

5012-205-46-12-47



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หน่วยงาน ฝ่ายธุรการ สถาบันวิจัยและพัฒนา โทรศัพท์/โทรสาร 4750
ที่ ศธ 5621 463 วันที่ - 4 ธ.ค. 2550
เรื่อง นำส่งหลักฐานค่าใช้จ่ายของโครงการวิจัยและเงินโอนเข้าบัญชีมหาวิทยาลัย

เรียน หัวหน้าส่วนการเงินและบัญชี

สถาบันวิจัยและพัฒนาขอส่งหลักฐานค่าใช้จ่ายของโครงการวิจัยที่ดำเนินการแล้วเสร็จและ
หลักฐานการโอนเงินเข้าบัญชีมหาวิทยาลัย ประจำปีงบประมาณ 2546 ของสำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม จำนวน 1
โครงการ ดังนี้

โครงการ	หัวหน้า โครงการ	งบประมาณ ที่ได้รับจัดสรร	ค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น ของโครงการ	จำนวนเงิน คงเหลือ	ดอกเบี้ย	เงินที่โอนเข้าบัญชี มหาวิทยาลัย (วันที่โอนเงิน)
การศึกษาระบบ CONWIP ใน สายการผลิตแบบอนุกรมที่มีคอ ขวดโดยใช้การจำลอง สถานการณ์	อ. ดร. สุนิตยา เถื่อนนาคี	50,000.00	48,645.00	1,355.00	128.98	1,483.98 โอน 28 เม.ย. 50

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและดำเนินการต่อไป

(ศาสตราจารย์ น.ท. ดร. สราวุฒิ สุจิตกร)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

สำเนาเรียน อาจารย์ ดร. สุนิตยา เถื่อนนาคี



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หน่วยงาน.....ฝ่ายธุรการ สถาบันวิจัยและพัฒนา.....โทรศัพท์/โทรสาร 4750
ที่.....ศร 5621/ ๒๕๕๐.....วันที่.....๕๐ มี.ค. 2550
เรื่อง.....การตรวจสอบหลักฐานโครงการวิจัย

เรียน หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม

ตามที่มหาวิทยาลัย ได้จัดสรรเงินอุดหนุนการวิจัยประจำปีงบประมาณ พ.ศ 2546 ให้กับโครงการวิจัย เรื่อง “ การศึกษา ระบบ CONWIP ในสายการผลิตแบบอนุกรมที่มีคอขวดโดยใช้การจำลองสถานการณ์ ” จำนวนเงิน 50,000 บาท (ห้าหมื่นบาทถ้วน) โดยอาจารย์ ดร.สุนิตยา เกื่อนนาคี เป็นหัวหน้าโครงการ นั้น

สถาบันวิจัยและพัฒนา ได้ตรวจสอบหลักฐานการใช้จ่ายเงินเพื่อการวิจัยดังกล่าว ในการนี้จึงใคร่ขอแจ้งผลการตรวจสอบหลักฐานดังกล่าว ดังต่อไปนี้

1. ใบเสร็จรับเงินที่เกิดขึ้นจากการวิจัยเป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น 48,645 บาท (สี่หมื่นแปดพันหกร้อยสี่สิบบาทถ้วน) ดังนั้น หัวหน้าโครงการจะต้องดำเนินการทางการเงิน ดังนี้

1.1 จำนวนเงินคงเหลือจากการวิจัย จำนวน 1,355.00 บาท

1.2 จำนวนเงินดอกเบี้ยที่เกิดขึ้นจากบัญชีโครงการทั้งหมด ได้แก่

1.2.1 ดอกเบี้ยที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงานวิจัยถึง ณ วันที่ จำนวน บาท .

1.2.2 ดอกเบี้ยที่เกิดขึ้นหลังจากวันที่ และ ดอกเบี้ยที่เกิดขึ้นจากการปิดบัญชี (ถ้ามี)

2. จากข้อ 1.1 และ 1.2 หัวหน้าโครงการจะต้องดำเนินการโอนเงินจากบัญชี เลขที่บัญชี 707-2-..... ประเภทบัญชีเงินฝากออมทรัพย์ สาขาออมมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โอนเข้าบัญชี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เลขที่บัญชี 707-2-14444-2 ประเภทบัญชีเงินฝากออมทรัพย์ สาขาออม มทส.

3.จัดส่งหลักฐานโดยรับรองสำเนาถูกต้อง มายังสถาบันวิจัยและพัฒนา ดังนี้

3.1 หลักฐานการโอนเงินเข้าบัญชีตามข้อ 2

3.2 สำเนาสมุดบัญชีโครงการหน้าที่มีความเคลื่อนไหวของเงินทั้งหมดจากการปิดบัญชีเรียบร้อยแล้ว (หัวหน้าโครงการจะต้องขอสำเนาจากธนาคาร เนื่องจากธนาคารจะเก็บสมุดบัญชีไว้และไม่ส่งกลับคืนหัวหน้าโครงการ)

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาดำเนินการด้วยจกขอบคุณยิ่ง

(ศาสตราจารย์ น.ท. ดร.สรารุณี สุตจิตร)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

สำเนาเรียน อาจารย์ ดร.สุนิตยา เกื่อนนาคี



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สถาบันวิจัยและพัฒนา
รับที่ 1722/48
วันที่ 22 พ.ย. 2548
เวลา 15:30 น.

หน่วยงาน สถานวิจัย สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม โทรศัพท์ 4207 โทรสาร 4205

ที่ ศธ 5612(6)/ 139

วันที่ 22 พฤศจิกายน 2548

เรื่อง ขออนุมัติเปลี่ยนแปลงรายการงบประมาณการวิจัย

①

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา (ผ่านคณบดีสำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม)

ตามที่ดิฉันได้รับทุนสนับสนุนการทำวิจัยจากมหาวิทยาลัยประเภทการสนับสนุนการสร้างและพัฒนานักวิจัยรุ่นใหม่ ประจำปี พ.ศ. 2546 ในการดำเนินการวิจัยเรื่อง "การศึกษาระบบ CONWIP ในสายการผลิตแบบอนุกรมที่มีคอขวดโดยใช้การจำลองสถานการณ์" และได้กำหนดงบประมาณในแบบเสนอโครงการวิจัยเป็น (1) ค่าครุภัณฑ์ สำหรับซื้อ Program AWESIM เป็นจำนวนเงินทั้งหมด 45,000 บาท และ (2) ค่าวัสดุ สำหรับซื้อ CD ROM เป็นจำนวนเงินทั้งหมด 5,000 บาท รวมทั้งสิ้น 50,000 บาท ซึ่งสำหรับค่าโปรแกรม AWESIM นั้นได้ทำการซื้อเรียบร้อยแล้วโดยมีค่าใช้จ่ายทั้งหมด 43,442.67 บาท จึงได้ดำเนินการเบิกจ่ายเรียบร้อยแล้ว จึงคงเหลือจำนวนเงินตามงบประมาณอีก 6,557.33 บาท

เนื่องจากมหาวิทยาลัยได้ทำการเปลี่ยนแปลงเครื่องคอมพิวเตอร์ใหม่ซึ่งเครื่องใหม่มี CD ROM อยู่แล้วทำให้สามารถจัดเก็บข้อมูล backup ได้ ดิฉันจึงไม่มีความจำเป็นต้องซื้อ CD ROM ดิฉันจึงขออนุมัติใช้งบประมาณที่เหลือ 6,557.33 บาท สำหรับการจ่าย ค่าวัสดุ เช่น ค่าหมึกพิมพ์ กระดาษสำหรับพิมพ์ ค่าสำเนารายงานการวิจัย เป็นจำนวนเงิน 5,000 บาท และที่เหลือ 1,557.33 บาท เป็นค่าใช้จ่ายอื่นๆ

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(อาจารย์ ดร. สุนติยา เกื้อนนาคี)

ผู้วิจัยและอาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการ

② เรียน ผอ.สวท.

ข้าพเจ้านายพรทิพย์ นามขจรวิทย์ รหัส 4. เภสัชศาสตร์

ขอเสนอขอเปลี่ยนแปลงรายการงบประมาณไปเป็น (ผศ. ดร. ขวัญกมล คอนขวา) หัวหน้าสาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการ
งบค่าเดินทาง ค่าตอบแทนไม่เกิน 50,000 บาท ในหัวข้อของคณะสภามหาวิทยาลัย
เนื่องจากโอนงบประมาณจากสำนักวิชาเทคโนโลยีสังคมมาไว้ในคณะสภามหาวิทยาลัย
จากงบค่าตอบแทนในเบื้องต้น 50,000 บาท

(ผศ. ดร. อัญชลี วรรณรักษ์)

หัวหน้าสถานวิจัยสำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม

1. ขอเปลี่ยนแปลงรายการที่แก้ไข 1,557.33 บาท ผังโครงสร้าง

2. ขอเพิ่มรายการซื้อวัสดุ ค่าของใช้ (CD ROM) มาเป็น ค่าวัสดุอื่นๆ

เงินต้นที่ ดัน 5,000 บาท

(รศ. ดร. ประภาวดี สืบสนธิ์)

รวมทำ 2 รายการเป็นเงิน 6,557.33 บาท สำหรับเป็นเงินค่าวัสดุ
ค่าค่าเดินทาง

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ก/สว

22 พ.ย. 2548

23 พ.ย. 48

รศ.น.ท.ดร. สราวุธ สุจิตธร

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

ฝากเงิน
ไม่ผูกพันการชำระเงิน ON LINE

(สมุดเล่มนี้สามารถตรวจสอบยอดคงเหลือโดยเครื่องรับยอดสมุดอัตโนมัติได้)

มทส.โครงการการศึกษาระดับ CONWIP ไทย

ชื่อบัญชี นางทรงพร หาเจริญศักดิ์ และ นส.สุนิทยา เลื่อนนาคี

NAME

ธนาคารไทยพาณิชย์ จำกัด (มหาชน)

THE SIAM COMMERCIAL BANK PUBLIC COMPANY LIMITED

สาขาย่อย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

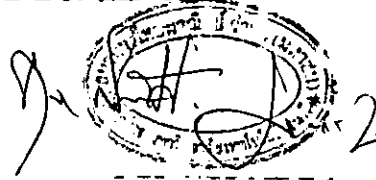
บัญชีเงินฝากออมทรัพย์ เลขที่

SAVINGS ACCOUNT NO

707-2

15874-2

2960030



ผู้มีอำนาจลงนาม
AUTHORIZED SIGNATURE



09/01/03	CD00	++++++500.00	*****500.00	1059K
11/02/03	XJW	++++50,000.00	*****50,500.00	10593
02/05/03	XWD	-----43,443.00	*****7,057.00	10596



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สถาบันวิจัยและพัฒนา
รับที่ บดบ/50
วันที่ 2 พ.ค. 2550
เวลา 10.30

หน่วยงาน สถานวิจัย สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม โทรศัพท์ 4207 โทรสาร 4205
ที่ ศธ 5612(6)/082 วันที่ 1 พฤษภาคม 2550
เรื่อง ส่งหลักฐานการปิดบัญชีโครงการวิจัยของ อาจารย์ ดร. สุนิตยา เกื่อนนาดี

① เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

ตามบันทึกข้อความของสถาบันวิจัยและพัฒนา ที่ ศธ 5621/247 ลงวันที่ 8 มีนาคม 2550 เรื่อง การตรวจสอบหลักฐานโครงการวิจัย ได้ขอให้ อาจารย์ ดร. สุนิตยา เกื่อนนาดี หัวหน้าโครงการวิจัย เรื่อง “การศึกษาระบบ CONWIP ในสายการผลิตแบบอนุกรมที่มีคอขวดโดยใช้การจำลองสถานการณ์” ดำเนินการโอนเงินคงเหลือจากการวิจัย และดอกเบี้ยที่เกิดขึ้นจากบัญชีโครงการวิจัยเข้าบัญชีเงินฝากของมหาวิทยาลัย ความละเอียดทราบแล้วนั้น

ในการนี้ สถานวิจัย ขอส่งหลักฐานการโอนเงินคงเหลือจากการวิจัย พร้อมทั้งดอกเบี้ยที่เกิดขึ้นจากบัญชีโครงการวิจัย จำนวน 1,483.98 บาท (หนึ่งพันสี่ร้อยแปดสิบสามบาทเก้าสิบแปดสตางค์) พร้อมกับสมุดบัญชีเงินฝากออมทรัพย์ที่ปิดบัญชีแล้วมาพร้อมนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาดำเนินการต่อไปด้วย จักขอบคุณยิ่ง

ปัทมาดา

(รองศาสตราจารย์ ดร. ประภาวดี สืบสนธิ์)
คณบดีสำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม

② เรียน คุณสุวิมล / คุณดารณี
เพื่อส่งเอกสารในส่วนที่เกี่ยวข้อง


2 พ.ค. 50
ผ.น.ท.ดร. สราวุฒิ สุจิตกร
ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา



ศร 5621/ว. 185

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี
อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

๒ สิงหาคม 2549

เรื่อง ขอมอบรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรียน ผู้อำนวยการศูนย์ข้อเสนอเทศการวิจัย

สิ่งที่ส่งมาด้วย รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ จำนวน 2 โครงการ

ด้วยสถาบันวิจัยและพัฒนา ได้รวบรวมรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ของโครงการวิจัยที่ดำเนินการแล้วเสร็จในช่วง
เดือนกรกฎาคม 2549 จำนวน 2 โครงการ คือ

โครงการวิจัย เรื่อง "การศึกษาลผลิตของถั่วไมยราและการใช้ถั่วไมยราเป็นอาหารไก่ไข่"

โครงการวิจัย เรื่อง "การศึกษาระบบ CONWIP ในสายการผลิตแบบอนุกรมที่มีคอขวดโดยใช้การจำลอง
สถานการณ์"

เพื่อเป็นการเผยแพร่ผลงานวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา จึงขอมอบรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ดังกล่าวมาเพื่อใช้ประโยชน์
ตามเห็นสมควรต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ และพิจารณาดำเนินการ

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ นาวาอากาศโท ดร.สุราวุฒิ สุจิตจร)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

ฝ่ายเผยแพร่ผลงานวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา

โทรศัพท์ (044) 22-4756 โทรสาร (044) 224750

ผู้แทน : บรรณรักษ์ หอสมุดแห่งชาติ
บรรณรักษ์ หอสมุด สำนักหอสมุด กรมการปกครอง

111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000 โทรศัพท์ (044) 223000 โทรสาร (044) 224070 :

SURANAREE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
111 UNIVERSITY AVENUE, SUB DISTRICT SURANAREE, MUANG DISTRICT, NAKHON RATCHASIMA 30000, THAILAND Tel. (044) 223000 Fax. (044) 224070



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สพ.อ. และพัฒนา
รับที่ ๑๖๖/๔๙
วันที่ 26.0๑.2549
เวลา 10.3๐ น.

หน่วยงาน สถานวิจัย สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม โทรศัพท์ 4207 โทรสาร 4205

ที่ ศร 5612(6)/ 050

วันที่ 25 กรกฎาคม 2549

เรื่อง ขอส่งรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์และเอกสารทางการเงินของ อ. ดร. สุนิตยา เตื่อนนาคี

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

ตามบันทึกข้อความที่ ศร 5621/447 ลงวันที่ 22 มิถุนายน 2549 เรื่อง แจ้งผลการพิจารณารายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ของ อ.ดร. สุนิตยา เตื่อนนาคี สถาบันวิจัยและพัฒนาได้ขอให้ หัวหน้าโครงการวิจัยส่งเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยให้กับสถาบันวิจัยและพัฒนา ความละเอียดทราบแล้วนั้น

ในการนี้ สถานวิจัย ได้ประสานงานกับหัวหน้าโครงการวิจัยเรียบร้อยแล้ว และขอส่งเอกสารดังรายการต่อไปนี้

1. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ จำนวน 25 เล่ม
2. แผ่นบันทึกข้อมูลบทคัดย่อภาษาไทย และภาษาอังกฤษ จำนวน 1 แผ่น
3. รายงานการใช้จ่ายเงินงวดสุดท้าย
4. หลักฐานใบเสร็จรับเงิน
5. สำเนาบัญชีเงินฝากของโครงการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาดำเนินการต่อไปด้วย จักขอบคุณยิ่ง

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อัญชลี วรรณรักษ์)

หัวหน้าสถานวิจัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. ประภาวดี สืบสนธิ์)
คณบดีสำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม

26.๐๓.๔๙

ศ.น.ท.ดร. สราวุฒิ สุจิตกร

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

๑) ส่งเอกสารฉบับสมบูรณ์

ขอส่งเอกสารฉบับสมบูรณ์ ๒๕ เล่ม
พร้อม disk ขนาด ๑.๔๔ และ ๓.๕ นิ้ว
Non-disk ๕

๑๖.๐๓.๔๙

๑) ส่งเอกสาร

๑๖/๗/๔๙



บันทึกข้อความ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หน่วยงาน..... ฝ่ายประสานงานการวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา โทร. 4753 โทรสาร 4750
ที่..... ศธ 5621/ 447วันที่ ๕ มิถุนายน 2549
เรื่อง..... แจ้งผลการพิจารณารายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ของอาจารย์ดร. สุนิตยา เกื่อนนาคี

เรียน หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม

ตามที่อาจารย์ ดร. สุนิตยา เกื่อนนาคี ได้ส่งร่างรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์เรื่อง การศึกษาระบบ CONWIP ในสายการผลิตแบบอนุกรมที่มีคอขวดโดยใช้การจำลองสถานการณ์ เพื่อเสนอคณะกรรมการพิจารณาการขึ้นรองและจัดสรรงบประมาณโครงการวิจัยนั้น ผลการพิจารณาของคณะกรรมการฯ มีมติรับรองรายงานดังกล่าวโดยมีข้อเสนอแนะตามเอกสารแนบท้าย

ในการนี้สถาบันวิจัยและพัฒนาจึงใคร่ขอความร่วมมือจากท่านในการแจ้งหัวหน้าโครงการวิจัยดังกล่าวส่งเอกสารที่เกี่ยวข้องให้สถาบันวิจัยและพัฒนา ภายในวันที่ 21 กรกฎาคม 2549 ตามรายการดังนี้

1. รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ จำนวน 25 เล่ม (เพื่อนำไปเผยแพร่ให้หน่วยงานต่างๆที่เกี่ยวข้องต่อไป กรณีที่มีข้อจำกัดในการเผยแพร่ โปรดแจ้งให้สถาบันวิจัยและพัฒนา ทราบโดยด่วนด้วย)
2. diskette ที่ copy file ข้อมูลบทความภาษาไทยและภาษาอังกฤษ จำนวน 1 แผ่น
3. รายงานการใช้จ่ายเงินงวดสุดท้าย (ตามแบบ สวพ.ง-02)
4. หลักฐานใบเสร็จรับเงินที่เกิดจากการดำเนินงานวิจัยตลอดโครงการ
5. กรณีที่มีการใช้จ่ายเงินอุดหนุนการวิจัยในการซื้อครุภัณฑ์หรือหนังสือ ต้องส่งครุภัณฑ์หรือหนังสือดังกล่าวคืนสถาบันวิจัยและพัฒนาด้วย
6. สำเนาบัญชีเงินฝากของโครงการวิจัยเฉพาะหน้าที่มีการเคลื่อนไหวของเงิน (เพื่อตรวจสอบเบื้องต้น โดยสถาบันวิจัยและพัฒนา จะแจ้งให้หัวหน้าโครงการวิจัยทราบอีกครั้งเพื่อดำเนินการโอนเงินคงเหลือและดอกเบี้ยที่เกิดขึ้นทั้งหมดให้มหาวิทยาลัยต่อไป)

(สำหรับรายละเอียดในข้อ 3-6 โปรดสอบถามเพิ่มเติมที่ฝ่ายธุรการของสถาบันฯ โทร.4750)

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและโปรดแจ้งให้หัวหน้าโครงการวิจัยดำเนินการต่อไปด้วยจักขอบคุณยิ่ง พร้อมนี้ได้ส่งคืนร่างรายงานฯ มาด้วยแล้ว

(รองศาสตราจารย์ น.ท. ดร.สรารุณี สุจิตจร)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

สำเนาเรียน ฝ่ายธุรการ สถาบันวิจัยและพัฒนา

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมสำหรับร่างรายงานโครงการวิจัย
เรื่อง การศึกษาระบบ CONWIP ในสายการผลิตแบบอนุกรมที่มีคอขวดโดยใช้การจำลองสถานการณ์

- 1. การใช้ภาษาไทยแทนภาษาอังกฤษ
 - simulation ให้ใช้ การจำลองสถานการณ์
 - sequential procedures ให้ใช้ การดำเนินงานแบบลำดับขั้น
 - relative error (s) ให้ใช้ ค่าความผิดพลาดสัมพัทธ์
 - 2. การพิมพ์ตารางขนาดใหญ่ เช่น ตาราง 4.1 ควรจัดหน้าแบบ landscape
 - 3. ควรจัด format ให้สวยงามตามความเหมาะสม
-



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สถาบันวิจัยและพัฒนา
รับที่ 496/49
วันที่ 18 เม.ย. 2549
เวลา 10.30 น.

หน่วยงาน สถาบันวิจัย สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม โทรศัพท์ 4207 โทรสาร 4205

ที่ ศธ 5612(6)/ ๐27

วันที่ 17 เมษายน 2549

เรื่อง ส่งร่างรายงานการวิจัยที่ได้ดำเนินการตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา (ผ่านคณบดีสำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม)

ตามที่ข้าพเจ้าได้ส่งร่างรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์เรื่องการศึกษาระบบ CONWIP ในสายการผลิตแบบ
อนุกรมที่มีคอขวดโดยใช้การจำลองสถานการณ์ ซึ่งได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2546
และ ร่างรายงานได้ผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องแล้ว ซึ่งได้รับข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิ บัดนี้
ข้าพเจ้าได้ดำเนินการแก้ไข/เพิ่มเติมรายงานการวิจัยตามข้อเสนอแนะเป็นที่เรียบร้อยแล้ว โดยข้าพเจ้าได้ปรับรูปแบบการนำเสนอ
ผลค่าเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกัน ด้วยการขีดเส้นใต้ มีการเพิ่มส่วนการอภิปรายผลเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ review ไว้ในบทที่ 2

จึงขอส่งร่างรายงานการวิจัยที่ได้ดำเนินการตามข้อเสนอแนะ จำนวน 6 ชุด เพื่อนำเสนอคณะกรรมการ
พิจารณากลั่นกรองและจัดสรรงบประมาณโครงการวิจัย เพื่อโปรดพิจารณารับรองรายงานต่อไป

เรียน คุณเพชร

โปรดดำเนินการต่อไป

รศ.น.ท.ดร. สราวุฒิ สุจิตกร

18 เมษายน 2549
ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

ผอ. 4

(อาจารย์ ดร. สุนิตยา เกื้ออนาคี)

ผู้วิจัยและอาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการ

๖๐๐

(ผศ. ดร. ขวัญกลม คอนขวา)

หัวหน้าสาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการ

ผอ. ๖๐๐

(ผศ. ดร. อัญชลี วรรณรักษ์)

5๓ หัวหน้าสถานวิจัยสำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม

ผอ. ๖๐๐

(รศ. ดร. ประภาวดี สืบสนธิ์)

คณบดีสำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม



บันทึกข้อความ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ฝ่ายประสานงานการวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา โทรศัพท์ 4753 โทรสาร 4750

หน่วยงาน.....
ที่ ศธ 5621/201..... วันที่ 1๒ มีนาคม 2549
เรื่อง รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ของอาจารย์ ดร. สุนิตยา เกื่อนนาคี

เรียน หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม

ตามที่อาจารย์ ดร. สุนิตยา เกื่อนนาคี ได้ส่งร่างรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์เรื่อง การศึกษาระบบ CONWIP ในสายการผลิตแบบอนุกรมที่มีคอขวดโดยใช้การจำลองสถานการณ์ ซึ่งได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก มหาวิทยาลัยประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2546 นั้น บัดนี้ร่างรายงานดังกล่าวได้ผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิ (Reader) ในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องแล้ว โดยให้ความเห็นตามเอกสารแนบท้าย

สถาบันวิจัยและพัฒนาจึงใคร่ขอความร่วมมือในการแจ้งให้หัวหน้าโครงการวิจัยทราบผลการพิจารณาของ Reader และขอให้จัดส่งร่างรายงานการวิจัยที่ได้ดำเนินการตามข้อเสนอแนะ และ/หรือ ชี้แจงข้อสังเกตของ Reader (ถ้ามี) จำนวน 6 ชุด ให้สถาบันฯ ภายในวันที่ 17 เมษายน 2549 เพื่อนำเสนอคณะอนุกรรมการพิจารณากลับกรอง และจัดสรรงบประมาณโครงการวิจัย พิจารณารับรองรายงานต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา พร้อมนี้ได้ส่งคืนร่างรายงานการวิจัยมาด้วยแล้ว

(รองศาสตราจารย์ น.ท. ดร.สราวุฒิ สุจิตกร)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

ผลการพิจารณาร่างรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์
เรื่อง การศึกษาระบบ CONWIP
ในสายการผลิตแบบอนุกรมที่มีคอขวดโดยใช้การจำลองสถานการณ์

ข้าพเจ้าได้พิจารณาร่างรายงานการวิจัยฉบับดังกล่าวแล้ว เห็นว่างานวิจัยนี้มีการดำเนินการวิจัยถูกต้องตามหลักวิชาการแล้ว แต่ยังมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเพื่อให้รายงานสมบูรณ์ยิ่งขึ้นดังนี้

1. ในบทที่ 4 การวิเคราะห์ผลและการอภิปรายผล ในตารางที่ 4.4 4.6 4.8 4.10 ซึ่งเป็นผลการเปรียบเทียบเชิงซ้อน นั้นการแสดงผล ถ้าใช้เครื่องหมาย * โดยทั่วไปจะหมายถึง ผลที่ได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (significant) ดังนั้นเห็นว่าจะเปลี่ยนรูปแบบการนำเสนอผลใหม่ ซึ่งโดยทั่วไปมักจะใช้ การขีดเส้นใต้ค่าที่ไม่แตกต่างกัน
2. มีความผิดพลาดในเรื่องของการพิมพ์ ในตารางที่ 4.8 และ 4.10 ในคอลัมน์ขนาดบัฟเฟอร์ทั้งหมด
3. ควรจะมีการอภิปรายผลเพิ่มเติม เปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ ที่ได้ review ไว้ในบทที่ 2



รายงานการวิจัย

เรื่อง การศึกษาระบบ CONWIP ในสายการผลิตแบบอนุกรมที่มี
คอขวดโดยใช้การจำลองสถานการณ์
(The Performance of CONWIP in a Flow Line with Bottleneck:
a Simulation Study)

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการแต่เพียงผู้เดียว



รายงานการวิจัย

เรื่อง การศึกษาระบบ CONWIP ในสายการผลิตแบบอนุกรมที่มี คอขวดโดยใช้การจำลองสถานการณ์

(The Performance of CONWIP in a Flow Line with Bottleneck:
a Simulation Study)

ผู้วิจัย

อาจารย์ ดร. สุนิตยา เตื่อนนาคี
สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการ
สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2546
ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการแต่เพียงผู้เดียว

14 ธันวาคม 2548

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง การศึกษาระบบ CONWIP ในสายการผลิตแบบอนุกรมที่มีคอขวดโดยใช้การจำลองสถานการณ์ (The performance of CONWIP in a flow line with bottleneck: a simulation study) ได้รับทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ 2546

ผู้วิจัย

14 ธันวาคม 2548

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ใช้การจำลองสถานการณ์ในการศึกษาอิทธิพลของรูปแบบบัฟเฟอร์ และ กำลังการผลิตป้องกันต่ออัตราผลผลิตของสายการผลิตที่มีระบบการจ่ายงานแบบ Constant-Work-In-Process (CONWIP) สายการผลิตที่จำลองประกอบด้วย 11 สถานี มีสถานีที่ 6 เป็นคอขวด สายการผลิตมีความผันแปรในเวลาผลิต ตัวแปรอิสระคือกำลังการผลิตป้องกัน และ รูปแบบบัฟเฟอร์ ซึ่งรูปแบบบัฟเฟอร์แตกต่างกันตามขนาดบัฟเฟอร์ทั้งหมดในสายการผลิต และ วิธีจัดสรรบัฟเฟอร์ให้กับแต่ละสถานี โดยทำการศึกษาทั้งภายใต้สภาพที่ความผันแปรในเวลาผลิตต่ำโดยกำหนดค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันที่ 5% และ ภายใต้สภาพที่ความผันแปรในเวลาผลิตสูงโดยกำหนดค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันที่ 50% ผลจากการวิเคราะห์ด้วย ANOVA พบอิทธิพลร่วมระหว่างรูปแบบบัฟเฟอร์ และ กำลังการผลิตป้องกัน และพบว่ารูปแบบบัฟเฟอร์แตกต่างกันให้อัตราผลผลิตแตกต่างกันในสายการผลิตที่ไม่มีกำลังการผลิตป้องกันและมีความผันแปรในเวลาผลิตต่ำ แต่เมื่อความผันแปรในเวลาผลิตสูงพบว่ารูปแบบบัฟเฟอร์แตกต่างกันให้อัตราผลผลิตที่แตกต่างกันที่ทุกระดับของกำลังการผลิตป้องกัน การเพิ่มกำลังการผลิตป้องกันให้อัตราผลผลิตที่ดีขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสายการผลิตที่มีความผันแปรในเวลาผลิตสูง ข้อเสนอแนะที่สำคัญจากการวิจัยนี้คือกิจการสามารถจำกัดขนาดบัฟเฟอร์ในสายการผลิตที่ควบคุมการจ่ายงานแบบ CONWIP ด้วยการหาวิธีการจัดสรรบัฟเฟอร์ที่มีอย่างจำกัดนั้นในอันที่จะทำให้อัตราผลผลิตตามที่ต้องการ ซึ่งในการวิจัยนี้ส่วนมากพบว่าวิธีการจัดสรรบัฟเฟอร์ให้เท่ากันทุกสถานีให้อัตราผลผลิตดีกว่าวิธีการอื่น

ABSTRACT

This research uses a simulation to investigate the effect of the buffer patterns and protective capacity on throughput-per-day of a 11- station flow line with variable processing time. The simulated flow line has the middle station as the bottleneck and uses Constant-Work-In-Process (CONWIP) release mechanism. The experimental factors included in the study are the protective capacity and the buffer patterns which are distinguished by the amount of total buffer size and the buffer allocations. The processing time variations are set at two levels-- low and high-- represented by the coefficient of variations of 5% and 50%, respectively. The results from ANOVA demonstrate significant interaction between the protective capacity and the buffer patterns. Thus, ANOVA is performed to study the effect of one factor at each level of another factor. It is found that under low processing time variability, throughput rate varies significantly upon alterations of the buffer patterns for the line without protective capacity, while it does not vary significantly for the line with protective capacity. The effect of buffer patterns on the throughput rate varies at all levels of protective capacity under high processing time variability. Adding protective capacity is found to increase the throughput rate particularly under high processing time variability. The crucial suggestion of this study is that management could save the buffer space in the CONWIP flow line by examining the different methods in allocating limited buffer that provides required throughput. From the overall experiments, the results indicate that higher throughput rate could be achieved from an equal buffer allocation between each station.

สารบัญ

	หน้า
จิตติกรรมประกาศ.....	ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	
ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย.....	1
วัตถุประสงค์และสมมติฐานของการวิจัย.....	3
ขอบเขตการวิจัย.....	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรมวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
ระบบกลไกการดำเนินงานเข้าสู่สายการผลิต.....	4
การเปรียบเทียบวิธีการทำงานแบบ CONWIP กับวิธีอื่น.....	7
รูปแบบบัฟเฟอร์ และ กำลังการผลิตป้องกัน.....	10
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
ลักษณะสายการผลิตจำลอง.....	15
ตัวแปรและระดับของตัวแปร.....	17
การออกแบบการทดลองด้วย simulation.....	23
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล	
ข้อสมมติสำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวน.....	27
ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน.....	28
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	
สรุป.....	45
ข้อเสนอแนะ.....	47
บรรณานุกรม.....	49
ภาคผนวก.....	52
ประวัติผู้วิจัย.....	59

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 เวลาผลิตเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาผลิต และ อัตราผลิตเฉลี่ย.....	17
3.2 รูปแบบบัฟเฟอร์.....	23
4.1 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราผลิต.....	29
4.2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-way ANOVA).....	31
4.3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของกำลังการผลิตป้องกัน ที่แต่ละรูปแบบ บัฟเฟอร์ เมื่อ $CV = 5\%$	34
4.4 ผลการเปรียบเทียบเชิงซ้อนของกำลังการผลิตป้องกันที่แต่ละรูปแบบบัฟเฟอร์ เมื่อ $CV = 0.05$	35
4.5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของกำลังการผลิตป้องกัน ที่แต่ละรูปแบบ บัฟเฟอร์ เมื่อ $CV = 50\%$	37
4.6 ผลการเปรียบเทียบเชิงซ้อนของกำลังการผลิตป้องกันที่แต่ละรูปแบบบัฟเฟอร์ เมื่อ $CV = 50\%$	38
4.7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของรูปแบบบัฟเฟอร์ ที่แต่ละระดับของกำลัง การผลิตป้องกัน เมื่อ $CV = 5\%$	39
4.8 ผลการเปรียบเทียบเชิงซ้อนของรูปแบบบัฟเฟอร์ ที่แต่ละระดับของกำลังการ ผลิตป้องกัน เมื่อ $CV = 5\%$	40
4.9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของรูปแบบบัฟเฟอร์ ที่แต่ละระดับของกำลัง การผลิตป้องกัน เมื่อ $CV = 5\%$	42
4.10 ผลการเปรียบเทียบเชิงซ้อนของรูปแบบบัฟเฟอร์ ที่แต่ละระดับของกำลังการ ผลิตป้องกัน เมื่อ $CV = 50\%$	43

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 วิธีการทำงานแบบ Kanban CONWIP และ DBR.....	5
3.1 ลักษณะของสายการผลิตสำหรับการวิจัย.....	15
3.2 อัตราผลผลิตเฉลี่ยเมื่อ $CV = 5\%$ $PC = 0\%$ และไม่มีการจำกัดขนาดบัฟเฟอร์.....	19
3.3 อัตราผลผลิตเฉลี่ยเมื่อ $CV = 50\%$ $PC = 0\%$ และไม่มีการจำกัดขนาดบัฟเฟอร์.....	20
3.4 วิธีการจัดสรรบัฟเฟอร์เมื่อขนาดบัฟเฟอร์ทั้งหมด ในสายการผลิตคือ 10 หน่วย.....	21
3.5 วิธีการจัดสรรบัฟเฟอร์ เมื่อขนาดบัฟเฟอร์ทั้งหมด ในสายการผลิตคือ 20 หน่วย.....	22
3.6 กราฟแสดงจำนวนผลผลิตเฉลี่ยในแต่ละวันตามวิธีของ Welch.....	24
4.1 อัตราผลผลิตเฉลี่ยที่แต่ละระดับกำลังการผลิตป้องกันและรูปแบบบัฟเฟอร์.....	32

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญ และที่มาของปัญหาการวิจัย

การผลิตที่มีประสิทธิภาพเป็นส่วนสำคัญประการหนึ่งในการเพิ่มรายได้เปรียบในการแข่งขัน ซึ่งวิธีการหนึ่งในการที่จะเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตคือการปรับปรุงกลไกการจ่ายงานเข้าสู่ระบบการผลิต กลไกการจ่ายงานเข้าสู่สายการผลิตแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ กลไกการจ่ายงานแบบผลัก (Push release mechanisms) และแบบดึง (Pull release mechanism) กลไกการจ่ายงานแบบผลักเป็นการส่งงานเข้าสู่ระบบการผลิตตามคำพยากรณ์ความต้องการสินค้า ไม่มีการควบคุมจำนวนงานระหว่างทำที่อยู่ในระบบการผลิต ดังนั้นเมื่อกระบวนการผลิตมีความผันแปรอาจมีการเพิ่มขึ้นของงานระหว่างทำและส่งผลกระทบต่อระยะเวลาการผลิตสินค้าที่มากตามไปด้วย ในขณะที่กลไกการจ่ายงานแบบดึงมีการควบคุมจำนวนงานระหว่างทำส่งผลให้การผลิตรอบสั้นมากขึ้น และ ช่วยลดจำนวนงานที่เสียหรือชำรุด (Marek, Elkins, and Smith, 2001) กลไกการจ่ายงานแบบดึง ได้แก่ Kanban (Hopp and Spearman, 1996) , Drum-buffer-rope (Goldratt and Cox, 1986) และ Constant-work-in-process (Hopp and Spearman, 1996)

วิธีควบคุมการจ่ายงาน (Release mechanisms) แบบ Constant-work-in-process (CONWIP) เป็นระบบที่พัฒนาจากแนวความคิดของ Hopp และ Spearman (1996) ในระบบนี้สถานี่ผลิตแรกในสายการผลิตจะเริ่มผลิตสินค้าหน่วยใหม่ก็ต่อเมื่อสถานี่สุดท้ายผลิตสินค้าหนึ่งหน่วยเสร็จเรียบร้อยแล้ว ดังนั้นจึงสามารถควบคุมจำนวนสินค้าระหว่างทำ (Work in process, WIP) ในสายการผลิตให้คงที่ตามจำนวนที่เหมาะสม ไม่เกิดปัญหจำนวนงานระหว่างทำเพิ่มอย่างไร้ขอบเขต จึงทำให้ง่ายต่อการจัดการ และ ลดเวลาในการส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้าได้

วิธีควบคุมการจ่ายงานแบบ Kanban (Hopp and Spearman, 1996) มีการควบคุมการจ่ายงานที่ทุกสถานี่ โดยสถานี่สุดท้ายจะผลิตงานชิ้นใหม่เมื่อมีความต้องการจากลูกค้า และ แต่ละสถานี่อื่นๆนั้นจะผลิตสินค้าได้ก็ต่อเมื่อมีความต้องการจากสถานี่ถัดไป สำหรับวิธีควบคุมการจ่ายงานแบบ DBR นั้นเป็นระบบที่พัฒนามาจากแนวความคิด Theory of Constraint (Goldratt and Cox, 1986) ซึ่งจำเป็นที่จะต้องทราบตำแหน่งของสถานี่คอขวดที่จะเป็นจุดส่งสัญญาณการจ่ายงานเข้าสู่สถานี่แรก เมื่อเปรียบเทียบความซับซ้อนของวิธีการจ่ายงานพบว่าวิธี CONWIP มีความซับซ้อนน้อยกว่าวิธีการจ่ายงานอื่น ดังนั้นจึงมีความน่าสนใจที่จะศึกษาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพของสายการผลิตที่ใช้ระบบการจ่ายงานแบบ CONWIP เพื่อที่กิจการที่ใช้ระบบ CONWIP สามารถนำผลที่ได้ไปปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบต่อไป

จากที่กล่าวไปแล้ว สายการผลิตที่ใช้วิธีจ่ายงานแบบ CONWIP นั้นควบคุมจำนวนงานระหว่างทำในสายการผลิต จากการศึกษาที่ผ่านมา(Conway, Maxwell, and McClain, 1981; Inman, 1993) พบว่าการเพิ่มจำนวนงานระหว่างทำช่วยเพิ่มความสามารถ (Performance) ของสายการผลิตได้ อาทิเช่น เพิ่มผลผลิต ลดรอบเวลาในการผลิต เป็นต้น แต่เมื่อจำนวนงานระหว่างทำเพิ่มขึ้นจนถึงระดับหนึ่ง การเพิ่มจำนวนงานระหว่างทำไม่ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นได้อย่างมีนัยสำคัญต่อไป ดังนั้นในระบบการผลิตที่ใช้วิธีควบคุมการจ่ายงานแบบ CONWIP สามารถจำกัดจำนวนงานระหว่างทำในสายการผลิตได้ในขณะที่ยังได้จำนวนผลผลิตตามที่ต้องการ แต่ทั้งนี้ในการนำเสนอระบบ CONWIP ในการศึกษาที่ผ่านมาจำกัดแต่เพียงจำนวนงานระหว่างทำในสายการผลิต ในขณะที่มีข้อสมมติว่าไม่จำกัดขนาดของพื้นที่สำหรับรองรับงานระหว่างทำระหว่างแต่ละสถานีหรือไม่จำกัดบัฟเฟอร์ แต่ในทางปฏิบัติแล้วกิจการอาจจะมีขนาดบัฟเฟอร์จำกัด ถ้ากิจการสามารถที่จะจำกัดขนาดบัฟเฟอร์ในขณะที่จำนวนผลผลิตเท่าเดิม จะช่วยให้กิจการประหยัดต้นทุนในการจัดเก็บสินค้า โดยกิจการอาจหารูปแบบการจัดสรรขนาดบัฟเฟอร์ที่มี (buffer allocation) ให้แต่ละสถานีในทางที่เพิ่มประสิทธิภาพการผลิต(Leslie, and Michael, 1995; Umble, et al., 2000) ได้

นอกจากการจัดสรรขนาดบัฟเฟอร์แล้วได้มีการพบว่าทำให้สถานีที่ไม่ใช่คอขวดมีกำลังการผลิตป้องกันสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีความผันแปรในเวลารอบการผลิตราย (Atwater and Chakravorty, 1994; Hurley and Kadipasaoglu, 1998; Kadipasaoglu, Xiang, Hurley, and Khumawala, 2000; Thuannadce, 2000) ซึ่ง APICS ได้ให้คำจำกัดความของ กำลังการผลิตป้องกันว่า “ A given amount of extra capacity at non-constraints above the system constraint's capacity, used to protect against statistical fluctuations (breakdowns, late of material, quality problems, etc.)” (Cox, Blackstone, and Spencer, 1995)

จากการที่ผู้วิจัยได้ทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการวิจัยอิทธิพลของจำนวนงานระหว่างทำในสายการผลิตที่ใช้วิธี CONWIP ในการจ่ายงาน และ กำลังการผลิตป้องกัน ต่อประสิทธิภาพการผลิต (Atwater, 1994; Lambrecht and Segraert, 1990) แต่ทั้งนี้การศึกษาดังกล่าวสมมติว่าไม่มีการจำกัดขนาดบัฟเฟอร์แต่อย่างใด ดังนั้น งานวิจัยครั้งนี้จึงต้องการขยายการศึกษาสำหรับสายการผลิตที่ใช้วิธีการจ่ายงานแบบ CONWIP โดยจะศึกษาอิทธิพลของกำลังการผลิตป้องกัน (Protective capacity) และ รูปแบบบัฟเฟอร์ (Buffer patterns) ต่อประสิทธิภาพการผลิตของสายการผลิตที่มีคอขวด ซึ่งรูปแบบบัฟเฟอร์นั้นกำหนดให้แตกต่างกันตามขนาดของบัฟเฟอร์ทั้งหมด (Total buffer size) และ ลักษณะการจัดสรรขนาดบัฟเฟอร์ (Buffer allocations) และจะทำการศึกษากายใต้สถานการณ์การผลิตที่มีความผันแปรในเวลารอบการผลิตรายทั้งต่ำและสูง เนื่องจากผลการศึกษาอาจจะแตกต่างกันเมื่อระดับความไม่แน่นอนนั้นแตกต่างกัน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของรูปแบบบัฟเฟอร์ (Buffer patterns) และกำลังการผลิตป้องกัน (Protective capacity) ต่ออัตราผลผลิต (Throughput rate) ของสายการผลิตที่มีคอขวดและใช้วิธีควบคุมการจ่ายงานแบบ CONWIP ภายใต้สถานการณ์ที่มีความผันแปรในเวลาผลิต

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

เมื่อระดับกำลังการผลิตป้องกัน และ รูปแบบบัฟเฟอร์แตกต่างกัน ส่งผลให้อัตราผลผลิตเฉลี่ยแตกต่างกัน

1.4 ขอบเขตการวิจัย

การศึกษานี้ใช้การจำลองสถานการณ์แบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete-event simulation) ในการศึกษาผลผลิตของสายการผลิตที่ผลิตสินค้าเพียงชนิดเดียว ที่จัดลำดับการทำงานในแต่ละสถานีแบบ First-In-First-Out และ ใช้ระบบ CONWIP ในการควบคุมการจ่ายงานเข้าสู่สายการผลิต นั่นคือจะจ่ายงานเพิ่มให้กับสถานีแรกก็ต่อเมื่อมีสินค้าผลิตเสร็จหนึ่งหน่วยที่สถานีสุดท้าย ลักษณะของสายการผลิตในการศึกษานี้ปรากฏอยู่ในบทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) ทราบอิทธิพลของรูปแบบบัฟเฟอร์ และกำลังการผลิตป้องกันต่ออัตราผลผลิตของสายการผลิตที่มีคอขวดและใช้ระบบควบคุมการจ่ายงานแบบ CONWIP
- 2) กิจการผลิตที่จัดระบบการผลิตโดยเรียงสถานีผลิตต่อเนื่องกันตามลำดับของขั้นตอนการผลิต (Flow line) และใช้ระบบการควบคุมการจ่ายงานแบบ CONWIP สามารถทราบแนวทางในการจัดรูปแบบบัฟเฟอร์ และ กำหนดกำลังการผลิตป้องกัน เพื่อเพิ่มอัตราผลผลิตได้

บทที่ 2

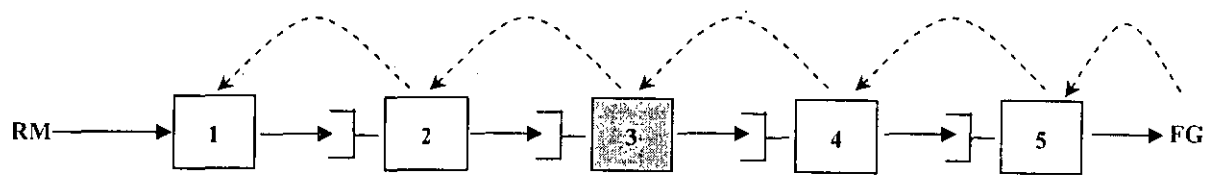
การทบทวนวรรณกรรมวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื่องจากการวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลกระทบของรูปแบบบัฟเฟอร์ (Buffer patterns) และ กำลังการผลิตป้องกัน (Protective capacity) ต่ออัตราผลิตของสายการผลิตที่ใช้วิธีการ ทำงาน (Release mechanism) แบบ Constant-work-in-process (CONWIP) จึงแบ่งการทบทวน วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องออกเป็น 3 ส่วน ประกอบด้วย (1) ระบบกลไกการดำเนินงานเข้าสู่สายการผลิต (2) การเปรียบเทียบวิธีการทำงานแบบ CONWIP กับวิธีอื่น (3) รูปแบบบัฟเฟอร์ และ กำลังการผลิต ป้องกัน

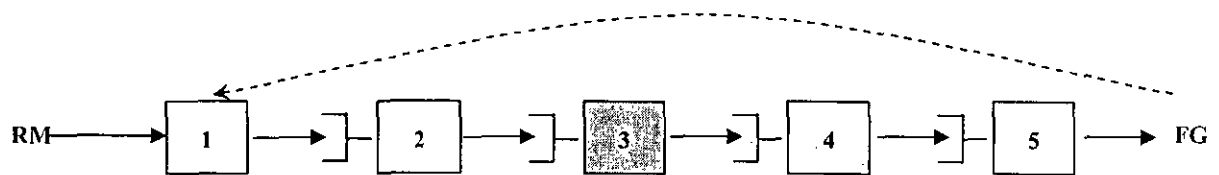
2.1 ระบบกลไกการดำเนินงานเข้าสู่สายการผลิต

กลไกการดำเนินงาน (Release mechanism) เข้าสู่สายการผลิตคือการกำหนดปริมาณและเวลาที่ จะป้อนวัตถุดิบเข้าสู่สายการผลิต กลไกการดำเนินงานสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วิธีการ ได้แก่ วิธีแบบ ผลัก (Push) และวิธีแบบดึง (Pull) วิธีแบบผลักนั้นเป็นที่รู้จักกันทั่วไปในชื่อระบบ Materials- Requirement-Planning (MRP) ซึ่งเป็นระบบการดำเนินงานโดยเริ่มจาก การพยากรณ์จำนวนความ ต้องการสินค้า และ กำลังการผลิต แล้วจึงกำหนดจำนวนงานและระยะเวลาที่จะป้อนงานเข้าสู่ สายการผลิต แต่ทั้งนี้จำนวนความต้องการและกำลังการผลิตนี้เป็นค่าที่ได้จากการประมาณการ ดังนั้น จึงอาจคลาดเคลื่อนได้ ส่งผลให้จำนวนงานระหว่างทำในช่วงเวลาหนึ่งอาจจะสูงหรือต่ำมาก เกินไป และเมื่อป้อนงานเข้าสู่สายการผลิตแล้วเกิดความผันแปรในเวลาผลิต (Processing time variation) เนื่องจาก พนักงานทำงานล่าช้าผิดพลาด และ เครื่องจักรมีปัญหา เป็นต้น ส่งผลให้ผลิตงาน ได้ช้ากว่ากำหนดในขณะที่งานถูกป้อนเข้าสู่สายการผลิตแล้ว จึงทำให้เกิดงานระหว่างทำค้างอยู่ ระหว่างสถานี ก่อให้เกิดความยุ่งยากในการผลิต และระยะเวลาในการผลิตงาน (Flow time) นานขึ้น (Spearman, Hopp, and Woodruff, 1989; Spearman, Woodruff, and Hopp, 1990; Sarker and Fitzsimmons, 1989; Gstettner and Kuhn, 1996)

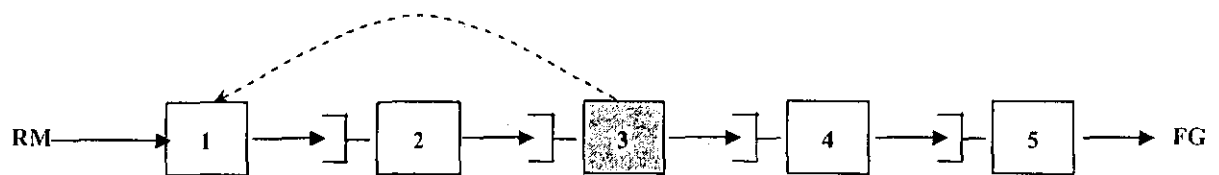
ต่อมาได้มีการนำเสนอวิธีการทำงานแบบดึง ประกอบด้วย วิธี Kanban, CONWIP, และ DBR ถ้ากำหนดให้สายการผลิตประกอบด้วย 5 สถานีเรียงต่อเนื่องกัน และกำหนดให้สถานีที่ 3 เป็น สถานีคอขวด ภาพที่ 2.1 แสดงลักษณะของระบบการดำเนินงานแบบ Kanban CONWIP และ DBR ตามลำดับ



a. Kanban



b. CONWIP



c. DBR

สถานีคอขวด คือ สถานีที่ 3

 พื้นที่บรรจุนานระหว่างทำ
  สถานีการผลิตที่ i

→ ทิศทางการไหลของวัตถุดิบ/งานระหว่างทำ

---→ ทิศทางการไหลของข้อมูล

RM = วัตถุดิบ (Raw materials)

FG = สินค้าที่ผลิตเสร็จ (Finished goods)

ภาพที่ 2.1 วิธีการทำงานแบบ Kanban CONWIP และ DBR

วิธี Kanban ใช้ในระบบการผลิต Just-in-Time ซึ่งบริษัท Toyota ถือว่าเป็นบริษัทแรกที่นำระบบ Just-in-time ในการบริหารการผลิต (Monden, 1983) ในวิธีการทำงานแบบ Kanban นี้ เมื่อสถานีขั้นสุดท้ายในสายการผลิตเริ่มผลิตสินค้าตามความต้องการของลูกค้า จะมีการสื่อสารให้สถานีก่อนหน้าผลิตงานหน่วยใหม่ส่งมาทดแทน โดยสถานีก่อนหน้าเมื่อเริ่มผลิตก็จะส่งสัญญาณให้กับสถานีก่อนหน้าผลิตงานส่งมาทดแทนเช่นกัน เป็นดังนี้ต่อไปจนถึงสถานีแรกของสายการผลิต เครื่องมือที่ใช้ในการสื่อสารระหว่างแต่ละสถานีเรียกว่าใบหรือบัตร ซึ่งชื่อในภาษาญี่ปุ่นคือ Kanban จึงเป็นที่มาของชื่อระบบการทำงานแบบ Kanban จากภาพที่ 2.1 a. แสดงสายการผลิตที่ใช้ระบบ Kanban ซึ่งประกอบด้วย 5 สถานี เมื่อมีความต้องการสินค้า (อาจจะเป็นสินค้าสำเร็จรูปหรืองานที่จะส่งต่อไปให้กับกระบวนการผลิตอื่น) สถานีที่ 5 จะเริ่มผลิตและส่งสัญญาณให้สถานีที่ 4 เริ่มผลิตงานในขณะเดียวกัน สถานีที่ 4 จะส่งสัญญาณให้กับสถานีที่ 3 ผลิตงานให้กับสถานีที่ 4 เป็นเช่นนี้ไปจนถึงสถานีแรก ซึ่งวิธีนี้จำกัดจำนวนงานระหว่างทำในกระบวนการผลิตไม่ให้มีมากเกินไป โดยจะผลิตเพิ่มก็ต่อเมื่อมีความต้องการสินค้าเท่านั้น ซึ่งเป็นระบบที่สอดคล้องตามแนวความคิดการมุ่งลดจำนวนสินค้าคงเหลือของ Just-in-Time (Duenyas and Kebblis, 1995; Gstettner and Kuhn, 1996; Marek, Elkins, and Smith, 2001)

วิธีการทำงานแบบ CONWIP (ภาพที่ 2.1 b.) มีการจำกัดจำนวนงานระหว่างทำ (Work in process, WIP) ตั้งแต่สถานีแรกจนถึงสถานีสุดท้ายในสายการผลิต และไม่มีข้อจำกัดในพื้นที่จัดเก็บวัตถุดิบหน้าสถานีแรก และ ไม่มีข้อจำกัดในพื้นที่จัดเก็บงานที่ผ่านการผลิตที่สถานีสุดท้ายเสร็จเรียบร้อย ในระบบ CONWIP จะมีการส่งสัญญาณจากสถานีสุดท้ายไปยังสถานีแรก สถานีแรกจะผลิตสินค้าเพิ่มก็ต่อเมื่อสถานีสุดท้ายผลิตสินค้าเสร็จและมีการส่งสินค้าออกจากสายการผลิตแล้ว ดังนั้นจำนวนงานระหว่างทำในสายการผลิตจึงคงที่ตลอดเวลา แต่ทั้งนี้จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา ยังไม่มีการจำกัดขนาดบัฟเฟอร์ระหว่างสถานีในระบบ CONWIP (Gstettner and Kuhn, 1996; Duenyas and Kebblis, 1995; Marek et al., 2001; Spearman et al., 1989; Spearman et al., 1990)

วิธีการทำงานแบบ DBR เป็นวิธีที่พัฒนามาจากทฤษฎีข้อจำกัด (Theory of Constraints) ของ Goldratt ที่เสนอว่าควรให้คอขวดในสายการผลิตทำการผลิตได้เต็มที่ เพื่อลดการสูญเสียเวลาในการผลิตที่คอขวด ดังนั้น จึงมุ่งให้มีการป้อนงานให้กับสถานีคอขวดอย่างต่อเนื่อง โดยสถานีแรกจะเริ่มผลิตก็ต่อเมื่อสถานีที่เป็นคอขวดผลิตงานเสร็จและส่งต่อไปยังสถานีถัดไป ดังที่แสดงในภาพที่ 2.1 c. (Gardiner, Blackstone, and Gardiner, 1993; Huff, 2001)

ที่ผ่านมาได้มีการวิจัยเกี่ยวกับระบบการทำงานทั้งสามรูปแบบอย่างหลากหลายแต่เนื่องจากรายงานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเกี่ยวกับวิธีการควบคุมการทำงานแบบ CONWIP ในส่วนต่อไปจึงมุ่งทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการทำงานแบบ CONWIP ซึ่งรวมถึงการทบทวนงานวิจัยที่เปรียบเทียบความสามารถของระบบ CONWIP กับวิธีการทำงานแบบอื่น

2.2 การเปรียบเทียบวิธีการจ่ายงานแบบ CONWIP กับวิธีการจ่ายงานแบบอื่น

Spearman et al. (1990) ได้ชี้ว่าระบบการควบคุมการผลิตแบบดึงต้องการควบคุมจำนวนงานระหว่างทำ (ดูลำดับขั้นตอนของการควบคุมด้วย CONWIP ได้ใน Spearman, et al., 1989) ในขณะที่การควบคุมแบบผลักต้องการควบคุมอัตราผลิต ผู้วิจัยกลุ่มนี้ได้ใช้ Little's Law ประกอบการอธิบาย ซึ่ง Little's Law เป็นกฎที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาที่งานอยู่ในสายการผลิต (Average flow time) จำนวนงานระหว่างทำเฉลี่ย (Average work-in-process) และ อัตราผลิตเฉลี่ย (Average throughput rate) ตามสมการ ดังนี้

$$\text{ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาที่งานอยู่ในสายการผลิต} = \frac{\text{จำนวนงานระหว่างทำเฉลี่ย}}{\text{อัตราผลิตเฉลี่ย}}$$

จากการใช้ Little's Law พบว่าในสายการผลิตแบบผลักที่ผลิตเต็มกำลังการผลิตหรือเกือบเต็มกำลังการผลิต แต่ขาดการควบคุมจำนวนงานระหว่างทำ จะมีโอกาสที่จำนวนงานระหว่างทำในสายการผลิตเพิ่มขึ้นอย่างไร้ขอบเขต อันส่งผลให้ระยะเวลาที่งานอยู่ในสายการผลิตเพิ่มขึ้น เนื่องจากอัตราผลิตเฉลี่ยนั้นถูกจำกัดไม่เกินกว่าอัตราผลิตของสถานียกขวดซึ่งใช้เวลาในการผลิตเฉลี่ยนานกว่าสถานียื่น แต่สายการผลิตที่มีการควบคุมแบบดึงหลีกเลี่ยงปัญหาการเพิ่มขึ้นของระยะเวลาที่งานอยู่ในสายการผลิตได้เนื่องจากมีการควบคุมจำนวนงานระหว่างทำให้อยู่ที่

นอกจากนั้น Spearman et al. (1990) ได้ยกลักษณะของกลไกการจ่ายงานแบบดึงที่เหนือกว่ากลไกการจ่ายงานแบบผลัก 2 ประการ ได้แก่

(1) สายการผลิตที่ใช้กลไกการจ่ายงานแบบผลัก จ่ายงานเข้าสู่กระบวนการผลิตตามประมาณกำลังการผลิตของสายการผลิต แต่ประมาณการกำลังการผลิตนั้นอาจจะไม่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงเนื่องจากมีหลายปัจจัยที่กระทบต่อการผลิตในแต่ละช่วงเวลา เช่น เครื่องจักรเสีย พนักงานทำงานผิดพลาดหรือช้าเกินไป และ การเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนสินค้าแต่ละชนิดที่ผลิต จึงทำให้จำนวนงานระหว่างทำในสายการผลิตมีการเปลี่ยนแปลงอาจจะมากไปหรือน้อยไปในบางช่วง แต่ในสายการผลิตที่ใช้การควบคุมแบบดึงนั้นมีการควบคุมจำนวนงานระหว่างทำจึงไม่มีปัญหาของการผันผวนของจำนวนงานระหว่างทำเหมือนกับแบบผลัก

(2) ถึงแม้กลไกการจ่ายงานแบบดึงจะได้ผลดีเพียงใดขึ้นอยู่กับจำนวนงานระหว่างทำที่กำหนด แต่ทั้งนี้ผลกระทบที่เกิดจากการกำหนดจำนวนงานระหว่างทำไม่เหมาะสมนั้นน้อยกว่าผลกระทบที่เกิดจากการประมาณการกำลังการผลิตผิดพลาดในสายการผลิตที่มีการจ่ายงานแบบผลัก

โดย Spearman et al. (1990) ได้ใช้วิธี Simulation ในการพิสูจน์ข้อดีทั้งสองข้อดังกล่าว นอกจากนี้งานวิจัยของ Huang (1998) เป็นอีกหนึ่งตัวอย่างที่เปรียบเทียบการจ่ายงานแบบ CONWIP

กับการทำงานแบบผลึก ด้วยการใช้ simulation จำลองสายการผลิตในโรงงานที่มีอยู่จริง และพบว่า การควบคุมแบบ CONWIP ลดจำนวนงานระหว่างทำและต้นทุนการจัดเก็บสินค้า และเพิ่มอัตรา ผลผลิตและอัตราการใช้กำลังการผลิต (Utilization)

Spearman and Zazanis (1988) เปรียบเทียบการทำงานด้วย Kanban และ CONWIP โดย ควบคุมให้จำนวนผลผลิตเท่ากัน พบว่าระบบ CONWIP มีจำนวนงานระหว่างทำต่ำกว่าระบบ Kanban เนื่องจากในระบบ Kanban จำเป็นต้องมีงานระหว่างทำจำนวนหนึ่งกระจายอยู่ที่ทุกสถานี ก่อนสถานีคอขวดตลอดเวลาเพื่อที่จะได้ผลผลิตที่ต้องการ แต่ในระบบ CONWIP นั้น งานระหว่างทำ มีแนวโน้มที่จะสะสมรวมกันอยู่หน้าสถานีคอขวด ดังนั้น CONWIP จึงมีการใช้ประโยชน์จากสถานี คอขวดได้มากกว่าจึงได้ผลผลิตเท่ากับ Kanban ในขณะที่ไม่จำเป็นต้องมีงานระหว่างทำจำนวนมาก เท่ากับในระบบ Kanban

นอกจากนี้ Spearman และ Zazanis ได้มีการเปรียบเทียบการทำงานแบบ CONWIP กับ DBR ในสายการผลิตเส้นตรงที่มีการเปลี่ยนชนิดสินค้าที่ผลิต ซึ่งทำให้คอขวดมีการย้ายตำแหน่งตาม ชนิดของสินค้า พบว่าการทำงานทั้งสองแบบให้ผลที่คล้ายคลึงกันมาก แต่ CONWIP มีความยืดหยุ่น มากกว่าในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของสถานีที่เป็นคอขวด

Muckstadt and Tayur (1995) ใช้ simulation เป็นเครื่องมือเปรียบเทียบการใช้ระบบ CONWIP กับ Kanban ในการควบคุมการทำงานเข้าสู่สายการผลิตที่เวลาผลิตมีความผันแปร มีการ หยุดทำงานของเครื่องจักร มีชิ้นงานที่ต้องแก้ไขใหม่ และมีผลผลิตที่มีข้อบกพร่อง ในการศึกษาได้ กำหนดให้ผลผลิตเท่ากัน พบว่า ระบบ Kanban มีจำนวนงานระหว่างทำเฉลี่ยต่ำกว่าระบบ CONWIP แต่จำนวนงานระหว่างทำสูงสุดของ CONWIP ต่ำกว่าของ Kanban

Duenyas and Kebblis (1995) ใช้วิธีการศึกษาเชิงวิเคราะห์ และ simulation เพื่อเปรียบเทียบ ระบบ CONWIP กับ ระบบ Kanban ของสายการประกอบ โดยกำหนดให้อัตราผลผลิตที่ต้องการของ ทั้งสองระบบเท่ากัน และพบว่าสายการประกอบที่ใช้วิธีการทำงานแบบ CONWIP มีจำนวนงาน ระหว่างทำสูงสุดต่ำกว่าสายการประกอบที่ใช้วิธี Kanban ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Muckstadt and Tayur (1995) แต่ Duenyas และ Kebblis พบว่าจำนวนงานระหว่างทำเฉลี่ยของ CONWIP นั้นต่ำกว่าแบบ Kanban ซึ่งผลส่วนหลังนี้ตรงข้ามกับผลที่พบโดย Muckstadt and Tayur

Lambrecht และ Segart (1990) ได้จำลองสายการผลิตแบบเส้นตรงที่มี 6 สถานี และมีความ ผันแปรในเวลาผลิต โดยทำการศึกษาทั้งกรณีที่เวลาผลิตเฉลี่ยแต่ละสถานีเท่ากัน และ กรณีที่ สายการผลิตมีคอขวด โดยเขาได้กำหนดให้สถานีคอขวดหมายถึงสถานีที่มีเวลาผลิตเฉลี่ยนานที่สุด

ในกรณีเวลาผลิตเฉลี่ยแต่ละสถานีเท่ากันนั้น เขาทำการเปรียบเทียบระบบผลึก Kanban และ Long Pull ที่จำนวนงานระหว่างทำในสายการผลิตสูงสุด 3 ระดับ ได้แก่ 16, 21, และ 26 หน่วย และที่ ค่าสัมประสิทธิ์การแปรผัน (Coefficient of variation) 4 ระดับ ได้แก่ 0.1, 0.3, 0.5, และ 1.0 สำหรับ

Kanban และ ระบบผลึกมีการกำหนดขนาดบัฟเฟอร์ระหว่างแต่ละสถานีเท่ากัน เช่น เมื่อกำหนดให้จำนวนงานระหว่างทำสูงสุดเป็น 16 หน่วย สายการผลิตที่ประกอบด้วย 6 สถานี ซึ่งมีบัฟเฟอร์ 5 จุด จะมีขนาดบัฟเฟอร์แต่ละจุดเท่ากันที่ 2 หน่วย รวมเป็นขนาดบัฟเฟอร์ทั้งหมด 10 หน่วย ซึ่งเมื่อรวมจำนวนงานระหว่างทำที่กำลังอยู่ระหว่างการผลิตที่ทั้ง 6 สถานี จึงเป็นจำนวนงานระหว่างทำสูงสุดในสายการผลิตรวมกัน 16 หน่วย สำหรับระบบ long pull นั้น มีการควบคุมเฉพาะจำนวนงานระหว่างทำสูงสุดในสายการผลิต ไม่มีการจำกัดขนาดบัฟเฟอร์ระหว่างแต่ละสถานีแต่อย่างใดซึ่งมีลักษณะเดียวกันกับ CONWIP นั่นเอง ผลการศึกษาด้วย simulation พบว่าในทุกระดับสัมประสิทธิ์การแปรผัน ระบบการจ่ายงานที่ให้ผลผลิตเรียงจากมากที่สุดไปต่ำที่สุดคือ Long pull ระบบผลึก และ Kanban สำหรับการทดลองในกรณีที่มีสถานีคอขวดนั้น ได้เปลี่ยนจากการศึกษาแบบ Long pull เป็นแบบ DBR โดยเริ่มผลิตงานเพิ่มหนึ่งหน่วยที่สถานีแรกก็ต่อเมื่อมีงานหนึ่งหน่วยผ่านการผลิตเรียบร้อยแล้วที่สถานีคอขวด โดยยังคงศึกษาเปรียบเทียบกับวิธี Kanban และ วิธีผลึก ผลการเปรียบเทียบพบว่าการทำงานแบบ DBR นี้ให้ผลผลิตมากกว่าการทำงานแบบ Kanban และ แบบผลึก

Kim(1995) ใช้ simulation จำลองสายการผลิต และ job shop เพื่อเปรียบเทียบวิธีการจ่ายงานแบบดัง 3 วิธี ได้แก่ Output-flow-control (OFC) Bottleneck-flow-control (BFC) และ Dynamic-flow-control (DFC) โดยวิธีการจ่ายงานแบบ OFC และแบบ BFC เป็นวิธีการควบคุมที่พัฒนามาจากหลักการ CONWIP และ DBR ตามลำดับ ส่วน DFC เป็นวิธีการจ่ายงานที่ปรับอัตราผลผลิตจริงให้สอดคล้องกับอัตราผลผลิตและจำนวนสินค้าคงเหลือเป้าหมาย ตัวแปรตามของการศึกษาประกอบด้วย จำนวนผลผลิตเฉลี่ย จำนวนงานระหว่างทำเฉลี่ย ระยะเวลาล่าช้าเฉลี่ย และ จำนวนงานที่เสร็จล่าช้าเฉลี่ย จากการวิจัยพบว่าวิธีการจ่ายงานที่ดีที่สุดขึ้นอยู่กับตำแหน่งของเครื่องจักรที่ขำรุ่ด ตำแหน่งของสถานีคอขวด และ ระดับความผันแปรของเวลาผลิต

ต่อมาในปี 1998 Gilland ใช้การจำลองสถานการณ์เปรียบเทียบระบบการจ่ายงานในสายการผลิตโดยแบ่งการศึกษาออกเป็นสองส่วนคือ (1) ศึกษาสายการผลิตที่มีหนึ่งสถานีเป็นคอขวด และ (2) ศึกษาสายการผลิตที่มีสองสถานีเป็นคอขวด

ในการศึกษากรณีแรกที่กำหนดให้สถานีเพียงจุดเดียวเป็นคอขวดนั้นเป็นการศึกษาเปรียบเทียบระบบการจ่ายงานแบบผลึก แบบ CONWIP และ แบบ DBR พบว่า เมื่อกำหนดให้จำนวนผลผลิตคงที่ DBR มีจำนวนงานระหว่างทำเฉลี่ยต่ำสุด การจ่ายงานแบบผลึกมีจำนวนงานระหว่างทำเฉลี่ยสูงสุด DBR มีความสามารถมากกว่า CONWIP แต่เมื่อสถานีคอขวดเป็นสถานีที่อยู่ใกล้ช่วงปลายของสายการผลิตมากเท่าใด ความสามารถของ DBR กับ CONWIP ใกล้เคียงกันมากขึ้น เนื่องจากถ้าสถานีคอขวดเป็นสถานีสุดท้ายในสายการผลิตนั้นหมายความว่าสำหรับทั้ง DBR และ CONWIP มีจุดดึงงานที่สถานีสุดท้าย และเมื่อกำลังการผลิตของสถานีคอขวดใกล้เคียงกับกำลังการ

ผลิตของสถานที่ที่ไม่ใช่คอขวดแล้ว ความสามารถของ DBR จะใกล้เคียงกับ CONWIP มากขึ้น เช่นเดียวกัน

ในการศึกษากรณีที่สองกำหนดให้สายการผลิตมีสถานที่สองจุดเป็นคอขวด และใช้วิธีการทำงานที่ประยุกต์จากหลักการ DBR ทั้งหมด 3 วิธี ได้แก่ (1) Pull-from-bottleneck1 (PFB1) ซึ่งกำหนดให้จำนวนงานระหว่างทำในสายการผลิตนับแต่สถานที่แรกและสถานที่คอขวดสถานที่แรกคงที่ (2) Pull-from-bottleneck2 (PFB2) ซึ่งกำหนดให้จำนวนงานระหว่างทำในสายการผลิตนับแต่สถานที่แรกและสถานที่คอขวดแห่งที่สองคงที่ และ (3) Pull-from-both-bottleneck (PFBB) ซึ่งกำหนดให้จำนวนงานระหว่างทำในสายการผลิตทั้งที่อยู่ระหว่างสถานที่แรกและสถานที่คอขวดแห่งแรก และ อยู่ระหว่างสถานที่แรกและสถานที่คอขวดแห่งที่สองคงที่เสมอ โดยวิธี PFBB นั้นป้อนงานใหม่เข้าสู่สายการผลิตเมื่อมีงานที่ผลิตเสร็จเรียบร้อยที่สถานที่คอขวดแห่งแรก หรือ สถานที่คอขวดแห่งที่สอง ยกตัวอย่าง เช่น เมื่อใดก็ตามที่สถานที่คอขวดแห่งแรกผลิตงานเสร็จหนึ่งหน่วยจะมีการจ่ายงานเข้าสู่สายการผลิตที่สถานที่แรกอีกหนึ่งหน่วย หรือ เมื่อใดก็ตามที่สถานที่คอขวดแห่งที่สองผลิตเสร็จหนึ่งหน่วยจะมีการจ่ายงานเข้าสู่สายการผลิตที่สถานที่แรกอีกหนึ่งหน่วยเช่นเดียวกัน การทดลองพบว่า PFBB มีจำนวนงานระหว่างทำเฉลี่ยในสายการผลิตต่ำที่สุด และ จำนวนงานระหว่างทำของทั้งสามวิธีใกล้เคียงกันมากขึ้นเมื่อกำลังการผลิตของสถานที่คอขวดใกล้เคียงกับกำลังการผลิตของสถานที่ที่ไม่ใช่คอขวด

2.3 รูปแบบบัฟเฟอร์และกำลังการผลิตป้องกัน

อัตราผลผลิตของสายการผลิตขึ้นอยู่กับกำลังการผลิตของสถานที่ที่มีเวลาผลิตเฉลี่ยนานที่สุด ทั้งนี้ในกรณีที่ความต้องการสินค้ามากกว่ากำลังการผลิตของสถานีดังกล่าว นั้นหมายความว่าสถานที่นั้นเป็นจุดอ่อน หรือ เป็นคอขวดของสายการผลิต ในการปรับปรุงสายการผลิตให้ผลิตสินค้าได้จำนวนมากขึ้น อาจจะแก้ไขปรับปรุงคอขวดให้ผลิตสินค้าได้เร็วขึ้น และต่อเนื่องตลอดเวลาหรือไม่มี การหยุดชะงัก ซึ่งเป็นวิธีที่สอดคล้องกับทฤษฎีการดำเนินงานที่ชื่อว่าทฤษฎีข้อจำกัด (Theory of Constraints, TOC) เสนอ โดย Eliyahu M. Goldratt (Goldratt and Cox, 1986) ซึ่งเป็นทฤษฎีที่แนะนำให้มีการมุ่งปรับเปลี่ยนแก้ไขจุดอ่อนหรือคอขวดของระบบ ซึ่งจะดำเนินการได้ก็ต่อเมื่อมีการค้นพบจุดอ่อน และพยายามให้ความสำคัญในการเสริมสร้างปรับปรุงจุดอ่อนนั้น

วิธีการหนึ่งในการปรับปรุงผลผลิตของสายการผลิตที่มีคอขวดคือการเพิ่มกำลังการผลิตที่สถานที่คอขวดซึ่งทำให้สามารถผลิตสินค้าได้รวดเร็วขึ้น โดยอาจจะด้วยการเพิ่มเครื่องจักรที่สถานที่คอขวด ลดเวลาการจัดเตรียมเครื่องจักรที่สถานที่คอขวด การฝึกฝนอบรมพนักงานให้สามารถทำงานในหลายแผนกได้ หรือ ให้งานทำงานล่วงเวลา

นอกเหนือจากการเพิ่มกำลังการผลิตที่สถานีคอขวดแล้ว อาจจะจัดให้มีงานระหว่างทำและมีบัฟเฟอร์สำหรับรองรับงานระหว่างทำที่รอคอยการผลิต ซึ่งทำให้ลดปัญหาการขาดงานป้อนเข้าสู่แต่ละสถานี (Starvation) และ ลดปัญหาการไม่มีพื้นที่รองรับงานที่ผ่านการผลิตเรียบร้อยแล้วที่แต่ละสถานี (Blocking) เมื่อปัญหาเหล่านี้ลดน้อยลงจะช่วยให้แต่ละสถานีทำงานได้อย่างต่อเนื่องและเป็นอิสระจากกันมากขึ้นอันจะนำไปสู่การเพิ่มผลผลิตได้ในที่สุด เพราะแต่ละสถานีสามารถทำงานในบัฟเฟอร์หน้าสถานีมาผลิตได้ถ้าสถานีก่อนหน้าสถานีดังกล่าวผลิตงานได้ช้า และสามารถวางงานที่บัฟเฟอร์หลังสถานีได้ถึงแม้ว่าสถานีการผลิตที่อยู่ถัดไปยังอยู่ระหว่างผลิตและไม่พร้อมรับงานใหม่ได้ทันที ซึ่งตัวอย่างของประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นจากการให้มีงานระหว่างทำในสายการผลิตที่สถานีมีความผันแปรของเวลาผลิต แสดงในงานวิจัยของ Inman (1993) และ Conway, Maxwell, และ McClain (1988) เป็นต้น

ถึงแม้ว่าการมีงานระหว่างทำในสายการผลิตจะมีข้อดี แต่ทำให้สูญเสียพื้นที่เพื่อเป็นบัฟเฟอร์รองรับงานระหว่างทำ ค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บงานระหว่างทำ ความเสี่ยงที่งานระหว่างทำจะเสื่อมสภาพและชำรุด รวมทั้ง ระยะเวลาที่งานอยู่ในสายการผลิต (Flow time) จะนานขึ้นเนื่องจากระยะเวลาที่แต่ละงานอยู่ในสายการผลิตนั้นรวมเวลาระหว่างถูกผลิตที่สถานี เวลาในการเคลื่อนย้าย และเวลารอคอยด้วย ยังมีงานระหว่างทำในระบบการผลิตมากเท่าใดหมายถึงงานแต่ละหน่วยต้องใช้เวลาในการรอคอยเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน ในบางกิจการที่มีงานระหว่างทำจำนวนมากพบว่าระยะเวลาที่งานอยู่ในสายการผลิตโดยเฉลี่ยนั้นนานมากกว่า 1 เดือน ในขณะที่ใช้เวลาเพียง 1 วันเท่านั้นในการดำเนินการผลิต (Conway et al., 1988) การเพิ่มขึ้นของระยะเวลาที่งานอยู่ในสายการผลิตนี้ถือว่าเป็นปัญหาที่สำคัญมาก เพราะเมื่อระยะเวลาที่งานอยู่ในสายการผลิตเพิ่มขึ้น กิจการจำเป็นต้องยืดระยะเวลาการส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้า อันส่งผลให้ลูกค้ามีความพึงพอใจลดลงได้ ดังนั้น ที่ผ่านมามีงานวิจัยบางส่วนที่หาวิธีการเพิ่มความสามารถของระบบการผลิตภายใต้สถานการณ์ที่มีจำนวนงานระหว่างทำจำกัด

Smith and Brumbaugh (1977) ได้ศึกษาอิทธิพลของการจัดสรรขนาดบัฟเฟอร์ที่มีจำกัดในสายการผลิตที่ใช้วิธีการทำงานแบบผลึก และ มีความผันแปรในเวลาผลิต สายการผลิตประกอบด้วยสามสถานีเรียงต่อเนื่องกัน มีบัฟเฟอร์รองรับงานระหว่างทำอยู่ 2 แห่ง คือ ระหว่างสถานีที่ 1 และ 2 และ ระหว่างสถานีที่ 2 และ 3 รูปแบบการจัดสรรบัฟเฟอร์ มี 3 รูปแบบ ได้แก่ (1) 25-75% (2) 50-50% และ (3) 75-25% พบว่าอัตราผลผลิตที่ได้ขึ้นอยู่กับระดับความผันแปรของเวลาผลิต รูปแบบการจัดสรรบัฟเฟอร์ที่ให้จำนวนผลผลิตมากที่สุดคือรูปแบบที่ 3: 50-50% นั่นคือ ให้ขนาดบัฟเฟอร์ระหว่างสถานีที่ 1 และ 2 เท่ากับ ขนาดบัฟเฟอร์ระหว่างสถานีที่ 2 และ 3

El-rayah (1978) ศึกษาผลของการจัดสรรบัฟเฟอร์ ในสายการผลิตที่มีระบบการจ่ายงานแบบหลัก เวลาผลิตมีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) ไม่มีการจำกัดขนาดบัฟเฟอร์หน้าสถานีแรก โดยทำการศึกษาทั้งสายการผลิตที่มีสามสถานีและสี่สถานี ในกรณีที่สายการผลิตมีสามสถานี ผู้วิจัยได้กำหนดให้ขนาดบัฟเฟอร์ทั้งหมดของสายการผลิตเป็น 8 และ 24 หน่วย ในกรณีที่สี่สถานี กำหนดให้ขนาดบัฟเฟอร์ทั้งสายการผลิตรวมเป็น 12 หน่วย และ 24 หน่วย การศึกษาพบว่าจำนวนผลผลิตของสายการผลิตที่มีการจัดสรรบัฟเฟอร์ ให้แต่ละสถานีไม่เท่ากัน ไม่มากกว่าจำนวนผลผลิตของสายการผลิตที่มีการจัดสรรขนาดบัฟเฟอร์ให้เท่ากันอย่างน้อยสำคัญ หรือ กล่าวอีกนัยหนึ่ง การจัดสรรขนาดบัฟเฟอร์ไม่มีอิทธิพลต่อการเพิ่มอัตราผลผลิต แต่ถ้าจำเป็นจะต้องจัดสรรขนาดบัฟเฟอร์ให้ไม่เท่ากันระหว่างแต่ละสถานี ควรจัดสรรบัฟเฟอร์ให้สถานีที่อยู่ตำแหน่งตรงกลางของสายการผลิตมากกว่าสถานีที่อยู่ตำแหน่งตอนต้นหรือตอนปลายของสายการผลิต

Conway et al. (1988) ศึกษาการจัดสรรขนาดบัฟเฟอร์ในสายการผลิตที่มีความผันแปรในเวลาผลิต ผลการศึกษาคือ (1) เมื่อสายการผลิตประกอบด้วยสถานีที่มีเวลาผลิตเฉลี่ยและความผันแปรของเวลาผลิตเท่ากันทุกสถานี ควรจัดสรรขนาดบัฟเฟอร์ให้เท่ากันก่อนและถ้ามีขนาดบัฟเฟอร์เหลือให้จัดสรรให้สถานีที่ตำแหน่งตรงกลางของสายการผลิตก่อนที่จะจัดสรรให้กับสถานีตำแหน่งแรกและปลายของสายการผลิต (2) เมื่อสายการผลิตประกอบด้วยสถานีที่มีเวลาผลิตเฉลี่ยเท่ากัน แต่มีความผันแปรในเวลาผลิตไม่เท่ากัน ควรให้สถานีที่มีความผันแปรในเวลาผลิตสูงมีขนาดบัฟเฟอร์มากกว่าสถานีอื่น และ (3) สายการผลิตที่มีคอขวดไม่จำเป็นจะต้องมีขนาดบัฟเฟอร์ทั้งหมดในสายการผลิตมากเท่ากับสายการผลิตที่ไม่มีคอขวด และควรจัดสรรบัฟเฟอร์ให้พื้นที่รอบสถานีคอขวดมากกว่าสถานีอื่น

นอกจากการศึกษาวิธีหรือรูปแบบในการจัดสรรขนาดบัฟเฟอร์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตแล้ว การให้สถานีที่ไม่ใช่คอขวดมีกำลังการผลิตป้องกัน (Protective capacity) เป็นอีกวิธีที่ช่วยให้เกิดความต่อเนื่องในการผลิตและเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตได้ ซึ่ง American Production and Inventory Control Society (APICS) ได้ให้คำจำกัดความของ Protective capacity (Cox, Blackstone, and Spencer, 1995) ดังนี้

“ A given amount of extra capacity at non-constraints above the system constraint's capacity, used to protect against statistical fluctuations (breakdowns, late of material, quality problems, etc.) ”

การที่มีกำลังการผลิตป้องกันที่สถานีที่ไม่ใช่คอขวดทำให้สถานีก่อนหน้าสถานีคอขวดผลิตงานส่งให้กับสถานีคอขวดได้รวดเร็วยิ่งขึ้นและต่อเนื่องมากขึ้นจึงลดปัญหา starving ที่สถานีคอขวดลงได้ และสถานีหลังสถานีคอขวดสามารถผลิตงานออกไปจากสายการผลิตได้อย่างรวดเร็วขึ้นทำให้งานไม่คั่งค้างอยู่ที่บัฟเฟอร์หลังสถานีคอขวดจึงลดปัญหาการ blocking ที่สถานีคอขวดได้ ประโยชน์

ของกำลังการผลิตป้องกันได้แสดงไว้ในผลงานวิจัยของ Atwater (1991) ซึ่งเขาทำการทดลองด้วย simulation แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่าง จำนวนงานระหว่างทำ และ กำลังการผลิตป้องกันในระบบผลิตแบบ flow shop ผลการศึกษาพบว่า การเพิ่มจำนวนงานระหว่างทำและกำลังการผลิตป้องกันช่วยให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น แต่เมื่อจำนวนงานระหว่างทำนั้นสูงถึงระดับหนึ่ง ถึงแม้การเพิ่มกำลังการผลิตป้องกันส่งผลให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นก็ตามแต่เป็นการเพิ่มขึ้นในอัตราที่ลดลงและเริ่มคงที่เมื่อ กำลังการผลิตป้องกันเพิ่มขึ้นถึงระดับหนึ่ง ดังนั้น จึงแสดงว่ามีอิทธิพลร่วมระหว่างจำนวนงานระหว่างทำ และ กำลังการผลิตป้องกัน ผู้วิจัยได้ให้ข้อเสนอแนะว่าในระบบการผลิตที่มีต้นทุนในการรองรับงานระหว่างทำในสายการผลิตที่สูงมากอาจจะใช้กำลังการผลิตป้องกันเพื่อสามารถได้อัตราผลผลิตตามที่ต้องการในขณะที่ลดจำนวนงานระหว่างทำลง

Atwater and Chakravorty (1994) ทำการจำลองสถานการณ์สายการผลิตที่ใช้วิธีการจ่ายงานแบบ CONWIP ในการเปรียบเทียบรอบเวลา (Cycle time) ของสายการผลิตที่มีกำลังการผลิตป้องกัน และที่ไม่มีกำลังการผลิตป้องกัน พบว่าเมื่อสายการผลิตมีระยะเวลาที่ต้องหยุดทำงานเนื่องจากเครื่องจักรเสียและต้องซ่อมแซม (System Downtime) ไม่สูงมาก การให้มีกำลังการผลิตป้องกันช่วยลดรอบเวลาลงได้อย่างมากถ้าจำนวนงานระหว่างทำนั้นจำกัดแต่เมื่อเพิ่มงานระหว่างทำขึ้นถึงจำนวนหนึ่งพบว่ากำลังการผลิตป้องกันลดรอบเวลาได้แต่ไม่ถึงว่าลดลงมากนัก ในสถานการณ์ที่ System Downtime สูงมาก การมีกำลังการผลิตป้องกันมีผลทำให้รอบเวลาลดลงอย่างเห็นได้ชัดที่จำนวนงานระหว่างทำทุกระดับและพบว่า การลดลงของรอบเวลายังเป็นไปอย่างต่อเนื่องเมื่อเพิ่มจำนวนงานระหว่างทำโดยรอบเวลาไม่สามารถเข้าสู่สถานะคงที่ได้เลย ในขณะที่เมื่อ System Downtime ไม่สูงมากพบว่ารอบเวลาลดลงและเริ่มคงที่เมื่อเพิ่มจำนวนงานระหว่างทำถึงระดับหนึ่ง Atwater และ Chakravorty จึงได้ให้ข้อเสนอแนะว่าเมื่อความผันแปรในระบบการผลิตต่ำ อาจจะไม่จำเป็นต้องมีกำลังการผลิตป้องกันถ้าระบบมีจำนวนงานระหว่างทำเพียงพอและไม่จำเป็นต้องกำหนดค่าให้งานระหว่างทำในระบบมีจำนวนมากก็ได้เมื่อเทียบกับระบบการผลิตที่มีความผันแปรสูงกว่า

Hurley และ Kapidasoglu (1998) ได้ชี้ให้เห็นว่าบางกิจการที่ผลิตสินค้ามากกว่าหนึ่งชนิดในสายการผลิตเดียวกันลดกำลังการผลิตส่วนเกินที่สถานีที่ไม่ใช่คอขวดลงจนกระทั่งทุกสถานีมีเวลาผลิตเฉลี่ยเท่ากัน เนื่องจากต้องการใช้สถานีหรือเครื่องจักรอย่างคุ้มค่าให้มากที่สุดเพื่อไม่ให้เกิดเวลาอยู่เปล่า (Idle time) แต่ Hurley และ Kapidasoglu ให้ความคิดเห็นว่าการทำเช่นนี้ส่งผลให้สถานีคอขวดมีการย้ายตำแหน่งเมื่อมีการเปลี่ยนชนิดของสินค้าที่ผลิต เขาจึงแนะนำว่าควรให้มีกำลังการผลิตป้องกันเพื่อช่วยลดปัญหาการเคลื่อนที่ของคอขวดลง

Kadipasaoglu,Xiang, Hurley, และ Khumawala (2000) ดำเนินการทดลองด้วย simulation ศึกษาสายการผลิตที่ประกอบด้วย 4 สถานี พบว่า การมีกำลังการผลิตป้องกัน และ การให้สถานีแรกเป็นตำแหน่งของสถานีคอขวด ลดระยะเวลาที่งานอยู่ในระบบการผลิต จำนวนงานระหว่างทำ และ เวลารอคอย แต่ทั้งนี้ประโยชน์ของกำลังการผลิตป้องกัน และ ตำแหน่งของสถานีคอขวดมากเพียงใด นั้นขึ้นอยู่กับระดับความแปรผันในเวลาผลิต และ ระยะเวลาที่ต้องหยุดทำงานเนื่องจากเครื่องจักรเสีย และต้องซ่อมแซม (System Downtime)

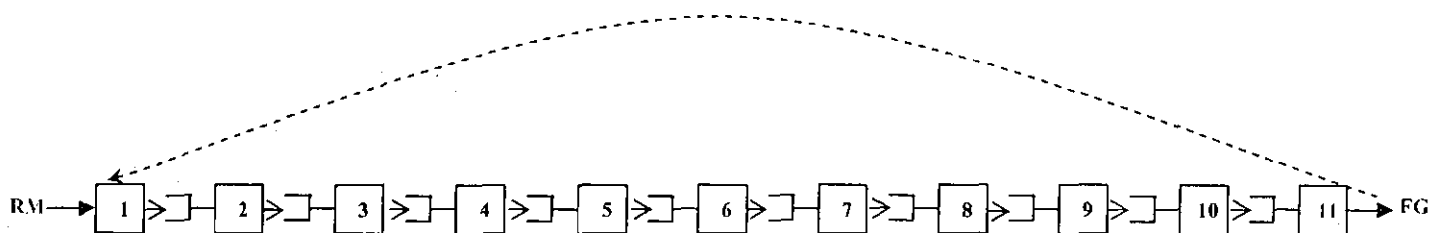
บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การทดลองสำหรับการศึกษานี้ใช้การจำลองสถานการณ์เป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูล โดยผู้วิจัยเขียนโปรแกรมสำหรับการทดลองด้วย AWESIM! Simulation Program (Pritsker, O'Reilly, and LaVal, 1997) ในส่วนต่อไปของบทนี้จะอธิบายการออกแบบการวิจัยด้วย simulation ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ (1) การกำหนดลักษณะสายการผลิตจำลอง (2) ตัวแปรและระดับของตัวแปร (3) การออกแบบการทดลองด้วย simulation ซึ่งประกอบด้วย การกำหนดระยะเวลาตั้งแต่เริ่มจนถึงจุดที่ระบบเข้าสู่สถานะคงตัว (Steady state) การกำหนดระยะเวลาในการดำเนิน simulation แต่ละรอบ และ การกำหนดจำนวนรอบของการดำเนิน simulation

3.1 ลักษณะสายการผลิตจำลอง

ภาพที่ 3.1 แสดงลักษณะของสายการผลิตที่ผู้วิจัยได้กำหนดขึ้นเพื่อเป็นกรณีศึกษาสำหรับการวิจัยโดยใช้การจำลองสถานการณ์ (Simulation)



สถานีคอขวด คือ สถานีที่ 6

 พื้นที่จัดเก็บงานระหว่างทำ  สถานีการผลิตที่ i

 ทิศทางการไหลของวัตถุดิบ/งานระหว่างทำ

 ทิศทางการไหลของข้อมูล

RM = วัตถุดิบ (Raw Materials)

FG = สินค้าที่เสร็จและโอนออกไปจากสายการผลิต (Finished goods)

ภาพที่ 3.1 ลักษณะของสายการผลิตสำหรับการวิจัย

รายละเอียดของลักษณะสายการผลิต

- 1) สายการผลิตเป็นแบบเส้นตรง (Flow line) ผลิตสินค้าเพียงชนิดเดียว และประกอบด้วยสถานีผลิตทั้งหมด 11 สถานี กำกับด้วยหมายเลข 1 ถึง หมายเลข 11 เรียงต่อเนื่องกันตามลำดับของขั้นตอนการทำงาน นั่นหมายถึงงานทุกหน่วยต้องผ่านการผลิตทั้ง 11 สถานีเรียงตามลำดับ
- 2) ลำดับการทำงานแต่ละสถานีเป็นแบบ first-in-first-out นั่นคืองานใดที่มาถึงสถานีก่อนได้รับการผลิตก่อน และใช้วิธีการจ่ายงานแบบ CONWIP (Constant-work-in-process) ซึ่งกำหนดให้สถานีแรกเริ่มผลิตงานใหม่เมื่อสถานีสุดท้ายผลิตงานหนึ่งหน่วยเสร็จเรียบร้อยแล้ว เพื่อเป็นการควบคุมให้จำนวนงานระหว่างทำในสายการผลิตนับตั้งแต่สถานีแรกจนถึงสถานีสุดท้ายคงที่ จำนวนงานระหว่างทำในที่นี้ไม่นับรวมจำนวนวัตถุดิบที่รอผลิตที่สถานีแรก และ ไม่นับรวมจำนวนงานที่ผลิตเสร็จที่สถานีสุดท้าย และสมมติว่าไม่มีการจำกัดขนาดบัฟเฟอร์หน้าสถานีแรก และ สินค้าที่ผ่านการผลิตที่สถานีสุดท้ายถูกโอนออกไปจากระบบการผลิตทันที เช่น สินค้าอาจจะถูกส่งไปจัดเก็บที่คลังสินค้าเพื่อส่งมอบให้ลูกค้าต่อไป หรือ สินค้าอาจจะถูกส่งต่อไปยังระบบการผลิตอื่นต่อไปทันที
- 3) ทุกสถานีมีความผันแปรในเวลาผลิต และกำหนดให้การแจกแจงของเวลาผลิตในแต่ละสถานีเป็นแบบ Lognormal เนื่องจาก การแจกแจงแบบ Lognormal มีลักษณะเบ้ไปทางขวาและมีค่าเป็นบวกเท่านั้น จึงถือว่ามีความเหมาะสมในการอธิบายลักษณะการกระจายของเวลาผลิต (Muralidhar, Swenseth, and Wilson, 1995) โดยกำหนดค่าสัมประสิทธิ์การแปรผัน (Coefficient of variations) ที่ 5% และ 50% เพื่อได้ผลที่สะท้อนถึงความสามารถของสายการผลิตภายใต้สถานการณ์ที่มีความผันแปรในเวลาผลิตต่ำและสูงตามลำดับ
- 4) กำหนดเวลาทำงานที่ 8 ชั่วโมงต่อวัน
- 5) สถานีคอขวดสำหรับการศึกษานี้ หมายถึง สถานีที่มีเวลาผลิตเฉลี่ยยาวนานกว่าสถานีอื่น และกำหนดให้สถานีที่ 6 เป็นสถานีคอขวด เวลาการผลิตเฉลี่ยที่สถานีคอขวดคือหน่วยละ 15 นาที ถ้าไม่มีความผันแปรในเวลาผลิต จะได้อัตราผลผลิต 4 หน่วยต่อชั่วโมง ในการศึกษานี้ กำหนดเวลาการทำงานที่ 8 ชั่วโมงต่อวัน ดังนั้นอัตราผลผลิตจะเป็น 32 หน่วยต่อวัน

กำลังการผลิตป้องกัน (Protective capacity) คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ของความแตกต่างระหว่างอัตราผลผลิตของสถานีที่ไม่ใช่คอขวดและสถานีที่เป็นคอขวด (Atwater, 1991; Kim, 1995)

คำนวณค่ากำลังการผลิตป้องกันได้ตามสูตรดังต่อไปนี้

อัตราผลผลิตของสถานีที่ไม่ใช่คอขวด — อัตราผลผลิตของสถานีคอขวด

อัตราผลผลิตของสถานีคอขวด

- 6) สมมติว่าปริมาณความต้องการในสินค้าไม่ต่ำกว่า 32 หน่วยต่อวัน กิจการจึงต้องการที่จะผลิตให้ได้มากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ เพื่อตอบสนองความต้องการให้ได้มากที่สุด
- 7) สมมติว่าไม่มีของเสียที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิต และสมมติว่าระยะเวลาผลิตเฉลี่ยในแต่ละสถานประกอบการระยะเวลาของการบำรุงรักษาและซ่อมแซมเครื่องจักรแล้ว

3.2 ตัวแปรและระดับของตัวแปร

3.2.1) ตัวแปรตาม

ตัวชี้วัดความสามารถของสายการผลิตในการศึกษาครั้งนี้คืออัตราผลผลิตเฉลี่ยต่อวัน (Average throughput per day) เนื่องจากผลผลิตถือว่าเป็นค่าหนึ่งที่น่าเชื่อถือใช้เป็นค่าชี้วัดความสามารถของระบบการผลิตดังจะเห็นได้ในตัวอย่างงานวิจัยบางส่วนที่ทบทวนไปแล้วในบทที่ 2

3.2.2) ตัวแปรอิสระ

ตัวแปรอิสระของการศึกษานี้มีทั้งหมดสองตัว ได้แก่ กำลังการผลิตป้องกัน(Protective capacity) โดยในการศึกษานี้จะกำหนดตัวของ Protective capacity ด้วย PC และ รูปแบบบัฟเฟอร์ (Buffer patterns) โดยจะกำหนดตัวของ Buffer Patterns ด้วย BP

(1) กำลังการผลิตป้องกัน

ในการศึกษานี้จะกำหนดให้กำลังการผลิตป้องกันที่สถานที่ไม่ใช่คอกขวมี 3 ระดับ ได้แก่ 0% 20% และ 40% และให้ทุกสถานที่ไม่ใช่คอกขวมีกำลังการผลิตป้องกันเท่ากัน เนื่องจากการวิจัยโดย Atwater(1991) พบว่าการให้กำลังการผลิตป้องกันแต่ละสถานเท่ากันให้ผลผลิตที่ดีที่สุด ตารางที่ 3.1 แสดงเวลาผลิตเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาผลิต และ อัตราผลผลิตเฉลี่ยของแต่ละระดับของ CV และ PC

ตารางที่ 3.1 เวลาผลิตเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาผลิต และ อัตราผลผลิตเฉลี่ย

		CV = 5%			CV = 50%		
		PC			PC		
		0%	20%	40%	0%	20%	40%
สถานี	เวลาผลิตเฉลี่ย(นาท)	15	15	15	15	15	15
คอกขว	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาผลิต(นาท)	0.75	0.75	0.75	7.5	7.5	7.5
	อัตราผลผลิตเฉลี่ย(หน่วยต่อวัน)	32	32	32	32	32	32
สถานีที่	เวลาผลิตเฉลี่ย(นาท)	15	12.50	10.71	15	12.50	10.71
ไม่ใช่	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาผลิต(นาท)	0.75	0.625	0.536	7.5	6.25	5.357
คอกขว	อัตราผลผลิตเฉลี่ย(หน่วยต่อวัน)	32	38.4	44.80	32	38.4	44.80

(2) รูปแบบบัฟเฟอร์ (Buffer patterns)

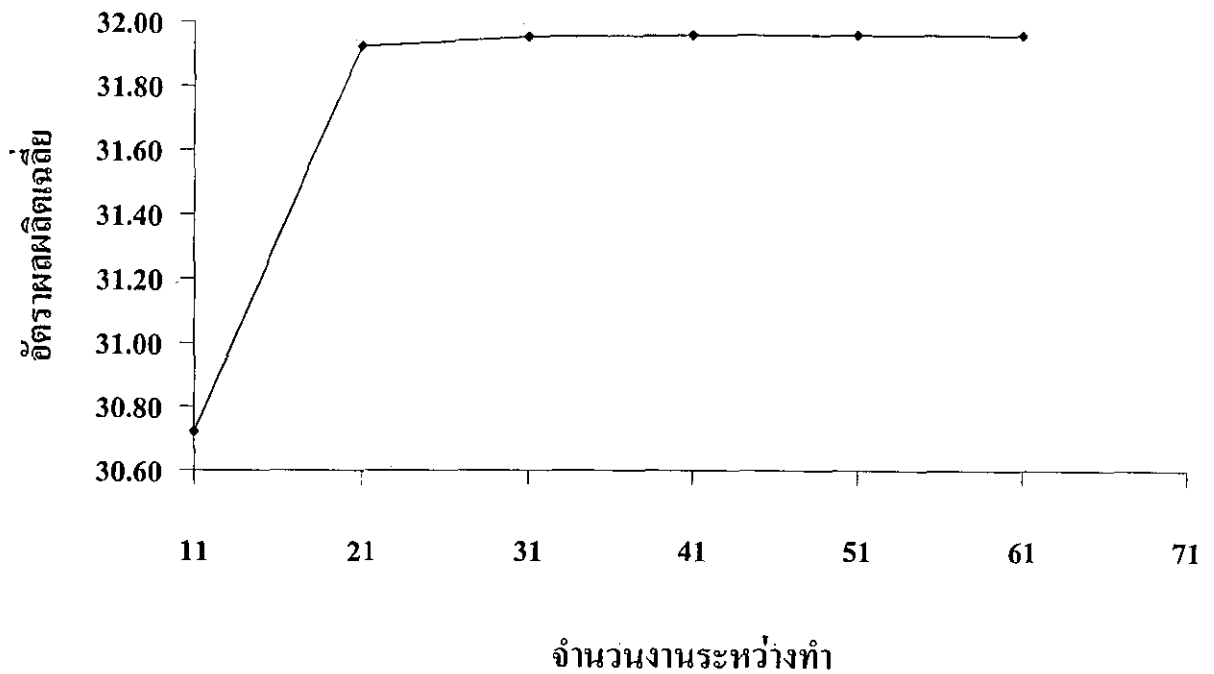
รูปแบบบัฟเฟอร์จำแนกตามขนาดบัฟเฟอร์รวมในสายการผลิตทั้งหมด (Total buffer size) และ ลักษณะของการจัดสรรบัฟเฟอร์ให้กับแต่ละสถานี (Buffer allocation) โดยมีรายละเอียดการกำหนดค่าดังต่อไปนี้

- ขนาดบัฟเฟอร์ รวม

ขนาดบัฟเฟอร์ไม่นับรวมบัฟเฟอร์หน้าสถานีแรกตามข้อสมมติที่ว่าบัฟเฟอร์หน้าสถานีแรกสามารถเก็บวัตถุดิบได้ไม่จำกัดจำนวน และ ไม่นับรวมบัฟเฟอร์หลังสถานีสุดท้ายตามข้อสมมติที่ว่างานที่ผลิตเสร็จที่สถานีสุดท้ายจะถูกส่งออกไปจากสายการผลิตทันทีจึงไม่จำเป็นต้องมีบัฟเฟอร์รองรับงานที่หลังสถานีสุดท้าย ยกตัวอย่างเช่น ในกรณีที่สายการผลิตมีทั้งหมด 3 สถานี และ ขนาดบัฟเฟอร์รวมคือ 9 หน่วย หมายความว่า ขนาดบัฟเฟอร์ระหว่างสถานี 1 และ 2 และ ระหว่างสถานีที่ 2 และ 3 รวมกันได้ 9 หน่วย

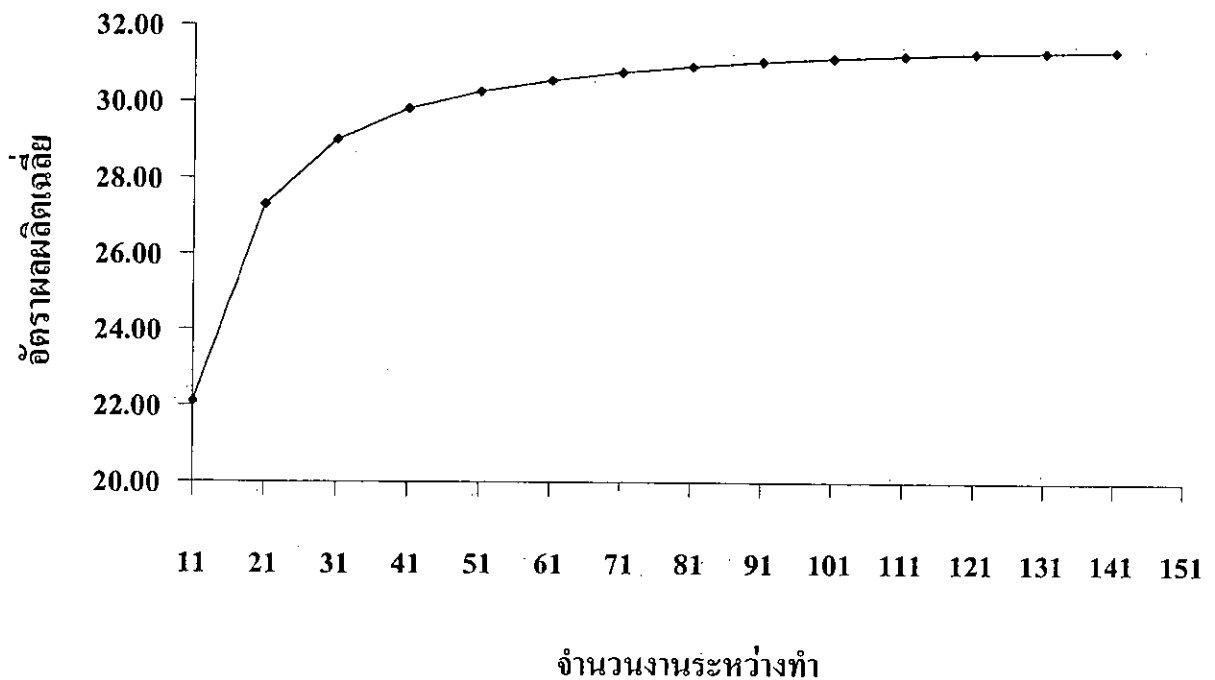
ในสายการผลิตที่ใช้วิธีการจ่ายงานแบบ CONWIP มีการกำหนดจำนวนงานระหว่างทำในสายการผลิตให้คงที่ และขนาดบัฟเฟอร์ทั้งหมดในสายการผลิตต้องสามารถรองรับจำนวนงานระหว่างทำได้นั้นคือขนาดบัฟเฟอร์ทั้งหมดในสายการผลิตรวมกับจำนวนสถานีผลิต(สถานีผลิตแต่ละสถานีสามารถรับงานได้ครั้งละ 1 หน่วย) ต้องไม่ต่ำกว่าจำนวนงานระหว่างทำที่กำหนด ดังนั้นก่อนกำหนดขนาดบัฟเฟอร์ทั้งหมดในสายการผลิตได้ จำเป็นต้องกำหนดจำนวนงานระหว่างทำทั้งหมดที่อยู่ในสายการผลิตก่อน ผู้วิจัยจึงได้ทำการทดลองเบื้องต้นด้วยการจำลองสายการผลิตที่มีลักษณะตามที่อธิบายแล้วในตอนต้น ภายใต้ค่าสัมประสิทธิ์การแปรผัน (Coefficient of Variation, CV) ที่ทั้งสองระดับ ได้แก่ 5% และ 50% โดยกำหนดค่าล้าการผลิตป้องกันที่ 0% นั่นคือทุกสถานีมีเวลาผลิตเฉลี่ยเท่ากันที่ 15 นาที ไม่มีการจำกัดขนาดบัฟเฟอร์ระหว่างสถานี ค่าแรกของจำนวนงานระหว่างทำในสายการผลิตกำหนดให้เท่ากับ 11 หน่วย เท่ากับจำนวนสถานีเพื่อที่โดยเฉลี่ยแล้วแต่ละสถานีมีงาน 1 หน่วย และจึงเพิ่มจำนวนงานระหว่างทำครั้งละ 10 หน่วยเนื่องจากในสายการผลิตที่มี 11 สถานีมีตำแหน่งของบัฟเฟอร์ระหว่างสถานี 10 จุด (ทั้งนี้ การทดลองเบื้องต้นนี้ดำเนินการตามการออกแบบ simulation ตามที่อธิบายในส่วนที่ 3.3)

ผลการทดลองเบื้องต้นในกรณีที่ค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันของเวลาผลิต (CV) เป็น 5% แสดงในภาพที่ 3.2 เมื่อมีจำนวนงานระหว่างทำในสายการผลิต 11 หน่วย อัตราผลผลิตเฉลี่ยเป็น 30.72 หน่วยต่อวัน เมื่อเพิ่มงานระหว่างทำเป็น 21 หน่วย อัตราผลผลิตเฉลี่ยเพิ่มเป็น 31.92 หน่วยต่อวัน ซึ่งเริ่มใกล้เคียงกับอัตราผลผลิตเฉลี่ยเมื่อไม่มีความผันแปรในเวลาผลิต และเมื่อเพิ่มงานระหว่างทำเป็น 31 หน่วยขึ้นไป อัตราผลผลิตเฉลี่ยเพิ่มขึ้นแต่เพิ่มในอัตราที่ไม่มากนัก ดังนั้นในสายการผลิตที่มีค่า CV 5% การเพิ่มจำนวนงานระหว่างทำในสายการผลิตมากกว่า 21 หน่วย ไม่ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของอัตราผลผลิตเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญ



ภาพที่ 3.2 อัตราผลผลิตเฉลี่ยเมื่อ $CV = 5\%$ $PC = 0\%$ และไม่มีการจำกัดขนาดบัฟเฟอร์

ผลการทดลองเบื้องต้นในกรณีที่ค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันของเวลาผลิต (CV) เป็น 50% แสดงในภาพที่ 3.3 พบว่าเมื่อจำนวนงานระหว่างทำมี 11 หน่วย สายการผลิตได้อัตราผลผลิตเฉลี่ยเพียง 22.10 หน่วย และ เมื่อจำนวนงานระหว่างทำเพิ่มเป็น 21 หน่วย อัตราผลผลิตเฉลี่ยเพิ่มเป็น 29 หน่วย เมื่อเพิ่มจำนวนงานระหว่างทำอัตราผลผลิตเพิ่มขึ้นในอัตราที่ลดลง และ ไม่สามารถได้อัตราผลผลิตใกล้เคียง 32 หน่วย ถึงแม้ว่าจะเพิ่มจำนวนงานระหว่างทำในสายการผลิตจนถึง 141 หน่วย แต่ก็ได้ผลผลิตเฉลี่ยเพียง 31.388 หน่วย



ภาพที่ 3.3 อัตราผลผลิตเฉลี่ยเมื่อ $CV = 50\%$ $PC = 0\%$ และไม่มีการจำกัดขนาดบัฟเฟอร์

จากผลที่ได้จากการทดลองเบื้องต้น การศึกษานี้จะกำหนดจำนวนงานระหว่างทำในสายการผลิตเป็น 21 หน่วย เนื่องจากเมื่อ $CV = 50\%$ อัตราผลผลิตเมื่อจำนวนงานระหว่างทำเป็น 21 หน่วยต่ำกว่าอัตราผลผลิตเมื่อสถานีผลิตไม่มีความแปรปรวนในเวลาผลิตเป็นอย่างมาก ดังนั้น การทดลองโดยควบคุมจำนวนงานระหว่างทำในสายการผลิตจำกัดที่ 21 หน่วย จะทำให้เห็นอิทธิพลของกำลังการผลิตป้องกัน และ รูปแบบบัฟเฟอร์ที่มีต่ออัตราผลผลิตได้อย่างชัดเจนมากขึ้น ถ้ากำหนดให้จำนวนงานระหว่างทำสูงกว่า 21 หน่วย มีความเป็นไปได้ที่จำนวนงานระหว่างทำที่มีอยู่เป็นจำนวนมากนั้นอาจบิดเบือนอิทธิพลที่แท้จริงของกำลังการผลิตป้องกันและรูปแบบบัฟเฟอร์ได้

เมื่อกำหนดจำนวนงานระหว่างทำในสายการผลิตที่ 21 หน่วย ซึ่งในจำนวนนี้รวมงานระหว่างทำที่อยู่ระหว่างการผลิตที่สถานี 11 หน่วย ดังนั้นจึงกำหนดขนาดบัฟเฟอร์ทั้งหมด (Total buffer size) 3 ขนาด คือ (1) กำหนดเป็น 10 หน่วยซึ่งทำให้มีบัฟเฟอร์ในขนาดพอดีที่จะรองรับงานระหว่างทำที่รอคอยการผลิต และ (2) กำหนดขนาดบัฟเฟอร์ทั้งหมดเป็น 20 หน่วย ซึ่งมีขนาดที่มากกว่าจำนวนงานระหว่างทำในสายการผลิต และ (3) กำหนดให้ไม่มีการจำกัดขนาดบัฟเฟอร์ เพื่อทราบความแตกต่างระหว่างสายการผลิตที่มีบัฟเฟอร์จำกัดน้อยมาก และไม่จำกัดเลย

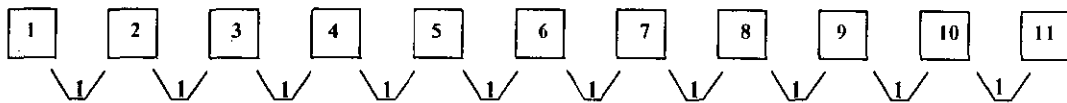
-วิธีการจัดสรรบัฟเฟอร์

ในกรณีที่สายการผลิตมีการจำกัดขนาดบัฟเฟอร์ ในการจัดสรรบัฟเฟอร์จะใช้ทั้งวิธีเฉลี่ยบัฟเฟอร์ให้ทุกสถานีเท่ากัน และ วิธีจัดสรรให้บัฟเฟอร์รอบสถานีคอกว่มากกว่าบัฟเฟอร์สถานีอื่น ซึ่งวิธีหลังนี้สอดคล้องกับแนวความคิดของ Theory of Constraint เนื่องจากพยายามลดปัญหาการ blocking และ starving ที่สถานีคอกว่อันจะทำให้สถานีคอกว่ทำการผลิตได้อย่างต่อเนื่องมากขึ้น

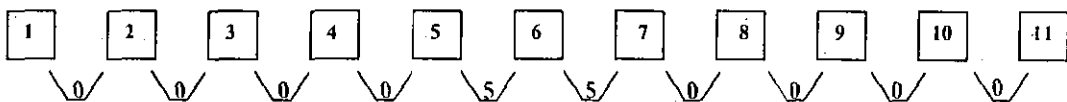
ในกรณีที่ขนาดบัฟเฟอร์ทั้งหมดในสายการผลิตคือ 10 หน่วย

ในกรณีที่ขนาดบัฟเฟอร์ทั้งหมดในสายการผลิตคือ 10 หน่วย การจัดสรรบัฟเฟอร์ 10 หน่วยนี้มี 2 รูปแบบ ดังแสดงในภาพที่ 3.4

รูปแบบที่ 1:



รูปแบบที่ 2:



 แทน สถานีผลิตที่ i

 แทน บัฟเฟอร์ ที่มีขนาดจัดเก็บ j หน่วย

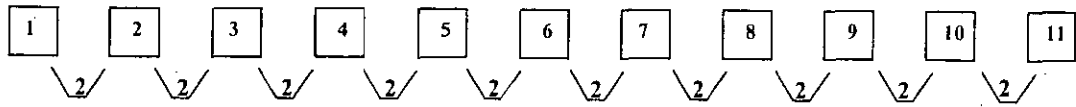
ภาพที่ 3.4 วิธีการจัดสรรบัฟเฟอร์ เมื่อขนาดบัฟเฟอร์ทั้งหมดในสายการผลิตคือ 10 หน่วย

รูปแบบแรกกำหนดให้ขนาดของทุกบัฟเฟอร์เท่ากันที่ 1 หน่วย และ รูปแบบที่สองเพิ่มบัฟเฟอร์ป้องกันที่คอกว่มากกว่าสถานีอื่นด้วยการลดขนาดของบัฟเฟอร์อื่นลง 1 หน่วยเพื่อนำไปเพิ่มขนาดให้บัฟเฟอร์รอบสถานีคอกว่ ขนาดบัฟเฟอร์หน้าและหลังสถานีคอกว่จึงเป็น 5 หน่วย และไม่มีบัฟเฟอร์เหลือที่ตำแหน่งอื่น

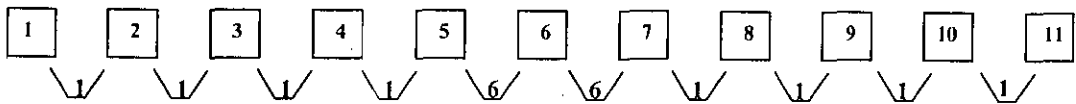
ในกรณีที่ขนาดบัฟเฟอร์ทั้งหมดในสายการผลิตคือ 20 หน่วย

ในกรณีที่ขนาดบัฟเฟอร์ทั้งหมดในสายการผลิตคือ 20 หน่วย การจัดสรรบัฟเฟอร์ ทั้ง 20 หน่วยมี 3 รูปแบบ ดังแสดงในภาพที่ 3.5

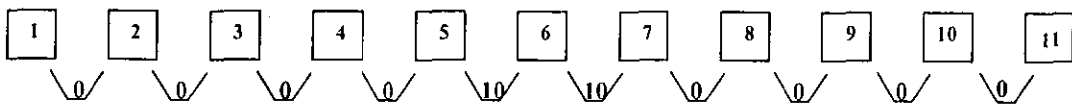
รูปแบบที่ 1:



รูปแบบที่ 2:



รูปแบบที่ 3:



$\boxed{i}$ แทน สถานีผลิตที่ i

$\diagdown$ แทน บัฟเฟอร์ ที่มีขนาดจัดเก็บ j หน่วย

ภาพที่ 3.5 วิธีการจัดสรรบัฟเฟอร์ เมื่อขนาดบัฟเฟอร์ทั้งหมดในสายการผลิตคือ 20 หน่วย

รูปแบบการจัดสรรบัฟเฟอร์ เมื่อขนาดบัฟเฟอร์ทั้งหมดในสายการผลิตเป็น 20 หน่วย เป็นดังนี้

รูปแบบที่ 1 : กำหนดให้ขนาดบัฟเฟอร์หน้าแต่ละสถานีเท่ากับ 2 หน่วย

รูปแบบที่ 2 : เพิ่มบัฟเฟอร์รอบสถานีคอขวดให้มากขึ้นด้วยการลดบัฟเฟอร์จากจุดอื่นๆ จุดละ 1 หน่วยเพื่อนำไปเพิ่มขนาดให้บัฟเฟอร์รอบสถานีคอขวด ดังนั้นบัฟเฟอร์รอบสถานีคอขวดจึงเป็น 6 หน่วย และ บัฟเฟอร์อื่นมีขนาด 1 หน่วย

รูปแบบที่ 3 : เพิ่มบัฟเฟอร์รอบสถานีคอขวดให้มากขึ้นด้วยการลดบัฟเฟอร์จากจุดอื่นๆ จุดละ 2 หน่วยเพื่อนำไปเพิ่มขนาดบัฟเฟอร์รอบสถานีคอขวด ดังนั้นบัฟเฟอร์รอบสถานีคอขวดจึงเป็น 10 หน่วย และ ไม่มีบัฟเฟอร์ที่จุดอื่น

ตารางที่ 3.2 สรุปรูปแบบบัฟเฟอร์ โดยแสดงขนาดบัฟเฟอร์หน้าแต่ละสถานี และ แสดงการกำหนดชื่อของรูปแบบบัฟเฟอร์ ทั้ง 6 รูปแบบ ซึ่งจะเป็นชื่อที่ใช้เรียกรูปแบบบัฟเฟอร์ในการศึกษาครั้งนี้

ตารางที่ 3.2 รูปแบบบัฟเฟอร์

ชื่อ	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6	b_7	b_8	b_9	b_{10}	b_{11}
UNLIMIT	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
LIM10P1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
LIM10P2	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0
LIM20P1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
LIM20P2	1	1	1	1	6	6	1	1	1	1
LIM20P3	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0

หมายเหตุ b_i = ขนาดบัฟเฟอร์หน้าสถานี i

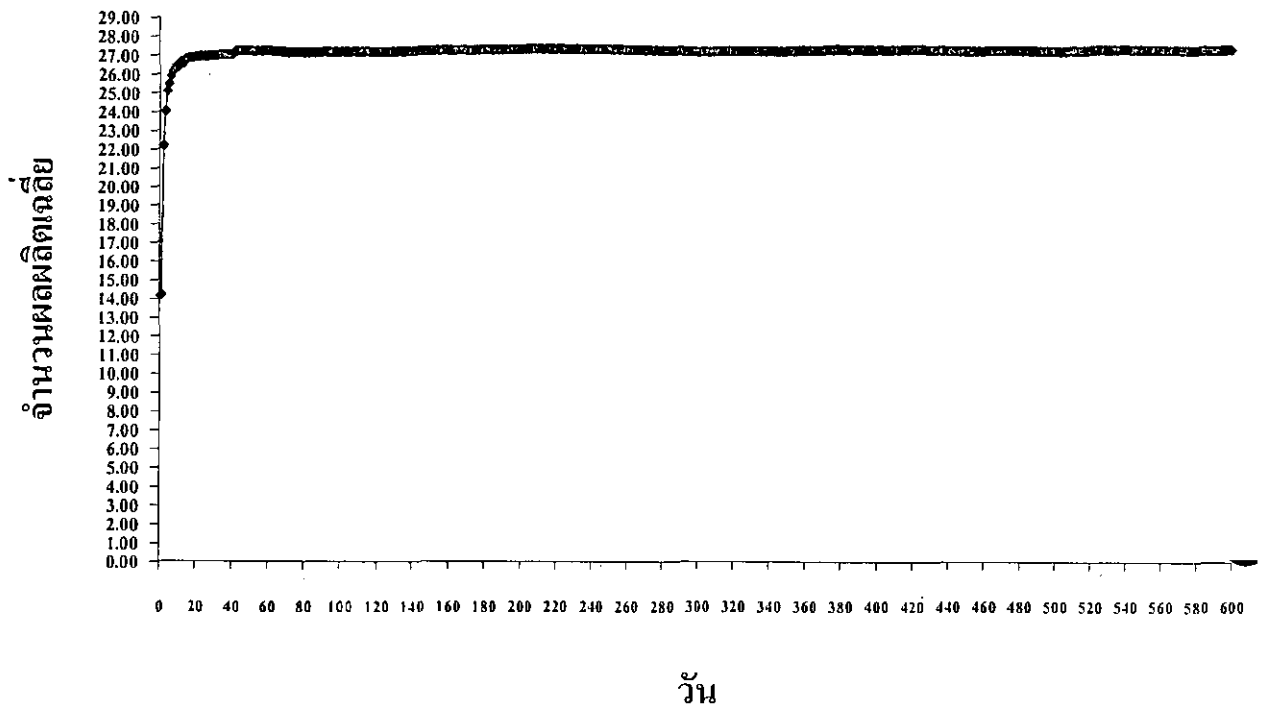
∞ = ไม่มีการจำกัดขนาดบัฟเฟอร์ (Unlimited buffer space)

3.3 การออกแบบการทดลอง simulation

3.3.1 กำหนดระยะเวลาที่ระบบเข้าสู่สถานะคงตัว (การหา Warm-up Period)

การทดลอง simulation นี้จะเริ่มจากสภาพที่ไม่มีการทำงานในสายการผลิต ดังนั้นจึงไม่ควรนับรวมอัตราผลผลิตที่ได้ในช่วงแรกในการคำนวณหาอัตราผลผลิตเฉลี่ยเนื่องจากระบบยังไม่เข้าสู่สถานะคงตัว (Steady state) ซึ่งจะกำหนดระยะเวลาในช่วงดังกล่าวด้วยการพิจารณากราฟที่จัดทำตามวิธีของ Welch(1983)

ในการหาระยะเวลาก่อนที่ระบบเข้าสู่สถานะคงตัว ผู้วิจัยดำเนินการ simulation เบื้องต้น โดยกำหนดค่าสัมประสิทธิ์การแปรผัน (CV) ที่ 50% กำล้างการผลิตป้องกัน (PC) เท่ากับ 0% หรือ ทุกสถานีมีเวลาผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 15 นาที และ ไม่มีการจำกัดขนาดบัฟเฟอร์ในสายการผลิต โดยดำเนินการ simulation ทั้งหมด 10 รอบ แต่ละรอบแทนการผลิตเป็นระยะเวลา 599 วัน กราฟที่ได้จากการคำนวณด้วยวิธีของ Welch ปรากฏตามภาพที่ 3.6



ภาพที่ 3.6 กราฟแสดงจำนวนผลผลิตเฉลี่ยในแต่ละวันตามวิธีของ Welch

จากกราฟพบว่าระบบจะเข้าสู่สถานะคงตัวเมื่อผลิตไปนานประมาณ 60 วัน ดังนั้น จึงกำหนดระยะเวลาก่อนเข้าสู่สถานะคงตัวเป็น 60 วัน ซึ่งระยะเวลา 60 วันนี้จะครอบคลุมระยะเวลาก่อนเข้าสู่สถานะคงตัวสำหรับสถานการณ์การผลิตอื่นด้วย เนื่องจากระยะเวลานี้ได้จากการจำลองสายการผลิตที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแปรผัน 50% และไม่มีกำลังการผลิตป้องกัน จึงเชื่อได้ว่าใช้เวลาก่อนที่จะเข้าสู่สถานะคงตัวนานกว่าสถานการณ์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันที่ 5% และมีกำลังการผลิตป้องกันซึ่งมีระดับความผันผวนต่ำกว่า

เมื่อกำหนด Warm-up period ที่ 60 วัน จึงไม่รวมอัตราผลผลิตของ 60 วันแรกในการคำนวณหาอัตราผลผลิตเฉลี่ย เนื่องจากผลผลิตที่ได้จาก 60 วันแรก มีความผันผวนและไม่ถือว่าเป็นตัวอย่างที่ดีในการแทนค่าประชากรอัตราผลผลิต

3.3.2 การกำหนดระยะเวลาในการทดลอง simulation แต่ละรอบ

Bank, Carson, Nelson, และ Nicol (2001, p.432) เสนอว่าในแต่ละรอบของการดำเนิน simulation ควรกำหนดระยะเวลาการดำเนิน simulation หลังจากเข้าสู่สถานะคงตัวแล้วไปอีกเป็นระยะเวลานานอย่างน้อย 10 เท่าของระยะเวลา Warm-up สำหรับการศึกษานี้กำหนดให้นาน 15 เท่าของระยะเวลา Warm-up นั่นคือกำหนดระยะเวลาการดำเนิน simulation หลังจากเข้าสู่สถานะคง

ตัวแล้วไปอีกเป็นระยะเวลา 900 วัน หรือ ระยะเวลาการดำเนิน simulation ที่รวมระยะเวลา Warm-up ด้วยนานทั้งหมด 960 วัน

3.3.3 การคำนวณหาอัตราผลผลิตเฉลี่ย

การคำนวณหาอัตราผลผลิตเฉลี่ย (TH) คำนวณได้ดังนี้

$$\overline{TH} = \frac{\sum_{k=1}^{960} TH_k}{900}$$

โดยจะเห็นว่าจากสูตร ไม่นับรวมอัตราผลผลิตของวันแรกจนถึงวันที่ 60 ในการหาค่าอัตราผลผลิต เนื่องจาก 60 วันแรก ระบบยังไม่เข้าสู่สถานะคงตัว

3.3.4 การกำหนดจำนวนรอบของการดำเนิน simulation หรือ การกำหนดขนาดตัวอย่าง

ในการกำหนดจำนวนรอบการดำเนิน simulation ซึ่งเป็นขนาดตัวอย่างสำหรับการศึกษา ใช้วิธี Sequential Procedures (Law and Kelton, 1992) โดยกำหนดค่า relative error (γ) ของค่า $\overline{TH}$ จากอัตราผลผลิตเฉลี่ยที่แท้จริง ($\mu_{\overline{TH}}$) ไม่เกิน 0.10 ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ($\alpha = 0.05$)

ค่า relative error (γ) คำนวณได้ดังนี้

$$\gamma = \frac{t_{(n-1, 1-\alpha/2)} \times \sqrt{s^2(n)/n}}{\overline{X}(n)}$$

- n คือ จำนวนรอบของการดำเนิน simulation หรือ ขนาดตัวอย่าง

- $\overline{X}(n)$ คือ ค่าเฉลี่ยของค่า $\overline{TH}$ ทั้งหมด n ค่า หาได้ดังนี้ :

$$\overline{X}(n) = \frac{\sum_{i=1}^n \overline{TH}_i}{n}$$

- $s^2(n)$ คือ ค่าความแปรปรวน (Variance) ของค่า $\overline{TH}$ หาได้ดังนี้ :

$$s^2(n) = \frac{\sum_{i=1}^n (\overline{TH}_i - \overline{X}(n))^2}{n-1}$$

Sequential Procedure (Law and Kelton, 1992) มีขั้นตอนดังนี้

- 1) กำหนดค่า n เริ่มต้น โดยทั่วไปควรกำหนด n เริ่มต้นไม่ต่ำกว่า 10
- 2) ดำเนิน simulation ทั้งหมด n รอบ
- 3) นำค่าที่ได้จากการดำเนิน simulation มาหาค่า γ
- 4) ถ้าค่า γ ไม่เกินค่าที่กำหนดไว้ (ในการศึกษานี้กำหนดที่ 0.10) กำหนดค่า n เท่ากับค่า n ปัจจุบัน และ ถือว่าเสร็จสิ้นกระบวนการหาค่า n แต่ถ้าค่า γ มากกว่าค่าที่กำหนด เพิ่มค่า n ขึ้นอีก 1 และ กลับไปเริ่มขั้นตอนที่ 2 ใหม่

ในการหาค่า n ที่เหมาะสม ผู้วิจัยทำการทดลอง simulation เบื้องต้น โดยกำหนดค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันที่ 50% กำลังการผลิตป้องกันเป็น 0% หรือ ทุกสถานที่มีเวลาผลิตเฉลี่ย 15 นาที ไม่มีการจำกัดขนาดบัฟเฟอร์ และ ระยะเวลา warm-up นาน 60 วัน โดยกำหนดค่า n เริ่มต้นที่ 25 รอบ

จากการทำตามขั้นตอนของ Sequential Procedure พบว่าที่ n เริ่มต้น 25 รอบ ค่า relative error เท่ากับ 0.0006 ซึ่งต่ำกว่า 0.10 มาก จึงกำหนดค่า n เท่ากับ 25 หรือ ขนาดตัวอย่างในแต่ละกลุ่มของตัวแปรอิสระคือ 25 ค่า

บทที่ 4

การวิเคราะห์ข้อมูลและการอภิปรายผล

การวิจัยนี้เป็นการทดลองด้วยการจำลองสถานการณ์ (simulation) โดยมีตัวแปรตามคืออัตราผลผลิตเฉลี่ยซึ่งเป็นจำนวนผลผลิตต่อวันเฉลี่ย ตัวแปรอิสระคือ กำลังการผลิตป้องกัน (Protective Capacity, PC) และ รูปแบบบัฟเฟอร์ (Buffer Pattern, BP) PC มี 3 ระดับ ได้แก่ 0% 20% และ 40% BP จำแนกตามขนาดบัฟเฟอร์ทั้งหมดในสายการผลิตและวิธีการจัดสรรบัฟเฟอร์ให้กับแต่ละสถานี แบ่งออกเป็น 6 รูปแบบ ได้แก่ Unlimit, LIM10P1, LIM10P2, LIM20P1, LIM20P2, และ LIM20P3 และ ดำเนินการจำลองสถานการณ์ทั้งในสภาพการผลิตที่มีความผันแปรในเวลาผลิตต่ำและสูงซึ่ง กำหนดให้มีค่าสัมประสิทธิ์การแปรผัน (Coefficient of variations, CV) ที่ 5% และ 50% ตามลำดับ

กลุ่มตัวแปรอิสระที่แต่ละค่าของ CV มี 18 กลุ่ม (PC 3 ระดับ X BP 6 ระดับ) และ ทำการศึกษาอิทธิพลของ PC และ BP ภายใต้ CV 2 ระดับ ดังนั้นสถานการณ์ที่จำลองจึงมีรูปแบบ แตกต่างกันไปทั้งหมด 36 แบบ โดยในสถานการณ์แต่ละแบบจะดำเนิน simulation 25 รอบ ดังนั้น จึงมี การดำเนิน simulation รวมกันทั้งหมดสำหรับการศึกษาค้างนี้ 900 รอบ และใช้เทคนิคการวิเคราะห์ ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($\alpha = 0.05$) ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการดำเนิน simulation

4.1 ข้อสมมติสำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวน

ก่อนทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนจะทำการทดสอบคุณสมบัติของข้อมูลว่าเป็นไปตามข้อสมมติ (Assumptions) ในการวิเคราะห์ ANOVA ด้วย F-test หรือไม่ โดยข้อสมมติดังกล่าว ประกอบด้วย (1) อัตราผลผลิตที่ได้เป็นอิสระจากกัน (2) อัตราผลผลิตมีการแจกแจงแบบปกติ และ (3) ความแปรปรวนของอัตราผลผลิตจำแนกตามกลุ่มของตัวแปรอิสระไม่แตกต่างกัน ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการดำเนิน simulation เป็นไปตามข้อสมมติข้อที่ 1 เนื่องจากในการทดลองได้กำหนดให้ seed number ซึ่งเป็นเลขเริ่มต้นในการใช้สร้างเลขสุ่มแตกต่างกันในการดำเนิน simulation ทุกรอบ ดังนั้น ค่าผลผลิตที่ได้จากการดำเนิน simulation ทุกรอบจึงมีความเป็นอิสระต่อกันอยู่แล้ว สำหรับข้อสมมติ ข้อที่ 2 จะใช้ Kolmogorov-Smirnov test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ในการทดสอบการแจกแจงแบบปกติ และ ข้อสมมติข้อที่ 3 จะใช้ Levene's test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ในการทดสอบความเท่ากันของค่าความแปรปรวน

4.2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

4.2.1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางเพื่อทดสอบอิทธิพลของกำลังการผลิตป้องกันและรูปแบบบัฟเฟอร์

ในส่วนนี้แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-way ANOVA) เมื่อ CV เป็น 5% และ 50% เนื่องจากมีตัวแปรอิสระ 2 ตัวคือกำลังการผลิตป้องกัน และ รูปแบบบัฟเฟอร์โดย ค่าเฉลี่ยของอัตราผลผลิต (Average throughput) และ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) แสดงในตารางที่ 4.1

ก่อนการวิเคราะห์ความแปรปรวนได้ทำการทดสอบลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นของอัตราผลผลิต และ พบว่าอัตราผลผลิตมีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) ซึ่งเป็นไปตามข้อสมมติของ F-test ข้อที่สอง แต่พบว่าความแปรปรวนของอัตราผลผลิตแยกตามกลุ่มของระดับตัวแปรอิสระทั้งสองแตกต่างกัน จึงไม่เป็นไปตามข้อสมมติของ F-test ข้อที่สาม แต่เนื่องจากขนาดตัวอย่างในทุกกลุ่มของตัวแปรอิสระกำหนดเท่ากันที่ 25 ค่า F-test ยังคงถือว่าให้ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนที่ไม่คลาดเคลื่อนมากเกินไปนัก (Montgomery, 1997, p.85) ดังนั้น จึงยังใช้ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย F-test ดังปรากฏตามตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราผลผลิต

a. CV = 5%

รูปแบบ บัพเฟอร์	b (ขนาดบัพเฟอร์หน้าสถานี i)										กำลังการ ผลิต ป้องกัน	อัตรา ผลผลิต เฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅	b ₆	b ₇	b ₈	b ₉	b ₁₀	b ₁₁			
Unlimit	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0%	31.923	0.004
											20%	32.000	0.008
											40%	32.003	0.007
LIM10P1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0%	31.846	0.005
											20%	32.001	0.009
											40%	32.000	0.009
LIM10P2	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	0%	30.480	0.006
											20%	31.997	0.009
											40%	32.002	0.007
LIM20P1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0%	31.915	0.006
											20%	31.998	0.007
											40%	32.000	0.010
LIM20P2	1	1	1	1	6	6	1	1	1	1	0%	31.861	0.005
											20%	32.001	0.011
											40%	32.000	0.008
LIM20P3	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	0%	30.479	0.004
											20%	32.001	0.011
											40%	32.000	0.010

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราผลผลิต (ต่อ)

b. CV = 50%

รูปแบบ บัพเฟอร์	b_i (ขนาดบัพเฟอร์หน้าสถานี i)										กำลังการ ผลิต ป้องกัน	อัตรา ผลผลิต เฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6	b_7	b_8	b_9	b_{10}	b_{11}			
Unlimit	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0%	27.298	0.044
											20%	31.251	0.048
											40%	31.999	0.103
LIM10P1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0%	24.537	0.044
											20%	28.213	0.058
											40%	30.379	0.078
LIM10P2	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	0%	20.797	0.052
											20%	24.912	0.045
											40%	28.884	0.052
LIM20P1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0%	26.642	0.062
											20%	30.353	0.065
											40%	31.611	0.073
LIM20P2	1	1	1	1	6	6	1	1	1	1	0%	25.280	0.051
											20%	30.027	0.049
											40%	31.932	0.105
LIM20P3	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	0%	20.813	0.047
											20%	24.978	0.057
											40%	29.066	0.057

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-way ANOVA)

a. CV = 5%

Source	Sum of squares	df	Mean square	F	Sig.
PC	33.988	2	16.994	265597.247	.000
BP	22.053	5	4.411	68934.357	.000
PC * BP	44.025	10	4.402	68805.902	.000
Error	.028	432	6.398E-05		
Total	455327.169	450			

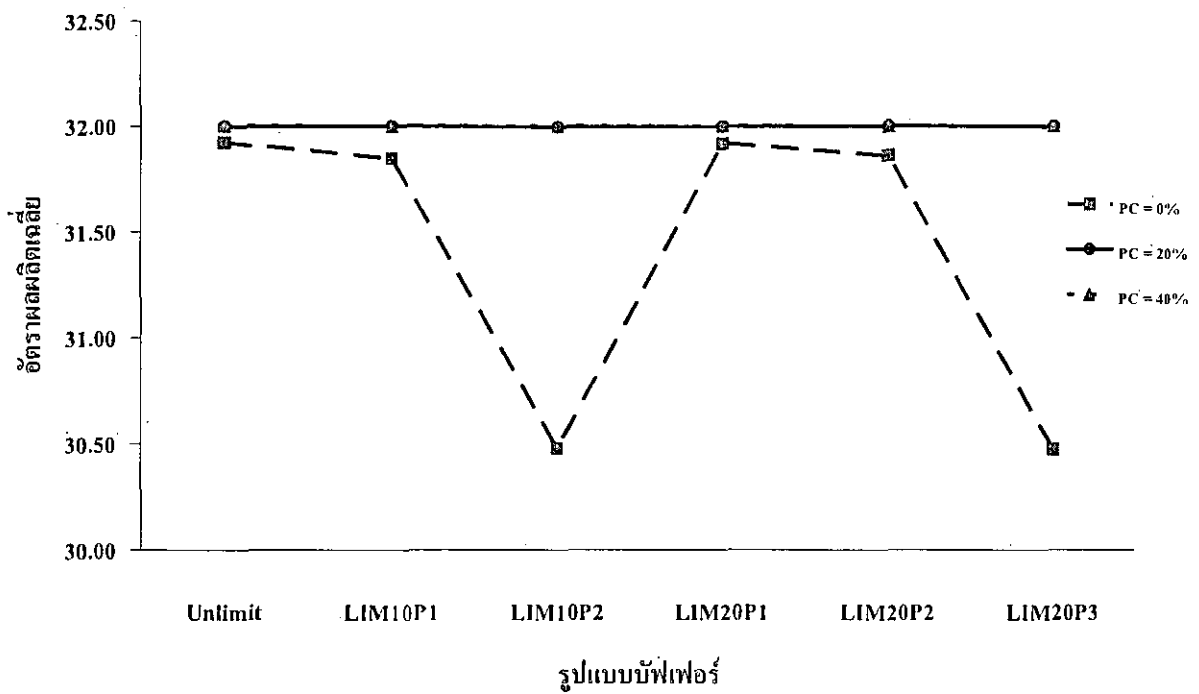
PC = Protective Capacity BP = Buffer Pattern

b. CV = 50%

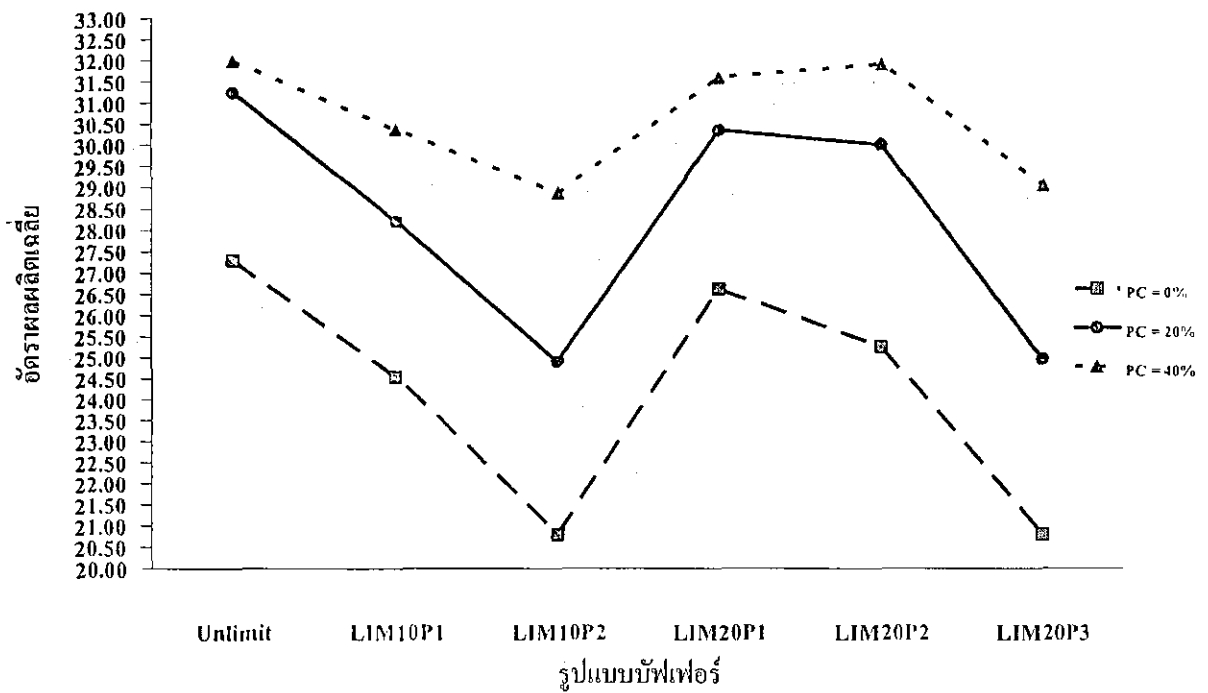
Source	Sum of squares	df	Mean square	F	Sig.
PC	3161.352	2	1580.676	399481.978	.000
BP	2026.882	5	405.376	102450.213	.000
PC * BP	183.277	10	18.328	4631.929	.000
Error	1.709	432	.004		
Total	351167.514	450			

PC = Protective Capacity BP = Buffer Pattern

จากการวิเคราะห์ ANOVA ทั้งที่ CV 5% และ 50% พบว่ามีอิทธิพลร่วมระหว่าง กำลังการผลิตป้องกัน กับ รูปแบบบัฟเฟอร์ ต่ออัตราผลผลิตเฉลี่ย เนื่องจากระดับนัยสำคัญ (Significance level) ของอิทธิพลร่วม (PC * BP) มีค่าประมาณ 0 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 แสดงว่า อิทธิพลของกำลังการผลิตป้องกันที่มีต่ออัตราผลผลิตเฉลี่ยขึ้นอยู่กับรูปแบบบัฟเฟอร์ หรือ อิทธิพลของรูปแบบบัฟเฟอร์ที่มีต่ออัตราผลผลิตเฉลี่ยขึ้นอยู่กับระดับของกำลังการผลิตป้องกัน ดังจะเห็นได้จากภาพที่ 4.1 ซึ่งแสดงให้เห็นอิทธิพลร่วมระหว่างกำลังการผลิตป้องกันกับรูปแบบบัฟเฟอร์ต่ออัตราผลผลิตเฉลี่ย (Average throughput) เมื่อ CV = 5% และ 50% ตามลำดับ



a. CV = 5%



b. CV = 50%

ภาพที่ 4.1 อัตราผลผลิตเฉลี่ยที่แต่ละระดับกำลังการผลิตป้องกันและรูปแบบบัฟเฟอร์

เนื่องจากพบว่ามียูทิลิตี้ร่วมระหว่างกำลังการผลิตป้องกันและรูปแบบบัฟเฟอร์ต่ออัตราผลผลิต จึงทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way Analysis of Variance) เพื่อทดสอบยูทิลิตี้ของกำลังการผลิตป้องกันในแต่ละระดับของรูปแบบบัฟเฟอร์ และ ทดสอบยูทิลิตี้ของรูปแบบบัฟเฟอร์ในแต่ละระดับของกำลังการผลิตป้องกัน (Montgomery, 1997, p.242-243) โดยจะใช้ F-test ในกรณีที่ค่าความแปรปรวนของอัตราผลผลิตแยกตามกลุ่มของตัวแปรอิสระไม่แตกต่างกัน และ ใช้ Welch Statistics ในกรณีที่ค่าความแปรปรวนของอัตราผลผลิตแตกต่างกัน (Field, 2005) โดยใช้ Levene's Test ทดสอบความเท่ากันของค่าความแปรปรวน

เมื่อการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้ F-test หรือ Welch Statistics พบว่าอัตราผลผลิตเฉลี่ยแตกต่างกัน จะทดสอบว่ากำลังการผลิตป้องกันระดับใดบ้างที่ทำให้อัตราผลผลิตเฉลี่ยต่างกัน และ รูปแบบบัฟเฟอร์ใดบ้างที่ให้อัตราผลผลิตเฉลี่ยต่างกัน โดยทำการเปรียบเทียบเชิงซ้อน (Multiple Comparison) ด้วยเทคนิค Duncan's Multiple Range Test ในกรณีที่ค่าความแปรปรวนของอัตราผลผลิตแยกตามกลุ่มของตัวแปรอิสระไม่แตกต่างกัน และ ด้วยเทคนิค Dunnett's C ในกรณีที่ค่าความแปรปรวนของอัตราผลผลิตแยกตามกลุ่มของตัวแปรอิสระแตกต่างกัน (Field, 2005) โดยจะนำเสนอผลตามลำดับดังนี้

- 1) ผลการทดสอบยูทิลิตี้ของกำลังการผลิตป้องกันต่ออัตราผลผลิตเฉลี่ย ที่แต่ละรูปแบบบัฟเฟอร์ เมื่อ CV เป็น 5%
- 2) ผลการทดสอบยูทิลิตี้ของกำลังการผลิตป้องกันต่ออัตราผลผลิตเฉลี่ย ที่แต่ละรูปแบบบัฟเฟอร์ เมื่อ CV เป็น 50%
- 3) ผลการทดสอบยูทิลิตี้ของรูปแบบบัฟเฟอร์ต่ออัตราผลผลิตเฉลี่ย ที่แต่ละระดับของกำลังการผลิตป้องกัน เมื่อ CV เป็น 5%
- 4) ผลการทดสอบยูทิลิตี้ของรูปแบบบัฟเฟอร์ต่ออัตราผลผลิตเฉลี่ย ที่แต่ละระดับของกำลังการผลิตป้องกัน เมื่อ CV เป็น 50%

4.2.2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA)

- 1) ผลการทดสอบยูทิลิตี้ของกำลังการผลิตป้องกันต่ออัตราผลผลิตเฉลี่ยที่แต่ละรูปแบบบัฟเฟอร์ เมื่อ CV เป็น 5%

ก่อนที่จะวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ที่แต่ละรูปแบบบัฟเฟอร์ ได้ทดสอบลักษณะการแจกแจงของอัตราผลผลิตในแต่ละระดับของกำลังการผลิตป้องกันด้วย Kolmogorov-Smirnov test และพบว่าอัตราผลผลิตในทุกะดับกำลังการผลิตป้องกันมีการแจกแจงแบบปกติ และได้ทดสอบความเท่ากันของค่าความแปรปรวนด้วย Levene's test พบว่าเมื่อรูปแบบบัฟเฟอร์เป็น LIM10P2 ค่าความแปรปรวนของอัตราผลผลิตไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อระดับกำลัง

การผลิตป้องกันแตกต่างกัน แต่ที่รูปแบบบัฟเฟอร์อื่นพบว่าค่าความแปรปรวนของอัตราผลผลิตแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อระดับกำลังการผลิตป้องกันแตกต่างกัน ดังนั้นจึงใช้ F-test วิเคราะห์ความแปรปรวนเมื่อรูปแบบบัฟเฟอร์เป็น LIM10P2 และใช้ Welch วิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับรูปแบบบัฟเฟอร์อื่น ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของกำลังการผลิตป้องกันที่แต่ละรูปแบบบัฟเฟอร์ เมื่อ CV เป็น 5%

a. F-test

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
LIM10P2					
Between Groups	38.500	2	19.250	341499.689	.000
Within Groups	.004	72	.000		
Total	38.504	74			

b. Welch Statistics

	Statistic(a)	df1	df2	Sig.
UNLIMIT	1704.058	2	43.163	.000
LIM10P1	4537.514	2	43.702	.000
LIM20P1	1295.128	2	45.855	.000
LIM20P2	3509.038	2	43.107	.000
LIM20P3	374266.287	2	39.800	.000

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบความแตกต่างของอัตราผลผลิตอย่างมีนัยสำคัญที่ทุกรูปแบบบัฟเฟอร์ เนื่องจากค่า Significance ที่ได้น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 จึงทำการเปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วยเทคนิค Duncan เมื่อบัฟเฟอร์เป็นรูปแบบ LIM10P2 และ ด้วยเทคนิค Dunnett's C ที่รูปแบบบัฟเฟอร์อื่นๆ ผลการเปรียบเทียบเชิงซ้อนแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการเปรียบเทียบเชิงซ้อนของกำลังการผลิตป้องกันที่แต่ละรูปแบบบัฟเฟอร์
เมื่อ $CV = 0.05$

รูปแบบ บัฟเฟอร์	ขนาด บัฟเฟอร์ ทั้งหมด	b_i (ขนาดบัฟเฟอร์หน้าสถานี i)										กำลังการ ผลิต ป้องกัน	อัตรา ผลผลิต เฉลี่ย
		b_2	b_3	b_4	b_5	b_6	b_7	b_8	b_9	b_{10}	b_{11}		
		b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6	b_7	b_8	b_9	b_{10}		
Unlimit	ไม่จำกัด	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0%	31.923
												20%	32.000
												40%	32.003
LIM1OP1	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0%	31.846
												20%	32.001
												40%	32.000
LIM1OP2	10	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	0%	30.480
												20%	31.997
												40%	32.002
LIM2OP1	20	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0%	31.915
												20%	31.998
												40%	32.000
LIM2OP2	20	1	1	1	1	6	6	1	1	1	1	0%	31.861
												20%	32.001
												40%	32.000
LIM2OP3	20	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	0%	30.479
												20%	32.001
												40%	32.000

หมายเหตุ * = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ $\alpha = 0.05$

เมื่อ $CV = 5\%$ พบว่า สายการผลิตที่ไม่มีกำลังการผลิตป้องกันให้อัตราผลผลิตเฉลี่ยต่ำที่สุด ที่
ทุกรูปแบบบัฟเฟอร์ เมื่อรูปแบบบัฟเฟอร์ เป็น Unlimit, LIM1OP1, LIM2OP1, LIM2OP2 และ
LIM2OP3 พบว่าอัตราผลผลิตเฉลี่ยเมื่อมีกำลังการผลิตป้องกัน 20% และ 40% ไม่แตกต่างกัน ซึ่งเห็น
ได้จากอัตราผลผลิตเฉลี่ยเมื่อระดับกำลังการผลิตป้องกันเป็น 20% นั้นใกล้เคียงกับ 32 หน่วยต่อวัน
ซึ่งเป็นอัตราผลผลิตเฉลี่ยที่ได้จากสายการผลิตที่ไม่มีความแปรปรวนในเวลาผลิต($CV = 0$)

แต่เมื่อรูปแบบบัฟเฟอร์เป็นแบบ LIM1OP2 ซึ่งมีขนาดบัฟเฟอร์ทั้งหมดในสายการผลิต 10
หน่วย และ จัดสรรขนาดบัฟเฟอร์ให้หน้าและหลังสถานีคอกวด 5 หน่วย และไม่มีบัฟเฟอร์ที่จุดอื่น

พบว่าทุกคู่ของระดับกำลังการผลิตป้องกันให้อัตราผลผลิตเฉลี่ยแตกต่างกัน โดยกำลังการผลิตป้องกันที่ให้ผลผลิตเรียงจากสูงที่สุดไปต่ำที่สุด คือ 40% 20% และ 0% ตามลำดับ

การที่เมื่อรูปแบบบัฟเฟอร์ เป็น LIM10P2 แล้วพบว่าการเพิ่มกำลังการผลิตป้องกันทำให้อัตราผลผลิตเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ อาจจะเป็นเพราะรูปแบบนี้มีขนาดบัฟเฟอร์ทั้งหมดจำกัดอยู่เพียง 10 หน่วย และโดยเฉพาะอย่างยิ่งบัฟเฟอร์ที่มีจำนวนจำกัดนี้ถูกแบ่งให้เป็นบัฟเฟอร์ที่หน้าและหลังสถานีคอคอดเท่านั้น ทำให้สถานีอื่นพบปัญหา starving และ blocking ดังนั้น รูปแบบบัฟเฟอร์ LIM10P2 นี้จึงมีข้อจำกัดทั้งจากขนาดบัฟเฟอร์และรูปแบบการจัดสรรบัฟเฟอร์ที่มากกว่ารูปแบบอื่น ดังนั้นการเพิ่มกำลังการผลิตป้องกันจึงช่วยให้เพิ่มผลผลิตได้อย่างเห็นได้ชัด เพราะกำลังการผลิตป้องกันที่เพิ่มขึ้นช่วยลดปัญหาการ blocking และ starving ของสถานีที่ไม่ใช่คอคอดได้ ทำให้การผลิตเป็นไปอย่างต่อเนื่องมากขึ้น

2) ผลการทดสอบอิทธิพลของกำลังการผลิตป้องกันต่ออัตราผลผลิตเฉลี่ยที่แต่ละรูปแบบบัฟเฟอร์ เมื่อ CV เป็น 50%

ก่อนที่จะวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ที่แต่ละรูปแบบบัฟเฟอร์ได้ทดสอบลักษณะการแจกแจงของอัตราผลผลิตในแต่ละระดับกำลังการผลิตป้องกันด้วย Kolmogorov-Smirnov test และพบว่าอัตราผลผลิตในแต่ละระดับของกำลังการผลิตป้องกันมีการแจกแจงแบบปกติ และในการทดสอบความเท่ากันของค่าความแปรปรวนด้วย Levene's test พบว่าเมื่อรูปแบบบัฟเฟอร์เป็น LIM10P2 LIM20P1 และ LIM20P3 ค่าความแปรปรวนของอัตราผลผลิตไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อระดับกำลังการผลิตป้องกันแตกต่างกัน แต่ที่รูปแบบบัฟเฟอร์อื่นพบว่าค่าความแปรปรวนของอัตราผลผลิตแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อระดับกำลังการผลิตป้องกันแตกต่างกัน ดังนั้นจึงใช้ F-test วิเคราะห์ความแปรปรวนเมื่อรูปแบบบัฟเฟอร์ เป็น LIM10P2 LIM20P1 และ LIM20P3 และใช้ Welch วิเคราะห์ความแปรปรวนที่รูปแบบบัฟเฟอร์อื่น ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของกำลังการผลิตป้องกัน ที่แต่ละรูปแบบบัฟเฟอร์ เมื่อ CV เป็น 50%

a. F-test

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
LIM10P2					
Between Groups	817.521	2	408.761	165416.201	.000
Within Groups	178	72	.002		
Total	817.699	74			
LIM20P1					
Between Groups	333.699	2	166.850	37641.521	.000
Within Groups	.319	72	.004		
Total	334.018	74			
LIM20P3					
Between Groups	851.490	2	425.745	155132.427	.000
Within Groups	198	72	.003		
Total	851.688	74			

b. Welch Statistics

	Statistic(a)	df1	df2	Sig.
UNLIMIT	54199.787	2	44.909	.000
LIM10P1	66248.413	2	45.695	.000
LIM20P2	72316.132	2	45.276	.000

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบความแตกต่างของอัตราผลผลิตเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญที่ทุกรูปแบบบัฟเฟอร์ จึงทำการเปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วยเทคนิค Duncan เมื่อบัฟเฟอร์ เป็นรูปแบบ LIM10P2 LIM20P1 และ LIM20P3 และ ใช้ Dunnett's C ที่รูปแบบบัฟเฟอร์อื่น ผลการเปรียบเทียบเชิงซ้อนแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการเปรียบเทียบเชิงซ้อนของกำลังการผลิตป้องกันที่แต่ละรูปแบบบัฟเฟอร์
เมื่อ CV = 50%

รูปแบบ บัฟเฟอร์	ขนาด บัฟเฟอร์ ทั้งหมด	b_i (ขนาดบัฟเฟอร์หน้าสถานี i)										กำลังการ ผลิต ป้องกัน	อัตรา ผลผลิต เฉลี่ย
		b_2	b_3	b_4	b_5	b_6	b_7	b_8	b_9	b_{10}	b_{11}		
UNLIMI	ไม่จำกัด	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0%	27.298
												20%	31.251
												40%	31.999
LIM10P1	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0%	24.9
												20%	28.213
												40%	30.379
LIM10P2	10	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	0%	20.797
												20%	24.912
												40%	28.884
LIM20P1	20	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0%	26.642
												20%	30.353
												40%	31.611
LIM20P2	20	1	1	1	1	6	6	1	1	1	1	0%	25.280
												20%	30.027
												40%	31.932
LIM20P3	20	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	0%	20.813
												20%	24.9
												40%	29.066

เมื่อ CV = 50% ที่ทุกรูปแบบบัฟเฟอร์ พบว่ากำลังการผลิตป้องกันที่แตกต่างกันให้อัตราผลผลิตเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยกำลังการผลิตป้องกันที่ให้ผลผลิตเรียงจากสูงที่สุดไปต่ำที่สุด คือ 40% 20% และ 0% ตามลำดับ

เป็นที่น่าสังเกตว่าในสถานการณ์ที่ไม่มีกำลังการผลิตป้องกัน แม้แต่เมื่อรูปแบบบัฟเฟอร์เป็นแบบ Unlimit ซึ่งไม่จำกัดขนาดบัฟเฟอร์แต่อย่างใด ก็พบว่าได้อัตราผลผลิตเพียง 27.30 หน่วย ซึ่งต่ำกว่าอัตราผลผลิตเฉลี่ยเมื่อสายการผลิตไม่มีความผันแปรถึง 4.7 หน่วย (32 – 27.30) และ อัตราผลผลิตจะเพิ่มขึ้นได้ก็ต่อเมื่อเพิ่มกำลังการผลิตป้องกัน ซึ่งจะได้อัตราผลผลิตใกล้เคียง 32 หน่วยก็ต่อเมื่อเพิ่มกำลังการผลิตป้องกันเป็น 40% และที่รูปแบบบัฟเฟอร์อื่นๆ ก็พบว่าการเพิ่มกำลังการผลิต

ป้องกันส่งผลให้อัตราผลผลิตเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่าเมื่อสายการผลิตมีความแปรผันในเวลาผลิตสูงมากนั้น การมีกำลังการผลิตป้องกันสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตอย่างเห็นได้ชัด

3) ผลการทดสอบอิทธิพลของรูปแบบบัฟเฟอร์ต่ออัตราผลผลิตเฉลี่ย ที่แต่ละระดับของกำลังการผลิตป้องกัน เมื่อ CV เท่ากับ 5%

ก่อนที่จะวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ที่แต่ละระดับของกำลังการผลิตป้องกัน ได้ทดสอบลักษณะการแจกแจงของอัตราผลผลิตที่แต่ละรูปแบบบัฟเฟอร์ด้วย Kolmogorov-Smirnov test และพบว่าอัตราผลผลิตที่แต่ละรูปแบบบัฟเฟอร์มีการแจกแจงแบบปกติ และในการทดสอบความเท่ากันของค่าความแปรปรวนด้วย Levene's test พบว่า ค่าความแปรปรวนของอัตราผลผลิตไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อรูปแบบบัฟเฟอร์แตกต่างกันที่ทุกระดับของกำลังการผลิตป้องกัน ดังนั้น จึงใช้ F-test ในการเปรียบเทียบอัตราผลผลิตเฉลี่ยที่แต่ละระดับของกำลังการผลิตป้องกัน ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของรูปแบบบัฟเฟอร์ ที่แต่ละระดับของกำลังการผลิตป้องกัน เมื่อ CV เท่ากับ 5%

F-tests

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
PC = 0%					
Between Groups	66.077	5	13.215	523138.200	.000
Within Groups	.004	144	.000		
Total	66.081	149			
PC = 20%					
Between Groups	.000	5	.000	1.041	.396
Within Groups	.013	144	.000		
Total	.014	149			
PC = 40%					
Between Groups	.000	5	.000	.542	.744
Within Groups	.011	144	.000		
Total	.011	149			

ในสถานการณ์ที่ $CV = 5\%$ พบว่ารูปแบบบัฟเฟอร์ไม่มีอิทธิพลต่ออัตราผลผลิตเมื่อมีการผลิตป้องกันเป็น 20% และ 40% แต่รูปแบบบัฟเฟอร์จะมีอิทธิพลต่ออัตราผลผลิตก็ต่อเมื่อไม่มีกำลังการผลิตป้องกัน ผลการเปรียบเทียบเชิงซ้อนแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ผลการเปรียบเทียบเชิงซ้อนของรูปแบบบัฟเฟอร์ ที่แต่ละระดับของกำลังการผลิตป้องกัน เมื่อ CV เท่ากับ 5%

กำลังการผลิต ป้องกัน	รูปแบบ บัฟเฟอร์	ขนาด บัฟเฟอร์ ทั้งหมด	บัฟเฟอร์											อัตรา ผลผลิต เฉลี่ย
			b_i											
			(ขนาดบัฟเฟอร์หน้าสถานี i)											
			b_2	b_3	b_4	b_5	b_6	b_7	b_8	b_9	b_{10}	b_{11}		
0%	Unlimit	ไม่จำกัด	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	31.923	
	LIM20P1	10	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	31.915	
	LIM20P2	10	1	1	1	1	6	6	1	1	1	1	31.861	
	LIM10P1	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	31.846	
	LIM10P2	10	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	30.480	
	LIM20P3	20	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	30.479	
20%	Unlimit	ไม่จำกัด	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	32.000	
	LIM10P1	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	32.001	
	LIM10P2	10	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	31.997	
	LIM20P1	20	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	31.998	
	LIM20P2	20	1	1	1	1	6	6	1	1	1	1	32.001	
	LIM20P3	20	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	32.001	
40%	Unlimit	ไม่จำกัด	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	32.003	
	LIM10P1	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	32.000	
	LIM10P2	10	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	32.002	
	LIM20P1	20	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	32.000	
	LIM20P2	20	1	1	1	1	6	6	1	1	1	1	32.000	
	LIM20P3	20	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	32.000	

หมายเหตุ * = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ $\alpha = 0.05$

จากการเปรียบเทียบเชิงซ้อน ด้วย Duncan พบว่าเมื่อไม่มีกำลังการผลิตป้องกันแล้ว อัตราผลผลิตเฉลี่ยของทุกคู่ของรูปแบบบัฟเฟอร์แตกต่างกัน ยกเว้น LIM10P2 และ LIM20P3 ที่ให้อัตราผลผลิตเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

ผลที่ได้แสดงว่าเมื่อมีกำลังการผลิตป้องกัน ($PC = 20\%$ และ 40%) รูปแบบบัฟเฟอร์แตกต่างกันไม่ส่งผลให้อัตราผลผลิตแตกต่างกัน และอัตราผลผลิตที่ได้นั้นประมาณ 32 หน่วยต่อวัน ซึ่งถือว่าใกล้เคียงกับอัตราผลผลิตต่อวันในกรณีที่ไม่มีความผันแปร

เมื่อสายการผลิตไม่มีกำลังการผลิตป้องกัน พบว่ารูปแบบบัฟเฟอร์ที่แตกต่างส่งผลให้อัตราผลผลิตแตกต่างกันด้วย โดยพบว่า

(1) เมื่อมีการจำกัดขนาดบัฟเฟอร์ การจัดสรรบัฟเฟอร์ให้เฉพาะกับหน้าและหลังสถานีคือ ขวดโดยไม่มีบัฟเฟอร์ที่สถานีอื่นเลย (LIM10P2 และ LIM20P3) ให้อัตราผลผลิตเฉลี่ยต่ำที่สุด เป็นที่น่าสังเกตว่าถึงแม้ LIM20P3 ที่มีขนาดบัฟเฟอร์ทั้งหมด 20 หน่วย ซึ่งมากกว่า LIM10P1 ซึ่งมีขนาดบัฟเฟอร์เพียง 10 หน่วย แต่ LIM10P1 กลับให้อัตราผลผลิตมากกว่า แสดงว่า การมีขนาดบัฟเฟอร์ทั้งหมดในสายการผลิตมากกว่าไม่จำเป็นเสมอไปที่จะให้อัตราผลผลิตมากกว่าสายการผลิตที่มีขนาดบัฟเฟอร์น้อยกว่าตราบนิดที่การจัดสรรบัฟเฟอร์เป็นไปอย่างไม่เหมาะสม

(2) ถ้ามีการจัดสรรบัฟเฟอร์ให้กับทุกสถานีพบว่าขนาดบัฟเฟอร์เป็น 20 หน่วย ให้อัตราผลผลิตมากกว่าขนาดบัฟเฟอร์ 10 หน่วย

4) ผลการทดสอบอิทธิพลของรูปแบบบัฟเฟอร์ต่ออัตราผลผลิตเฉลี่ย ที่แต่ละระดับของกำลังการผลิตป้องกัน เมื่อ CV เท่ากับ 50%

ก่อนที่จะวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ที่แต่ละระดับของกำลังการผลิตป้องกัน ได้ทดสอบลักษณะการแจกแจงของอัตราผลผลิตที่แต่ละรูปแบบบัฟเฟอร์ด้วย Kolmogorov-Smirnov test และพบว่าอัตราผลผลิตที่แต่ละรูปแบบบัฟเฟอร์มีการแจกแจงแบบปกติ และในการทดสอบความเท่ากันของค่าความแปรปรวนด้วย Levene's test พบว่าเมื่อ $PC = 0\%$ และ 20% ค่าความแปรปรวนของอัตราผลผลิตไม่แตกต่างกันเมื่อรูปแบบบัฟเฟอร์แตกต่างกัน แต่เมื่อ $PC = 40\%$ พบว่าค่าความแปรปรวนของอัตราผลผลิตแตกต่างกันเมื่อรูปแบบบัฟเฟอร์แตกต่างกัน ดังนั้น จึงใช้ F-test ในการเปรียบเทียบอัตราผลผลิตเฉลี่ยเมื่อระดับ $PC = 0\%$ และ 20% และใช้ Welch Statistics เมื่อ $PC = 40\%$ ผลการวิเคราะห์ แสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของรูปแบบบัฟเฟอร์ ที่แต่ละระดับของกำลังการผลิตป้องกัน เมื่อ CV เท่ากับ 5%

a. F-tests

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
PC = 0%					
Between Groups	997.263	5	199.453	78863.268	.000
Within Groups	.364	144	.003		
Total	997.627	149			
PC = 20%					
Between Groups	960.671	5	192.134	67810.399	.000
Within Groups	.408	144	.003		
Total	961.079	149			

b. Welch Statistics

	Statistic(a)	df1	df2	Sig.
PC = 40%	9378.154	5	66.508	.000

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่ารูปแบบบัฟเฟอร์มีอิทธิพลต่ออัตราผลผลิตอย่างมีนัยสำคัญที่ทุกระดับของกำลังการผลิตป้องกัน เนื่องจากค่า significance ที่ได้น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 จึงทำการเปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วยเทคนิค Duncan เมื่อ PC เป็น 0% และ 20% และ ด้วยเทคนิค Dunnett's C เมื่อ PC เป็น 40% ผลการเปรียบเทียบเชิงซ้อนแสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ผลการเปรียบเทียบเชิงซ้อนของรูปแบบบัฟเฟอร์ ที่แต่ละระดับของกำลังการผลิต
ป้องกัน เมื่อ CV เท่ากับ 50%

กำลังการผลิต ป้องกัน	รูปแบบ บัฟเฟอร์	ขนาด บัฟเฟอร์ ทั้งหมด	บัฟเฟอร์											อัตรา ผลผลิต เฉลี่ย
			b_i											
			(ขนาดบัฟเฟอร์หน้าสถานี i)											
			b_2	b_3	b_4	b_5	b_6	b_7	b_8	b_9	b_{10}	b_{11}		
0%	Unlimit	ไม่จำกัด	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	27.298	
	LIM20P1	10 20	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	26.642	
	LIM20P2	10 20	1	1	1	1	6	6	1	1	1	1	25.280	
	LIM10P1	20 10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	24.537	
	LIM20P3	20	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	20.812	
	LIM10P2	20 10	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	20.797	
20%	Unlimit	ไม่จำกัด	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	31.251	
	LIM20P1	10 20	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	30.353	
	LIM20P2	10 20	1	1	1	1	6	6	1	1	1	1	30.027	
	LIM10P1	20 10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	28.213	
	LIM20P3	20	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	24.978	
	LIM10P2	20 10	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	24.912	
40%	Unlimit	ไม่จำกัด	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	31.999	
	LIM20P2	10 20	1	1	1	1	6	6	1	1	1	1	31.932	
	LIM20P1	10 20	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	31.611	
	LIM10P1	20 10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	30.380	
	LIM20P3	20	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	29.066	
	LIM10P2	20 10	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	28.884	

หมายเหตุ * = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ $\alpha = 0.05$

เมื่อความผันแปรในเวลาผลิตเป็น 50% รูปแบบบัฟเฟอร์มีผลต่ออัตราผลผลิตเฉลี่ยมากกว่ากรณี CV เป็น 5% เนื่องจากเมื่อ CV เป็น 5% ตามที่ได้อธิบายไปก่อนหน้านี้ พบว่ารูปแบบบัฟเฟอร์มีอิทธิพลต่ออัตราผลผลิตเฉลี่ยในกรณีที่สายการผลิตไม่มีกำลังการผลิตป้องกันเท่านั้น แต่

เมื่อเพิ่มกำลังการผลิตปรากฏว่าการจัดบัฟเฟอร์ทุกรูปแบบให้อัตราผลผลิตเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อ CV เป็น 50% พบว่า รูปแบบบัฟเฟอร์แตกต่างกันทำให้อัตราผลผลิตเฉลี่ยแตกต่างกันที่ทุกระดับของกำลังการผลิตป้องกัน ดังต่อไปนี้

(1) ที่กำลังการผลิตป้องกัน 0% รูปแบบบัฟเฟอร์ที่ให้อัตราผลผลิตเฉลี่ยสูงที่สุดคือแบบ Unlimit รองลงมาคือรูปแบบ LIM20P1 อัตราผลผลิตเฉลี่ยของทุกรูปแบบบัฟเฟอร์แตกต่างกัน ยกเว้น รูปแบบ LIM20P3 และ LIM10P2 ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสองรูปแบบดังกล่าวให้อัตราผลผลิตเฉลี่ยต่ำที่สุด

(2) ที่กำลังการผลิตป้องกัน 20% พบว่าอัตราผลผลิตเฉลี่ยของทุกรูปแบบบัฟเฟอร์แตกต่างกัน รูปแบบ Unlimit ให้อัตราผลผลิตเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือ LIM20P1 รูปแบบ LIM10P2 ให้อัตราผลผลิตเฉลี่ยต่ำที่สุด

(3) ที่กำลังการผลิตป้องกัน 40% พบว่าอัตราผลผลิตเฉลี่ยของทุกรูปแบบบัฟเฟอร์แตกต่างกัน และ รูปแบบที่ให้อัตราผลผลิตเฉลี่ยมากที่สุดคือรูปแบบ Unlimit รองลงมาคือ LIM20P2 และ รูปแบบที่ให้อัตราผลผลิตเฉลี่ยต่ำที่สุดคือรูปแบบ LIM10P2

ที่ทุกระดับของกำลังการผลิตป้องกัน พบว่าเมื่อไม่มีการจำกัดขนาดบัฟเฟอร์ระหว่างแต่ละสถานี (Unlimit) ซึ่งมีปัญหา blocking และ starving น้อยกว่ารูปแบบบัฟเฟอร์อื่น ทำให้อัตราผลผลิตเฉลี่ยสูงที่สุด แต่เมื่อมีการจำกัดขนาดบัฟเฟอร์ระหว่างสถานี พบว่าการจัดสรรบัฟเฟอร์ให้เฉพาะกับหน้าและหลังสถานีคอขวดโดยไม่มีบัฟเฟอร์ที่สถานีอื่นเลย (LIM10P2 และ LIM20P3) ให้อัตราผลผลิตเฉลี่ยต่ำที่สุด และถ้ามีการจัดสรรบัฟเฟอร์ให้กับทุกสถานีพบว่าขนาดบัฟเฟอร์เป็น 20 หน่วย ให้อัตราผลผลิตมากกว่าขนาดบัฟเฟอร์ 10 หน่วย ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่ CV เป็น 5% และ PC = 0% แต่ทั้งนี้ในสถานการณ์ที่ CV เป็น 50% ผลที่พบดังกล่าวนี้สะท้อนให้เห็นในทุกระดับของกำลังการผลิตป้องกัน

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

ระบบการจ่ายงานแบบ CONWIP เป็นระบบการจ่ายงานที่มีการควบคุมจำนวนงานระหว่างทำ ตั้งแต่สถานีแรกจนถึงสถานีสุดท้ายให้คงที่ตลอดเวลาด้วยการให้สถานีแรกเริ่มผลิตงานก็ต่อเมื่อสถานีสุดท้ายผลิตสินค้าเสร็จหนึ่งหน่วย แต่ถึงแม้จะมีการจำกัดจำนวนงานระหว่างทำในระบบการผลิต แต่จากการวิจัยและศึกษาระบบ CONWIP ที่ผ่านมามีการจำกัดขนาดของบัฟเฟอร์แต่อย่างใด แต่ในทางปฏิบัติแล้วสายการผลิตมีพื้นที่จำกัดดังนั้นจึงจำเป็นต้องจำกัดขนาดบัฟเฟอร์ในสายการผลิตและหาวิธีการในการจัดสรรบัฟเฟอร์ให้กับแต่ละสถานีที่จะทำให้ได้ผลผลิตตามที่ต้องการ ดังนั้น การวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งศึกษาเพื่อได้แนวทางในการจัดสรรขนาดบัฟเฟอร์ที่มีอย่างจำกัดอันจะช่วยให้สายการผลิตแบบ CONWIP เพิ่มผลผลิตได้ นอกจากนั้น ได้มีการศึกษาพบว่ากำลังการผลิตป้องกันเพิ่มประสิทธิภาพของสายการผลิตได้ จึงมีความน่าสนใจที่จะศึกษาครอบคลุมถึงผลของกำลังการผลิตป้องกันในสายการผลิตแบบ CONWIP ด้วยเช่นกัน

การวิจัยนี้ศึกษาอิทธิพลของรูปแบบบัฟเฟอร์ (Buffer patterns) และกำลังการผลิตป้องกัน (Protective capacity) ที่มีต่ออัตราผลผลิต (Throughput rate) ของสายการผลิตที่มีระบบการจ่ายงานแบบ CONWIP ภายใต้สถานการณ์ที่มีความผันแปรในเวลาผลิตทั้งด้านและสูง รูปแบบบัฟเฟอร์ (BP) ในที่นี้แตกต่างตามขนาดบัฟเฟอร์ทั้งหมดในสายการผลิตซึ่งมี (1) ขนาดเป็น 10 หน่วย (2) ขนาดเป็น 20 หน่วย และ (3) ไม่จำกัดขนาด และ ตามวิธีการจัดสรรบัฟเฟอร์ในกรณีที่มีขนาดบัฟเฟอร์จำกัด ได้รูปแบบทั้งหมด 6 รูปแบบ ได้แก่ Unlimit, LIM10P1, LIM10P2, LIM20P1, LIM20P2 และ LIM20P3 และ กำลังการผลิตป้องกัน (PC) มี 3 ระดับ คือ 0%, 20% และ 40%

เครื่องมือในการวิจัยคือการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม AWESIM! Simulation (Pritsker, O'Reilly, and LaVal, 1997) โดยจำลองสายการผลิตที่ประกอบด้วย 11 สถานี จัดเรียงต่อเนื่องกัน การแจกแจงของเวลาผลิตทุกสถานีเป็นแบบ Lognormal เวลาผลิตงาน 1 หน่วยโดยเฉลี่ยของสถานีคือ 15 นาที (ทั้งนี้เมื่อ PC เป็น 0% ทุกสถานีผลิตมีเวลาผลิตเฉลี่ยเท่ากันที่ 15 นาที) ค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันของเวลาผลิตมี 2 ระดับคือ 5% และ 50% ซึ่งแทนสายการผลิตที่มีความผันแปรในเวลาผลิตต่ำและสูงตามลำดับ

ในการศึกษานี้ ได้ดำเนินการจำลองสถานการณ์ที่แตกต่างกันทั้งหมด 36 แบบ โดยในสถานการณ์แต่ละแบบดำเนิน simulation 25 รอบ ดังนั้น จึงมีการดำเนิน simulation รวมกันทั้งหมดสำหรับการศึกษารั้งนี้ 900 รอบ โดยกำหนดค่า seed ของการดำเนิน simulation แต่ละรอบแตกต่างกัน เพื่อให้ค่าอัตราผลผลิตเฉลี่ยที่ได้จากแต่ละรอบมีความเป็นอิสระจากกัน

แต่ละรอบของการดำเนิน simulation ไม่รวมอัตราผลผลิตของ 60 วันแรกในการหาอัตราผลผลิตเฉลี่ยเนื่องจากระยะ 60 วันแรกระบบการผลิตยังไม่เข้าสู่สถานะคงตัว (Steady state) เมื่อได้ค่าอัตราผลผลิตครบ ได้ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ที่ค่านัยสำคัญ 0.05 ($\alpha = 0.05$) ในการวิเคราะห์ข้อมูล

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ข้อมูลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์พบว่า มีอิทธิพลร่วมระหว่างรูปแบบบัฟเฟอร์ กับ กำลังการผลิตป้องกัน จึงทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อศึกษาอิทธิพลของตัวแปรอิสระแต่ละตัวที่แต่ละระดับของอีกตัวแปร

5.1.1 สรุปผลการศึกษาเมื่อสายการผลิตมีความผันแปรในเวลาผลิตต่ำ ($CV = 5\%$)

สายการผลิตที่ไม่มีกำลังการผลิตป้องกันให้อัตราผลผลิตเฉลี่ยต่ำที่สุดที่ทุกรูปแบบบัฟเฟอร์ และเมื่อรูปแบบบัฟเฟอร์ เป็น Unlimit, LIM10P1, LIM20P1, LIM20P2 และ LIM20P3 พบว่าอัตราผลผลิตเฉลี่ยเมื่อกำลังการผลิตป้องกันเป็น 20% และ 40% ไม่แตกต่างกัน ซึ่งเห็นได้จากอัตราผลผลิตเฉลี่ยเมื่อระดับกำลังการผลิตป้องกันเป็น 20% นั้นใกล้เคียง 32 หน่วยต่อวันซึ่งเป็นอัตราผลผลิตเฉลี่ยที่ได้จากสายการผลิตที่ไม่มี ความแปรปรวนในเวลาผลิต ($CV = 0$) แต่เมื่อรูปแบบบัฟเฟอร์เป็นแบบ LIM10P2 ซึ่งมีขนาดบัฟเฟอร์รวม 10 หน่วย โดยแบ่งเป็นบัฟเฟอร์หน้าและหลังสถานีคอขวด 5 หน่วยและไม่มี buffer ที่จุดอื่น พบว่าทุกคู่ของระดับกำลังการผลิตป้องกันให้อัตราผลผลิตเฉลี่ยแตกต่างกัน โดยกำลังการผลิตป้องกันที่ให้ผลผลิตเรียงจากสูงที่สุดไปต่ำที่สุด คือ 40% 20% และ 0% ตามลำดับ ซึ่งผลที่ได้แสดงว่าเมื่อขนาดบัฟเฟอร์มีจำนวนน้อยมากและขนาดบัฟเฟอร์รองรับที่ทุกสถานีทำให้ต้องใช้กำลังการผลิตป้องกันเพิ่มขึ้น

เมื่อสายการผลิตขาดกำลังการผลิตป้องกัน พบว่ารูปแบบบัฟเฟอร์ที่แตกต่างส่งผลให้อัตราผลผลิตแตกต่างกันด้วย โดยพบว่าการจัดสรรบัฟเฟอร์ให้เฉพาะกับหน้าและหลังสถานีคอขวดโดยไม่มีบัฟเฟอร์ที่สถานีอื่นเลย (LIM10P2 และ LIM20P3) ให้อัตราผลผลิตเฉลี่ยต่ำที่สุด และถ้ามีการจัดสรรบัฟเฟอร์ให้กับทุกสถานีพบว่าเมื่อขนาดบัฟเฟอร์ทั้งหมดในสายการผลิตเป็น 20 หน่วย ให้อัตราผลผลิตมากกว่าขนาดบัฟเฟอร์ 10 หน่วย แต่เมื่อเพิ่มกำลังการผลิตป้องกันเป็น 20% และ 40% การจัดรูปแบบ

บัฟเฟอร์แตกต่างกันไม่ส่งผลให้อัตราผลผลิตเฉลี่ยแตกต่างกัน โดยทุกรูปแบบบัฟเฟอร์ให้อัตราผลผลิตเฉลี่ยใกล้เคียงผลผลิตในสถานการณ์ที่ไม่มีควมผันแปรนั้นคือ 32 หน่วยต่อวัน

5.1.2 สรุปผลการศึกษาเมื่อสายการผลิตมีความผันแปรในเวลาผลิตสูง ($CV = 50\%$)

อัตราผลผลิตเฉลี่ยของระดับกำลังการผลิตป้องกันทุกคู่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ทุกรูปแบบบัฟเฟอร์ โดยกำลังการผลิตป้องกันที่ให้ผลผลิตเรียงจากสูงที่สุดไปต่ำที่สุด คือ 40% 20% และ 0% ตามลำดับ ทั้งนี้พบว่าเมื่อไม่มีการจำกัดขนาดบัฟเฟอร์ (รูปแบบบัฟเฟอร์ คือ Unlimit) และไม่มีการผลิตป้องกันพบว่าได้อัตราผลผลิตเพียง 27.30 หน่วยเท่านั้น ซึ่งต่ำกว่าอัตราผลผลิตเมื่อสายการผลิตไม่มีความผันแปรถึง 4.7 หน่วย และได้อัตราผลผลิตใกล้เคียง 32 หน่วยก็ต่อเมื่อเพิ่มกำลังการผลิตป้องกันจนถึง 40% แสดงให้เห็นว่าเมื่อสายการผลิตมีความแปรผันในเวลาผลิตสูงมากนั้น กิจกรรมอาจจำเป็นต้องให้มีกำลังการผลิตป้องกันมากขึ้นเพื่อที่จะเพิ่มผลผลิตให้ได้ตามที่ต้องการ

รูปแบบบัฟเฟอร์มีผลต่ออัตราผลผลิตเฉลี่ยที่ทุกระดับกำลังการผลิตป้องกัน ดังต่อไปนี้ โดยเมื่อไม่มีการจำกัดขนาดบัฟเฟอร์ (รูปแบบบัฟเฟอร์ คือ Unlimit) ได้อัตราผลผลิตเฉลี่ยสูงที่สุด เนื่องจากมีปัญหา blocking และ starving น้อยกว่ารูปแบบบัฟเฟอร์อื่น แต่ถ้ามีขนาดบัฟเฟอร์จำกัดพบว่าการจัดสรรบัฟเฟอร์ให้เฉพาะกับหน้าและหลังสถานีคอขวดโดยไม่มีบัฟเฟอร์ที่สถานีอื่นเลยให้อัตราผลผลิตเฉลี่ยต่ำที่สุด และถ้ามีการจัดสรรบัฟเฟอร์ให้กับทุกสถานีพบว่าขนาดบัฟเฟอร์เป็น 20 หน่วย ให้อัตราผลผลิตมากกว่าขนาดบัฟเฟอร์ 10 หน่วย

5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการจัดการสายการผลิตที่ใช้วิธีการทำงานแบบ CONWIP

จากผลการศึกษาสามารถให้ข้อเสนอแนะในการบริหารการผลิตสำหรับกิจการที่ใช้ระบบการทำงานแบบ CONWIP ดังนี้

5.2.1. ตามที่ผลการศึกษาพบว่าเมื่อความผันแปรในเวลาผลิตเป็นเพียง 5% และ สายการผลิตมีกำลังการผลิตป้องกันตั้งแต่ 20% ขึ้นไป ทุกรูปแบบบัฟเฟอร์ให้อัตราผลผลิตเฉลี่ยไม่แตกต่างกันและใกล้เคียงกับอัตราผลผลิตของสายการผลิตที่ไม่มีควมผันแปร แสดงว่าการมีกำลังการผลิตป้องกันสามารถช่วยให้กิจการลดพื้นที่จัดเก็บงานระหว่างทำระหว่างแต่ละสถานีได้เป็นอย่างมากและไม่มีข้อจำกัดในรูปแบบการจัดสรรบัฟเฟอร์ที่จะเลือกใช้

5.2.2 ในสายการผลิตที่มีความผันแปรในเวลาผลิตต่ำ กิจการสามารถกำหนดขนาดบัฟเฟอร์ และ ระดับกำลังการผลิตป้องกันที่ต่ำกว่าสายการผลิตที่มีความผันแปรในเวลาผลิตสูง ในอันที่จะได้อัตราผลผลิตเท่ากัน

5.2.2. ถ้าสายการผลิตมีความผันแปรสูง กิจกรรมอาจจะต้องให้มีกำลังการผลิตป้องกันและหารูปแบบการจัดสรรขนาดบัฟเฟอร์ที่ทำให้อัตราผลผลิตเพิ่มขึ้น โดยจากการศึกษานี้มีข้อเสนอแนะว่ากิจกรรมการจัดสรรบัฟเฟอร์เฉลี่ยให้เท่ากันทุกสถานีเนื่องจากพบว่าโดยทั่วไปให้ผลผลิตมากกว่า

5.2.4. เนื่องจากกำลังการผลิตป้องกันสามารถช่วยลดขนาดบัฟเฟอร์ได้ กิจกรรมควรเปรียบเทียบต้นทุนของบัฟเฟอร์ กับ ต้นทุนของกำลังการผลิตป้องกัน ประกอบการตัดสินใจการกำหนดกำลังการผลิตป้องกัน และ ขนาดบัฟเฟอร์เพื่อให้ประหยัดต้นทุนมากที่สุด

5.3 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาครั้งต่อไป

5.3.1. นอกจากศึกษาผลของ รูปแบบบัฟเฟอร์ และ กำลังการผลิตป้องกัน แล้วอาจจะเพิ่มการศึกษาอิทธิพลของตำแหน่งสถานีคอขวดที่มีต่อผลผลิต

5.3.2 ทำการศึกษาโดยกำหนดให้เวลาผลิตมีการแจกแจงความน่าจะเป็น (probability distribution) ที่แตกต่างจาก Lognormal เช่น อาจจะกำหนดให้เป็นการแจกแจงแบบ Exponential ซึ่งมีค่า $CV = 100\%$ เสมอไม่ว่าเวลาผลิตเฉลี่ยจะเป็นเท่าใด ซึ่งจะช่วยให้เข้าใจผลที่เกิดขึ้นภายใต้สถานการณ์ที่มีความผันแปรในเวลาผลิตที่สูงมากขึ้น

5.3.3 ในการศึกษาครั้งต่อไปควรขยายให้ครอบคลุมรูปแบบบัฟเฟอร์อื่น และ ระดับกำลังการผลิตป้องกันที่มากกว่าที่กำหนดในการวิจัยนี้

บรรณานุกรม

- Atwater, J.B. (1991). **The impact of protective capacity on the output of a typical unblocked flow shop**. Ph.D. Dissertation, University of Georgia, Athens.
- Atwater, J.B. and Chakravorty, S.S. (1994). Does protective capacity assist managers in competing along time-based dimensions? **Production & Inventory Management Journal**. 35(3):53-59.
- Bank, J., Carson, J.S., Nelson, B.L., and Nicol, D.M. (2001). **Discrete-event system simulation (third edition)**. NJ:Prentice Hall.
- Conway, R. Maxwell, W., McClain, J.O., and Thomas, L.J. (1988). The role of work-in-process inventory in serial production lines. **Operations Research**. 36(2):229-241.
- Cox, J.F., Blackstone, J.H., and Spencer, M.S. (Eds.) (1995). **APICS Dictionary**. American Production and Inventory Control Society, Inc. VA:Falls Church.
- Duclos, L.K. and Spencer, M.S. (1995). The impact of a constraint buffer in a flow shop. **International Journal of Production Economics**. 42: 175-185.
- Duenyas, I., and Khabli, M.F. (1995). Release policies for assembly system. **IIE Transactions**. 27(4):507-518.
- El-Rayah, T.E. (1979). The effect of inequality of interstage buffer capacities and operations time variability on the efficiency of production line systems. **International Journal of Production Research**. 17:77-89.
- Field, A.P. (2005). **Discovering statistics using SPSS (second edition)**. London:Sage.
- Gardiner, S.C., Blackstone, J.H., and Gardiner, L.R. (1993). Drum-buffer-rope and buffer management: impact on production management study and practices. **International Journal of Operations & Production Management**. 13(6). 63-78.
- Gilland, W.G. (1998). **Essays on production planning and control**. Ph.D. Dissertation. Stanford University. CA.
- Goldratt, E.M. and Cox, J. (1986). **The goal: a process of ongoing improvement**, NY:North River Press.

- Gstettner, S. and Kuhn, H. (1996). Analysis of production control systems kanban and CONWIP. **International Journal of Production Research**. 34(1): 3253-3273.
- Hopp, W.J. and Spearman, M.L. (1996). **Factory physics**. Chicago: Irwin.
- Huang, M.H., Wang, D., and Ip, W.H. (1998). Simulation Study of CONWIP for a cold rolling plant. **International Journal of Production Economics**. 54(3): 257-266.
- Huff, P. L. (2001). Using drum-buffer-rope scheduling rather than just-in-time production. **Management Accounting Quarterly**. 36-40.
- Hurley, S.F. and Kadipasaoglu, S. (1998). Wandering bottleneck: speculating on the true causes. **Production & Inventory Management Journal**. 39(4):1-4.
- Inman, R.R. (1993) Inventory is the flower of all evil. **Production and Inventory Management Journal**. 34(4):41-45.
- Kadipasaoglu, S.N., Xiang, W., Hurley, S.F., and Khumawala, B.M. (2000). A study on the effect of the extent and location of protective capacity in flow systems. **International Journal of Production Economics**. 63:217-228.
- Kim, S.T.(1995) **An investigation of flow control mechanisms in semiconductor wafer fabrication**. Ph.D. Dissertation. University of Georgia. Athens.
- Lambrecht, M. and Segaert, A. (1990). Buffer stock allocation in a serial and assembly type of production lines. **International Journal of Operations Management**. 10(2). 47-60.
- Law, A.M. and Kelton, W.D. (1992). **Simulation modeling & analysis**. McGraw-Hill.
- Leslie, K.D. and Michael, S.S.(1995) The impact of a constraint buffer in a flow shop. **International Journal of Production Economics**. 42: 175-185.
- Marek, R.P., Elkins, D. A., and Smith, D. R. (2001) Understanding the fundamentals of kanban and CONWIP pull systems using simulation. **Proceeding of the 2001 Winter Simulation Conference**. 921-929.
- Monden, Y. (1983). **Toyota production systems: practical approach to production management**. GA: Industrial Engineering and Management Press.
- Montgomery, D.C.(1997). **Design and analysis of experiments (fourth edition)**. NY: JohnWiley& Sons.

- Muckstadt, J. A., and Tayur, S. R. (1995). A comparison of alternative kanban control mechanisms I. background and structural results. **IIE Transactions**. 27(2): 140-150
- Muralidhar, K., Swenseth, S.R., and Wilson, R.L.(1995). Describing processing time when simulating JIT environment. **International Journal of Production Research**. 27(4): 507-518.
- Pritsker, A.A.B., O'Reilly, J.J., and LaVal, D.K.(1997). **Simulation with Visual SLAM and AWESIM!**. West Lafayette: System Publishing Corp.
- Sarker, B. R., and Fitzsimmons. (1989). The performance of push and pull systems: a simulation and comparative study. **International Journal of Production Research**. 27(10):1715-1731.
- Smith, L.D., and Brumbaugh, P. (1977). Allocating inter-station inventory capacity in unpaced production lines with heteroscedastic processing time. **International Journal of Production Research**. 15(2): 163-172.
- Spearman, M.L., Hopp, W.J., and Woodruff, D.L.(1989). A hierarchical control architecture for constant work-in-process (CONWIP) production systems. **Journal of Manufacturing and Operations Management**. 2(3): 147-171.
- Spearman, M.L., Woodruff, D.L., and Hopp, W.J. (1990). CONWIP: a pull alternative to kanban. **International Journal of Production Research**. 28(5): 879-894.
- Spearman, M.L., and Zazanis, M.A.(1992). Push and pull production systems: issues and comparisons. **Operations Research**. 40(3): 521-532.
- Thuannadee, S. (2000). **Comparative effects of pull release mechanisms on the performance of a mixed-model flow line**. Ph.D. Dissertation, University of Georgia, Athens.
- Welch, P.D. (1983). The statistical analysis of simulation results. **Computer Performance Modeling Handbook**. S. S. Lavenberg. Editor. NY:Academic Press, Inc.

ภาคผนวก

อัตราผลผลิตเฉลี่ยจากการจำลองสถานการณ์ในแต่ละรอบ(Replication)

CV = 0.05 PC = 0%

Replication #	Unlimit	LIM10P1	LIM10P2	LIM20P1	LIM20P2	LIM20P3
1	31.926	31.844	30.477	31.915	31.855	30.482
2	31.922	31.853	30.482	31.907	31.859	30.487
3	31.920	31.844	30.486	31.913	31.856	30.475
4	31.923	31.850	30.488	31.926	31.869	30.477
5	31.915	31.848	30.479	31.918	31.862	30.483
6	31.929	31.852	30.468	31.918	31.862	30.483
7	31.923	31.839	30.491	31.916	31.857	30.471
8	31.917	31.837	30.479	31.911	31.866	30.481
9	31.925	31.838	30.465	31.906	31.861	30.483
10	31.921	31.842	30.477	31.920	31.862	30.479
11	31.929	31.847	30.486	31.923	31.863	30.473
12	31.923	31.852	30.472	31.920	31.859	30.478
13	31.919	31.846	30.476	31.920	31.853	30.475
14	31.923	31.849	30.482	31.919	31.855	30.481
15	31.928	31.847	30.484	31.906	31.865	30.485
16	31.919	31.849	30.481	31.912	31.853	30.481
17	31.930	31.838	30.477	31.909	31.870	30.479
18	31.917	31.846	30.475	31.916	31.866	30.484
19	31.921	31.848	30.481	31.912	31.858	30.473
20	31.920	31.840	30.478	31.918	31.862	30.475
21	31.922	31.844	30.484	31.910	31.865	30.477
22	31.927	31.845	30.475	31.916	31.857	30.477
23	31.922	31.850	30.475	31.910	31.869	30.484
24	31.922	31.852	30.486	31.926	31.858	30.483
25	31.920	31.849	30.484	31.913	31.862	30.476
Average	31.923	31.846	30.480	31.915	31.861	30.479
SD	0.004	0.005	0.006	0.006	0.005	0.004

อัตราผลิตเฉลี่ยจากการจำลองสถานการณ์ในแต่ละรอบ(Replication)

CV = 0.05 PC = 20%

Replication #	Unlimit	LIM10P1	LIM10P2	LIM20P1	LIM20P2	LIM20P3
1	32.007	32.016	31.992	31.989	32.000	32.000
2	32.009	31.988	32.000	32.002	31.983	31.983
3	32.003	32.017	31.988	31.996	31.994	31.994
4	31.996	31.989	32.016	32.002	32.012	32.012
5	31.992	32.009	31.988	31.992	32.011	32.011
6	32.011	32.007	31.994	32.010	32.022	32.023
7	32.009	32.010	31.982	32.004	31.998	31.997
8	31.996	32.006	32.000	32.007	31.989	31.989
9	31.997	31.996	32.007	31.997	31.999	31.999
10	31.993	32.000	31.993	31.999	32.002	32.002
11	32.010	31.984	31.986	31.992	32.023	32.023
12	32.002	31.998	32.001	32.008	31.994	31.993
13	31.994	32.002	32.008	32.002	31.997	31.997
14	31.990	32.004	31.984	32.000	32.014	32.014
15	31.990	31.991	32.003	32.008	31.993	31.993
16	31.999	31.991	31.998	31.996	31.999	31.999
17	31.998	32.003	32.003	32.010	31.994	31.994
18	32.004	32.011	31.997	31.994	31.997	31.997
19	32.006	32.003	32.016	31.990	32.002	32.002
20	31.980	32.013	31.983	31.991	32.013	32.013
21	32.012	31.987	31.994	31.992	32.013	32.012
22	32.001	32.007	31.997	31.986	31.994	31.994
23	32.001	32.003	32.003	31.997	32.004	32.004
24	31.987	31.994	31.990	31.997	31.977	31.976
25	32.007	31.991	31.993	31.989	32.009	32.009
Average	32.000	32.001	31.997	31.998	32.001	32.001
SD	0.008	0.009	0.009	0.007	0.011	0.011

อัตราผลผลิตเฉลี่ยจากการจำลองสถานการณ์ในแต่ละรอบ(Replication)

CV = 0.05 PC = 40%

Replication #	Unlimit	LIM10P1	LIM10P2	LIM20P1	LIM20P2	LIM20P3
1	31.989	32.002	31.999	31.994	32.011	31.989
2	32.004	32.003	31.999	31.992	31.989	32.000
3	32.011	31.999	31.990	32.009	32.002	32.001
4	32.003	31.996	32.004	31.987	31.994	31.997
5	32.006	31.984	31.994	31.991	31.996	31.990
6	32.006	32.020	32.000	32.004	32.010	32.006
7	32.008	32.012	32.008	32.016	31.997	31.980
8	32.000	31.994	31.999	31.998	31.993	32.013
9	32.002	31.986	32.004	31.999	31.990	31.991
10	32.016	32.003	31.997	31.979	31.989	32.013
11	31.994	32.006	32.001	31.992	32.002	32.011
12	32.000	32.012	32.002	32.001	32.003	32.010
13	32.011	31.997	32.006	31.999	32.002	31.992
14	32.006	32.004	32.000	31.986	31.994	32.009
15	31.997	31.997	32.003	32.002	31.989	31.989
16	32.008	32.002	31.997	32.021	31.992	31.991
17	31.991	31.999	31.998	31.999	32.003	32.000
18	31.996	32.010	32.014	32.018	32.011	32.000
19	32.000	31.987	31.994	32.011	32.000	32.001
20	32.017	31.993	32.019	31.992	32.002	31.999
21	32.003	32.003	31.996	32.007	31.993	32.020
22	32.007	32.007	32.016	32.003	32.003	31.981
23	31.993	32.007	32.000	32.008	32.010	32.006
24	32.000	31.991	32.008	31.996	32.020	32.003
25	31.999	31.998	32.007	32.000	32.000	31.997
Average	32.003	32.000	32.002	32.000	32.000	32.000
SD	0.007	0.009	0.007	0.010	0.008	0.010

อัตราผลผลิตเฉลี่ยจากการจำลองสถานการณ์ในแต่ละรอบ(Replication)

CV = 0.50 PC = 0%

Replication #	Unlimit	LIM10P1	LIM10P2	LIM20P1	LIM20P2	LIM20P3
1	27.271	24.521	20.820	26.683	25.176	20.733
2	27.353	24.489	20.777	26.707	25.277	20.861
3	27.264	24.626	20.850	26.605	25.450	20.850
4	27.254	24.554	20.819	26.586	25.253	20.782
5	27.312	24.560	20.790	26.645	25.220	20.891
6	27.325	24.555	20.758	26.761	25.267	20.857
7	27.377	24.416	20.752	26.671	25.309	20.819
8	27.244	24.557	20.739	26.636	25.302	20.852
9	27.241	24.476	20.791	26.656	25.282	20.787
10	27.283	24.513	20.811	26.585	25.221	20.747
11	27.342	24.573	20.719	26.694	25.279	20.822
12	27.349	24.522	20.842	26.576	25.211	20.847
13	27.240	24.552	20.818	26.646	25.350	20.827
14	27.316	24.489	20.684	26.738	25.291	20.784
15	27.331	24.608	20.828	26.649	25.274	20.863
16	27.211	24.533	20.724	26.560	25.272	20.795
17	27.312	24.562	20.765	26.497	25.315	20.802
18	27.314	24.580	20.906	26.667	25.265	20.801
19	27.274	24.557	20.808	26.615	25.306	20.859
20	27.274	24.554	20.772	26.648	25.264	20.796
21	27.333	24.547	20.821	26.622	25.250	20.795
22	27.363	24.501	20.771	26.634	25.305	20.717
23	27.306	24.536	20.832	26.750	25.304	20.870
24	27.305	24.548	20.841	26.572	25.289	20.822
25	27.250	24.506	20.881	26.646	25.270	20.735
Average	27.298	24.537	20.797	26.642	25.280	20.813
SD	0.044	0.044	0.052	0.062	0.051	0.047

อัตราผลิตเฉลี่ยจากการจำลองสถานการณ์ในแต่ละรอบ(Replication)

CV = 0.50 PC = 20%

Replication #	Unlimit	LIM10P1	LIM10P2	LIM20P1	LIM20P2	LIM20P3
1	31.257	28.248	24.816	30.401	30.052	24.928
2	31.240	28.109	24.969	30.506	29.977	24.952
3	31.210	28.190	24.923	30.304	29.984	25.067
4	31.163	28.200	24.979	30.319	30.090	24.902
5	31.214	28.289	24.940	30.324	30.009	24.937
6	31.240	28.170	24.959	30.321	30.034	25.023
7	31.220	28.266	24.866	30.440	29.939	24.993
8	31.211	28.085	24.937	30.403	29.984	24.876
9	31.295	28.249	24.941	30.299	30.031	24.954
10	31.281	28.213	24.876	30.346	29.987	25.034
11	31.273	28.219	24.979	30.274	30.018	24.941
12	31.260	28.123	24.861	30.402	30.078	24.961
13	31.140	28.269	24.908	30.357	30.006	24.950
14	31.282	28.198	24.964	30.230	29.996	24.952
15	31.244	28.225	24.898	30.349	30.083	24.961
16	31.198	28.246	24.918	30.241	30.074	24.930
17	31.259	28.213	24.929	30.322	30.115	24.981
18	31.276	28.182	24.950	30.406	30.007	24.972
19	31.266	28.162	24.866	30.351	29.961	24.999
20	31.251	28.300	24.835	30.387	30.033	25.063
21	31.329	28.223	24.877	30.321	30.120	25.042
22	31.235	28.274	24.935	30.398	30.036	25.022
23	31.301	28.144	24.912	30.381	29.968	25.081
24	31.356	28.225	24.876	30.448	30.080	24.943
25	31.277	28.292	24.895	30.303	30.001	24.976
Average	31.251	28.213	24.912	30.353	30.027	24.978
SD	0.048	0.058	0.045	0.065	0.049	0.053

อัตราผลิตเฉลี่ยจากการจำลองสถานการณ์ในแต่ละรอบ(Replication)

CV = 0.50 PC = 40%

Replication #	Unlimit	LIM10P1	LIM10P2	LIM20P1	LIM20P2	LIM20P3
1	31.862	30.393	28.958	31.578	31.887	29.040
2	32.182	30.311	28.811	31.603	32.051	29.085
3	32.124	30.334	28.946	31.507	31.978	29.087
4	31.951	30.410	28.886	31.458	31.870	29.141
5	31.927	30.236	28.882	31.727	32.057	28.978
6	31.915	30.459	28.882	31.584	31.959	29.108
7	31.973	30.322	28.905	31.548	32.057	29.053
8	32.029	30.381	28.865	31.563	31.850	28.997
9	32.065	30.397	28.820	31.651	31.959	29.081
10	31.997	30.277	28.929	31.587	31.896	28.994
11	32.082	30.362	28.927	31.714	32.013	29.075
12	31.990	30.476	28.950	31.657	31.821	29.123
13	32.023	30.522	28.821	31.534	32.027	29.155
14	31.949	30.367	28.890	31.661	31.866	29.115
15	31.926	30.427	28.837	31.684	31.930	28.997
16	31.822	30.309	28.987	31.698	31.805	29.073
17	31.889	30.281	28.899	31.603	31.886	29.135
18	31.967	30.366	28.826	31.677	31.960	29.107
19	31.918	30.453	28.788	31.598	32.163	29.102
20	32.061	30.233	28.938	31.574	31.802	29.013
21	31.996	30.487	28.846	31.570	31.993	28.987
22	32.243	30.441	28.921	31.608	31.710	29.101
23	31.896	30.428	28.841	31.527	32.003	29.081
24	32.163	30.448	28.861	31.752	31.788	29.074
25	32.030	30.366	28.875	31.604	31.966	28.945
Average	31.999	30.379	28.884	31.611	31.932	29.066
SD	0.103	0.078	0.052	0.073	0.105	0.057

ประวัตินักวิจัย

ดร.สุนิตยา เดือนนาคี ปัจจุบันดำรงตำแหน่งอาจารย์ประจำสำนักวิชาเทคโนโลยีการจัดการ สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เกิดเมื่อวันที่ 17 มิถุนายน พ.ศ. 2515 ที่จังหวัดขอนแก่น จบการศึกษาปริญญาตรีทางการบัญชีจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2535 และจบระดับปริญญาโททางด้านบริหารธุรกิจจาก Virginia Tech University ประเทศสหรัฐอเมริกา เมื่อ พ.ศ. 2538 และระดับปริญญาเอกทางด้านบริหารธุรกิจจาก The University of Georgia ประเทศสหรัฐอเมริกา เมื่อ พ.ศ. 2543

หลังจากจบการศึกษาได้เข้าทำงานเป็นอาจารย์ ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ผ่านมามีประสบการณ์ในการสอนทั้งระดับปริญญาตรีและโทในวิชาด้านการจัดการการดำเนินงาน การบัญชี และการตลาด ผลงานการวิจัยขณะทำงานที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีประกอบด้วย การพัฒนาการจัดการและกำจัดการขยะสำหรับชุมชน มทส. และ อบต. โคยรอบ และการศึกษาศักยภาพและแนวโน้มการจัดการการค้าปลีกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นอกจากนี้ได้เขียนเอกสารประกอบการสอนรายวิชาสถิติพื้นฐานสำหรับนักศึกษาปริญญาโท รายวิชาองค์การและการจัดการบางส่วน รวมถึงรายวิชาการจัดการโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร

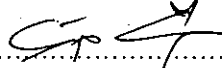
แบบแจ้งผลการพิจารณาร่างรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์
(โปรดส่งคืนสถาบันวิจัยและพัฒนาภายใน 6 มีนาคม 2549 ด้วย จักรขอบคุณยิ่ง)

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

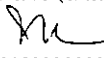
ข้าพเจ้าได้พิจารณาสาระทางวิชาการของร่างรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่อง "การศึกษาระบบ CONWIP ในสายการผลิตแบบอนุกรมที่มีคอขวดโดยใช้การจำลองสถานการณ์" เป็นที่เรียบร้อยแล้ว และขอแจ้งผลการพิจารณา พร้อมทั้งแนบเอกสาร ดังนี้

1. ร่างรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ จำนวน 1 ชุด (โปรดส่งคืนสถาบันฯ ด้วยจักรขอบคุณยิ่ง)
2. ผลการพิจารณาร่างรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ จำนวน 1.. หน้า (เพื่อป้องกันข้อผิดพลาดในการคัดลอกข้อความ ขอความกรุณาพิมพ์ข้อความแทนการเขียนด้วยลายมือด้วย จักรขอบคุณยิ่ง)
3. อื่น ๆ (ระบุ)

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ลงนาม.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุทัศนีย์ เรืองสุวรรณ)
วันที่ ...๕... กุมภาพันธ์/มีนาคม 2549

สำหรับเจ้าหน้าที่สถาบันวิจัยและพัฒนา

1) เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา เพื่อโปรดพิจารณาอนุมัติให้ฝ่ายธุรการ ดำเนินการเบิกจ่ายค่าตอบแทนให้แก่ผู้ทรงคุณวุฒิในการพิจารณาร่างรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ เป็นเงิน 1,000 บาท (หนึ่งพันบาทถ้วน) พร้อมค่าธรรมเนียมในการจัดส่งเงินดังกล่าว (ถ้ามี)  (นางพรประภา ช้อนสุข) เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป ฝ่ายประสานงานการวิจัย 14, มี.ค., 49	2) อนุมัติ (รองศาสตราจารย์ น.ท. ดร.สุราวุฒิ สุจิตจร) ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา / /
---	---

ก้อง หนง.
14 มี 49

Addresses: Suranaree Univ Technol, inst Agr Technol, Sch Food Technol, Nakhon Ratchasima 30000, Thailand.

Oregon State Univ, Seafood Lab, Astoria, OR 97103 USA.

Reprint Address: Yongsawatdigul, J, Suranaree Univ Technol, Inst Agr Technol, Sch Food Technol, Nakhon Ratchasima 30000, Thailand

Cited Reference Count: 39

Times Cited: 0

Publisher: ELSEVIER SCILTD

Publisher Address: THE BOULEVARD, LANGFORD LANE, KIDLINGTON, OXFORD OX5 1 GB, OXON, ENGLAND

ISSN: 0308-8146

29-char Source Abbrev: FOOD CHEM

ISO Source Abbrev: Food Chem.

Source Item Page Count: 8

ISI Document Delivery No.: 733UX

จากตัวอย่างผลการสืบค้นข้างต้น จะได้ข้อมูลสำคัญต่อไปนี้

1.1 ผู้เขียน (Author (s)) เรียงตามลำดับผู้เขียน มีตั้งแต่หนึ่งคน สองคน ตามลำดับไปจนถึงสูงสุด 10 คน

1.2 ชื่อบทความ (Title)

1.3 แหล่งอ้างอิง (Source) ได้แก่ ชื่อวารสาร หรือเอกสารที่อ้างอิง และรายการทางบรรณานุกรมที่เกี่ยวข้อง

1.4 ประเภทของเอกสาร (Document Type) เช่น article, Meeting Abstract

1.5 บทคัดย่อ (Abstract) บทคัดย่อผลงานวิจัย กรณีเอกสารนั้นเป็น Meeting Abstract จะไม่

ปรากฏในผลการสืบค้น

1.6 ที่อยู่ของผู้เขียน (Addresses)

1.7 ที่อยู่ของผู้ Reprint (Reprint Address) เฉพาะกรณีมีการ Reprint

1.8 จำนวนบทความที่ถูกอ้าง (Cited Reference Count)

1.9 จำนวนครั้งที่ถูกอ้าง (Times cited) เป็นจำนวนครั้งที่บทความถูกนำไปอ้างอิง โดยนับทั้งอ้างอิงตัวเอง (self citation) และการถูกคนอื่นอ้าง (cross citation)

1.10 อื่น ๆ ตามที่ปรากฏในตัวอย่าง

ผลการพิจารณาร่างรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์
เรื่อง การศึกษาระบบ CONWIP
ในสายการผลิตแบบอนุกรมที่มีคอขวดโดยใช้การจำลองสถานการณ์

ข้าพเจ้าได้พิจารณาร่างรายงานการวิจัยฉบับดังกล่าวแล้ว เห็นว่างานวิจัยนี้มีการดำเนินการวิจัยถูกต้องตามหลักวิชาการแล้ว แต่ยังมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเพื่อให้รายงานสมบูรณ์ยิ่งขึ้นดังนี้

1. ในบทที่ 4 การวิเคราะห์ผลและการอภิปรายผล ในตารางที่ 4.4 4.6 4.8 4.10 ซึ่งเป็นผลการเปรียบเทียบเชิงซ้อน นั้นการแสดงผล ถ้าใช้เครื่องหมาย * โดยทั่วไปจะหมายถึง ผลที่ได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (significant) ดังนั้นเห็นว่าน่าจะเปลี่ยนรูปแบบการนำเสนอผลใหม่ ซึ่งโดยทั่วไปมักจะใช้ การขีดเส้นใต้ค่าที่ไม่แตกต่างกัน
2. มีความผิดพลาดในเรื่องของการพิมพ์ ในตารางที่ 4.8 และ 4.10 ในคอลัมน์ขนาดบัฟเฟอร์ทั้งหมด
3. ควรจะมีการอภิปรายผลเพิ่มเติม เปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่น ๆ ที่ได้ review ไว้ในบทที่ 2

2. จากข้อมูลผลการสืบค้นข้างต้น ใช้ชื่อผู้วิจัยของ มทส ตามรายชื่อที่มีอยู่ในฐานข้อมูลของสถาบันวิจัยและพัฒนา แล้วคัดลอกรายการ cited และ timed จัดเก็บไว้ในแผ่น diskette เพื่อการรื้อวิเคราะห์ต่อไป

3. รวบรวมข้อมูลจำนวนผลงานวิจัยที่แล้วเสร็จ จำนวนคณาจารย์ที่ทำวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (มทส) จากฐานข้อมูลของสถาบันวิจัยและพัฒนา และจำนวนคณาจารย์ที่ปฏิบัติงานจริงของ มทส ณ ปี 2540-2546 จากส่วนการเจ้าหน้าที่ มทส

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. จำนวนบทความ จำนวนผู้เขียนบทความ

1.1 จำนวนบทความ จากการสืบค้นข้อมูลการตีพิมพ์บทความในวารสารนานาชาติที่อยู่ในฐาน Science Citation Index (SCI) ของคณาจารย์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีระหว่าง พ. ศ. 2540-2546 พบว่ามีจำนวนรวม 127 รายการ

เกือบทั้งหมดเป็นบทความ (Article) ร้อยละ 95.27 เป็น Meeting Abstract ร้อยละ 3.15 เป็น Letter และ Review อย่างละร้อยละ 0.79 ดังที่แสดงในตารางที่ 1 และ 2

↑ ซึ่งค่านี้ให้ทั้งหมด 9 หมายถึง รวมบทความ

ตารางที่ 1 จำนวนบทความที่ตีพิมพ์ในวารสารนานาชาติที่อยู่ในฐานข้อมูล SCI ระหว่าง พ. ศ. 2540-2546

พ.ศ.	จำนวนบทความ	ร้อยละ
2540	9	7.09
2541	11	8.66
2542	10	7.87
2543	12	9.45
2544	22	17.32
2545	28	22.05
2546	35	27.56
รวม	127	100.00



ลับ

บันทึกข้อความ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หน่วยงาน สถานวิจัย สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม โทรศัพท์ 4207 โทรสาร 4205

ที่ ศธ 5612(6)/ 149

วันที่ 22 ธันวาคม 2548

เรื่อง ขอส่งร่างรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ และเสนอชื่อผู้ทรงคุณวุฒิเพื่ออ่านร่างรายงานการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา (ผ่านคณบดีสำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม)

ด้วย อาจารย์ ดร. สุนิตยา เตื่อนนาคี หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง “การศึกษาระบบ CONWIP ในสายการผลิตแบบอนุกรมที่มีคอขวดโดยใช้การจำลองสถานการณ์” ได้นำส่งร่างรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์มายังสถานวิจัย จำนวน 1 ฉบับ ดังที่แนบมาพร้อมนี้แล้ว

ในการนี้ สถานวิจัย สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม ขอส่งร่างรายงานการวิจัยฯ มายังสถาบันวิจัยและพัฒนา และขอเสนอชื่อผู้ทรงคุณวุฒิเพื่อพิจารณาร่างรายงานการวิจัย จำนวน 2 ท่าน ดังนี้

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทธิมา ชำนาญเวช ๐๑-๒ 18 5740
ภาควิชาพาณิชยศาสตร์ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาคารไชยยศสมบัติ 3 ชั้น 1 ห้อง 102
โทร. 0-2218-5763-4 โทรสาร 0-2218-5765
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุกัญญา เรืองสุวรรณ
ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
123 ถนนมิตรภาพ อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40002
โทรศัพท์/โทรสาร 0-4320-2375

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาดำเนินการประสานงานกับผู้ทรงคุณวุฒิเพื่ออ่านร่างรายงานการวิจัยต่อไปด้วย จักขอขอบคุณยิ่ง

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อัญชลี วรรณรักษ์)
หัวหน้าสถานวิจัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. ประภาวดี สืบสนธิ์)
คณบดีสำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม

① เป็น คณบดีสำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม

28 ธ.ค. 48

② วิชาเทคโนโลยีสังคม
30 ธ.ค. 48.

③ ④ ⑤ 30 ธ.ค. 48

ลับ

ลับ

ศธ 5621/90



สถาบันวิจัยและพัฒนา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

111 ถ. มหาวิทยาลัย ต. สุรนารี

อ. เมือง จ. นครราชสีมา 30000

6 กุมภาพันธ์ 2549

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจร่างรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ (Reader)

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุกัญญา เรืองสุวรรณ

สิ่งที่ส่งมาด้วย 1. แบบตอบรับเป็นผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจรายงานการวิจัย จำนวน 1 หน้า
2. แบบแจ้งผลการพิจารณาร่างรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ จำนวน 1 หน้า
3. แบบเสนอโครงการวิจัย จำนวน 1 ชุด
4. ร่างรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ จำนวน 1 ชุด

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในฐานะหน่วยงานกลางที่ทำหน้าที่บริหารจัดการเกี่ยวกับงานวิจัยของคณาจารย์ในมหาวิทยาลัย พิจารณาเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ ความสามารถและประสบการณ์ในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัยเรื่อง "การศึกษาระบบ CONWIP ในสายการผลิตแบบอนุกรมที่มีคอขวดโดยใช้การจำลองสถานการณ์" เป็นอย่างดี (โดย อาจารย์ ดร. สุนิตยา เกื้อนนาคี สังกัดสำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม เป็นหัวหน้าโครงการ) จึงขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจรายงานการวิจัยและให้ข้อเสนอแนะต่างๆ (Reader) ทั้งนี้มหาวิทยาลัยกำหนดอัตราค่าตอบแทนในการพิจารณารายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่องละ 1,000 บาท (หนึ่งพันบาทถ้วน)

ในการนี้ จึงขอความอนุเคราะห์จากท่าน ดังนี้

1. โปรดส่งแบบตอบรับเป็นผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจรายงานการวิจัยให้สถาบันฯ ภายในวันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2549
2. โปรดแจ้งผลการพิจารณาโครงการวิจัยดังกล่าวข้างต้น พร้อมส่งเอกสารคืนให้สถาบันฯ ภายในวันที่ 6 มีนาคม 2549

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและขอขอบคุณที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์มา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ น.ท. ดร.สรารุณี สุจิตจร)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

ฝ่ายประสานงานการวิจัย

โทรศัพท์ (044) 224753

โทรสาร (044) 224750

E-mail : kitkosol@ccs.sut.ac.th

ลับ

111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000 โทรศัพท์ (044) 223000 โทรสาร (044) 224070

SURANAREE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

111 UNIVERSITY AVENUE, SUB DISTRICT SURANAREE, MUANG DISTRICT, NAKHON RATCHASIMA 30000, THAILAND Tel. (044) 223000 Fax. (044) 224070



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สถาบันวิจัยและพัฒนา
วันที่ 1516/47
วันที่ 28 ต.ค. 2547
เวลา 16.30 น.

หน่วยงาน สถานวิจัย สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม โทรศัพท์ 4207 โทรสาร 4205
ที่ ศธ 5612(6)/128 วันที่ 27 ตุลาคม 2547
เรื่อง ขออนุมัติการขยายเวลาในการดำเนินการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา (ผ่านคณบดีสำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม)

ดิฉันได้รับทุนสนับสนุนการทำวิจัยจากมหาวิทยาลัยประเภทการสนับสนุนการสร้างและพัฒนานักวิจัยรุ่นใหม่ประจำปี พ.ศ. 2546 ในการดำเนินการวิจัยเรื่อง “การศึกษาาระบบ CONWIP ในสายการผลิตแบบอนุกรมที่มีคอขวดโดยใช้การจำลองสถานการณ์” โดยตามกำหนดเดิมจะต้องส่งรายงานการวิจัยในวันที่ 30 มกราคม 2547 และ ดิฉันได้ขออนุมัติขยายเวลาการทำวิจัยตามหนังสือที่ ศธ 5612(6)/9 เมื่อวันที่ 22 มกราคม 2547 เพื่อขอเลื่อนการส่งรายงานการวิจัยออกไปจนถึง 31 กรกฎาคม 2547

แต่เนื่องจากดิฉันยังไม่สามารถจะส่งรายงานการวิจัยได้ ซึ่งขณะนี้ยังอยู่ในระหว่างการ run Program เพื่อเก็บข้อมูล ซึ่งการที่ดิฉันไม่สามารถ run โปรแกรมได้เสร็จทันเวลาเพราะมีข้อผิดพลาดในโปรแกรมซึ่งทำให้ต้องใช้เวลาในการแก้ไขและต้อง run โปรแกรมใหม่อีกครั้ง ซึ่งดิฉันต้องขอภัยในความล่าช้านี้ด้วย

ดิฉันจึงใคร่ขออนุมัติขยายเวลาในการดำเนินการวิจัยจากวันที่ 31 กรกฎาคม 2547 ออกไปจนถึงวันที่ 31 กรกฎาคม 2548 เป็นระยะเวลาทั้งหมด 1 ปี ทั้งนี้ดิฉันได้แนบรายงานความก้าวหน้าของโครงการวิจัยและเป้าหมายการดำเนินการของกิจกรรมที่เหลื่อมมาพร้อมกับจดหมายนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

อนุมัติ

② 15 ต.ค. 2547
เพื่อโปรดพิจารณา

(อาจารย์ ดร. สุนิตยา เกื่อนนาดี)
หัวหน้าโครงการ

(ผศ. ดร. สิทธิชัย แสงอาทิตย์)
ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา
10 พ.ย. 2547

(ผศ. ดร. อัญชลี วรรณรักษ์)

รักษาการแทนหัวหน้าสถานวิจัยสำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม

(ผศ. ดร. สิทธิชัย แสงอาทิตย์)
ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา
28 ต.ค. 2547

③ 18 ต.ค. 2547
สำหรับเอกสารแนบ
วันที่ 7/10/47 10.30 น. 27/10/47
ส่งเอกสารตามหมาย
หมาย
10 พ.ย. 47

(ผศ. ดร. ชัยกมล ดอนงวาท)
ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

thermal diffusivity of $\text{Bi}_{1.6}\text{Pb}_{0.4}\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_8$ at different sintering time are tabulated in Table 1.

microstructure may not be the same since they are different samples

Sintering time for $\text{Bi}_{1.6}\text{Pb}_{0.4}\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_8$	Thickness, ℓ (cm)	Characteristic rise time, $t_c = \ell^2 / \alpha \pi^2$	τ / t_c	Corrected thermal diffusivity, $\alpha_{\text{corrected}} \times 10^{-2} \text{ (cm}^2/\text{s)}$
24 hours	0.202	0.71	0.007	0.58 ± 0.01
48 hours	0.167	0.48	0.010	0.59 ± 0.01
100 hours	0.171	0.48	0.010	0.61 ± 0.01

error due to distance, temperature

Table 1: Characteristic rise time and the corrected value of thermal diffusivity

for $\text{Bi}_{1.6}\text{Pb}_{0.4}\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_8$ at different sintering time (24, 48 and 100 hours)

and other parameters is $> 3.4\%$

$\Rightarrow$ Too simple and not clear $\Rightarrow$

In a conclusion the effect of sintering time on $\text{Bi}_{1.6}\text{Pb}_{0.4}\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_8$ samples was slightly affected the thermal diffusivity value. The thermal diffusivity value shows a 3.4% increased with the increasing sintering time from 48 to 100 hours. This result is supported by the T_c value as shown in Table 2, where the $T_{c(R=0)}$ shows a small variation for sintering time 48 hours to 100 hours. This may due to the increasing of carrier concentration in the sample sintered for 100 hours (Dhami et. al., 2000).

Sintering Time for $\text{Bi}_{1.6}\text{Pb}_{0.4}\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_8$	$T_{c(R=0)} \text{ (K)}$
24 hours	102
48 hours	102
100 hours	103

not clear on how to get it

The expt. carried out at room temp so what is this data for?

Table 2: Data of $T_{c(R=0)}$ (K) for samples sintering at 24, 48 and 100 hours.

does not support your claim.

Figure 4(a), 4(b) and 4(c) shows the SEM micrograph for $\text{Bi}_{1.6}\text{Pb}_{0.4}\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_8$ samples sintered at 24, 48 and 100 hours. Obviously, when the sintering time increase,

บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แบบฟอร์ม IRD-B-01
สถาบันวิจัยและพัฒนา
วันที่..... 179/46.....
วันที่..... 23.11.2546.....
เวลา..... 15.00 น.....

หน่วยงาน สวทช. โทร. 4518, 4507
School /Institute
ที่ ทม ๒๓๒(๖)๐๑๒ วันที่ 3 พ.ย. 2546
เรื่อง ขออนุมัติเบิกเงินอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2546 งวดที่ 1
Subject : Request the payment of research allocation for fiscal year..... (Installment no.

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา
To : Director of Institute of research and development

ตามที่ข้าพเจ้า ว.ดร. สุจิตตา ใญ่อนันต์ สังกัด สำนักวิชา
As I, a member of Institute of

ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัย ประจำปี
was allocated university research funding for fiscal
งบประมาณ พ.ศ. 2546 เพื่อใช้จ่ายในโครงการวิจัยเรื่อง MRCT-PCP 20MBP ในสาย
year for the expenditures of project (name)

MRCT-PCP 20MBP ในสาย

เป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น 50,000 บาท นั้น
for the amount of baht,

ข้าพเจ้าขออนุมัติเบิกเงินอุดหนุนการวิจัยเพื่อดำเนินงานวิจัยโครงการ ดังกล่าว ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2546
I request the payment of research allocation monies for the Installment no.

เป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น 50,000 บาท
for the amount of baht

ตามประมาณการรายจ่าย ดังนี้
as the following expense estimates:

1. ค่าจ้างชั่วคราว ประกอบด้วย
Temporary Wages Consisting of :

ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัยคุณวุฒิ.....อัตราเดือนละ.....บาท
Research assistant Wages (degree) amount per month.

ระยะเวลา.....เดือน จำนวน.....คน เป็นเงิน.....บาท
for duration of months No. of employees total amount per month

ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัยคุณวุฒิ.....อัตราเดือนละ.....บาท
Research assistant Wages (degree) amount per month.

ระยะเวลา.....เดือน จำนวน.....คน เป็นเงิน.....บาท
for duration of months No. of employees total amount per month

ค่าจ้างคนงานรายเดือน อัตราเดือนละ.....บาท
Monthly employee at per month

ระยะเวลา.....เดือน จำนวน.....คน เป็นเงิน.....บาท
for duration of months No. of employees total amount baht

ค่าจ้างคนงานรายวัน อัตราวันละ.....บาท
Daily employee at... per day

ระยะเวลา.....วัน จำนวน.....คน เป็นเงิน.....บาท
for duration of days No. of employees total amount baht

รวม.....บาท
Totaling baht

2. ค่าตอบแทนใช้สอยและวัสดุ ประกอบด้วย
Compensation, service contracting and nonrenewable materials expenses

CD-ROMเป็นเงิน 5,000 บาท
.....total amountbaht

.....เป็นเงินบาท
.....total amountbaht

.....เป็นเงินบาท
.....total amountbaht

3. ค่าคอมพิวเตอร์โปรแกรม AWESEMเป็นเงิน 45,000 บาท
.....total amountbaht

.....เป็นเงินบาท
.....total amountbaht

.....เป็นเงินบาท
.....total amountbaht

.....เป็นเงินบาท
.....total amountbaht

.....เป็นเงินบาท
.....total amountbaht

.....เป็นเงินบาท
.....total amountbaht

รวม 50,000 บาท
Totalingbaht

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุมัติ
Your approval is hereby requested.

(อ.ดร. สุจิตต์ เกษมเดช)
หัวหน้าโครงการวิจัย
Head of project

(อ.ดร. ทวีพร เทพรัตนศักดิ์)
หัวหน้าสถานวิจัย
Head of research Department
- ๗ ก.ย. ๒๕๔๖

(อ.ดร. ทวีพร เทพรัตนศักดิ์)
คณบดี
Dean
- ๑๓ ก.ย. ๒๕๔๖

(2) เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา ☐ คณะอนุกรรมการฯ ได้รับรองรายงานความก้าวหน้าและรายงานการใช้จ่ายเงินฯ งวดที่.....แล้ว ☒ เพื่อโปรดพิจารณาอนุมัติค่าใช้จ่ายงวดที่ <u>1</u> / 2546 ในวงเงิน <u>50,000</u> บาท (.....) ☐ ไม่ถูกต้องเนื่องจาก..... (นางสุวิมล มะสันเทียะ) เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป สถาบันวิจัยและพัฒนา 7 4 ก.พ. 2546	(3) ☒ อนุมัติให้เบิกเงินอุดหนุนการวิจัยตามรายการและเงื่อนไขข้างต้นได้ ☐ โปรดแก้ไขตามข้อ (2) และ..... (ศาสตราจารย์ ดร. นันทกร บุญเกิด) ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา 4 ก.พ. 2546
(4.1) ☒ เรียน หัวหน้าส่วนการเงินและบัญชี เพื่อโปรดดำเนินการโอนเงินอุดหนุนการวิจัยจำนวน <u>50,000</u> บาท (.....) (.....) เข้าบัญชีเงินฝากออมทรัพย์ธนาคารไทยพาณิชย์สาขาย่อย มทส. ชื่อบัญชี <u>อ.ทส. ใต้ถุนเกษตรพัฒนา ๕๐๗๗๗</u> ใ้เงิน..... เลขที่บัญชี <u>๖๐๖-๒-1๙๖๖๔-๒</u> ด้วย จักขอขอบคุณยิ่ง (ศาสตราจารย์ ดร. นันทกร บุญเกิด) ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา 4 ก.พ. 2546	(4.2) ☒ เรียน หัวหน้าโครงการวิจัย สวพ. ขอส่งสำเนาบันทึกขออนุมัติเงินอุดหนุนการวิจัยเพื่อเก็บไว้เป็นหลักฐาน สำหรับบันทึกขออนุมัติฉบับจริง ได้ส่งให้ส่วนการเงินและบัญชีเก็บไว้เป็นหลักฐานเพื่อใช้ในการดำเนินการโอนเงินเข้าบัญชีโครงการวิจัยแล้ว เพื่อโปรดทราบและดำเนินการต่อไป (นางสาวดารณี จำแวง) เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป สถาบันวิจัยและพัฒนา 4 ก.พ. 2546



ต้นฉบับ

สัญญารับเงินอุดหนุนการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สัญญานี้ทำขึ้น ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เลขที่ 111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา เมื่อวันที่ 31 เดือนมกราคม พ.ศ. 2546 ระหว่าง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดย ศาสตราจารย์ ดร. นันทกร บุญเกิด ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา ซึ่งได้รับมอบอำนาจจากอธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีตามคำสั่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ 1 / 2542 ลงวันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2542 และ ที่ 633 / 2540 ลงวันที่ 10 ตุลาคม 2540 ซึ่งต่อไปในสัญญานี้เรียกว่า “ผู้ให้ทุน” ฝ่ายหนึ่ง กับ อาจารย์ ดร. สุนิตยา เกื้อนนาคี สังกัดสำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เลขที่ 111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งต่อไปในสัญญานี้เรียกว่า “ผู้รับทุน” อีกฝ่ายหนึ่ง

คู่สัญญาได้ตกลงกันมีข้อความดังต่อไปนี้

ข้อ 1. ผู้ให้ทุนตกลงให้ทุนอุดหนุนโครงการวิจัย เรื่อง “การศึกษาระบบ CONWIP ในสายการผลิตแบบอนุกรมที่มีคอขวดโดยใช้การจำลองสถานการณ์” ตามเอกสารหมายเลข 3 ตั้งแต่วันที่ 31 เดือนมกราคม พ.ศ. 2546 ถึง วันที่ 30 เดือนมกราคม พ.ศ. 2547 เป็นจำนวนเงิน 50,000 บาท (ห้าหมื่นบาทถ้วน) โดย ผู้ให้ทุนจะจ่ายให้แก่ ผู้รับทุน เป็นเงิน 5,000 บาท (ห้าพันบาทถ้วน) ภายใน 2 สัปดาห์ นับแต่วันลงนามในสัญญา และจะจ่ายให้เป็นเงิน 45,000 บาท (สี่หมื่นห้าพันบาทถ้วน) ภายใน 2 สัปดาห์ นับแต่วันที่ ผู้รับทุน ได้รับอนุมัติจาก ผู้ให้ทุน เพื่อใช้ในการจัดซื้อครุภัณฑ์

ข้อ 2. เอกสารอันเป็นส่วนหนึ่งของสัญญา ได้แก่

- (1) คำสั่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ 1 / 2542 ลงวันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2542
- (2) คำสั่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ 633 / 2540 ลงวันที่ 10 ตุลาคม 2540
- (3) โครงการวิจัยเรื่อง “การศึกษาระบบ CONWIP ในสายการผลิตแบบอนุกรมที่มีคอขวดโดยใช้การจำลองสถานการณ์”

- (4) ระเบียบมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีว่าด้วยเงินอุดหนุนการวิจัย พ.ศ. 2539
- (5) หลักเกณฑ์การใช้จ่ายเงินอุดหนุนการวิจัย
- (6) หมายเลขบัญชีเงินฝากออมทรัพย์ ชื่อบัญชีโครงการวิจัย ธนาคารไทยพาณิชย์ (มหาชน) จำกัด สาขาออมมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี พร้อมรายชื่อผู้มีอำนาจสั่งจ่ายเงิน และสำเนาหน้าแรกของสมุดบัญชีดังกล่าว

ข้อ 3. **ผู้รับทุน**จะดำเนินการตามวัตถุประสงค์และรายละเอียดของโครงการวิจัยที่กำหนดไว้ให้ครบถ้วนสมบูรณ์ ตามเอกสารหมายเลข 3 หากเกิดอุปสรรคไม่สามารถดำเนินการได้ด้วยประการใดก็ตาม**ผู้รับทุน**จะรีบรายงานให้ผู้ให้ทุนทราบทันทีเพื่อพิจารณาหาทางแก้ไขหรือดำเนินการตามที่เห็นสมควรต่อไป

ข้อ 4. รายชื่อหัวหน้าโครงการ ผู้ร่วมทำการวิจัย และรายละเอียดของโครงการตามที่ปรากฏแนบท้ายสัญญา **ผู้รับทุน**จะเปลี่ยนแปลงไม่ได้นอกจากจะได้รับคามยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจาก**ผู้ให้ทุน**ก่อน

ข้อ 5. **ผู้รับทุน**จะปฏิบัติตามระเบียบมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ว่าด้วย เงินอุดหนุนการวิจัย พ.ศ. 2539 รวมทั้งหลักเกณฑ์และวิธีปฏิบัติในการขอรับเงินอุดหนุนการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ซึ่งกำหนดขึ้นใช้ในขณะนี้และจะกำหนดขึ้นใช้ในภายหน้า

ทั้งนี้ โดยถือว่าระเบียบรวมทั้งหลักเกณฑ์และวิธีปฏิบัติข้างต้นนั้น เป็นส่วนหนึ่งของสัญญา

ข้อ 6. **ผู้รับทุน**จะควบคุมการใช้จ่ายเงินให้เป็นไปอย่างประหยัดและจัดเตรียมหลักฐานบัญชีการจ่ายเงินเพื่อให้**ผู้ให้ทุน**ตรวจสอบได้ทุกโอกาส

ข้อ 7. **ผู้รับทุน**ยินยอมให้ **ผู้ให้ทุน** หรือผู้ที่ให้ทุนมอบหมายเข้าไปในสถานที่ทำงานของ**ผู้รับทุน** หรือสถานที่ที่**ผู้รับทุน**ทำการวิจัยอยู่ เพื่อประโยชน์ในการติดตามและประเมินโครงการได้

ข้อ 8. **ผู้รับทุน**จะนำส่งผลงานดังนี้

- (1) รายงานความก้าวหน้าของการวิจัย
- (2) รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์พร้อมรายงานการใช้จ่ายเงิน เดือนมกราคม พ.ศ. 2547
- (3) เอกสารสรุปผลงานวิจัย ในรูปแบบและภาษาที่เหมาะสมสำหรับการประชาสัมพันธ์ เผยแพร่ต่อประชาชนทั่วไป โดยส่งพร้อมกับรายงานฉบับสมบูรณ์และตามที่**ผู้ให้ทุน** กำหนดเป็นคราว ๆ ไป
- (4) การเสนอผลงานด้วยวาจา(Oral Presentation) ตามที่**ผู้ให้ทุน**กำหนดเป็นคราว ๆ ไป

ข้อ 9. กรรมสิทธิ์ในผลงานวิจัย เป็นกรรมสิทธิ์ของ**ผู้ให้ทุน**(เว้นแต่จะมีการตกลงเป็นอย่างอื่นในภายหลัง) ส่วนผลประโยชน์ซึ่งเกิดจากการนำผลการวิจัยและพัฒนาไปใช้ในเชิงพาณิชย์ให้แบ่งกัน ระหว่างมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี กับ **ผู้รับทุน**

ข้อ 10. ในการเผยแพร่ข้อมูล ข่าวสารอันเกี่ยวกับผลงานวิจัย ในสิ่งพิมพ์ใดหรือสื่อใดในแต่ละครั้ง **ผู้รับทุน**ต้องระบุข้อความว่า “ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี” หรือข้อความอื่นที่มีความหมายเหมือนกัน

ข้อ 11. ในกรณีที่มีผู้ร่วมวิจัยหลายคน ผู้รับทุนจะต้องเป็นผู้ตรวจสอบดูแลผู้ร่วมวิจัยทุกคนให้ปฏิบัติตามระเบียบ หลักเกณฑ์และวิธีปฏิบัติที่เกี่ยวข้องของผู้ให้ทุนอย่างเคร่งครัด

ข้อ 12. การระงับงานชั่วคราวและการบอกเลิกสัญญา

- (1) ผู้ให้ทุนมีสิทธิระงับงานชั่วคราวหรือบอกเลิกสัญญาได้ ถ้าผู้ให้ทุนเห็นว่าผู้รับทุนไม่ได้ปฏิบัติงานด้วยความชำนาญหรือด้วยความเอาใจใส่ในวิชาชีพเท่าที่พึงคาดหวังได้จากนักวิจัยในระดับเดียวกัน หรือมิได้ปฏิบัติตามข้อสัญญาและเงื่อนไขที่กำหนดในสัญญา ในกรณีเช่นนี้ ผู้ให้ทุนจะมีหนังสือแจ้งให้ผู้รับทุนทราบ และการระงับงานชั่วคราวหรือบอกเลิกสัญญาดังกล่าวจะมีผลในเวลาไม่น้อยกว่า 60 วัน นับถัดจากวันที่ผู้รับทุนได้รับหนังสือบอกกล่าวนั้น
- (2) ผู้รับทุนมีสิทธิบอกเลิกสัญญาได้ ถ้าผู้ให้ทุนมิได้ปฏิบัติตามหน้าที่ความรับผิดชอบตามที่สัญญาระบุไว้ ในกรณีเช่นนี้ ผู้รับทุนจะต้องมีหนังสือถึงผู้ให้ทุน ระบุรายละเอียดถึงสาเหตุและเหตุผลในการขอเลิกสัญญา ถ้าผู้ให้ทุนมิได้ดำเนินการแก้ไขให้เป็นที่พอใจในระยะเวลา 30 วัน นับถัดจากวันที่ได้รับหนังสือบอกกล่าวนั้น ผู้รับทุนมีสิทธิบอกเลิกสัญญาได้
- (3) ในกรณีที่ผู้รับทุนไม่สามารถทำการวิจัยให้เสร็จตามที่ได้ตกลงไว้ ผู้รับทุนยินยอมคืนเงินอุดหนุนการวิจัยพร้อมทั้งเครื่องมือ อุปกรณ์ และครุภัณฑ์ที่รับไปแล้วทั้งหมดหรือบางส่วนทั้งนี้ให้อยู่ในดุลพินิจของผู้ให้ทุน

ข้อ 13. ผู้ให้ทุนเป็นเจ้าของเครื่องมือ อุปกรณ์ หรือครุภัณฑ์ใด ๆ ที่ผู้รับทุนได้จัดซื้อโดยทุนทรัพย์ของผู้ให้ทุน จนกว่าจะมีการตกลงเป็นอย่างอื่น

ข้อ 14. ผู้รับทุนจะใช้และบำรุงรักษาครุภัณฑ์การวิจัยของผู้ให้ทุนให้อยู่ในสภาพดี ใช้การได้อยู่เสมอ และผู้รับทุนยินยอมให้ผู้ให้ทุนหรือผู้ที่ได้รับมอบหมายจากผู้ให้ทุนตรวจตราครุภัณฑ์การวิจัยซึ่งเป็นทรัพย์สินของผู้ให้ทุนได้ทุกขณะและทุกโอกาส และเมื่อเสร็จสิ้นการวิจัยตามโครงการแล้ว ผู้รับทุนจะส่งคืนครุภัณฑ์ให้แก่ผู้ให้ทุนทันที นอกจากจะมีการตกลงกันเป็นอย่างอื่น

ข้อ 15. การบอกกล่าว

บรรดาคำบอกกล่าวหรือการให้ความยินยอมหรือความเห็นชอบใด ๆ ตามสัญญานี้ต้องทำเป็นหนังสือและจะถือว่าได้ส่งไปโดยชอบแล้ว หากได้จัดส่งทางหนึ่งทางใดดังต่อไปนี้ คือ

- (1) ส่งมอบโดยบุคคลแก่ผู้แทนที่ได้รับมอบหมายของกลุ่มสัญญาแต่ละฝ่าย
- (2) ทางไปรษณีย์ลงทะเบียน
- (3) ทางโทรเลข โทรพิมพ์ หรือโทรสาร แล้วยืนยันเป็นหนังสือโดยเร็วไปยังชื่อและที่อยู่ของกลุ่มสัญญา ดังต่อไปนี้

ก. ที่อยู่ของผู้ให้ทุน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

111 ถ. มหาวิทยาลัย ต. สุรนารี

อ. เมือง จ. นครราชสีมา 30000

ข. ที่อยู่ของผู้รับทุน

สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

111 ถ. มหาวิทยาลัย ต. สุรนารี

อ. เมือง จ. นครราชสีมา 30000

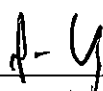
สัญญานี้ทำขึ้นสองฉบับมีข้อความตรงกัน คู่สัญญาได้อ่านและเข้าใจข้อความในสัญญานี้ โดย
ตลอดแล้ว จึงได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นสำคัญต่อหน้าพยาน และต่างเก็บไว้ฝ่ายละหนึ่งฉบับ

(ลงชื่อ)  ผู้ให้ทุน

(ศาสตราจารย์ ดร. นันทกร บุญเกิด)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

ผู้รับมอบอำนาจจากอธิการบดี

(ลงชื่อ)  ผู้รับทุน

(อาจารย์ ดร. สุนติยา เกื้อนนาคี)

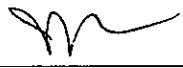
หัวหน้าโครงการวิจัย

(ลงชื่อ)  พยาน

(รองศาสตราจารย์ทองพร ทาเจริญศักดิ์)

คณบดี

สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม

(ลงชื่อ)  พยาน

(นางพรประภา ช้อนสุข)

เจ้าหน้าที่สถาบันวิจัยและพัฒนา

ประกอบการของงบประมาณเพื่อการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2546

(ประเภทเงินอุดหนุนการวิจัยเพื่อสนับสนุนการสร้างและพัฒนา นักวิจัยรุ่นใหม่)

ทิศทางของการวิจัย การวิจัยที่นำไปสู่การเพิ่มผลผลิต และ การสร้างมูลค่าเพิ่ม
แผนวิจัย แผนวิจัยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการสร้างมูลค่าเพิ่ม

สถานภาพของข้อเสนอการวิจัย

เป็นโครงการวิจัยภายใต้แผนงานวิจัย(ชุด โครงการวิจัยของสำนักวิชา)

เป็นโครงการวิจัยอิสระ(โครงการวิจัยที่ไม่อยู่ในชุด โครงการวิจัยของสำนักวิชา)

ลักษณะข้อเสนอการวิจัย สอดคล้องกับนโยบายและแนวทางการวิจัยของชาติ ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2545-2549)

ระบุ

เพียง 1 ข้อ

ส่วนที่ 1 ชุดโครงการวิจัยแห่งชาติเพื่อการพัฒนาประเทศ (34 ชุดโครงการ)

○ ระบุชื่อชุดโครงการวิจัยแห่งชาติ

ส่วนที่ 2 การวิจัยประยุกต์ (7 หลักเกณฑ์)

ส่วนที่ 3 การวิจัยพื้นฐาน (4 หลักเกณฑ์)

ส่วน ก :สาระสำคัญของโครงการวิจัย

1. ชื่อโครงการวิจัยทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

การศึกษาระบบ CONWIP ในสายการผลิตแบบอนุกรมที่มีคอขวดโดยใช้การจำลองสถานการณ์

The performance of CONWIP in a flow line with bottleneck: a simulation study

2. หน่วยงานหลักที่รับผิดชอบงานวิจัยและที่อยู่

สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการ สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 111 ถ.มหาวิทยาลัย ต. สุรนารี

อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

โทรศัพท์ (044) 224207-8 โทรสาร (044) 224205

Email: sunitiya@ccs.sut.ac.th

3. คณะผู้วิจัย และสัดส่วนที่ทำงานวิจัย (%)

ผู้วิจัย: นางสุนิตยา เกื้อนนาคี (Mrs. Sunitiya Thuannadee)

สัดส่วนที่ทำงานวิจัย: 100%

4. ประเภทของงานวิจัย

การวิจัยพื้นฐาน

5. สาขาวิชาการและกลุ่มวิชาที่ทำการวิจัย

สาขาวิชาการจัดการ ในกลุ่มวิชา การจัดการการผลิต (Productions Management)

6. คำสำคัญ (keywords) ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ของโครงการวิจัย

- ปริมาณสินค้ากันชน (buffer size)
- CONWIP
- กำลังการผลิตป้องกัน (protective capacity)
- ระบบการควบคุมการปล่อยสินค้าสู่สายการผลิตแบบดึง (pull release mechanism)
- สินค้าระหว่างทำ (Work in Process; WIP)
- การจำลองสถานการณ์ (simulation)
- ระบบควบคุม (control system)

7. ความสำคัญ ที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย และการทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง (reviewed literature)

อุตสาหกรรมการผลิตถือว่ามีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศ จะเห็นได้จากการที่ GDP ของภาคอุตสาหกรรมการผลิตในปี 2545 มีสัดส่วนประมาณร้อยละ 34 ของ GDP ของทั้งประเทศ (ธนาคารแห่งประเทศไทย, www, 2545c) และมีสัดส่วนประมาณร้อยละ 80 ของมูลค่าการส่งออกโดยรวม (ธนาคารแห่งประเทศไทย, www, 2545a) และ ในช่วง 9 เดือนแรกของปี 2545 อุตสาหกรรมผลิตมีการขยายตัวในอัตราร้อยละ 7.3 จากช่วงเดียวกันของปี 2544 โดยเพิ่มขึ้นมากทั้งในหมวดสินค้าที่ผลิตเพื่อจำหน่ายในประเทศและเพื่อส่งออก (ธนาคารแห่งประเทศไทย, www, 2545b)

เนื่องจากการแข่งขันในตลาดการค้าโลกในปัจจุบันมีความรุนแรงมากขึ้น เพราะมีการเปิดให้มีการแข่งขันอย่างเสรี และ ประเทศใกล้เคียง เช่น เวียดนาม กัมพูชา และ จีน มีการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน ในขณะที่ขีดความสามารถในการแข่งขันของอุตสาหกรรมในประเทศไทยส่วนใหญ่ได้รับการประเมินอยู่ในเกณฑ์ต่ำโดยนักวิชาการขององค์การพัฒนาอุตสาหกรรมแห่งสหประชาชาติ โดยพิจารณาจากดัชนีที่เกี่ยวข้อง เช่น ต้นทุนการใช้ทรัพยากรในประเทศ ประสิทธิภาพของการผลิต และ ต้นทุนแรงงานต่อหน่วย (สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, www, 2545a) ดังนั้น ประเทศไทยจำเป็นต้องมีการปรับปรุงอุตสาหกรรมในประเทศเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน ซึ่งการจัดการการผลิตที่มีประสิทธิภาพถือว่าเป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งที่จะส่งเสริมให้ผู้ผลิตในอุตสาหกรรมผลิตของไทยสามารถลดเวลาในการดำเนินการผลิตและลดต้นทุน อันจะนำไปสู่ความสามารถที่จะแข่งขันกับอุตสาหกรรมของประเทศอื่นได้มากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการแข่งขันปัจจุบันที่ให้ความสำคัญกับการส่งมอบสินค้าที่ตรงเวลา และ ทันใจลูกค้า (สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, www, 2545b)

งานวิจัยนี้ถือได้ว่าเป็นการวิจัยเพื่อได้แนวทางการจัดการการผลิตที่สามารถสนับสนุนให้เกิดการเพิ่มผลิตภาพในอุตสาหกรรมไทยได้ โดยเป็นการจำลองระบบการควบคุมการปล่อยสินค้าสู่สาย

การผลิต (release mechanisms) ที่มีชื่อว่า CONWIP ทั้งนี้ผู้วิจัยเลือกศึกษาสายการผลิตที่มีการควบคุมแบบ CONWIP เพราะเป็นระบบการควบคุมที่ไม่มีความซับซ้อนมากนัก เพียงแต่ต้องการระบบการสื่อสารภายในสายการผลิต ซึ่งความก้าวหน้าในเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และระบบเครือข่ายในปัจจุบันทำให้อุตสาหกรรมสามารถที่จะจัดให้มีระบบการสื่อสารได้ด้วยต้นทุนและเวลาที่ไม่สูงมาก

ระบบการควบคุมการปล่อยสินค้าสู่สายการผลิตแบบ CONWIP ได้รับความสนใจศึกษาจากนักวิชาการเนื่องจากความซับซ้อนที่น้อยกว่าระบบการควบคุมแบบอื่น เช่น ระบบที่ใช้ kanban และระบบ Drum-Buffer-Rope และการวิจัยนี้จะเป็นการแสดงให้เห็นว่าปัจจัย ได้แก่ ปริมาณสินค้ากักกันชน (buffer size) และ ปริมาณกำลังการผลิตป้องกัน (protective capacity) มีผลกระทบอย่างไรต่อผลผลิตผลที่ได้จากการวิจัยนี้สามารถเป็นพื้นฐานของกรอบแนวคิดในการเพิ่มผลิตภาพสำหรับสายการผลิตที่ใช้ระบบควบคุมแบบ CONWIP และ ผลที่ได้สามารถนำไปประยุกต์ให้เหมาะสมกับกระบวนการผลิตของกิจการการผลิตได้ ดังนั้นจึงถือได้ว่าผลงานวิจัยพื้นฐานนี้สามารถสร้างองค์ความรู้ที่จะช่วยเสริมและขยายประโยชน์ในการวิจัยประยุกต์เทคโนโลยีการจัดการเพื่อสนับสนุนอุตสาหกรรมการผลิตต่อไป ซึ่งมีความสอดคล้องกับนโยบายของรัฐบาลที่ต้องการปรับโครงสร้างอุตสาหกรรมเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน (สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, 2545b)

8. วัตถุประสงค์ของโครงการ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่ศึกษาผลผลิต (output) ของสายการผลิตที่มีระบบการควบคุมการปล่อยสินค้าเข้าในสายการผลิตแบบ CONWIP ภายใต้ค่าที่แตกต่างกันของปัจจัยต่อไปนี้

- ปริมาณสินค้ากักกันชน (buffer size) ของแต่ละสถานีงาน (workstation)
- ปริมาณกำลังการผลิตป้องกัน (protective capacity) ของแต่ละสถานีงาน (workstation)
- ขนาดของความผันแปร (coefficient of variations) ในเวลาการผลิตในแต่ละสถานีงาน

9. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และหน่วยงานที่น่าผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

9.1 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 9.1.1) ผลที่ได้จากการวิจัยสามารถที่จะเป็นพื้นฐานในการวิจัยการจัดการการผลิตต่อไป
- 9.1.2) ภาคอุตสาหกรรมการผลิตสามารถนำผลการวิจัยไปใช้เป็นเครื่องชี้แนวในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต
- 9.1.3) งานวิจัยส่งเสริมการศึกษาระบบการควบคุมการปล่อยสินค้าเข้าในประเทศไทยให้มากขึ้น
- 9.1.4) ผลงานวิจัยเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานภาครัฐที่รับผิดชอบในนโยบายปรับปรุงโครงสร้างอุตสาหกรรมของรัฐบาลปัจจุบัน

9.2 หน่วยงานที่น่าผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

- 9.2.1) สถานประกอบการในอุตสาหกรรมการผลิต
- 9.2.2) กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม
- 9.2.3) สถาบันการศึกษาที่มีการศึกษาการใช้แบบจำลองสถานการณ์ในการตัดสินใจและการวิจัย

10. ทฤษฎีหรือกรอบแนวคิด (Conceptual Framework)

ระบบการควบคุมการปล่อยสินค้าสู่สายการผลิต (release mechanisms) แบบ CONWIP เป็นระบบที่พัฒนาจากแนวคิดของ Hopp and Spearman (1996) ที่ต้องการควบคุมจำนวนสินค้าระหว่างทำ (work in process, WIP) ในสายการผลิตให้คงที่เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาจากการที่มีสินค้าระหว่างทำในสายการผลิตมากเกินไป จึงทำให้ง่ายต่อการจัดการ และ ลดเวลาในการส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้าได้ ในสายการผลิตที่ใช้ระบบ CONWIP จะเริ่มทำการผลิตสินค้าหน่วยใหม่ที่สถานีงาน (work station) สถานีแรกก็ต่อเมื่อมีการผลิตสินค้าหนึ่งหน่วยเสร็จเรียบร้อยที่สถานีงานสุดท้ายของสายการผลิต ดังนั้นในระบบ CONWIP จะต้องกำหนดจำนวนสินค้าระหว่างทำสูงสุดในสายการผลิต CONWIP ถือว่าเป็นรูปแบบหนึ่งของการควบคุมแบบดึง (Pull Mechanisms) นอกเหนือจากระบบการควบคุมแบบ Drum-Buffer-Rope ของ Goldratt and Cox (1986) และ แบบ kanban (Hopp and Spearman,1996) โดยที่การศึกษาระบบการควบคุมแบบดึงได้รับความสนใจการวิจัยจากนักวิชาการอย่างกว้างขวาง (Billesbach, 1994; Chakravorty, 2001; Dar-el, Herer, and Masin, 1999; Duclos, and Spencer, 1995; Gardiner, Blackstone, and Gardiner, 1993; Giles, King, Murphy, and Roney, 1997, Gunn and Nahavandi, 2000; Manish and Michael, 1999; Singh and Brar ,1992; Thuannadee, 2000; Umble, Van, and Umble, 2000)

เพื่อเพิ่มความรู้ของลักษณะระบบการควบคุมแบบดึงได้มีผู้วิจัยศึกษาเพิ่มเติมถึงผลของการใช้กำลังการผลิตป้องกัน (protective capacity) ในสายการผลิตที่มีความแปรปรวนซึ่งเกิดจากความผันแปรของเวลาในการผลิตสินค้าแต่ละหน่วยในแต่ละสถานีงาน และ เกิดจากการที่ต้องหยุดซ่อมแซมเครื่องจักร (Atwater, and Chakravorty, S.S. 1994; Hurley and Kadipasaoglu,1998; Kadipasaoglu, Xiang, Hurley, and Khumawala, 2000; Thuannadee, 2000) ซึ่ง APICS ได้ให้คำจำกัดความของ กำลังการผลิตป้องกันว่า “ A given amount of extra capacity at non-constraints above the system constraint’s capacity, used to protect against statistical fluctuations (breakdowns, late of material, quality problems, etc.)” (APICS Dictionary, 1992, quoted in Atwater, 1994) และนอกจากนี้ยังได้มีผู้วิจัยถึงผลกระทบของปริมาณสินค้ากันชนในสายการผลิตที่ใช้ระบบ Drum-Buffer-Rope (Leslie, and Michael, 1995; Umble, et al., 2000).

จากการที่ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยและหนังสือต่างๆ พบว่ายังไม่มี การวิจัยผลกระทบของปริมาณสินค้ากันชน (buffer size) ในสายการผลิตที่มีระบบการควบคุมแบบ CONWIP ที่มีสถานีงานที่เป็นคอขวด และ มีความแปรปรวน จึงมีความน่าสนใจที่จะศึกษาว่าปริมาณสินค้ากันชนที่มีในแต่ละสถานีจะช่วยส่งเสริมให้มีการเพิ่มจำนวนผลผลิตในสายการผลิตดังกล่าวได้หรือไม่ และ อย่างไร และนอกจากนี้ งานวิจัยที่ผ่านมาได้ศึกษาผลกระทบของกำลังการผลิตป้องกันในสายการผลิตด้วย แต่ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาในสายการผลิตที่มีการควบคุมแบบ Drum-Buffer-Rope ดังนั้น จึงมีความน่าสนใจเช่นกันที่จะขยายการศึกษาผลกระทบของกำลังการผลิตป้องกันไปสู่สายการผลิตที่มีการควบคุมแบบ CONWIP

11. เอกสารอ้างอิง (reference) ของโครงการวิจัย

- Atwater, J.B. and Chakravorty, S.S. (1994). Does protective capacity assist managers in competing along time-based dimensions? **Production & Inventory Management Journal**. 35(3):53-59.
- Billesbach, T.J. (1994). Simplified flow control using kanban signals. **Production & Inventory Management Journal**. 35(2): 72-75.
- Chakravorty, S.S. (2001). An evaluation of the DBR control mechanism in a job shop environment. **Omega**. 29:335-342.
- Dar-el, E.M., Herer, Y.T., and Masin, M. (1999). CONWIP-based production lines with multiple bottlenecks: Performance and design implications. **IIE Transactions**. 31(2): 99-111.
- Duclos, L.K. and Spencer, M.S. (1995). The impact of a constraint buffer in a flow shop. **International Journal of Production Economics**. 42: 175-185.
- Gardiner, S.C., Blackstone, J.H., and Gardiner, L.R. (1993). Drum-buffer-rope and buffer management: impact on production management study and practices. **International Journal of Operations & Production Management**. 13(6). 63-78.
- Giles, C. A., King, J.J., Murphy, R.C., and Roney, P.J. (1997). Meeting customer demand through mixed-model manufacturing. **Production & Inventory Management Journal**. 38(2): 82-87.
- Goldratt, E.M. and Cox, J. (1986) **The goal: a process of ongoing improvement**, NY:North River Press.
- Gunn, B. and Nahavandi, S. (2000). Determining the optimum level of work in progress using constraint analysis and computer simulation. **Assembly Automation**. 20(4):305.
- Hopp, W.J. and Spearman, M.L. (1996). **Factory physics**. Chicago: Irwin.
- Hurley, S.F. and Kadipasaoglu, S. (1998). Wandering bottleneck: speculating on the true causes. **Production & Inventory Management Journal**. 39(4):1-4.
- Kadipasaoglu, S.N., Xiang, W., Hurley, S.F., and Khumawala, B.M. (2000). A study on the effect of the extent and location of protective capacity in flow systems. **International Journal of Production Economics**. 63:217-228.
- Law, A.M. and Kelton, W.D. (1992). **Simulation modeling & analysis**. McGraw-Hill.
- Leslie, K.D. and Michael, S.S. (1995) The impact of a constraint buffer in a flow shop. **International Journal of Production Economics**. 42: 175-185.
- Manish, K.G. and Michael, C.F. (1999). Queuing theory in manufacturing: a survey. **Journal of Manufacturing System**. 18(3): 214-240.
- Neter, J. (1990). **Applied Linear Statistical Models: Regression, Analysis of Variance and Experimental Designs**. IL:Irwin.
- Pritsker, A.A.B., O'Reilly, J.J., and LaVal, D.K. (1997). **Simulation with Visual SLAM and AWESIM!**. West Lafayette: System Publishing Corp.
- Singh, N. and Brar, J.K. (1992). Modeling and analysis of just-in-time manufacturing system: a review. **International Journal of Operations & Production Management**. 12(2):3-14.
- Thuannadee, S. (2000). **Comparative effects of pull release mechanisms on the performance of a mixed-model flow line**. Ph.D. Dissertation, University of Georgia, Athens.

Umble, M., Van, F., and Umble, E. (2000). Improving production line performance. *IIE Solutions*.32(11): 36-41.
ธนาคารแห่งประเทศไทย. (2545a). การใช้กำลังการผลิตของภาคอุตสาหกรรม [ออนไลน์]. ได้จาก:

<http://www.bot.or.th/BOThomepage/DataBank/>.

ธนาคารแห่งประเทศไทย. (2545b). การผลิตภาคอุตสาหกรรมในช่วง 9 เดือนแรกของปี 2545 [ออนไลน์]. ได้จาก:

<http://www.bot.or.th/BOThomepage/DataBank/>.

ธนาคารแห่งประเทศไทย. (2545c). ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ ไตรมาสที่ 1/2545 [ออนไลน์]. ได้จาก:

<http://www.bot.or.th/BOThomepage/DataBank/>.

สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม. (2545a). รัฐดำเนินแผนปรับโครงสร้างอุตสาหกรรม เพิ่มยุทธศาสตร์แข่งขันของเอกชนไทย [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.oie.go.th/newsdetail_th.asp.

สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม. (2545b). สศอ. ปรับกลยุทธ์อุตสาหกรรมไทย[ออนไลน์]. ได้จาก:

http://www.oie.go.th/newsdetail_th.asp.

12. ระเบียบวิธีวิจัย

12.1 แบบการวิจัย

เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (quantitative research) โดยใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์ แบบ discrete-event (discrete-event simulation)

12.2 ขั้นตอนและวิธีในการเก็บข้อมูล

ใช้หลักการของตัวเลขสุ่ม(random number) และการแจกแจงประชากรทางสถิติที่เหมาะสม ในการสร้างข้อมูลนำเข้า (input data) สำหรับรูปแบบจำลอง และ ใช้ โปรแกรม AWESIM (Pritsker, O'Reilly, and LaVal,1997) ในการจำลองสถานการณ์ของสายการผลิตที่มีการควบคุมแบบ CONWIP ในคอมพิวเตอร์ เพื่อสร้างข้อมูลผลลัพธ์ (output data) สำหรับการวิเคราะห์ต่อไป โดยขั้นตอนของการทำ discrete-event simulation จะเป็นไปตามหลักการวิชาการทางสถิติที่ถูกต้องและเหมาะสม (Law and Kelton, 1992)

12.3 ขั้นตอนและวิธีการในการวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากที่ได้ผลจากแบบจำลองสถานการณ์แล้ว จะวิเคราะห์ข้อมูลผลลัพธ์ ที่ได้โดยใช้ สถิติเชิงพรรณนา เช่น ค่าเฉลี่ย และ กราฟ และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลผลลัพธ์ และ ข้อมูลนำเข้าโดยใช้ Analysis of Variance (Neter, 1990)

13. ขอบเขตของการวิจัย

13.1 ศึกษาเฉพาะสายการผลิตแบบอนุกรม ที่มีสินค้าเพียง 1 ประเภท และ จำนวนสถานีงานเท่าที่กำหนด

13.2 ใช้การแจกแจงประชากรที่เหมาะสมเพียง 1 แบบ

13.3 กำหนดให้สายการผลิตไม่มีการชำรุดของเครื่องจักร

13.4 ผลของการวิจัยเป็นผลที่ได้จากการจำลองสายการผลิตที่มีลักษณะตามที่กำหนดในงานวิจัยเท่านั้น ถือว่าเป็นการวิจัยลักษณะกรณีศึกษา

14. ระยะเวลาที่ทำการวิจัย และสถานที่ทำการทดลองและ / หรือเก็บข้อมูล

ระยะเวลาที่ทำการวิจัย: 1 ปี ตั้งแต่ ธันวาคม 2545 ถึง พฤศจิกายน 2546

สถานที่ทำการเก็บข้อมูล: ใช้คอมพิวเตอร์ในการสร้างข้อมูลและเก็บข้อมูล

15. แผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

การดำเนินงาน	ธค	มค	กพ	มีค	เมย	พค	มิย	กค	สค	กย	ตค	พย
1. สั่งซื้อ software												
2. ศึกษาเอกสาร												
3. สร้างแบบจำลอง												
4. เก็บข้อมูลจากแบบจำลอง												
5. วิเคราะห์ข้อมูล												
6. เขียนรายงานการวิจัย												

16. แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยี หรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย

เขียนผลการวิจัยเพื่อตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ และ ใช้รูปแบบจำลองเป็นตัวอย่างในการสอนรายวิชาที่เกี่ยวข้องต่อไป

17. อุปกรณ์ที่จำเป็นในการวิจัย

17.1 อุปกรณ์การวิจัยที่มีอยู่แล้ว

17.1.1) CPU

17.1.2) RAM

17.1.3) Harddisk

17.1.4) อุปกรณ์ประกอบอื่นๆ เช่น แม้าส์ แป้นพิมพ์ เครื่องพิมพ์ เป็นต้น

17.1.5) Software

- Microsoft Office
- SPSS for Windows
- Microsoft Windows 95
- Turbo C++

17.2 อุปกรณ์การวิจัยที่ต้องการเพิ่มเติม

17.2.1) Rewritable CD ROM ใช้ในการ backup ข้อมูลที่ได้จากการ run simulation

17.2.2) Software : AWESIM! V. 3

17.2.3) วัสดุสำนักงาน เช่น แผ่น diskette แผ่น CD ปากกา ขางลบ

18. งบประมาณของโครงการวิจัย

รายการ	งบประมาณ (บาท)
1. ค่าครุภัณฑ์	
โปรแกรม AWESIM!	45,000
2. ค่าวัสดุ	
CD ROM	5,000
รวมงบประมาณที่เสนอขอ	50,000 /

19. วันที่เริ่มปฏิบัติงานที่ มทส.

28 สิงหาคม 2543

20. คำชี้แจงอื่น ๆ

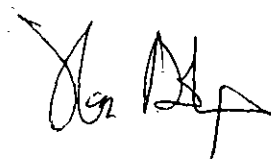
- เนื่องจาก การเก็บข้อมูลจากรูปแบบจำลองสถานการณ์ต้องใช้เวลาในการประมวลผล แต่ละครั้งนานพอสมควร ดังนั้นจึงจำเป็นต้องอย่างยิ่งที่จะต้องมี backup ข้อมูลที่ได้ เพื่อป้องกันการเสียเวลาในการประมวลผลใหม่ถ้าเกิดการสูญหายของข้อมูลในกรณีที่ hard drive หรือ CPU มีปัญหา และ การที่ข้อมูลอาจจะต้องใช้หน่วยความจำมาก แผ่น diskette อาจไม่เพียงพอ จึงขอใช้ CD ROM

1-4

(อาจารย์ ดร. สุนิตยา เกื้อนนาคี)

หัวหน้าโครงการวิจัย

วันที่ 15 เดือน พ.ค. พ.ศ. 2545



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชวัญกมล กลั่นศรีสุข)

หัวหน้าสาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการ

วันที่ 15 เดือน พ.ค. พ.ศ. 2545



(ผศ. พยณ ก้อนในเมือง)

ร.ก. คณะบดีสำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม

วันที่ 15 เดือน พ.ค. พ.ศ. 45

ส่วน ข : ประวัติผู้วิจัย

1. ชื่อผู้วิจัย นาง สุนิตยา เทื่อนนาดี (Mrs. Sunitiya Thuannadee)
2. ตำแหน่ง อาจารย์
3. หน่วยงาน สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการ สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 111 ถ. มหาวิทยาลัย ต. สุรนารี
อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000
โทรศัพท์ (044) 224267 , (044) 224518 โทรสาร (044) 224205

4. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบ	ระดับปริญญา	อักษรย่อ	สาขาวิชา	วิชาเอก	ชื่อสถาบัน	ประเทศ
2535	ตรี	บช.บ.	การบัญชี	ทฤษฎีบัญชี	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ไทย
2537	โท	MBA	Business Administration	Management Sciences	Virginia Tech University	USA
2543	เอก	Ph.D.	Business Administration	Management Sciences	The University of Georgia	USA

5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญเป็นพิเศษ การจัดการการดำเนินงาน (Operations Management) การวิเคราะห์เชิงปริมาณทางธุรกิจ (Management Sciences for Business Management) การบัญชี (Accounting) สถิติธุรกิจ(Business Statistics)

6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

งานวิจัยที่ทำแล้วเสร็จ

Comparative effects of pull release mechanisms on the performance of a mixed-model flow line, Doctoral Dissertation, The University of Georgia, 2000.

Research Expenditure for Fiscal Year 2003

Name of Project

Research Expenditure for Fiscal Year 2003

(តង់ទី)

p. 4

หัวหน้าโครงการ

Head of Project

(๐.๑) / 1000 10000 Head

10 / 2.0. / 46

၁၄
 ၁၄
 ၁၄

1) มีความจำเป็นต้องตั้งเบิกเกินกว่านี้ให้ท่านที่แข็งแรงเหตุผลขออนุมัติจากผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนาแนบมาด้วย

2) มีรายการครุภัณฑ์ ให้หักค่าครุภัณฑ์ทั้งหมดออกจากเงินอุดหนุนการวิจัยทั้งโครงการก่อน ส่วนงบฯ ที่เหลือให้เบิกจ่ายใน รายการค่าจ้างชั่วคราว ค่าตอบแทน ใช้สอยและค่าวัสดุ รวมกันแล้วไม่เกินร้อยละ 50

การเปิดบัญชีเงินฝากโครงการวิจัย

เอกสารประกอบสัญญาเลขที่ 34 / 2546
 โครงการวิจัยเรื่อง การศึกษาแบบ COMPER ในลักษณะผลิตภาพยนตร์ที่ ๑๓๐๖๓
โดย ศ.ดร. จิตต์พลานนท์

ชื่อบัญชี มทศ. โฉมธรรมศิริ อารณ COMPER

เลขที่บัญชี 707-2 15874 -2

ธนาคาร ไทยพาณิชย์ จำกัด (มหาชน) สาขาย่อย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายนามผู้มีอำนาจสั่งจ่าย

- | | |
|-----------------------------------|---------------------|
| 1. <u>รศ.ดร.พร พานวิเศษศักดิ์</u> | คณบดี |
| 2. <u>-</u> | หัวหน้าสถานวิจัย |
| 3. <u>อ.ดร. จิตติภา เกื้อแฉด</u> | หัวหน้าโครงการวิจัย |

เงื่อนไขการสั่งจ่าย

ผู้มีอำนาจสั่งจ่าย 2 ใน 3

ลงนาม จ ๒
จิตติภา เกื้อแฉด
 ผู้รับทุน

09/01/03 10:41:1059K*2350-707-215874 BY BR707
NEW P/B NO.-00002960030

(สมุดเล่มนี้สามารถตรวจสอบยอดคงเหลือโดยเครื่องรับยอดสมุดอัตโนมัติได้)

มทส.โครงการการศึกษาแบบ COMWIP ไทย

ชื่อบัญชี นางทรงพร ทาเจริญศักดิ์ และ นส.สุนิชา เลื่อนนาคี

NAME

ธนาคารไทยพาณิชย์ จำกัด (มหาชน)
THE SIAM COMMERCIAL BANK PUBLIC COMPANY LIMITED

สาขาย่อย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บัญชีเงินฝากออมทรัพย์ เลขที่

SAVINGS ACCOUNT NO.

707-2

15874-2

2960030

ผู้มีอำนาจลงนาม
AUTHORIZED SIGNATURE

ฝาก-ถอน
ได้ทุกสาขาทั่วประเทศที่ให้บริการคอมพิวเตอร์ ON - LINE

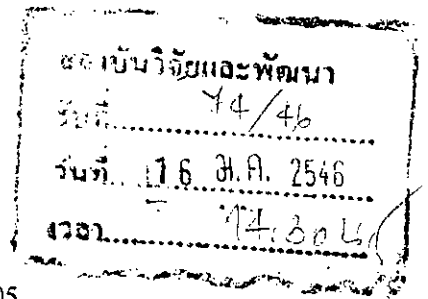
นางสาวกัญญา

4 4

(สุจิตต์ 17/04/03)



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



สถานวิจัย สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม โทรศัพท์/โทรสาร 4205

ที่ ทม 5112(6)/ 000

วันที่ 16 มกราคม 2546

เรื่อง ขออนุมัติเบิกเงินอุดหนุนการวิจัยทั้งหมดในงวดที่ 1

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา (ผ่านหัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม)

ตามที่ดิฉันได้รับการอนุมัติสนับสนุนเงินอุดหนุนการวิจัยประเภทโครงการสนับสนุนการสร้างและพัฒนานักวิจัยรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2546 เรื่อง “การศึกษาระบบ CONWIP ในสายการผลิตแบบอนุกรมที่มีคอขวดโดยใช้การจำลองสถานการณ์” ความละเอียดทราบแล้วนั้น

อนึ่ง ในงบประมาณของโครงการวิจัยได้ระบุรายการดังนี้

- | | |
|--------------------------------|------------|
| 1. ค่าครุภัณฑ์ โปรแกรม AWESIM! | 45,000 บาท |
| 2. ค่าวัสดุ CD-ROM | 5,000 บาท |
| รวม | 50,000 บาท |

ในการนี้ การดำเนินการวิจัยจำเป็นต้องใช้ Software AWESM! เพื่อจำลองสถานการณ์ของสายการผลิตที่มีการควบคุมแบบ CONWIP ในคอมพิวเตอร์ เพื่อสร้างข้อมูลผลลัพธ์สำหรับการวิเคราะห์และ CD-ROM เพื่อ backup ข้อมูล ดิฉันจึงใคร่ขออนุมัติเบิกเงินอุดหนุนการวิจัยทั้งหมดในงวดที่ 1 เป็นจำนวนเงิน 50,000 บาท (ห้าหมื่นบาทถ้วน) เพื่อจะได้ดำเนินการวิจัยต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

อนุมัติ

เรียน ผอ. วิจัย
เพื่อขอเบิกเงินอุดหนุน
(ศาสตราจารย์ ดร. นันทกร บุญเกิด)
ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา
17 มี.ค. 2546

(อาจารย์ ดร. สุนิตยา เกื้อนาคี) (ศาสตราจารย์ ดร. นันทกร บุญเกิด)
หัวหน้าโครงการ ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา
4 มี.พ. 2546

(รองศาสตราจารย์ทรงพร ทาเจริญศักดิ์)

คณบดีสำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม
รักษาการแทนหัวหน้าสถานวิจัย

เรียน ผอ. สอ.สอ.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี สำนักวิชา เทคโนโลยีสังคม
ขอเบิกเงินอุดหนุนการวิจัยทั้งหมดในงวดที่ 1
จึงขอเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ผอ. วิจัย
4 มี.ค. 2546