



ใบรับรองวิทยานิพนธ์  
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมอุตสาหกรรม)

ปริญญา

วิศวกรรมอุตสาหกรรม

วิศวกรรมอุตสาหกรรม

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การพัฒนาเครื่องมือสร้างแบบจำลองเครือข่ายห่วงโซ่อุปทานอย่างรวดเร็ว

Development of Rapid Supply Chain Network Modeling Tool

นามผู้วิจัย นายอลงกรณ์ จรัสสุริยา

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

( อาจารย์พรเทพ อนุสรณิตินสาร, Ph.D. )

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

( รองศาสตราจารย์อนันต์ มุ่งวัฒนา, Ph.D. )

หัวหน้าภาควิชา

( รองศาสตราจารย์อนันต์ มุ่งวัฒนา, Ph.D. )

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

( รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Agr. )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. ....

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาเครื่องมือสร้างแบบจำลองเครือข่ายห่วงโซ่อุปทานอย่างรวดเร็ว

Development of Rapid Supply Chain Network Modeling Tool

โดย

นายอลงกรณ์ จรัสสุริยา

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมอุตสาหกรรม)

พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อลงกรณ์ จรัสสุริยา 2554: การพัฒนาเครื่องมือสร้างแบบจำลองเครือข่ายห่วงโซ่อุปทานอย่างรวดเร็ว ปรินญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมอุตสาหกรรม) สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์พรเทพ อนุสรณิศาร, Ph.D. 155 หน้า

ในธุรกิจปัจจุบันห่วงโซ่อุปทานได้เข้ามามีบทบาทเป็นอย่างมาก โดยการจัดการห่วงโซ่อุปทานที่มีประสิทธิภาพจะมองภาพรวมของระบบตั้งแต่ ผู้จัดหาวัตถุดิบ, โรงงานผลิต, ศูนย์กระจายสินค้า จนกระทั่งถึงร้านค้าปลีก ซึ่งในแต่ละส่วนต้องมีการสั่งซื้อสินค้า, การจัดเก็บสินค้า และการขนส่ง ดังนั้นการจัดการให้มีต้นทุนต่ำที่สุดและสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ด้วยเป็นสิ่งจำเป็น แต่เนื่องจากห่วงโซ่อุปทานเป็นระบบที่มีขนาดใหญ่และซับซ้อน อีกทั้งความต้องการของลูกค้ามีความไม่แน่นอน ที่ผ่านมาทางด้านวิชาการและทางด้านอุตสาหกรรม จึงได้มีการนำระบบการจำลองสถานการณ์เข้ามาช่วยวิเคราะห์และประเมินภายใต้ห่วงโซ่อุปทานต่างๆ อย่างไรก็ดีถึงแม้ว่าการใช้ระบบการจำลองสถานการณ์เข้ามาช่วย การพัฒนาแบบจำลองก็ยังคงต้องใช้เวลานานรวมทั้งผู้ใช้จะต้องมีความรู้ในการสร้างแบบจำลองและระบบต่างๆ ภายในห่วงโซ่อุปทานด้วย งานวิจัยฉบับนี้ได้พัฒนาเทมเพลตขึ้นเพื่อให้ผู้ใช้สามารถสร้างแบบจำลองระบบห่วงโซ่อุปทานได้ง่ายและรวดเร็ว โดยผู้ใช้มีความรู้ความเข้าใจด้านห่วงโซ่อุปทานก็สามารถสร้างแบบจำลองสถานการณ์ขึ้นได้ ซึ่งภายในเทมเพลตจะแบ่งเป็น โมดูลต่างๆ ดังนี้ ผู้จัดหาวัตถุดิบ, โรงงานผลิต, ศูนย์กระจายสินค้า, ร้านค้าปลีก และการขนส่ง เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถนำไปสร้างเป็นระบบห่วงโซ่อุปทานได้ทันที

Alongkorn Jarussuriya 2011: Development of Rapid Supply Chain Network Modeling Tool. Master of Engineering (Industrial Engineering), Major Field: Industrial Engineering, Department of Industrial Engineering. Thesis Advisor: Mr. Pornthep Anussornnitisarn, Ph.D. 155 pages.

Nowadays, supply chain is very important in business world. The effective supply chain management must consider the interactions and activities among parties in the system, including suppliers, manufacturers, distribution centers, retailers etc. To gain the insight and information which reflect the supply chain performance, supply chain model developed using discrete event simulation program has been often used by both academics and industries. However, the major obstacle for using discrete event simulation is the understanding and knowledge of the simulation software package. This problem has an impact on time to develop a supply chain simulation model. This research aims to alleviate this problem by developing the supply chain entity template as a rapid supply chain simulation modeling tool. An simulation modeler (user), such as industrial/production engineering, business process consultant, academia etc., only focus on supply chain parameters such as inventory and production policies, transportation parameters, supplier lead time, lot/batch size, cost and price etc. The modeler does not need to pay attention to syntax or other related simulation programming skills. As a result, time spending in programming the discrete event simulation program has been eliminated, so the modeler can focus on the evaluation of supply chain scenarios which have different parameters and policies.

---

Student's signature

---

Thesis Advisor's signature

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์พรเทพ อนุสรณิศรประธานกรรมการที่ปรึกษา  
วิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์อนันต์ มุ่งวัฒนากรรมการที่ปรึกษาสาขาวิชาเอก ที่ให้  
คำปรึกษาในเรื่องการเรียน การค้นคว้าวิจัย ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จ  
สมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนและ  
มอบความรู้อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดเนื่องจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอขอบแต่คุณพ่อ คุณแม่ ที่ได้  
อบรมและให้กำลังใจผู้วิจัยมาตลอดในทุกเรื่อง

ขอขอบคุณ น.ส. ภาพตะวัน ลयरมภ์ สำหรับทุกความหวังดีและกำลังใจที่มีให้เสมอตั้งแต่  
เริ่มทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

อลงกรณ์ จรัสสุริยา

สิงหาคม 2554

## สารบัญ

## หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(6)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(10)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	29
อุปกรณ์	29
วิธีการ	29
ผลและวิจารณ์	49
ผล	49
วิจารณ์	86
สรุปและข้อเสนอแนะ	87
สรุป	87
ข้อเสนอแนะ	87
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	88
ภาคผนวก	90
ภาคผนวก ก การออกแบบหน้าต่างป้อนข้อมูล (Dialog Design)	91
ภาคผนวก ข ขั้นตอนการออกแบบพัฒนาตรรกะ (Logic Design)	112
ภาคผนวก ค การออกแบบมุมมองของผู้ใช้ (User View)	121
ภาคผนวก ง อธิบายการคำนวณในการตรวจสอบความถูกต้องของเทมเพลต	123
ภาคผนวก จ วิธีการใช้เทมเพลตห้วงโซ่อุปทาน	140
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	155

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 ส่วนการนำเข้าข้อมูล (Input) จุดเชื่อมต่อของโปรแกรม ASDN	34
2 ส่วนการแสดงผล (Output) จุดเชื่อมต่อของโปรแกรม ASDN	36
3 ส่วนการนำเข้าข้อมูล (Input) ลูกศร (การขนส่ง) ของโปรแกรม ASDN	38
4 ส่วนการแสดงผล (Output) ลูกศร (การขนส่ง) ของโปรแกรม ASDN	38
5 ชนิดการอ้างอิงของสวิตช์	46
6 ตัวดำเนินการด้านตรรกะของสวิตช์ดิฟฟินิชั่น	47
7 โมดูลทั้ง 7 ในเทมเพลทห่วงโซ่อุปทาน	49
8 ชนิดและจำนวนของโมดูลย่อยในโมดูลผู้จัดหาวัตถุดิบ	50
9 ชนิดและจำนวนของโมดูลย่อยในโมดูลผู้ผลิต	51
10 ชนิดและจำนวนของโมดูลย่อยในโมดูลศูนย์กระจายสินค้า	52
11 ชนิดและจำนวนของโมดูลย่อยในโมดูลศูนย์กระจายสินค้าที่มีสินค้าหลายชนิด	53
12 ชนิดและจำนวนของโมดูลย่อยในโมดูลผู้ค้าปลีก	54
13 ชนิดและจำนวนของโมดูลย่อยในโมดูลผู้ค้าที่มีสินค้าหลายชนิด	55
14 ชนิดและจำนวนของโมดูลย่อยในโมดูลการขนส่ง	56
15 ข้อมูลนำเข้าในการตรวจสอบความถูกต้องของโมดูลผู้จัดหาวัตถุดิบและผู้ค้าปลีก	66
16 ปริมาณการสั่งซื้อ/การผลิตที่เทมเพลทคำนวณได้เปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณทางทฤษฎี ในการตรวจสอบความถูกต้องของโมดูลผู้จัดหาวัตถุดิบและผู้ค้าปลีก	61
17 ผลการคำนวณทางทฤษฎีในการตรวจสอบความถูกต้องของโมดูลผู้จัดหาวัตถุดิบและผู้ค้าปลีก	62
18 ผลจากการจำลองสถานการณ์ในการตรวจสอบความถูกต้องของโมดูลผู้จัดหาวัตถุดิบและผู้ค้าปลีก	62
19 ข้อมูลนำเข้าในการตรวจสอบความถูกต้องของโมดูลผู้ผลิตและโมดูลศูนย์กระจายสินค้า	63
20 ปริมาณการสั่งซื้อ / การผลิตที่เทมเพลทคำนวณได้เปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณทางทฤษฎีในการตรวจสอบความถูกต้องของโมดูลผู้ผลิตและโมดูลศูนย์กระจายสินค้า	63

### สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
21	ผลการคำนวณทางทฤษฎีในการตรวจสอบความถูกต้องของโมดูลผู้ผลิตและ โมดูลศูนย์กระจายสินค้า	65
22	ผลจากการจำลองสถานการณ์ในการตรวจสอบความถูกต้องของโมดูลผู้ผลิตและ โมดูลศูนย์กระจายสินค้า	65
23	ข้อมูลนำเข้าค่าใช้จ่ายในการจัดการสินค้าแต่ละชนิดของผู้ค้าปลีก	66
24	ข้อมูลนำเข้าค่าใช้จ่ายในการจัดการสินค้าแต่ละชนิดของศูนย์กระจายสินค้าที่มีสินค้าหลายชนิด	66
25	ข้อมูลนำเข้าค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าแต่ละชนิด	67
26	ผลจากการคำนวณปริมาณการสั่งซื้อและจำนวนครั้งที่สั่งทางทฤษฎีของผู้ค้าปลีกที่มีสินค้าหลายชนิดและศูนย์กระจายสินค้าที่มีสินค้าหลายชนิด	67
27	ผลการคำนวณทางทฤษฎีในการตรวจสอบความถูกต้องของโมดูลผู้ค้าปลีกที่ขายสินค้าหลายชนิด	68
28	ผลจากการจำลองสถานการณ์ในการตรวจสอบความถูกต้องของโมดูลผู้ค้าปลีกที่ขายสินค้าหลายชนิด	68
29	ช่วงเวลานำส่งที่โมดูลผู้ค้าปลีกที่ขายสินค้าหลายชนิดบันทึกได้	68
30	ผลการคำนวณทางทฤษฎีในการตรวจสอบความถูกต้องของโมดูลศูนย์กระจายสินค้าที่ขายสินค้าหลายชนิด	69
31	ผลจากการจำลองสถานการณ์ในการตรวจสอบความถูกต้องของโมดูลศูนย์กระจายสินค้าที่ขายสินค้าหลายชนิด	69
32	ผลที่ได้จากแบบจำลองเปรียบเทียบกับคำนวณของโมดูลการขนส่ง	70
33	ข้อมูลในอดีตของสินค้า A	72
34	ต้นทุนการขนส่งต่อหน่วยผลิตภัณฑ์	72
35	ต้นทุนการขนส่งต่อหน่วยในระบบรวมศูนย์กลาง	72
36	ข้อมูลนำเข้าของแบบจำลอง KLF Electronics	73
37	สินค้าคงคลังเฉลี่ยและจำนวนการสั่งซื้อ (ก่อนปรับปรุง)	73

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
38	ค่าใช้จ่ายแต่ละคลังสินค้าส่วนภูมิภาคที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ (ก่อนปรับปรุง)	75
39	สินค้าคงคลังเฉลี่ยและจำนวนการสั่งซื้อ เมื่อเลือกคลังสินค้าในแต่ละรัฐเป็นศูนย์กลาง (หลังปรับปรุง)	77
40	ค่าใช้จ่ายที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ เมื่อเลือกคลังสินค้าในแต่ละรัฐเป็นศูนย์กลาง (หลังปรับปรุง)	77
41	ค่าใช้จ่ายด้านสินค้าคงคลังด้านสินค้าคงคลังของระบบห่วงโซ่อุปทานปัจจุบัน	83
42	ค่าใช้จ่ายด้านสินค้าคงคลังด้านสินค้าคงคลังของระบบห่วงโซ่อุปทานหลังปรับปรุง	84
ตารางผนวกที่		
ก1	ชนิดข้อมูลของหน้าต่างป้อนข้อมูลหลักในส่วนทั่วไปของโมดูลผู้จัดหาวัตถุดิบ	93
ก2	ชนิดข้อมูลของหน้าต่างป้อนข้อมูลหลักในส่วนลูกค้าของโมดูลผู้จัดหาวัตถุดิบ	94
ก3	ชนิดข้อมูลของหน้าต่างป้อนข้อมูลการผลิตของโมดูลผู้จัดหาวัตถุดิบ	95
ก4	ชนิดข้อมูลของการเสียของเครื่องจักรแบบเวลาที่เครื่องจักรสามารถทำงานได้	95
ก5	ชนิดข้อมูลของการเสียของเครื่องจักรแบบจำนวนครั้งที่เครื่องจักรทำงาน	95
ก6	ชนิดข้อมูลของหน้าต่างป้อนข้อมูลสินค้าคงคลัง	97
ก7	ชนิดข้อมูลของหน้าต่างป้อนข้อมูลหลักในส่วนผู้จัดหาวัตถุดิบของโมดูลผู้ผลิต	99
ก8	ชนิดข้อมูลของหน้าต่างป้อนข้อมูลบัญชีรายการวัสดุ	100
ก9	ชนิดข้อมูลของหน้าต่างป้อนข้อมูลของโมดูลศูนย์กระจายสินค้าที่มีสินค้าหลายประเภทส่วนของรหัสสินค้า	103
ก10	ชนิดของข้อมูลของหน้าต่างป้อนข้อมูลสินค้าคงคลังโมดูลศูนย์กระจายสินค้าที่มีสินค้าหลายประเภท	103
ก11	ชนิดข้อมูลของหน้าต่างป้อนข้อมูลหลักโมดูลผู้ค้าปลีก	105

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ก12	ชนิดข้อมูลของหน้าต่างป้อนข้อมูลสินค้าคงคลังโมดูลผู้ค้าปลีก	106
ก13	ชนิดข้อมูลของหน้าต่างป้อนข้อมูลปัจจัยความต้องการแต่ละฤดูกาลโมดูลผู้ค้าปลีก	106
ก14	ชนิดข้อมูลของหน้าต่างป้อนข้อมูลการขนส่ง	110
ข1	กลยุทธ์การวางตำแหน่งผลิตภัณฑ์ที่สามารถกำหนดได้ในแต่ละโมดูล	113

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	รูปแบบการผลิต	7
2	ตัวแบบสินค้าคงคลังแบบคลาสสิก	9
3	กราฟแสดงการคำนวณปริมาณที่ใช้สั่งผลิต	12
4	สินค้าคงคลังแบบลำดับขั้น	16
5	สินค้าคงคลัง $i$ เมื่อ $k_i > 1$	17
6	สินค้าคงคลัง $i$ เมื่อ $k_i \leq 1$	18
7	กราฟแสดงนโยบายสินค้าคงคลังทั้ง 2 แบบ	20
8	การกระจายแบบปกติของค่าความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์	22
9	โครงสร้างผลิตภัณฑ์ X	24
10	เครื่องมือที่ใช้สร้างเทมเพลตด้วยโปรแกรม Arena	26
11	หน้าจอพื้นฐานของโปรแกรม ASDN	30
12	แถบเครื่องมือของโปรแกรม ASDN	31
13	จุดเชื่อมต่อและลูกศรของโปรแกรม ASDN	32
14	สัญลักษณ์และรายละเอียดของจุดเชื่อมต่อโปรแกรม ASDN	33
15	สัญลักษณ์และรายละเอียดของลูกศรโปรแกรม ASDN	33
16	เครือข่ายห่วงโซ่อุปทานที่สร้างโดยโปรแกรม ASDN	34
17	ฟังก์ชันคำนวณปริมาณสั่งซื้อของโปรแกรม ASDN	39
18	เครื่องมือการพัฒนาหน้าต่างป้อนข้อมูลโปรแกรม Arena 12	40
19	การอ้างอิงตัวดำเนินการในโมดูลของหน้าต่างพัฒนาตรรกะ	44
20	ตัวอย่างมุมมองผู้ใช้ของโรงงานผู้ผลิตในเทมเพลตห่วงโซ่อุปทาน	45
21	หน้าต่างการเขียนสวิตช์	46
22	แถบไอคอนของเทมเพลตห่วงโซ่อุปทาน	48
23	รูปแบบการควบสินค้าคงคลังของเทมเพลตห่วงโซ่อุปทาน	58
24	แบบจำลองสถานการณ์ที่ประกอบด้วยโมดูลผู้จัดหาวัตถุดิบและผู้ค้าปลีก	60
25	ผลการตรวจสอบความถูกต้องของโมดูลผู้จัดหาวัตถุดิบและผู้ค้าปลีก	61

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
26	แบบจำลองตรวจสอบความถูกต้องของโมดูลผู้ผลิตและ โมดูลศูนย์กระจายสินค้า	64
27	ตรวจสอบความถูกต้องของโมดูลการขนส่ง	67
28	แบบจำลองสถานการณ์ระบบคลังสินค้าแบบภูมิภาคของบริษัท KLF Electronics	74
29	แบบจำลองสถานการณ์ระบบคลังสินค้าแบบศูนย์กลางของบริษัท KLF Electronics	76
30	เปรียบเทียบค่าขนส่งต่อหน่วยเฉลี่ยต่อปีเมื่อตั้งศูนย์กลางกระจายสินค้าในแต่ละเมือง	78
31	อธิบายการอ่านแผนภาพห่วงโซ่อุปทานของบริษัท ElecComp	79
32	ห่วงโซ่อุปทานก่อนปรับของบริษัท ElecComp	80
33	ห่วงโซ่อุปทานหลังปรับของบริษัท ElecComp	81
34	แบบจำลองสถานการณ์ห่วงโซ่อุปทานของบริษัท ElecComp ที่สร้างโดยใช้เทมเพลตห่วงโซ่อุปทาน	82
<b>ภาพผนวกที่</b>		
ก1	หน้าต่างป้อนข้อมูลหลักของโมดูลผู้จัดหาวัตถุดิบ	92
ก2	หน้าต่างป้อนข้อมูลการผลิต	94
ก3	หน้าต่างป้อนข้อมูลโอกาสที่เครื่องจักรจะเสีย	95
ก4	หน้าต่างป้อนข้อมูลสินค้าคงคลังกรณีที่ผู้ใช้เป็นผู้กำหนดรายละเอียดเอง	96
ก5	หน้าต่างป้อนข้อมูลสินค้าคงคลังกรณีที่ให้เทมเพลตกำหนดค่าให้	96
ก6	หน้าต่างปรับแต่งตัวเลือก	97
ก7	หน้าต่างปรับแต่งตัวเลือกหน้าต่างป้อนข้อมูลหลักของโมดูลผู้ผลิต	98
ก8	หน้าต่างป้อนข้อมูลสินค้าคงคลังของโมดูลผู้ผลิต	99
ก9	หน้าต่างป้อนข้อมูลสินค้าคงคลังของโมดูลผู้ผลิตหน้าต่างป้อนข้อมูลบัญชีรายการวัสดุ	100
ก10	หน้าต่างป้อนข้อมูลหลักโมดูลศูนย์กระจายสินค้า	101

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
ก11	102
ก12	104
ก13	105
ก14	106
ก15	107
ก16	108
ก17	108
ก18	109
ก19	111
ข1	114
ข2	116
ข3	117
ข4	118
ข5	119
ข6	120
ค1	122
ค2	123
จ1	141
จ2	141
จ3	142

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
จ4 หน้าต่างหลักของโมดูลผู้จัดหาวัตถุดิบ	143
จ5 ส่วนการผลิตของโมดูลผู้จัดหาวัตถุดิบ	144
จ6 หน้าต่างการเสียของเครื่องจักร	145
จ7 หน้าต่างสินค้าคงคลังของโมดูลผู้จัดหาวัตถุดิบเมื่อเลือกตั้งค่าเอง	145
จ8 หน้าต่างสินค้าคงคลังของโมดูลผู้จัดหาวัตถุดิบเมื่อเลือกให้เทมเพลตกำหนดค่าให้	146
จ9 หน้าต่างหลักของโมดูลผู้ผลิต	147
จ10 จุดเข้าและจุดออกที่ปรากฏขึ้นหลังตั้งค่าภายในโมดูล	148
จ11 หน้าต่างแสดงบัญชีรายการวัตถุดิบของโมดูลผู้ผลิต	148
จ12 หน้าต่างหลักของโมดูลการขนส่ง	150
จ13 หน้าต่างค่าใช้จ่ายในการขนส่ง	151
จ14 หน้าต่างหลักของโมดูลผู้ค้าปลีก	152
จ15 หน้าต่างสินค้าคงคลังของโมดูลผู้ค้าปลีก	153
จ16 แบบจำลองระบบโซ่อุปทานที่เสร็จสมบูรณ์แล้ว	153
จ17 การปรับตั้งค่าการประมวลผล	154

### คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

$\sigma_d^2$	=	ความแปรปรวนของเวลาในการจัดส่งสินค้า
$\sigma_L$	=	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความต้องการสินค้าในช่วงทำการจัดส่งสินค้า (หน่วย)
$\sigma_i^2$	=	ความแปรปรวนของเวลาในการจัดส่งสินค้า
ATO	=	Assemble-to-Order
C	=	มูลค่าของสินค้าต่อหน่วย
CS	=	Cycle Stock
d	=	อัตราความต้องการสินค้าต่อวัน
D	=	ปริมาณความต้องการสินค้าต่อปี
EOQ	=	Economic Order Quantity
EPQ	=	Economic Production Quantity
ETO	=	Engineer-to-Order
F	=	อัตราส่วนของค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาต่อชิ้นต่อปี
FG	=	Finish Goods
H	=	ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาต่อหน่วยต่อปี
$k_i$	=	สัดส่วนช่วงเวลาการสั่งซื้อของผู้ขายและผู้ซื้อ
L	=	ระยะเวลาในการรอคอย
$\bar{t}$	=	เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการจัดส่งสินค้า (วัน)
MFG	=	Manufacturing
MTO	=	Make-to-Order
MTS	=	Make-to-Stock
N	=	จำนวนวันที่ใช้ในการผลิตสินค้าต่อปี
$n^*$	=	จำนวนครั้งที่สั่งซื้อ
OTD	=	On Time Delivery
P	=	กำลังการผลิต
Q	=	ปริมาณการสั่งซื้อ
$Q^*$	=	ปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม

### คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

$I$	=	ปริมาณสินค้าคงคลังเฉลี่ย
$RM$	=	Raw Material
$r$	=	จุดสั่งซื้อ (Reorder point)
$S$	=	ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสั่งซื้อสินค้า
$S_{min}$	=	ปริมาณพัสดुकงเหลือในคลังที่จุดสั่งซื้อ (Recorder Point) เรียก จุดสั่งซื้อ
$S_{max}$	=	ระดับพัสดुकงคลังกำหนด (Order Level) เรียก ระดับสั่งซื้อ
$SS$	=	Safety Stock
$T$	=	ช่วงเวลาระหว่างการสั่งผลิต
$T^*$	=	รอบเวลาสั่งซื้อที่เหมาะสม
$TC$	=	ค่าใช้จ่ายรวม
$TPT$	=	Production Throughput time
$Z$	=	Safety factor

# การพัฒนาเครื่องมือสร้างแบบจำลองเครือข่ายห่วงโซ่อุปทานอย่างรวดเร็ว

## Development of Rapid Supply Chain Network Modeling Tool

### คำนำ

ภายใต้สภาวะแวดล้อมทางธุรกิจในปัจจุบันห่วงโซ่อุปทาน (Supply chain) ได้ครอบคลุมไปทั่วโลกและประกอบด้วยหลากหลายของกิจกรรมตั้งแต่การจัดซื้อจัดหา (Procurement) การผลิต (Manufacturing) การจัดจำหน่าย (Distribution) การขนส่ง (Transportation) และการจัดเก็บ (Storage) ที่เชื่อมโยงกระบวนการดำเนินธุรกิจทุกขั้นตอนที่เกี่ยวข้องเข้าด้วยกันเป็นห่วงโซ่อุปทานหรือเครือข่าย เพื่อให้เกิดการประสานงานกันอย่างต่อเนื่อง ส่งผลทำให้การดำเนินงานมีต้นทุนต่ำและมีประสิทธิภาพ ซึ่งกระบวนการเชื่อมโยงขั้นตอนต่างๆ ที่เกี่ยวข้องไม่ได้ครอบคลุมเฉพาะในองค์กรเท่านั้น แต่ยังจะเชื่อมต่อกับองค์กรอื่นๆ ภายนอกด้วย ไม่ว่าจะเป็นลูกค้า ผู้จัดหาวัตถุดิบ ผู้ผลิต ผู้จัดจำหน่ายหรือร้านค้าปลีก ห่วงโซ่อุปทานที่มีประสิทธิภาพสูงย่อมสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าด้วยต้นทุนที่ต่ำที่สุดและตรงตามเวลาที่ต้องการ และได้รับความพึงพอใจของลูกค้าที่เพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้ามความไร้ประสิทธิภาพในขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งของห่วงโซ่อุปทานก็ส่งให้เกิดผลกระทบแบบระลอกคลื่น (Ripple effect) ไปทั่วทั้งห่วงโซ่อุปทาน เพราะฉะนั้นในการจัดการห่วงโซ่อุปทานนั้น การปรับปรุงประสิทธิภาพเพียงส่วนใดส่วนหนึ่งนั้น ย่อมไม่เพียงพอที่จะบรรลุผลประโยชน์สูงสุด จึงควรที่จะต้องมองเห็นห่วงโซ่อุปทานเป็นโครงข่ายที่เชื่อมต่อกันระหว่างผู้ส่งมอบ วัตถุดิบ โรงงานผู้ผลิต คลังสินค้า ศูนย์กระจายสินค้า และร้านค้าปลีก

ในแต่ละส่วนที่กล่าวมาต้องมีการจัดเก็บสินค้าไว้ในรูปแบบต่างๆ เพื่อผลิตออกมาเป็นสินค้าขายให้กับลูกค้า ทำให้ในทุกขั้นตอนต้องมีการจัดการด้านคงคลังและมีสินค้าคงคลังไว้ตอบสนองความต้องการของลูกค้าซึ่งจะมีผลต่อนโยบายห่วงโซ่อุปทานขององค์กร ดังนั้นสินค้าคงคลังจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งขององค์กรธุรกิจเพราะสินค้าคงคลังไม่ว่าจะอยู่ในรูปแบบใดๆ ต่างก็ช่วยให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างราบรื่น โดยเฉพาะสินค้าคงคลังในรูปของวัตถุดิบ ซึ่งเป็นการช่วยให้การผลิตดำเนินไปได้อย่างต่อเนื่องและส่งผลไปจนถึงเวลาที่ส่งมอบให้กับลูกค้า แต่การมีระดับสินค้าคงคลังต้องมีความเหมาะสม สินค้าคงคลังที่มากเกินไปก็จะทำให้เกิดภาวะขาดแคลนสินค้าหรือวัตถุดิบ และไม่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าหรือการผลิตได้ ทำให้การดำเนินงานด้านการผลิตไม่

ราบรื่นและส่งผลให้องค์กรสูญเสียโอกาสในการขายสินค้า นอกจากนี้องค์กรยังต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อและระยะเวลาในการสั่งซื้อที่เหมาะสมด้วย ดังนั้นการจัดสินค้าคงคลังต้องมีการคำนวณหาปริมาณสั่งซื้อที่ประหยัดและการกำหนดระดับสินค้าคงคลังหรือวัตถุดิบคงคลังให้เหมาะสม ซึ่งในการแก้ไขปัญหาด้านการจัดการสินค้าคงคลังนั้นส่วนมากจะจัดการปัญหานี้โดยการใช้ตัวแบบสมการทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) ควบคู่กับการใช้ประสบการณ์ในการทำงาน (Experience) แต่ท่ามกลางการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็วผนวกกับความสลับซับซ้อนทางธุรกิจในปัจจุบันซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไม่แน่นอนของความต้องการของลูกค้า ความผันผวนของยอดขาย เวลาการผลิต เวลาการขนส่ง ทำให้การจัดการปริมาณสินค้าคงคลังในแต่ละกระบวนการของห่วงโซ่อุปทานนั้นเป็นไปอย่างยากลำบาก ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Arena 12 ซึ่งเป็นการสร้างแบบจำลองเลียนแบบพฤติกรรมจริง สามารถช่วยในการจำลองสถานการณ์ความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นในแต่ละส่วนของห่วงโซ่อุปทานได้ เพื่อเป็นการลดความเสี่ยงในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น และช่วยให้สามารถวางแผนและกำหนดนโยบายของแต่ละส่วนของห่วงโซ่อุปทานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์ได้ถูกนำมาช่วยในกระบวนการสร้างแบบจำลอง เพราะการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือสำหรับตรวจสอบและเสนอแนะวิธีแก้ไขปัญหาในการดำเนินงานได้ดี โปรแกรม Arena เป็นโปรแกรมที่นิยมใช้ในการจำลองสถานการณ์เนื่องจากสามารถประยุกต์ใช้งานได้ง่าย มีความยืดหยุ่นต่อระบบงาน และสามารถทำให้ผู้ใช้เข้าใจระบบงานเป็นรูปธรรมมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ตัวแบบสมการทางคณิตศาสตร์ แต่ในการสร้างแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม Arena โดยปกติแล้ว การสร้างแบบจำลองของระบบห่วงโซ่อุปทานซึ่งอาจจะประกอบด้วยส่วนย่อยๆ ที่เหมือนกัน เช่น มีผู้ส่งมอบวัตถุดิบหลายเจ้า มีร้านค้าปลีกหลายร้าน เป็นต้น จำเป็นจะต้องสร้างแบบจำลองที่ซ้ำๆ หรือกระบวนการที่ซ้ำๆ กัน เช่น รับวัตถุดิบเข้าและจ่ายวัตถุดิบออกที่ละส่วนทำให้เสียเวลามากโดยไม่จำเป็น และเมื่อสายห่วงโซ่อุปทานมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม การแก้ไขแบบจำลองห่วงโซ่อุปทานที่ซับซ้อนเป็นเรื่องที่ทำได้ยากและอาจจะเกิดการผิดพลาดได้ง่าย ดังนั้นในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงพัฒนาเทมเพลต (Template) ในแต่ละส่วนของระบบห่วงโซ่อุปทานเตรียมไว้ สามารถนำเทมเพลตที่สร้างไว้เรียบร้อยแล้วไปประกอบกันเป็นระบบห่วงโซ่อุปทานได้ทันที ทำให้สามารถสร้างและแก้ไขแบบจำลองได้ง่ายและรวดเร็ว ไม่ต้องเสียเวลาสร้างส่วนของห่วงโซ่อุปทานที่ซ้ำๆ กันใหม่ทุกครั้ง และผู้ใช้สามารถเห็นรูปแบบของห่วงโซ่อุปทานได้ชัดเจน ทำให้เกิดความสะดวกแก่ผู้ใช้งานมากขึ้น

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาพฤติกรรมในแต่ละส่วนของระบบห่วงโซ่อุปทาน
2. พัฒนาเทมเพลตของโปรแกรม Arena สำหรับระบบห่วงโซ่อุปทาน เพื่อช่วยในการสร้างแบบจำลองระบบห่วงโซ่อุปทาน

## ขอบเขตงานวิจัย

1. ศึกษาเฉพาะนโยบายการตรวจนับอย่างต่อเนื่อง
2. จัดทำเทมเพลต ผู้จัดหาวัตถุดิบ, โรงงานผู้ผลิต, ศูนย์กระจายสินค้า, ศูนย์กระจายสินค้าที่มีสินค้าหลายชนิด, ผู้ค้าปลีก, ผู้ค้าปลีกที่ขายสินค้าหลายชนิด และระบบการขนส่ง สำหรับโปรแกรม Arena

## การตรวจเอกสาร

งานวิจัยนี้มุ่งพัฒนาแผนเพื่อใช้สำหรับการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ของโซ่อุปทานบนโปรแกรม Arena 12 และเปรียบเทียบคำตอบที่ได้กับตัวแบบการคำนวณทางคณิตศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยจะกล่าวถึงหัวข้อในการตรวจเอกสารที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ โซ่อุปทาน, รูปแบบการผลิต, การบริหารสินค้าคงคลัง, บัญชีรายการวัสดุ และการจำลองสถานการณ์

### โซ่อุปทาน

โซ่อุปทาน หมายถึง การเชื่อมต่อของหน่วยหรือจุดต่างๆ ในการผลิตสินค้าหรือบริการ ที่เริ่มต้นจากวัตถุดิบไปยังจุดสุดท้ายคือลูกค้า โดยทั่วไปแล้วโซ่อุปทานประกอบด้วยจุดที่สำคัญๆ คือ

1. ผู้จัดหาวัตถุดิบ (Suppliers) หมายถึง ผู้ที่ส่งวัตถุดิบให้กับโรงงานหรือหน่วยบริการ
2. โรงงานผู้ผลิต (Manufacturers) หมายถึง ผู้ที่ทำหน้าที่ในการแปรสภาพวัตถุดิบที่ได้รับจากผู้ส่งมอบ ให้มีคุณค่าสูงขึ้น
3. ศูนย์กระจายสินค้า (Distribution Centers) หมายถึง จุดที่ทำหน้าที่ในการกระจายสินค้าไปให้ถึงมือผู้บริโภคหรือลูกค้าที่ศูนย์กระจายสินค้าหนึ่งๆ อาจจะมีสินค้าที่มาจากหลายโรงงานการผลิต เช่น ศูนย์กระจายสินค้าของซูเปอร์มาร์เก็ตต่างๆ จะมีสินค้ามาจากโรงงานที่ต่าง ๆ กัน
4. ร้านค้าย่อยและลูกค้าหรือผู้บริโภค (Retailers or Customers) คือ จุดปลายสุดของโซ่อุปทาน ซึ่งเป็นจุดที่สินค้าหรือบริการต่างๆ จะต้องถูกใช้จนหมดมูลค่าและโดยที่ไม่มีการเพิ่มคุณค่าให้กับสินค้าหรือบริการนั้นๆ

## กิจกรรมหลักในโซ่อุปทาน

1. การจัดหา (Procurement) เป็นการจัดหาวัตถุดิบหรือวัสดุที่ป้อนเข้าไปยังจุดต่างๆในสายของห่วงโซ่อุปทาน

2. การขนส่ง (Transportation) เป็นกิจกรรมที่เพิ่มคุณค่าของสินค้าในแง่ของการย้ายสถานที่ หากการขนส่งไม่ดี สินค้าอาจจะได้รับความเสียหายระหว่างทางจะเห็นว่า การขนส่งก็มีผลต่อต้นทุนโดยตรง

3. การจัดเก็บ (Warehousing) เป็นกิจกรรมที่ได้เพิ่มคุณค่าให้กับตัวสินค้าเลย แต่ก็ยังเป็นกิจกรรมที่ต้องมีเพื่อรองรับกับความต้องการของลูกค้าที่ไม่คงที่ รวมทั้งประโยชน์ในด้านของการประหยัดเมื่อมีการผลิตของจำนวนมากในแต่ละครั้ง

4. การกระจายสินค้า (Distribution) เป็นกิจกรรมที่ช่วยกระจายสินค้าจากจุดจัดเก็บส่งต่อไปยังร้านค้าปลีกหรือซูเปอร์มาร์เก็ต

## การขนส่ง

Chopra (2001) การขนส่งทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์ระหว่างขั้นต่างๆ ของโซ่อุปทานซึ่งมีผลกระทบอย่างมากต่อทั้งความสามารถในการตอบสนองความต้องการของลูกค้า เช่นเดียวกับตัวขับเคลื่อนอื่นๆ

การขนส่งมีหลายวิธี แต่จะต้องตัดสินใจในการลงทุนและการตั้งนโยบายเพื่อให้ได้รับประโยชน์สูงสุดซึ่งจะต้องพิจารณาค่าใช้จ่ายต่อไปนี้

1. ค่าใช้จ่ายเกี่ยวข้องกับยานพาหนะ คือ ค่าใช้จ่ายที่ใช้ซื้อหรือเช่าพาหนะสำหรับใช้ในการขนส่งสินค้า

2. ค่าใช้จ่ายคงที่ในการปฏิบัติการ เช่น ค่าแรงงาน ค่าเช่าสถานีหรือค่าลงจอดในศูนย์การบิน เป็นต้น

3. ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องในการเดินทาง เช่น ค่าเชื้อเพลิง ค่าแรงงาน เป็นต้น

4. ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับปริมาณ คือ ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าขึ้นและลง สัดส่วนค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงจะเปลี่ยนไปตามปริมาณที่ถูกลูกส่งไป เป็นค่าใช้จ่ายแปรผัน

5. ค่าโสหุ้ยต่างๆ

### รูปแบบการผลิต

Tersine (1994) การกำหนดรูปแบบการผลิตนั้น องค์กรจะเป็นผู้ตัดสินใจเลือกชนิดของสินค้าคงคลังที่จะจัดเก็บ สำหรับแต่ละผลิตภัณฑ์ กลยุทธ์จะต้องพัฒนาให้ตรงกับความต้องการของตลาด การกำหนดรูปแบบการผลิตสินค้านั้นขึ้นอยู่กับเวลาการผลิตสินค้าและเวลาที่ลูกค้ารอคอยสินค้ามาส่งได้ ความต้องการของสินค้าคงคลังจะขึ้นอยู่กับกำหนดรูปแบบการผลิต ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 3 ลักษณะ คือ

- 1) ผลิตล่วงหน้าก่อนมีคำสั่งซื้อ
- 2) ผลิตหลังจากที่ได้รับคำสั่งซื้อ
- 3) แบบผสมผสานระหว่าง 2 ข้อแรก

รูปแบบการผลิตโดยทั่วไป มีอยู่ด้วยกัน 4 ประเภท

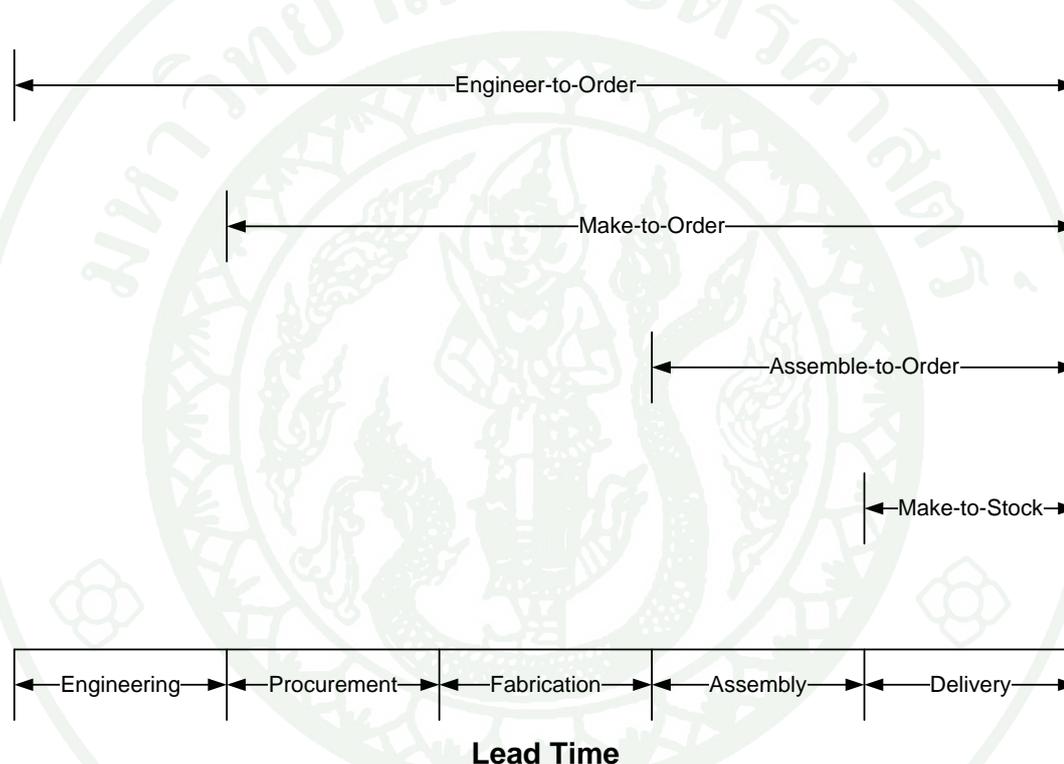
1. Make-to-Stock (MTS) เมื่อได้รับคำสั่งซื้อ ก็สามารถจะส่งสินค้าจากคลังสินค้าได้ทันที กลยุทธ์นี้สินค้าจะถูกผลิตจนเสร็จสมบูรณ์และเก็บไว้ที่คลังสินค้าตามการพยากรณ์ความต้องการของสินค้า

2. Make-to-Order (MTO) กลยุทธ์นี้จะไม่มีการผลิตสินค้าจนกว่าจะได้รับคำสั่งผลิตจากลูกค้า ลูกค้าจะต้องรอสินค้าจนกว่าสินค้าจะผลิตเสร็จ

3. Assemble-to-Order (ATO) การผลิตส่วนประกอบมาตรฐานเก็บไว้ในสินค้าคงคลัง และเมื่อได้รับคำสั่งซื้อก็จะนำมาประกอบเป็นผลิตภัณฑ์ตามรูปแบบที่ลูกค้าต้องการ ทำให้ลูกค้าไม่ต้อง

รอนานเท่ากับเวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิตทั้งหมด เวลาในการจัดส่งก็จะสั้นลง และสามารถผลิตได้หลากหลายตามความต้องการของลูกค้า

4. Engineer-to-Order (ETO) การผลิตที่มีความจำเป็นต้องมีการออกแบบเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าเฉพาะราย ซึ่งจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความแตกต่าง แต่ลูกค้าจะต้องมีความอดทนในการรอนาน



ภาพที่ 1 รูปแบบการผลิต

ที่มา: Tersine (1994)

จากภาพที่ 1 แสดงให้เห็นถึงช่วงเวลานำส่งที่แตกต่างกันของรูปแบบการผลิตทั้ง 4 ประเภท การผลิตเพื่อเก็บเป็นสินค้าคงคลัง (MTS) สินค้าที่ผลิตเรียบร้อยแล้วจะเก็บรักษาไว้ในคลังสินค้าทำให้ช่วงเวลาที่ลูกค้าต้องคอยสั้น การผลิตตามสั่ง (MTO), การประกอบสินค้าตามสั่ง (ATO) และการผลิตตามแบบ (ETO) จะไม่มีสินค้าสำเร็จเก็บไว้ในคลังสินค้า ลูกค้าจะต้องสั่งซื้อและรอคอยจนกว่าจะผลิตเสร็จ ในการผลิตแบบตามสั่งและการผลิตตามแบบ ลูกค้าจะต้องรอตั้งแต่เริ่มผลิตจนกระทั่ง

ผลิตสินค้าเสร็จ ซึ่งการประกอบสินค้าตามสั่งทำให้เวลาที่ลูกค้าต้องคอยจะน้อยกว่าเวลาการผลิตแบบตั้งแต่แรกทั้งหมด

### การจัดการสินค้าคงคลัง

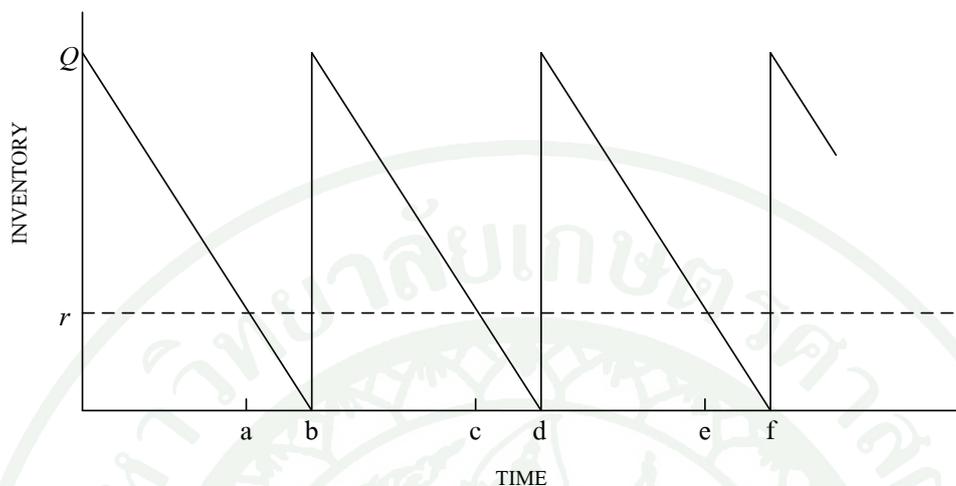
สินค้าคงคลัง หมายถึง วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต (Raw Material), สินค้าในกระบวนการผลิต (Work-in-Process) และสินค้าสำเร็จรูป (Finished Product) ซึ่งจากนิยามของสินค้าคงคลังทำให้เห็นว่าสินค้าคงคลังกระจายอยู่ตลอดสายโซ่อุปทาน ดังนั้นสินค้าคงคลังจึงมีความสำคัญต่อการจัดการโซ่อุปทาน คือเป็นการลดการสูญเสียโอกาสในการขายสินค้าหรือในกรณีที่วัตถุดิบขาดแคลน

พิภพ (2552) เป้าหมายสำคัญในการบริหารสินค้าคงคลังที่ดีคือ การพยายามกำหนดระดับสินค้าคงคลังที่ทำให้ระดับการตอบสนองอุปสงค์ของลูกค้าดีที่สุด ซึ่งต้นทุนของสินค้าคงคลังประกอบไปด้วยส่วนสำคัญคือ ต้นทุนราคาสินค้าคงคลังและต้นทุนในการควบคุมสินค้าคงคลังภายใต้ต้นทุนราคาสินค้าที่คงที่ ต้นทุนในการควบคุมสินค้าคงคลังจึงถือเป็นต้นทุนที่สำคัญเนื่องจากจุดประสงค์ของการบริหารสินค้าคงคลังเพื่อมุ่งเน้นให้ต้นทุนโดยรวมในการควบคุมพัสดุคงคลังอยู่ในระดับต่ำที่สุด ซึ่งต้นทุนในการควบคุมสินค้าคงคลัง มีดังนี้

1. ต้นทุนในการสั่ง (Ordering Cost)
2. ต้นทุนในการถือครองพัสดุคงคลัง (Inventory Holding Cost)
3. ต้นทุนที่เกิดจากสินค้าขาดแคลน (Shortage Cost)
4. ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับกำลังการผลิต (Capacity Associated Cost)

ปัญหาในการบริหารสินค้าคงคลัง เพื่อให้ต้นทุนในการดำเนินการควบคุมพัสดุคงคลังโดยรวมอยู่ในระดับต่ำสุด และจะต้องมีสินค้าคงคลังรองรับอุปสงค์ของลูกค้าให้เพียงพอตลอดเวลานั้น เป็นปัญหาที่ทำให้เกิดคำถามต่อมาว่า การตัดสินใจว่าจะสั่งสินค้าแต่ละครั้งจำนวนเท่าไรและจะสั่งสินค้านั้นเมื่อใด ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ในการหาปริมาณการสั่งซื้อหรือสั่งผลิตที่ประหยัดและจุดสั่งซื้อหรือสั่งผลิต จึงถูกนำมาใช้ในการแก้ปัญหาดังกล่าว

การกำหนดปริมาณการสั่งซื้อ ที่ประหยัดที่สุด (Economic Order Quantity: EOQ)



ภาพที่ 2 ตัวแบบสินค้าคงคลังแบบคลาสสิก

ที่มา: Tersine (1994)

จากภาพที่ 2  $Q$  คือ ปริมาณการสั่งซื้อ  $Q/2$  คือ ปริมาณสินค้าคงคลังเฉลี่ย  $r$  คือ จุดสั่งซื้อ (Reorder point)  $ac = ce$  คือระยะห่างในการสั่งซื้อในรอบถัดไป  $ab = cd = ef$  คือ ระยะเวลาในการจัดส่ง สามารถคำนวณ ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บสินค้าคงคลังต่อปี โดย

ต้นทุนรวมต่อปี = ต้นทุนในการซื้อสินค้า + ต้นทุนในการสั่งซื้อสินค้า + ต้นทุนในการจัดเก็บ

$$TC(Q) = CD + \frac{SD}{Q} + \frac{HQ}{2} \quad (1)$$

กำหนดให้

$D$  = ปริมาณความต้องการสินค้าต่อปี

$C$  = มูลค่าของสินค้าต่อหน่วย

$S$  = ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสั่งซื้อสินค้า

$H = CF$  = ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาต่อหน่วยต่อปี

$Q$  = ปริมาณสินค้าที่จะทำการสั่งซื้อ

$F$  = อัตราส่วนของค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาต่อชิ้นต่อปี

ในการหาค่าของ  $Q$  ที่ทำให้  $TC$  มีค่าน้อยที่สุดนั้นหาได้จากอนุพันธ์ลำดับที่ 1 ของ  $TC$  เทียบกับ  $Q$  โดยกำหนดให้ เท่ากับศูนย์

$$\frac{dTC(Q)}{dQ} = \frac{H}{2} - \frac{SD}{Q^2} \quad (2)$$

แก้สมการเพื่อหาค่า  $Q$  จะได้ สมการ  $EOQ$

$$EOQ = Q^* = \sqrt{\frac{2SD}{H}} = \sqrt{\frac{2SD}{CF}} \quad (3)$$

เมื่อได้ทราบค่า  $EOQ$  แล้วก็จะสามารถหาจำนวนครั้งในการสั่งซื้อต่อปี ( $m$ ) และระยะเวลาที่ใช้ในการสั่งซื้อ ( $T$ ) ดังสมการ

$$m = \frac{D}{Q^*} = \sqrt{\frac{HD}{2S}} \quad (4)$$

$$T = \frac{1}{m} = \frac{Q^*}{D} = \sqrt{\frac{2S}{HD}} \quad (5)$$

จุดสั่งซื้อครั้งถัดไป สามารถคำนวณได้จาก ปริมาณความต้องการในช่วงเวลารอคอยสินค้า เมื่อปริมาณสินค้าคงคลัง (สินค้าที่มีอยู่ในมือ + สินค้าที่กำลังจะนำมาส่ง - สินค้าที่กำลังจำหน่ายออกไป) ถึงจุดสั่งซื้อก็จะถูกเติมด้วยปริมาณเท่ากับ  $Q^*$  โดยสามารถคำนวณจุดสั่งซื้อครั้งถัดไป

เมื่อระยะเวลาในการรอคอยเท่ากับ  $L$  ซึ่งมีหน่วยเป็นเดือน

$$r = \frac{DL}{12} = \text{ปริมาณสินค้าคงคลัง ณ จุดสั่งซื้อ (หน่วย)} \quad (6)$$

ถ้าระยะเวลาในการรอคอยเท่ากับ  $L$  มีหน่วยเป็นสัปดาห์

$$r = \frac{DL}{52} = \text{ปริมาณสินค้าคงคลัง ณ จุดสั่งซื้อ (หน่วย)} \quad (7)$$

ค่าใช้จ่ายรายปีที่น้อยที่สุดในการสั่งซื้อด้วยปริมาณ  $Q^*$

$$TC(Q^*) = CD + HQ^* \quad (8)$$

ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยได้พิจารณาตัวแบบ EOQ ภายใต้สมมติฐานที่ว่าผู้ใช้สินค้า

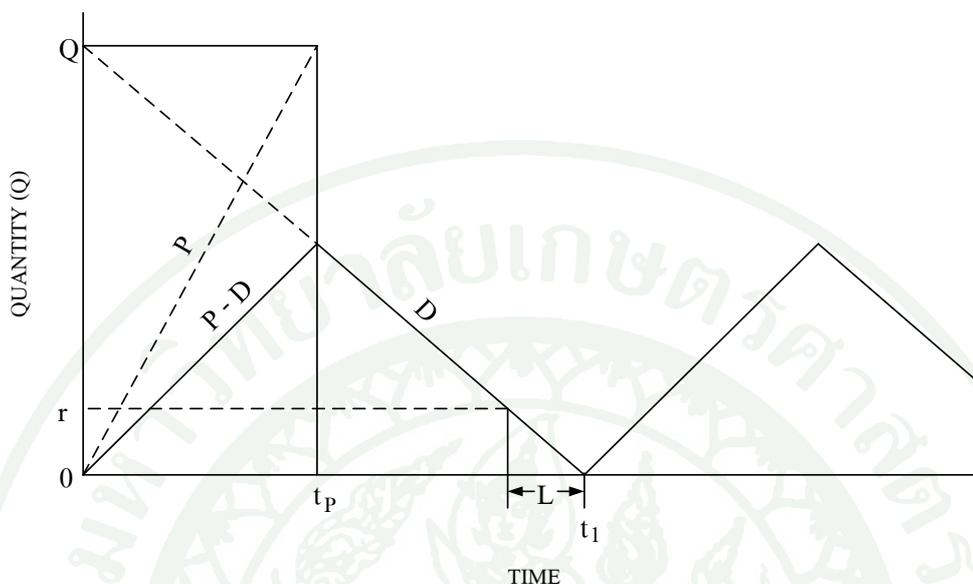
1. มีอัตราความต้องการคงที่ และมีความต่อเนื่อง
2. ระยะเวลาในการรอคอยคงที่
3. สินค้าถูกส่งมาพร้อมกัน ที่เวลาเดียวกัน
4. ไม่มีการขาดแคลนสินค้า
5. ค่าใช้จ่ายต่างๆคงที่ ไม่ว่าจะเป็นค่าใช้จ่ายในการจัดส่ง ค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บ แปรผันตรงกับปริมาณที่จัดเก็บ และมูลค่าของสินค้ามีค่าคงที่ (ไม่มีการให้ส่วนลดเมื่อสั่งปริมาณมาก)
6. ไม่มีข้อจำกัดในเรื่องของพื้นที่ในการจัดเก็บ
7. มีการสั่งซื้อแค่ผลิตภัณฑ์เดียว

นอกจากผู้ซื้อแล้วในระบบห่วงโซ่อุปทานย่อมต้องมีผู้ผลิตและปัญหาของผู้ผลิตก็คล้ายกับผู้ซื้อคือ การตัดสินใจขึ้นพื้นฐานเกี่ยวกับสินค้าคงคลังประกอบด้วย 2 ปัญหาดังต่อไปนี้

1. จะสั่งผลิตครั้งละเท่าไร
2. จะสั่งผลิตจำนวนนี้เมื่อใด

ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการทั้ง 2 โดยใช้การกำหนดปริมาณการผลิตที่ประหยัดที่สุด

การผลิตที่ประหยัดที่สุด (Economic Production Quantity: EPQ)



ภาพที่ 3 กราฟแสดงการคำนวณปริมาณที่ใช้สั่งผลิต

ที่มา: Tersine (1994)

จากภาพที่ 3 แสดงวงจรการผลิต โดยเริ่มการผลิต ที่เวลา 0 (ศูนย์) และสิ้นสุดการผลิตที่เวลา  $t_p$  และในช่วงเวลา  $t_p$  ถึง  $t_1$  คือช่วงที่ไม่มีการผลิต และสินค้าคงคลังจะลดลงเรื่อยๆ เมื่อถึงเวลา  $t_1$  ก็จะเริ่มกระบวนการผลิตใหม่อีกครั้ง

ถ้าหากไม่มีความต้องการสินค้าในช่วงเวลา 0 ถึง  $t_p$  ปริมาณสินค้าคงคลังจะเพิ่มขึ้นด้วยอัตราเท่ากับ  $P$  แต่เมื่อมีความต้องการสินค้าด้วยอัตราเท่ากับ  $D$  ปริมาณสินค้าคงคลังจะเพิ่มขึ้นด้วยอัตรา  $P-D$  โดยที่  $P > D$  ปริมาณสินค้าคงคลังจะเพิ่มขึ้นถึงจุดสูงสุดซึ่งมีค่าเท่ากับ  $(P-D)t_p$  และ  $t_p = Q/P$  นั่นคือระดับปริมาณสินค้าคงคลังสูงสุดเท่ากับ  $Q(P-D)/P$  และระดับปริมาณสินค้าคงคลังต่ำสุดเท่ากับศูนย์ ตัวคูณ  $(P-D)/P$  แสดงให้เห็นอัตราส่วนของปริมาณสินค้าคงคลังที่เหลืออยู่ต่อปริมาณการผลิตทั้งหมดเมื่อสิ้นสุดกระบวนการผลิต และ ตัวคูณ  $D/P$  แสดงให้เห็นอัตราส่วนของปริมาณสินค้าที่ถูกขายออกไปต่อปริมาณการผลิตทั้งหมดเมื่อสิ้นสุดกระบวนการผลิต สามารถคำนวณ ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บสินค้าคงคลังต่อปี โดย

ต้นทุนรวมต่อปี = ต้นทุนในการซื้อสินค้า + ต้นทุนในการสั่งซื้อสินค้า + ต้นทุนในการจัดเก็บ

$$TC(Q) = CD + \frac{SD}{Q} + \frac{1}{2}HQ\left(1 - \frac{D}{P}\right) \quad (9)$$

กำหนดให้

$D$  = ปริมาณความต้องการสินค้าต่อปี

$C$  = มูลค่าของการผลิตสินค้าต่อหน่วย

$Q$  = แทนปริมาณการผลิตสินค้าที่ได้รับสั่ง

$P$  = แทนกำลังการผลิต

$S$  = แทนค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสั่งซื้อสินค้า

$H$  = แทนค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาต่อหน่วยต่อปี

ในการหาค่าของ  $Q$  ที่ทำให้  $TC$  มีค่าน้อยที่สุดนั้นหาได้จากอนุพันธ์ลำดับที่ 1 ของ  $TC$  เทียบกับ  $Q$  โดยกำหนดให้ เท่ากับศูนย์

$$\frac{dTC(Q)}{dQ} = -\frac{SD}{Q^2} + \frac{1}{2}HQ\left(1 - \frac{D}{P}\right) = 0 \quad (10)$$

แก้สมการเพื่อหาค่า  $Q$  จะได้ สมการ  $EPQ$

$$EPQ = Q^* = \sqrt{\frac{2SD}{H\left(1 - \frac{D}{P}\right)}} \quad (11)$$

เมื่อได้ทราบค่า  $EPQ$  แล้วก็จะสามารถหาระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตสินค้า และปริมาณคงเหลือสินค้าคงคลังที่ใช้ในการสั่งซื้อผลิต โดยกำหนดให้  $N$  แทนจำนวนวันที่ใช้ในการผลิตสินค้าต่อปี สามารถหาความสัมพันธ์ได้ ดังสมการ

$$\text{ระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตสินค้า} = \frac{Q^*}{P} \quad (12)$$

$$\text{ปริมาณคงเหลือสินค้าคงคลังที่ใช้ในการสั่งผลิต} = r = \frac{DL}{N} = dL \quad (13)$$

เมื่อ  $L$  ระยะเวลาที่ใช้ในการเตรียมการก่อนการผลิตซึ่งมีหน่วยวัน และ  $d$  คืออัตราความต้องการสินค้าต่อวัน

ค่าใช้จ่ายรายปีที่น้อยที่สุดในการสั่งซื้อด้วยปริมาณ  $Q^*$

$$TC(Q^*) = CD + \sqrt{2SDH(1-D/P)} \quad (14)$$

ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยได้พิจารณาตัวแบบ  $EPQ$  ภายใต้สมมติฐานที่ว่าผู้ใช้สินค้า

1. มีอัตราความต้องการคงที่ และมีความต่อเนื่อง
2. ระยะเวลาในการรอคอยคงที่
3. สินค้าที่ผลิตเสร็จจะถูกนำไปเก็บในคลังสินค้าทันที
4. ไม่มีการขาดแคลนสินค้า
5. ค่าใช้จ่ายต่างๆคงที่ ไม่ว่าจะเป็นค่าใช้จ่ายในการจัดส่ง ค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บ แปรผันตรงกับปริมาณที่จัดเก็บ และมูลค่าของสินค้ามีค่าคงที่ (ไม่มีการให้ส่วนลดเมื่อสั่งปริมาณมาก)
6. ไม่มีข้อจำกัดในเรื่องของพื้นที่ในการจัดเก็บ
7. มีการผลิตแก่ผลิตภัณฑ์เดียว

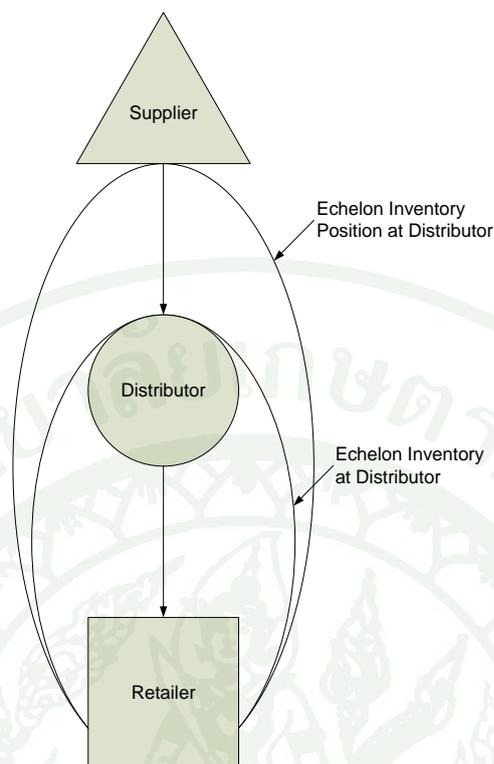
## การบริหารคลังสินค้าในห่วงโซ่อุปทาน

Simchi-Levi *et al.* (2008) ในกรณีมุมมองของห่วงโซ่อุปทาน จะทำการวิเคราะห์ในภาพรวมหลายๆ หน่วยงานเชื่อมโยงกัน ซึ่งในหัวข้อนี้จะพิจารณาในภาพรวมของหลายๆ หน่วยงานในห่วงโซ่อุปทานที่อยู่ภายใต้บริษัทเดียวกันเท่านั้น

พิจารณาระบบการกระจายสินค้าในการค้าปลีกจากคลังสินค้าไปยังผู้ค้าปลีกต่างๆ โดยมีสมมุติฐานที่สำคัญ 2 ประการ คือ

1. การตัดสินใจเกี่ยวกับสินค้าคงคลังจะดำเนินการโดยมีผู้ตัดสินใจคนเดียว ซึ่งวัตถุประสงค์เพื่อให้ต้นทุนโดยรวมต่ำสุด
2. ผู้มีอำนาจตัดสินใจสามารถทราบและเข้าถึงข้อมูลสินค้าคงคลังของผู้ค้าปลีกแต่ละรายและที่คลังสินค้าได้

ภายใต้ข้อกำหนดนี้ นโยบายคลังสินค้าจะเรียกว่า กลยุทธ์สินค้าคงคลังแบบลำดับชั้น (Echelon Inventory) ซึ่งเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการบริหารระบบ เพื่อให้เข้าใจในนโยบายดังกล่าวนี้ จำเป็นจะต้องแนะนำให้เข้าใจถึงแนวคิดของสินค้าคงคลังตามลำดับชั้น (Echelon Inventory) ดังนี้ ในระบบของการกระจายสินค้าระบบหนึ่ง ในแต่ละชั้นหรือระดับ เช่น คลังสินค้าหรือผู้ค้าปลีก มักจะนำมาถ่วงถึงในลักษณะเป็นลำดับชั้น ด้วยเหตุนี้สินค้าคงคลังตามลำดับชั้นไม่ว่าจะอยู่ในชั้นใดหรือระดับใดของระบบจะเท่ากับสินค้าคงคลังที่มีอยู่ (Inventory on Hand) ณ ลำดับชั้นนั้น บวกด้วยสินค้าคงคลังทั้งหมดที่อยู่ปลายน้ำ (Down Stream Inventory) ยกตัวอย่างเช่น ปริมาณสินค้าคงคลังตามลำดับ  $n$  คลังสินค้าจะเท่ากับ สินค้าคงคลังที่คลังสินค้าบวกด้วยสินค้าคงคลังทั้งหมดที่อยู่ระหว่างการขนย้ายไปร้านค้าปลีกและในสต็อกของผู้ค้าปลีก ในทำนองเดียวกัน ตำแหน่งของคลังตามลำดับชั้น (Echelon Inventory Position) ณ คลังสินค้า คือปริมาณสินค้าคงคลังตามลำดับชั้นที่คลังสินค้าบวกด้วยปริมาณสินค้าที่ทางคลังสินค้าได้ส่งไปแล้วแต่ยังไม่ถึง (ยังไม่ได้รับ) ลบด้วยรายการสินค้าคงคลังค้างส่งทุกรายการ ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 สินค้าคงคลังแบบลำดับชั้น

ที่มา: Simchi-Levi *et al.* (2008)

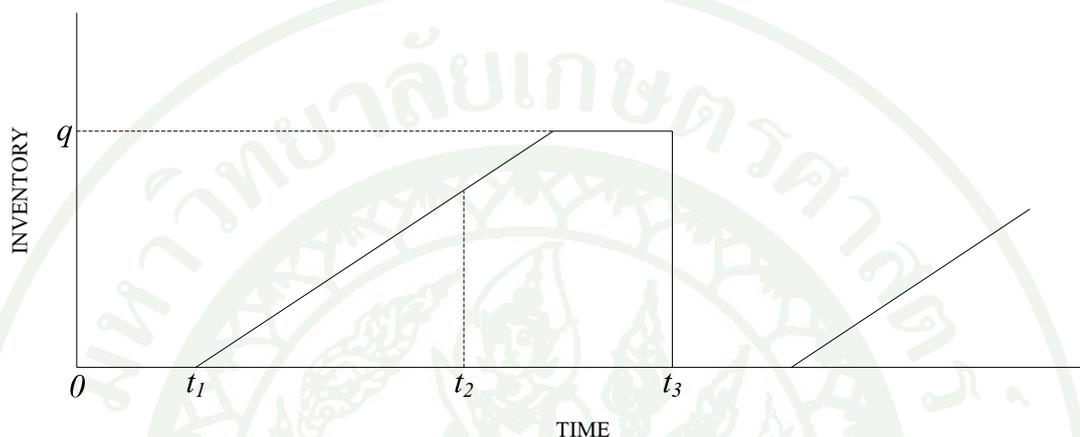
Lu (1995) ได้เสนอทฤษฎีเกี่ยวกับสินค้าคงคลังสำหรับตัวแบบที่มีผู้ขาย (Vendor) 1 ราย และมีผู้ซื้อ (Buyer) หลายราย ซึ่งตัวแบบได้อาศัยสมมติฐานที่ว่า อัตราความต้องการ, อัตราการผลิต และค่าใช้จ่ายต่างๆ เป็นค่าคงที่, ไม่มีการขาดแคลนสินค้าเกิดขึ้น, ช่วงเวลาการนำส่งเป็นค่าคงที่, และสินค้าจะถูกเติมเต็มทันทีสำหรับผู้ซื้อ

โดยสมมติให้ผู้ซื้อจะสั่งซื้อเป็นจำนวนเต็มหรืออัตราส่วนจำนวนเต็มของช่วงเวลาสั่งผลิตของผู้ขาย กำหนดให้  $T$  เป็นช่วงเวลาระหว่างการสั่งผลิตแต่ละครั้งของผู้ขายและ  $k_i T$  เป็นช่วงเวลาระหว่างการซื้อแต่ละครั้งของผู้ซื้อ ซึ่ง  $k_i \in \{1, 2, 3, \dots\} \cup \{1/2, 1/3, 1/4, \dots\}$  ผู้ซื้อจะซื้อสินค้าเป็นจำนวน  $k_i D_i T_i$  ในแต่ละครั้ง

จะพิจารณาเป็น 2 กรณี คือ  $k_i > 1$  และ  $k_i \leq 1$  สำหรับ  $k_i > 1$  ผู้ขายจะสั่งผลิตสินค้า  $i$  เพียงครั้งเดียวในช่วงเวลา  $k_i T$  จำนวนสินค้าที่ผลิตในช่วงเวลา  $k_i T$  เท่ากับ  $k_i D_i T_i$  เวลาผลิตเท่ากับ

$k_i D_i T / P_i$  ซึ่งในตอนเริ่มต้นผู้ผลิตไม่ได้เริ่มผลิตที่เวลา 0 แต่จะเริ่มผลิตที่เวลา  $m_i T$  (แสดงในภาพที่ 5) ซึ่ง  $m_i$  เป็นจำนวนเต็ม ดังนั้น

$$(k_i - m_i)T \geq k_i D_i T / P_i > (k_i - m_i - 1)T \quad (15)$$



$$q = k_i D_i T, \quad t_1 = m_i T, \quad t_2 = (k_i - 1)T, \quad t_3 = k_i T$$

ภาพที่ 5 สินค้าคงคลัง  $i$  เมื่อ  $k_i > 1$

ที่มา: Lu (1995)

เมื่อแก้สมการจะได้  $m_i = \lfloor k_i (1 - D_i / P_i) \rfloor$  กำหนดให้  $I_i$  เป็นสินค้าคงคลังต่อปีของสินค้า  $i$  ดังนั้น

$$I_i = \frac{1}{2} k_i D_i T (2 - D_i / P_i - 2m_i / k_i) \quad \text{เมื่อ } k_i > 1 \quad (16)$$

กำหนดให้

$D_i$  = ปริมาณความต้องการสินค้าต่อปี

$P_i$  = กำลังการผลิตสินค้า

$k_i$  = สัดส่วนช่วงเวลาการสั่งซื้อของผู้ขายและผู้ซื้อ

$T$  = ช่วงเวลาระหว่างการสั่งผลิต

สำหรับกรณีที่  $k_i \leq 1$  ผู้ขายจะผลิตสินค้า  $i$  เพียงครั้งเดียวในช่วงเวลา  $T$  และเวลาผลิตที่ใช้จะเท่ากับ  $D_i T / P_i$  จากนั้น ให้  $m$  เป็นจำนวนเต็ม ดังนั้น

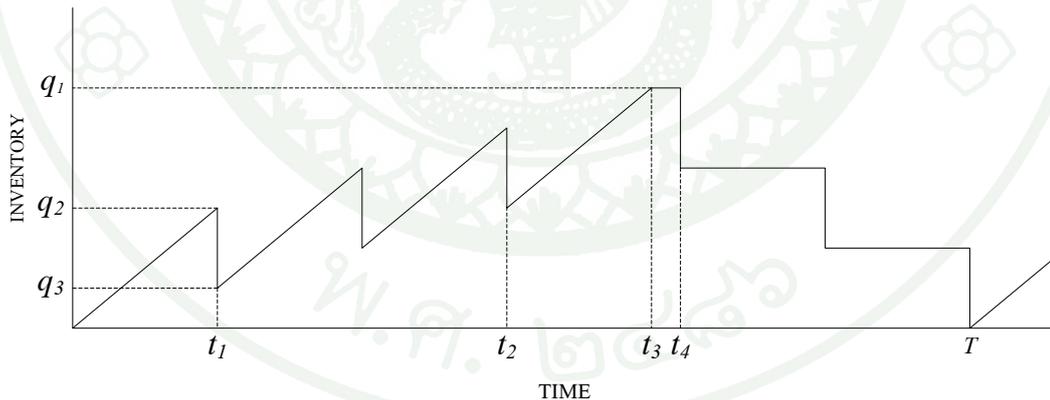
$$m_i k_i T \geq D_i T / P_i > (m_i - 1) k_i T \quad (17)$$

(แสดงในภาพที่ 5) จะได้  $m_i = \lceil D_i / k_i P_i \rceil$  ให้  $\hat{I}_i^1, \hat{I}_i^2$  และ  $\hat{I}_i^3$  เป็นจำนวนสินค้าคงคลังของสินค้า  $i$  จากเวลา 0 ถึง  $(m_i - 1) k_i T$ , จาก  $(m_i - 1) k_i T$  ถึง  $m_i k_i T$ , และจาก  $m_i k_i T$  ถึง  $T$  ตามลำดับ ดังนี้

$$\hat{I}_i^1 = \frac{1}{2} (P_i - D_i) (m_i - 1) k_i^2 T^2 + \frac{1}{2} (m_i - 1) k_i^2 P_i T^2 \quad (18)$$

$$\hat{I}_i^2 = (m_i - 1) (P_i - D_i) k_i^2 T^2 + \frac{1}{2} T^2 \left[ (1 - m_i^2) k_i^2 P_i + 2 m_i k_i D_i - D_i^2 / P_i \right] \quad (19)$$

$$\hat{I}_i^3 = \frac{1}{2} (1 - m_i k_i) (1 - m_i k_i + k_i) D_i T^2 \quad (20)$$



$q_1 = D_i T - (\hat{m}_i - 1) k_i D_i T$	$q_2 = k_i P_i T$	$q_3 = k_i P_i T - k_i D_i T$
$t_1 = k_i T$	$t_2 = (\hat{m}_i - 1) k_i T$	$t_3 = D_i T / P_i$
		$t_4 = \hat{m}_i k_i T$

ภาพที่ 6 สินค้าคงคลัง  $i$  เมื่อ  $k_i \leq 1$

ที่มา: Lu (1995)

ดังนั้นสินค้าคงคลังเฉลี่ยของสินค้า  $i$  จะเท่ากับ  $I_i = \hat{I}_i^1 + \hat{I}_i^2 + \hat{I}_i^3 / T$  จากนั้นใช้การแปลงทางพีชคณิตจะได้ว่า

$$I_i = \frac{1}{2} D_i T (1 + k_i - D_i / P_i) \quad \text{เมื่อ } k_i \leq 1 \quad (21)$$

กำหนดให้

$D_i$  = ปริมาณความต้องการสินค้าต่อปี

$P_i$  = กำลังการผลิตสินค้า

$k_i$  = สัดส่วนช่วงเวลากการสั่งซื้อของผู้ขายและผู้ซื้อ

$T$  = ช่วงเวลาระหว่างการสั่งผลิต

รวมสมการที่ (16) และ (21) เข้าด้วยกัน จะได้

$$I_i = \frac{1}{2} \max \{1, k_i\} D_i T (1 + \min \{1, k_i\} - D_i / P_i - 2m_i / k_i) \quad (22)$$

### นโยบายในการจัดการสินค้าคงคลัง

Silver *et al.* (1998) นโยบายการจัดการสินค้า เป็นเงื่อนไขซึ่งแสดงว่าการจัดการนั้นจะต้องใช้ระยะเวลาหรือ ปริมาณสินค้าคงเหลือในคลังเป็นเครื่องแสดงจุดสั่งซื้อ และจะต้องใช้ปริมาณการสั่งซื้อตายตัวหรือ ปริมาณที่ทำให้ปริมาณสินค้าคงคลังมีขนาดเท่าที่กำหนด

กำหนดให้

$s_{\min}$  = ปริมาณพัสดุกงเหลือในคลังที่จุดสั่งซื้อ (Reorder Point) เรียก จุดสั่งซื้อ

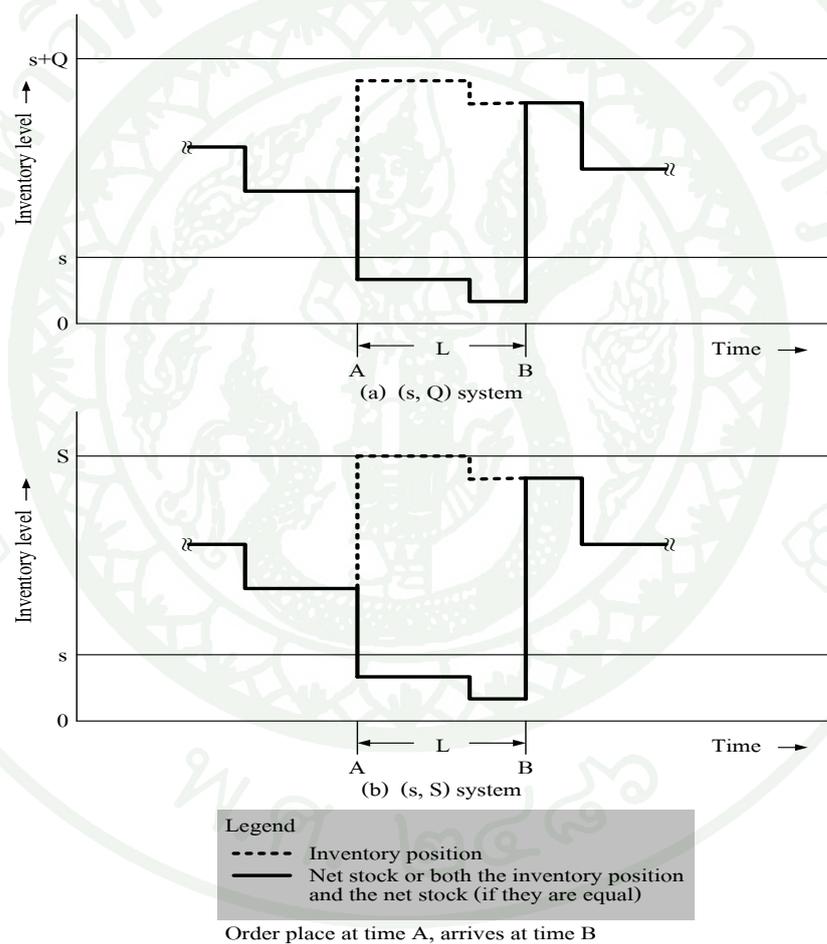
$Q$  = ปริมาณการสั่งซื้อตายตัว (Lot Size) เรียก ปริมาณสั่งซื้อ

$S_{\max}$  = ระดับพัสดุกงคลังกำหนด (Order Level) เรียก ระดับสั่งซื้อ

นโยบายสินค้าคงคลังที่รู้จักกันแพร่หลาย จะอยู่ในรูปแบบ (\*, \*\*) โดย \* หมายถึงจุดที่มีการจัดหาสินค้า และ \*\* แสดงถึงจำนวนที่เกี่ยวข้องกับสินค้าที่จัดหา ซึ่งอาจจะระบุจำนวนสินค้าโดยตรง หรือระบุระดับสินค้า ที่ต้องการให้กลับขึ้นไปอยู่ เมื่อมีการจัดหาสินค้าก็ได้

นโยบายสินค้าคงคลัง ( $s_{\min}, Q$ ) เป็นนโยบายที่กำหนดให้มีการจัดหาสินค้าเมื่อระดับสินค้าคงคลังลดลงมาถึงระดับ  $s_{\min}$  หน่วย หรือต่ำกว่า และปริมาณสินค้าที่จัดหาในครั้งหนึ่งๆ จะมีจำนวนเท่ากับ  $Q$  หน่วย

นโยบาย ( $s_{\min}, S_{\max}$ ) จะกำหนดให้มีการจัดหาสินค้าเมื่อระดับสินค้าคงคลังลดลงมาถึงระดับ  $s$  หรือต่ำกว่า และปริมาณสินค้าที่จะจัดหาจะมีจำนวน เพื่อคืนระดับสินค้าคงคลังกลับขึ้นไปอยู่ระดับ  $S$  หน่วย



ภาพที่ 7 กราฟแสดงนโยบายสินค้าคงคลังทั้ง 2 แบบ

ที่มา: Silver *et al.* (1998)

โดยทั้งสองนโยบายจะใช้ปริมาณสินค้าคงเหลือในคลังเป็นตัวตัดสินใจที่จะใช้ในการสั่งซื้อหรือสั่งผลิตนั่นเอง

### อัตราการหมุนเวียนของสินค้า (Inventory Turn Rate)

ในการดำเนินธุรกิจ มีหลากหลายปัจจัยเข้ามาเกี่ยวข้อง ปัจจัยหนึ่งที่ต้องพิจารณาคือ การหมุนเวียนของสินค้า ซึ่งบอกถึงความสามารถในการบริหารจัดการ โดยสามารถคำนวณได้จาก

อัตราการหมุนเวียนของสินค้า = จำนวนสินค้าที่ขายไป / สินค้าคงคลังเฉลี่ย

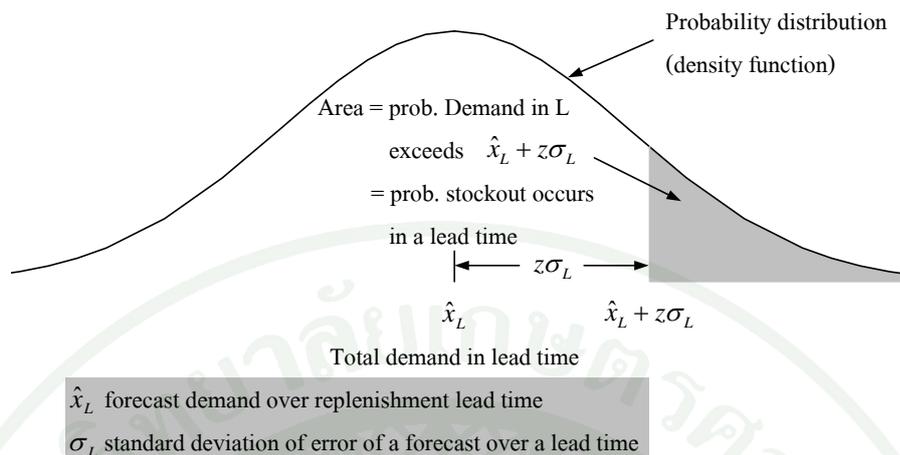
$$\text{Inventory Turn rate} = \text{Number of Units Sold} / \text{Average Inventory} \quad (23)$$

อัตราการหมุนเวียนของสินค้า (Inventory Turnover) สามารถใช้เป็นดัชนีในการวัดจำนวนครั้งในการขายสินค้าคงเหลือ ของกิจการในรอบ 1 ปี โดยผลลัพธ์จะเป็นจำนวนครั้งต่อปีเช่น 10 ครั้งต่อปี 11 ครั้งต่อปี โดยจำนวนครั้งออกมาสูงแสดงว่ากิจการมีการหมุนเวียนของสินค้าที่ดี (ทำการขายได้มากครั้งในรอบ 1 ปี) ในทางตรงกันข้ามถ้าออกมาต่ำแสดงว่ากิจการจะต้องทำการสั่งสินค้าให้น้อยลงแต่ทำสั่งให้บ่อยครั้งมากขึ้น

### ปริมาณสินค้าคงเหลือเพื่อความปลอดภัย (Safety Stock)

เนื่องจากความเสี่ยงและความไม่แน่นอนของปัจจัยต่างๆในการวิเคราะห์ระบบสินค้าคงคลังโดยปัจจัยที่มีผลอย่างมากคือความไม่แน่นอนของปริมาณความต้องการสินค้าและความไม่แน่นอนของเวลาที่ใช้ในการจัดส่งสินค้า จึงเป็นผลให้ต้องมีการจัดเก็บ ปริมาณสินค้าคงคลังน้อยสุดเพื่อป้องกันความสูญเสียที่เกิดขึ้น 2 ประการคือ

1. เมื่ออัตราความต้องการสินค้าจริงมากกว่าปริมาณความต้องการสินค้าที่พยากรณ์ไว้
2. ความล่าช้าในการขนส่งสินค้า



ภาพที่ 8 การกระจายแบบปกติของค่าความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์

ที่มา: Silver *et al.* (1998)

โดยสมการที่ใช้ในการคำนวณ คือ

$$\text{Safety stock} = z\sigma_L \tag{24}$$

กำหนดให้

$z$  = Safety factor

$\sigma_L$  = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความต้องการสินค้าในช่วงทำการจัดส่งสินค้า (หน่วย)

$p_u \geq (z)$  = ความน่าจะเป็นที่จะเกิดการขาดของในช่วงการส่งสินค้า

โดยค่า  $z$  สามารถคำนวณได้จากความระดับการให้บริการซึ่งเท่ากับ  $1 - p_u \geq (z)$  โดยใช้ฟังก์ชัน NORMSINV ของโปรแกรม Microsoft Excel ดังสมการ

$$Z = \text{NORMSINV}(1 - p_u \geq (z)) \tag{25}$$

และสามารถหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความต้องการสินค้าในช่วงทำการจัดส่งสินค้า เนื่องจากความไม่แน่นอนของปริมาณความต้องการสินค้าและความไม่แน่นอนของเวลาที่ใช้ในการจัดส่งสินค้าได้โดยที่ทั้งสองปัจจัยมีการกระจายที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน ดังสมการ

$$\sigma_L^2 = \bar{l}^2 \sigma_d^2 + \bar{d}^2 \sigma_l^2 \quad (26)$$

กำหนดให้

$\bar{l}$  = เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการจัดส่งสินค้า (วัน)

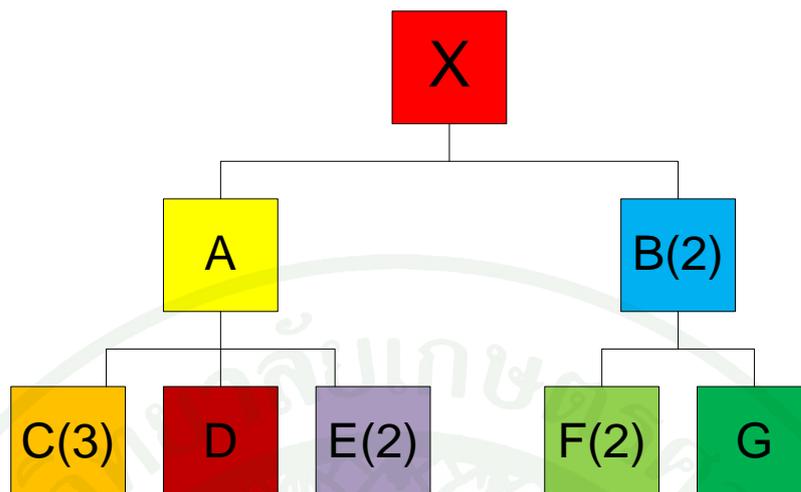
$\bar{d}$  = ความต้องการสินค้าเฉลี่ย (หน่วยต่อวัน)

$\sigma_d^2$  = ความแปรปรวนของความต้องการสินค้า

$\sigma_l^2$  = ความแปรปรวนของเวลาในการจัดส่งสินค้า

### บัญชีรายการวัสดุ (Bill of Material)

พิกพ (2552) บัญชีรายการวัสดุ หรือ เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า โครงสร้างผลิตภัณฑ์ (Product Structure) จะบรรจุสารสนเทศที่เป็นรายละเอียดของผลิตภัณฑ์แต่ละรายการอย่างสมบูรณ์ โดยบัญชีรายการวัสดุจะบรรจุโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ทุกรายการของบริษัท รายละเอียดภายในโครงสร้างผลิตภัณฑ์จะแสดงให้เห็นรายการวัสดุทุกรายการ พร้อมทั้งปริมาณความต้องการวัสดุแต่ละรายการที่จำเป็นต่อการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปแต่ละรายการหนึ่งหน่วย นอกจากนี้ รายการวัสดุดังกล่าวนี้ยังถูกบรรจุอยู่ในบัญชีรายการวัสดุที่สะท้อนให้เห็นถึงโครงสร้างของการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ โดยแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของวัสดุแต่ละรายการตามลำดับขั้นในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป นับตั้งแต่ วัตถุดิบ (Raw Materials) ชิ้นส่วน (Parts) ประกอบย่อย (Subassemblies) และชิ้นส่วนประกอบ (Assemblies) ผลิตภัณฑ์แต่ละรายการจะต้องมีหนึ่ง โครงสร้างผลิตภัณฑ์ หรือ หนึ่งบัญชีรายการวัสดุ ดังตัวอย่างในภาพที่ 9



ภาพที่ 9 โครงสร้างผลิตภัณฑ์ X

จากภาพที่ 9 ทำให้สามารถเข้าใจโครงสร้างผลิตภัณฑ์ X ประกอบด้วยอะไรบ้าง เป็นจำนวนเท่าไร ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

ผลิตภัณฑ์ X หนึ่งหน่วยทำขึ้นจากชิ้นส่วน A จำนวน 1 หน่วย และชิ้นส่วน B จำนวน 2 หน่วย, ชิ้นส่วน A จำนวนหนึ่งหน่วยทำขึ้นจากชิ้นส่วน C จำนวน 3 หน่วย ชิ้นส่วน D จำนวน 1 หน่วย และชิ้นส่วน E จำนวน 2 หน่วย, ชิ้นส่วน B จำนวนหนึ่งหน่วยทำขึ้นจากชิ้นส่วน F จำนวน 2 หน่วย และชิ้นส่วน G จำนวน 1 หน่วย

#### การจำลองสถานการณ์ (Simulation)

รุ่งรัตน์ (2551) ปัจจุบันการออกแบบและการพัฒนาระบบงานส่วนใหญ่ อาศัยแบบจำลองเป็นเครื่องมือสำคัญช่วยในการพิจารณา และวิเคราะห์ก่อนที่จะนำไปใช้กับระบบงานจริง และเพื่อหาแนวทางในการพัฒนาการดำเนินงานของระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งในปัจจุบันมีการพัฒนาซอฟต์แวร์ทางคอมพิวเตอร์ เพื่อช่วยในการจำลองระบบงานมากขึ้น โดยการจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์เป็นการศึกษาปัญหาของระบบงานด้วยแบบจำลอง ซึ่งอยู่ในรูปแบบของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ หลักการที่ใช้ในการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์คือ การสร้างแนวทางในการตัดสินใจให้ระบบ เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาให้ระบบ หรือปรับปรุงระบบเดิมที่มีอยู่ให้ดียิ่งขึ้น โดยปราศจากการรบกวนในระบบงานจริง

การจำลองสถานการณ์โดยใช้ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์สามารถจำลองปัญหาได้หลายประเภท และสามารถช่วยให้คำนวณข้อมูลทางสถิติประเภทข้อมูลรับเข้า (Input) และข้อมูลผลลัพธ์ (Output) ภายใต้อาณาไม่แน่นอนได้อีกด้วย

Shannon (1975) ได้ให้คำจำกัดความเกี่ยวกับการจำลองปัญหาว่า เป็นกระบวนการออกแบบจำลอง (Model) ของระบบจริง (Real System) แล้วดำเนินการทดลองเพื่อให้เรียนรู้พฤติกรรมของระบบงานจริง ภายใต้อีกข้อกำหนดต่างๆ ที่วางไว้เพื่อประเมินผลการดำเนินงานของระบบ และวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองก่อนนำไปใช้ แก้ไขปัญหาในสถานการณ์จริงต่อไป

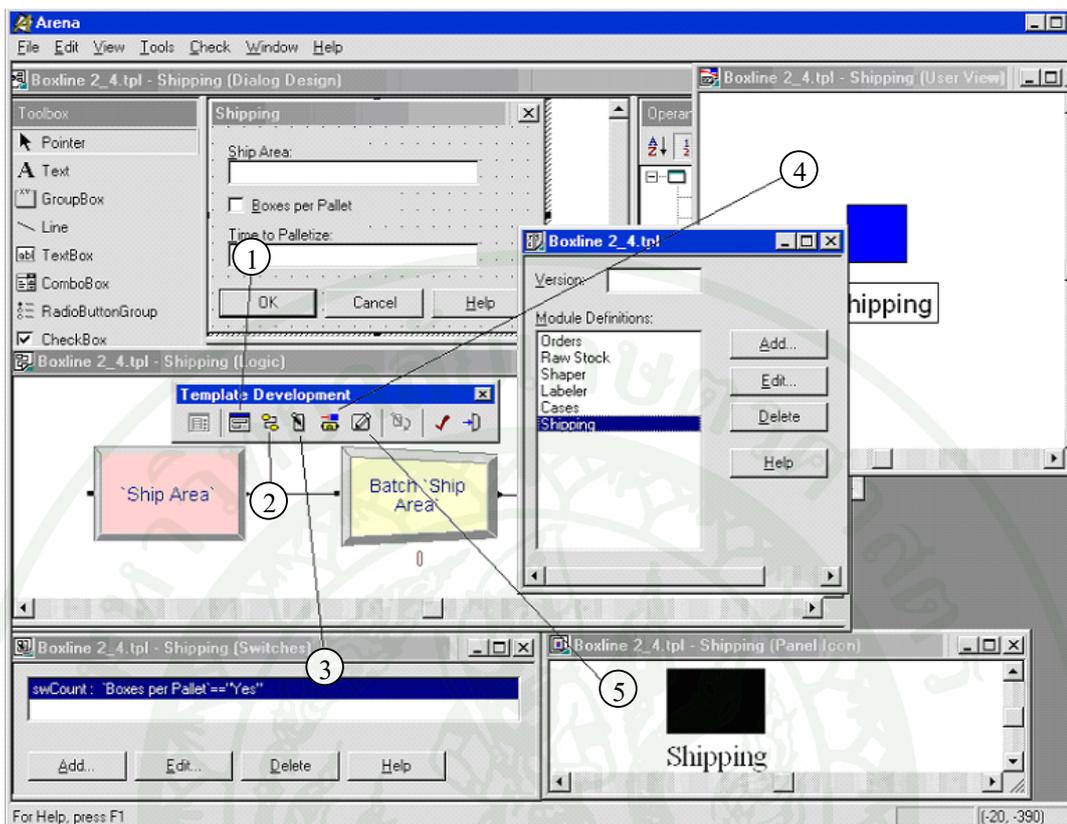
ข้อดีของการใช้ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์สร้างแบบจำลอง

1. ช่วยลดเวลาในการเขียนโปรแกรม
2. มีหน่วยโครงสร้างและหน่วยข้อมูลเฉพาะ สำหรับการประยุกต์ใช้งานในอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ
3. ผู้สร้างสามารถเปลี่ยนแปลงตัวแบบจำลองได้สะดวก รวมถึงการเปลี่ยนแปลงข้อมูลของตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลอง ก็สามารถทำได้ง่าย
4. มีเครื่องมือช่วยในการตรวจสอบความผิดพลาด เมื่อโปรแกรมไม่สามารถประมวลผลได้
5. มีแบบฟอร์มรายงานผลลัพธ์ทางสถิติ

#### การจำลองแบบปัญหาด้วยโปรแกรม Arena

โปรแกรม Arena เป็นเครื่องมือตัวหนึ่งที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับสร้างตัวแบบจำลอง และดำเนินการทดลองไปกับตัวแบบจำลอง โดยตัวแบบจำลองจะถูกทำการทดสอบทางความคิดในคอมพิวเตอร์เพื่อศึกษาพฤติกรรมของระบบ และนำไปสู่แนวทางในการวิเคราะห์และปรับปรุงระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

Rockwell Software (2005) การสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Arena ประกอบด้วย 5 ส่วน คือ



ภาพที่ 10 เครื่องมือที่ใช้สร้างเทมเพลตด้วยโปรแกรม Arena

ที่มา: Rockwell Software (2005)

1. Dialog Design คือ ส่วนที่ใช้ในออกแบบเพื่อการป้อนค่าและการเชื่อมต่อของโมดูล
2. Logic คือ ส่วนที่ใช้ในการสร้างตรรกะของโมดูล
3. Switches คือ ส่วนที่ใช้ในการป้อนค่าที่มีการตั้งเงื่อนไข เช่น โมดูล Record เมื่อเลือก Type แตกต่างกัน ค่าป้อนเข้าที่แสดงก็จะแตกต่างกัน
4. User View คือ ส่วนที่เป็นรูปภาพของ โมดูลซึ่งแสดงใน Flowchart View
5. Panel Icon คือ ส่วนที่เป็นรูปภาพของ โมดูลซึ่งแสดงใน Project Bar

## งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชาตริส (2551) ประยุกต์ใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์การจัดการสินค้าคงคลังของ วัตถุประสงค์ในอุตสาหกรรมเกษตร (กรณีศึกษาผลิตภัณฑ์น้ำสัด) โดยใช้นโยบาย (s, S) และ (s, Q) เพื่อให้เกิดค่าใช้จ่ายต่ำที่สุดในการบริหารวัตถุประสงค์คลัง

ธนพันธ์ (2553) ศึกษาและสร้างแบบจำลองระบบโซ่อุปทานโดยใช้เทมเพลตของ โปรแกรม Arena 12 เพื่อช่วยในการตัดสินใจเลือกนโยบายของระบบสินค้าคงคลังที่เหมาะสมใน ภาวะที่มีความไม่แน่นอนของระบบโซ่อุปทาน โดยจัดทำเทมเพลตฟังก์ชันต่างๆ ได้แก่ ซัพพลาย เออร์ โรงงานผลิต ศูนย์กระจายสินค้าและผู้ค้าปลีก ในระบบห่วงโซ่อุปทาน

Helo (2005) ศึกษาพัฒนาโปรแกรม ASDN (Agile Supply Demand Networks) ซึ่งเป็น โปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์พัฒนาเครือข่ายโลจิสติกส์ จำลองสถานการณ์ทำการคำนวณแบบ dynamics เพื่อช่วยในการตัดสินใจในการสร้างเครือข่ายและเลือกนโยบายการบริหารจัดการ สินค้าคงคลัง ให้มีปริมาณการจัดเก็บ และระยะเวลาในการขนส่ง ในระดับที่พอใจ

Longo and Mirabelli (2008) พัฒนาตัวแบบจำลองที่ช่วยในการตัดสินใจสำหรับระบบ โซ่อุปทานโดยใช้โปรแกรม Em-Plant และ Anylogic ซึ่งสามารถวิเคราะห์สถานการณ์ของโซ่อุปทานที่ ต่างกันได้ เช่น ผลกระทบของนโยบายสินค้าคงคลัง, เวลานำส่ง, ความต้องการของลูกค้าที่ไม่ แน่นอน สามารถใช้เครื่องมือช่วยประเมินประสิทธิภาพ เช่น DOE และ ANOVA

Lu (1995) ได้เสนอทฤษฎีเกี่ยวกับสินค้าคงคลังสำหรับตัวแบบที่มีผู้ขาย (Vendor) 1 ราย และมี ผู้ซื้อ (Buyer) หลายราย ซึ่งตัวแบบได้ออกมาได้สมมติฐานที่ว่า อัตราความต้องการ, อัตราการผลิต และค่าใช้จ่ายต่างๆ เป็นค่าคงที่, ไม่มีการขาดแคลนสินค้าเกิดขึ้น, ช่วงเวลาการนำส่งเป็นค่าคงที่, และสินค้าจะถูกเติมเต็มทันทีสำหรับผู้ซื้อ ในการสร้างแบบจำลองนี้ ผู้ขายต้องการทราบความ ต้องการต่อปีของผู้ซื้อและความถี่ในการสั่งซื้อก่อนหน้า ซึ่งสามารถอ้างอิงได้จากพฤติกรรมสั่งซื้อ ในอดีตของผู้ซื้อ จากนั้น จากนั้นผู้วิจัยจึงหาค่าที่ดีที่สุดสำหรับกรณีผู้ขาย 1 รายและผู้ซื้อ 1 ราย และ นำเสนอแนวทางสำหรับกรณี ผู้ขาย 1 รายและผู้ซื้อหลายราย

Persson (2010) ศึกษาการพัฒนา SCOR เทมเพลต (The Supply Chain Operations Reference Model) เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบและพัฒนากิจกรรมในห่วงโซ่อุปทานซึ่งเทมเพลตนี้จะแบ่งเป็นกิจกรรมย่อยๆ ที่เกิดขึ้นในห่วงโซ่อุปทาน เช่น แหล่งจ่าย (Source), การสร้างหรือผลิต (Make), การบริการหรือการส่ง (Deliver), และการส่งสินค้าคืน (Return) เป็นต้น



## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

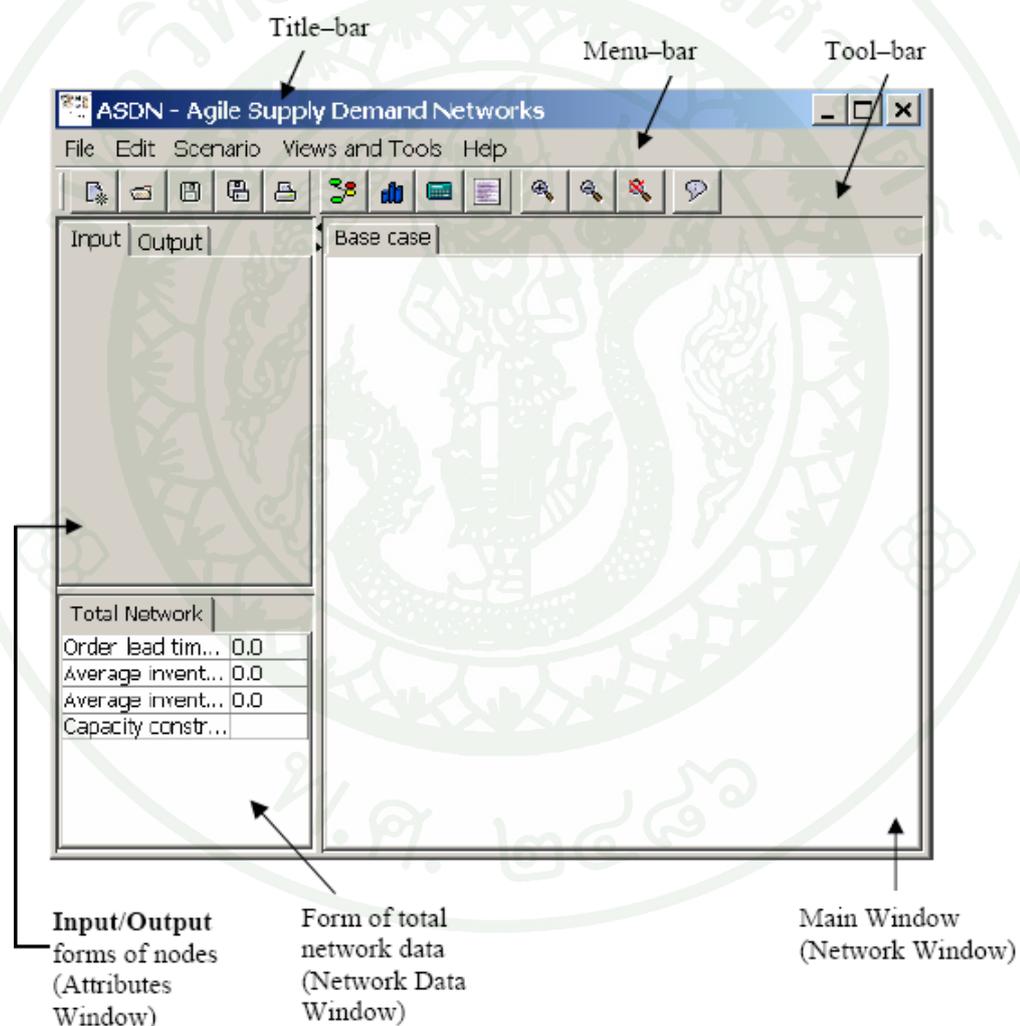
1. เครื่องคอมพิวเตอร์ Core i5 520 2.40 GHz RAM 4 GB
2. โปรแกรมสำเร็จรูป Arena 12

### วิธีการ

1. ศึกษาโปรแกรม ASDN (Agile Supply-Demand Networks)
2. ศึกษาและพัฒนากการสร้างเทมเพลตของโปรแกรม Arena 12
3. ตรวจสอบความถูกต้องของเทมเพลตโดยการนำเทมเพลตมาสร้างแบบจำลองโซ่อุปทาน และเปรียบเทียบผลจากแบบจำลองกับผลจากการคำนวณโดยใช้ทฤษฎี
4. สร้างแบบจำลองของกรณีศึกษาโดยใช้เทมเพลต
5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ
6. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

## 1. ศึกษาโปรแกรม ASDN (Agile Supply-Demand Networks)

โปรแกรม ASDN เป็นฟรีโปรแกรม (Free Software Packed) ที่ใช้สำหรับออกแบบเครือข่ายโลจิสติกส์ (Logistics Network) เพื่อช่วยในการพัฒนาเครือข่ายอุตสาหกรรมให้มีความคล่องตัว โดยการหาค่าที่ดีที่สุดของระดับสินค้าคงคลัง งานวิจัยนี้มุ่งเป้าที่พัฒนาเครื่องมือสำหรับการจัดการโดยรวมของเครือข่ายห่วงโซ่อุปทานเพื่อให้คล่องตัวมากขึ้นและตอบสนองได้อย่างรวดเร็ว



ภาพที่ 11 หน้าจอพื้นฐานของโปรแกรม ASDN

ที่มา: Helo *et al.* (2005)

## โครงสร้างและรูปแบบของโปรแกรม ASDN มีดังนี้

### 1.1 หน้าจอพื้นฐานของโปรแกรม ASDN (ภาพที่ 11) ประกอบไปด้วย

- Title bar
- Menu bar
- Tool bar
- Input / Output (Attribute Window)
- Form Total Network Data (Network Data Window)
- Main Window (Network Window)

แถบรายการ (Menu bar) ประกอบด้วย การดำเนินการกับ ไฟล์ (File), จุดเชื่อมต่อ (Node) และลูกศร (Arrow) ในคำสั่ง แก้ไข (Edit), โครงการ (Scenario), กราฟ (View and Tool), ข้อมูลทั่วไปและการสอนวิธีใช้งาน (Help)

	Create new file
	Open file
	Save file
	Save file as another
	Print current scenario or a graph
	Switch to network view
	Switch to Gantt graph
	Switch to lot size calculator
	Switch to report view
	Zoom in
	Zoom out
	Reset view
	Info about the software

ภาพที่ 12 แถบเครื่องมือของโปรแกรม ASDN

ที่มา: Helo *et al.* (2005)

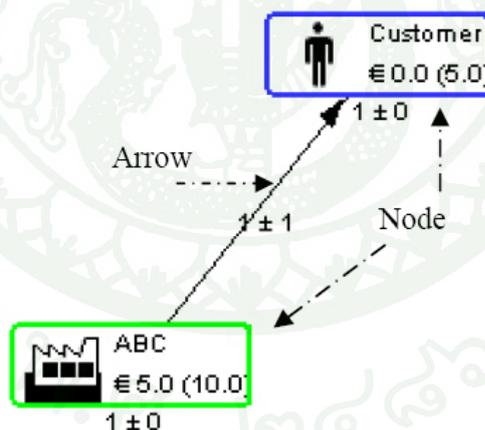
หน้าต่างหลัก (Main Window) ประกอบด้วย พื้นที่เพื่อสร้างเครือข่าย

หน้าต่างข้อมูลของเครือข่าย (Network Data Window) ประกอบด้วย ข้อมูลข่าวสารเบื้องต้นเกี่ยวกับเครือข่ายที่วาดขึ้นในหน้าต่างหลัก เช่น

- ระยะเวลาในการสั่งซื้อของลูกค้า (Order Lead Time for Customer)
- สินค้าคงคลังเฉลี่ย (Average Inventory in Units)
- มูลค่าสินค้าคงคลังเฉลี่ย (Average Inventory in Euros)
- จุดเชื่อมต่อที่ทำให้เกิดข้อจำกัดด้านปริมาณ (Capacity Constraint Node)

หน้าต่างนำเข้าข้อมูลและแสดงผลลัพธ์ (Input / Output Window) แสดงตารางข้อมูลนำเข้าหรือผลลัพธ์ของจุดเชื่อมต่อที่ถูกเลือก

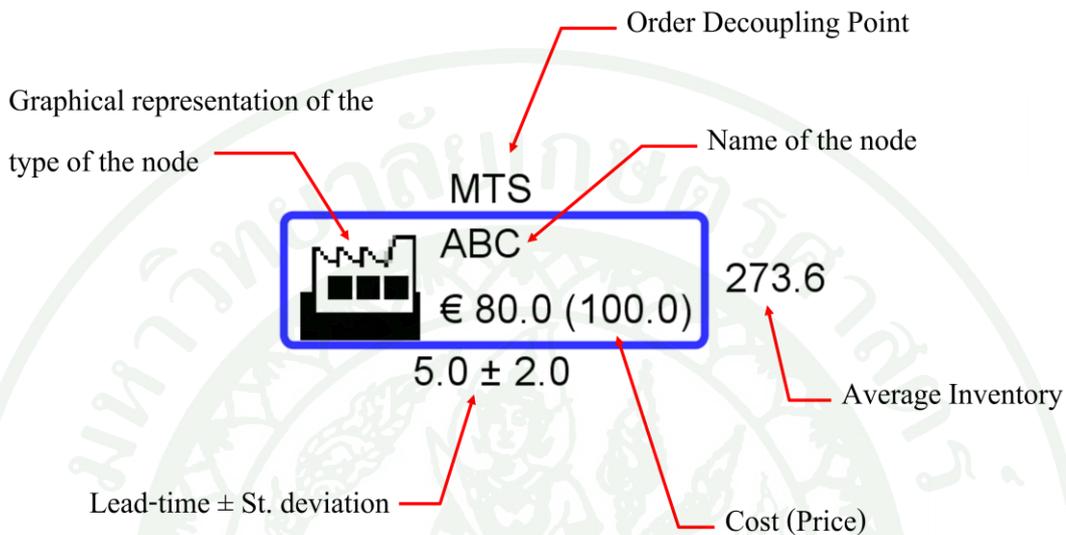
## 1.2 การสร้างเครือข่ายห่วงโซ่อุปทาน



ภาพที่ 13 จุดเชื่อมต่อและลูกศรของโปรแกรม ASDN

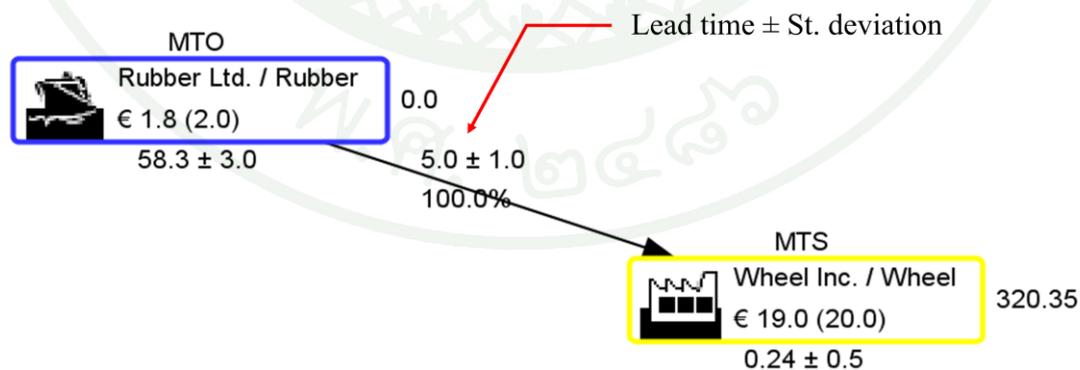
ที่มา: Helo *et al.* (2005)

- จุดเชื่อมต่อ (Node) คือ หน่วยพื้นฐานทำหน้าที่แทนบริษัทต่างๆ ซึ่งภาพที่ 14 อธิบายสัญลักษณ์และตัวเลขต่างๆ ของจุดเชื่อมต่อ



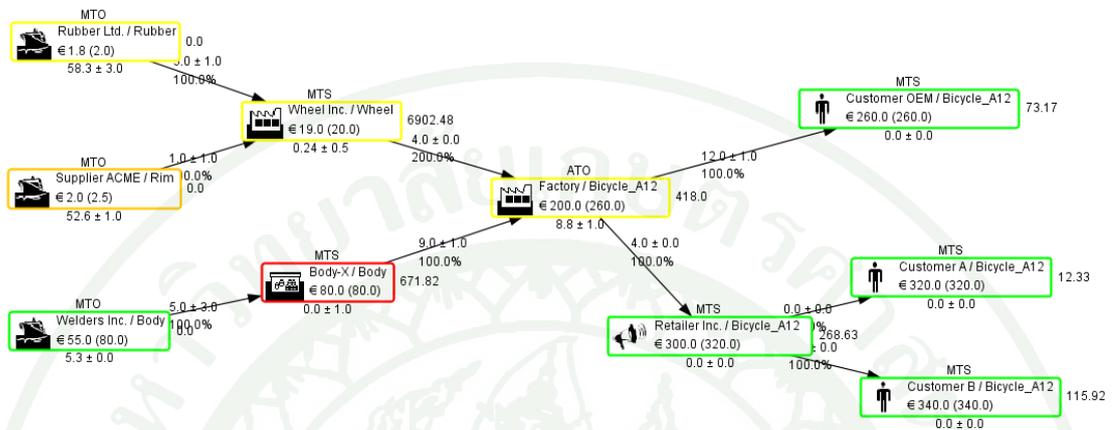
ภาพที่ 14 สัญลักษณ์และรายละเอียดของจุดเชื่อมต่อโปรแกรม ASDN

- ลูกศร (Arrow) เป็นเส้นเชื่อมระหว่างผู้ผลิตและผู้ซื้อแทนการขนส่งสินค้า ภาพที่ 15 อธิบายสัญลักษณ์และตัวเลขต่างๆ ของลูกศร



ภาพที่ 15 สัญลักษณ์และรายละเอียดของลูกศร โปรแกรม ASDN

- เครือข่าย (Network) เป็นชุดของจุดเชื่อมต่อและลูกค้า ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ของผู้ขาย และลูกค้าระหว่างบริษัท



ภาพที่ 16 เครือข่ายห่วงโซ่อุปทานที่สร้างโดยโปรแกรม ASDN

### 1.3 คุณสมบัติของจุดเชื่อมต่อ

ตารางที่ 1 ส่วนการนำเข้าข้อมูล (Input) จุดเชื่อมต่อของโปรแกรม ASDN

ข้อมูลนำเข้า	คำอธิบาย
ID	รหัสของจุดเชื่อมต่อเพื่อระบุองค์ประกอบในระบบภายใน
Label	ชื่อของจุดเชื่อมต่อ
Product Type	ชื่อของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตโดยจุดเชื่อมต่อนี้ ใช้ในบัญชีรายการวัสดุ
Type	ประเภทของจุดเชื่อมต่อ มี Engineering, Supplier, Warehouse, Sale company, End customer, Distributor, Retail
Order Decoupling Point	รูปแบบการผลิต มีดังนี้ <ul style="list-style-type: none"> <li>- Make- to-Stock</li> <li>- Assembly-to-Order</li> <li>- Make-to-Order</li> <li>- Engineering-to-Order</li> </ul>

## ตารางที่ 1 (ต่อ)

ข้อมูลนำเข้า	คำอธิบาย
Price	ราคาขายต่อหน่วย ใช้ในการคำนวณการเพิ่มมูลค่า
Cost	ต้นทุนต่อหน่วย ใช้ในการคำนวณการเพิ่มมูลค่า
Demand	ความต้องการสินค้าต่อปี
Demand St. deviation	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความต้องการสินค้าต่อปี
Working time	จำนวนสัปดาห์การทำงานต่อปี
Production Throughput time (TPT)	เวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิต
St. deviation of OLT	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาในกระบวนการทั้งหมด ประกอบด้วย เวลาที่ใช้ตั้งแต่ลูกค้าสั่งซื้อสินค้าจนกระทั่งเริ่มผลิต, เวลาในการออกแบบ, เวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิต และเวลาในการเตรียมจัดส่ง
Order backlog	เวลาที่ใช้ตั้งแต่ลูกค้าสั่งซื้อสินค้าจนกระทั่งเริ่มผลิต
Shipping time	เวลาในการเตรียมจัดส่ง
Engineer lead-time	เวลาในการออกแบบ
Capacity	กำลังการผลิตต่อวัน
Maximum order fulfillment time	ระยะเวลาสูงสุดที่ลูกค้ารอได้
OTD	ร้อยละในการส่งสินค้าทันเวลา
Holding cost rate	ร้อยละของค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บสินค้าต่อหน่วยต่อปี

ตารางที่ 2 ส่วนการแสดงผล (Output) จุดเชื่อมต่อของโปรแกรม ASDN

การแสดงผล	คำอธิบาย
Supplier lead time	ระยะเวลาการรอคอยส่วนประกอบทั้งหมดจากผู้จัดหา
Internal lead time	ระยะเวลาดำเนินการภายในจุดเชื่อมต่อ
Lead time to customer	ระยะเวลาดำเนินการจนกระทั่งพร้อมส่งสินค้าให้ลูกค้า
Service	ระดับการบริการ
Average inventory in units	ปริมาณสินค้าเฉลี่ยเป็นหน่วยจีน
Average inventory in EUR	ปริมาณสินค้าเฉลี่ยเป็นหน่วยเงินยูโร
Inventory turn rate	อัตราการหมุนเวียนสินค้า
Cycle Stock (CS)	ปริมาณสินค้าคงคลังคงเหลือจนกว่าจะถึงเวลาสั่งซื้อ
Safety Stock (SS)	ปริมาณสินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัยจากความไม่แน่นอนในปริมาณความต้องการสินค้าและเวลาในการขนส่งสินค้าของการจัดหา
Inbound inventory value	มูลค่าของสินค้าคงคลังที่เกิดระหว่างกระบวนการสั่งซื้อ
CS Outbound	ปริมาณสินค้าคงคลังคงเหลือสำหรับการส่งผลิตสินค้าในรอบถัดไป
Safety Outbound	ปริมาณสินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัยจากความไม่แน่นอนในปริมาณความต้องการสินค้าและเวลาในการขนส่งสินค้าของปริมาณความต้องการ
Outbound inventory value	มูลค่าของสินค้าคงคลังที่เกิดระหว่างกระบวนการส่งผลิต
Capacity utilization	อัตราส่วนการใช้กำลังการผลิต
Throughput Dollar Days	อัตราผลกำไรจากการผลิต
Inventory Dollar Days	มูลค่าสินค้าคงคลังในแต่ละรอบระหว่างการสั่งซื้อ

สำหรับ Internal Lead Time แต่ละรูปแบบการผลิตมีการคำนวณแตกต่างกัน ดังนี้

- ถ้ารูปแบบการผลิต คือ MTS:

$$\text{Internal Lead Time} = \text{Shipping Time}$$

- ถ้ารูปแบบการผลิต คือ ATO:

$$\text{Internal Lead Time} = \text{Shipping Time} + \text{TPT}$$

- ถ้ารูปแบบการผลิต คือ MTO:

$$\text{Internal Lead Time} = \text{Shipping Time} + \text{TPT} + \text{Supplier Lead Time}$$

- ถ้ารูปแบบการผลิต คือ ETO:

$$\text{Internal Lead Time} = \text{Shipping Time} + \text{TPT} + \text{Supplier Lead Time} + \text{Engineer Lead}$$

Time

สำหรับ Lead Time to Customer แต่ละรูปแบบการผลิตมีการคำนวณแตกต่างกัน ดังนี้

- ถ้ารูปแบบการผลิต คือ MTS:

$$\text{Lead Time to Customer} = \text{Internal Lead Time} + ((100 - \text{OTD})/100) \times \text{Internal Lead}$$

Time

- ถ้ารูปแบบการผลิต คือ MTO, ATO, ETO:

$$\text{Lead Time to Customer} = \text{Order Backlog} + \text{Internal Lead Time} + ((100 - \text{OTD})/100) \times \text{Internal Lead Time}$$

## 1.4 คุณสมบัติของลูกศร (การขนส่ง)

ตารางที่ 3 ส่วนการนำเข้าข้อมูล (Input) ลูกศร (การขนส่ง) ของโปรแกรม ASDN

ข้อมูลนำเข้า	คำอธิบาย
ID	รหัสของลูกศรเพื่อระบุองค์ประกอบในระบบภายใน
Label	คำอธิบายการขนส่ง
Type	รูปแบบการขนส่ง มีดังนี้ Ground, Air, Rail, Ship, other
Price	ค่าใช้จ่ายที่เก็บจากลูกค้า
Cost	ค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียให้กับผู้บริการขนส่ง
Transportation time	เวลาที่ใช้ในการขนส่ง
LT C.V	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาที่ใช้ในการขนส่ง
Service lvl (OTD)	อัตราที่ส่งสินค้าทันเวลา (คำนวณจากคำสั่งซื้อ)
Inv. lvl. cur	ระดับสินค้าคงคลังในปัจจุบัน
Inv. lvl. Min	ระดับสินค้าคงคลังต่ำสุด
Inv. lvl. Max	ระดับสินค้าคงคลังสูงสุด
Lot - size	จำนวนสินค้าต่อล็อต
Transport frequency	เวลาระหว่างการรอบการขนส่ง
Number of lots / shipment	จำนวนล็อตต่อการขนส่ง
Holding cost rate	ร้อยละของค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บสินค้าต่อหน่วยต่อปี

ตารางที่ 4 ส่วนการแสดงผล (Output) ลูกศร (การขนส่ง) ของโปรแกรม ASDN

การแสดงผล	คำอธิบาย
Demand	อัตราความต้องการต่อปี
Average waiting time	เวลารอคอยเฉลี่ย
Order lead - time	เวลาในการรอคอยสินค้าจากการขนส่ง
Goods in transport	จำนวนสินค้าที่อยู่ระหว่างการขนส่ง
Transport capacity utilization	อัตราการใช้ประโยชน์ของการขนส่ง

### 1.5 ฟังก์ชันคำนวณปริมาณสั่งซื้อ (Lot Size Calculator)

ฟังก์ชันคำนวณปริมาณสั่งซื้อ คือ ฟังก์ชันที่ช่วยให้คำนวณปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม ( $Q^*$ ) รอบเวลาสั่งซื้อที่เหมาะสม ( $T^*$ ) จำนวนครั้งที่สั่งซื้อ ( $n^*$ ) และค่าใช้จ่ายรวม (TC) ซึ่งผู้ใช้จะต้องทราบความต้องการต่อปี, ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ และค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บ

ฟังก์ชันคำนวณปริมาณสั่งซื้อสามารถกำหนดความยืดหยุ่นในการคำนวณได้ 4 แบบ ดังนี้

- The Classic Model จะคำนวณหาการสั่งซื้อแบบประหยัดที่ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด
- Shortages Permitted Model จะคำนวณหาปริมาณสั่งซื้อแบบประหยัดที่ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด แต่อนุญาตให้มีการขาดสินค้าและจัดส่งย้อนหลัง
- Production and Consumption Model จะคำนวณหาการสั่งผลิตแบบประหยัดที่ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด
- Production and Consumption Model with Shortages Model จะคำนวณหาปริมาณสั่งผลิตแบบประหยัดที่ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด แต่อนุญาตให้มีการขาดสินค้าและจัดส่งย้อนหลัง

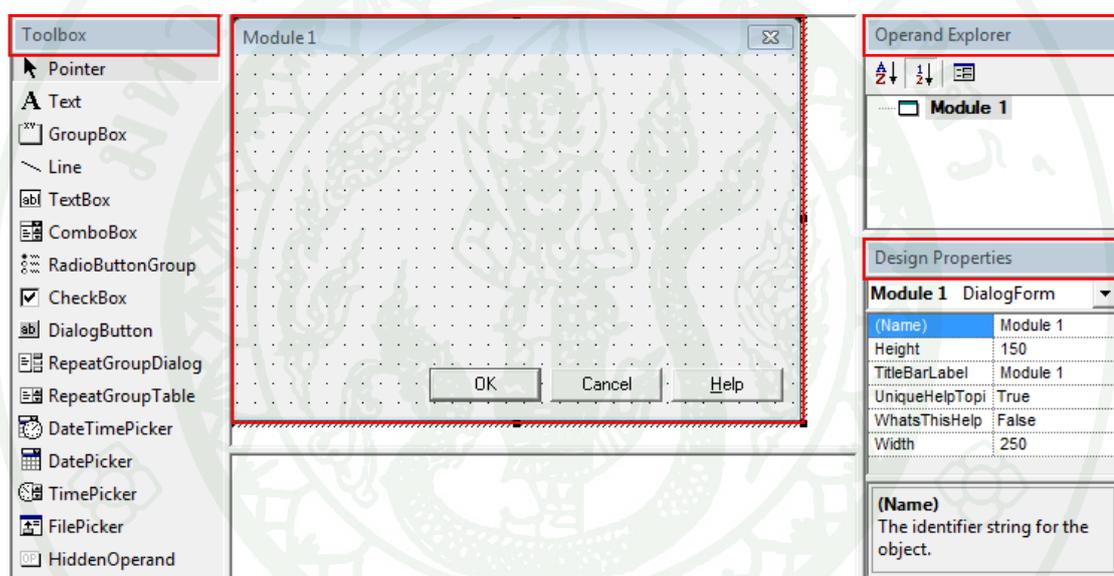
The Classical Model	
Demand Rate: x	191.17
Ordering Cost: C1	4500
Holding Cost: C2	3.75
Optimal Ordering Is: $Q^*$	677.35
Optimal Cycle Is $T^*$	3.54
Number of Orders Is: $n^*$	1.0
Total Cost Is: TC	2540.08

ภาพที่ 17 ฟังก์ชันคำนวณปริมาณสั่งซื้อของโปรแกรม ASDN

## 2. ศึกษาและพัฒนาการสร้างเทมเพลตของโปรแกรม Arena 12

ในการพัฒนาเทมเพลตห่วงโซ่อุปทานนั้นได้แบ่งขั้นตอนการพัฒนาเป็น 5 ส่วนดังนี้

2.1 การออกแบบพัฒนาหน้าต่างป้อนข้อมูล (Dialog Design Window) เป็นส่วนที่รับค่าต่างจากผู้ใช้งานเพื่อนำไปเป็นค่าของตัวแปรต่างๆ ในส่วนของการออกแบบตรรกะ ในการพัฒนาส่วนนี้ผู้วิจัยจะต้องสร้างหน้าต่างป้อนข้อมูลจากเครื่องมือที่โปรแกรม Arena 12 มีให้ เครื่องมือการพัฒนาหน้าต่างป้อนข้อมูลแสดงให้เห็นดังภาพที่ 18



ภาพที่ 18 เครื่องมือการพัฒนาหน้าต่างป้อนข้อมูลโปรแกรม Arena 12

เครื่องมือการพัฒนาหน้าต่างป้อนข้อมูลแบ่งเป็น 4 ส่วน ดังนี้

2.1.1 กล่องเครื่องมือ (Tool Box) อยู่ด้านซ้ายของหน้าต่าง (ภาพที่ 18) ใช้สำหรับเพิ่มกราฟฟิคต่างๆ เช่น กล่องข้อความ (Text Box), กล่องคำสั่งผสม (Combo Box), ปุ่มไดอะล็อก (Dialog button) และกราฟฟิคที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง เช่น ข้อความ (Text), เส้น (Line), หรือ กล่องจัดกลุ่ม (Group Box)

2.1.2 ไดอะล็อกฟอร์ม (Dialog Form) คือ พื้นที่ลักษณะสี่เหลี่ยมผืนผ้าตรงกลาง หน้าต่าง (ภาพที่ 18) ซึ่งแสดงข้อมูลแก่ผู้ใช้งานและรับตัวแปรนำเข้าจากผู้ใช้งาน การสร้างหน้าต่าง ติดต่อกับผู้ใช้งาน (User Interface) ของไดอะล็อกฟอร์ม สามารถทำได้โดยการวางเครื่องมือใน กล่องเครื่องมือลงบนพื้นที่นี้

2.1.3 ส่วนสำรวจการดำเนินการ (Operand Explorer) อยู่ด้านขวาบนแสดงลำดับของ องค์ประกอบใน ฟอร์มไดอะล็อกฟอร์ม, ส่วนการดำเนินการ และกลุ่มสิ่งทำซ้ำ (Repeat Group Objects) ซึ่งอธิบายโครงสร้างของโมดูล

2.1.4 คุณสมบัติชนิดของข้อมูล (Data Type Property) ตัวดำเนินการ (Operand Object) ทั้งหมดมีชนิดข้อมูลที่พร้อมใช้งานในตารางออกแบบรายละเอียด (Design Property Grid) คุณสมบัตินี้เกี่ยวกับการยอมรับชนิดข้อมูลของตัวดำเนินการ ชนิดของข้อมูล คือ สิ่งที่ผู้ใช้อนุญาต ให้เข้าถึงค่าของตัวดำเนินการเมื่อผู้ใช้คลิก OK ในฟอร์มติดต่อของโมดูลค่าที่เข้าถึงจะถูกตรวจสอบ ถ้าค่านั้น ไม่สามารถใช้ได้ โปรแกรมจะแสดงความผิดพลาดที่เกิดขึ้น

2.2 หน้าต่างการออกแบบตรรกะ (Logic Design Window) คือ แบบจำลองย่อย (Submodel) เช่น ตรรกะการสร้างแบบจำลองและข้อมูลที่สร้างขึ้น เมื่อตัวแทนของโมดูลถูกวางลงในหน้าต่าง เหมือนกับหน้าต่างที่ใช้สร้างแบบจำลอง (Model Window) ใช้เพื่อนิยามการนำเสนอตรรกะของ แบบจำลอง หน้าต่างการพัฒนาตรรกะจะใช้เพื่ออธิบายการนำเสนอโมดูล ซึ่งหน้าการพัฒนา ตรรกะจะเหมือนกับหน้าต่างที่ใช้สร้างแบบจำลองเกือบทุกด้าน

ข้อแตกต่างของหน้าต่างพัฒนาตรรกะและหน้าต่างที่ใช้สร้างแบบจำลอง

- การประมวลผล (Running Simulation) ความสามารถอย่างหนึ่งที่หน้าต่างที่ใช้สร้าง แบบจำลองมีและหน้าต่างพัฒนาตรรกะไม่มีก็คือความสามารถที่จะจัดการให้แบบจำลอง ประมวลผล ถ้าเปิดหน้าต่างพัฒนาตรรกะของโมดูล ก็จะไม่พบแถบเครื่องมือประมวลผล

- การใช้ตรรกะที่ฝังอยู่ในโมดูลดีฟิเนชัน (Module Definition) เพื่อประมวลผลแบบจำลอง อันดับแรกต้องวางกรณีตัวอย่างของโมดูลในแบบจำลองก่อน จากนั้นจึงประมวลผลตรรกะโดยใช้ การประมวลผลแบบจำลอง หรือสามารถทดสอบตรรกะโดยการให้ค่าจำกัดความตรรกะในหน้าต่าง

ที่ใช้สร้างแบบจำลองเป็นอันดับแรกต่อจากนั้น ใช้คลิปบอร์ดเพื่อคัดลอกตรรกะที่ตรวจสอบแล้วลงในหน้าต่างพัฒนาตรรกะของโมดูล วิธีการนี้คุณสามารถใช้ประโยชน์จากการใช้ตัวควบคุมการประมวลผล (Run Controller) ของ Arena เพื่อทำงานกับตรรกะของโมดูล

- การใช้สวิตช์ (Switching Module) เมื่อทำงานในหน้าต่างพัฒนาตรรกะ การสร้างอาจจะแนบสวิตช์ไปกับโมดูล (Module instances Switch) สวิตช์จะประกอบด้วยค่าถูกและผิด ในหน้าต่างพัฒนาตรรกะสวิตช์ถูกใช้เพื่อควบคุมการเปลี่ยนแปลงของตรรกะของแบบจำลองเพื่อให้ผู้สร้างแบบจำลองสามารถเปลี่ยนค่าของตัวดำเนินการได้

- การระบุตรรกะการทำซ้ำ (Defining Repeatable Logic) หน้าต่างพัฒนาตรรกะมีสิ่งพิเศษที่เรียกว่า โมดูลทำซ้ำ (Module Repeater) ซึ่งสามารถที่จะวางในหน้าต่างพัฒนาตรรกะและเพื่อระบุในโมดูลที่ต้องการทำซ้ำแต่ละไอเท็ม (Item)

- การเชื่อมต่อแต่ละโมดูลในหน้าต่างพัฒนาตรรกะ (Module Connections in The Logic Window) ในหน้าต่างพัฒนาตรรกะมี 2 วิธีการสำหรับเชื่อมโมดูล ซึ่งไม่สามารถใช้วิธีการนี้ได้ ในหน้าต่างที่ใช้สร้างแบบจำลอง วิธีการที่ 1 จุดออก (Exit Point) ใน Logic Window อาจจะเชื่อมต่อกับหลายๆจุดเข้า (Entry Points) วิธีการที่ 2 การเชื่อมต่อของจุดออกที่ทำซ้ำ (Repeating Exit Point) อาจจะมีการทำซ้ำ (Duplicated) เมื่อโมดูลถูกใช้ในแบบจำลอง จะอนุญาตให้ข้อกำหนดเกี่ยวกับการทำซ้ำทั้งหมดสามารถกำหนดได้โดยผู้สร้างแบบจำลองเพื่อส่งให้เอนทิตีที่มีตรรกะเดียวกันโดยอัตโนมัติ

การแนบหน้าต่างเทมเพลตเมื่อใช้หน้าต่างพัฒนาตรรกะ (Attaching template panels while working in a logic window) ขณะที่ใช้งานหน้าต่างพัฒนาตรรกะของโมดูลคิฟินีชันในเทมเพลต เช่น ไฟล์ .tpl ไม่จำเป็นต้องแนบโมดูลใดๆ ซึ่งถูกใช้ในเทมเพลตที่สร้างขึ้น ตัวอย่างเช่น ถ้ากำลังสร้างหน้าต่างเทมเพลตชื่อไฟล์ foodline.tpl ไม่จำเป็นต้องวางโมดูลใดๆ จาก foodline.tpo ลงในหน้าต่างพัฒนาตรรกะของโมดูลอื่นที่ถูกระบุใน foodline.tpo

ในทางเดียวกันต้องไม่แนบเทมเพลตตัวมันเองลงในเทมเพลตโดยทางอ้อม เช่น อาจจะมีเทมเพลตชื่อ truckops.tpl แสดงกระบวนการที่รถมายัง ถ้าเทมเพลตนี้ประกอบด้วย โมดูลจาก

foodline.tpo ใน โมดูลหน้าต่างพัฒนาตรรกะใดก็ตามของเทมเพลตนี้ จะไม่อนุญาตให้ใช้โมดูลจาก truckops.tpo ขณะที่ โมดูลถูกอ้างเป็น foodline.tpl เทมเพลต

ถ้าชุดของ โมดูลซึ่งสร้างเป็นลำดับชั้น เช่น มีโมดูล 3 ระดับ เกี่ยวกับกระบวนการรับ วัตถุดิบ โมดูลควรถูกรวมกลุ่มในเทมเพลตที่แยกกัน เพราะ เทมเพลตไม่สามารถจะอ้างอิง โมดูลซึ่ง ถูกนิยามในเทมเพลตเดียวกันได้

การแสดงผลภาพเคลื่อนไหว (Display of Animation Objects) (หน้าต่างพัฒนาตรรกะ) เมื่อ วางโมดูลในหน้าต่างพัฒนาตรรกะแล้ว โมดูลที่สมบูรณ์จะถูกสร้างขึ้นเหมือนกับที่เกิดขึ้นเมื่อวาง โมดูลลงหน้าต่างที่ใช้สร้างแบบจำลอง อย่างไรก็ตาม เนื่องจากหน้าต่างพัฒนาตรรกะไม่สามารถ จำลองสถานการณ์ได้โดยตรง จึงไม่จำเป็นต้องมีภาพเคลื่อนไหว (Animation) สำหรับในหน้าต่างนี้ ดังนั้นหน้าต่างพัฒนาตรรกะใน Arena ตอนเริ่มต้นจะไม่แสดงวัตถุเคลื่อนไหวซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ โมดูล ถ้าต้องการเห็นวัตถุเคลื่อนไหวคุณสามารถใช้เมนู View > Layers เพื่อเปิดการแสดงของ ภาพเคลื่อนไหวหลายๆชนิด เช่น ระดับ (Level), ทรัพยากร (Resources)

การอ้างอิงในตัวดำเนินการ (Referencing operands)

หน้าต่างพัฒนาตรรกะให้คำนิยาม ตรรกะ (Logic) ที่เกิดขึ้น (ควบคุมการสร้าง, การไหล, การออกจากระบบของเอนทิตี) เมื่อประมวลผลแบบจำลอง ว่าถูกสร้างโดยแบบจำลองซึ่ง ประกอบด้วยโมดูล ตรรกะต่อไปนี้อาจจะง่ายหรือซับซ้อนมาก เมื่อโมดูลถูกวาง จำนวนและชนิด ของตัวเลือกที่จัดเตรียมโดยผู้ใช้งานจะอ้างถึงค่าในไดอะล็อกซึ่งอยู่ในตัวดำเนินการ โมดูล (module's operands)

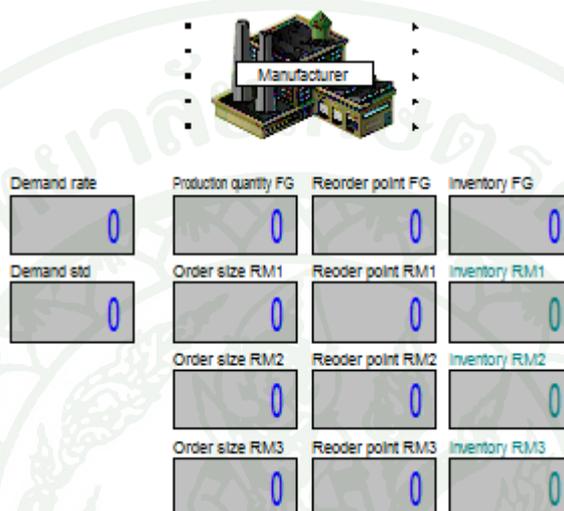
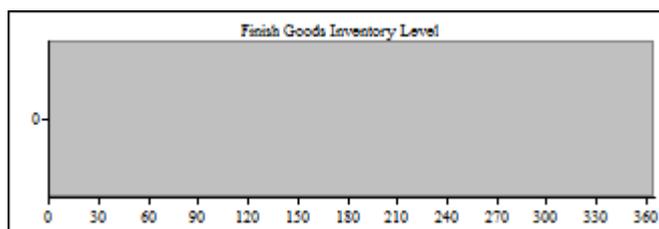
การเชื่อมระหว่างหน้าต่างป้อนข้อมูลและหน้าต่างพัฒนาตรรกะ ถูกสร้างหน้าต่างพัฒนา ตรรกะ การที่จะเชื่อมสามารถพิมพ์ชื่อของตัวดำเนินการซึ่งคุณต้องการจะใช้ และปิดชื่อด้วย เครื่องหมายแบ็กควอต (") วิธีนี้เป็นการอ้างอิงถึงตัวดำเนินการ

The image shows a 'Create Block' dialog box with the following fields and options:

- Label:** Text input field.
- Mark Attribute:** Dropdown menu.
- Next Label:** Text input field.
- Batch Size:** Dropdown menu (selected: 'Order Size').
- First Creation:** Text input field.
- Entity Type:** Dropdown menu.
- Interval:** Dropdown menu (selected: 'Time Between Orders').
- Maximum Batches:** Text input field.
- Comments:** Text area.
- Buttons:** OK, Cancel, Help.

ภาพที่ 19 การอ้างอิงตัวดำเนินการในโมดูลของหน้าต่างพัฒนาตรรกะ

2.3 การออกแบบมุมมองผู้ใช้ (User View) คือ สิ่งที่ปรากฏเมื่อผู้สร้างแบบจำลองวางโมดูลลงในหน้าต่างการสร้างแบบจำลองมักจะประกอบด้วย โมดูลแฮนเดิล (Modules Handle) และอาจจะประกอบด้วย สิ่งที่แสดงความสัมพันธ์ของโมดูล (เช่น จุดเข้า/ออก หรือ สิ่งที่แสดงตัวดำเนินการ) ซึ่งถูกสร้างบนพื้นฐานของข้อมูลซึ่งเตรียมขึ้นในการออกแบบหน้าต่างป้อนข้อมูล อาจจะเพิ่มภาพเคลื่อนไหวลงในมุมมองผู้ใช้ได้ด้วย



ภาพที่ 20 ตัวอย่างมุมมองผู้ใช้ของโรงงานผู้ผลิตในเทมเพลตห่วงโซ่อุปทาน

2.4 การสร้างสวิตช์ (Switch Window) โครงสร้างซึ่งอนุญาตให้ผู้ออกแบบเทมเพลตนิยามตัวแปรของ

2.4.1 การแสดง (Fields) ในโมดูลใดอะล็อก

2.4.2 ตรรกะแบบจำลองและเอเลเมนต์ (Elements) ซึ่งถูกสร้างขึ้นเมื่อโปรแกรม

ประมวลผล

2.4.3 วัตถุเคลื่อนไหวแสดงในมุมมองผู้ใช้ของโมดูล

การควบคุมรูปร่างลักษณะของโมดูลหรือ ทรรกะที่อยู่ภายใน, การอ้างอิงสวิตช์ทำได้โดยแบบสวิตช์กับ โมดูลในหน้าต่างอื่นๆ (เช่น หน้าต่างป้อนข้อมูล, หน้าต่างตรรกะและมุมมองผู้ใช้)

สวิตช์มีค่า “จริง (True)” หรือ “เปิด (On)” หรือค่า “เท็จ (False)” หรือ “ปิด (Off)” ถ้าสิ่งที่มีสวิตช์แบบมา แล้วสิ่งนั้นจะถูกแสดงหรือถูกใช้ในตรรกะของแบบจำลองเฉพาะเมื่อสวิตช์มีสถานะเป็นถูก

การสร้างสวิตช์ดิฟฟินิชั่นใหม่, คลิกปุ่ม Add ในหน้าต่างการสร้างสวิตช์ ในไดอะล็อก นี้จะระบุชื่อสวิตช์และดิฟฟินิชั่น (เช่น ข้อจำกัดภายใต้สวิตช์ที่เป็นจริง) และคลิก OK ภาพที่ 21 แสดงหน้าต่างสวิตช์กับสวิตช์ดิฟฟินิชั่นแบบเงื่อนไขเดียว (SwDeposits)



ภาพที่ 21 หน้าต่างการเขียนสวิตช์

ตารางที่ 5 ชนิดการอ้างอิงของสวิตช์

การอ้างอิง	เครื่องหมายกำกับ	ตัวอย่าง
Operand	Back Quotes ( ` ` )	`ResName`=="Machine"
Value of operand	Double Quotes ( " " )	`State`<>"Busy"
Switch	—	Switch1 && !Switch2

การอ้างอิงสถานะในแถบสูตร สำหรับสวิตช์ดิฟฟินิชั่นสามารถใช้ตรรกะมาตรฐาน หรือ ตัวเปรียบเทียบทางคณิตศาสตร์มากกว่าเท่ากับหนึ่ง ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 6 ตัวดำเนินการด้านตรรกะของสวิตช์ดิฟฟินิชั่น

สัญลักษณ์	ความหมาย	การใช้งาน	ตัวอย่าง
<b>ตรรกะ</b>			
==	เท่ากับ	เปรียบเทียบค่า	`Setup Required`=="Yes"
<>	ไม่เท่ากับ	เปรียบเทียบค่า	Counter`<>"None"
!	ไม่	ใช้กับค่าตรงข้ามกับค่าของสวิตช์นั้น	!SwSetupRequired
&&	และ	รวมการเปรียบเทียบ, ต้องการให้ทั้งสองค่าถูก	SwCount &&`Counter`=="Individual"
	หรือ	รวมการเปรียบเทียบ, ต้องการให้ค่าใดค่าหนึ่งค่าถูก	SwSetup    SwNewRecipe
>	มากกว่า	เปรียบเทียบค่า	`Number`>"14"
>=	มากกว่าหรือเท่ากับ	เปรียบเทียบค่า	`Weight`>="100.3"
<	น้อยกว่า	เปรียบเทียบค่า	`Time`<"10.5"
<=	น้อยกว่าหรือเท่ากับ	เปรียบเทียบค่า	`Tables`<="20"

2.5 การสร้างแถบไอคอน (Panel Icon Window) ของโมดูลคือกราฟฟิคซึ่งปรากฏเมื่อผู้สร้างแบบจำลองแนบเทมเพลตกับแถบโครงการ (Project Bar) การสร้างแถบไอคอน อาจจะใช้แถบเครื่องมือวาดภาพเพื่อสร้างกราฟฟิคเพิ่มเติมสำหรับไอคอนก็ได้



ภาพที่ 22 แถบไอคอนของเทมเพลตห่วงโซ่อุปทาน

## ผลและวิจารณ์

### ผล

การวิจัยฉบับนี้ได้นำเสนอการพัฒนาแผนผังห่วงโซ่อุปทานสำหรับการสร้างแบบจำลองบนโปรแกรม Arena ซึ่งแผนผังห่วงโซ่อุปทานที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นประกอบด้วย 7 โมดูล ดังนี้ การขนส่ง, ผู้จัดหาวัตถุดิบ, โรงงานผู้ผลิต, ศูนย์กระจายสินค้า, ศูนย์กระจายสินค้าที่มีสินค้าหลายชนิด, ผู้ค้าปลีกและผู้ค้าปลีกที่ขายสินค้าหลายชนิด ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 โมดูลทั้ง 7 ในแผนผังห่วงโซ่อุปทาน

โมดูล	ชื่อ โมดูล
	ผู้จัดหาวัตถุดิบ (Supplier)
	ผู้ผลิต (Manufacturer)
	ศูนย์กระจายสินค้า (Distribution Center)
	ศูนย์กระจายสินค้าที่มีสินค้าหลายชนิด (Multi Product Distribution Center)
	ผู้ค้าปลีก (Retailer)
	ผู้ค้าปลีกที่ขายสินค้าหลายชนิด (Multi Product Retailer)
	การขนส่ง (Transportation)

เทมเพลทห่วงโซ่อุปทานแต่ละโมดูลจะประกอบขึ้นจากโมดูลย่อยๆ จำนวนมากเชื่อมโยงเข้าด้วยกัน และควบคุมด้วยฟังก์ชันสวิตช์เพื่อให้ตรรกะเปลี่ยนไปตามคำสั่งของผู้ใช้ ในตารางที่ 8, ตารางที่ 9, ตารางที่ 10, ตารางที่ 11, ตารางที่ 12, ตารางที่ 13 และตารางที่ 14 จะแสดงให้เห็นว่าในโมดูลแต่ละโมดูลประกอบขึ้นจากโมดูลย่อยๆ อะไรบ้าง

โมดูลผู้จัดหาวัตถุดิบ ทำหน้าที่ จัดหาวัตถุดิบหรือวัสดุที่ป้อนเข้าไปยังจุดต่างๆในสายของห่วงโซ่อุปทาน

ตารางที่ 8 ชนิดและจำนวนของโมดูลย่อยในโมดูลผู้จัดหาวัตถุดิบ

โมดูล	ชนิดโมดูลย่อย	จำนวน
 ผู้จัดหาวัตถุดิบ	<b><u>Basic Process</u></b>	
	- Create	2
	- Dispose	1
	- Decide	12
	- Assign	30
	- Record	4
	<b><u>Advance Process</u></b>	
	- Seize	1
	- Delay	8
	- Release	1
	<b><u>Block</u></b>	
	- Delay	5

รวมโมดูลทั้งหมดที่ใช้สร้างเป็นโมดูลผู้จัดหาวัตถุดิบเท่ากับ 64 โมดูล

โมดูลผู้ผลิต ทำหน้าที่ นำวัตถุดิบมาประกอบ หรือ แปรรูปให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่ามากขึ้น

ตารางที่ 9 ชนิดและจำนวนของโมดูลย่อยในโมดูลผู้ผลิต

โมดูล	ชนิด โมดูลย่อย	จำนวน
	<b><u>Basic Process</u></b>	
	- Create	2
	- Dispose	3
	- Decide	25
	- Seperate	12
	- Assign	92
	- Record	6
	<b><u>Advance Process</u></b>	
	- Seize	1
	- Delay	8
	- Release	1
	- Hold	4
	<b><u>Advance Transfer</u></b>	
	- Route	8
	- Station	3
	<b><u>Block</u></b>	
	- Assign	5
- Delay	5	

รวม โมดูลทั้งหมดที่ใช้สร้างเป็น โมดูลผู้ผลิตเท่ากับ 175 โมดูล

โมดูลศูนย์กระจายสินค้า ทำหน้าที่ กระจายสินค้าไปยังลูกค้า หรือร้านค้าหลายๆ แห่ง

ตารางที่ 10 ชนิดและจำนวนของโมดูลย่อยในโมดูลศูนย์กระจายสินค้า

โมดูล	ชนิด โมดูลย่อย	จำนวน
 ศูนย์กระจายสินค้า	<b><u>Basic Process</u></b>	
	- Create	1
	- Dispose	1
	- Decide	14
	- Seperate	2
	- Assign	48
	- Record	4
	<b><u>Advance Process</u></b>	
	- Hold	1
	<b><u>Advance Transfer</u></b>	
	- Route	3
	- Station	2
	<b><u>Block</u></b>	
	- Delay	6

รวม โมดูลทั้งหมดที่ใช้สร้างเป็น โมดูลศูนย์กระจายสินค้าเท่ากับ 82 โมดูล

โมดูลศูนย์กระจายสินค้าที่มีสินค้าหลายประเภท ทำหน้าที่ รับสินค้าประเภทต่างๆ มาเพื่อจัดส่งให้กับลูกค้าที่ต้องการ โดยผลิตภัณฑ์ที่มีอาจจะส่งกับลูกค้าหลายราย หรือเพียงรายเดียวก็ได้

ตารางที่ 11 ชนิดและจำนวนของโมดูลย่อยในโมดูลศูนย์กระจายสินค้าที่มีสินค้าหลายชนิด

โมดูล	ชนิดโมดูลย่อย	จำนวน
 <p>ศูนย์กระจายสินค้าที่มีสินค้าหลายชนิด</p>	<b><u>Basic Process</u></b>	
	- Create	1
	- Dispose	2
	- Decide	16
	- Seperate	2
	- Assign	54
	- Record	4
	<b><u>Advance Process</u></b>	
	- Hold	1
	<b><u>Advance Transfer</u></b>	
	- Route	7
	- Station	2
	<b><u>Block</u></b>	
	- Assign	5
	- Delay	5

รวม โมดูลทั้งหมดที่ใช้สร้างเป็น โมดูลศูนย์กระจายสินค้าที่มีสินค้าหลายชนิดเท่ากับ 99 โมดูล

โมดูลผู้ค้าปลีก ทำหน้าที่ขายสินค้าให้กับลูกค้า และสร้างความต้องการให้กับระบบห่วงโซ่อุปทาน

ตารางที่ 12 ชนิดและจำนวนของโมดูลย่อยในโมดูลผู้ค้าปลีก

โมดูล	ชนิดโมดูลย่อย	จำนวน
 ผู้ค้าปลีก	<b><u>Basic Process</u></b>	
	- Create	4
	- Dispose	1
	- Decide	8
	- Seperate	1
	- Assign	31
	- Record	6
	<b><u>Advance Process</u></b>	
	- Delay	1
	- Hold	1
	<b><u>Advance Transfer</u></b>	
	- Route	1
	<b><u>Block</u></b>	
	- Delay	1

รวมโมดูลทั้งหมดที่ใช้สร้างเป็นโมดูลผู้ค้าปลีกเท่ากับ 55 โมดูล

โมดูลผู้ค้าปลีก ทำหน้าที่ขายสินค้าให้กับลูกค้าโดยมีสินค้าขายหลายประเภท โดยที่สินค้าแต่ละประเภทมีความต้องการเป็นอิสระต่อกัน

ตารางที่ 13 ชนิดและจำนวนของโมดูลย่อยในโมดูลผู้ค้าปลีกที่ขายสินค้าหลายชนิด

โมดูล	ชนิดโมดูลย่อย	จำนวน
 ผู้ค้าปลีกที่ขายสินค้าหลายชนิด	<b><u>Basic Process</u></b>	
	- Create	12
	- Dispose	3
	- Decide	11
	- Seperate	6
	- Assign	46
	- Record	6
	<b><u>Advance Process</u></b>	
	- Delay	1
	- Hold	1
	<b><u>Advance Transfer</u></b>	
	- Route	5
	<b><u>Block</u></b>	
	- Assign	5

รวมโมดูลทั้งหมดที่ใช้สร้างเป็นโมดูลผู้ค้าปลีกที่ขายสินค้าหลายชนิดเท่ากับ 96 โมดูล

โมดูลการขนส่ง ทำหน้าที่ขนส่งสินค้าไปให้กับลูกค้า ซึ่งผู้ใช้สามารถกำหนดจำนวน  
ทรัพยากร เวลาการขนส่งได้

ตารางที่ 14 ชนิดและจำนวนของโมดูลย่อยในโมดูลการขนส่ง

โมดูล	ชนิดโมดูลย่อย	จำนวน
 การขนส่ง	<b><u>Basic Process</u></b>	
	- Create	1
	- Dispose	1
	- Decide	3
	- Seperate	1
	- Assign	8
	- Record	3
	<b><u>Advance Process</u></b>	
	- Seize	1
	- Delay	4
	- Release	1
	<b><u>Block</u></b>	
	- Assign	5
	- Delay	5

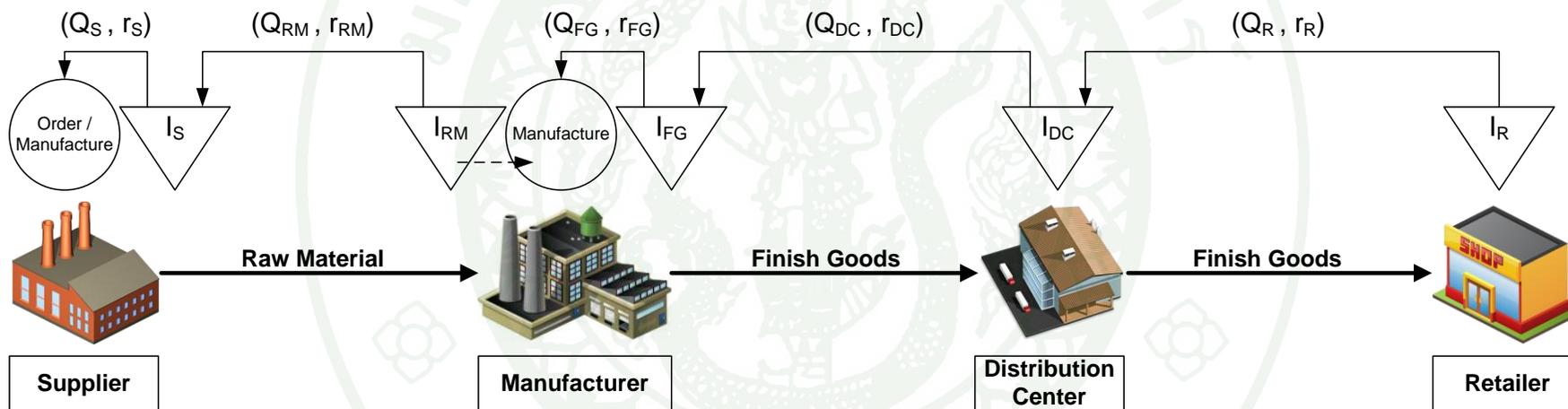
รวมโมดูลทั้งหมดที่ใช้สร้างเป็นโมดูลการขนส่งที่ขายสินค้าหลายชนิดเท่ากับ 33 โมดูล

## ระบบการควบคุมสินค้าคงคลังในเทมเพลตสินค้าคงคลัง

เทมเพลตห่วงโซ่อุปทานควบคุมสินค้าคงคลังโดยใช้นโยบาย  $(r, Q)$  หรือ นโยบายการตรวจนับอย่างต่อเนื่อง (Continuous Review Policy) ดังแสดงในภาพที่ 23 เมื่อระดับสินค้าในร้านของผู้ค้าปลีกลดลง จนถึงจุดสั่งซื้อใหม่  $r_r$  จะมีการสั่งซื้อสินค้าเป็นจำนวน  $Q_r$  ไปยังศูนย์กระจายสินค้า เช่นเดียวกัน เมื่อสินค้าที่ศูนย์กระจายสินค้ามีอยู่ลดลงจนถึงระดับ  $r_{DC}$  จะมีการสั่งซื้อสินค้าเป็นจำนวน  $Q_{DC}$  ไปยังผู้ผลิต สำหรับผู้ผลิตจะแบ่งสินค้าคงคลังออกเป็นสองส่วนด้วยกัน คือ ส่วนที่ผ่านกระบวนการผลิตแล้วเป็นสินค้าสำเร็จรูป (Finish Goods) และส่วนเป็นวัตถุดิบ (Raw Material) ซึ่งสินค้าสำเร็จรูปอาจจะประกอบด้วยวัตถุดิบหลายชนิด การควบคุมสินค้าคงคลังของผู้ผลิตเป็นดังนี้ เมื่อสินค้าสำเร็จรูปในคลังสินค้าลดลงต่ำกว่าหรือเท่ากับระดับ  $r_{FG}$  จะมีการสั่งซื้อสินค้าเพิ่มเท่ากับจำนวน  $Q_{FG}$  โดยจะเบิกวัตถุดิบที่เก็บเอาไว้ในคลังสินค้าไปใช้ในการผลิตตามจำนวนที่ระบุไว้ในบัญชีรายการวัสดุ (BOM) ถ้าวัตถุดิบในคลังสินค้าลดลงต่ำกว่าหรือเท่ากับระดับ  $r_{RM}$  จะสั่งซื้อวัตถุดิบใหม่จากผู้จัดหาวัตถุดิบเป็นจำนวนเท่ากับ  $Q_{RM}$  ผู้จัดหาวัตถุดิบเมื่อสินค้าคงคลังลดลงต่ำกว่าหรือเท่ากับ  $r_s$  จะทำการสั่งซื้อหรือสั่งผลิตสินค้าเพิ่มเพื่อเติมสินค้าคงคลังเท่ากับปริมาณ  $Q_s$  สำหรับในกรณีที่แต่ละโมดูลมีสินค้าไม่พอที่จะส่งให้กับลูกค้าในขณะนั้น จะทำการจัดส่งย้อนหลัง (Back Order) ให้กับลูกค้า

### ข้อจำกัดของเทมเพลตห่วงโซ่อุปทาน

- หน่วยที่ใช้ในการประมวลผลจะต้องใช้หน่วยปี (365 วัน)
  - ในการใช้เทมเพลตให้คำนวณหาปริมาณการสั่งผลิตที่กำลังการผลิตของผู้ผลิต (Manufacturer) หรือ ผู้จัดหาวัตถุดิบ (Supplier) จะต้องมากกว่าอัตราความต้องการของลูกค้าเสมอ
  - แบบจำลองห่วงโซ่อุปทานจะต้องเริ่มต้นที่ผู้จัดหาวัตถุดิบและปิดท้ายด้วยผู้ค้าปลีกเสมอ
  - เทมเพลตจะเริ่มทำงานเมื่อมีความต้องการของลูกค้าหรือเอนทิตีที่วิ่งเข้าสู่โมดูลเท่านั้น
  - ความต้องการของสินค้าของลูกค้าที่เกิดขึ้นที่โมดูลผู้ค้าปลีก หรือผู้ค้าปลีกที่ขายสินค้า
- หลายประเภทเป็นอิสระต่อกัน



ภาพที่ 23 รูปแบบการควบคุมสินค้าคงคลังของเทมเพลตห่วงโซ่อุปทาน

## การตรวจสอบความถูกต้องของเทมเพลตโดยการนำเทมเพลตมาสร้างแบบจำลองโซ่อุปทานและเปรียบเทียบผลจากแบบจำลองกับผลจากการคำนวณโดยใช้ทฤษฎี

การตรวจสอบความถูกต้องจะนำผลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์โดยใช้เทมเพลตห่วงโซ่อุปทานมาเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่คำนวณได้ตามหลักทฤษฎี โดยจะใช้เปรียบเทียบผลตามหัวข้อดังต่อไปนี้

- ปริมาณการสั่งซื้อ หรือ การส่งผลิต
- ปริมาณสินค้าคงคลังเฉลี่ยต่อปี
- จำนวนครั้งการสั่งซื้อต่อปี
- อัตราการหมุนเวียนของสินค้าคงคลังเฉลี่ยต่อปี
- ค่าใช้จ่ายด้านสินค้าคงคลังเฉลี่ยต่อปี
- ค่าใช้จ่ายด้านการขนส่ง
- เวลาที่ใช้ในการขนส่ง

ข้อกำหนดในการตรวจสอบความถูกต้อง ในการจำลองสถานการณ์เปรียบเทียบกับผลทางทฤษฎีจะต้องมีข้อจำกัดเพื่อให้เป็นตามข้อกำหนดของทฤษฎีดังนี้

1. มีอัตราความต้องการคงที่และต่อเนื่อง
2. สินค้าถูกส่งมาพร้อมกันที่เวลาเดียวกัน
3. ต้องไม่เกิดภาวะการส่งสินค้าย้อนหลังหรือขาดสินค้า
4. ค่าใช้จ่ายต่างๆ คงที่

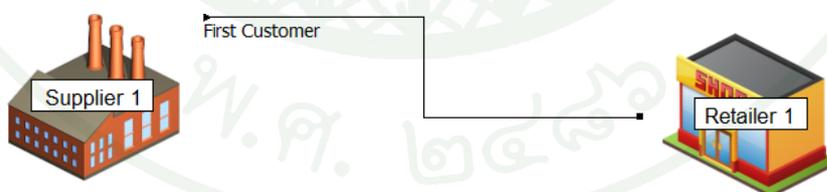
### 1. ตรวจสอบความถูกต้องของโมเดลผู้จัดหาวัตถุดิบและผู้ค้าปลีก

กำหนดเวลาระหว่างที่ลูกค้าจะเข้ามาแต่ละครั้งห่างกันเท่ากับ 0.03042 วัน และลูกค้าจะซื้อสินค้าเพียงครั้งละ 1 หน่วย ซึ่งโมเดลผู้จัดหาวัตถุดิบและผู้ค้าปลีกมีข้อมูลนำเข้าดังตารางที่ 15 และกำหนดกลยุทธ์การวางตำแหน่งผลิตภัณฑ์แบบ Make-to-Stock ทั้งสองโมเดล

ตารางที่ 15 ข้อมูลนำเข้าในการตรวจสอบความถูกต้องของโมเดลผู้จัดหาวัตถุดิบและผู้ค้าปลีก

โมเดล	อัตราความต้องการ (หน่วย/ปี)	ค่าใช้จ่ายใน การสั่ง (บาท)	ค่าใช้จ่ายในการเก็บ รักษา (บาท)	อัตราการผลิต (หน่วย/ปี)
Supplier	12,000	30	0.5	16,000
Retailer	12,000	30	2	-

ในการตรวจสอบความถูกต้องจะกำหนดให้เวลาในการประมวลผลมีหน่วยเป็นปี ซึ่งในกรณีนี้ใช้เวลาประมวลระยะยาวคือ 3650 วัน หรือ 10 ปี กำหนดให้ค่าของปริมาณการสั่งซื้อหรือการผลิต, ค่าสินค้าคงคลังเฉลี่ยต่อปี, จำนวนครั้งที่สั่ง, อัตราการหมุนเวียนของสินค้าและค่าใช้จ่ายด้านสินค้าคงคลังเฉลี่ยต่อปี ที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎีมาเป็นเกณฑ์เพื่อเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้จากการสร้างแบบจำลองสถานการณ์โดยใช้เทมเพลตห่วงโซ่อุปทาน



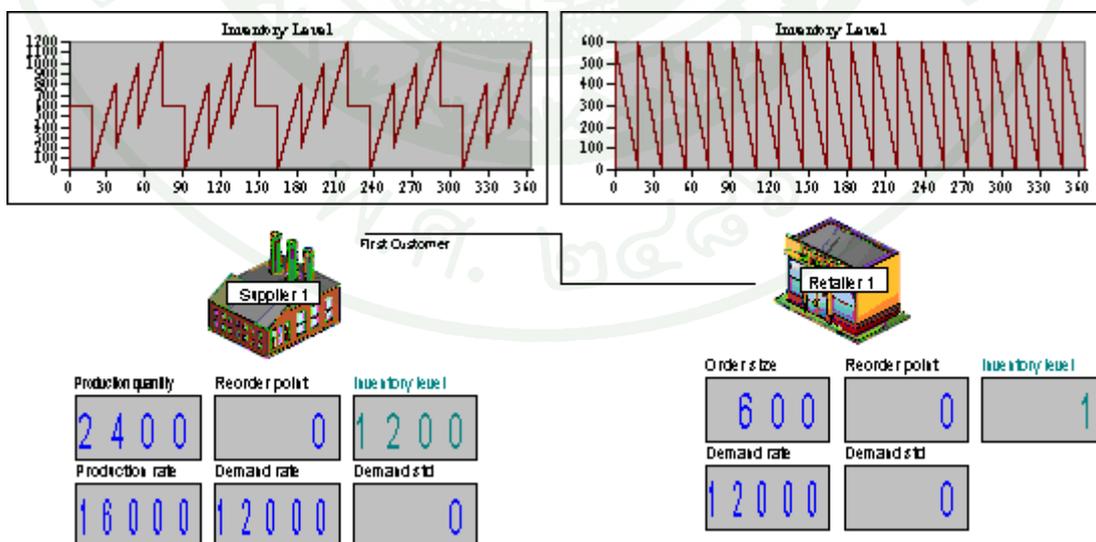
ภาพที่ 24 แบบจำลองสถานการณ์ที่ประกอบด้วยโมเดลผู้จัดหาวัตถุดิบและผู้ค้าปลีก

ตารางที่ 16 ปริมาณการสั่งซื้อ / การสั่งผลิตที่ทมเพลทคำนวณได้เปรียบเทียบกับที่คำนวณทางทฤษฎีในการตรวจสอบความถูกต้องของโมเดลผู้จัดหาวัตถุดิบและผู้ค้าปลีก

โมเดล	ปริมาณการสั่งซื้อ / การสั่งผลิต(หน่วย)	
	ทฤษฎี	เทมเพลท
Supplier	2,400	2,400
Retailer	600	600

จากตารางที่ 16 ปริมาณการสั่งผลิตของผู้จัดหาวัตถุดิบ คำนวณจากสมการที่ (11) และ ปริมาณการสั่งซื้อของผู้ค้าปลีกคำนวณจากสมการที่ (3)

การกำหนดกลยุทธ์การวางตำแหน่งผลิตภัณฑ์แบบ Make-to-Stock จะทำให้เกิดการสั่งซื้อเป็นเป็นรอบๆ โดยแต่ละรอบมีปริมาณการสั่งที่เท่ากัน และมีการผลิตสินค้าเพิ่มตามจำนวนการสั่งผลิตที่กำหนด ที่โมเดลผู้จัดหาวัตถุดิบซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานของทฤษฎีของ Lu (1995) แต่โมเดลผู้ค้าปลีกจะเกิดการความต้องการที่คงที่และต่อเนื่อง ทำให้สินค้าคงคลังลดลงอย่างต่อเนื่องเป็นไปตามสมมติฐานของทฤษฎีของ Tersine (1994) ซึ่งผลที่ได้จากการคำนวณและการประมวลผลโดยแบบจำลองเป็นไปตามตารางที่ 17



ภาพที่ 25 ผลการตรวจสอบความถูกต้องของโมเดลผู้จัดหาวัตถุดิบและผู้ค้าปลีก

จากกราฟของสินค้าคงคลังของโมดูลผู้จัดหาวัตถุดิบและผู้ค้าปลีกซึ่งเพิ่มพูนมากขึ้น ขณะที่ทำการประมวลผล (แสดงในภาพที่ 25) แสดงให้เห็นว่าพฤติกรรมของสินค้าคงคลัง สอดคล้องกับทฤษฎีที่กล่าวมาข้างต้น

ตารางที่ 17 ผลการคำนวณทางทฤษฎีในการตรวจสอบความถูกต้องของโมดูลผู้จัดหาวัตถุดิบและผู้ค้าปลีก

โมดูล	สินค้าคงคลังเฉลี่ย (หน่วย)	จำนวนครั้งที่สั่ง (ครั้ง)	อัตราการหมุนเวียน สินค้าคงคลัง (วัน)	ค่าใช้จ่ายด้านสินค้า คงคลังต่อปี (บาท)
Supplier	600	5	20	450
Retailer	300	20	40	1,200

จากตารางที่ 17 สินค้าคงคลังเฉลี่ยของผู้จัดหาวัตถุดิบคำนวณจากสมการที่ (21) สินค้าคงคลังเฉลี่ยผู้ค้าปลีกคำนวณจากสมการ Q/2 จำนวนครั้งในการสั่งซื้อคำนวณจากสมการที่ (4) และอัตราการหมุนเวียนของสินค้าคงคลังคำนวณจากสมการ (23)

ตารางที่ 18 ผลจากการจำลองสถานการณ์ในการตรวจสอบความถูกต้องของโมดูลผู้จัดหาวัตถุดิบและผู้ค้าปลีก

โมดูล	สินค้าคงคลังเฉลี่ย (หน่วย)	จำนวนครั้งที่สั่ง (ครั้ง)	อัตราการหมุนเวียน สินค้าคงคลัง (วัน)	ค่าใช้จ่ายด้านสินค้า คงคลังต่อปี (บาท)
Supplier	599.62	5	20.01	449.81
Retailer	300.50	20	39.93	1201.00

เปรียบเทียบค่าทางทฤษฎีที่คำนวณได้ในตารางที่ 17 และผลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ด้วยเทมเพลตในตารางที่ 18 มีค่าใกล้เคียงกันมาก ซึ่งสามารถกล่าวได้ว่าตรรกะในโมดูลผู้จัดหาวัตถุดิบและผู้ค้าปลีกมีความถูกต้อง

## 2. ตรวจสอบความถูกต้องของโมเดลผู้ผลิตและโมเดลศูนย์กระจายสินค้า

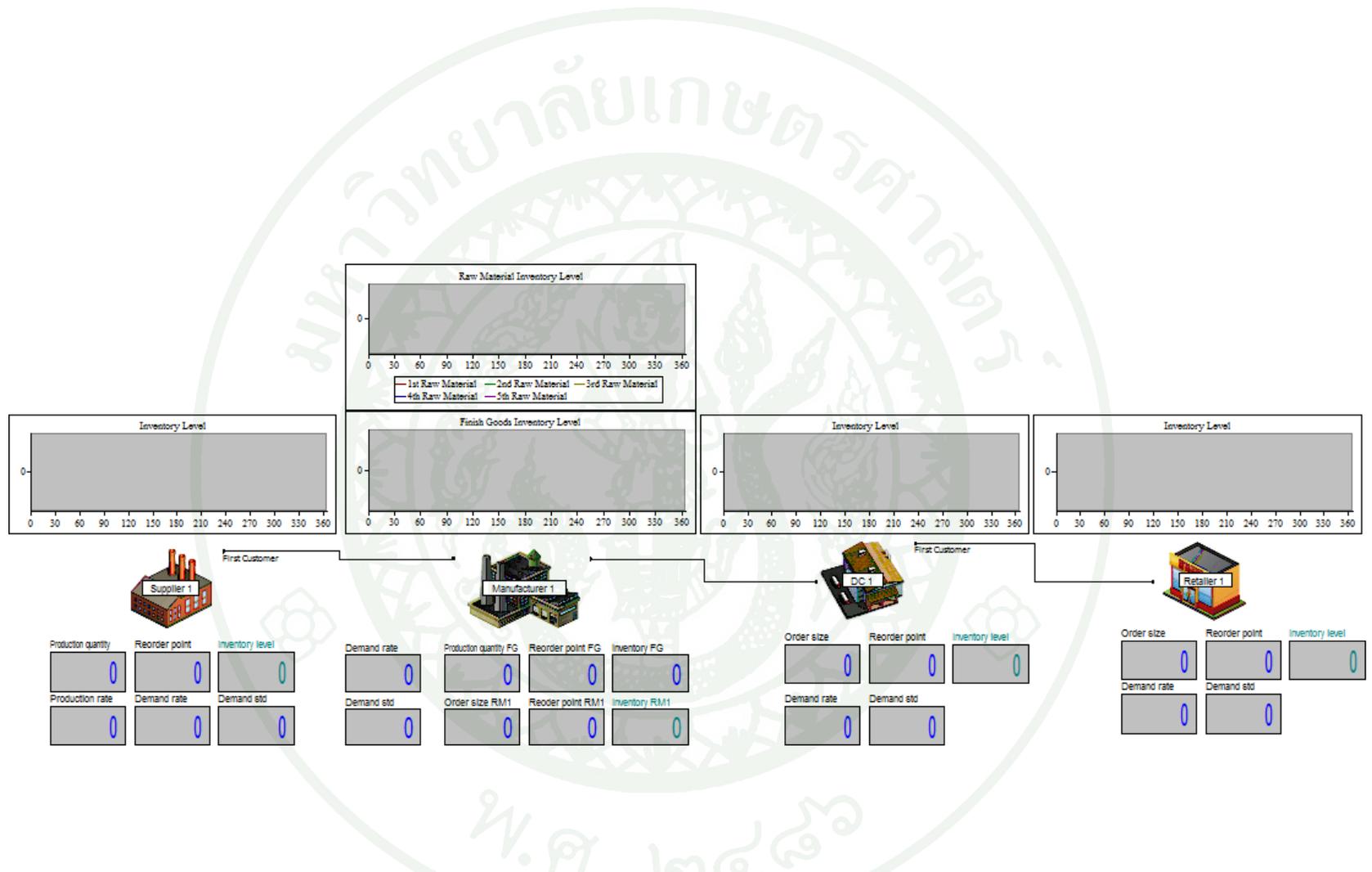
ตรวจสอบโดยเพิ่มผู้ผลิตและโมเดลศูนย์กระจายสินค้าเข้าไปในแบบจำลอง จากนั้นส่งความต้องการมาให้กับศูนย์กระจายสินค้าโดยตรง โดยเลือกกลยุทธ์การวางตำแหน่งผลิตภัณฑ์ของผู้ค้าปลีกเป็นแบบ Make-to-Order จากนั้นกำหนดข้อมูลนำเข้าของแต่ละโมเดลแสดงในตารางที่ 19

ตารางที่ 19 ข้อมูลนำเข้าในการตรวจสอบความถูกต้องของโมเดลผู้ผลิตและโมเดลศูนย์กระจายสินค้า

โมเดล	อัตราความต้องการ (หน่วย/ปี)	ค่าใช้จ่ายในการ การสั่ง (บาท)	ค่าใช้จ่ายในการเก็บ รักษา (บาท)	อัตราการผลิต (หน่วย/ปี)
Supplier	8000	40	0.5	16000
MFG (RM)	8000	20	0.5	-
MFG (FG)	8000	20	1	16000
DC	8000	10	1	-

ตารางที่ 20 ปริมาณการสั่งซื้อ / การสั่งผลิตที่เทมเพลตคำนวณได้เปรียบเทียบกับที่คำนวณทางทฤษฎีของโมเดลผู้ผลิตและโมเดลศูนย์กระจายสินค้า

โมเดล	ปริมาณการสั่งซื้อ / การสั่งผลิต(หน่วย)	
	ทฤษฎี	เทมเพลต
Supplier	1600	1600
MFG (RM)	800	800
MFG (FG)	800	800
DC	400	400



ภาพที่ 26 แบบจำลองตรวจสอบความถูกต้องของโมเดลผู้ผลิตและโมเดลศูนย์กระจายสินค้า

**ตารางที่ 21** ผลการคำนวณทางทฤษฎีในการตรวจสอบความถูกต้องของโมดูลผู้ผลิตและโมดูลศูนย์กระจายสินค้า

โมดูล	สินค้าคงคลังเฉลี่ย (หน่วย)	จำนวนครั้งที่สั่ง (ครั้ง)	อัตราการหมุนเวียน สินค้าคงคลัง (วัน)	ค่าใช้จ่ายด้านสินค้า คงคลังต่อปี (บาท)
Supplier	800	5	10	600
MFG (RM)	400	10	-	400
MFG (FG)	400	10	20	600
DC	200	20	40	400

**ตารางที่ 22** ผลจากการจำลองสถานการณ์ในการตรวจสอบความถูกต้องของโมดูลผู้ผลิตและโมดูลศูนย์กระจายสินค้า

โมดูล	สินค้าคงคลังเฉลี่ย (หน่วย)	จำนวนครั้งที่สั่ง (ครั้ง)	อัตราการหมุนเวียน สินค้าคงคลัง (วัน)	ค่าใช้จ่ายด้านสินค้า คงคลังต่อปี (บาท)
Supplier	799.75	5.0	10.0	599.88
MFG (RM)	600.25	10.0	-	500.13
MFG (FG)	399.75	10.0	20.0	599.75
DC	200.50	19.9	39.9	399.5

จะเห็นได้ว่าผลจากการจำลองสถานการณ์โดยใช้เทมเพลตห่วงโซ่อุปทานมีความใกล้เคียงกับผลที่ได้กับการคำนวณทางทฤษฎีมาก ยกเว้นสินค้าคงคลังเฉลี่ยของวัตถุดิบของโมดูลผู้ผลิตเนื่องจาก เมื่อสั่งซื้อวัตถุดิบในการผลิตมาแล้ว วัตถุดิบจะยังไม่ได้ถูกใช้จนกว่าสินค้าสำเร็จรูปในคลังจะลดจนถึงจุดสั่งผลิตใหม่ จึงทำให้มีสินค้าคงคลังเฉลี่ยของวัตถุดิบมากกว่าการคำนวณทางทฤษฎี

3. ตรวจสอบความถูกต้องของโมเดลศูนย์กระจายสินค้าที่มีสินค้าหลายประเภท, โมเดลผู้ค้าปลีกที่ขายสินค้าหลายประเภทและโมเดลการขนส่ง

กำหนดให้มีผู้จัดหาวัตถุดิบ 3 ราย ได้แก่ Supplier A, Supplier B และ Supplier C ซึ่งขายผลิตภัณฑ์ A, B และ C ตามลำดับ ต้องส่งสินค้าให้กับศูนย์กระจายสินค้าโดยศูนย์กระจายสินค้าจะจ้างบริษัทขนส่งบริษัทหนึ่งซึ่งรองรับส่งสินค้า 3 คัน เพื่อขนส่งสินค้าประจำทั้ง 3 ชนิด ไปให้กับผู้ค้าปลีกอีกต่อหนึ่ง สมมติให้ผู้จัดหาวัตถุดิบมีสินค้าจำนวนไม่จำกัด ข้อมูลนำเข้าของโมเดลผู้ค้าปลีก, ศูนย์กระจายสินค้าที่มีสินค้าหลายชนิด และโมเดลการขนส่งดังตารางที่ 23, ตารางที่ 24 และตารางที่ 25 ตามลำดับ

ตารางที่ 23 ข้อมูลนำเข้าค่าใช้จ่ายในการจัดการสินค้าแต่ละชนิดของผู้ค้าปลีกขายสินค้าหลายชนิด

ผลิตภัณฑ์	อัตราความต้องการ (หน่วย/ปี)	ค่าใช้จ่ายในการตั้ง (บาท)	ค่าใช้จ่ายในการเก็บ รักษา (บาท)
A	8,000	30	3
B	8,000	5	2
C	12,000	12	5

ตารางที่ 24 ข้อมูลนำเข้าค่าใช้จ่ายในการจัดการสินค้าแต่ละชนิดของศูนย์กระจายสินค้าที่มีสินค้าหลายชนิด

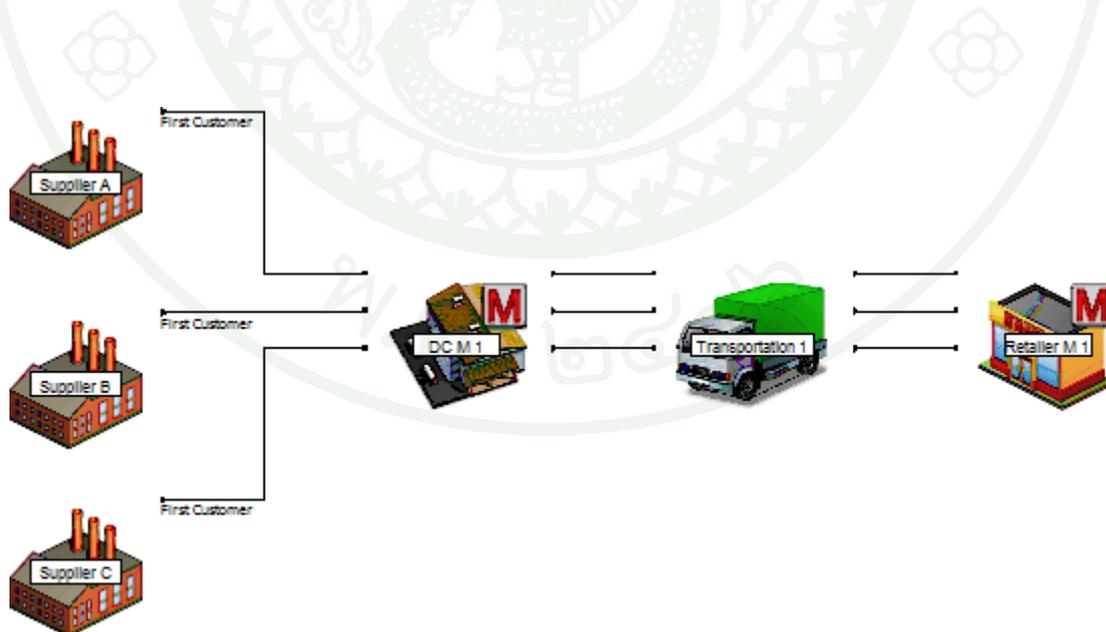
ผลิตภัณฑ์	อัตราความต้องการ (หน่วย/ปี)	ค่าใช้จ่ายในการตั้ง (บาท)	ค่าใช้จ่ายในการเก็บ รักษา (บาท)
A	8,000	20	2
B	8,000	10	4
C	12,000	6	2.5

ตารางที่ 25 ข้อมูลนำเข้าค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าแต่ละชนิด

ผลิตภัณฑ์	เวลาในการขนส่ง	ค่าใช้จ่ายต่อครั้งการ	ค่าใช้จ่ายต่อหน่วย
	(วัน)	ขนย้าย (บาท)	(บาท)
A	3	210	0.5
B	2	125	1
C	1	85	0.5

ตารางที่ 26 ผลจากการคำนวณปริมาณการสั่งซื้อและจำนวนครั้งที่สั่งทางทฤษฎีของผู้ค้าปลีกที่มีสินค้าหลายชนิดและศูนย์กระจายสินค้าที่มีสินค้าหลายชนิด

ผลิตภัณฑ์	ปริมาณการสั่งซื้อ (หน่วย)	
	ทฤษฎี	เทมเพลต
A	400	400
B	200	200
C	240	240



ภาพที่ 27 ตรวจสอบความถูกต้องของโมเดลการขนส่ง

ตารางที่ 27 ผลการคำนวณทางทฤษฎีในการตรวจสอบความถูกต้องของโมเดลผู้ค้าปลีกที่ขายสินค้าหลายชนิด

โมเดล	สินค้าคงคลังเฉลี่ย (หน่วย)	จำนวนครั้งที่สั่ง (ครั้ง)	อัตราการหมุนเวียน สินค้าคงคลัง (วัน)	ค่าใช้จ่ายด้านสินค้า คงคลังต่อปี (บาท)
A	200	20	40	1,200
B	100	40	80	400
C	120	50	100	1,200

ตารางที่ 28 ผลจากการจำลองสถานการณ์ในการตรวจสอบความถูกต้องของโมเดลผู้ค้าปลีกที่ขายสินค้าหลายชนิด

โมเดล	สินค้าคงคลังเฉลี่ย (หน่วย)	จำนวนครั้งที่สั่ง (ครั้ง)	อัตราการหมุนเวียน สินค้าคงคลัง (วัน)	ค่าใช้จ่ายด้านสินค้า คงคลังต่อปี (บาท)
A	200.75	20	39.85	
B	100.66	40	79.47	2,806.68
C	120.62	50	99.48	

จากตารางที่ 27 และตารางที่ 28 เปรียบเทียบผลที่ได้จากทฤษฎีกับผลที่ได้จากเทมเพลต มีความใกล้เคียงกันอย่างมาก จึงสามารถสรุปได้ว่าโมเดลผู้ค้าปลีกที่ขายสินค้าหลายชนิดมีความถูกต้อง นอกจากนี้โมเดลผู้ค้าปลีกที่ขายสินค้าหลายชนิดยังสามารถบันทึกเวลานำส่งของโมเดลศูนย์กระจายสินค้าได้ด้วยโดยเวลานำส่งที่บันทึกได้แสดงในตารางที่ 29

ตารางที่ 29 ช่วงเวลานำส่งที่โมเดลผู้ค้าปลีกที่ขายสินค้าหลายชนิดบันทึกได้

ผลิตภัณฑ์	เวลานำส่ง (หน่วย)
A	3.00
B	2.00
C	1.00

ตารางที่ 30 ผลการคำนวณทางทฤษฎีในการตรวจสอบความถูกต้องของโมดูลศูนย์กระจายสินค้าที่ขายสินค้าหลายชนิด

โมดูล	สินค้าคงคลังเฉลี่ย (หน่วย)	จำนวนครั้งที่สั่ง (ครั้ง)	อัตราการหมุนเวียน สินค้าคงคลัง (วัน)	ค่าใช้จ่ายด้านสินค้า คงคลังต่อปี (บาท)
A	200	20	40	800
B	100	40	80	800
C	120	50	100	600

ตารางที่ 31 ผลจากการจำลองสถานการณ์ในการตรวจสอบความถูกต้องของโมดูลศูนย์กระจายสินค้าที่ขายสินค้าหลายชนิด

โมดูล	สินค้าคงคลังเฉลี่ย (หน่วย)	จำนวนครั้งที่สั่ง (ครั้ง)	อัตราการหมุนเวียน สินค้าคงคลัง (วัน)	ค่าใช้จ่ายด้านสินค้า คงคลังต่อปี (บาท)
A	400	20	20	
B	200	40	40	3,300
C	240	50	50	

จากตารางที่ 30 และตารางที่ 31 จะเห็นได้ว่าผลที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎีของสินค้าคงคลังเฉลี่ยแตกต่างจากผลที่ได้จากเทมเพลต เนื่องจากการคำนวณทางทฤษฎีมีสมมติฐานให้ความต้องการที่เข้ามาเป็นไปอย่างต่อเนื่องแต่ในความเป็นจริง ความต้องการที่เกิดขึ้นที่ศูนย์กระจายสินค้านั้นเป็นไปอย่างไม่ต่อเนื่อง โดยลูกค้าจะสั่งซื้อเป็นจำนวนมากในทีเดียวจากนั้นจะสั่งซื้ออีกครั้งเมื่อสินค้าลดลงจนถึงจุดสั่งซื้อ ซึ่งเหมือนกับที่เกิดขึ้นในกรณีตัวอย่างของโมดูลศูนย์กระจายสินค้าที่ขายสินค้าหลายชนิดในข้อ 3. นี้ ดังนั้นเมื่อสินค้าคงคลังที่ได้แตกต่างจากทฤษฎีจึงส่งผลให้ค่าอัตราการหมุนเวียนของสินค้าคงคลัง และค่าใช้จ่ายด้านสินค้าคงคลังแตกต่างจากค่าที่คำนวณได้ทางทฤษฎีด้วย

ตารางที่ 32 ผลที่ได้จากแบบจำลองเปรียบเทียบกับการคำนวณของโมดูลการขนส่ง

ค่าใช้จ่าย	ทฤษฎี (บาท)	เทมเพลท (บาท)
Cost per shipment / year	13,450	13,450
Cost per units / year	18,000	18,000

จากผลในตารางที่ 32 เห็นได้ว่าผลที่ได้ออกมาตรงกันกับค่าที่คำนวณได้ทางทฤษฎี และเวลาที่ใช้ในการขนส่ง ที่โมดูลผู้ค้าปลีกที่ขายสินค้าหลายชนิดบันทึกได้ดังตารางที่ 29 ก็ถูกต้องตามที่กำหนด จึงสามารถสรุปได้ว่าโมดูลการขนส่งมีความถูกต้อง

## การนำเทมเพลตห่วงโซ่อุปทานมาสร้างกรณีศึกษา

กรณีศึกษาที่ 1: KLF Electronics เป็นบริษัทอเมริกันเพื่อผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ มีโรงงานผลิตแห่งหนึ่งที่เมือง San Jose เมือง California

KLF Electronics กระจายสินค้าผ่านทางคลังสินค้าในภาคต่างๆ ทั้ง 5 แห่ง ในเมือง Atlanta, Boston, Chicago, Dallas และ Los Angeles ในระบบกระจายสินค้าปัจจุบัน บริษัทได้แบ่งตลาดในอเมริกาออกเป็น 5 ตลาดหลักๆ ในตลาดแต่ละแห่งจะได้รับสินค้าจากคลังสินค้าที่อยู่ในภูมิภาคตามที่ตั้งของตลาดของตน กล่าวคือลูกค้าแต่ละรายหรือแต่ละจุดขายจะได้รับสินค้าตรงจากคลังสินค้าภูมิภาค

คลังสินค้าแต่ละแห่งรับสินค้าจากโรงงานผู้ผลิต โดยทั่วไปแล้วใช้เวลาประมาณ 2 สัปดาห์ เพื่อให้เกิดความพึงพอใจในการสั่งซื้อสินค้าจากทุกๆ คลังสินค้าในปัจจุบัน KLF ได้กำหนดระดับการให้บริการลูกค้าที่ 90%

เมื่อไม่นานมานี้ KLF ได้ตระหนักถึงแนวโน้มการมีคู่แข่งเพิ่มขึ้นและแรงกดดันจากลูกค้าในการให้บริการเพิ่มระดับการบริการและลดต้นทุนลง เพื่อที่จะปรับปรุงระดับการให้บริการและลดต้นทุน KLF จึงได้พิจารณาทางเลือกสำหรับกลยุทธ์การกระจายสินค้าจาก 5 คลังสินค้าภูมิภาคให้เหลือเพียงคลังสินค้าเดียว และจะเป็นศูนย์กลางการกระจายสินค้าดูแลลูกค้าทั้งหมดที่มีอยู่ โดยเลือกจากหนึ่งในคลังสินค้าที่มีอยู่ ผู้บริหารของบริษัทยืนยันว่า KLF จะสามารถเพิ่มระดับการให้บริการขึ้นอีกเป็น 97.5%

ตารางที่ 33 แสดงข้อมูลในอดีตของสินค้า A เป็นรายสัปดาห์ รวมทั้งสิ้น 12 สัปดาห์ ในแต่ละตลาด คำสั่งซื้อ (ที่สั่งโดยคลังสินค้าไปยังโรงงาน) มีต้นทุน \$5,500 (ต่อการสั่งซื้อ 1 ครั้ง) และค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บเท่ากับ \$1.25 ต่อหน่วยวัน ในระบบการกระจายสินค้าปัจจุบัน ต้นทุนการขนส่งสินค้าจากโรงงานไปยังคลังสินค้าได้แสดงไว้ในตารางที่ 34 (คอลัมน์ “ขาเข้า”) ตารางที่ 34 จะแสดงข้อมูลเกี่ยวกับต้นทุนการขนส่งต่อหน่วย จากแต่ละคลังสินค้าไปยังร้านค้าที่อยู่ในแต่ละพื้นที่ (ดูคอลัมน์ “ขาออก”) และตารางที่ 35 แสดงข้อมูลค่าขนส่งต่อหน่วยผลิตภัณฑ์จากคลังสินค้าในภูมิภาคในปัจจุบันไปยังตลาดอื่นๆ ทั้งหมด โดยสมมติว่าคลังสินค้าภูมิภาคจะกลายเป็นคลังสินค้าแบบศูนย์กลาง ควรเลือกคลังสินค้าใดเป็นคลังสินค้าแบบศูนย์กลาง

ตารางที่ 33 ข้อมูลความต้องการสินค้าแต่ละสัปดาห์ในอดีตของสินค้า A

เมือง	สัปดาห์											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Atlanta	33	45	37	38	55	30	18	58	47	37	23	55
Boston	26	35	41	40	46	48	55	18	62	44	30	45
Chicago	44	34	22	55	48	72	62	28	27	95	35	45
Dallas	27	42	35	40	51	64	70	65	55	43	38	47
Los Angeles	32	43	54	40	46	74	40	35	45	38	48	56

ตารางที่ 34 ต้นทุนการขนส่งต่อหน่วยผลิตภัณฑ์

คลังสินค้า	ขาเข้า (Inbound)	ขาออก (Outbound)
Atlanta	12	13
Boston	11.5	13
Chicago	11	13
Dallas	9	13
Los Angeles	7	13

ตารางที่ 35 ต้นทุนการขนส่งต่อหน่วยในระบบรวมศูนย์กลาง

เมือง	คลังสินค้า				
	Atlanta	Boston	Chicago	Dallas	Los Angeles
Atlanta	13	14	14	15	17
Boston	14	13	8	15	17
Chicago	14	8	13	15	16
Dallas	15	15	15	13	8
Los Angeles	17	17	16	8	13

จากข้อมูลที่เราสามารถทราบความต้องการเฉลี่ยต่อสัปดาห์และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกค้าได้ ซึ่งสามารถนำมากำหนดข้อมูลนำเข้าของแบบจำลองได้ ดังตารางที่ 36

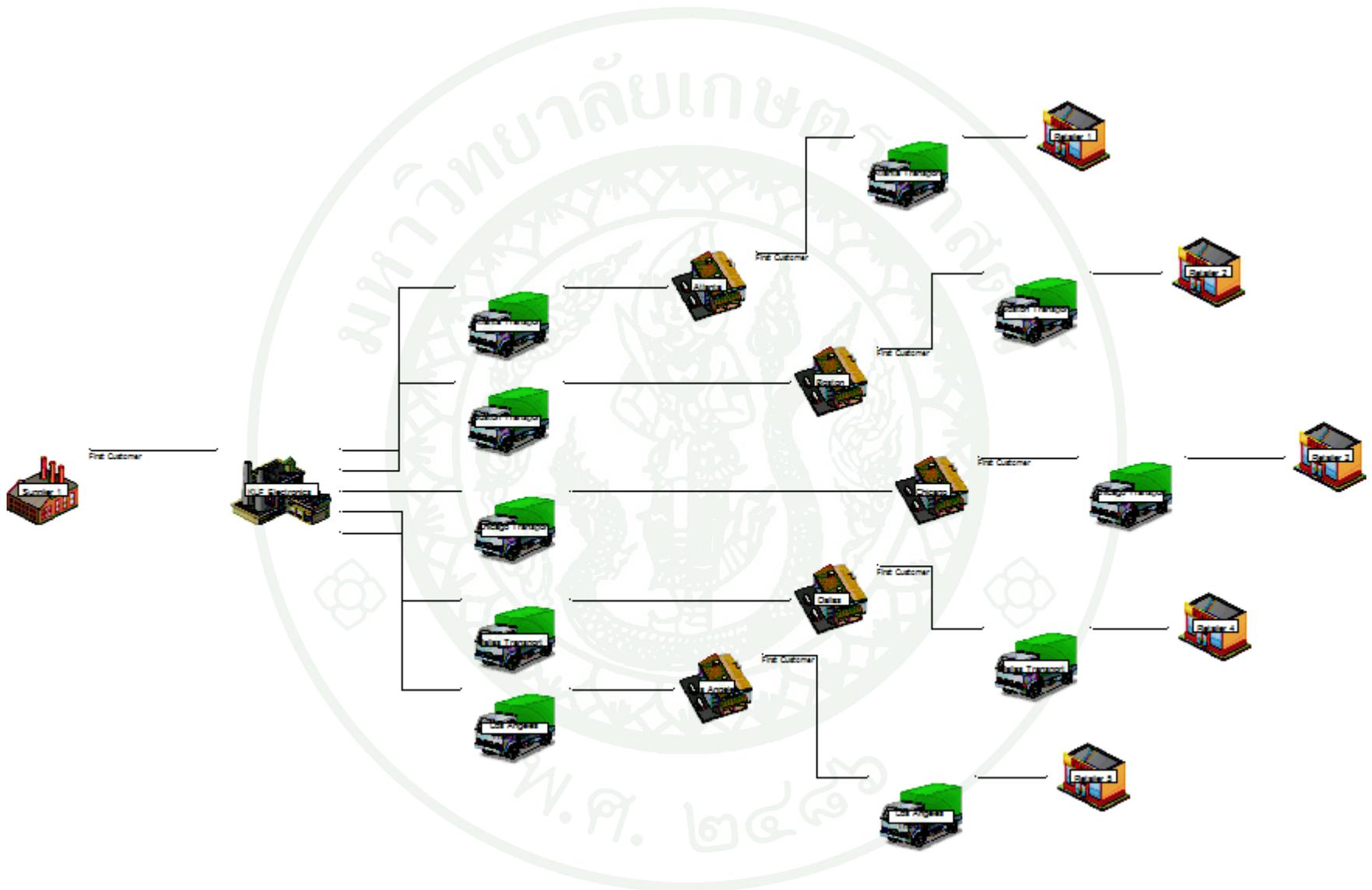
ตารางที่ 36 ข้อมูลนำเข้าของแบบจำลอง KLF Electronics

คลังสินค้า	ความต้องการสินค้าต่อสัปดาห์	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
Atlanta	39.67	12.76
Boston	40.83	12.24
Chicago	47.25	21.17
Dallas	48.08	13.22
Los Angeles	45.92	11.34

สร้างแบบจำลองสถานการณ์โดยใช้ห่วงโซ่อุปทาน ดังภาพที่ 28 โดยกำหนดช่วงเวลาในการประมวลผลเท่ากับ 3650 วัน และจำนวนทำซ้ำเท่ากับ 10 รอบ ซึ่งผลที่ได้แสดงในตารางที่ 37 และตารางที่ 38

ตารางที่ 37 สินค้าคงคลังเฉลี่ยและจำนวนการสั่งซื้อ (ก่อนปรับปรุง)

คลังสินค้า	สินค้าคงคลังเฉลี่ย	ปริมาณการสั่งซื้อ	จำนวนครั้งการ	อัตราการสั่งซื้อ
		ย้อนหลังเฉลี่ย	สั่งซื้อเฉลี่ยต่อปี	ย้อนหลัง
Atlanta	$2,204.68 \pm 26.02$	$1.92 \times 10^{-4} \pm 0.00$	$0.40 \pm 0.00$	$4.23 \times 10^{-3} \pm 0.00$
Boston	$2,210.61 \pm 13.85$	$1.53 \times 10^{-3} \pm 0.00$	$0.43 \pm 0.03$	$3.65 \times 10^{-3} \pm 0.00$
Chicago	$2,464.85 \pm 22.78$	$7.67 \times 10^{-4} \pm 0.00$	$0.50 \pm 0.00$	$4.87 \times 10^{-3} \pm 0.00$
Dallas	$2,462.90 \pm 9.33$	$1.13 \times 10^{-3} \pm 0.00$	$0.50 \pm 0.00$	$4.99 \times 10^{-3} \pm 0.00$
Los Angeles	$2,394.05 \pm 12.20$	$1.53 \times 10^{-3} \pm 0.00$	$0.50 \pm 0.00$	$4.61 \times 10^{-3} \pm 0.00$



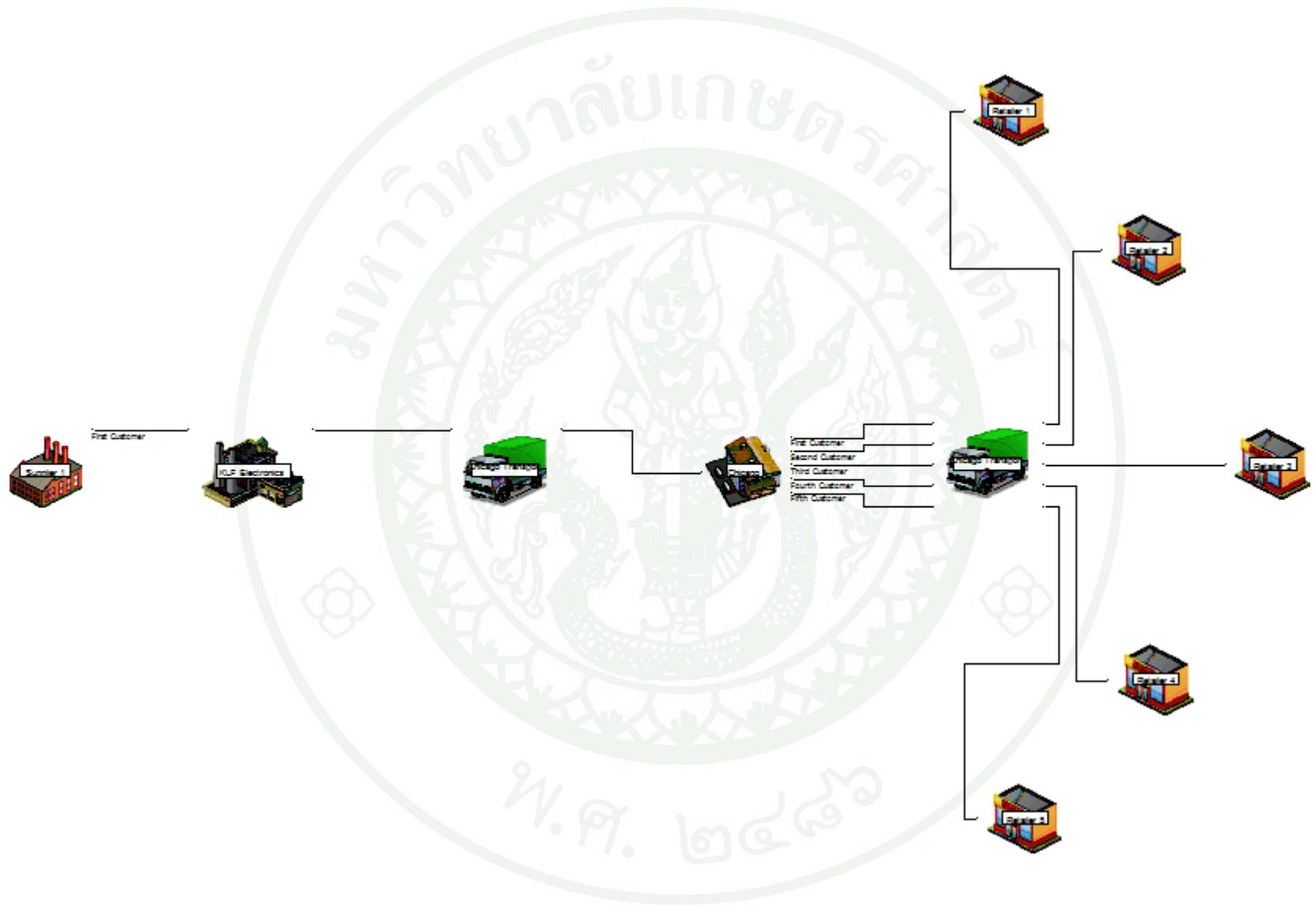
ภาพที่ 28 แบบจำลองสถานการณ์ระบบคลังสินค้าแบบภูมิภาคของบริษัท KLF Electronics

ตารางที่ 38 ค่าใช้จ่ายแต่ละคลังสินค้าส่วนภูมิภาคที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ (ก่อนปรับปรุง)

คลังสินค้า	ค่าใช้จ่ายด้านสินค้า คงคลังต่อปี (\$)	ค่าใช้จ่ายในการขนส่งต่อปี	
		ค่าใช้จ่ายขาเข้า (\$)	ค่าใช้จ่ายขาออก (\$)
Atlanta	4,955.85 ± 32.52	20,481.60 ± 0.00	26,973.44 ± 269.89
Boston	5,128.26 ± 185.09	20,909.07 ± 1501.47	27,858.22 ± 264.49
Chicago	5,831.06 ± 28.47	25,613.50 ± 0.00	32,186.57 ± 413.48
Dallas	5,828.62 ± 11.67	21,141 ± 0.00	32,587.75 ± 401.06
Los Angeles	5,742.56 ± 15.24	16,068.50 ± 0.00	31,013.71 ± 248.61

จากข้อมูลในตาราง 38 สามารถสรุปได้ดังนี้ ระบบคลังสินค้าส่วนภูมิภาค (ก่อนปรับปรุง) รัฐ Chicago มีค่าใช้จ่ายการขนส่งสินค้าจากโรงงานมาที่ศูนย์กระจายสินค้ามากที่สุด ส่วนการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าไปส่งให้กับลูกค้ามีสองเมืองที่มีค่าใช้จ่ายมากที่สุด คือ Chicago และ Dallas

จากนั้นทดลองสร้างแบบจำลองสถานการณ์ในกรณีที่เปลี่ยนจากคลังสินค้าแบบภูมิภาคเป็นคลังสินค้าแบบศูนย์กลาง ดังภาพที่ 29 โดยจะทดลองให้คลังสินค้าศูนย์กลางตั้งอยู่ในรัฐ Atlanta, Boston, Chicago, Dallas และ Los Angeles ตามลำดับเพื่อดูค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในแต่ละที่ตั้งของคลังสินค้าแบบศูนย์กลาง



ภาพที่ 29 แบบจำลองสถานการณ์ระบบคลังสินค้าแบบศูนย์กลางของบริษัท KLF Electronics

ตารางที่ 39 สิ้นค้าคงคลังเฉลี่ยและจำนวนการสั่งซื้อ เมื่อใช้คลังสินค้าศูนย์กลาง (หลังปรับปรุง)

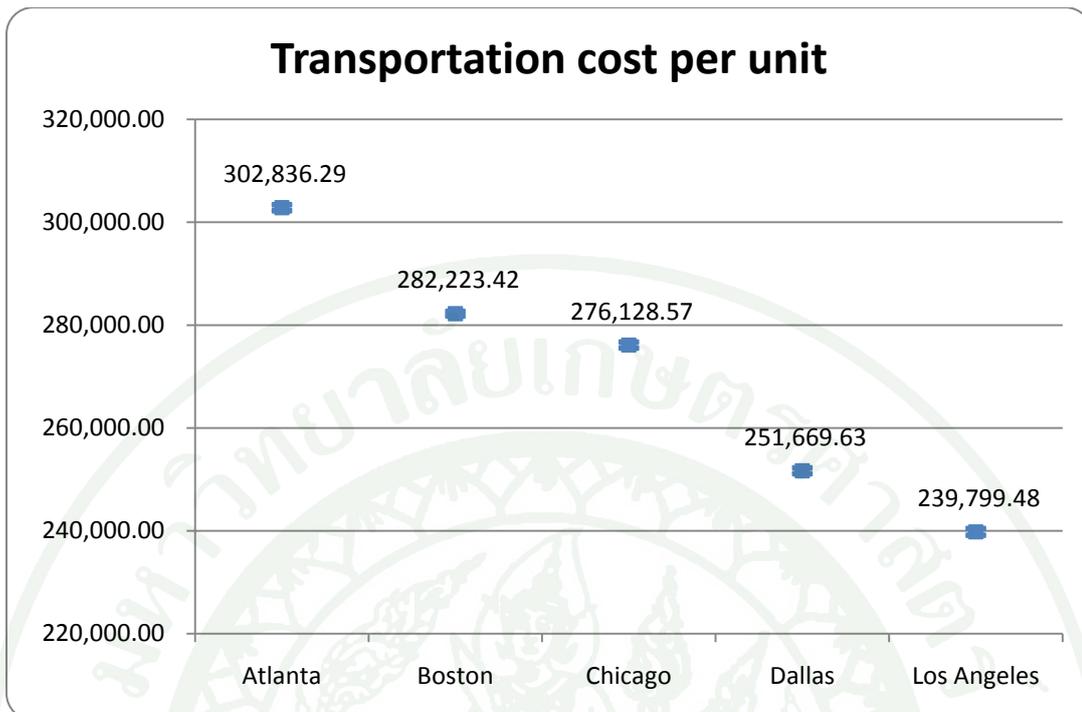
	สิ้นค้าคงคลังเฉลี่ย	ปริมาณการส่ง ย้อนหลังเฉลี่ย	จำนวนครั้งการ สั่งซื้อเฉลี่ยต่อปี	อัตราการส่ง ย้อนหลัง
Central DC	5,247.63 ± 17.82	0.00	1.10 ± 0.00	6.08 x 10 <sup>-3</sup> ± 0.00

สิ้นค้าคงคลังเฉลี่ย จำนวนการสั่งซื้อ และ อัตราการส่งสินค้าย้อนหลังของการตั้ง  
คลังสินค้าแบบศูนย์กลางในแต่ละเมืองจะมีค่าเท่ากันเนื่องจากมีอัตราความต้องการที่เท่ากัน

ตารางที่ 40 ค่าใช้จ่ายที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ เมื่อเลือกคลังสินค้าในแต่ละเมืองเป็น  
ศูนย์กลาง (หลังปรับปรุง)

คลังสินค้า	ค่าใช้จ่ายด้านสินค้า	ค่าใช้จ่ายในการขนส่งต่อปี	
	คงคลังต่อปี (\$)	ค่าใช้จ่ายขาเข้า (\$)	ค่าใช้จ่ายขาเข้า (\$)
Atlanta	12,609.54 ± 22.27	133,174.80 ± 0.00	169,661.49 ± 584.76
Boston	12,609.54 ± 22.27	127,625.85 ± 0.00	154,597.57 ± 452.73
Chicago	12,609.54 ± 22.27	122,076.90 ± 0.00	154,051.67 ± 580.68
Dallas	12,609.54 ± 22.27	99,881.10 ± 0.00	151,788.53 ± 580.98
Los Angeles	12,609.54 ± 22.27	77,685.30 ± 0.00	162,114.18 ± 649.27

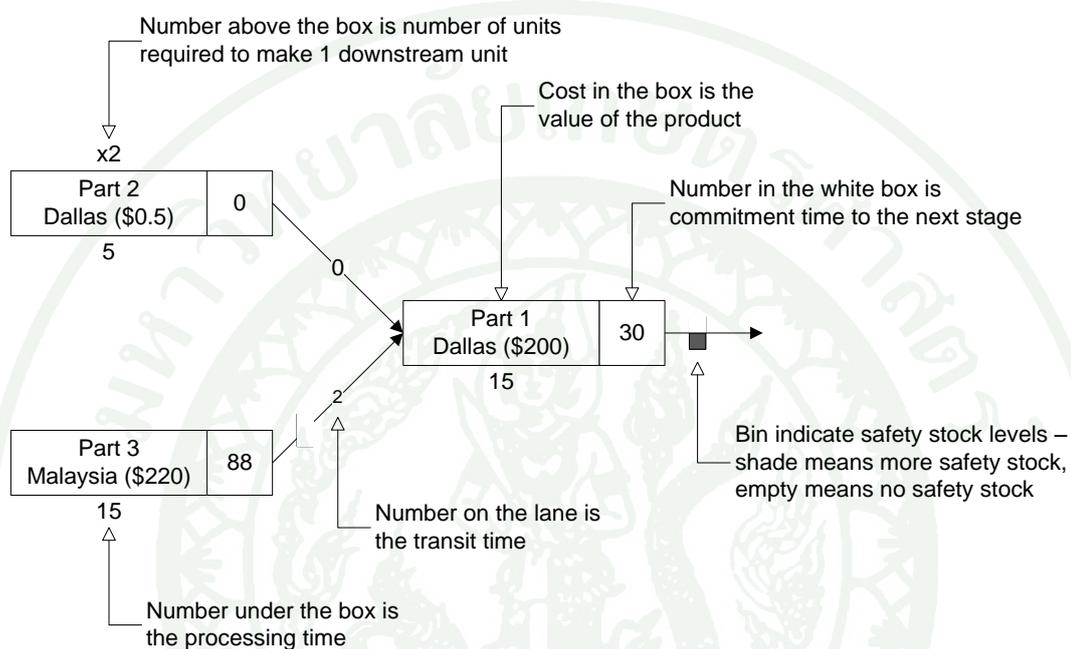
จากตารางที่ 40 เนื่องจากค่าใช้จ่ายด้านสินค้าคงคลังต่อปีของการตั้งศูนย์กระจายสินค้า  
ในแต่ละเมืองนั้นมีค่าเท่ากัน จึงจะพิจารณาเฉพาะค่าใช้จ่ายในการขนส่ง



ภาพที่ 30 เปรียบเทียบค่าขนส่งต่อหน่วยเฉลี่ยต่อปีที่เกิดขึ้นเมื่อตั้งศูนย์กลางกระจายสินค้าแต่ละเมือง

จากตารางที่ 40 และกราฟในภาพที่ 30 เห็นได้ว่าการตั้งศูนย์กลางการกระจายสินค้าแบบศูนย์กลางนั้นสามารถทำให้บริษัทลดค่าใช้จ่ายด้านสินค้าคงคลังที่เกิดขึ้นลงได้ ซึ่งผลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์สามารถวิเคราะห์ได้ว่า ควรตั้งคลังสินค้าแบบศูนย์กลางที่เมือง Los Angeles ซึ่งจะก่อให้เกิดค่าใช้จ่ายในการเก็บสินค้าคงคลังและค่าขนส่งต่อหน่วยที่ต่ำที่สุด จากช่วงความเชื่อมั่นที่ 95% อยู่ที่  $12,609.54 \pm 22.27$  และ  $239,799.48 \pm 649.27$  ดอลลาร์ ต่อปี ตามลำดับ

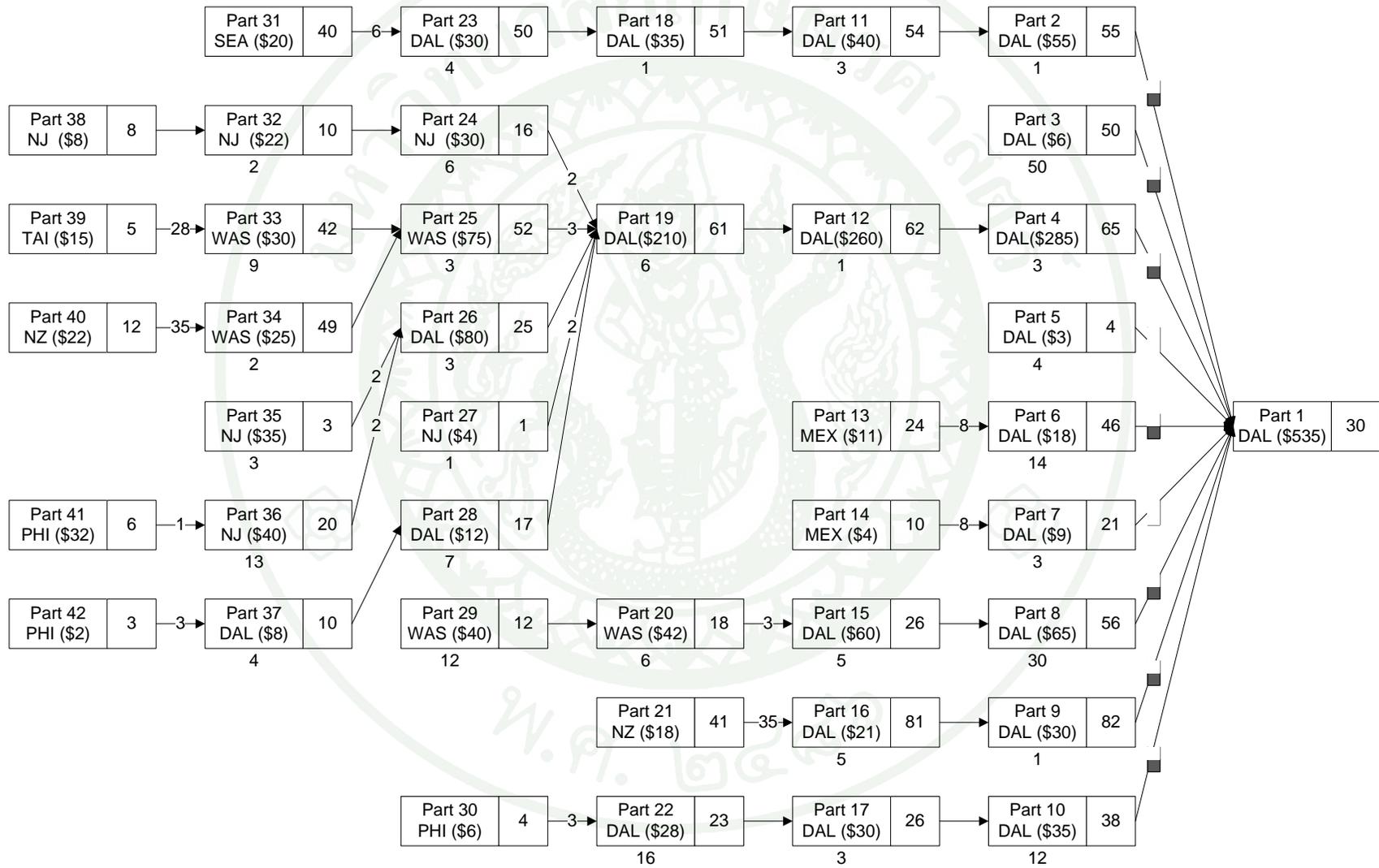
กรณีศึกษาที่ 2: บริษัท ElecComp ต้องการปรับปรุงห่วงโซ่อุปทานที่ซับซ้อนของบริษัทให้ดีขึ้น โดยต้องการลดค่าใช้จ่ายด้านสินค้าคงคลังลง ซึ่งระบบห่วงโซ่อุปทานของบริษัท ElecComp แสดงในภาพที่ 32 และการอ่านแผนภาพแสดงในภาพที่ 31



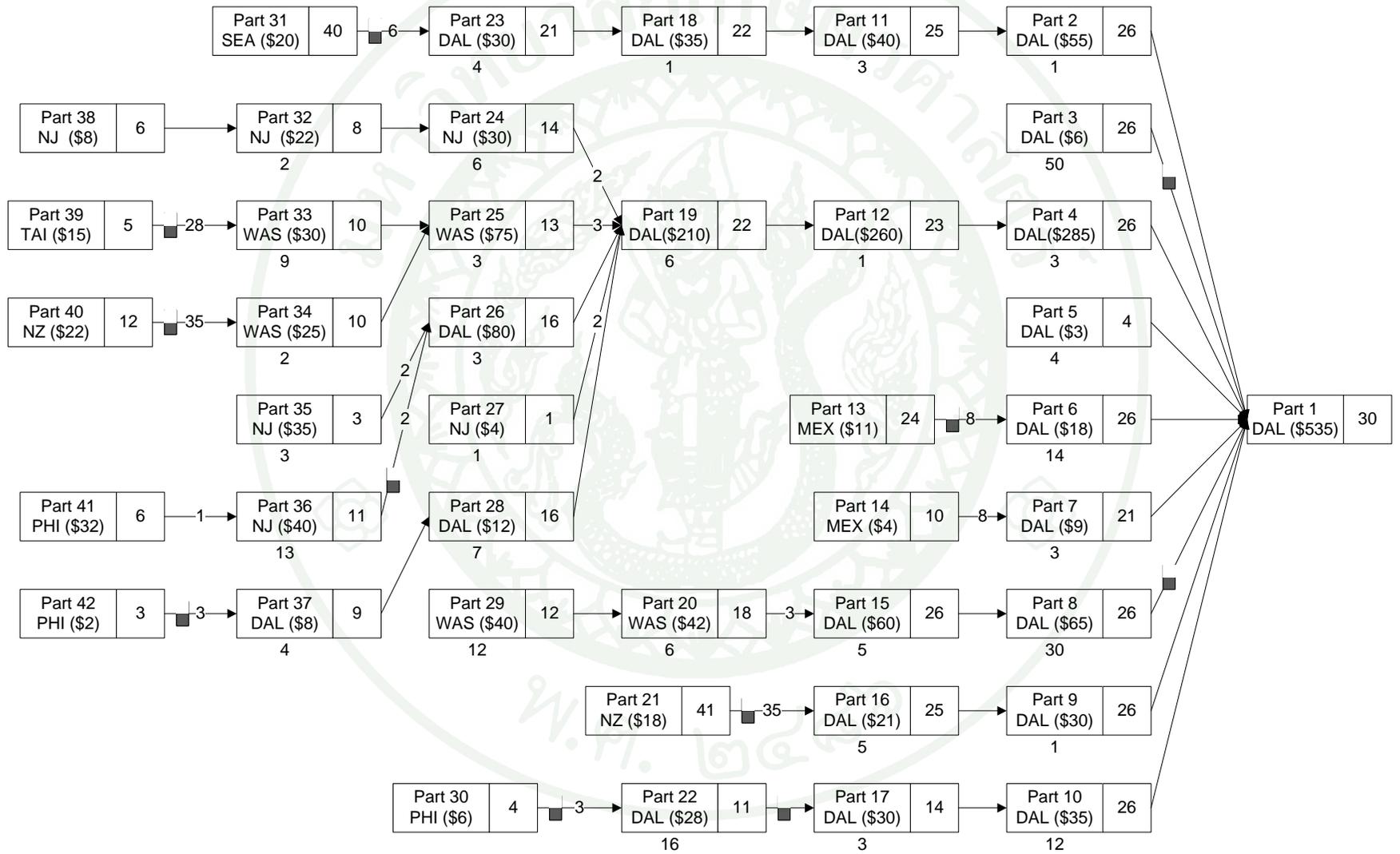
ภาพที่ 31 อธิบายการอ่านแผนภาพห่วงโซ่อุปทานของบริษัท ElecComp

จากระบบโซ่อุปทานในปัจจุบันแสดงให้เห็นว่า มีการเก็บสินค้าคงคลังในส่วนที่ผลิตได้ไม่ทันเวลา คือ Part 2, Part 3, Part 4, Part 6, Part 7, Part 8, Part 9 และ Part 10 ส่วนอื่นไม่มีการเก็บสินค้าคงคลัง ซึ่งกำหนดว่าห่วงโซ่อุปทานนี้จะต้องส่งสินค้าที่ผลิตเสร็จ 1 ล็อต (1 ล็อต = 100 ชิ้น) ให้กับลูกค้าทุกๆ 30 วัน ซึ่งเราสามารถนำมาสร้างแบบจำลองสถานการณ์ดังในภาพที่ 32 ซึ่งกำหนดให้ค่าเก็บรักษาสินค้าคงคลังเท่ากับ 50% ของราคาสินค้า และคำสั่งซื้อสินค้ามีค่าน้อยมาก

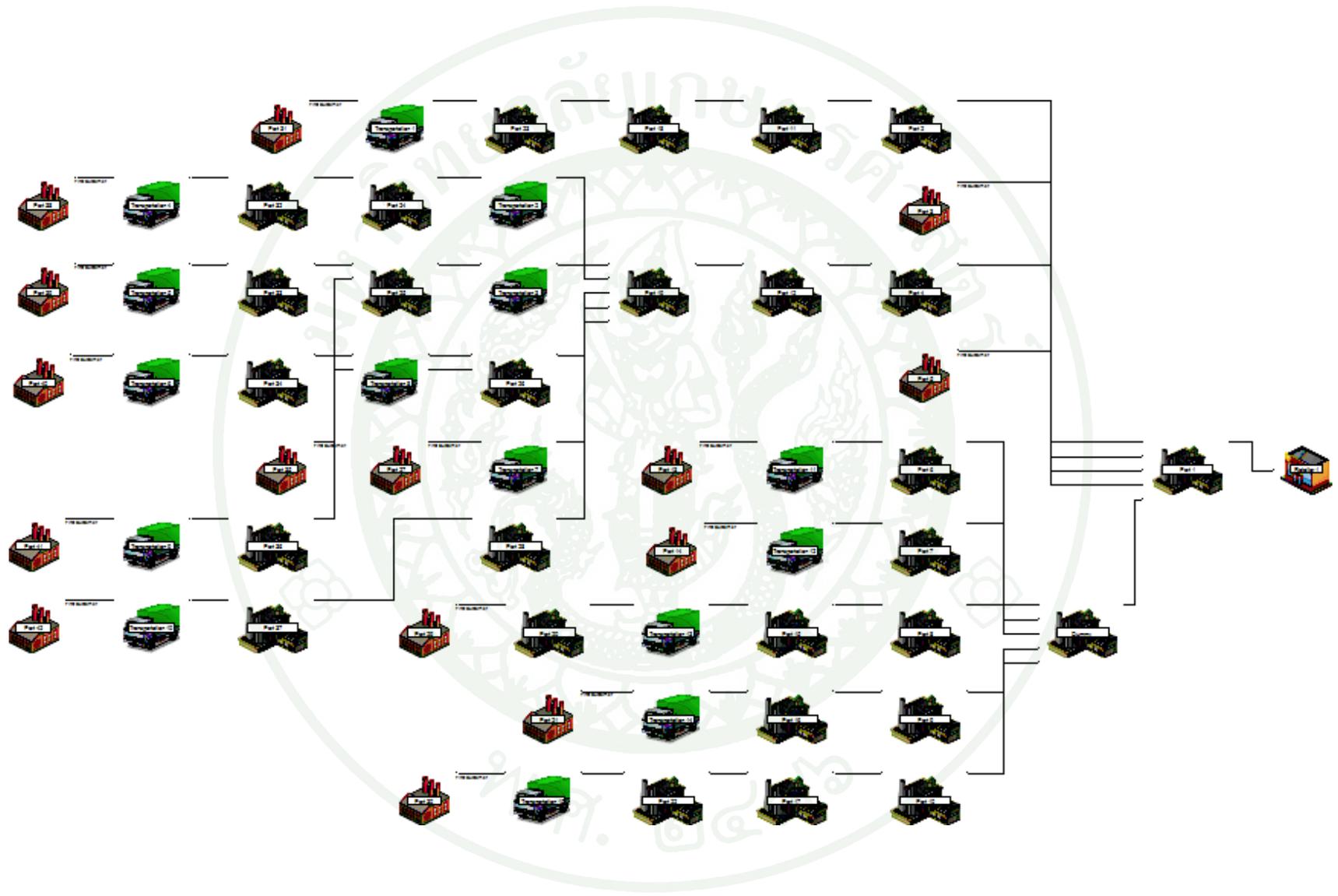
บริษัท ElecComp ต้องการปรับปรุงระบบห่วงโซ่อุปทานเพื่อลดค่าใช้จ่ายด้านการจัดเก็บสินค้าคงคลัง โดยระบบที่ปรับปรุงเป็นไปดังภาพที่ 33 โดยเปลี่ยนไปเก็บสินค้าคงคลังใน Part 3, Part 8, Part 13, Part 16, Part 22, Part 31, Part 33, Part 34, Part 36 และ Part 42 บริษัท ElecComp ต้องการทราบว่าระบบที่ปรับปรุงใหม่สามารถลดค่าใช้จ่ายด้านสินค้าคงคลังได้จริงหรือไม่ และค่าใช้จ่ายด้านสินค้าคงคลังที่ลดได้ร้อยละเท่าไร



ภาพที่ 32 ห่วงโซ่อุปทานก่อนปรับของบริษัท ElecComp



ภาพที่ 33 ห่วงโซ่อุปทานหลังปรับปรุงของบริษัท



ภาพที่ 34 แบบจำลองสถานการณ์ห่วงโซ่อุปทานของบริษัท ElecComp ที่สร้างโดยใช้เทมเพลตห่วงโซ่อุปทาน

เนื่องจากกรณีศึกษาที่ต้องการลดปริมาณค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการเก็บรักษาสินค้างคลัง (Holding Cost) และมีค่าใช้จ่ายในการสั่งสินค้าน้อยมาก ข้อมูลที่ได้จากการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ (ภาพที่ 34) จะสนใจค่าใช้จ่ายด้านการเก็บรักษาเป็นหลัก ในการจำลองสถานการณ์ กำหนดระยะเวลาในการประมวลผลเท่ากับ 365 วัน จำนวนทำซ้ำ 10 รอบ

ตารางที่ 41 ค่าใช้จ่ายด้านสินค้างคลังด้านสินค้างคลังของระบบห่วงโซ่อุปทานปัจจุบัน

ชิ้นส่วนประกอบ	ค่าเก็บรักษาสินค้า (\$)	ชิ้นส่วนประกอบ	ค่าเก็บรักษาสินค้า (\$)
Part 1	-	Part 22	-
Part 2	6,818.49	Part 23	-
Part 3	616.44	Part 24	-
Part 4	9,955.48	Part 25*	205.48
Part 5	130.27	Part 26	-
Part 6	579.12	Part 27	-
Part 7	159.04	Part 28	-
Part 8	1,157.53	Part 29	-
Part 9	1,586.30	Part 30	-
Part 10	1,486.30	Part 31	-
Part 11	-	Part 32	-
Part 12	-	Part 33	-
Part 13	-	Part 34	-
Part 14	-	Part 35	-
Part 15	-	Part 36	-
Part 16	-	Part 37	-
Part 17	-	Part 38	-
Part 18	-	Part 39	-
Part 19*	7,790.68	Part 40	-
Part 20	-	Part 41	-
Part 21	-	Part 42	-
ค่าเก็บรักษาสินค้ารวม			\$ 30,485.13

ตารางที่ 42 ค่าใช้จ่ายด้านสินค้ำคงคลังด้านสินค้ำคงคลังของระบบห่วงโซ่อุปทานหลังปรับปรุง

ชิ้นส่วนประกอบ	ค่าเก็บรักษาสินค้ำ (\$)	ชิ้นส่วนประกอบ	ค่าเก็บรักษาสินค้ำ (\$)
Part 1	-	Part 22	938.35
Part 2	-	Part 23	-
Part 3	616.44	Part 24	-
Part 4	-	Part 25	-
Part 5	-	Part 26*	197.26
Part 6	-	Part 27	-
Part 7	-	Part 28	-
Part 8	1,157.53	Part 29	-
Part 9	-	Part 30	-
Part 10	-	Part 31	904.11
Part 11	-	Part 32	-
Part 12	-	Part 33	1,010.96
Part 13	144.66	Part 34	1,203.15
Part 14	-	Part 35	-
Part 15	-	Part 36	767.12
Part 16	997.80	Part 37	-
Part 17	-	Part 38	-
Part 18	-	Part 39	-
Part 19*	2,725.48	Part 40	-
Part 20	-	Part 41	-
Part 21	-	Part 42	90.14
ค่าเก็บรักษาสินค้ำรวม			\$ 10,753

\* ค่าการเก็บรักษาสินค้ำคงคลังที่เกิดจากการรอกอยส่วนประกอบแต่ละส่วนมีระยะเวลานำส่งที่ไม่เท่ากัน

จากแบบจำลองห่วงโซ่อุปทานของบริษัท ElecComp สามารถวิเคราะห์ได้ว่าปัจจุบันมีค่าเก็บรักษาสินค้าคงคลังประมาณ \$30,485.13 ต่อปี ซึ่งถ้าหากเปลี่ยนไปใช้ระบบโซ่อุปทานที่ปรับปรุงใหม่จะมีค่าเก็บรักษาสินค้าคงคลังประมาณ \$10,753 ต่อปี ซึ่งจะเห็นว่าบริษัทสามารถลดค่าเก็บรักษาสินค้าคงคลังได้ประมาณ 19,732.13 หรือ 64.73%



## วิจารณ์

จากการตรวจสอบโมเดลทั้ง 7 ชนิด ได้แก่ ผู้จัดหาวัตถุดิบ, ผู้ผลิต, ศูนย์กระจายสินค้า, ศูนย์กระจายสินค้าที่มีสินค้าหลายชนิด, ผู้ค้าปลีก, ผู้ค้าปลีกที่ขายสินค้าหลายชนิด และการขนส่ง โดยการเปรียบเทียบค่า ปริมาณการสั่งซื้อหรือการผลิต, ปริมาณสินค้าคงคลังเฉลี่ยต่อปี, จำนวนการสั่งซื้อต่อปี, อัตราหมุนเวียนของสินค้าคงคลังเฉลี่ยต่อปี, ค่าใช้จ่ายด้านสินค้าคงคลังเฉลี่ยต่อปี, ค่าใช้จ่ายในการขนส่งและเวลาที่ใช้ในการขนส่ง ที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎีและจากเทมเพลท จะเห็นได้ว่าผลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์เกือบทั้งหมดมีความใกล้เคียงกับการคำนวณทางทฤษฎี ซึ่งสรุปได้ว่าโมเดลที่สร้างขึ้นมีความถูกต้อง ยกเว้นค่าสินค้าคงคลังเฉลี่ยของวัตถุดิบของผู้ผลิต และค่าสินค้าคงคลังเฉลี่ยของวัตถุดิบของผู้ผลิตและผู้กระจายสินค้าและผู้กระจายสินค้าที่มีสินค้าหลายชนิด ความแตกต่างในโมเดลผู้ผลิตเกิดจาก เมื่อสั่งซื้อวัตถุดิบในการผลิตมาแล้ว วัตถุดิบจะยังไม่ได้ถูกใช้จนกว่าสินค้าสำเร็จรูปในคลังจะลดจนถึงจุดสั่งซื้อใหม่ จึงทำให้มีสินค้าคงคลังเฉลี่ยของวัตถุดิบมากกว่าการคำนวณทางทฤษฎี ส่วนในโมเดลศูนย์กระจายสินค้าและผู้กระจายสินค้าที่มีสินค้าหลายชนิด เนื่องจากการคำนวณทางทฤษฎีมีสมมติฐานให้ความต้องการที่เข้ามาเป็นไปอย่างต่อเนื่องแต่ในความเป็นจริง ความต้องการที่เกิดขึ้นที่ศูนย์กระจายสินค้านั้น เป็นไปอย่างไม่ต่อเนื่อง โดยลูกค้าจะสั่งซื้อเป็นจำนวนมากในทีเดียวจากนั้นจะสั่งซื้ออีกครั้งเมื่อสินค้าลดลงจนถึงจุดสั่งซื้อ ดังนั้นเมื่อสินค้าคงคลังที่ได้แตกต่างจากทฤษฎีจึงส่งผลให้ค่าอัตราหมุนเวียนของสินค้าคงคลัง และค่าใช้จ่ายด้านสินค้าคงคลังแตกต่างจากค่าที่คำนวณได้ทางทฤษฎีด้วย

ในบางกรณีผลที่ได้จากการประมวลผลโดยใช้เทมเพลทอาจจะไม่ตรงกับที่คำนวณได้ทางทฤษฎี เช่น จำนวนครั้งในการสั่งซื้อ เนื่องจากจุดสั่งซื้อสินค้าในครั้งสุดท้ายเกิดขึ้นตอนสิ้นปีพอดี ทำให้โปรแกรมตัดการประมวลผลลงก่อนที่จะมีการสั่งซื้อครั้งสุดท้ายเกิดขึ้น ดังนั้นในการใช้เทมเพลทจำลองสถานการณ์ จึงควรตั้งเวลาในการประมวลผลเพื่อไว้เล็กน้อย

## สรุปผลและข้อเสนอแนะ

### สรุป

เทมเพลตห่วงโซ่อุปทานที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสามารถช่วยให้ผู้ใช้สามารถสร้างแบบจำลองสถานการณ์ของห่วงโซ่อุปทานขนาดใหญ่ที่มีความซับซ้อนได้ง่ายและรวดเร็วขึ้น และผลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ที่สร้างโดยใช้เทมเพลตห่วงโซ่อุปทานเมื่อเปรียบเทียบกับการคำนวณทางทฤษฎีแล้วมีความใกล้เคียงกันมากจึงสามารถยืนยันได้ว่าเทมเพลตห่วงโซ่อุปทานมีความถูกต้องสามารถนำมาใช้ช่วยในการวิเคราะห์นโยบายการจัดการด้านสินค้าคงคลังของห่วงโซ่อุปทาน, ช่วยประเมินระดับสินค้าคงคลังที่ควรจะมี, ประมาณค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น หรือใช้ในการเปรียบเทียบระบบห่วงโซ่อุปทานที่แตกต่างกันเพื่อหาระบบที่ดีที่สุดได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อระบบมีปัจจัยความไม่แน่นอนต่างๆ เกิดขึ้นในระบบ เช่น ความต้องการของลูกค้า, เวลาในการผลิต, เวลาในการขนส่ง, และมีการหยุดชะงักเนื่องจากเสียของเครื่องจักรที่ใช้ผลิตหรือยานพาหนะในการขนส่ง เป็นต้น

นอกจากช่วยทำให้สร้างแบบจำลองระบบห่วงโซ่อุปทานได้รวดเร็วและช่วยในการวิเคราะห์ด้านสินค้าคงคลังแล้วเทมเพลตห่วงโซ่อุปทานยังมีประโยชน์ด้านอื่นๆ อีกเช่น ลดข้อจำกัดด้านผู้ใช้จะต้องเป็นผู้เชี่ยวชาญในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์หรือลดเวลาที่ใช้จะต้องศึกษาวิธีการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Arena เนื่องจากผู้ใช้เพียงแค่เลือกโมดูลให้สอดคล้องกับระบบและป้อนข้อมูลลงในแต่ละส่วนของโมดูลเท่านั้น, ลดเวลาในการตรวจสอบหรือปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองสถานการณ์ เพราะแบบจำลองสถานการณ์ที่สร้างจากเทมเพลตห่วงโซ่อุปทานสามารถแก้ไขและปรับเปลี่ยนได้ง่าย และแบบจำลองสถานการณ์จะแยกเป็น โมดูลต่างๆ อย่างชัดเจนและมีรูปที่สื่อสารให้ผู้ใช้เห็นภาพรวมและเข้าใจระบบห่วงโซ่อุปทานได้ดีขึ้นอีกด้วย

### ข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยชิ้นนี้เทมเพลตที่ถูกสร้างขึ้น โดยใช้ตัวแบบทางด้านสินค้าคงคลังคือ ระบบทบทวนอย่างต่อเนื่อง (Continuous Review System) เป็นต้นแบบ ซึ่งอาจจะพัฒนาต่อยอดให้เทมเพลตสามารถใช้ระบบทบทวนตามช่วงเวลา (Periodic Review System) ได้ด้วย และอาจจะทำการดึงข้อมูลการประมวลผลไปใช้ประโยชน์ ในด้านการวิเคราะห์อื่นๆ ผ่านทาง Microsoft Excel ได้

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- ชาตริส สัมมะวัฒนา. 2551. การประยุกต์ใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์การจัดการสินค้าคงคลังของวัตถุดิบในอุตสาหกรรมเกษตร (กรณีศึกษาผลิตภัณฑ์น้ำสัสด). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ชนพันธ์ คงทอง. 2553. การพัฒนาเทมเพลตสำหรับสร้างแบบจำลองเพื่อการวิเคราะห์เครือข่ายระบบห่วงโซ่อุปทาน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- รุ่งรัตน์ กิตซ์เพ็ญ. 2551. คู่มือการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Arena. บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่นจำกัด (มหาชน), กรุงเทพฯ.
- พิภพ ลลิตาภรณ์. 2552. การบริหารพัสดุคงคลัง. พิมพ์ครั้งที่ 1 สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ.
- Chopra, S. and P. Meindl. 2001. **Supply Chain Management: Strategy, planning, and Operation.** Prentice Hall., New Jersey.
- Helo, P. 2005. **Asdn Agile supply demand networks.** ASDN Logistics Analysis Software. Available Source: <http://asdn.sourceforge.net/index.htm>, October 1, 2010.
- Helo, P., N. Kitaygorodskaya and G. Xiong. 2005. **Software Tutorial ASDN Logistics Analysis Agile Supply-Demand Networks.** ASDN Logistics Analysis Software. Available Source: <http://asdn.sourceforge.net/index.htm>, October 1, 2010.
- Kaminsky, P., D. Simchi-Levi and E. Simchi-Levi. 2008. **Design and Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies and Case Studies.** McGraw-Hill Companies., New York.
- Longo, F. and G. Mirabelli. 2008. An advanced supply chain management tool based on modeling and simulation. **Computers & Industrial Engineering**, 54: 570–588.

- Lu, L. 1995. A one-vendor multi-buyer integrated inventory model. **European Journal of Operational Research**, 81: 312-323.
- Persson, F. 2010. SCOR template-A simulation based dynamic supply chain analysis tool. *Int. J. Production Economics*, 131: 288–294.
- Rockwell Software. 2005. **Arena Template Developer's Guide. (Computer Program)**. Rockwell Software Inc., USA.
- Rossetti, Manuel D. 2008. **Simulation Modeling and Arena**. John Wailey & Sons Inc., USA.
- Shannon, R. E. 1975. **Systems simulation: The art and science**. Prentice-Hall., New Jersey.
- Silver, Edward A., David F. Pyke and Rein Peterson. 1998. Inventory management and production planning and scheduling. 3<sup>rd</sup> ed. John Wailey & Sons Inc., USA.
- Tersine, R. J. 1994. **Principles of inventory and materials management**. 4 ed. PTR Prentice-Hall, Inc., New Jersey.



ภาคผนวก



## การออกแบบหน้าต่างป้อนข้อมูล (Dialog Design)

1. ขั้นตอนการออกแบบพัฒนาหน้าต่างป้อนข้อมูล (Dialog Design Window) เป็นส่วนที่รับค่าต่างจากผู้ใช้งานเพื่อนำไปเป็นค่าของตัวแปรต่างๆ ในส่วนของการออกแบบตรรกะ ซึ่งแต่ละโมดูลมีรายละเอียดของหน้าต่างป้อนข้อมูลดังนี้

1.1 หน้าต่างป้อนข้อมูลของโมดูลผู้จัดหาวัตถุดิบ (Supplier) ประกอบไปด้วย หน้าต่างป้อนข้อมูลหลัก (Main Window), หน้าต่างป้อนข้อมูลการผลิต (Manufacturing Window), หน้าต่างป้อนข้อมูลสินค้าคงคลัง (Inventory Window) และหน้าต่างปรับแต่งตัวเลือก (Option window)

1.1.1 หน้าต่างป้อนข้อมูลหลัก จากภาพที่ ก1 แสดงหน้าต่างป้อนข้อมูลหลักซึ่งแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนทั่วไป (General) และ ส่วนลูกค้า (Customer)

ภาพผนวกที่ ก1 หน้าต่างป้อนข้อมูลหลักของโมดูลผู้จัดหาวัตถุดิบ

ส่วนทั่วไปนั้นเป็นการกรอกรายละเอียดของตัวโมดูลเอง เช่น รหัสของโมดูล, ชื่อโมดูล (ซึ่งชื่อโมดูลจะแสดงในมุมมองของผู้ใช้), ชื่อผลิตภัณฑ์หรือสินค้าที่ผลิต และการวางตำแหน่งกลยุทธ์ ผู้ใช้จะต้องป้อนข้อมูลตามชนิดข้อมูลที่กำหนดไว้ในตารางที่ ก1

ส่วนลูกค้านั้นสามารถเลือกได้ว่าลูกค้าของโมดูลนี้มีกี่ราย และจำเป็นต้องป้อนรหัสของลูกค้าให้ถูกต้องตามการลำดับการเชื่อมต่อของลูกค้าเพื่อให้การรับส่งข้อมูลนั้นถูกต้อง ผู้ใช้จะต้องป้อนข้อมูลตามชนิดข้อมูลที่กำหนดไว้ในตารางที่ ก2

**ตารางผนวกที่ ก1** ชนิดข้อมูลของหน้าต่างป้อนข้อมูลหลักในส่วนทั่วไปของโมดูลผู้จัดหาวัตถุดิบ

ข้อมูลนำเข้า	ชนิดของข้อมูล
ID:	Integer
Name:	AnyCharacters
Product:	AnyCharacters
Order Decoupling Point:	Select form list

**ตารางผนวกที่ ก2** ชนิดข้อมูลของหน้าต่างป้อนข้อมูลหลักในส่วนลูกค้าของโมดูลผู้จัดหาวัตถุดิบ

ข้อมูลนำเข้า	ชนิดของข้อมูล
Number of Customers:	Select form list
1st Customer ID:	Integer
2nd Customer ID:	Integer
3rd Customer ID:	Integer
4th Customer ID:	Integer
5th Customer ID:	Integer

1.1.2 หน้าต่างป้อนข้อมูลการผลิต จากภาพที่ ก2 หน้าต่างป้อนข้อมูลการผลิตจะเป็นการป้อนข้อมูลสำหรับใช้ในการผลิต เช่น เวลาการปรับตั้งเครื่องจักร, เวลาการผลิตต่อหน่วย, เวลาที่ใช้ในการส่งสินค้าย้อนหลัง, เวลาที่ใช้ในการออกแบบ, จำนวนเครื่องจักรที่ผลิต, โอกาสที่เครื่องจักรจะเสีย, ปริมาณที่สามารถผลิตได้ต่อปี

ภาพผนวกที่ ก2 หน้าต่างป้อนข้อมูลการผลิต

ตารางผนวกที่ ก3 ชนิดข้อมูลของหน้าต่างป้อนข้อมูลการผลิตของโมดูลผู้จัดหาวัตถุดิบ

ข้อมูลนำเข้า	ชนิดของข้อมูล
Setup time:	Expression
Production time per unit:	Expression
Order backlog	Expression
Engineering lead time	Expression
Number of machine:	Integer
Capacity:	Real

ส่วนการป้อนข้อมูลของโอกาสที่เครื่องจักรจะเสียจะแบ่งเป็นสองรูปแบบ คือ เวลาที่เครื่องจักรสามารถทำงานได้ และจำนวนครั้งที่เครื่องจักรทำงาน ดังที่แสดงในภาพที่ ก3

ภาพผนวกที่ ก3 หน้าต่างป้อนข้อมูล โอกาสที่เครื่องจักรจะเสีย

ตารางผนวกที่ ก4 ชนิดข้อมูลของการเสียของเครื่องจักรแบบเวลาที่เครื่องจักรสามารถทำงานได้

ข้อมูลนำเข้า	ชนิดของข้อมูล
Up time:	Expression
Down time:	Expression

ตารางผนวกที่ ก5 ชนิดข้อมูลของการเสียของเครื่องจักรแบบจำนวนครั้งที่เครื่องจักรทำงาน

ข้อมูลนำเข้า	ชนิดของข้อมูล
Count:	Expression
Down time:	Expression

### 1.1.3 หน้าต่างป้อนข้อมูลสินค้าคงคลัง จะแบ่งเป็น 2 กรณี คือ

1) กรณีที่ผู้ใช้เป็นผู้กำหนดรายละเอียดเอง จากภาพที่ ก4 ผู้ใช้จะต้องเป็นผู้กำหนดสินค้าคงคลังเริ่มต้น, จำที่สั่งผลิต, จุดสั่งผลิตใหม่, และสินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัย

The screenshot shows the 'Inventory' dialog box with the following settings:

Manual Lot size:	Yes		Initial Inventory:	160	Units
Setup cost:	10	Bath	Production Quantity:	160	Units
Holding cost:	0.5	Bath	Reorder Point:	1	Units
Backordering cost:	1	Bath	Safety Stock:	0	Units

Buttons: OK, Cancel, Help

ภาพผนวกที่ ก4 หน้าต่างป้อนข้อมูลสินค้าคงคลังกรณีที่ใช้เป็นผู้กำหนดรายละเอียดเอง

2) กรณีที่ให้เทมเพลตกำหนดค่าให้ จากภาพที่ ก5 ผู้เพียงแค่ป้อนข้อมูลของค่าใช้จ่ายในการสั่งผลิต, ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา, ค่าใช้จ่ายในการส่งย้อนหลัง, ระดับการบริการ, และเวลาใช้ในการจัดส่งย้อนหลัง จากนั้นเทมเพลตจะคำนวณหาระดับสินค้าคงคลังและจุดสั่งซื้อใหม่ให้โดยอัตโนมัติทั้ง 2 กรณีมีการป้อนชนิดข้อมูลดังในตารางที่ ก6

The screenshot shows the 'Inventory' dialog box with the following settings:

Manual Lot size:	No				
Setup cost:	10	Bath			
Holding cost:	0.5	Bath			
Backordering cost:	1	Bath			
Service levels:	99.9	%			
Estimated order backlog:	0	Days			

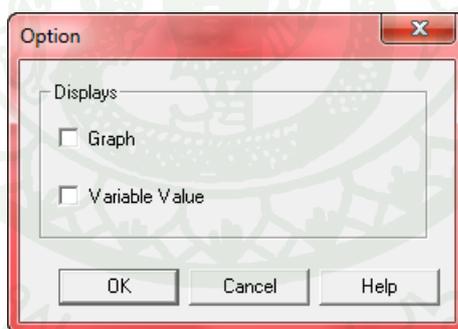
Buttons: OK, Cancel, Help

ภาพผนวกที่ ก5 หน้าต่างป้อนข้อมูลสินค้าคงคลังกรณีที่ให้เทมเพลตกำหนดค่าให้

### ตารางผนวกที่ ก6 ชนิดข้อมูลของหน้าต่างป้อนข้อมูลสินค้าคงคลัง

ข้อมูลนำเข้า	ชนิดของข้อมูล
Setup cost:	Real
Holding cost:	Real
Backordering cost:	Real
Service level:	Real
Estimated order backlog:	Real
Initial Inventory:	Integer
Production quantity:	Integer
Reorder point:	Integer
Safety stock:	Integer

1.1.4 หน้าต่างปรับแต่งตัวเลือก จากภาพที่ ก6 ผู้ใช้สามารถเลือกให้แสดงกราฟและค่าของตัวแปรต่างในมุมมองของผู้ใช้ได้



ภาพผนวกที่ ก6 หน้าต่างปรับแต่งตัวเลือก

1.2 หน้าต่างป้อนข้อมูลของโมดูลผู้ผลิต (Manufacturer) ประกอบไปด้วย หน้าต่างป้อนข้อมูลหลัก, หน้าต่างป้อนข้อมูลการผลิต, หน้าต่างป้อนข้อมูลสินค้าคงคลัง, หน้าต่างป้อนข้อมูลบัญชีรายการวัสดุ (Bill of Material Window) และหน้าต่างปรับแต่งตัวเลือก

1.2.1 หน้าต่างป้อนข้อมูลหลัก จากภาพที่ ก7 แสดงหน้าต่างป้อนข้อมูลหลักซึ่งแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนทั่วไป (General), ส่วนผู้จัดหาวัตถุดิบ (Supplier) และ ส่วนลูกค้า (Customer) ซึ่งส่วนทั่วไปและส่วนลูกค้าในอ้างอิงในหัวข้อ 1.1.1 สำหรับส่วนผู้จัดหาวัตถุดิบนั้น ผู้ใช้จะต้องใส่ชื่อของโมดูลซึ่งเป็นผู้จัดหาวัตถุดิบให้กับโมดูลผู้ผลิตให้ถูกต้องตามลำดับ ซึ่งชนิดข้อมูลแสดงในตารางที่ ก7

ภาพผนวกที่ ก7 หน้าต่างปรับแต่งตัวเลือกหน้าต่างป้อนข้อมูลหลักของโมดูลผู้ผลิต

ตารางผนวกที่ ก7 ชนิดข้อมูลของหน้าต่างป้อนข้อมูลหลักในส่วนผู้จัดหาวัตถุดิบของโมดูลผู้ผลิต

ข้อมูลนำเข้า	ชนิดของข้อมูล
Number of Supplier	Select form list
1st Supplier Name:	AnyCharacters
2nd Supplier Name:	AnyCharacters
3rd Supplier Name:	AnyCharacters
4th Supplier Name:	AnyCharacters
5th Supplier Name:	AnyCharacters

1.2.2 หน้าต่างป้อนข้อมูลการผลิต สำหรับส่วนนี้จะเหมือนกับข้อ 1.1.2

1.2.3 หน้าต่างป้อนข้อมูลสินค้าคงคลัง จากภาพที่ ก8 จะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

ภาพผนวกที่ ก8 หน้าต่างป้อนข้อมูลสินค้าคงคลังของโมดูลผู้ผลิต

1) สินค้าคงคลังของสินค้าสำเร็จรูป (Finish Product) ซึ่งเปลี่ยนรูปจากวัตถุดิบที่เก็บไว้ไปเป็นสินค้าที่ผลิตเสร็จแล้วและเก็บเข้าคลังสินค้าสำเร็จรูป มีรูปแบบการทำงานเหมือนในหัวข้อ 1.1.3

2) สินค้าคงคลังของวัตถุดิบ (Raw Material) ซึ่งจะเป็นส่วนกำหนดระบบสินค้าคงคลังของส่วนที่เป็นวัตถุดิบในการผลิต ซึ่งจะอ้างอิงค่าระดับการบริการจากส่วนสินค้าสำเร็จรูปและอ้างอิงจำนวนที่ใช้ในการผลิตต่อหน่วยจากบัญชีรายการวัสดุซึ่งจะอธิบายในหัวข้อบัญชีรายการวัสดุ

1.2.4 หน้าต่างป้อนข้อมูลบัญชีรายการวัสดุ จากภาพที่ ก9 ผู้ใช้จะต้องระบุจำนวนวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตสินค้าสำเร็จรูปต่อหน่วย ซึ่งข้อมูลที่ป้อนต้องเป็นจำนวนเต็ม ดังที่ระบุไว้ในตารางที่ ก8

ภาพผนวกที่ ก9 หน้าต่างป้อนข้อมูลสินค้าคงคลังของโมดูลผู้ผลิตหน้าต่างป้อนข้อมูลบัญชีรายการวัสดุ

ตารางผนวกที่ ก8 ชนิดข้อมูลของหน้าต่างป้อนข้อมูลบัญชีรายการวัสดุ

ข้อมูลนำเข้า	ชนิดของข้อมูล
1st Supplier raw material:	Integer
2nd Supplier raw material:	Integer
3rd Supplier raw material:	Integer
4th Supplier raw material:	Integer
5th Supplier raw material:	Integer

1.2.5 หน้าต่างปรับแต่งตัวเลือก เป็นการให้ผู้ใช้เลือกแสดงกราฟหรือแสดงค่าของตัวแปรต่างๆ อ้างอิงในหัวข้อ 1.1.4

1.3 หน้าต่างป้อนข้อมูลของโมดูลศูนย์กระจายสินค้า (Distribution Center) ประกอบไปด้วย หน้าต่างป้อนข้อมูลหลัก, หน้าต่างป้อนข้อมูลสินค้าคงคลัง, และหน้าต่างปรับแต่งตัวเลือก

ภาพผนวกที่ ก10 หน้าต่างป้อนข้อมูลหลักโมดูลศูนย์กระจายสินค้า

1.3.1 หน้าต่างป้อนข้อมูลหลัก จากภาพที่ ก10 แสดงหน้าต่างป้อนข้อมูลหลักซึ่งแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนทั่วไป (General), ส่วนผู้จัดหาวัตถุดิบ (Supplier) และ ส่วนลูกค้า (Customer) ซึ่งส่วนทั่วไปและส่วนลูกค้า นั้นอ้างอิงในหัวข้อ 1.1.1

สำหรับส่วนผู้จัดหาวัตถุดิบนั้นให้ป้อนข้อมูลผู้จัดหาวัตถุดิบเพียงเจ้าเดียวเนื่องจากศูนย์โมดูลกระจายสินค้าโมดูลนี้ มีจุดประสงค์ในการจัดเก็บสินค้าเพียงสินค้าเดียวและกระจายสินค้านั้นไปยังโมดูลของลูกค้าต่างๆ

1.3.2 หน้าต่างป้อนข้อมูลสินค้าคงคลัง อ้างอิงตามหัวข้อ 1.1.3

1.3.3 หน้าต่างปรับแต่งตัวเลือก เป็นการให้ผู้ใช้เลือกแสดงกราฟหรือแสดงค่าของตัวแปรต่างๆ อ้างอิงในหัวข้อ 1.1.4

1.4 หน้าต่างป้อนข้อมูลของโมดูลศูนย์กระจายสินค้าที่มีสินค้าหลายประเภท (Multi Product Distribution Center) ประกอบไปด้วย หน้าต่างป้อนข้อมูลหลัก, หน้าต่างป้อนข้อมูลสินค้าคงคลัง, และหน้าต่างปรับแต่งตัวเลือก

The screenshot shows a software window titled "DC Multiproduct". It contains several input fields and buttons:

- General section:**
  - ID: 1
  - Name: DCM 1
  - Order Decoupling Point: MTS (dropdown menu)
  - Number of products: 5 (dropdown menu)
  - Buttons: Inventory..., Option...
- Supplier section:**
  - 1st Supplier name: [text box]
  - 2nd Supplier name: [text box]
  - 3rd Supplier name: [text box]
  - 4th Supplier name: [text box]
  - 5th Supplier name: [text box]
- Retailer Product code section:**
  - 1st Product code: [text box]
  - 2nd Product code: [text box]
  - 3rd Product code: [text box]
  - 4th Product code: [text box]
  - 5th Product code: [text box]
- Bottom buttons:** OK, Cancel, Help

ภาพผนวกที่ ก11 หน้าต่างป้อนข้อมูลหลักของโมดูลศูนย์กระจายสินค้าที่มีสินค้าหลายประเภท

1.4.1 หน้าต่างป้อนข้อมูลหลัก จากภาพที่ ก11 แสดงหน้าต่างป้อนข้อมูลหลักซึ่งแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนทั่วไป (General), ส่วนผู้จัดหาวัตถุดิบ (Supplier) และ ส่วนรหัสสินค้า (Retailer Product Code) ซึ่งส่วนทั่วไปและส่วนผู้จัดหาอ้างอิงในหัวข้อ 1.2.1

ส่วนรหัสสินค้าที่ต้องป้อนนั้น เนื่องจากโมดูลศูนย์กระจายสินค้าที่มีสินค้าหลายประเภทนั้นมีสินค้าที่เก็บไว้หลายประเภท อาจจะมีการส่งสินค้ามากกว่า 1 ชนิด ให้กับร้านค้าปลีก จึงจำเป็นต้องระบุรหัสสินค้าเพื่อให้ง่ายต่อการส่งสินค้า ส่วนรหัสสินค้าที่นำมาใส่ในนั้นผู้ใช้สามารถตรวจสอบได้จากโมดูลร้านค้าปลีก และป้อนรหัสสินค้าให้ตรงกับชนิดสินค้าที่ส่ง ซึ่งชนิดข้อมูลนำเข้าสามารถดูได้จากตารางที่ ก9

**ตารางผนวกที่ 9** ชนิดข้อมูลของหน้าต่างป้อนข้อมูลของโมดูลศูนย์กระจายสินค้าที่มีสินค้าหลายประเภทส่วนของรหัสสินค้า

ข้อมูลนำเข้า	ชนิดของข้อมูล
1st Product code:	Integer
2nd Product code:	Integer
3rd Product code:	Integer
4th Product code:	Integer
5th Product code:	Integer

1.4.2 หน้าต่างป้อนข้อมูลสินค้าคงคลัง เมื่อคลิกเข้าไปในส่วนสินค้าคงคลังผู้ใช้จะเจอหน้าป้อนข้อมูลในภาพที่ ก12 ให้ป้อนรายละเอียดชนิดข้อมูลตามตารางที่ ก10 จากนั้นจึงป้อนรายละเอียดสินค้าคงคลังของสินค้าแต่ละชนิดในส่วนของรายละเอียดของสินค้า (Product detail) ซึ่งอ้างอิงตามหัวข้อ 1.1.3

**ตารางผนวกที่ 10** ชนิดของข้อมูลของหน้าต่างป้อนข้อมูลสินค้าคงคลังโมดูลศูนย์กระจายสินค้าที่มีสินค้าหลายประเภท

ข้อมูลนำเข้า	ชนิดของข้อมูล
Order backlog:	Expression
1st Product name:	Anycharacter
2nd Product name:	Anycharacter
3rd Product name:	Anycharacter
4th Product name:	Anycharacter
5th Product name:	Anycharacter

The screenshot shows a dialog box titled "Inventory" with the following fields and controls:

- Manual lot size: Yes (dropdown menu)
- Order backlog: 0 (text input)
- Units: Days (dropdown menu)
- 1st Product name: Product1 (text input) with a "Product 1 detail..." button
- 2nd Product name: Product2 (text input) with a "Product 2 detail..." button
- 3rd Product name: Product3 (text input) with a "Product 3 detail..." button
- 4th Product name: Product4 (text input) with a "Product 4 detail..." button
- 5th Product name: Product5 (text input) with a "Product 5 detail..." button
- Buttons: OK, Cancel, Help

ภาพผนวกที่ ก12 หน้าต่างป้อนข้อมูลสินค้าคงคลังของโมดูลศูนย์กระจายสินค้าที่มีสินค้าหลายประเภท

1.4.3 หน้าต่างปรับแต่งตัวเลือก เป็นการให้ผู้ใช้เลือกแสดงกราฟหรือแสดงค่าของตัวแปรต่างๆ อ้างอิงในหัวข้อ 1.1.4

1.5 หน้าต่างป้อนข้อมูลของโมดูลผู้ค้าปลีก (Retailer) ประกอบไปด้วย หน้าต่างป้อนข้อมูลหลัก, หน้าต่างป้อนข้อมูลสินค้าคงคลัง, และหน้าต่างปรับแต่งตัวเลือก

1.5.1 หน้าต่างป้อนข้อมูลหลัก จากภาพที่ ก13 หน้าต่างป้อนข้อมูลหลักซึ่งแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนทั่วไป (General) และส่วนผู้จัดหาวัตถุดิบ (Supplier) เนื่องจากโมดูลนี้เป็นร้านค้าปลีกที่จำหน่ายสินค้าเพียงชนิดเดียว จึงมีช่องให้ป้อนผู้จัดหาวัตถุดิบเพียงเจ้าเดียว ชนิดข้อมูลที่ของหน้าต่างหลักดูได้จากตารางที่ ก11

ภาพผนวกที่ ก13 หน้าต่างป้อนข้อมูลหลักของโมดูลผู้ค้าปลีก

ตารางผนวกที่ ก11 ชนิดข้อมูลของหน้าต่างป้อนข้อมูลหลัก โมดูลผู้ค้าปลีก

ข้อมูลนำเข้า	ชนิดของข้อมูล
ID:	Integer
Name:	AnyCharacters
Product:	AnyCharacters
Order Decoupling Point:	AnyCharacters
Supplier name:	AnyCharacters

1.5.2 หน้าต่างป้อนข้อมูลสินค้าคงคลัง สำหรับหน้าต่างป้อนข้อมูลสินค้าคงคลังของร้านค้าปลีกจะแตกต่างกับโมดูลอื่นๆ เนื่องจากโมดูลร้านค้าปลีกเป็นปลายสายของห่วงโซ่อุปทาน จึงต้องมีการประมาณความต้องการเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย จากภาพที่ ก14 แสดงให้เห็นในส่วนของสินค้าคงคลังจะมีส่วนให้ผู้ใช้ประมาณความต้องการของลูกค้า (Customer Demand) อยู่ด้วย ซึ่งความต้องการของลูกค้านั้นอาจจะแตกต่างกันตามฤดูกาล (Seasonal) ผู้ใช้ก็สามารถระบุดัชนีตามฤดูกาล (Seasonal Index) ได้ดังในรูปที่ ก15 ส่วนชนิดของข้อมูลที่ต้องป้อนในนั้นสามารถตรวจสอบได้จากตารางที่ ก13 และตารางที่ ก14 ตามลำดับ ซึ่งส่วนที่เป็นสินค้าคงคลังสามารถอ้างอิงได้จากหัวข้อ 1.1.3 ส่วนรหัสสินค้าที่อยู่ด้านบนขวานั้นเป็นรหัสที่ผู้ใช้งานนำไปเพื่อระบุสินค้าที่โมดูลศูนย์กระจายสินค้าเพื่อส่งให้กับโมดูลผู้ค้าปลีกได้ถูกต้อง ปกตรหัสสินค้านี้จะมีให้โดยอัตโนมัติแต่ผู้ใช้สามารถจะแก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงได้

ภาพผนวกที่ ก14 หน้าต่างป้อนข้อมูลสินค้าคงคลังของโมดูลผู้ค้าปลีก

ตารางผนวกที่ ก12 ชนิดข้อมูลของหน้าต่างป้อนข้อมูลสินค้าคงคลังโมดูลผู้ค้าปลีก

ข้อมูลนำเข้า	ชนิดของข้อมูล
Product code:	Integer
Estimated annual demand:	Integer
Estimated annual demand SD:	Real
Demand distribution:	Expression
Time between arrival:	Expression

ตารางผนวกที่ ก13 ชนิดข้อมูลของหน้าต่างป้อนข้อมูลปัจจัยความต้องการแต่ละฤดูกาลโมดูลผู้ค้าปลีก

ข้อมูลนำเข้า	ชนิดของข้อมูล
Seasonal indexs (month):	Real

Seasonal index	
January:	1
February:	1
March:	1
April:	1
May:	1
June:	1
July:	1
August:	1
September:	1
October:	1
November:	1
December:	1

Buttons: OK, Cancel, Help

ภาพผนวกที่ ก15 หน้าต่างป้อนข้อมูลปัจจัยความต้องการแต่ละฤดูกาลของโมดูลผู้ค้าปลีก

1.5.3 หน้าต่างปรับแต่งตัวเลือก เป็นการให้ผู้ใช้เลือกแสดงกราฟหรือแสดงค่าของตัวแปรต่างๆ อ้างอิงในหัวข้อ 1.1.4

1.6 หน้าต่างป้อนข้อมูลของโมดูลผู้ค้าปลีกที่ขายสินค้าหลายชนิด (Retailer Multi Product) ประกอบไปด้วย หน้าต่างป้อนข้อมูลหลัก, หน้าต่างป้อนข้อมูลสินค้าคงคลัง, และหน้าต่างปรับแต่งตัวเลือก

1.6.1 หน้าต่างป้อนข้อมูลหลัก จากภาพที่ ก16 โมดูลผู้ค้าปลีกที่ขายสินค้าหลายชนิดสามารถขายสินค้านี้ได้มากถึง 5 ชนิด โดยชนิดข้อมูลสามารถอ้างอิงได้จากหัวข้อ 1.5.1

1.6.2 หน้าต่างป้อนข้อมูลสินค้าคงคลัง จากภาพที่ ก17 สินค้าแต่ละชนิดจะมีรหัสสินค้าแยกกันเพื่อใช้ระบุตัวตนของสินค้า ซึ่งผู้ใช้จะต้องนำไปป้อนใส่ใน โมดูลศูนย์กระจายสินค้า ซึ่งสินค้าแต่ละชนิดอยู่ภายใต้สมมติฐานที่ว่าความต้องการของสินค้าแต่ละชนิดเป็นอิสระต่อกัน ดังนั้นผู้ใช้จะต้องป้อนข้อมูลความต้องการและข้อมูลสินค้าคงคลังของสินค้าแต่ละชนิดในส่วน of รายละเอียดของสินค้าให้ครบทุกรายการ ซึ่งชนิดข้อมูลของสินค้านั้นอ้างอิงตามหัวข้อ 1.5.2

**Retailer Multiproduct**

General

ID: 1

Name: Retailer M 1

Order Decoupling Point: MTS

Number of products: 5

Supplier

1st Supplier name: [ ]

2nd Supplier name: [ ]

3rd Supplier name: [ ]

4th Supplier name: [ ]

5th Supplier name: [ ]

Inventory...

Option...

OK Cancel Help

ภาพผนวกที่ ก16 หน้าต่างป้อนข้อมูลปัจจัยความต้องการแต่ละฤดูกาลของโมดูลผู้ค้าปลีก  
หน้าต่างป้อนข้อมูลหลักของโมดูลผู้ค้าปลีกที่ขายสินค้าหลายชนิด

**Inventory**

Manual lot size: Yes

1st Product name:	Product code:	Product 1 detail..
Product1	11	
2nd Product name:	Product code:	Product 2 detail..
Product2	12	
3rd Product name:	Product code:	Product 3 detail..
Product3	13	
4th Product name:	Product code:	Product 4 detail..
Product4	14	
5th Product name:	Product code:	Product 5 detail..
Product5	15	

OK Cancel Help

ภาพผนวกที่ ก17 หน้าต่างป้อนข้อมูลสินค้าคงคลังของโมดูลผู้ค้าปลีกที่ขายสินค้าหลายชนิด

1.6.3 หน้าต่างปรับแต่งตัวเลือก เป็นการให้ผู้ใช้เลือกแสดงกราฟหรือแสดงค่าของตัวแปรต่างๆ อ้างอิงในหัวข้อ 1.1.4

1.7 หน้าต่างป้อนข้อมูลของโมดูลการขนส่ง (Transportation) ประกอบไปด้วย หน้าต่างป้อนข้อมูลหลัก, หน้าต่างป้อนข้อมูลค่าใช้จ่ายในการขนส่ง, หน้าต่างป้อนข้อมูลโอกาสที่พาหนะขนส่งจะเสีย และหน้าต่างตัวเลือก

1.7.1 หน้าต่างป้อนข้อมูลหลัก จากภาพที่ ก18 หน้าต่างป้อนข้อมูลหลักประกอบไปด้วย 3 ส่วนคือ ส่วนปกติ, ส่วนพาหนะขนส่ง และส่วนเวลาขนส่ง และสามารถเลือกจำนวนลูกค้าที่ให้ส่งได้ เพื่อให้สามารถใช้ทรัพยากรการขนส่งร่วมกันได้ ซึ่งตารางที่ ก14 แสดงชนิดข้อมูลนำเข้าในหน้าต่างหลัก

ภาพผนวกที่ ก18 หน้าต่างป้อนข้อมูลสินค้าคงคลังของโมดูลผู้ค้าปลีกที่ขายสินค้าหลายชนิด  
หน้าต่างป้อนข้อมูลหลักของโมดูลการขนส่ง

ตารางผนวกที่ ก14 ชนิดข้อมูลของหน้าต่างป้อนข้อมูลการขนส่ง

ข้อมูลนำเข้า	ชนิดของข้อมูล
ID:	Integer
Name:	AnyCharacter
Number of Customer	Select form list
Type of transporter	Select form list
Number of transport	Integer
Time units	Select form list
1st Customer transport time / Delay	Expression
2nd Customer transport time / Delay	Expression
3rd Customer transport time / Delay	Expression
4th Customer transport time / Delay	Expression
5th Customer transport time / Delay	Expression

1.7.2 หน้าต่างป้อนข้อมูลค่าใช้จ่ายในการขนส่ง จากภาพที่ ก19 ค่าใช้จ่ายในการขนส่งแบ่งเป็นสามประเภทคือ

- 1) ค่าใช้จ่ายต่อครั้งที่ใช้ในการขนส่ง คือ ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเมื่อเกิดการขนส่ง 1 ครั้ง เช่น ค่าน้ำมัน ค่าจ้าง ค่าบริการ ค่าเดินทาง เป็นต้น
- 2) ค่าใช้จ่ายต่อจำนวนสินค้าที่บรรทุก คือ ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากจำนวนสินค้าที่บรรทุก เมื่อเพิ่มสินค้าก็เกิดค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น เช่น การใช้บริการขนส่งทางเรือ หรือทางเครื่องบิน ซึ่งการบริการขนส่งในลักษณะนี้จะคิดราคาตามจำนวนสินค้าที่บรรทุก
- 3) ค่าใช้จ่ายประจำปี เช่น ค่าแรงพนักงาน ค่าซ่อมบำรุงยานพาหนะ และค่าอำนวยความสะดวกต่างๆ ซึ่งอาจเป็นค่าใช้จ่ายคงที่ หรือค่าใช้จ่ายแปรผันก็ได้

Cost per shipment		Cost per unit	
1st Customer:	10 Baht	1st Customer:	0 Baht
2nd Customer:	10 Baht	2nd Customer:	0 Baht
3rd Customer:	10 Baht	3rd Customer:	0 Baht
4th Customer:	10 Baht	4th Customer:	0 Baht
5th Customer:	10 Baht	5th Customer:	0 Baht

Annual Cost	
Labor cost:	100 Baht
Maintenance cost:	100 Baht
Facility cost:	100 Baht

Buttons: OK, Cancel, Help

ภาพผนวกที่ ก19 หน้าต่างป้อนข้อมูลค่าใช้จ่ายในการขนส่ง

1.7.3 หน้าต่างป้อนข้อมูลโอกาสที่พาหนะขนส่งจะเสีย มีการทำงานเหมือนกับ หน้าต่างป้อนข้อมูลที่เครื่องจักรจะเสียในหัวข้อที่ 1.1.2

1.7.4 หน้าต่างปรับแต่งตัวเลือก เป็นการให้ผู้ใช้เลือกแสดงกราฟหรือแสดงค่าของตัวแปรต่างๆ อ้างอิงในหัวข้อ 1.1.4



### การออกแบบพัฒนาตรรกะ (Logic Design)

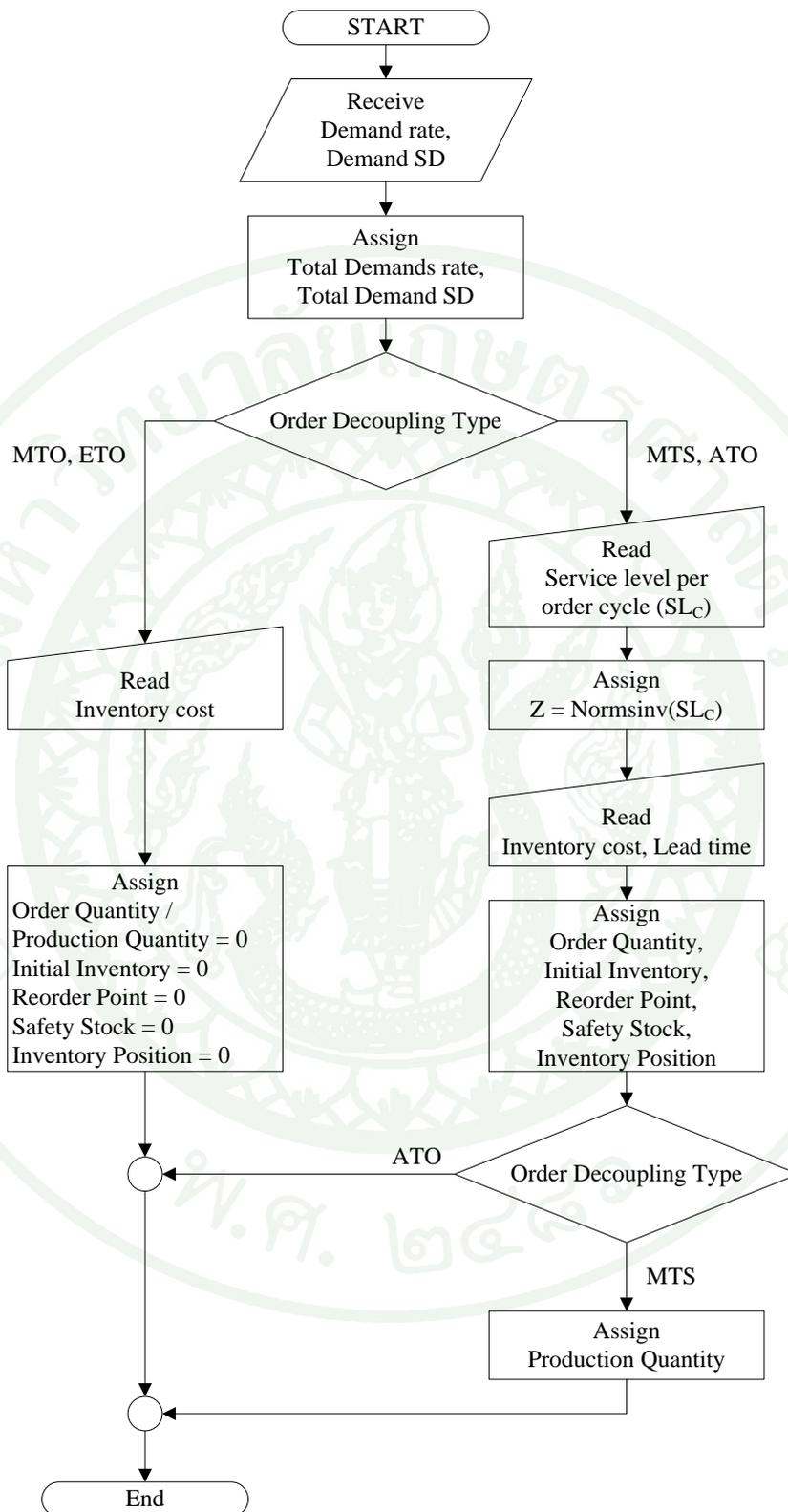
ขั้นตอนการออกแบบพัฒนาตรรกะ (Logic) เป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาเทมเพลต เป็นส่วนที่จะระบุขั้นตอนของกิจกรรมที่จะเกิดขึ้นทั้งหมดและการบันทึกค่าทางสถิติต่างๆ เพื่อให้เป็นไปตามกลไกของระบบห่วงโซ่อุปทาน ซึ่งสามารถใช้ฟังก์ชันสวิตช์ (Switch) ช่วยควบคุมเส้นทางการไหลของเอนติตี้ให้เป็นไปตามกลยุทธ์การวางตำแหน่งผลิตภัณฑ์ การกำหนดการวางตำแหน่งผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกันมีผลทำให้การเก็บสินค้าคงคลังและช่วงเวลานำส่งแตกต่างกันด้วย ในตารางที่ ข1 แสดงกลยุทธ์การวางตำแหน่งผลิตภัณฑ์ที่สามารถกำหนดได้ในแต่ละโมดูล ตรรกะในแต่ละโมดูลจะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนกำหนดปริมาณการสั่งและปริมาณการผลิต, ส่วนการจ่ายสินค้าและส่วนการรับสินค้า

ตารางผนวกที่ ข1 กลยุทธ์การวางตำแหน่งผลิตภัณฑ์ที่สามารถกำหนดได้ในแต่ละ โมดูล

Module	MTS	MTO	ATO	ETO
Supplier	✓	✓		✓
Manufacturer	✓	✓	✓	✓
DC	✓	✓		
DC Multiproduct	✓	✓		
Retailer	✓	✓		
Retailer Multiproduct	✓	✓		

2.1 ตรรกะส่วนกำหนดปริมาณการสั่งและปริมาณการผลิตสินค้า คือ ตรรกะที่จะทำหน้าที่เป็นตัวกำหนดปริมาณการสั่งซื้อสินค้า, กำหนดปริมาณการผลิตสินค้า สำหรับโมดูลที่มีการผลิตเข้ามาเกี่ยวข้อง และกำหนดจุดสั่งซื้อ

จากภาพที่ ข1 เป็นตรรกะส่วนกำหนดปริมาณการสั่งซื้อ, ปริมาณสั่งผลิตและจุดสั่งซื้อของกลยุทธ์การวางตำแหน่งผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 ประเภท



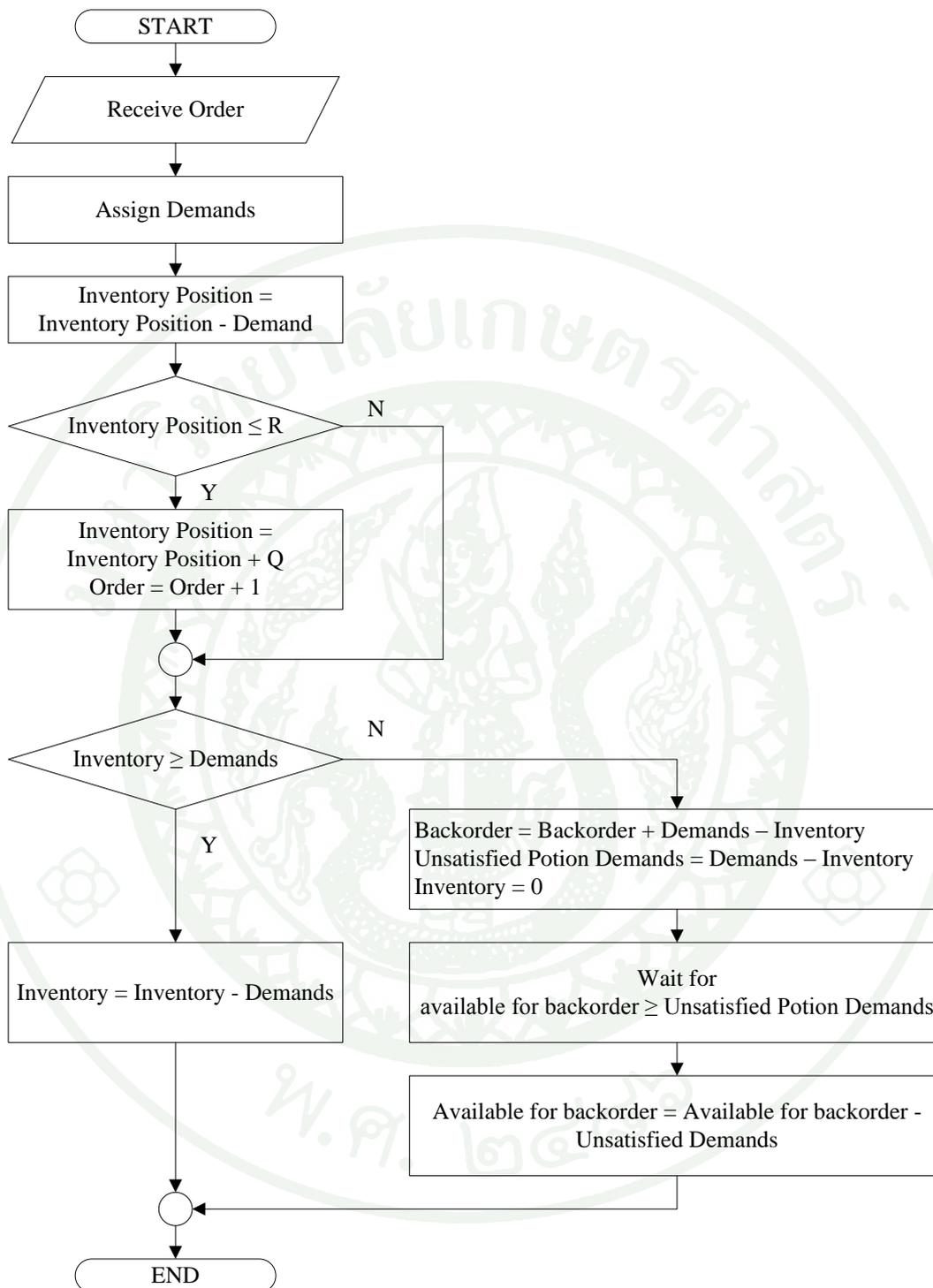
ภาพผนวกที่ ข1 ตรรกะส่วนกำหนดปริมาณการสั่งซื้อ, สั่งผลิตและจุดสั่งซื้อ

## 2.2 ธรรมชาติในการจ่ายสินค้า

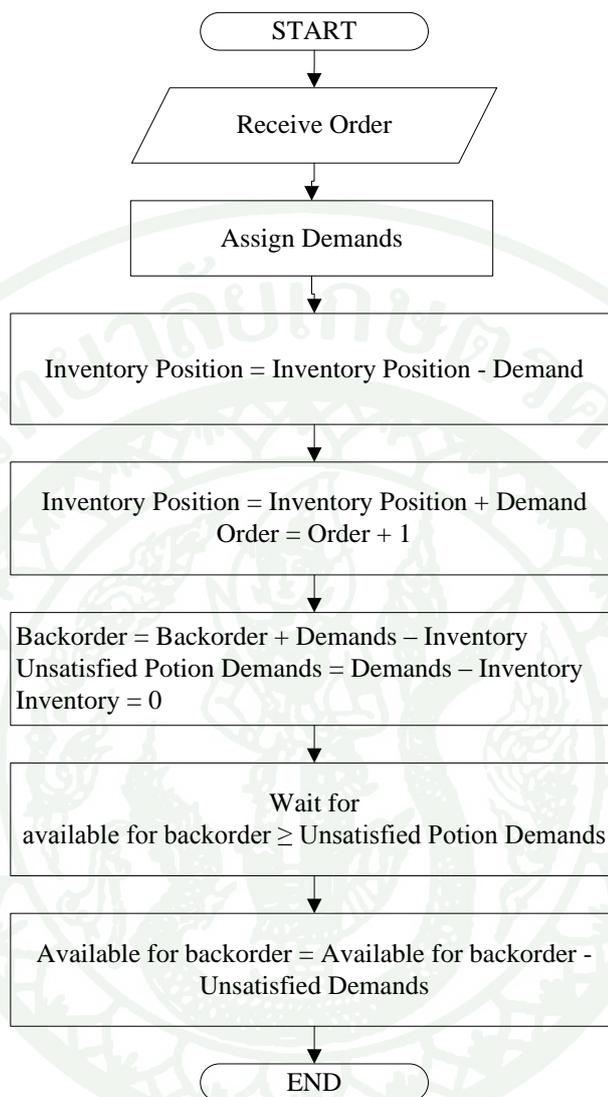
2.2.1 ธรรมชาติในการจ่ายสินค้าของ Make-to-Stock มีกระบวนการทำงานดังแสดงในภาพที่ ข2 โดยเริ่มที่เมื่อมีคำสั่งซื้อเข้ามาจะตรวจสอบสถานะของสินค้าคงคลังหากต่ำกว่าจุดสั่งซื้อก็จะทำการสั่งซื้อ ถ้ายังไม่ถึงจุดสั่งซื้อก็จะตรวจสอบว่าของที่มีอยู่ในคลังสินค้าพอกับความต้องการของลูกค้าหรือไม่ ถ้าหากพอเพียงกับความต้องการของลูกค้าทำการจ่ายสินค้าให้กับลูกค้า ถ้าไม่พอก็จะทำการบันทึกและทำการจัดส่งย้อนหลังให้กับลูกค้า

2.2.2 ธรรมชาติในการจ่ายสินค้าของ Make-to-Order และ Engineering-to-Order มีกระบวนการทำงานดังแสดงในภาพที่ ข3 เนื่องจากการผลิตแบบ Make-to-Order และ Engineering-to-Order ไม่มีการเก็บสินค้าคงคลังแต่จะผลิตตามคำสั่งซื้อของลูกค้าเท่านั้น ดังนั้นเมื่อมีคำสั่งซื้อมาจากลูกค้าจึงเริ่มมีการสั่งสินค้าหรือสั่งผลิตเท่ากับจำนวนคำสั่งซื้อของลูกค้า

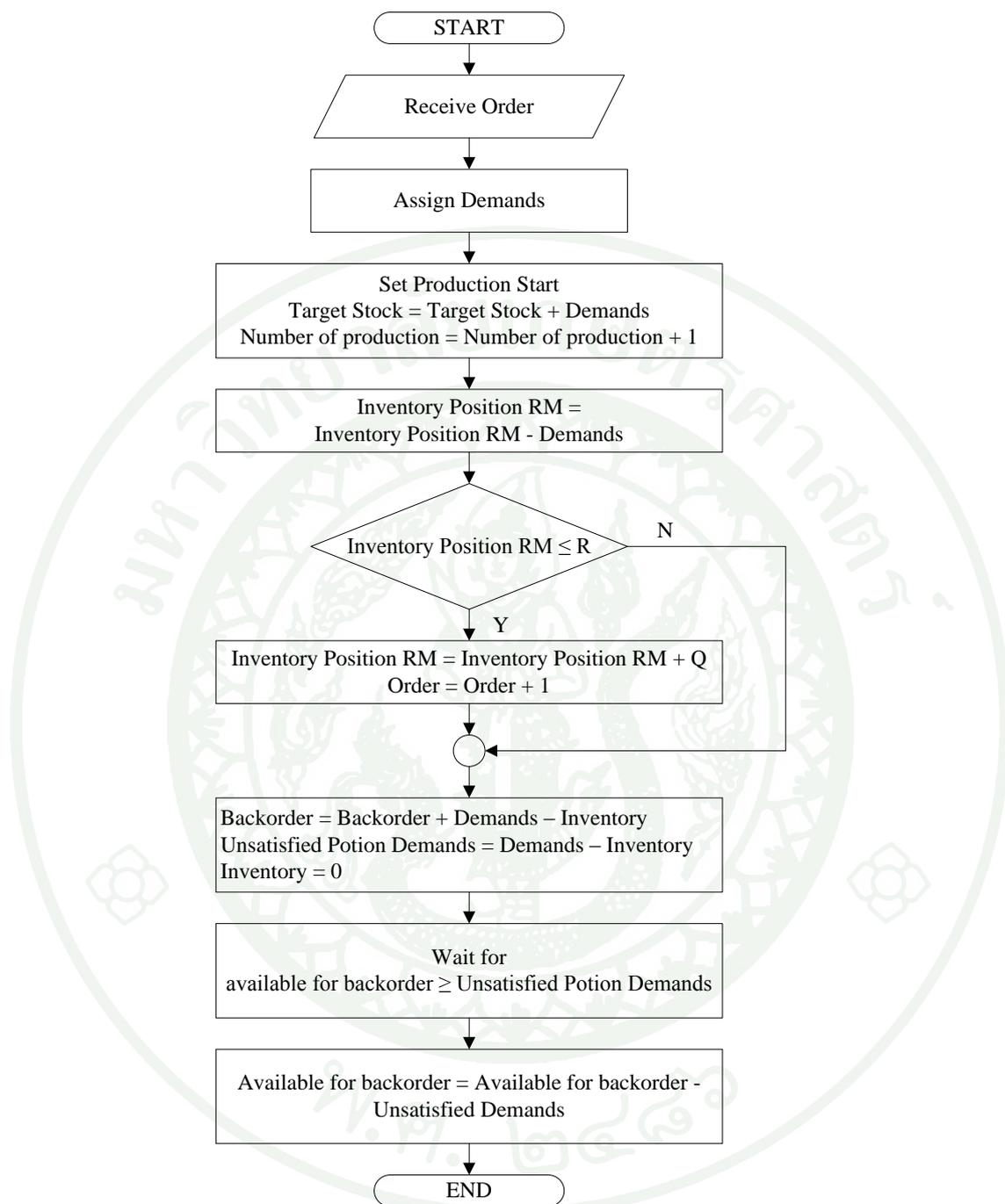
2.2.3 ธรรมชาติในการจ่ายสินค้าของ Assembly-to-Order มีกระบวนการทำงานดังแสดงในภาพที่ ข4 ซึ่งเป็นแบบผสมผสานระหว่าง Make-to-Stock และ Make-to-Order โดยจะมีชิ้นส่วนมาตรฐานเก็บไว้เป็นสินค้าคงคลัง เมื่อมีคำสั่งซื้อเข้ามาจึงจะเริ่มประกอบตามจำนวนที่ลูกค้าสั่งซื้อ



ภาพผนวกที่ ข2 ตรรกะการจ่ายสินค้าของกลยุทธ์การวางตำแหน่งผลิตภัณฑ์แบบ Make-to-Stock



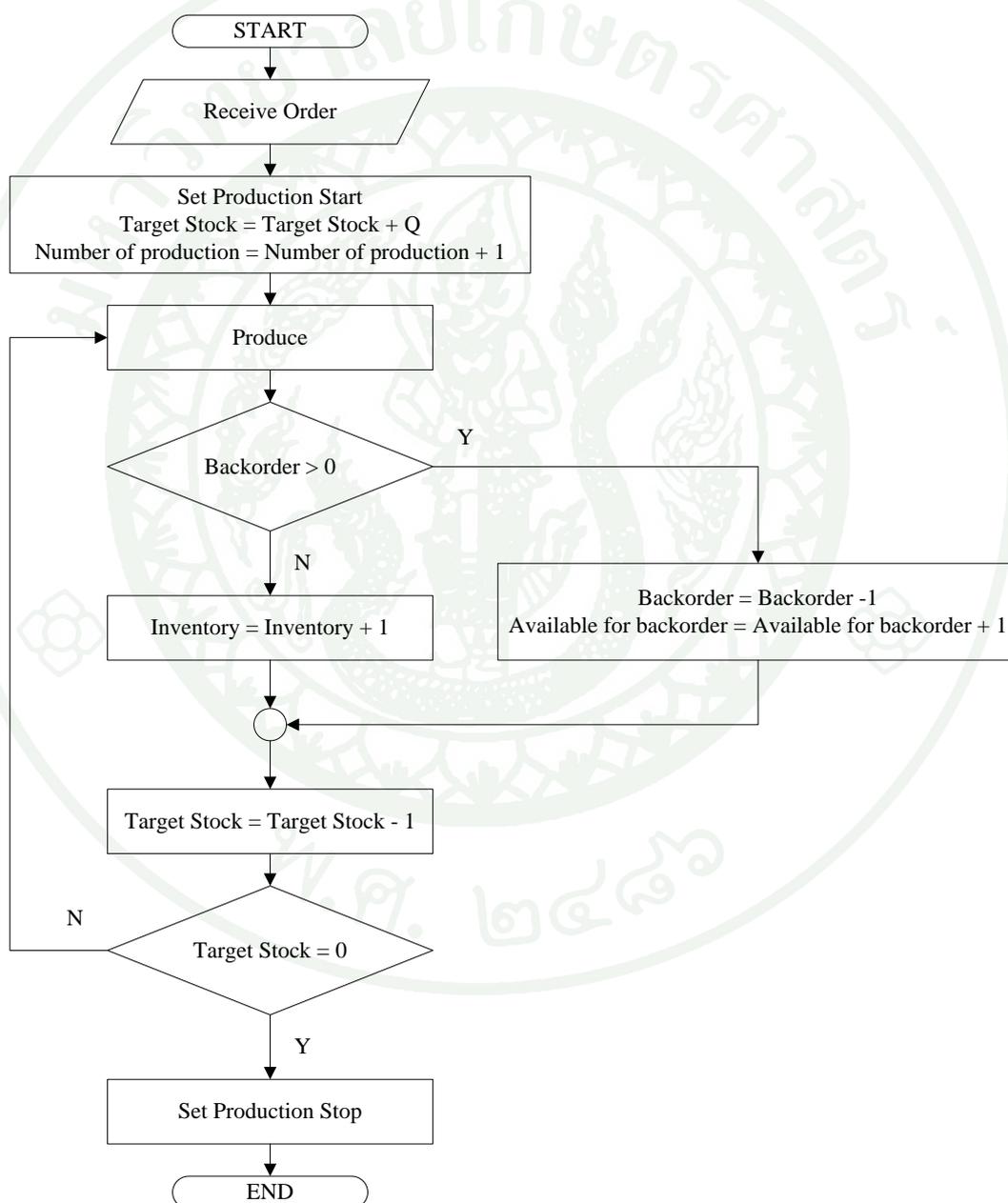
ภาพผนวกที่ ข3 ตรรกะการจ่ายสินค้าของกลยุทธ์การวางตำแหน่งผลิตภัณฑ์แบบ Make-to-Order และ Engineering-to-Order



ภาพผนวกที่ ๖4 ตรรกะการจ่ายสินค้าของกลยุทธ์การวางตำแหน่งผลิตภัณฑ์แบบ

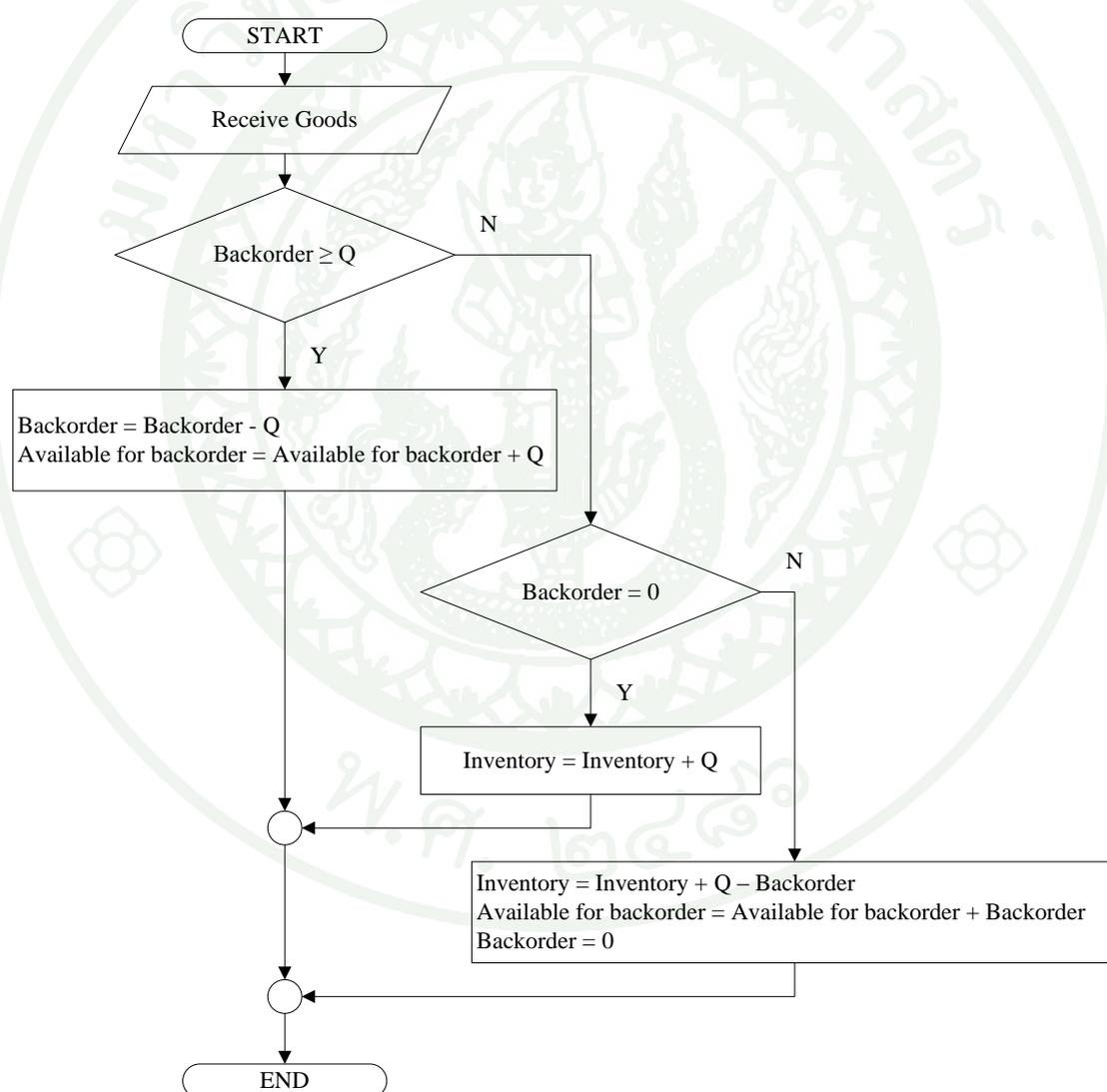
Assembly-to-Order

2.3 ตรรกะของกระบวนการผลิต เป็นตรรกะที่ควบคุมการผลิต เมื่อมีคำสั่งซื้อเข้ามาจะ กำหนดปริมาณการผลิตที่จะตั้งผลิต และเริ่มต้นการผลิต เมื่อผลิตเสร็จแล้วก็ตรวจสอบว่ายังมีสินค้า ค้างส่งหรือไม่ถ้ามีก็จะผลิตส่งให้สินค้าค้างส่งก่อน ถ้าไม่มีสินค้าค้างส่งก็จะเพิ่มสินค้าคงคลังขึ้นจน กระทั่งครบตามเป้าหมายที่ผลิตจึงหยุดการผลิต ดังภาพที่ ข5



ภาพผนวกที่ ข5 ตรรกะของกระบวนการผลิต

2.4 ตรรกะในการรับสินค้า เป็นตรรกะที่ควบคุมสินค้าที่รับมาจากผู้จัดหาหรือผู้ผลิตมาเพิ่มสินค้าในคลังสินค้าหรือส่งย้อนหลังให้กับลูกค้า ดังในภาพที่ ข6 สามารถอธิบายได้ดังนี้ เมื่อได้รับสินค้าจะตรวจสอบว่ามีสินค้าที่ค้างส่งมีปริมาณมากสินค้าที่ได้รับหรือไม่ ถ้าใช่ก็จะหักสินค้าที่ส่งย้อนหลังเท่ากับจำนวนสินค้าที่ได้รับ ถ้าไม่ใช่ก็จะตรวจสอบว่าไม่มีสินค้าที่ต้องส่งย้อนหลังใช่หรือไม่ ถ้าใช่ก็จะเพิ่มจำนวนสินค้าคงคลังเท่ากับจำนวนสินค้าที่ได้รับ ถ้าไม่ใช่ก็จะลดสินค้าที่ต้องส่งย้อนหลังและเพิ่มจำนวนสินค้าคลังด้วยสินค้าที่เหลือ



ภาพผนวกที่ ข6 ตรรกะกระบวนการรับสินค้า

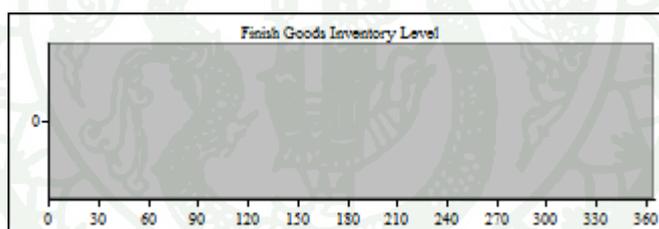


## การออกแบบมุมมองของผู้ใช้ (User View)

สิ่งที่ปรากฏเมื่อผู้ใช้งานโมดูลลงในหน้าต่างแบบจำลอง ซึ่งจะประกอบด้วยจุดเข้า (Entry Point), จุดออก (Exit Point) และสิ่งที่ใช้แสดงถึงตัวโมดูล (Display Operand) ดังภาพที่ ค1 ซึ่งถูกสร้างบนพื้นฐานของข้อมูลซึ่งเตรียมขึ้นในหน้าต่างป้อนข้อมูล ผู้ใช้สามารถกำหนดให้แสดงกราฟหรือแสดงค่าตัวแปรที่ต้องการเพิ่มได้ ดังภาพที่ ค2



ภาพผนวกที่ ค1 มุมมองผู้ใช้งานของ โมดูลผู้ผลิต



Demand rate	Production quantity FG	Reorder point FG	Inventory FG
0	0	0	0
Demand std	Order size RM1	Reorder point RM1	Inventory RM1
0	0	0	0
	Order size RM2	Reorder point RM2	Inventory RM2
	0	0	0
	Order size RM3	Reorder point RM3	Inventory RM3
	0	0	0

ภาพผนวกที่ ค2 มุมมองผู้ใช้งานของ โมดูลผู้ผลิตที่เพิ่มกราฟและให้แสดงค่าตัวแปร



ภาคผนวก ง  
อธิบายการคำนวณในการตรวจสอบความถูกต้องของเทมเพลต

### การคำนวณในหัวข้อตรวจสอบความถูกต้องของโมเดลผู้จัดหาวัตถุดิบและผู้ค้าปลีก

การคำนวณหาปริมาณการผลิตที่เหมาะสมของผู้จัดหาวัตถุดิบ และปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมของผู้ค้าปลีก สามารถแสดงวิธีคำนวณทางทฤษฎีได้ดังนี้

- ปริมาณการผลิตที่เหมาะสมของผู้จัดหาวัตถุดิบสามารถคำนวณได้จาก

$$Q^* = \sqrt{\frac{2SD}{H(1-D/P)}}$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2(30)(12,000)}{0.5(1-12,000/16,000)}}$$

$$Q^* = 2,400$$

- ปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมของผู้ค้าปลีกสามารถคำนวณได้จาก

$$Q^* = \sqrt{\frac{2SD}{H}}$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2(30)(12,000)}{2}}$$

$$Q^* = 600$$

การคำนวณหาสินค้าคงคลังเฉลี่ย, จำนวนครั้งที่สั่งผลิต, อัตราการหมุนเวียนของสินค้าคงคลัง และค่าใช้จ่ายด้านสินค้าคงคลังของผู้จัดหาวัตถุดิบ สามารถแสดงวิธีคำนวณทางทฤษฎีได้ดังนี้

- ปริมาณสินค้าคงคลังเฉลี่ยของผู้จัดหาวัตถุดิบสามารถคำนวณได้จาก

$$I = \frac{1}{2} DT(1 + k_i - D_i/P_i)$$

$$I = \frac{1}{2} (12,000)(0.2) \left(1 + \frac{1}{4} - \frac{(12,000)}{(16,000)}\right)$$

$$I = 600$$

- จำนวนครั้งที่สั่งผลิตของผู้จัดหาวัตถุดิบสามารถคำนวณได้จาก

$$n^* = \frac{D}{Q}$$

$$n^* = \frac{12,000}{2,400}$$

$$n^* = 5$$

- อัตราการหมุนเวียนของสินค้าคงคลังของผู้จัดหาวัตถุดิบสามารถคำนวณได้จาก

$$\text{Inventory Turn rate} = \text{Number of Units Sold} / \text{Average Inventory}$$

$$\text{Inventory Turn rate} = \frac{12,000}{600}$$

$$\text{Inventory Turn rate} = 20$$

- ค่าใช้จ่ายด้านสินค้าคงคลังของผู้จัดหาวัตถุดิบสามารถคำนวณได้จาก

$$\text{Inventory cost} = (S \times n^*) + (H \times I)$$

$$\text{Inventory cost} = (30 \times 5) + (0.5 \times 600)$$

$$\text{Inventory cost} = 450$$

การคำนวณหาสินค้าคงคลังเฉลี่ย, จำนวนครั้งที่สั่งผลิต, อัตราการหมุนเวียนของสินค้าคงคลัง และค่าใช้จ่ายด้านสินค้าคงคลังของผู้ค้าปลีก สามารถแสดงวิธีคำนวณทางทฤษฎีได้ดังนี้

- ปริมาณสินค้าคงคลังเฉลี่ยของผู้จัดหาวัตถุดิบสามารถคำนวณได้จาก

$$I = \frac{Q}{2}$$

$$I = \frac{600}{2}$$

$$I = 300$$

- จำนวนครั้งที่สั่งผลิตของผู้จัดหาวัตถุดิบสามารถคำนวณได้จาก

$$n^* = \frac{D}{Q}$$

$$n^* = \frac{12,000}{600}$$

$$n^* = 20$$

- อัตราการหมุนเวียนของสินค้าคงคลังของผู้จัดหาวัตถุดิบสามารถคำนวณได้จาก

Inventory Turn rate = Number of Units Sold / Average Inventory

$$\text{Inventory Turn rate} = \frac{12,000}{300}$$

$$\text{Inventory Turn rate} = 40$$

- ค่าใช้จ่ายด้านสินค้าคงคลังของผู้จัดหาวัตถุดิบสามารถคำนวณได้จาก

$$\text{Inventory cost} = (S \times n^*) + (H \times \text{Average Inventory})$$

$$\text{Inventory cost} = (30 \times 20) + (0.5 \times 300)$$

$$\text{Inventory cost} = 1,200$$

**การคำนวณในหัวข้อตรวจสอบความถูกต้องของโมเดลผู้ผลิตและโมเดลศูนย์กระจายสินค้า**

การคำนวณหาปริมาณการสั่งผลิตที่เหมาะสมของผู้จัดหาวัตถุดิบ, ปริมาณการสั่งซื้อวัตถุดิบและปริมาณการสั่งผลิตสินค้าสำเร็จรูปที่เหมาะสมของผู้ผลิต, ปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมของศูนย์กระจายสินค้า สามารถแสดงวิธีคำนวณทางทฤษฎีได้ดังนี้

- ปริมาณการสั่งผลิตที่เหมาะสมของผู้จัดหาวัตถุดิบสามารถคำนวณได้จาก

$$Q^* = \sqrt{\frac{2SD}{H(1-D/P)}}$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2(40)(8,000)}{0.5(1-8,000/16,000)}}$$

$$Q^* = 1,600$$

- ปริมาณการสั่งซื้อวัตถุดิบที่เหมาะสมของผู้ผลิตสามารถคำนวณได้จาก

$$Q^* = \sqrt{\frac{2SD}{H}}$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2(20)(8,000)}{0.5}}$$

$$Q^* = 800$$

- ปริมาณการสั่งผลิตสินค้าสำเร็จรูปที่เหมาะสมของผู้ผลิตสามารถคำนวณได้จาก

$$Q^* = \sqrt{\frac{2SD}{H(1-D/P)}}$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2(20)(8,000)}{1(1-8,000/16,000)}}$$

$$Q^* = 800$$

- ปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมของศูนย์กระจายสินค้าสามารถคำนวณได้จาก

$$Q^* = \sqrt{\frac{2SD}{H}}$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2(10)(8,000)}{1}}$$

$$Q^* = 400$$

การคำนวณหาสินค้าคงคลังเฉลี่ย, จำนวนครั้งที่สั่งผลิต, อัตราการหมุนเวียนของสินค้าคงคลัง และค่าใช้จ่ายด้านสินค้าคงคลังของผู้จัดหาวัตถุดิบ สามารถแสดงวิธีคำนวณทางทฤษฎีได้ดังนี้

- ปริมาณสินค้าคงคลังเฉลี่ยของผู้จัดหาวัตถุดิบสามารถคำนวณได้จาก

$$I = \frac{1}{2} DT(1 + k_i - D_i/P_i)$$

$$I = \frac{1}{2} (8,000)(0.2) \left(1 + \frac{1}{2} - \frac{(8,000)}{(16,000)}\right)$$

$$I = 800$$

- จำนวนครั้งที่สั่งผลิตของผู้จัดหาวัตถุดิบสามารถคำนวณได้จาก

$$n^* = \frac{D}{Q}$$

$$n^* = \frac{8,000}{1,600}$$

$$n^* = 5$$

- อัตราการหมุนเวียนของสินค้าคงคลังของผู้จัดหาวัตถุดิบสามารถคำนวณได้จาก

$$\text{Inventory Turn rate} = \text{Number of Units Sold} / \text{Average Inventory}$$

$$\text{Inventory Turn rate} = \frac{8,000}{800}$$

$$\text{Inventory Turn rate} = 10$$

- ค่าใช้จ่ายด้านสินค้าคงคลังของผู้จัดหาวัตถุดิบสามารถคำนวณได้จาก

$$\text{Inventory cost} = (S \times n^*) + (H \times I)$$

$$\text{Inventory cost} = (40 \times 5) + (0.5 \times 800)$$

$$\text{Inventory cost} = 600$$

การคำนวณหาสินค้าคงคลังเฉลี่ย, จำนวนครั้งที่สั่งซื้อ และค่าใช้จ่ายด้านสินค้าคงคลังส่วนวัตถุดิบของผู้ผลิต สามารถแสดงวิธีคำนวณทางทฤษฎีได้ดังนี้

- ปริมาณสินค้าคงคลังเฉลี่ยส่วนวัตถุดิบของผู้ผลิตสามารถคำนวณได้จาก

$$I = \frac{Q}{2}$$

$$I = \frac{800}{2}$$

$$I = 400$$

- จำนวนครั้งที่สั่งซื้อวัตถุดิบของผู้ผลิตสามารถคำนวณได้จาก

$$n^* = \frac{D}{Q}$$

$$n^* = \frac{8,000}{800}$$

$$n^* = 10$$

- ค่าใช้จ่ายด้านสินค้าคงคลังส่วนวัตถุดิบของผู้ผลิตสามารถคำนวณได้จาก

$$\text{Inventory cost} = (S \times n^*) + (H \times I)$$

$$\text{Inventory cost} = (20 \times 10) + (0.5 \times 400)$$

$$\text{Inventory cost} = 400$$

การคำนวณหาสินค้าคงคลังเฉลี่ย, จำนวนครั้งที่สั่งผลิต, อัตราการหมุนเวียนของสินค้าคงคลัง และค่าใช้จ่ายด้านสินค้าคงคลังส่วนสินค้าสำเร็จรูปของผู้ผลิต สามารถแสดงวิธีคำนวณทางทฤษฎีได้ดังนี้

- ปริมาณสินค้าคงคลังเฉลี่ยส่วนสินค้าสำเร็จรูปของผู้ผลิตสามารถคำนวณได้จาก

$$I = \frac{1}{2} DT(1 + k_i - D_i/P_i)$$

$$I = \frac{1}{2} (8,000)(0.1) \left(1 + \frac{1}{2} - \frac{(8,000)}{(16,000)}\right)$$

$$I = 400$$

- จำนวนครั้งที่สั่งผลิตส่วนสินค้าสำเร็จรูปของผู้ผลิตสามารถคำนวณได้จาก

$$n^* = \frac{D}{Q}$$

$$n^* = \frac{8,000}{800}$$

$$n^* = 10$$

- อัตราการหมุนเวียนของสินค้าคงคลังส่วนสินค้าสำเร็จรูปของผู้ผลิตสามารถคำนวณได้

จาก

$$\text{Inventory Turn rate} = \text{Number of Units Sold} / \text{Average Inventory}$$

$$\text{Inventory Turn rate} = \frac{8,000}{400}$$

$$\text{Inventory Turn rate} = 20$$

- ค่าใช้จ่ายด้านสินค้าคงคลังส่วนสินค้าสำเร็จรูปของผู้ผลิตสามารถคำนวณได้จาก

$$\text{Inventory cost} = (S \times n^*) + (H \times I)$$

$$\text{Inventory cost} = (20 \times 10) + (1 \times 400)$$

$$\text{Inventory cost} = 600$$

การคำนวณหาสินค้าคงคลังเฉลี่ย, จำนวนครั้งที่สั่งซื้อ, อัตราการหมุนเวียนของสินค้าคงคลัง และค่าใช้จ่ายด้านสินค้าคงคลังของศูนย์กระจายสินค้า สามารถแสดงวิธีคำนวณทางทฤษฎีได้ดังนี้

- ปริมาณสินค้าคงคลังเฉลี่ยของศูนย์กระจายสินค้าสามารถคำนวณได้จาก

$$I = \frac{Q}{2}$$

$$I = \frac{400}{2}$$

$$I = 200$$

- จำนวนครั้งที่สั่งซื้อของศูนย์กระจายสินค้า สามารถคำนวณได้จาก

$$n^* = \frac{D}{Q}$$

$$n^* = \frac{8,000}{400}$$

$$n^* = 20$$

- อัตราการหมุนเวียนของสินค้าคงคลังของศูนย์กระจายสินค้าสามารถคำนวณได้จาก

Inventory Turn rate = Number of Units Sold / Average Inventory

$$\text{Inventory Turn rate} = \frac{8,000}{200}$$

$$\text{Inventory Turn rate} = 40$$

- ค่าใช้จ่ายด้านสินค้าคงคลังของศูนย์กระจายสินค้าสามารถคำนวณได้จาก

$$\text{Inventory cost} = (S \times n^*) + (H \times I)$$

$$\text{Inventory cost} = (10 \times 20) + (1 \times 200)$$

$$\text{Inventory cost} = 400$$

การคำนวณในหัวข้อตรวจสอบความถูกต้องของโมเดลกระจายสินค้าที่มีสินค้าหลายชนิด, โมเดลผู้ค้าปลีกที่ขายสินค้าหลายชนิดและโมเดลการขนส่ง

ปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมสำหรับสินค้า A, B, และ C ที่โมเดลผู้ค้าปลีกที่ขายสินค้าหลายชนิดสามารถคำนวณได้ดังนี้

- ปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมของสินค้า A สามารถคำนวณได้จาก

$$Q^* = \sqrt{\frac{2SD}{H}}$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2(30)(8,000)}{3}}$$

$$Q^* = 400$$

- ปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมของสินค้า B สามารถคำนวณได้จาก

$$Q^* = \sqrt{\frac{2SD}{H}}$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2(5)(8,000)}{2}}$$

$$Q^* = 200$$

- ปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมของสินค้า C สามารถคำนวณได้จาก

$$Q^* = \sqrt{\frac{2SD}{H}}$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2(12)(12,000)}{5}}$$

$$Q^* = 240$$

ปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมสำหรับสินค้า A, B, และ C ที่โมเดลกระจายสินค้าที่มี  
สินค้าหลายชนิดสามารถคำนวณได้ดังนี้

- ปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมของสินค้า A สามารถคำนวณได้จาก

$$Q^* = \sqrt{\frac{2SD}{H}}$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2(20)(8,000)}{2}}$$

$$Q^* = 400$$

- ปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมของสินค้า B สามารถคำนวณได้จาก

$$Q^* = \sqrt{\frac{2SD}{H}}$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2(10)(8,000)}{4}}$$

$$Q^* = 200$$

- ปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมของสินค้า C สามารถคำนวณได้จาก

$$Q^* = \sqrt{\frac{2SD}{H}}$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2(6)(12,000)}{2.5}}$$

$$Q^* = 240$$

การคำนวณหาสินค้าคงคลังเฉลี่ย, จำนวนครั้งที่สั่งซื้อ, อัตราการหมุนเวียนของสินค้าคงคลัง และค่าใช้จ่ายด้านสินค้าคงคลังของโมเดลผู้ค้าปลีกที่ขายสินค้าหลายชนิด สามารถแสดงวิธีคำนวณทางทฤษฎีได้ดังนี้

สินค้า A

- ปริมาณสินค้าคงคลังเฉลี่ยของสินค้า A สามารถคำนวณได้จาก

$$I = \frac{Q}{2}$$

$$I = \frac{400}{2}$$

$$I = 200$$

- จำนวนครั้งที่สั่งซื้อของสินค้า A สามารถคำนวณได้จาก

$$n^* = \frac{D}{Q}$$

$$n^* = \frac{8,000}{400}$$

$$n^* = 20$$

- อัตราการหมุนเวียนของสินค้าคงคลังของสินค้า A สามารถคำนวณได้จาก

$$\text{Inventory Turn rate} = \text{Number of Units Sold} / \text{Average Inventory}$$

$$\text{Inventory Turn rate} = \frac{8,000}{200}$$

$$\text{Inventory Turn rate} = 40$$

- ค่าใช้จ่ายด้านสินค้าคงคลังของสินค้า A สามารถคำนวณได้จาก

$$\text{Inventory cost} = (S \times n^*) + (H \times I)$$

$$\text{Inventory cost} = (30 \times 20) + (3 \times 200)$$

$$\text{Inventory cost} = 1,200$$

สินค้า B

- ปริมาณสินค้าคงคลังเฉลี่ยของสินค้า B สามารถคำนวณได้จาก

$$I = \frac{Q}{2}$$

$$I = \frac{200}{2}$$

$$I = 100$$

- จำนวนครั้งที่สั่งซื้อของสินค้า B สามารถคำนวณได้จาก

$$n^* = \frac{D}{Q}$$

$$n^* = \frac{8,000}{200}$$

$$n^* = 40$$

- อัตราการหมุนเวียนของสินค้าคงคลังของสินค้า B สามารถคำนวณได้จาก

$$\text{Inventory Turn rate} = \text{Number of Units Sold} / \text{Average Inventory}$$

$$\text{Inventory Turn rate} = \frac{8,000}{100}$$

$$\text{Inventory Turn rate} = 80$$

- ค่าใช้จ่ายด้านสินค้าคงคลังของสินค้า B สามารถคำนวณได้จาก

$$\text{Inventory cost} = (S \times n^*) + (H \times I)$$

$$\text{Inventory cost} = (5 \times 80) + (2 \times 100)$$

$$\text{Inventory cost} = 400$$

สินค้า C

- ปริมาณสินค้าคงคลังเฉลี่ยของสินค้า C สามารถคำนวณได้จาก

$$I = \frac{Q}{2}$$

$$I = \frac{240}{2}$$

$$I = 120$$

- จำนวนครั้งที่สั่งซื้อของสินค้า C สามารถคำนวณได้จาก

$$n^* = \frac{D}{Q}$$

$$n^* = \frac{12,000}{240}$$

$$n^* = 50$$

- อัตราการหมุนเวียนของสินค้าคงคลังของสินค้า C สามารถคำนวณได้จาก

Inventory Turn rate = Number of Units Sold / Average Inventory

$$\text{Inventory Turn rate} = \frac{12,000}{120}$$

$$\text{Inventory Turn rate} = 100$$

- ค่าใช้จ่ายด้านสินค้าคงคลังของสินค้า C สามารถคำนวณได้จาก

$$\text{Inventory cost} = (S \times n^*) + (H \times I)$$

$$\text{Inventory cost} = (12 \times 50) + (5 \times 120)$$

$$\text{Inventory cost} = 1,200$$

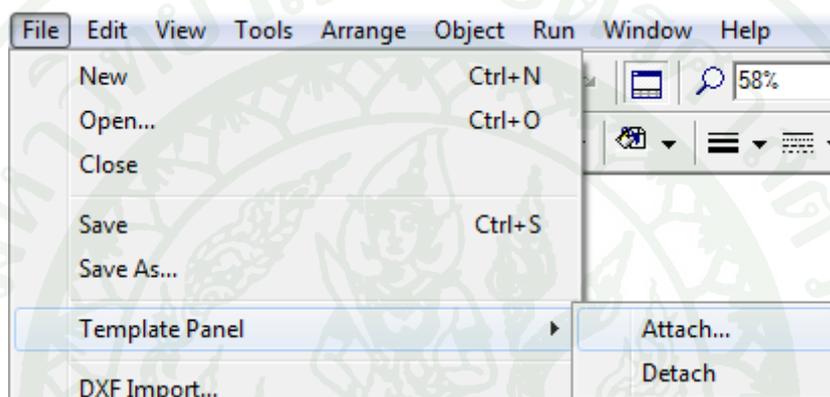
ซึ่งการคำนวณค่าต่างๆ ที่ศูนย์กระจายสินค้าที่มีสินค้าหลายชนิดก็คำนวณวิธีเดียวกันกับ  
ผู้ค้าปลีกที่ขายสินค้าหลายชนิด



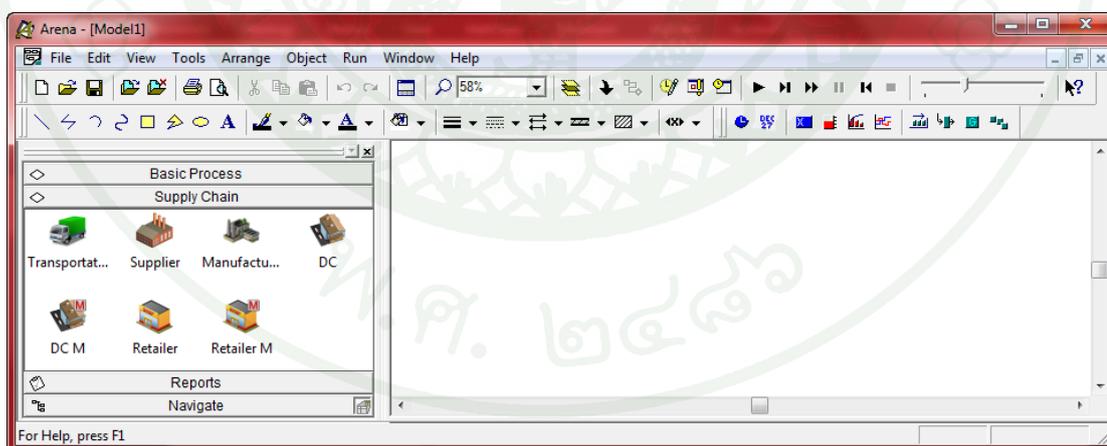
## วิธีการใช้งานเทมเพลตห่วงโซ่อุปทาน

### 1. วิธีการแนบเทมเพลตห่วงโซ่อุปทาน

เมื่อเปิดโปรแกรมไปที่ File > Template Panel > Attach... > เลือก Supply Chain.tpo (ภาพผนวกที่ จ1) เมื่อเทมเพลตห่วงโซ่อุปทานถูกแนบและพร้อมใช้งาน (ภาพผนวกที่ จ2)



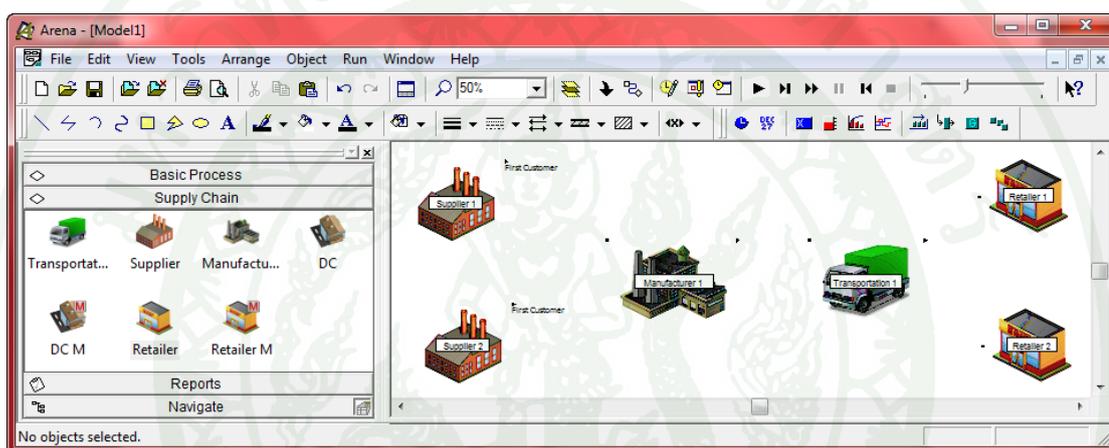
ภาพผนวกที่ จ1 การแนบเทมเพลตห่วงโซ่อุปทานเข้ามาในแถบเทมเพลต



ภาพผนวกที่ จ2 เทมเพลตห่วงโซ่อุปทานพร้อมใช้งาน

## 2. การนำเทมเพลตห่วงโซ่อุปทานมาใช้งาน

เมื่อแนบเทมเพลตห่วงโซ่อุปทานเข้ามาช่องเทมเพลตแล้ว จากนั้นจะขอยกตัวอย่างการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ห่วงโซ่อุปทานเพื่อให้เข้าใจวิธีการสร้างได้ง่ายขึ้น โดยเริ่มแรกให้ลากโมดูลที่เราจะใช้สร้างมาเตรียมไว้ก่อน โดยในตัวอย่างนี้จะใช้ 2 ผู้จัดหาวัตถุดิบ, 1 ผู้ผลิต, 1 การขนส่ง และ 2 ผู้ค้าปลีก ดังภาพผนวกที่ 3



ภาพผนวกที่ 3 ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองห่วงโซ่อุปทาน

## 3. การตั้งค่าภายในเทมเพลต

การตั้งค่าภายในเทมเพลตเป็นส่วนสำคัญผู้ใช้ต้องกรอกค่าให้เหมาะสมเพื่อให้เทมเพลตทำงานได้ถูกต้อง โดยเริ่มจากการตั้งค่าของเทมเพลตผู้จัดหาวัตถุดิบก่อน ซึ่งจะมีหน้าต่างให้ผู้ใช้กรอกค่าต่างๆ หน้าแรกที่จะปรากฏขึ้นคือหน้าต่างหลัก ซึ่งเป็นที่ผู้ใช้จะต้องกรอกรายละเอียดพื้นฐานของโมดูล

ภาพผนวกที่ ๔ หน้าต่างหลักของโมดูลผู้จัดหาวัตถุดิบ

จากหน้าต่างหลักจะเห็นว่ามีช่องที่ผู้ใช้ต้องกรอกข้อมูลอยู่ 5 ช่อง คือ

ID: เป็นรหัส โมดูล ซึ่งจะมีค่าเป็นจำนวนเต็มตั้งแต่ 1 ขึ้นไป

Name: เป็นชื่อของโมดูล เช่น ชื่อบริษัทต่างๆ

Product: เป็นชื่อของผลิตภัณฑ์ หรือสินค้าที่ผลิต

Order Decoupling Point: คือรูปแบบการผลิต ซึ่งสำหรับ โมดูลผู้จัดหาวัตถุดิบ ผู้ใช้สามารถกำหนดได้ MTS, MTO และ ETO

Number of Customer: คือจำนวนของลูกค้าลำดับถัดไป ซึ่งผู้ใช้สามารถกำหนดให้มีจำนวนลูกค้าได้ตั้งแต่ 1 ถึง 5 ราย ซึ่งในตัวอย่างนี้มีผู้ผลิตเป็นลูกค้าเพียงรายเดียว

การตั้งค่าในการผลิต ให้คลิกเข้าไปที่ปุ่มการผลิต (Manufacturing...) จากนั้นจะปรากฏหน้าต่างรายละเอียดการผลิตขึ้นดังภาพผนวกที่ จ5

ภาพผนวกที่ จ5 ส่วนการผลิตของ โมดูลผู้จัดทำวัตถุดิบ

จากหน้าต่างการผลิตจะเห็นว่ามีส่วนที่ผู้ใช้ต้องกรอกข้อมูลอยู่ 5 ช่อง คือ

Setup time: เวลาที่ใช้ปรับตั้งหรือเตรียมการผลิต ก่อนจะเริ่มทำการผลิต

Production time per unit: เวลาที่ใช้ในการผลิตสินค้าแต่ละชิ้น

Engineering lead time: เวลาที่ใช้การออกแบบ จะปรากฏขึ้นเมื่อเลือกรูปแบบการผลิตแบบ ETO เท่านั้น

Number of machine: จำนวนเครื่องจักรที่ใช้ผลิต ซึ่งผู้ใช้สามารถตั้งค่าความน่าจะเป็นที่เครื่องจักรที่ใช้ผลิตจะเกิดการเสียได้ โดยการคลิกที่ปุ่ม การเสียของเครื่องจักร (Machine Failure...) จะปรากฏหน้าต่างรายละเอียดการเสียของเครื่องจักร ดังภาพผนวกที่ จ6

Capacity: จำนวนสินค้าที่ผลิตได้ต่อปี

**Machine Failure**

Time Failure type

Up time: 365 Units: Days

Down time: 0 Units: Days

Count Failure type

Count: 100

Down time: 0 Units: Days

OK Cancel Help

ภาพผนวกที่ ๖ หน้าต่างการเสียของเครื่องจักร

โดยการเสียของเครื่องจะแบ่งเป็น 2 รูปแบบ คือ

- รูปแบบการเสียที่อยู่ในรูปของเวลา (Time Failure type)
- รูปแบบการเสียที่อยู่ในรูปของจำนวนครั้ง (Count Failure type)

ซึ่งทั้ง 2 รูปแบบนี้สามารถใช้ร่วมกันได้

การตั้งค่าสินค้าคงคลัง ให้คลิกเข้าไปที่ปุ่มสินค้าคงคลัง (Inventory...) จากนั้นจะปรากฏหน้าต่างรายละเอียดสินค้าคงคลังขึ้นดังภาพผนวกที่ ๗

**Inventory**

Manual Lot size: Yes

Setup cost: 10 Baht

Holding cost: 0.5 Baht

Backordering cost: 1 Baht

Initial Inventory: 160 Units

Production Quantity: 160 Units

Reorder Point: 1 Units

Safety Stock: 0 Units

OK Cancel Help

ภาพผนวกที่ ๗ หน้าต่างสินค้าคงคลังของโมดูลผู้จัดหาวัตถุดิบเมื่อเลือกตั้งค่าเอง

ผู้ใช้สามารถเลือกตัดสินใจได้ว่าจะกำหนดระดับสินค้าคงคลังเองหรือจะให้เทมเพลตกำหนดให้

การกำหนดระดับสินค้าคงคลังเองให้เลือกที่ Manual Lot size: Yes (ภาพผนวกที่ ๖7) โดยผู้ใช้จะต้องกรอกข้อมูล

Setup cost: ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการปรับตั้งการผลิต

Holding cost: ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการจัดเก็บสินค้า

Backordering cost: ค่าใช้จ่ายในการจัดส่งย้อนหลัง

Initial Inventory: สินค้าคงคลังที่มีอยู่ในตอนเริ่มต้น

Production Quantity: ปริมาณที่สั่งผลิตในแต่ละครั้งการผลิต

Reorder Point: จุดสั่งผลิตใหม่

Safety Stock: สินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัย

ภาพผนวกที่ ๖8 หน้าต่างสินค้าคงคลังของโมดูลผู้จัดหาวัตถุดิบเมื่อเลือกให้เทมเพลตกำหนดค่าให้

การให้เทมเพลตกำหนดระดับสินค้าคงคลังให้เลือกที่ Manual Lot size: No (ภาพผนวกที่ ๖8) โดยผู้ใช้จะต้องกรอกข้อมูล

Setup cost: ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการปรับตั้งการผลิต

Holding cost: ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการจัดเก็บสินค้า

Backordering cost: ค่าใช้จ่ายในการจัดส่งย้อนหลัง

Service levels: ระดับการบริการ

Estimated lead time: ช่วงเวลานำส่งโดยประมาณ

การตั้งค่าในโมดูลผู้ผลิต ซึ่งเมื่อคลิกเข้าไปจะปรากฏหน้าต่างกรอกข้อมูลหลัก ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการติดต่อกับโมดูลอื่น สำหรับในตัวอย่างนี้ ผู้ผลิตจะต้องรับวัตถุดิบจากผู้จัดหาวัตถุดิบทั้ง 2 ราย และส่งสินค้าสำเร็จรูปไปให้กับร้านค้าปลีกทั้ง 2 ร้าน โดยผ่านโมดูลการขนส่ง ดังนั้นผู้ใช้จะต้องกรอกข้อมูลในช่อง ผู้จัดหาวัตถุดิบและลูกค้าให้ถูกต้อง ดังในภาพผนวกที่ จ9

Number of Supplier: จำนวนของผู้จัดหาวัตถุดิบ (2)

1st Supplier Name: ชื่อของผู้จัดหาวัตถุดิบรายที่ 1 (Supplier 1)

2nd Supplier Name: ชื่อของผู้จัดหาวัตถุดิบรายที่ 2 (Supplier 2)

Number of Customer: จำนวนของลูกค้า (2)

1st Customer ID: รหัสของผู้ค้าปลีกรายที่ 1 (1)

2nd Customer ID: รหัสของผู้ค้าปลีกรายที่ 2 (2)

ภาพผนวกที่ จ9 หน้าต่างหลักของโมดูลผู้ผลิต

เมื่อกำหนดข้อมูลดังนี้แล้วคลิก OK ภาพประจำโมดูลจะเกิดการเปลี่ยนแปลง โดยมีจุดเข้าและจุดออกเพิ่มขึ้นมาดังภาพผนวกที่ จ10 โดยจุดเข้าและจุดออกจะสัมพันธ์กับข้อมูลที่เรากرอกไป



ภาพผนวกที่ จ10 จุดเข้าและจุดออกที่ปรากฏขึ้นหลังตั้งค่าภายในโมดูล

ส่วนบัญชีรายการวัตถุดิบ (BOM...) จะส่วนที่บอกว่าใช้วัตถุดิบแต่ละชนิดกี่ชิ้นเพื่อประกอบขึ้นเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป โดยข้อมูลที่ผู้ใช้จะสามารถกำหนดได้จะต้องเป็นจำนวนเต็มเท่านั้น ซึ่งในกรณีมีวัตถุดิบเพียง 2 ชนิดที่รับมาจะผู้จัดหา 2 ราย ดังภาพผนวกที่ จ11

ภาพผนวกที่ จ11 หน้าต่างแสดงบัญชีรายการวัตถุดิบของโมดูลผู้ผลิต

สำหรับส่วนการผลิตและสินค้าคงคลังในโมดูลนี้จะไม่ขอพูดถึงเนื่องจากได้อธิบายรายละเอียดไปแล้วในโมดูลผู้จัดหาวัตถุดิบ

การตั้งค่าในโมดูลการขนส่ง เมื่อคลิกเข้าไปในโมดูลการขนส่งผู้ใช้จะเห็นหน้าต่างหลักของโมดูล ซึ่งในตัวอย่างนี้จะมีการขนส่งไปให้กับลูกค้าปลีกทั้ง 2 ราย โดยต้องกำหนดค่าดังนี้

Number of Customer: จำนวนลูกค้าที่จะต้องนำส่งสินค้า

Type of transporter: ชนิดการขนส่ง เช่น ทางรถบรรทุก, ทางอากาศ, ทางเรือ และในรูปแบบเอกสาร

Number of transporter: จำนวนทรัพยากร (Resource) ที่มีไว้ใช้ในการขนส่ง เช่น ถ้ามีรถไว้ขนส่ง 1 คัน จะสามารถส่งของให้กับลูกค้าได้ครั้งละราย แต่ถ้ามี 2 คันจะสามารถขนส่งสินค้าได้ 2 ราย พร้อมๆ กัน เป็นต้น

After transport delay: เมื่อผู้ใช้ทำเครื่องหมายในช่องนี้หมายถึง ทรัพยากรต้องใช้เวลาในการรอคอยให้กลับมาใช้ได้อีกครั้งเมื่อขนส่งสินค้าให้ลูกค้าไปแล้ว เช่น เมื่อรถใช้เวลาไปส่งของให้ลูกค้า 1 ชั่วโมง และเดินทางกลับมายังบริษัทใช้เวลาอีก 1 ชั่วโมง จึงจะใช้รถคันเดิมได้อีกครั้ง เป็นต้น ดังนั้นเมื่อทำเครื่องหมายในช่องจะปรากฏช่องในผู้ใช้กรอกข้อมูลเวลาในการรอคอย (Delay) เพื่อระบุเวลาที่ทรัพยากรจะกลับมาใช้ได้หลังจากขนส่ง แสดงในภาพผนวกที่ จ12

1st Customer: เวลาที่ใช้ในการขนส่งสินค้าให้ลูกค้ารายที่ 1

Delay: เวลาที่ทรัพยากรจะกลับมาใช้ได้หลังจากไปส่งสินค้าให้ลูกค้ารายที่ 1

2nd Customer: เวลาที่ใช้ในการขนส่งสินค้าให้ลูกค้ารายที่ 2

Delay: เวลาที่ทรัพยากรจะกลับมาใช้ได้หลังจากไปส่งสินค้าให้ลูกค้ารายที่ 2

ภาพผนวกที่ จ12 หน้าต่างหลักของโมดูลการขนส่ง

การกำหนดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง ให้คลิกที่ปุ่มค่าใช้จ่ายในการขนส่ง (Transportation cost) จะปรากฏหน้าต่างในภาพผนวกที่ จ13 ซึ่งค่าใช้จ่ายในการขนส่งจะแยกเป็น 3 ส่วนดังนี้

Cost per shipment: ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการขนส่งสินค้าในแต่ละรอบ เช่น ค่าน้ำมัน, ค่าแรงพิเศษ, ค่าทางด่วน เป็นต้น

Cost per unit: เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดจากจำนวนสินค้าที่บรรทุก เช่น จำนวนสินค้าที่ขนส่งโดยเรือเดินสมุทร ค่าขนส่งโดยทางเครื่องบิน เป็นต้น

Annual cost: ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องต่างๆ เป็นรายปี เช่น เงินเดือนพนักงาน ค่าบำรุงรักษา และค่าอำนวยความสะดวกต่างๆ เป็นต้น

สำหรับการเสียของทรัพยากรที่ใช้ขนส่ง (Transporter Failure) นั้นมีการระบุค่าเช่นเดียวกันกับการเสียของเครื่องจักรที่อธิบายไปแล้ว

The screenshot shows a dialog box titled "Transportation cost" with the following fields:

- Cost per shipment:**
  - 1st Customer: 10 Baht
  - 2nd Customer: 10 Baht
- Cost per unit:**
  - 1st Customer: 0 Baht
  - 2nd Customer: 0 Baht
- Annual Cost:**
  - Labor cost: 100 Baht
  - Maintenance cost: 100 Baht
  - Facility cost: 100 Baht

Buttons for OK, Cancel, and Help are located at the bottom right.

ภาพผนวกที่ จ13 หน้าต่างค่าใช้จ่ายในการขนส่ง

การกำหนดค่าใน โมดูลผู้ค้าปลีก ที่หน้าหลักของโมดูลผู้ค้าปลีก มีส่วนของข้อมูลทั่วไปและชื่อของผู้ที่ส่งสินค้าให้ (Supplier Name) ซึ่งในตัวอย่างนี้ก็คือ Manufacturer 1 ดังภาพผนวกที่ จ14

ส่วนสินค้าคงคลังของโมดูลผู้ค้าปลีกจะแตกต่างจากโมดูลอื่นๆ เนื่องจากโมดูลผู้ค้าปลีกจะเป็นโมดูลที่ป้อนความต้องการเข้าสู่ระบบห่วงโซ่อุปทาน ดังนั้นจะมีรายละเอียดด้านความต้องการของลูกค้าให้กรอกข้อมูล ดังที่แสดงในภาพผนวกที่ จ15 โดยต้องกรอกข้อมูลดังนี้

Estimated annual demand: เป็นค่าประมาณความต้องการสินค้าต่อปี เพื่อใช้ในการกำหนดปริมาณสินค้าคงคลังไว้รองรับความต้องการในกรณีที่มีรูปแบบการผลิตแบบ MTS และให้เทมเพลตเป็นผู้กำหนดปริมาณสินค้าคงคลังให้

Estimated annual demand SD: ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความต้องการต่อปี

Demand distribution: รูปแบบการแจกแจงของความต้องการลูกค้าในแต่ละครั้งที่เข้ามา โดยผู้ใช้สามารถกำหนดการแจกแจงได้หลายรูปแบบ

Time between arrivals: เป็นเวลาที่ลูกค้าแต่ละรายระหว่างการเข้ามาของลูกค้าแต่ละรายโดยมีหน่วยเป็นต่อวัน

The image shows a 'Retailer' dialog box with the following fields and options:

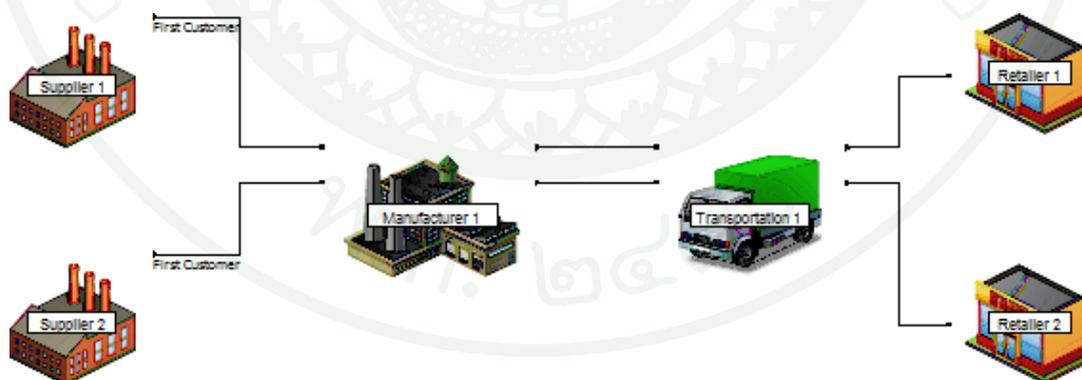
- General**
  - ID: 1
  - Name: Retailer 1
  - Product: Product1
  - Order Decoupling Point: MTS
  - Supplier name: Manufacturer 1
- Buttons: Inventory..., Option..., OK, Cancel, Help

ภาพผนวกที่ 14 หน้าต่างหลักของโมดูลผู้ค้าปลีก

Inventory		Product code: 1	
Manual Lot size:	Yes		
Customer Demand			
Estimated annual demand:	12000	Units per year	Seasonal...
Estimated annual demand SD:	300	Units per year	
Demand distribution:	NORM(30, 10)	Units per Arrivals	
Time between arrivals:	TRIA( 0.2 , 0.4 , 0.8 )	Days	
Ordering Cost:	15 Baht	Initial Inventory:	10 Units
Holding Cost:	6 Baht	Order Quantity:	10 Units
Backordering Cost:	12 Baht	Reorder Point:	1 Units
		Safety Stock:	0 Units
		OK	Cancel Help

ภาพผนวกที่ ๑15 หน้าต่างสินค้าคงคลังของโมดูลผู้ค้าปลีก

เมื่อกำหนดค่าต่างๆ ตามที่ต้องหมดทุกโมดูลแล้วลากเส้นเชื่อมต่อแต่ละโมดูลให้แบบจำลองห่วงโซ่อุปทานสมบูรณ์



ภาพผนวกที่ ๑16 แบบจำลองระบบห่วงโซ่อุปทานที่เสร็จสมบูรณ์แล้ว

จากนั้นทำการปรับตั้งการประมวลผลโดยที่ ส่วนสำคัญควรกำหนดค่าช่วงเวลาการประมวลผล (Replication Length) ควรจะกำหนดให้อยู่ในหน่วยเป็นต่อปี, และหน่วยเวลา (Time Unit) ต่างๆ ให้อยู่รูปแบบวัน ดังรูปในภาพผนวกที่ ๑17

Run Speed	Run Control	Reports
Project Parameters	Replication Parameters	Array Sizes
Number of Replications: <input type="text" value="10"/>		Initialize Between Replications <input checked="" type="checkbox"/> Statistics <input checked="" type="checkbox"/> System
Start Date and Time: <input type="text" value="6 มกราคม 2554 13:38:54"/>		
Wam-up Period: <input type="text" value="0.0"/>	Time Units: <input type="text" value="Days"/>	
Replication Length: <input type="text" value="365"/>	Time Units: <input type="text" value="Days"/>	
Hours Per Day: <input type="text" value="24"/>	Base Time Units: <input type="text" value="Days"/>	
Terminating Condition: <input type="text"/>		

ภาพผนวกที่ 17 การปรับตั้งค่าการประมวลผล

## ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นายอลงกรณ์ จรัสสุริยา
วัน เดือน ปี ที่เกิด	19 กรกฎาคม 2525
สถานที่เกิด	ร้อยเอ็ด
ประวัติการศึกษา	ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมอุตสาหการ)
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-