บทที่ 3

การสร้างแบบจำลองปัญหา

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำวิธีการจำลองแบบปัญหามาประยุกต์ใช้กับระบบงานจริง โดยเป็นระบบการผลิตแบบสายการประกอบ ซึ่งจะทำให้เห็นขั้นตอนในการจัดทำแบบจำลองปัญหาอย่างชัดเจน

สำหรับโรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานในกลุ่มอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งมีผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 3 ชนิดได้แก่

1. หัวอ่าน-เขียน (Slider) จะเป็นหัวอ่านสำหรับอ่านและบันทึกข้อมูลในหน่วยความจำแบบถาวร

2. หัวอ่าน-เขียนสำเร็จ (Head Gimbals Assembly) จะเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตต่อจากหัวอ่านเขียนอีกขั้นหนึ่ง คือจะเป็นขั้นตอนในการประกอบหัวอ่าน-เขียนเข้ากับ Suspension อีกทีหนึ่ง

3. ชุดหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ (Head Stack Assembly) จะเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้ายของอุปกรณ์ที่ใช้อ่าน-เขียนข้อมูลจากหน่วยเก็บข้อมูลอย่างถาวร

โดยในแต่ละผลิตภัณฑ์จะมีสายการผลิตเฉพาะไม่เหมือนกัน และแยกกันผลิต ซึ่งในวิทยานิพนธ์นี้จัดทำแบบจำลองแบบปัญหาของสายการผลิตชุดหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ

3.1 การตั้งปัญหา

สำหรับการวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของการจัดสมดุลสายการผลิตที่เกี่ยวเนื่องกับการขนย้ายวัสดุและตำแหน่งของสถานีงานร่วมที่มีผลต่อประสิทธิภาพของสายการผลิตและชิ้นงานระหว่างการผลิต

3.2 การกำหนดระบบงานที่ใช้ในการศึกษา

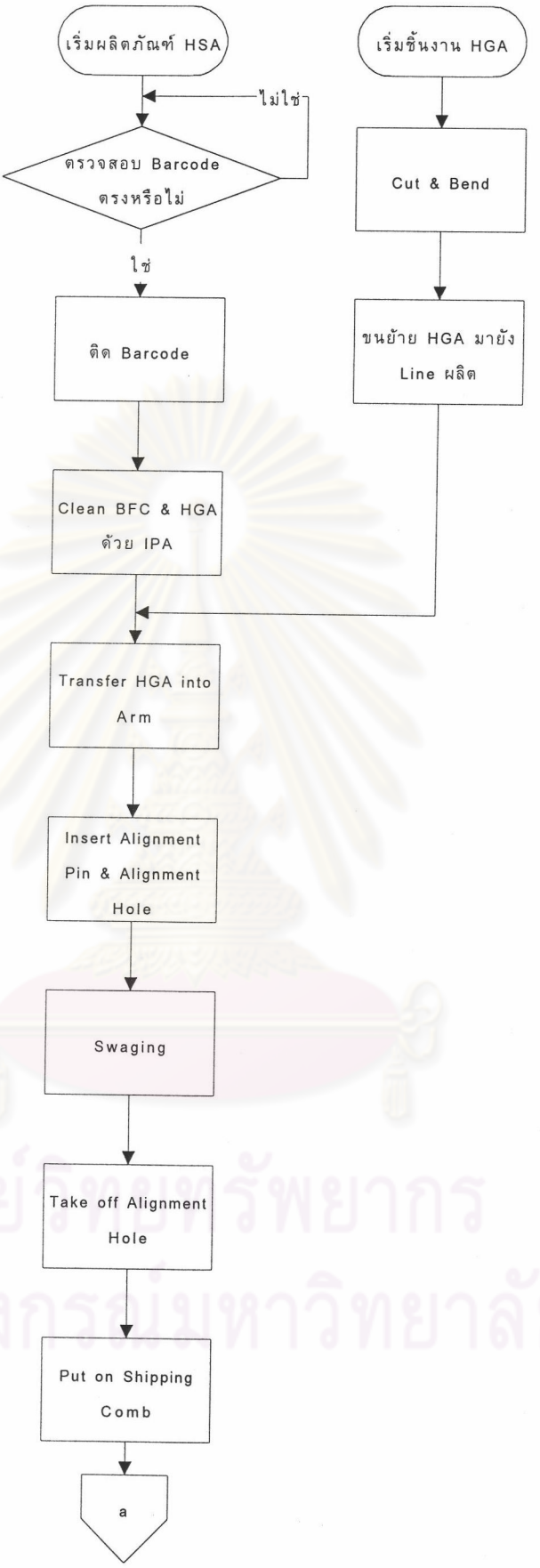
ในส่วนแรกของการสร้างแบบจำลองแบบปัญหาต้องกำหนดระบบงานที่ทำการศึกษาในขั้นต้น ซึ่งจะบอกขอบเขตของระบบงาน โดยองค์ประกอบต่างๆทั้งภายในและภายนอกระบบงานจะมีลักษณะเฉพาะตัว (Attributes) ซึ่งจะทำให้เกิดกิจกรรม (Activities) และกิจกรรมเหล่านี้จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะภาพของระบบงาน (System Status) โดยการกำหนดสิ่งต่างๆเหล่านี้จะแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 องค์ประกอบ ลักษณะเฉพาะตัว และกิจกรรมของระบบที่ศึกษา

องค์ประกอบ	ลักษณะเฉพาะตัว	กิจกรรม
ชิ้นงาน	ชนิดของผลิตภัณฑ์ เวลาในการผลิต ของดี ของเสีย	อยู่ในการผลิต
เครื่องจักร	เวลาในการผลิต ประสิทธิภาพของเครื่องจักร	ทำงาน ว่าง
พนักงานผลิต	เวลาในการผลิต ประสิทธิภาพในการผลิต	ทำงาน ว่าง
พนักงานขนย้าย	สายการผลิต เวลาในการเดินทาง	ทำงาน ว่าง
ฟิกเจอร์	ขั้นตอนงานผลิต จำนวน	จับชิ้นงาน ว่าง
แถวคอย	จำนวนชิ้นงานในแถวคอย	มีชิ้นงาน ว่าง
เส้นทางการเดินทางของพนักงานขนย้าย	ระยะทาง	เป็นระยะทางการขนย้ายของพนักงานขนย้าย

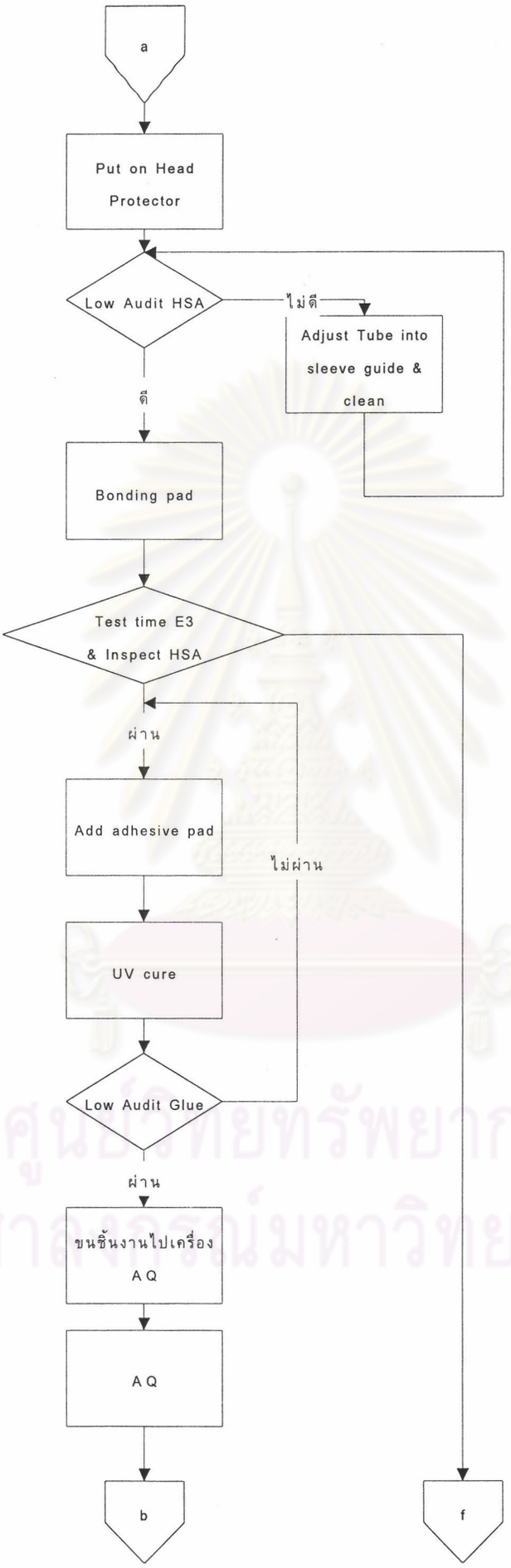
สำหรับขั้นตอนการทำงานของระบบการผลิตจะแสดงดังในรูปที่ 3.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



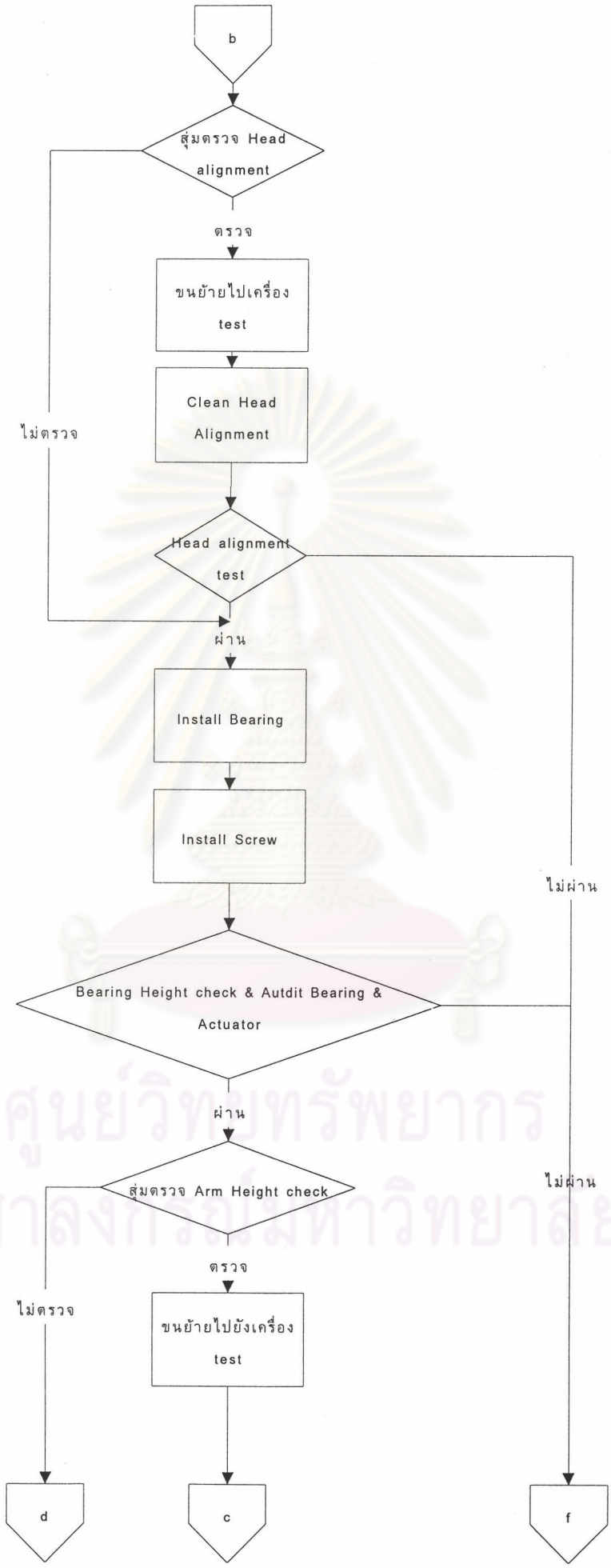
รูปที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการทำงานของระบบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



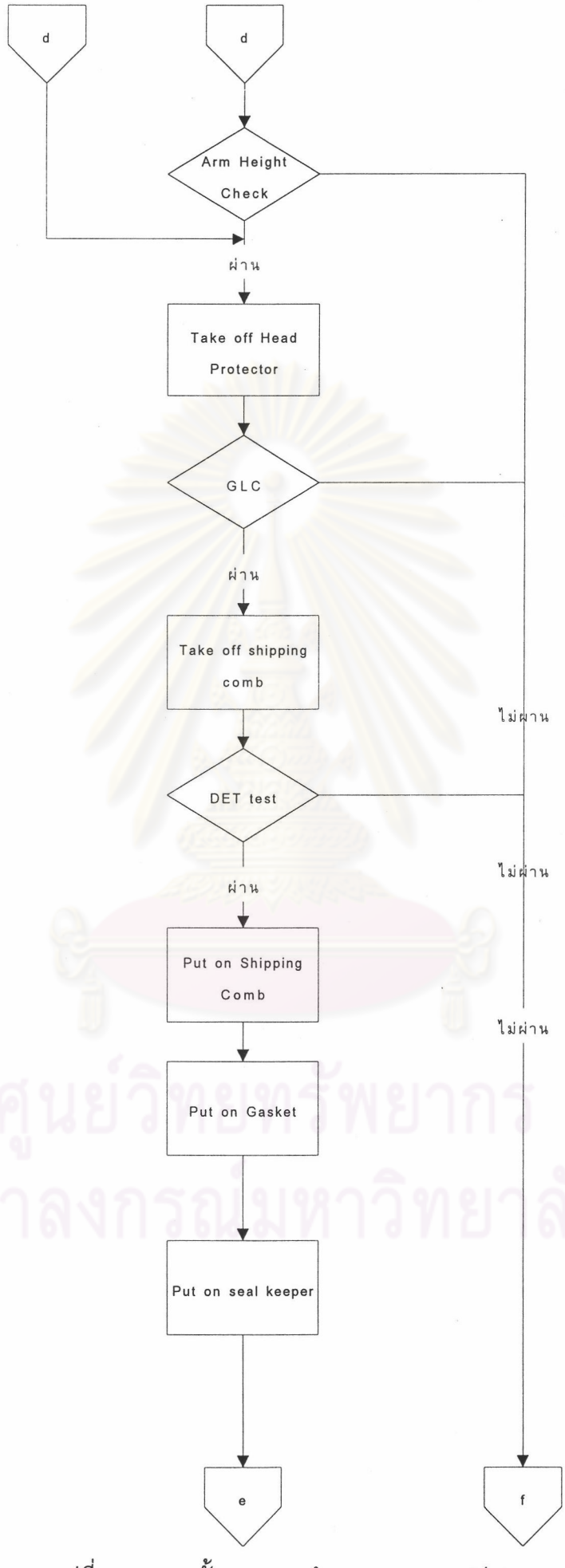
รูปที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการทำงานของระบบ (ต่อ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



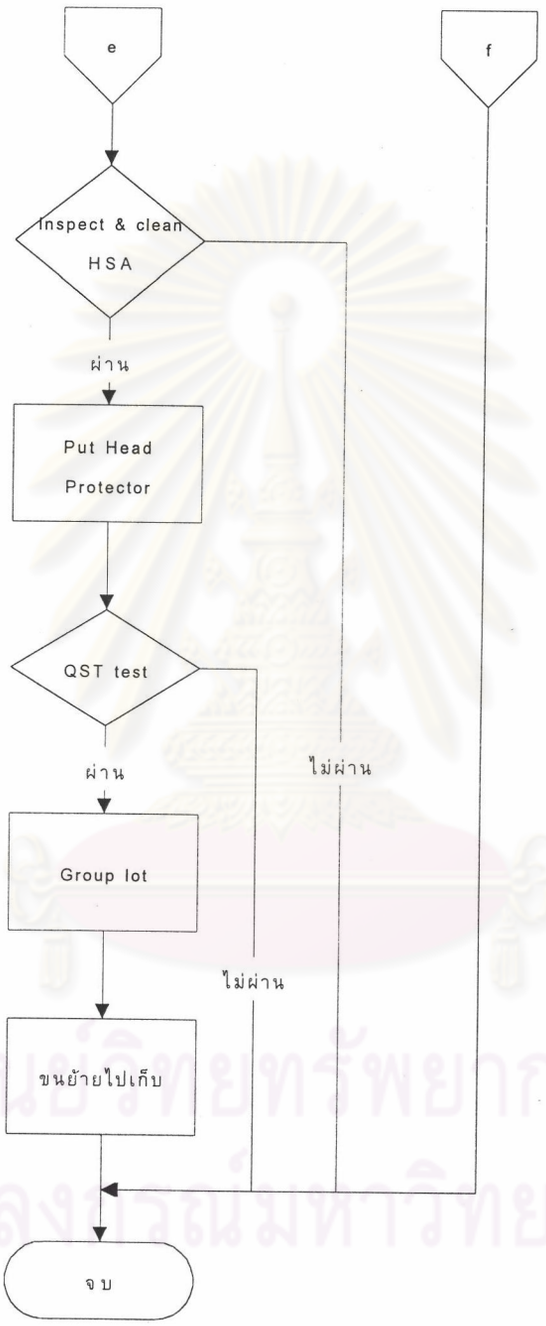
รูปที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการทำงานของระบบ (ต่อ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการทำงานของระบบ (ต่อ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการทำงานของระบบ (ต่อ)

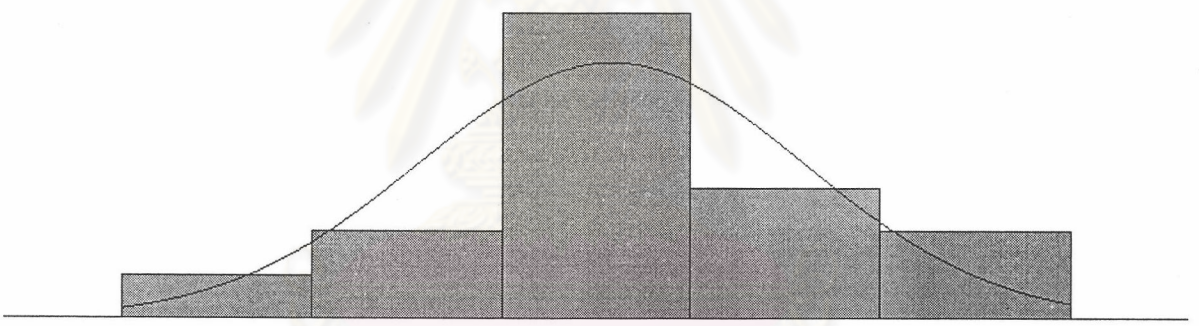
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในแบบจำลองปัญหานี้เป็นระบบของการผลิตดังนั้นข้อมูลที่สำคัญที่จะต้องใช้ในแบบจำลองปัญหาได้แก่

1. เวลาในการผลิตในแต่ละขั้นตอน

ในส่วนเวลาการผลิตแต่ละขั้นตอนมีการกระจายที่แตกต่างกันไป โดยในงานวิจัยนี้ได้ทำการเก็บข้อมูลในแต่ละขั้นตอนการผลิตและทำการทดสอบการกระจายของข้อมูลที่ได้ด้วยการทดสอบแบบ K-S และการทดสอบไคร์สแควร์ รวมทั้งหาค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการกระจายนั้นๆโดยใช้โปรแกรม ARENA ในส่วนของ Input Analyzer ในการหารูปแบบการกระจายที่เหมาะสมกับข้อมูลที่เก็บได้เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลในการทำ Simulation ต่อไป ซึ่งรูปแบบการกระจายที่เหมาะสม โปรแกรมจะพิจารณาจากค่า P-Value ที่สูงกว่า 0.10 และค่า Square Error ที่ต่ำที่สุด โดยรูปที่ 3.2 จะเป็นตัวอย่างของการหาการกระจายด้วย Input Analyzer



รูป 3.2 แสดงการกระจายของข้อมูลขั้นตอนการตรวจสอบ Barcode

Distribution Summary

Distribution: Normal

Expression: NORM(21.7, 2.24)

Square Error: 0.023813

Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.097

Corresponding p-value > 0.15

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สำหรับรูปแบบข้อมูลข้างต้นนั้นจะนำไปใช้ในโปรแกรม ARENA ซึ่งจะมีด้วยกัน 13 แบบดังตารางที่ 3.2 จะแสดงถึงสัญลักษณ์และความหมายของรูปแบบข้อมูล

ตารางที่ 3.2 แสดงรูปแบบข้อมูลที่มีใช้ในโปรแกรม ARENA (Pegden Claude Dennis, 1995)

รูปแบบการกระจาย	คำย่อ	พารามิเตอร์
Beta	BETA	($Alpha_1$,$Alpha_2$)
Continuous	CONT	($CumP_1$, Val_1, $CumP_2$, Val_2, ...)
Discrete	DISC	($CumP_1$, Val_1, $CumP_2$, Val_2, ...)
Erlang	ERLA	(ExpoMean, K)
Exponential	EXPO	(Mean)
Gamma	GAMM	(Beta, Alpha)
Johnson	JOHN	(Gamma, Delta, Lambda, Xi)
Lognormal	LOGN	(Mean, StdDev)
Normal	NORM	(Mean, StdDev)
Poisson	POIS	(Mean)
Triangular	TRIA	(Min, Mode, Max)
Uniform	UNIF	(Min, Max)
Weibull	WEIB	(Beta, Alpha)

จากตัวอย่างข้างต้นก็จะทำให้ได้ข้อมูลการกระจายของเวลาในขั้นตอนต่างๆดังนี้

ตาราง 3.3 แสดงข้อมูลการกระจายของเวลาในแต่ละขั้นตอนการผลิต Rigel 1x

ขั้นตอน	รูปแบบข้อมูลใช้ในโปรแกรม
ตรวจสอบ Barcode	NORM(21.7, 2.24)
ติด Barcode	3 + 1.38 * BETA(1.05, 1.67)
Cut & Bend HGA	213 + 25 * BETA(0.909, 0.669)
Clean BFC & HGA ด้วย IPA	NORM(1.74, 0.139)
Transfer HGA into Arm	15 + WEIB(5.27, 1.68)
Insert Alignment Pin & Alignment Hole	TRIA(13, 15.4, 16.4)
Swaging	27 + 1 * BETA(0.715, 0.669)
Take off Alignment Pin & Alignment Hole	NORM(5.78, 0.578)
Put on Shipping Comb	TRIA(4, 4.26, 6.58)

ตาราง 3.3 แสดงข้อมูลการกระจายของเวลาในแต่ละขั้นตอนการผลิต Rigel 1x (ต่อ)

ขั้นตอน	รูปแบบข้อมูลใช้ในโปรแกรม
Put on Head Protector	NORM(2.63, 0.418)
Low Audit HSA	3 + WEIB(2.18, 1.81)
Adjust tube into sleeve guide & clean	5.26 + 5.5 * BETA(1.39, 1.02)
Bonding pad	9 + 3 * BETA(1.49, 1.65)
Test time E3	17.5 + LOGN(1.05, 0.829)
Inspect HSA	16 + 6 * BETA(1.1, 0.643)
Add adhesive pad	4.56 + 1.44 * BETA(1.1, 0.813)
UV cure	34 + 1 * BETA(1.34, 1.07)
Low Audit glue	3.89 + 0.8 * BETA(1.32, 0.734)
AQ #1	2.36e+003 + 16 * BETA(0.817, 1.3)
AQ #2	NORM(2.77e+003, 2.07)
Clean Head Alignment M/C	NORM(2.03, 0.378)
Head Alignment test	TRIA(9.07, 10.1, 10.5)
Install Bearing	NORM(15.6, 0.421)
Install Screws	TRIA(5.44, 6.21, 7)
Clean Bearing	0.46 + LOGN(0.1, 0.0819)
Bearing height check	NORM(5.24, 0.471)
Test Arm Height Check	NORM(10.7, 0.918)
Take off Head Protector	6.15 + 3.24 * BETA(1.39, 1.19)
Gram load Check	14 + ERLA(0.827, 2)
Take off Shipping Comb	11 + ERLA(0.998, 3)
Test Time DET	NORM(13.1, 0.176)
Put on Shipping Comb	10 + ERLA(0.887, 2)
Put on Gasket	11 + EXPO(2.77)
Put on seal keeper	6.7 + LOGN(0.98, 0.653)
Inspect & Clean HSA	14 + WEIB(9.97, 1.57)
Put on Head Protector	2.29 + 0.58 * BETA(1.54, 1.3)
Test time QST	13 + 2.98 * BETA(0.756, 0.949)
Group Lot	TRIA(3.6, 5.04, 5.39)

สำหรับผลิตภัณฑ์ Rigel 2x และ 3x จะมีเวลาขั้นตอนการผลิตที่แตกต่างกันในบางขั้นตอนดั้งแสดงในตารางที่ 3.4 และ 3.5

ตาราง 3.4 แสดงข้อมูลการกระจายของเวลาในแต่ละขั้นตอนการผลิต Rigel 2x

ขั้นตอน	รูปแบบข้อมูลใช้ในโปรแกรม
Adjust tube into sleeve guide & clean	10 + 9 * BETA(1.04, 2.06)
Bonding pad	15.5 + 2.1 * BETA(0.766, 0.682)
Test time E3	18 + 3.37 * BETA(1.24, 1.23)
Add adhesive pad	7 + 2 * BETA(1.14, 0.689)
Head Alignment test	9.62 + 2.33 * BETA(1.2, 0.954)
Gram load Check	16.1 + LOGN(2.27, 1.57)
Test Time DET	22.1 + 2.55 * BETA(1.16, 1.8)
Test time QST	TRIA(15.5, 17.3, 19)

ตาราง 3.5 แสดงข้อมูลการกระจายของเวลาในแต่ละขั้นตอนการผลิต Rigel 3x

ขั้นตอน	รูปแบบข้อมูลใช้ในโปรแกรม
Adjust tube into sleeve guide & clean	12 + GAMM(1.44, 3.55)
Bonding pad	20 + 4 * BETA(1.42, 0.863)
Test time E3	20 + WEIB(1.22, 1.8)
Add adhesive pad	10 + 3 * BETA(0.93, 0.855)
Head Alignment test	10.3 + 2.71 * BETA(1.96, 1.83)
Gram load Check	UNIF(18, 23)
Test Time DET	33.6 + 1.67 * BETA(0.964, 1.23)
Test time QST	18.4 + LOGN(2, 1.53)

2. เวลาในการขนย้าย

โดยแบ่งเป็น 3 ส่วนด้วยกันคือ เวลาในการยกชิ้นงาน เวลาในการวางชิ้นงาน และเวลาในเดินของพนักงาน ซึ่งจะใช้สำหรับการขนย้ายในทุกๆครั้ง โดยจะแสดงข้อมูลการกระจายเวลาในการขนย้ายดังในตารางที่ 3.6

ตาราง 3.6 แสดงข้อมูลการกระจายของเวลาในการขนย้าย

ขั้นตอน	รูปแบบข้อมูลใช้ในโปรแกรม
Pick Up (Per 1 Time)	TRIA(2.14, 2.67, 2.86)
Drop off (Per 1 Time)	NORM(1.83, 0.302)
Transfer Time (Foot/sec.)	NORM(5.26, 0.12)

3.4 การพัฒนาโปรแกรม

สำหรับการจำลองแบบปัญหาในงานวิจัยนี้เป็นแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ การจำลองแบบปัญหาในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นแบบจำลองที่ได้นิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากสามารถนำไปใช้ได้กับรูปแบบระบบงานได้หลากหลาย สะดวกในการจัดทำและวิเคราะห์ผล

สำหรับการสร้างแบบจำลองในงานวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ARENA Version 5.01 ในการเขียนโปรแกรม โดยข้อดีของ ARENA Version ใหม่ที่แตกต่างกับโปรแกรม Siman คือ

1. ในโปรแกรม ARENA ไม่ต้องเขียนส่วน Model กับส่วน Experiment แยกกัน เนื่องจากในโปรแกรม ARENA ใหม่จะมี Basic Process และส่วน Support ที่สามารถรวมทั้ง Model และ Experiment เรียบร้อยแล้ว ทำให้การเขียนโปรแกรมมีความสะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้น

2. มีฟังก์ชันรูปภาพ Animation ทำให้สามารถทำ Verification ได้ง่ายขึ้น รวมถึงสะดวกในการนำเสนองานให้ผู้ที่ไม่มีความรู้ความเข้าใจระบบงานได้เข้าใจระบบงานได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

3. จำนวน Array ในโปรแกรมที่รองรับการ Run โปรแกรมที่มีความยุ่งยากและซับซ้อนได้มากยิ่งขึ้น ทำให้สามารถจำลองแบบปัญหาใหญ่ๆได้

สำหรับการจำลองแบบปัญหาในระบบการผลิตนี้เป็นระบบที่มีขนาดใหญ่ คือในแต่ละสายการผลิตมีขั้นตอนการผลิต 37 ขั้นตอน และมีทั้งหมด 7 สายการผลิต โดยในแต่ละสายการผลิตจะมีจุดที่ต้องเคลื่อนย้ายชิ้นงาน 4 จุดคือ

1. นำชิ้นงานมาวางที่สายการผลิต
2. นำชิ้นงานไปที่เครื่อง AQ
3. นำชิ้นงานไปที่สถานี DET Test
4. นำชิ้นงานที่ผลิตเสร็จไปที่จุด Packaging

นอกจากนั้นยังมีการสุ่มตัวอย่างทดสอบชิ้นงานอีก 2 จุดคือ

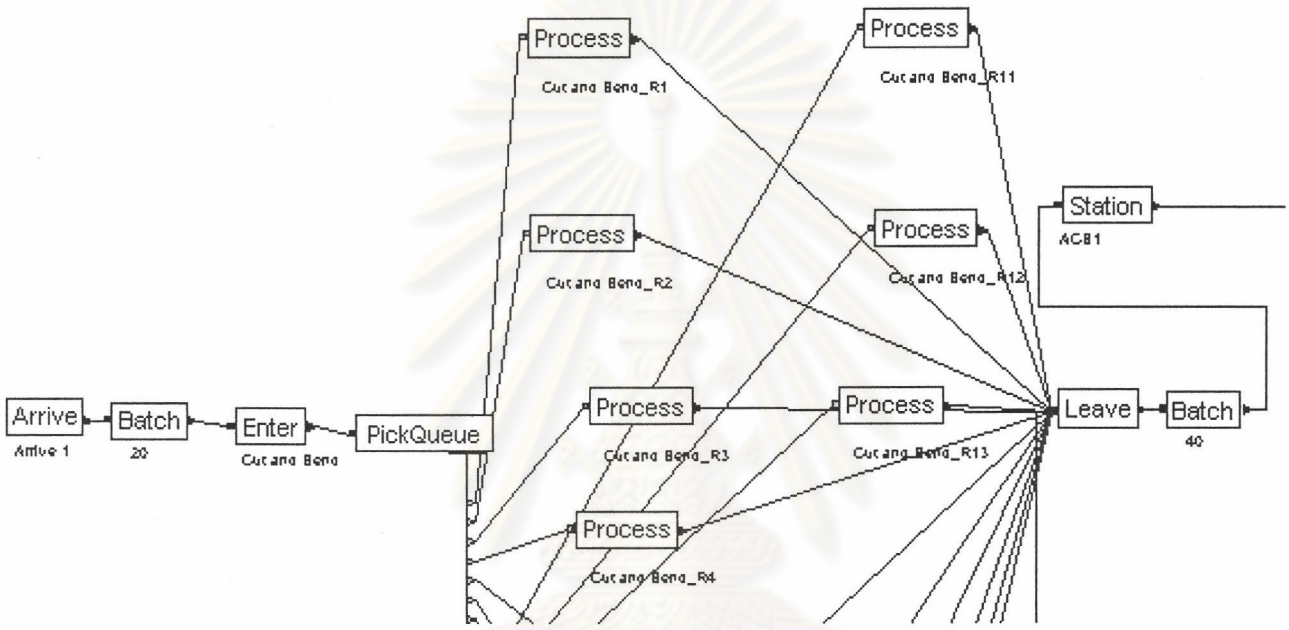
1. นำชิ้นงานไป Head Alignment Test (สุ่มตรวจชิ้นงาน 5%)
2. นำชิ้นงานไป Arm Height Test (สุ่มตรวจชิ้นงาน 5%)

ดังนั้นจะเห็นว่ามีการเคลื่อนย้ายในสายการผลิตมาก เพื่อความสะดวกในการเขียนโปรแกรมจึงได้ทำการเขียนโปรแกรมแยกส่วนต่างๆดังนี้

1. ส่วนของการผลิตขั้นตอน Cut & Bend ซึ่งจะมีเครื่องจักรทั้งหมด 18 เครื่องด้วยกัน
2. ส่วนของการผลิต Front line จะเป็นโปรแกรมในส่วนการผลิตตั้งแต่ขั้นตอน ตรวจสอบ Barcode จนถึงขั้นตอน Low Audit Glue
3. ส่วนของการผลิต End line จะเป็นโปรแกรมในส่วนการผลิตตั้งแต่ขั้นตอน Bearing Install จนถึงขั้นตอน Group Lot
4. ส่วนการผลิตขั้นตอน DET test จนถึงขั้นตอน Put on seal Keeper
5. ส่วนการตรวจสอบ Head Alignment Test
6. ส่วนการตรวจสอบ Arm Height Test
7. ส่วนการผลิตขั้นตอน AQ
8. ส่วนการประกอบ HGA เข้ากับ HSA
9. ส่วนการนำชิ้นงานที่ผลิตเสร็จแล้วมาเก็บ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สำหรับรูปที่ 3.3 จะเป็นตัวอย่างของโปรแกรม ARENA ในส่วนของขั้นตอนการผลิต Cut & Bend โดยในรูปจะเป็นส่วนย่อยของขั้นตอนการผลิตได้แก่เครื่อง Cut & Bend เครื่องที่ 1, 2, 3, 4, 11, 12 และ 13



รูปที่ 3.3 ตัวอย่างโปรแกรม ARENA ในขั้นตอน Cut & Bend

เมื่อเขียนโปรแกรมเสร็จซึ่งจะเป็น Source File เมื่อทำการ Run โปรแกรมก็จะทำการ Compile และ Link เป็นไฟล์ .p ที่ใช้สำหรับการ Run โปรแกรม เมื่อ Compile และ Link ไม่มีข้อผิดพลาดจึงจะสามารถ Run โปรแกรมศึกษากระบวนการผลิตได้

เนื่องจากโปรแกรมที่จัดทำขึ้นมามีขนาดใหญ่ค่าดั้งต้นของโปรแกรมที่เป็นส่วน Array ของโปรแกรมไม่เพียงพอ ดังนั้นจึงต้องทำการตั้งค่า Array ใหม่ในคำสั่ง Tool > Option > Array Size จากนั้นก็เปลี่ยนค่าทั้งหมดเพิ่มเป็น 10 เท่า จึงจะสามารถ Run โปรแกรมในระยะยาวได้

สำหรับโปรแกรมนี้ไม่สามารถที่จะแสดงเป็นไฟล์ตัวหนังสือได้เนื่องจากโปรแกรมมีขนาดใหม่มากเกินไป ดังนั้นจึงนำตัวอย่างของโปรแกรมไว้ในภาคผนวก ค

3.5 การตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง (Verification and Validation)

3.5.1 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Verification)

หลังจากทำการสร้างแบบจำลองเรียบร้อยแล้ว สิ่งที่สำคัญยิ่งสำหรับการจำลองแบบปัญหาคือการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง เพื่อตรวจสอบว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นมานั้นสามารถทำงานได้ถูกต้องตามที่ต้องการหรือไม่ ซึ่งในโปรแกรม ARENA นี้จะมีคำสั่งต่างๆที่ช่วยในการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองอยู่หลายคำสั่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งภาพ Animation จะทำให้การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองเป็นไปอย่างง่ายยิ่งขึ้น

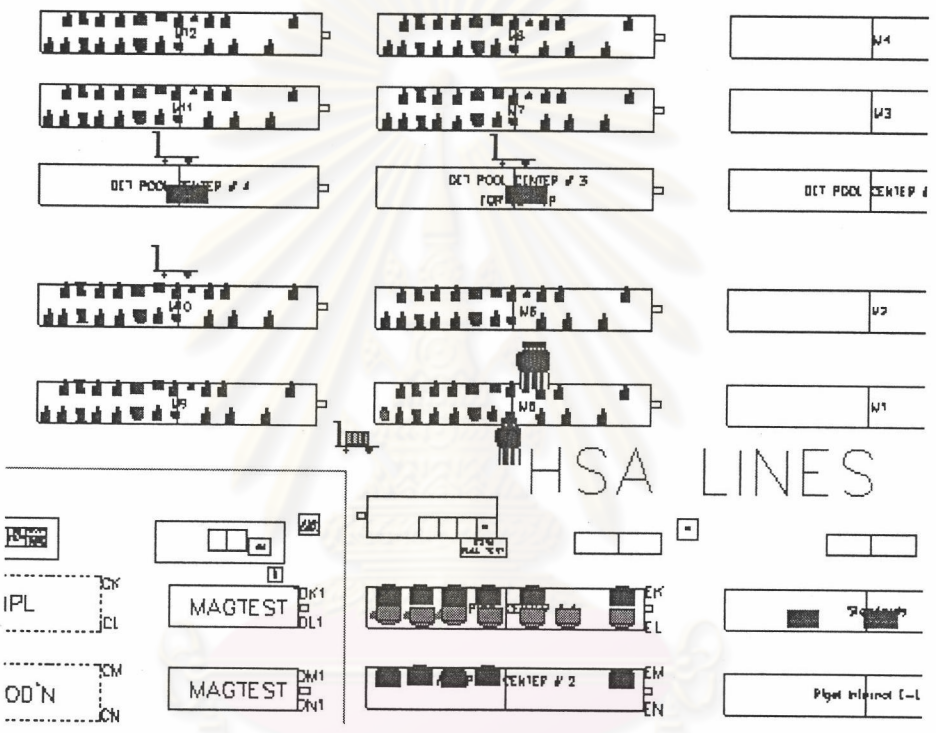
สำหรับโปรแกรมที่จัดทำขึ้นมานี้จะมีภาพเคลื่อนไหว (Animation) ด้วยซึ่งจะทำให้ง่ายต่อการตรวจสอบแต่เนื่องจากภาพขณะเคลื่อนไหวไม่สามารถที่จะทำการบันทึกให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของ Entity แต่ละชิ้นได้ ดังนั้นจึงจะนำเสนอขั้นตอนบางขั้นตอนที่สำคัญ

ก่อนจะเริ่มทำการ Run โปรแกรมให้ตั้งแต่การ Run แบบ Command ก่อนโดยเลือกที่ Tool bar เลือก Run > Run Control > Command หลังจากนั้นก็ใช้คำสั่ง Set trace เพื่อดูการทำงานของระบบที่เกิดขึ้นกับ Entity ที่สนใจดังในรูปที่ 3.4 ซึ่งจะพบว่ามีการสร้าง Entity 2 ที่เวลา 0

```
Reading program file: D:\AUNCOM\AUN\THESIS\PROGRAM\TEST\HSABEFORENEW26N.P
Beginning replication 1 of 1

SIMAN System Trace Beginning at Time: 0.0

Seq#  Label          Block    System Status Change
----  -------------- -------- ------------------------------------------------

Time:  0  Entity: 2

0.0>
```

รูปที่ 3.4 แสดงถึงการเริ่มต้น Run โปรแกรมใน Step แรก

เมื่อไม่ต้องการดูเหตุการณ์ที่ไม่สนใจใน Command ก็สั่งให้ Cancel trace มิเช่นนั้นจะทำให้เกิดการล่าช้าในการดูขั้นตอนต่อไปและจะเปลืองเนื้อที่ของ Memory อีกด้วย ดังนั้นวิธีที่จะทำช่วยในการตรวจสอบความถูกต้องก็คือการอาศัยภาพการเคลื่อนไหวในการดูว่ามีการทำตามขั้นตอนที่ต้องการหรือไม่ ดังเช่นในรูปที่ 3.5 จะพบว่าใกล้จะเกิดเหตุการณ์ที่สนใจคือมีการนำชิ้นงานจากขั้นตอน Cut & Bend จะมาประกอบที่สายการผลิตซึ่งจะเป็นช่วงเวลาที่จะทำการหยุดและสังเกตระบบต่อไป



รูปที่ 3.5 แสดงภาพเคลื่อนย้ายชิ้นงานจากขั้นตอน Cut & Bend มาที่สายการผลิต

หลังจากนั้นทำการหยุดการ Run ชั่วขณะแล้วกลับไป Set trace ที่หน้าจอ Command อีกครั้ง และใช้คำสั่ง Step ก็จะพบว่าที่เวลา 1547.7333 วินาที Entity ส่วนที่เปรียบเสมือน HGA ก็จะเข้ามาส่งสัญญาณไปยังสายการผลิต ดังรูปที่ 3.6 และในรูปที่ 3.7 หลังจากมีการส่งสัญญาณ ก็เริ่มทำการผลิตที่ HGA Load Operator M5

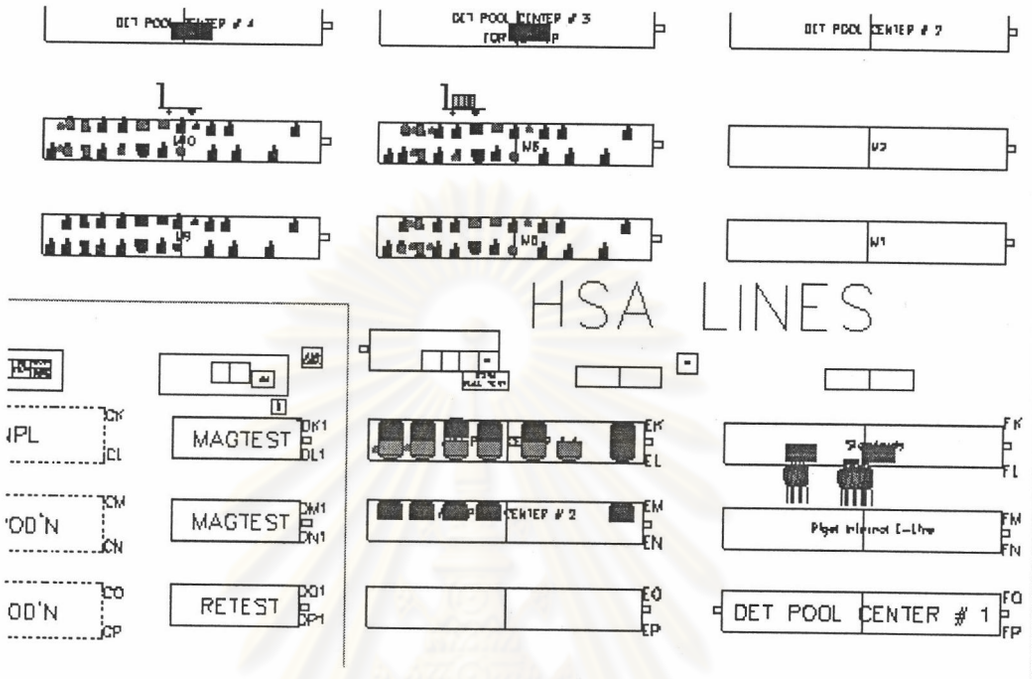
```
                                    Entity 97 removed from an internal queue
Time: 1547.7337  Entity: 97
 2582 18220$            TRACE
 2583 18217$            DELAY
                                    Delayed by 0.0 until time 1547.7337
 2584 134$              TRACE
 2585 18228$            ASSIGN
                                    NobatchHGAa set to 1.0
 2586 135$              TRACE
 2587 18229$            BRANCH
                                    Selecting at most 1 of 3 branches
                                    IF: Branch not selected
                                    IF: Entity 97 sent to 2476$
 2596 2476$             SIGNAL
                                    Signal number 7 sent
                                    Entity 8 removed from queue Hold 7.Queue
                                    Entity transferred to block 136$
 2588 136$              TRACE
 2589 18230$            ASSIGN
                                    NobatchHGAa set to 0.0
 2590 131$              STATION
                                    Entity 97 entered station End HGA5
 2591 18261$            TRACE
 2592 18231$            DELAY
                                    Delayed by 0.0 until time 1547.7337
 2593 18253$            COUNT
                                    Counter End HGA5_C incremented by 1 to 1
```

รูปที่ 3.6 แสดงการขั้นตอนการส่งสัญญาณ (Signal number 7)

```
 2833 2773$             TRACE
 2834 18982$            ASSIGN
                                    wipm5 set to 2.0
 2835 278$              TRACE
 2836 18983$            PICKQ
                                    Entity 859 sent to block 280$
                                    Entity transferred to block 280$
 3096 280$              QUEUE
                                    QueueTime set to 1547.7337
                                    Entity 859 sent to next block
 3097 21203$            SEIZE
                                    Seized 1 unit(s) of resource HGA Load Operator2 M5
 3098 21289$            BRANCH
                                    Selecting at most 1 of 2 branches
                                    IF: Branch not selected
                                    IF: Entity 859 sent to 21248$
 3100 21248$            TALLY
                                    Tally HGA Load Operator2 M5_Q Queue Time recorded 0.0
 3101 21299$            DELAY
                                    Delayed by 0.0 until time 1547.7337
 3102                   TRACE
 3103 21215$            DELAY
                                    Delayed by 1.7925222 until time 1549.5263

SIMAN Run Controller.
```

รูปที่ 3.7 แสดง Entity เริ่มเข้า HGA Load Operator 2 M5

และเมื่อเวลาผ่านไป 10879.81 วินาที จะพบว่ามีชิ้นวิ่งกลับมาจากการ AQ เพื่อเข้าสู่ขั้นตอน Bearing Installation ต่อไปดังรูปที่ 3.8 และในรูปที่ 3.9 แสดงถึงคำสั่งที่ Entity เข้าสู่ขั้นตอน Bearing Installation

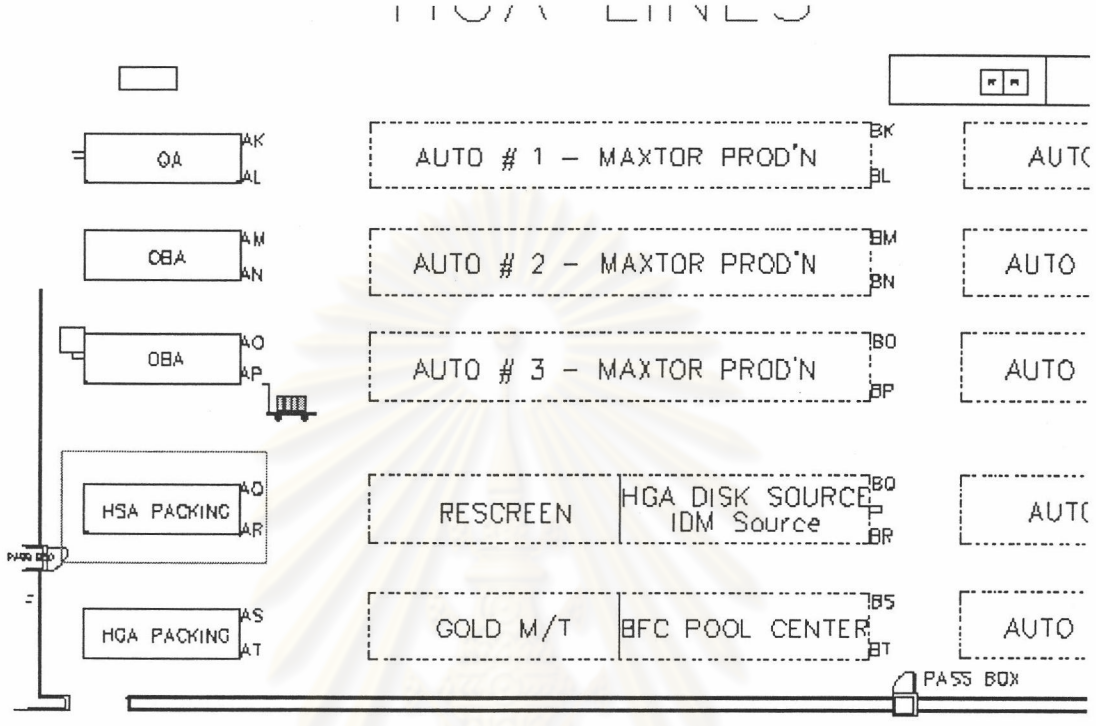


รูปที่ 3.8 แสดงการกลับจากขั้นตอน AQ เข้าสู่สายการผลิต

```
932 616$              TRACE
933 7507$             PICKQ
                                Entity 1671 sent to block 562$
934 562$              QUEUE
                                QueueTime set to 10893.687
                                Entity 1671 sent to next block
935 7508$             SEIZE
                                Seized 1 unit(s) of resource Bearing install Operator1
936 7594$             BRANCH
                                Selecting at most 1 of 2 branches
                                IF: Branch not selected
                                IF: Entity 1671 sent to 7553$
938 7553$             TALLY
                                Tally Bearing install Operator1 M6_Q Queue Time record
939 7604$             DELAY
                                Delayed by 0.0 until time 10893.687
940                   TRACE
941 7520$             DELAY
                                Delayed by 8.3541487 until time 10902.041
Time: 10893.687  Entity: 72
```

รูปที่ 3.9 แสดงการที่ Entity เข้าสู่ขั้นตอน Bearing Installation

ในเวลาที่ 17196.6251 วินาที มีการเคลื่อนย้ายชิ้นงานเพื่อ Packing จากสายการผลิต M5 ดังในรูปที่ 3.10 และในรูปที่ 3.11 แสดงถึงการ Entity ได้ออกจากระบบซึ่งหมายถึงสิ้นสุดกระบวนการนั่นเอง



รูปที่ 3.10 แสดงการเคลื่อนย้ายชิ้นงานมา Packing

```
Time: 17214.102  Entity: 1080
 2373 2317$           TRACE
 2374 17477$          BRANCH
                              Selecting at most 1 of 8 branches
                              IF: Entity 1080 sent to 2646$
 2375 2646$           TRACE
 2376 17478$          ASSIGN
                              wipm5 set to 687.0
 2377 2774$           TRACE
 2378 17479$          DUPLICATE
                              Send 1 duplicate(s) to 2465$
                              each with 0.0% of allocation
                              Entity 5677 created
 2379 2775$           STATION
                              Entity 1080 entered station Depart m5
 2380 17510$          TRACE
 2381 17480$          DELAY
                              Delayed by 0.0 until time 17214.102
 2382 17507$          TALLY
                              No observation for this first arrival
 2383 17517$          TRACE
 2384 17509$          DISPOSE
                              Disposing entity 1080
Time: 17214.102  Entity: 5677
```

รูปที่ 3.11 แสดงถึง Entity ได้ออกจากระบบ

จากวิธีการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองข้างต้น ได้นำมาวิเคราะห์ร่วมกับผู้ปฏิบัติงานจริงนั่นคือ ผู้จัดการฝ่ายวิศวกรรมของโรงงานกรณีศึกษา เพื่อรับรองความถูกต้องของแบบจำลองเหมือนกับระบบงานจริงมากที่สุด

3.5.2 การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง (Validation)

การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลองเป็นการวิเคราะห์แบบจำลองนั้นสามารถใช้แทนระบบงานจริงได้หรือไม่ ซึ่งจะทำการเปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลองกับระบบงานจริงว่ามีความสอดคล้องกันหรือไม่ โดยในงานวิจัยนี้ได้ทำการเปรียบผลของจำนวนผลผลิตที่ได้ในแต่ละวันดังแสดงในตารางที่ 3.7 ซึ่งจะแสดงข้อมูลที่ผลิตได้ในระบบจริง และในตารางที่ 3.8 จะแสดงข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง (เป็น Replicate ที่ผ่านช่วง Warm-up period แล้วซึ่งจะแสดงวิธีวิเคราะห์ในขั้นตอนถัดไป) ทั้งนี้เนื่องจากข้อมูลจำนวนผลผลิตที่ได้ในโรงงานกรณีตัวอย่างเป็นข้อมูลที่เก็บได้จริงส่วนข้อมูลด้านอื่นๆไม่มีการเก็บจริงในโรงงานกรณีตัวอย่าง ดังนั้นจึงใช้ข้อมูลจำนวนผลผลิตที่ได้ในแต่ละวันเป็นข้อมูลในการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง

ตารางที่ 3.7 แสดงข้อมูลที่ผลิตได้จริงในวันที่ 16-20 ก.ค. 2544

	16	17	18	19	20
จำนวนที่ผลิตได้ (ชิ้น)	22434.00	21365.00	22227.00	22436.00	23266.00

ตารางที่ 3.8 แสดงข้อมูลจำนวนผลิตที่ได้จากแบบจำลอง 9 Replicate

Replicate	จำนวนที่ผลิต
1	22240
2	22560
3	22720
4	22560
5	22560
6	22560
7	22880
8	22080
9	23040

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หลังจากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ ANOVA ด้วยโปรแกรม Minitab เพื่อวิเคราะห์ว่าทั้ง 2 ระบบแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หรือไม่ ด้วยวิธี Tukey ดังผลในหน้าถัดไป

One-way ANOVA: response versus method

Analysis of Variance for response

Source	DF	SS	MS	F	P
method	1	201179	201179	0.96	0.347
Error	12	2521661	210138		
Total	13	2722839			

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev
1	5	22328	677
2	9	22578	293

Pooled StDev = 458 21900 22200 22500 22800

Tukey's pairwise comparisons

Family error rate = 0.0500
Individual error rate = 0.0500

Critical value = 3.08

Intervals for (column level mean) - (row level mean)

	1
2	-807 307

จากผลข้างต้นค่า P value = 0.347 และ Tukey's pairwise comparisons จะพบว่าทั้ง 2 ระบบไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นแสดงว่าแบบจำลองที่จัดทำขึ้นมาสามารถแทนระบบการผลิตจริงได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.6 การออกแบบการทดลองและการใช้งานการจำลองแบบปัญหา

ก่อนที่จะดำเนินการทดลองต้องมีการวิเคราะห์ก่อนว่าระบบที่ศึกษามีลักษณะเป็นแบบใด ซึ่งโดยปกติแล้วในการวิเคราะห์ระบบสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ระบบคือ

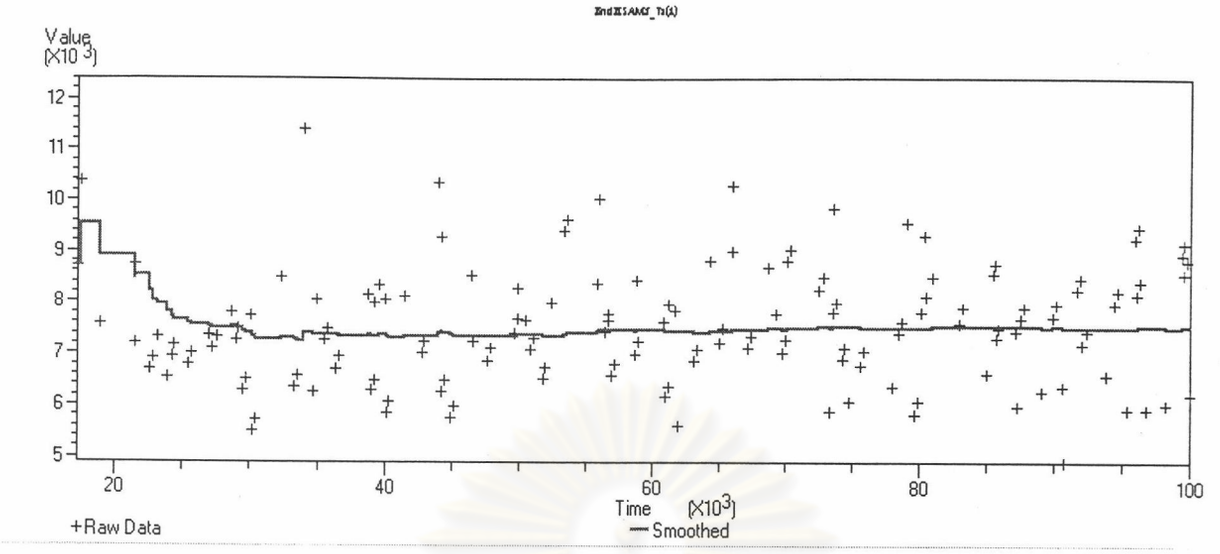
1. แบบ Terminating System เป็นระบบที่มีจุดเริ่มต้นและจบการทำงานในแต่ละช่วงเวลาที่กำหนด และเมื่อจบสิ้นการทำงานในแต่ละช่วงเวลานั้นแล้ว ผลของช่วงเวลานั้นจะไม่ส่วนเกี่ยวเนื่องกับช่วงเวลาถัดไป ซึ่งได้แก่ ระบบร้านขายอาหาร จะไม่มีคนรอคิวซื้ออาหารจากเมื่อวาน รอจนถึงวันถัดมา หรือระบบการผลิตที่ต้องผลิตสินค้าที่ทำตามจำนวนที่สั่งภายในวันนั้นๆเป็นต้น

2. แบบ Non terminating system หรือ Steady-state เป็นระบบที่ผลของช่วงเวลาก่อนหน้ามีส่วนเกี่ยวเนื่องกับช่วงเวลาถัดมา เช่นในระบบการผลิตสินค้า จะมีการผลิตต่อเนื่องไปเรื่อยๆ เมื่อผลิตวันนี้ผลผลิตที่ยังผลิตไม่เสร็จซึ่งก็คือชิ้นงานระหว่างการผลิตก็จะนำไปผลิตต่อในวันถัดไป เป็นเช่นนี้ไปเรื่อยๆ

สำหรับแบบจำลองปัญหาที่ได้จัดทำขึ้นเป็นระบบแบบ Non terminating system ซึ่งจะเป็นการผลิตแบบ 7 ชั่วโมงต่อกะ และ 3 กะต่อวันซึ่งผลของช่วงเวลาก่อนหน้าจะมีผลกับช่วงเวลาถัดไป นั่นคือมีการนำค้างของช่วงเวลาก่อนหน้ามาทำต่อนั่นเอง

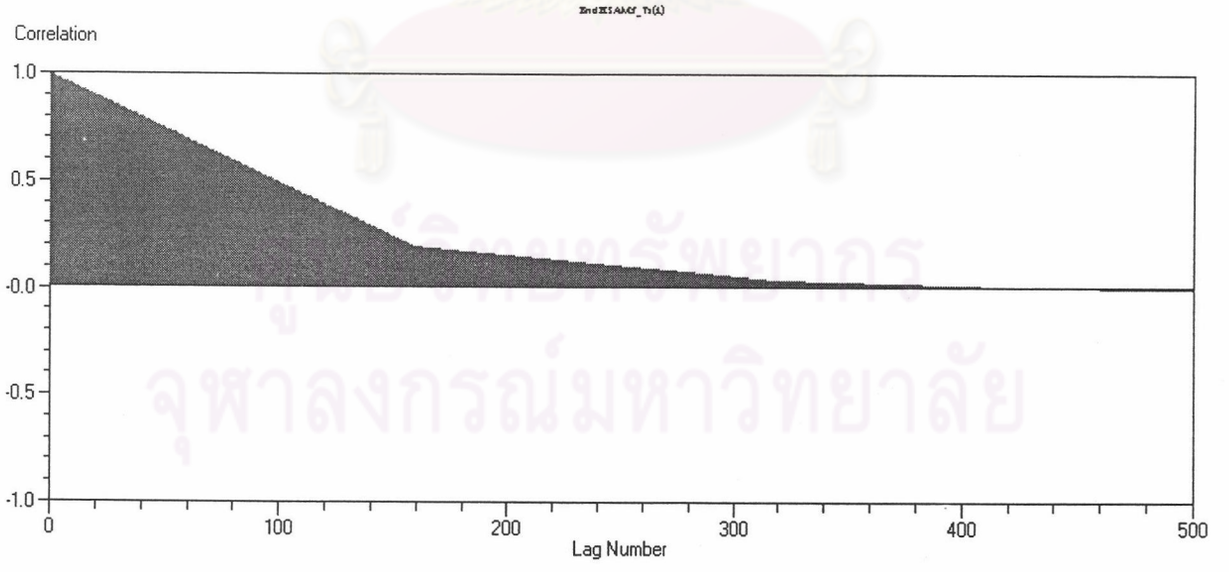
ดังนั้นในการเก็บข้อมูลจะต้องทำการ Pilot Run เพื่อหาเวลาที่เข้าสู่สภาวะคงตัว และขนาดของข้อมูลที่เหมาะสมต่อการจัดกลุ่ม 1 ครั้ง (Batch size) เพื่อให้ข้อมูลที่ได้เป็นอิสระต่อกันซึ่งจะมีวิธีการทำดังนี้

1. ในการหาเวลาที่ระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว เพื่อเป็นจุดเริ่มต้นของการเก็บข้อมูลจริง เนื่องจากในช่วงแรกข้อมูลที่ได้จะมีการแกว่งทำให้ไม่สามารถนำข้อมูลส่วนนั้นมาวิเคราะห์ระบบได้ โดยข้อมูลส่วนนั้นจะต้องตัดทิ้ง ซึ่งจะเรียกช่วงนี้ว่า Warm-up period ดังในการทดลอง Run ช่วงแรกจะทำการ Run 1 Replicate แต่เวลาจะเท่ากับการผลิต 10 วัน ซึ่งก็คือ 756,000 วินาที แล้วนำผลที่ได้ไปพล็อตกราฟระหว่างเวลากับ Flow time โดยใช้โปรแกรม Output Analyzer ซึ่งเป็นอุปกรณ์ตัวหนึ่งอยู่ในโปรแกรม ARENA อีกทีหนึ่ง และเมื่อพล็อตกราฟ Moving average แบบ Cumulative ก็จะได้ดังรูป 3.12 ก็จะพบว่าที่เวลา 30,000 วินาที ระบบจึงจะเริ่มเข้าสู่สภาวะคงตัว ดังนั้นช่วง Warm-up period ก็คือ 30,000 วินาที



รูปที่ 3.12 กราฟ Moving average ของการ Run

2. ทำการหาขนาดของจำนวนข้อมูลที่เหมาะสมต่อการจัดกลุ่มข้อมูล (Batch size) ทั้งนี้เพื่อให้ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็นอิสระต่อกัน ซึ่งจะสามารถกระทำได้หลายวิธี แต่วิธีที่ง่ายและสะดวกคือ การพล๊อตกราฟโดยใช้คำสั่ง Correlogram ซึ่งจำนวนข้อมูลอย่างต่ำ 10 เท่าของจำนวน Lag ทำให้ข้อมูลสองชุดเป็นอิสระต่อกัน ซึ่งจำนวน Lag จะพิจารณาจะจุดที่ความสัมพันธ์ที่กราฟตัดกับแกน X ซึ่งจะแสดงดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 กราฟ Correlogram ของการ Run

ซึ่งจากรูปที่ 3.13 จะพบว่าข้อมูลที่จะทำการจัดกลุ่มคือประมาณ 4,500 ข้อมูลขึ้นไป

3.7 การวิเคราะห์และประเมินผล

เมื่อได้แบบจำลองที่เชื่อถือได้และการใช้แบบจำลองก็จะทำการวิเคราะห์และประเมินผลของการทดลองในบทที่ 5 และได้จัดทำเอกสารวิธีการใช้งานและผลต่างๆในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เพื่อเป็นประโยชน์ในการนำไปประยุกต์ใช้งานต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย