตภัณฑ์ที่ 3**  
(หน่วย: ตัว)

		Data											
Source	Organization Code	Sum of M01	Sum of M02	Sum of M03	Sum of M04	Sum of M05	Sum of M06	Sum of M07	Sum of M08	Sum of M09	Sum of M10	Sum of M11	Sum of M12
Actual	FAB	3440	0	0	0	0	2980	5040	5500	0	0	0	0
	MHT	0	8400	4200	840	2520	5000	0	0	0	0	0	0
	SCT	10000	0	0	0	0	0	0	5000	2940	5880	4200	7560
Actual Total		13440	8400	4200	840	2520	7980	5040	10500	2940	5880	4200	7560
Solver	FAB	1568	6453	4200	840	2520	5475	4277	6236	2940	5723	3267	7560
	MHT	3215	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SCT	8657	1947	0	0	0	2505	763	4264	0	157	933	0
Solver Total		13440	8400	4200	840	2520	7980	5040	10500	2940	5880	4200	7560
Grand Total		26880	16800	8400	1680	5040	15960	10080	21000	5880	11760	8400	15120

**ตารางผนวกที่ 23 ผลการเปรียบเทียบการจัดสรรความต้องการที่ใช้ Solver หาคำตอบกับวิธีการจัดสรรความต้องการที่ใช้ในปัจจุบันของผลิตภัณฑ์ที่ 4**  
(หน่วย: ตัว)

		Data											
Source	Organization Code	Sum of M01	Sum of M02	Sum of M03	Sum of M04	Sum of M05	Sum of M06	Sum of M07	Sum of M08	Sum of M09	Sum of M10	Sum of M11	Sum of M12
Actual	FAB	0	3000	3000	5000	0	5940	5000	0	0	0	4160	4720
	OTA	5900	3220	3060	2540	1680	6000	4280	6000	6000	0	10000	10000
	SCT	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5260	5000	5000
Actual Total		10900	11220	11060	12540	6680	16940	14280	11000	11000	5260	19160	19720
Solver	FAB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OTA	3890	11220	7248	12540	6680	9939	10084	9171	11000	5260	3168	19104
	SCT	7010	0	3812	0	0	7001	4196	1829	0	0	15992	616
Solver Total		10900	11220	11060	12540	6680	16940	14280	11000	11000	5260	19160	19720
Grand Total		21800	22440	22120	25080	13360	33880	28560	22000	22000	10520	38320	39440

**ตารางผนวกที่ 24** ผลการเปรียบเทียบการจัดสรรความต้องการที่ใช้ Solver หาคำตอบกับวิธีการจัดสรรความต้องการที่ใช้ในปัจจุบันของผลิตภัณฑ์ที่ 5  
(หน่วย: ตัว)

		Data											
Source	Organization Code	Sum of M01	Sum of M02	Sum of M03	Sum of M04	Sum of M05	Sum of M06	Sum of M07	Sum of M08	Sum of M09	Sum of M10	Sum of M11	Sum of M12
Actual	NT1	5000	10000	5000	10000	6000	0	1000	1000	0	0	0	0
	SCT	5000	5000	0	7000	0	8000	0	0	0	0	0	0
	SHD	5000	5000	0	0	5000	0	0	0	5000	4000	5000	5000
Actual Total		15000	20000	5000	17000	11000	8000	1000	1000	5000	4000	5000	5000
Solver	NT1	0	19391	5000	17000	11000	8000	1000	1000	5000	4000	5000	5000
	SCT	5505	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SHD	9495	609	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Solver Total		15000	20000	5000	17000	11000	8000	1000	1000	5000	4000	5000	5000
Grand Total		30000	40000	10000	34000	22000	16000	2000	2000	10000	8000	10000	10000

ตารางผนวกที่ 25 ผลการเปรียบเทียบการจัดสรรความต้องการที่ใช้ Solver หาคำตอบกับวิธีการจัดสรรความต้องการที่ใช้ในปัจจุบันของผลิตภัณฑ์ที่ 6  
(หน่วย: ตัว)

		Data											
Source	Organization Code	Sum of M01	Sum of M02	Sum of M03	Sum of M04	Sum of M05	Sum of M06	Sum of M07	Sum of M08	Sum of M09	Sum of M10	Sum of M11	Sum of M12
Actual	ASE	0	0	0	0	0	284000	381000	400000	400000	400000	141300	206000
	OTA	0	0	0	0	0	0	0	50000	65000	129000	0	0
	SCT	570000	529000	384000	474000	417000	0	0	0	0	0	0	0
Actual Total		570000	529000	384000	474000	417000	284000	381000	450000	465000	529000	141300	206000
Solver	ASE	89000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OTA	165603	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SCT	315397	529000	384000	474000	417000	284000	381000	450000	465000	529000	141300	206000
Solver Total		570000	529000	384000	474000	417000	284000	381000	450000	465000	529000	141300	206000
Grand Total		1140000	1058000	768000	948000	834000	568000	762000	900000	930000	1058000	282600	412000

**ตารางผนวกที่ 26 ผลการเปรียบเทียบการจัดสรรความต้องการที่ใช้ Solver หาคำตอบกับวิธีการจัดสรรความต้องการที่ใช้ในปัจจุบันของผลิตภัณฑ์ที่ 7**  
(หน่วย: ตัว)

		Data											
Source	Organization Code	Sum of M01	Sum of M02	Sum of M03	Sum of M04	Sum of M05	Sum of M06	Sum of M07	Sum of M08	Sum of M09	Sum of M10	Sum of M11	Sum of M12
Actual	KKB	1176050	717500	1127200	830000	220000	1020000	909000	562000	722071	673143	188795	782000
	NT1	392500	395560	687500	240000	790550	702000	657000	362000	722071	673143	188795	782000
	SCT	762500	1105000	567500	480000	350000	158700	384060	127280	373858	1155714	1660810	638000
Actual Total		2331050	2218060	2382200	1550000	1360550	1880700	1950060	1051280	1818000	2502000	2038400	2202000
Solver	KKB	1718950	0	1479349	0	0	223786	544854	0	56197	1159345	1121315	0
	NT1	543574	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SCT	68526	2218060	902851	1550000	1360550	1656914	1405206	1151280	1761803	1342655	917085	2202000
Solver Total		2331050	2218060	2382200	1550000	1360550	1880700	1950060	1151280	1818000	2502000	2038400	2202000
Grand Total		4662100	4436120	4764400	3100000	2721100	3761400	3900120	2202560	3636000	5004000	4076800	4404000

ตารางผนวกที่ 27 ผลการเปรียบเทียบการจัดสรรความต้องการที่ใช้ Solver หาคำตอบกับวิธีการจัดสรรความต้องการที่ใช้ในปัจจุบันของผลิตภัณฑ์ที่ 8  
(หน่วย: ตัว)

		Data											
Source	Organization Code	Sum of M01	Sum of M02	Sum of M03	Sum of M04	Sum of M05	Sum of M06	Sum of M07	Sum of M08	Sum of M09	Sum of M10	Sum of M11	Sum of M12
Actual	AMK	5036	0	16704	28536	24488	0	44509	0	0	22732	2900	0
	KKB	30000	11152	30000	30000	30000	0	30000	8761	28453	30000	30000	0
	SCT	150000	150000	150000	150000	150000	136464	150000	150000	150000	150000	150000	107750
Actual Total		185036	161152	196704	208536	204488	136464	224509	158761	178453	202732	182900	107750
Solver	AMK	86585	0	66592	66157	43655	0	57192	41117	0	91253	0	0
	KKB	60035	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SCT	38416	161152	130112	142379	160833	136464	167317	117644	178453	111479	182900	107750
Solver Total		185036	161152	196704	208536	204488	136464	224509	158761	178453	202732	182900	107750
Grand Total		370072	322304	393408	417072	408976	272928	449018	317522	356906	405464	365800	215500

**ตารางผนวกที่ 28 ผลการเปรียบเทียบการจัดสรรความต้องการที่ใช้ Solver หาคำตอบกับวิธีการจัดสรรความต้องการที่ใช้ในปัจจุบันของผลิตภัณฑ์ที่ 9**  
(หน่วย: ตัว)

		Data											
Source	Organization Code	Sum of M01	Sum of M02	Sum of M03	Sum of M04	Sum of M05	Sum of M06	Sum of M07	Sum of M08	Sum of M09	Sum of M10	Sum of M11	Sum of M12
Actual	ASE	0	0	500000	500000	800000	513000	960000	1020000	1107983	740123	511263	855235
	FAB	0	0	250000	250000	400000	750000	768045	673275	1107983	740123	511263	855235
	SCT	2779120	2382830	1517945	953820	942516	968215	1020000	1040000	958799	1797824	2163800	477225
Actual Total		2779120	2382830	2267945	1703820	2142516	2231215	2748045	2733275	3174765	3278070	3186326	2187695
Solver	ASE	560076	1701769	1317526	1503571	1493473	1505121	1481095	1455742	1412188	1671167	1004172	2187695
	FAB	603682	681061	950419	200249	649043	726094	1093813	800602	1304757	468229	1833242	0
	SCT	1615362	0	0	0	0	0	173137	476931	457820	1138675	348913	0
Solver Total		2779120	2382830	2267945	1703820	2142516	2231215	2748045	2733275	3174765	3278070	3186326	2187695
Grand Total		5558240	4765660	4535890	3407640	4285032	4462430	5496090	5466550	6349530	6556140	6372652	4375390

**ตารางผนวกที่ 29 ผลการเปรียบเทียบการจัดสรรความต้องการที่ใช้ Solver หาคำตอบกับวิธีการจัดสรรความต้องการที่ใช้ในปัจจุบันของผลิตภัณฑ์ที่ 10**  
(หน่วย: ตัว)

		Data											
Source	Organization Code	Sum of M01	Sum of M02	Sum of M03	Sum of M04	Sum of M05	Sum of M06	Sum of M07	Sum of M08	Sum of M09	Sum of M10	Sum of M11	Sum of M12
Actual	KKB	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000
	NT1	97794	95949	52179	100000	100000	100000	100000	147131	100000	100000	70758	68716
	SCT	0	0	0	63685	132272	23854	100812	0	91064	17458	0	0
Actual Total		197794	195949	152179	263685	332272	223854	300812	247131	291064	217458	170758	168716
Solver	KKB	91200	195949	152179	200313	199419	200139	198570	191808	193256	210391	170758	168716
	NT1	9132	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SCT	97462	0	0	63372	132853	23715	102242	55323	97808	7067	0	0
Solver Total		197794	195949	152179	263685	332272	223854	300812	247131	291064	217458	170758	168716
Grand Total		395588	391898	304358	527370	664544	447708	601624	494262	582128	434916	341516	337432

## ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ	นางสาวอมรรัตน์ ดวงแก้ว
เกิดวันที่	17 กันยายน 2526
สถานที่เกิด	อำเภอแม่ลาว จังหวัดเชียงราย
ประวัติการศึกษา	วศ.บ. (อุตสาหกรรม) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบังฯ
ตำแหน่งปัจจุบัน	วิศวกร ระดับ 1
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	บริษัท โซนี่ดีไวซ์เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด