



ใบรับรองวิทยานิพนธ์  
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมอุตสาหกรรม)

ปริญญา

วิศวกรรมอุตสาหกรรม

วิศวกรรมอุตสาหกรรม

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การลดเวลาทั้งระบบของห้องปฏิบัติการคลินิก

Reduction of Turnaround Time in Clinical Laboratory

นามผู้วิจัย กัญญารัตน์ หลวงมูล

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์จุกา พิชิตคำเค็ญ, Ph.D. )

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

( อาจารย์ยรรูดี หวังวัชรกุล, Ph.D. )

หัวหน้าภาควิชา

( รองศาสตราจารย์อนันต์ มุ่งวัฒนา, Ph.D. )

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

( รองศาสตราจารย์กัญญา ธีระกุล, D.Agr. )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. ....

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การลดเวลาทั้งระบบของห้องปฏิบัติการคลินิก

Reduction of Turnaround Time in Clinical Laboratory

โดย

นางสาวกัญญารัตน์ หลวงมูล

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมอุตสาหการ)

พ.ศ. 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กัญญารัตน์ หลวงมูล 2555: การลดเวลาทั้งระบบของห้องปฏิบัติการคลินิก ปริญญา  
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมอุตสาหการ) สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชา  
วิศวกรรมอุตสาหการ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์  
จุฑา พิชิตลำเค็ญ, Ph.D. 74 หน้า

งานวิจัยนี้พัฒนาตัวแบบจำลองสถานการณ์แบบเหตุการณ์ไม่ต่อเนื่องของห้องปฏิบัติการ  
คลินิกโดยพิจารณาเฉพาะการตรวจนับเม็ดเลือดอย่างสมบูรณ์ (Complete Blood Count: CBC) ใน  
โรงพยาบาลเอกชนรายใหญ่แห่งหนึ่งในประเทศไทย เวลาโดยรวมในระบบ (Turnaround time) คือ  
เวลาทั้งหมดตั้งแต่เริ่มต้นจนจบกระบวนการคือตั้งแต่หลอดเลือดเข้ามาถึงห้องปฏิบัติการจนกระทั่ง  
ผลการตรวจเลือดเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ จากการศึกษาดัชนีชี้วัดคือ เวลาโดยรวมในระบบ เวลา  
รอคอย (Waiting time) เวลาในการเคลื่อนย้าย (Transfer time) และการใช้ทรัพยากรให้เกิด  
ประโยชน์ (Utilization of resources) พบว่าเวลาโดยรวมในระบบของการตรวจนับเม็ดเลือดอย่าง  
สมบูรณ์ของตัวแบบจำลองสถานการณ์กรณีที่ 1 โดยพิจารณาข้อมูลทั้งหมดคือ  $72.09 \pm 1.14$  นาที  
เปรียบเทียบกับเวลาโดยรวมของระบบจริง คือ  $73.08 \pm 3.72$  นาที วิธีการปรับปรุงกระบวนการคือ  
เปลี่ยนการวางผัง (Layout) โดยใช้แผนภูมิความสัมพันธ์ (Relationship Diagram) และปรับเปลี่ยน  
ตำแหน่งการทำงานของพนักงาน ส่งผลให้เวลาโดยรวมในระบบใหม่คือ  $59.27 \pm 0.89$  นาทีลดลง  
17.78% และเวลารอคอยลดลงจาก  $39.09 \pm 0.94$  นาทีเป็น  $26.43 \pm 0.08$  นาที ลดลง 32.38% เพราะ  
การเปลี่ยนตำแหน่งการทำงานของพนักงาน และเวลาในการเคลื่อนย้ายลดลงจาก  $1.37 \pm 0.00$  นาที  
เป็น  $0.26 \pm 0.00$  นาที ลดลง 81.02% เวลาโดยรวมของตัวแบบจำลองสถานการณ์ในกรณีที่ 2 ที่ไม่  
พิจารณาข้อมูลสุดโต่ง (Extreme data) ของขั้นตอนการไลสไลต์โดยเจ้าหน้าที่และแบบอัตโนมัติคือ  
 $70.28 \pm 0.5$  นาที จากการปรับปรุงพบว่ามีเวลาโดยรวมในระบบ  $56.63 \pm 0.63$  นาที ลดลง 19.42%  
และเวลารอคอยลดลงจาก  $30.64 \pm 0.96$  นาทีเป็น  $24.46 \pm 0.36$  นาที ลดลง 20.16% และเวลาในการ  
เคลื่อนย้ายลดลงจาก  $0.89 \pm 0.00$  นาทีเป็น  $0.28 \pm 0.00$  นาทีลดลง 68.53% โดยเวลาเป้าหมายของ  
ผู้บริหารคือ 60 นาที และสัดส่วนของหลอดเลือดกรณีก่อนปรับปรุงที่ใช้เวลาภายในเป้าหมาย 0%  
และสัดส่วนของหลอดเลือดหลังปรับปรุงกรณีที่ 1 ใช้เวลาภายในเป้าหมาย 63% และสัดส่วนของ  
หลอดเลือดหลังปรับปรุงกรณีที่ 2 ใช้เวลาภายในเป้าหมาย 76%

---

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Kanyarat Luangmul 2012: Reduction of Turnaround Time in Clinical Laboratory.  
Master of Engineering (Industrial Engineering), Major Field: Industrial Engineering,  
Department of Industrial Engineering. Thesis Advisor: Assistant Professor  
Juta Pichitlamken, Ph.D. 74 pages.

We develop a simulation model of a clinical laboratory for a complete blood count (CBC) test in a large private hospital. The model is used for experimenting with new lab layouts and new work processes for the CBC test to reduce the turnaround time which is defined as the total time in process, since when the blood smear sample enters the lab to when the lab result is registered into the computer system. KPIs are the turnaround time, the total waiting time in queue, the transfer time, and the utilization of resources. The average turnaround time from the simulation model of Case 1 by consider all data is  $72.09 \pm 1.14$  minute compared with  $73.08 \pm 3.72$  minute from the empirical data. A new CBC test layout is created by the Relationship Diagram method to improve the work flow of medical technologists. The new turnaround time is reduced to  $59.27 \pm 0.89$  minutes or a reduction of 21%. The total waiting time in queue of the new CBC layout is reduced from  $39.09 \pm 0.94$  minutes to  $26.43 \pm 0.08$  minutes or a decrease of 32.38% because the work flow of medical technologists is improved. The transfer time of the new CBC layout is reduced from  $1.37 \pm 0.00$  minutes to  $0.26 \pm 0.00$  minutes or a decrease of 81.02%. The average turnaround time from the simulation model of Case 2 by excluding extreme data of the blood smear manual and auto process is  $70.28 \pm 0.5$ . The new turnaround time of Case 2 is reduced to  $56.63 \pm 0.63$  minutes or a reduction of 19.42%. The total waiting time in queue of the new CBC layout is reduced from  $30.64 \pm 0.96$  minutes to  $24.46 \pm 0.36$  minutes or a decrease of 20.16%. The transfer time of the new CBC layout is reduced from  $0.89 \pm 0.00$  minutes to  $0.28 \pm 0.00$  minutes or a decrease of 68.53%. The turnaround time is targeted at 60 minutes. Under the current setting, all specimens have turnaround time higher than 60 minutes. For the Case 1 data, 63% of the specimens meet the target while 76% of the specimens meet the target in Case 2.

---

Student's signature

---

Thesis Advisor's signature

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้เพราะได้รับความช่วยเหลือจาก ผศ.ดร. จุฑา พิชิตลำเค็ญ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักและ ผศ.ดร. เวศรา วีระวัฒน์ ที่ได้ให้ความรู้ และคำปรึกษาให้คำแนะนำแนวทางวิธีการแก้ปัญหาต่างๆ รวมทั้งช่วยหาโรงพยาบาลกรณีศึกษาและแหล่งเงินทุนในการทำวิจัย ทำให้มีโอกาสดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ จนทำให้การทำงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณ ทุนวิจัยภายใต้โครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษา (สกอ.)-สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) คลัสเตอร์การวิจัยด้านระบบโลจิสติกส์เพื่อการยกระดับการให้บริการสุขภาพและอนามัยของประเทศไทย

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการของโรงพยาบาลกรณีศึกษาที่ให้ความช่วยเหลือ ในการเก็บข้อมูลและคำแนะนำในขั้นตอนการทำงาน และให้ความกรุณาตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมพร้อมคำแนะนำเพื่อให้ตัวแบบจำลองสถานการณ์มีขั้นตอนการทำงานที่ใกล้เคียงกับระบบงานจริง

ท้ายสุดนี้ ขอขอบพระคุณบิดา – มารดาและครอบครัว ที่คอยให้คำปรึกษา กำลังใจกับ ผู้ทำวิจัย เพื่อนทุกคนที่คอยช่วยเหลือในทุกๆด้านและให้กำลังใจเวลาท้อแท้ ทำให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยดี

กัญญารัตน์ หลวงมูล  
สิงหาคม 2555

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	6
การตรวจเอกสาร	8
อุปกรณ์และวิธีการ	37
อุปกรณ์	37
วิธีการ	37
ผลและวิจารณ์	52
ผล	52
วิจารณ์	61
สรุปและข้อเสนอแนะ	64
สรุป	64
ข้อเสนอแนะ	65
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	66
ภาคผนวก	69
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	74

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 การคำนวณจำนวนเต็มของพื้นที่สี่เหลี่ยมจัตุรัส	21
2 ความแตกต่างของผู้รับผิดชอบในงานต่างๆระหว่าง ISO 15189: 2003, ISO 9000: 2000 และ ISO 17025: 1999	33
3 ระยะเวลาระหว่างสถานีงาน	40
4 จำนวนทรัพยากร	42
5 เวลาในแต่ละสถานีงาน	43
6 เวลาโดยรวมในระบบของตัวแบบจำลองสถานการณ์และระบบจริงกรณีที่ 1	49
7 เวลาโดยรวมในระบบของตัวแบบจำลองสถานการณ์และระบบจริงกรณีที่ 2	50
8 ผลลัพธ์ระหว่างตัวแบบจำลองสถานการณ์เดิมและตัวแบบจำลองสถานการณ์ที่ปรับปรุงกรณีที่ 1	55
9 ผลลัพธ์ระหว่างตัวแบบจำลองสถานการณ์เดิมและตัวแบบจำลองสถานการณ์ที่ปรับปรุงกรณีที่ 2	55
10 การใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์ของเจ้าหน้าที่กรณีที่ 1	59
11 การใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์ของเจ้าหน้าที่กรณีที่ 2	60
12 เวลาโดยรวมในระบบของการเพิ่มจำนวนพนักงานห้องกล้องจุลทรรศน์	63
ตารางผนวกที่	หน้า
1 ข้อมูลเวลาการรับเลือดเข้าระบบ (นาทิจ)	70
2 ข้อมูลเวลาการย้อมสไลด์ (นาทิจ)	71
3 ข้อมูลเวลา Blood Smear Auto (นาทิจ)	71
4 ข้อมูลเวลาการ Blood Smear Manual (นาทิจ)	72
5 ข้อมูลเวลาการคูสไลด์ (นาทิจ)	72
6 ข้อมูลเวลาการตรวจ CBC แบบอัตโนมัติ (นาทิจ)	73
7 ข้อมูลเวลา Verify ผลเข้าระบบคอมพิวเตอร์ (นาทิจ)	73

## สารบัญภาพ

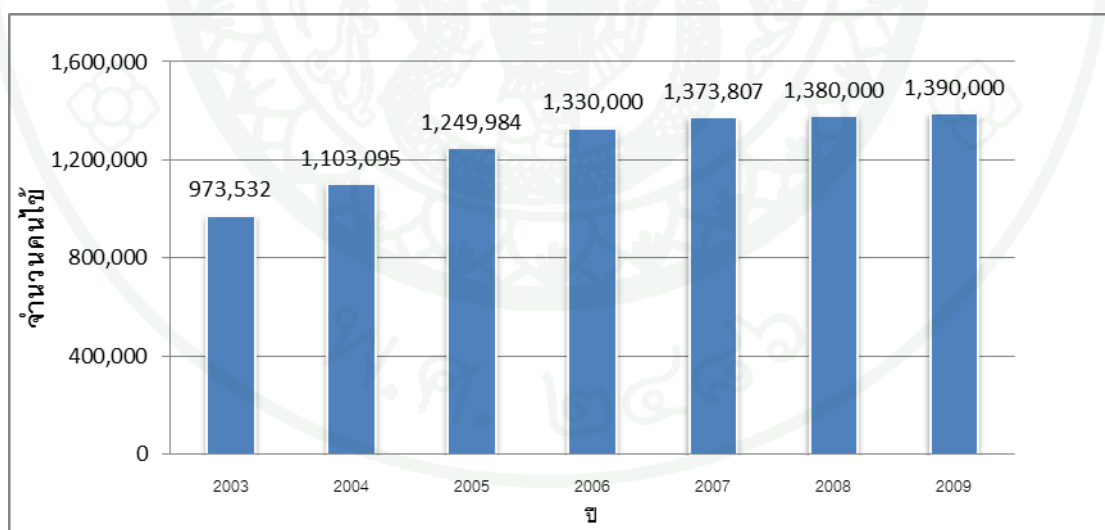
ภาพที่	หน้า
1 จำนวนคนไข้ต่างชาติที่เข้ามารักษาในประเทศไทย	1
2 ขั้นตอนการตรวจนับเม็ดเลือดอย่างสมบูรณ์ (CBC)	3
3 ผังโรงงานแบบบล็อก	19
4 ผังโรงงานที่สร้างจากโปรแกรมคอลแลป	22
5 ผังกำแพงปลา	24
6 ผังโรงงานของห้องปฏิบัติการคลินิก	38
7 จำนวนหลอดเลือดเฉลี่ยต่อวันในวันที่ 10-16 มิถุนายน 2554	39
8 การทดสอบ CBC แบบอัตโนมัติ	46
9 การทดสอบ CBC แบบ Manual	47
10 ผลการทดสอบ	47
11 ขั้นตอนรอ MT	48
12 รอหลอดเลือดครบ 8 หลอดหรือครบ 2 นาที	48
13 เวลาในการทำงานและเวลารอคอยของแต่ละกิจกรรมในกรณีที่ 1	53
14 เวลาในการทำงานและเวลารอคอยของแต่ละกิจกรรมในกรณีที่ 2	54
15 สัดส่วนของเวลาการทำงาน, เวลารอคอย และเวลาเดินทางกรณีที่ 1	56
16 สัดส่วนของเวลาการทำงาน, เวลารอคอย และเวลาเดินทางกรณีที่ 2	56
17 แผนภูมิความสัมพันธ์ (The Relationship Diagram)	57
18 ผังโรงงานของการตรวจนับเม็ดเลือดอย่างสมบูรณ์ (สเกล: 10x10 เซนติเมตร)	58
19 ผังโรงงานใหม่ของการตรวจนับเม็ดเลือดอย่างสมบูรณ์ (สเกล: 10x10 เซนติเมตร)	58
20 ความถี่สัมพัทธ์ของเวลาโดยรวมในระบบของระบบจริง	62
21 ความถี่สัมพัทธ์ของเวลาโดยรวมในระบบของกรณีที่ 1	62
22 ความถี่สัมพัทธ์ของเวลาโดยรวมในระบบของกรณีที่ 2	63
ภาพผนวกที่	หน้า
1 ความสัมพันธ์ระหว่าง เวลา และจำนวนหลอดเลือด	70

## การลดเวลาทั้งระบบของห้องปฏิบัติการคลินิก

### Reduction of Turnaround Time in Clinical Laboratory

#### คำนำ

ในปัจจุบันธุรกิจด้านการบริการสุขภาพมีอัตราเติบโตเพิ่มสูงขึ้นทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ และรัฐบาลได้ประกาศนโยบายสนับสนุนและพัฒนาให้ประเทศไทยเป็นศูนย์กลางในการให้บริการรักษาพยาบาลในภูมิภาคเอเชียในปี 2553 ภาพที่ 1 แสดงจำนวนคนไข้ต่างชาติที่เข้ามารักษาในประเทศไทย (กรมส่งเสริมการส่งออก กระทรวงพาณิชย์, 2553) พบว่ามีจำนวนของคนไข้ชาวต่างชาติเพิ่มขึ้นในทุกๆปี ทำให้แต่ละสถานบริการต้องพัฒนาการบริหารงาน การบริการและการรักษาพยาบาล เช่น ค่าใช้จ่าย ความสามารถของแพทย์ เวลาในการให้บริการ ความเอาใจใส่ของพนักงาน การทำคู่สัญญากับบริษัทประกันชีวิต การประชาสัมพันธ์ทางเว็บไซต์ ซึ่งมีเป้าหมายให้คนไข้เกิดความประทับใจและเลือกใช้บริการ



ภาพที่ 1 จำนวนคนไข้ต่างชาติที่เข้ามารักษาในประเทศไทย

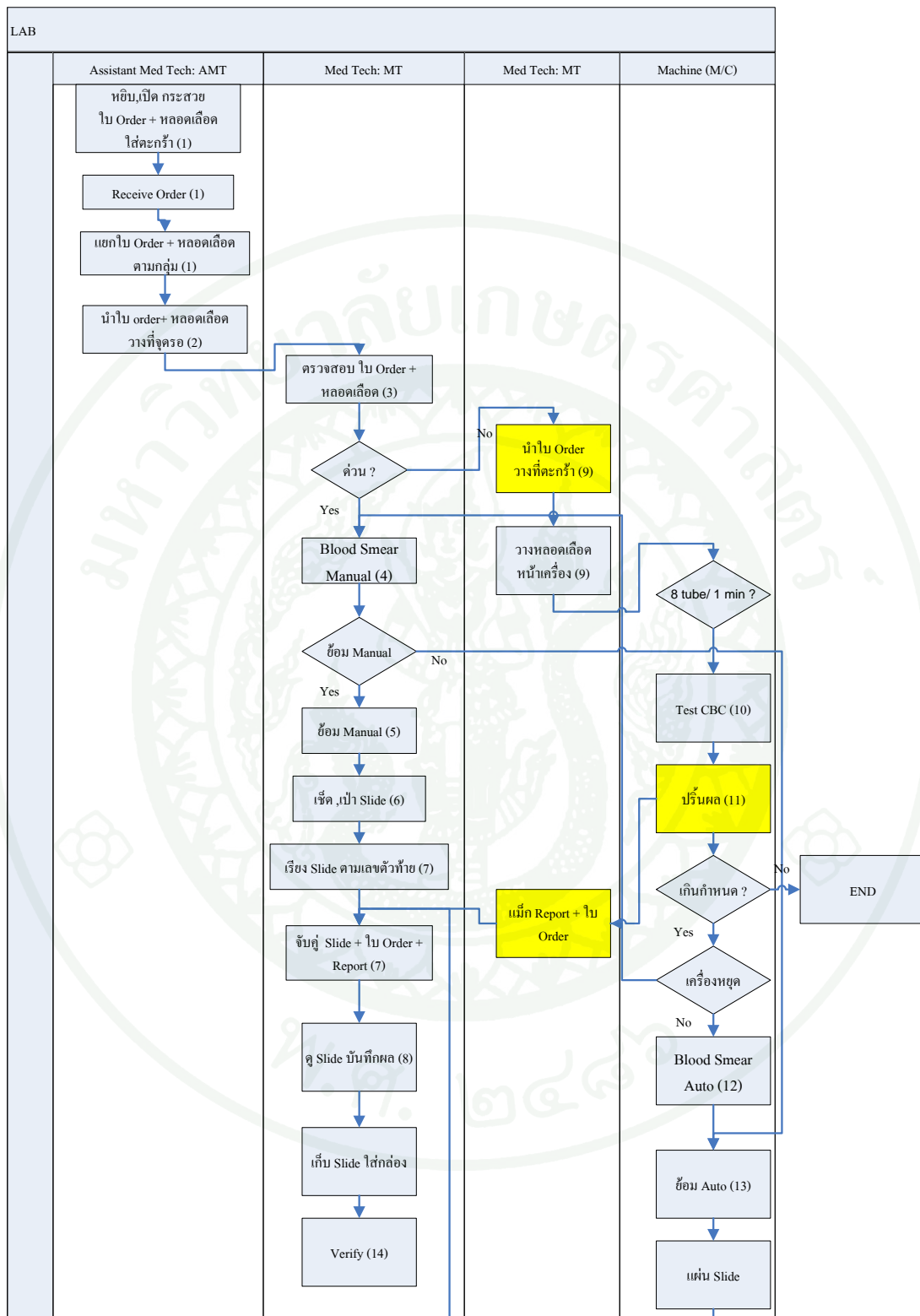
โรงพยาบาลที่ผู้วิจัยเข้าไปศึกษานี้ เป็นโรงพยาบาลเอกชนรายใหญ่แห่งหนึ่งในประเทศไทย โดยคนไข้ของโรงพยาบาลมีทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติ และมีบริการที่หลากหลายรูปแบบ

เช่น ศูนย์มะเร็ง ศูนย์ไตเทียม คลินิก Doctor Golf (บริการให้คำปรึกษาเกี่ยวกับสภาพความพร้อมของร่างกาย อาการบาดเจ็บของนักกอล์ฟ และการพัฒนาฝีมือของนักกอล์ฟ) สถาบันกระดูกสันหลัง ศูนย์การแพทย์สำหรับผู้เดินทางและศูนย์ตรวจสุขภาพ เนื่องจากโรงพยาบาลได้เก็บสถิติความไม่พึงพอใจของคนไข้ จึงพบว่าหัวข้อที่คนไข้ไม่พึงพอใจมากที่สุด คือ เวลารอคอยในการตรวจรักษา จากการศึกษพบว่าค่าซ้ำของการตรวจรักษาบางส่วนเกิดจากความล่าช้าของผลตรวจจากห้องแล็บ

ห้องแล็บมีการตรวจ 3 กลุ่ม คือ Hematology Test, Immunology Test และ Biochemical Tests โดยกลุ่ม Immunology Test และ Biochemical Tests ใช้หลอดเลือดร่วมกันมีจุกหลอดสีแดง และกลุ่ม Hematology Test ใช้จุกหลอดสีม่วง เหตุผลที่เลือกพิจารณาเฉพาะ Hematology Test เนื่องจาก Immunology Test และ Biochemical Tests อยู่ต่อกันเป็นสายการตรวจแบบอัตโนมัติ จึงใช้จำนวน Med Tech (Medical Technicians) น้อย แต่ Hematology Test มีการตรวจแบบกึ่งอัตโนมัติจึงใช้ Med Tech ในการตรวจ ส่งผลให้เวลาในการตรวจมีเวลานานประมาณ  $73.08 \pm 3.72$  นาทีต่อหลอด ในขณะที่เป้าหมายของแล็บคือ 60 นาทีต่อหลอด

กลุ่ม Hematology Test ยังสามารถแบ่งได้อีกหลายการตรวจ โดยใช้ Med Tech กลุ่มเดียวกันและลักษณะงานคล้ายกัน แต่การตรวจนับเม็ดเลือดอย่างสมบูรณ์ (Complete Blood Count: CBC) มีจำนวนการตรวจสูงกว่าการตรวจอื่นๆ จึงเลือกการตรวจนับเม็ดเลือดอย่างสมบูรณ์เป็นตัวแทนของกลุ่ม Hematology Test

การตรวจนับเม็ดเลือดอย่างสมบูรณ์ประกอบด้วยการตรวจนับจำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาว การตรวจหาปริมาณฮีโมโกลบิน การตรวจหาปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่น การนับแยกชนิดของเซลล์เม็ดเลือด การคาดการณ์จำนวนเกล็ดเลือด รวมถึงความผิดปกติของเกล็ดเลือด และการตรวจทำให้ทราบถึงสถานะสุขภาพของร่างกาย และความเสี่ยงต่อการเกิดโรค ค้นหาความผิดปกติของร่างกาย เพื่อป้องกันและรักษาโรคต่างๆ ได้ทันการ



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการตรวจนับเม็ดเลือดอย่างสมบูรณ์ (CBC)

การตรวจนับเม็ดเลือดอย่างสมบูรณ์มีสิ่งที่เราสนใจ (Entity) คือหลอดเลือดของการตรวจนับเม็ดเลือดอย่างสมบูรณ์ ผู้วิจัยพิจารณาหลอดเลือด 615 หลอดเลือดจากการเก็บข้อมูล 3 เดือน และสามารถแบ่งได้เป็น 24 ช่วง ช่วงละ 1 ชั่วโมง จากภาพที่ 2 สามารถอธิบายขั้นตอนการตรวจนับเม็ดเลือดอย่างสมบูรณ์ ดังนี้

1. กระจายส่งเลือดถูกส่งมาถึงแล็บ ผู้ช่วย (Assistant Med Tech: AMT) หยิบกระจายจากท่อส่ง
2. AMT รับเลือดเข้าระบบโดยการอ่านบาร์โค้ดที่ติดอยู่ที่หลอดเลือด
3. AMT แยกไบออร์เคอร์ และหลอดเลือดตามกลุ่มตรวจ ซึ่งแบ่งเป็น 3 กลุ่ม
4. AMT นำไบออร์เคอร์ และหลอดเลือดไปวางที่จุดรอของแต่ละกลุ่มตรวจ
5. MT เดินมาหยิบไบออร์เคอร์ และหลอดเลือด เพื่อนำไปเข้าเครื่องตรวจ CBC ระหว่างการเดินไปเครื่องตรวจ MT ตรวจสอบว่าเป็นออร์เคอร์ที่คว่นหรือไม่
  - 5.1. กรณีคว่น
    - 5.1.1. MT นำไบออร์เคอร์ และหลอดเลือดไปวางที่จุด Blood Smear Manual
    - 5.1.2. MT ตัดสินใจว่าย้อมสไลด์แบบ Manual หรือไม่
    - 5.1.3. การย้อมสไลด์แบบ Manual ทำที่จุดเดียวกันกับจุดทำ Blood Smear Manual ต่อ (\*)
    - 5.1.4. หากไม่ย้อมสไลด์แบบ Manual, MT จะหยิบสไลด์ไปเข้าเครื่องย้อมอัตโนมัติ
  - 5.2. กรณีไม่คว่น

5.2.1. MT นำหลอดเลือดวางที่หน้าเครื่องตรวจ CBC เครื่องตรวจโดยอัตโนมัติ แต่หากมีกรณีพิเศษดังต่อไปนี้เกิดขึ้น จะดำเนินการต่อที่ชั้นที่ 6

5.2.1.1. ถ้าผลการตรวจมีค่าเกินกำหนด เครื่องจะ Blood Smear และข้อม ให้อัตโนมัติ

5.2.1.2. เครื่องทำ Blood Smear เสียหรือแพทย์ต้องการดูสไลด์เพิ่ม MT ทำ Blood Smear Manual เพิ่ม

## 6. กรณีมีสไลด์ (\*)

6.1. สไลด์ถูกนำไปวางที่จุดเข็ดและเป่าสไลด์

6.2. ใบออร์เดอร์, ผลที่ออกจากเครื่องตรวจ และสไลด์จะถูกนำมารวมกันที่จุดดูสไลด์ เพื่อให้ MT ส่องกล้องจุลทรรศน์ เพื่อดูสไลด์และบันทึกผล

6.3. MT จะเก็บสไลด์ไว้ในกล่องเพื่อเป็นหลักฐาน

7. เลขานุการแล็บที่ได้รับมอบหมาย Verify ซึ่งก็คือผลลัพธ์ต่างๆเข้าระบบคอมพิวเตอร์ ของโรงพยาบาล

## วัตถุประสงค์

นำเสนอวิธีการลดเวลาโดยรวมในระบบของระบบการตรวจนับเม็ดเลือดอย่างสมบูรณ์ ต้องการลดจากค่าปัจจุบันคือ 73.08 นาทีเป็นเวลา 60 นาที วิธีการปรับปรุงคือ เปลี่ยนการวางผังโรงงาน และปรับเปลี่ยนตำแหน่งการทำงานของพนักงาน ประเมินผลโดยตัวแบบจำลองสถานการณ์แบบเหตุการณ์ไม่ต่อเนื่อง (Discrete Event Simulation Model)

## ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาการทำงานและเวลาของการตรวจเลือดในห้องแล็บเลือด ในช่วงเวลา 7.00-12.00 น. ซึ่งมีอัตราจำนวนหลอดเลือดส่งตรวจสูงที่สุดของวันโดยเฉลี่ย จึงให้ CBC เป็นตัวแทนของห้องแล็บเลือดทั้งหมด เพราะการตรวจ CBC มีจำนวนพนักงานมากกว่าการตรวจอื่นๆ และใช้จำนวนการตรวจสูงกว่าการตรวจอื่นๆในการตรวจ Hematology Test คิดเป็น 73.91% และพิจารณาหลอดเลือดตัวอย่าง 615 หลอดในเวลา 3 เดือน ลักษณะกระบวนการเข้าใช้ระบบ (Arrival process) ของหลอดเลือดจะแบ่งเป็น 24 ช่วง ช่วงละ 1 ชั่วโมง ช่วงที่มีปริมาณหลอดเลือดมากที่สุดคือ เวลา 07.00 AM – 01.00 PM และเวลาในการทำงานของพนักงานจะแบ่งออกเป็น 2 กะ กะที่ 1 คือช่วงเวลา 07.01 AM – 04.00 PM และกะที่ 2 คือช่วงเวลา 04.01 PM – 07.00 AM ในแต่ละกะจะมีจำนวน MTs และ AMTs ไม่เท่ากันเพราะจะจัดจำนวนของพนักงานตามแนวโน้มของจำนวนหลอดเลือดของการทดสอบ CBC ของกะนั้นๆ

## ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัยนี้คือ ลดเวลาโดยรวมในระบบ (Turnaround time) ของระบบการตรวจนับเม็ดเลือดอย่างสมบูรณ์ (Complete Blood Count; CBC) จากค่าปัจจุบันคือ 73.08 นาที และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของพนักงาน

## แหล่งทุนสนับสนุน

ทุนวิจัยภายใต้โครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษา (สกอ.)-สำนักงานคณะกรรมการ  
วิจัยแห่งชาติ (วช.) คลัสเตอร์การวิจัยด้านระบบโลจิสติกส์เพื่อการยกระดับการให้บริการสุขภาพ  
และอนามัยของประเทศไทย



## การตรวจเอกสาร

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อลดเวลาโดยรวมในระบบของการตรวจนับเม็ดเลือดอย่างสมบูรณ์ (CBC) โดยใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์ เพื่อเปรียบเทียบกับเวลาโดยรวมในระบบในปัจจุบัน เอกสารที่เกี่ยวข้องได้แก่ การวิเคราะห์ข้อมูลรับเข้า (Input Modeling), การแจกแจงทางสถิติที่เกี่ยวข้อง, การตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ (Validation), การวางผังโรงงาน (Plant Layout), ตัวแบบจำลองสถานการณ์, การจำลองสถานการณ์โดยใช้โปรแกรมอารีนา (Arena), ผังก้างปลา (Fishbone Diagram หรือ Cause and Effect Diagram) และวิธีการเลือกตัวเลือกที่ดีที่สุด

### 1. การวิเคราะห์ข้อมูลรับเข้า

ใช้เพื่อทดสอบค่าการกระจายตัวของข้อมูลที่สนใจ ว่ามีการแจกแจงความน่าจะเป็น (Probability Distribution) แบบใด ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลรับเข้า ดังนี้ (รุ่งรัตน์, 2551)

1.1. เก็บรวบรวมข้อมูล เช่น ช่วงเวลาการมาถึงของหลอดเลือด, เวลาในแต่ละขั้นตอนของการตรวจสอบ การได้มาซึ่งข้อมูลคือการจับเวลา, สอบถามเจ้าหน้าที่, ข้อมูลจากระบบคอมพิวเตอร์

1.2. เลือกการแจกแจงของข้อมูล มีการตรวจสอบค่า P-value ที่ได้จากผล Input Analyzer โดยมีวิธีทดสอบสมมติฐานการกระจายตัวของความน่าจะเป็นของข้อมูล 2 วิธีคือ

1.2.1. วิธีการทดสอบโคโมโกรอฟ-สเมียร์นอฟ (Kolmogorov-Smirnov Test) ใช้ทดสอบกรณีข้อมูลมีน้อยกว่า 50 ข้อมูล

1.2.2. วิธีการทดสอบไคสแควร์ (Chi-Square Test) ใช้ทดสอบกรณีข้อมูลมีอย่างน้อย 50 ข้อมูล

ค่า P-value ที่ได้จากการทดสอบมากกว่าค่าระดับนัยสำคัญ (Significance Level) ที่ตั้งไว้ เช่น 5% จะยอมรับสมมติฐานหลัก ( $H_0$ ) เป็นการตั้งสมมติฐานเพื่อการทดสอบ โดยจะนำความเชื่อหรือสิ่งที่คาดไว้ใส่ในสมมติฐานหลัก เช่น

สมมติฐานหลัก ( $H_0$ ): เวลาที่ใช้ในการไลสไลด์มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 10 นาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1 นาที

สมมติฐานรอง ( $H_1$ ): เวลาที่ใช้ในการไลสไลด์ไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 10 นาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1 นาที

## 2. การแจกแจงความน่าจะเป็นที่เกี่ยวข้อง

การแจกแจงความน่าจะเป็นของข้อมูลเป็นฟังก์ชันที่แสดงว่าข้อมูลมีค่าเท่ากับค่าใดค่าหนึ่ง ในแซมเปิลสเปซ ตัวอย่างด้วยความน่าจะเป็นเท่ากับเท่าใด เพื่ออ้างอิงในการวิเคราะห์ข้อมูล และทดสอบสมมติฐานที่สามารถสรุปผลการวิจัย (กัลยา, 2552)

2.1. การแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) เป็นการแจกแจงของข้อมูลที่เป็นข้อมูลแบบต่อเนื่อง (Continuous variable) โดยกราฟของข้อมูลจะมีลักษณะเป็นรูประฆังคว่ำและลักษณะสมมาตร โดยมีค่าเฉลี่ยเป็นจุดกึ่งกลางซึ่งแบ่งพื้นที่ออกเป็น 2 ส่วน และกราฟจะมีจุดยอดเพียงจุดเดียว สมการของเส้นโค้งปกติ ได้แก่

$$f(x; \mu, \sigma^2) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-(x-\mu)^2/2\sigma^2} \quad (1)$$

โดยที่

$f(x)$	แทน	ค่าของ Probability density function (PDF)
$N$	แทน	จำนวนข้อมูล
$\mu$	แทน	ค่าเฉลี่ย
$\sigma$	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
$x$	แทน	ข้อมูล (มีค่าระหว่าง $+\infty$ ถึง $-\infty$ )

ค่าเฉลี่ย (Mean) เป็นค่ากลางของข้อมูล โดยใช้เป็นตัวแทนของข้อมูลที่น่ามาคำนวณ

$$\overline{E(x)} = \hat{\mu} = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_N}{N} \quad (2)$$

ค่าแปรปรวน (Variance) ใช้เพื่อดูการกระจายของข้อมูล พิจารณาจากผลรวมของค่าแตกต่างระหว่างค่าของข้อมูลกับค่าเฉลี่ย โดยสามารถเป็นได้ทั้งค่าบวกหรือค่าลบ จึงกำหนดให้ค่าแปรปรวนยกกำลังสอง เพื่อให้ผลที่ได้มีค่าเป็นบวก

$$V(x) = \sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \mu)^2}{N} \quad (3)$$

2.2. การแจกแจงแบบปัวซอง (Poisson Distribution) อธิบายถึงจำนวนครั้งของเหตุการณ์ หรือจำนวนสิ่งที่น่าสนใจที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่กำหนด หรือในพื้นที่ที่กำหนด เช่น จำนวนรถที่จอดในลานจอดรถในชั่วโมง 7.00-12.00 น.

$$f(x; \lambda) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!}; x = 0, 1, 2, \dots \quad (4)$$

$$E(x) = V(x) = \lambda \quad (5)$$

โดยที่

$x$  แทน จำนวนสิ่งที่น่าสนใจที่เกิดขึ้นในช่วงเวลา หรือในพื้นที่ที่กำหนด

$\lambda$  แทน จำนวนสิ่งที่น่าสนใจที่เกิดขึ้นโดยเฉลี่ยในช่วงเวลา หรือในพื้นที่ที่กำหนด

2.3. กระบวนการปัวซองแบบไม่เป็นเอกพันธ์ (Nonhomogeneous Poisson Process) โดยอัตราการไหลเข้าเป็นแบบส่วนข้อมูลที่มีลักษณะไม่นิ่ง (Non-stationary)

$$f(x) = \frac{m(x)}{m(t)}; x \leq t \quad (6)$$

$$f(x) = 1; x > t \quad (7)$$

$$m(t) = \int_0^t \lambda(u) du \quad (8)$$

โดยที่

$x$  แทน จำนวนสิ่งที่น่าสนใจที่เกิดขึ้นในช่วงเวลา หรือในพื้นที่ที่กำหนด

$\lambda(u)$  แทน จำนวนสิ่งที่น่าสนใจที่เกิดขึ้นโดยเฉลี่ยในช่วงเวลา หรือในพื้นที่ที่กำหนด

กำหนด

2.4. การแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล (Exponential Distribution) ข้อมูลสุ่มแบบต่อเนื่องที่มีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล มักจะใช้กับระบบแถวคอย เช่น เวลาารอดประจำทาง (Bertsekas and Tsitsiklis, 2002)

$$f(x; \lambda) = \frac{1}{\lambda} e^{-\frac{x}{\lambda}} \quad (9)$$

$$E(x) = \mu = \lambda \quad (10)$$

$$V(x) = \sigma^2 = \lambda^2 \quad (11)$$

2.5. การแจกแจงแบบสามเหลี่ยม (Triangular Distribution) เป็นการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบต่อเนื่อง โดยข้อมูลที่มีแบ่งออกเป็นสามกลุ่ม

$$f(x) = \frac{(x-a)^2}{(b-a)(c-a)} ; a \leq x \leq c \quad (12)$$

$$f(x) = 1 - \frac{(b-x)^2}{(b-a)(b-c)} ; c < x \leq b \quad (13)$$

$$E(x) = \mu = \frac{a + b + c}{3} \quad (14)$$

$$V(x) = \sigma^2 = \frac{a^2 + b^2 + c^2 - ab - ac - bc}{18} \quad (15)$$

โดยที่

$a$	แทน	ค่าน้อยที่สุด
$b$	แทน	ค่ามากที่สุด
$c$	แทน	ค่าที่น่าจะเป็นได้มากที่สุด

### 3. ตัวแบบจำลองสถานการณ์

ตัวแบบจำลองสถานการณ์ เป็นตัวแบบที่ช่วยในการนำเสนอข้อมูลต่างๆของระบบ เพื่อจะนำข้อมูลไปใช้ตัดสินใจในการแก้ไขปัญหา โดยโปรแกรมที่ใช้จำลองสถานการณ์เป็นโปรแกรมที่มีความสามารถในการใช้สูตรคำนวณทางคณิตศาสตร์เพื่อวิเคราะห์ข้อมูล สร้างแนวทางตัดสินใจให้ระบบ ค้นหาคำตอบ หรือจำลองให้เห็นภาพของข้อมูล เพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาโดยไม่รบกวนงานในระบบจริง เช่น จำลองเส้นทางการลำเลียงสินค้า, จำลองระบบโรงพยาบาล และจำลองระบบการผลิต (รุ่งรัตน์, 2551)

### 3.1. ขั้นตอนการจำลองสถานการณ์

3.1.1. กำหนดลักษณะของปัญหา กำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตของการศึกษา เก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เช่น จำนวนพนักงานในแต่ละสถานีนงาน, เวลาในแต่ละสถานี และระยะทางระหว่างแต่ละสถานี

3.1.2. สร้างตัวแบบจำลองสถานการณ์จะกำหนดตัวแปรต่างๆ, กำหนดข้อกำหนด, ตั้งสมมติฐาน, กำหนดความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีส่วนเกี่ยวข้องกัน

3.1.3. ตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบจำลอง เพื่อตรวจสอบว่าผลลัพธ์ที่ได้จากตัวแบบมีความถูกต้องและเชื่อถือได้ โดยเปรียบเทียบผลลัพธ์กับผลลัพธ์ของระบบจริง โดยผลที่ได้ควรจะต้องสอดคล้องกัน หรือทดสอบทางสถิติโดยการตั้งสมมติฐานทางสถิติแบบจำลองสถานการณ์จึงจะถูกต้อง แต่หากไม่สอดคล้องควรจะได้พิจารณาทบทวนตัวแบบที่สร้างขึ้นเพื่อปรับปรุงแก้ไขต่อไป แล้วตรวจสอบใหม่

3.1.4. ออกแบบการทดลองและคำนวณ โดยกำหนดจำนวนรอบทำซ้ำ และระยะเวลาของการทดลอง เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เชื่อถือได้มาใช้กับระบบ

3.1.5. ประเมินผล โดยสรุปผลการคำนวณตามดัชนีชี้วัด และวัตถุประสงค์ของการศึกษา

3.1.6. นำไปใช้งาน

### 3.2. ข้อดีของการจำลองสถานการณ์

สามารถใช้แบบจำลองกับระบบที่ไม่สามารถทดลองได้ในระบบจริง เช่น การเปลี่ยนตำแหน่งของเครื่องตรวจเลือดซึ่งไม่สามารถเคลื่อนย้ายกลับไปกลับมาได้ จึงต้องใช้การจำลองสถานการณ์ช่วยตัดสินใจว่าจะวางเครื่องตรวจเลือดที่จุดไหน และสามารถจำลองสถานการณ์เพื่อทำนายอนาคตของระบบโดยใช้เวลาน้อยในการประมวลผลของแบบจำลอง

### 3.3. ข้อเสียของการจำลองสถานการณ์

การสร้างแบบจำลองจะต้องใช้ผู้ที่มีความรู้เกี่ยวกับโปรแกรมสร้างแบบจำลอง และต้องมีความรู้ทางสถิติ เพื่อสามารถวิเคราะห์และนำผลลัพธ์ที่ได้ใช้เป็นทางเลือกในการตัดสินใจ และนำไปปรับใช้กับระบบจริง และการเก็บข้อมูลในอดีตจะต้องเก็บอย่างถูกต้องจึงจะทำให้ผลที่ได้มีความใกล้เคียงกับระบบจริง ในบางครั้งผลลัพธ์ที่ได้ไม่ได้เป็นทางเลือกที่ดีที่สุดให้กับระบบ และผลลัพธ์จะเป็นค่าประมาณการ

## 4. การจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมออรินา

Kelton *et al.* (2009) กล่าวว่าโปรแกรมออรินาเป็นโปรแกรมที่ผู้ใช้สามารถใช้ได้ง่าย เพราะเป็นการสร้างโมเดลแบบลำดับขั้นและมีโมดูล (Module) แบบพื้นฐาน และยังสามารถนำข้อมูลจากโปรแกรมอื่นๆมาใช้ร่วมกับโปรแกรมออรินาได้ โปรแกรมออรินาประกอบด้วย 3 ส่วน ดังนี้

4.1. Project Bar ใช้สำหรับสร้างแบบจำลองสถานการณ์ ประกอบด้วย โมดูล หรือ หน่วยประกอบต่างๆ

4.2. Flowchart View ใช้แสดงการเชื่อมต่อกระบวนการทำงานทั้งหมด เป็นลักษณะ หน่วยโครงสร้าง (Flowchart Module) และสามารถสร้างภาพการเคลื่อนไหวของระบบจำลอง

4.3. Spreadsheet View ใช้สำหรับใส่และแสดงข้อมูลต่างๆที่จำเป็นต่อแบบจำลองสถานการณ์

## 5. การตรวจสอบความถูกต้อง

เป็นการรับประกันว่าแบบจำลองสถานการณ์มีความแม่นยำเพียงพอเพื่อช่วยตัดสินใจ โดยการตรวจสอบจากภาพเคลื่อนไหวว่าแบบจำลองสถานการณ์มีการทำงานคล้ายคลึงกับระบบจริง หรือไม่ เปรียบเทียบข้อมูลนำเข้ากับผลลัพธ์ และนำผลลัพธ์ที่ได้ไปทดสอบทางสถิติ (Banks *et al.*, 2009)

ตัวอย่างเช่น  $H_0$ : เวลาในการส่งสไลด์ = 2.72

$H_1$ : เวลาในการส่งสไลด์  $\neq$  2.72

จะปฏิเสธ  $H_0$  เมื่อ

$$\frac{|\bar{Y} - \mu_0|}{S/\sqrt{R}} > t_{\frac{\alpha}{2}, R-1} \quad (16)$$

โดยที่

$\bar{Y}$	แทน	ค่าเฉลี่ยของข้อมูล
$S$	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
$R$	แทน	จำนวนรอบทำซ้ำ
$t_{\frac{\alpha}{2}, R-1}$	แทน	ค่าทางสถิติจากการแจกแจงแบบที่ศึกษาที่นัยสำคัญ $\frac{\alpha}{2}$ และองศาอิสระ $R-1$

อิสระ  $R-1$

Rossetti (2010) อธิบายการเปรียบเทียบทางสถิติ 2 ระบบแบ่งเป็น 2 กรณี เพื่อหาวิธีการเลือกที่ดีที่สุด

5.1. การเปรียบเทียบเมื่อค่าจากระบบทั้งสองเป็นอิสระต่อกัน ในกรณีที่ไม่ว่างค่าความแปรปรวน

$$\bar{X}_k = \frac{1}{n_k} \sum_{j=1}^{n_k} X_{kj}, \quad k = 1 \text{ และ } k = 2 \quad (17)$$

$$S_k^2 = \frac{1}{n_k-1} \sum_{j=1}^{n_k} (X_{kj} - \bar{X}_k)^2 \quad (18)$$

โดยที่

$\bar{X}_k$	แทน	ค่าเฉลี่ยของระบบที่ $k$ , $k = 1, 2$
$S_k^2$	แทน	ความแปรปรวนของระบบที่ $k$
$n_k$	แทน	จำนวนตัวอย่างของระบบที่ $k$
$X_{kj}$	แทน	ค่าของประชากรลำดับที่ $j$ ในระบบที่ $k$
$v$	แทน	ค่าของประชากรลำดับที่ $j$ ในระบบที่ $k$

กรณีที่ค่าความแปรปรวนของประชากรในกลุ่มตัวอย่างไม่เท่ากัน ช่วงความเชื่อมั่นความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกลุ่มตัวอย่างเป็น ดังนี้

$$\bar{X}_1 - \bar{X}_2 \pm t_{\alpha/2, v} \sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}} \quad (19)$$

$$\text{โดยที่ ค่าองศาอิสระ (v)} = \frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}\right)^2}{\frac{(S_1^2/n_1)^2}{n_1+1} + \frac{(S_2^2/n_2)^2}{n_2+1}} \quad (20)$$

โดยที่

$l$	แทน	ขีดจำกัดล่างของช่วงความเชื่อมั่น
$u$	แทน	ขีดจำกัดบนของช่วงความเชื่อมั่น
$\theta_1$	แทน	ของประชากรในกลุ่มประชากรที่ 1
$\theta_2$	แทน	ของประชากรในกลุ่มประชากรที่ 2

กำหนดให้  $[l, u]$  แทนคำตอบของช่วงความเชื่อมั่นของความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระบบ จะมีคำตอบอยู่ในช่วงความเชื่อมั่น  $(1 - \alpha)\%$  ได้ 3 กรณี  
 กรณี  $u < 0$  แล้ว  $\theta = \theta_1 - \theta_2 < 0$  ดังนั้น  $\theta_1 < \theta_2$   
 กรณี  $l > 0$  แล้ว  $\theta = \theta_1 - \theta_2 > 0$  ดังนั้น  $\theta_1 > \theta_2$   
 กรณี  $[l, u]$  ครอบ 0 ไม่สามารถสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยของระบบใดมากกว่า เนื่องจากข้อมูลไม่เพียงพอ

## 5.2. การเปรียบเทียบเมื่อกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มไม่เป็นอิสระต่อกัน

โดยที่

$D_j$	แทน	ความแตกต่างระหว่างค่าของประชากรลำดับที่ $j$
$\bar{D}$	แทน	ค่าเฉลี่ยของความแตกต่างระหว่างประชากร 2 ระบบ
$S_D$	แทน	ความแปรปรวนของความแตกต่างระหว่างประชากร 2 ระบบ
$n$	แทน	จำนวนของประชากรในระบบ โดย $n_1 = n_2$

การคำนวณหาความแตกต่างระหว่างประชากร 2 ระบบ

$$D_j = X_{1j} - X_{2j} \quad (21)$$

การคำนวณหาค่าเฉลี่ยของความแตกต่างระหว่างประชากร 2 ระบบ

$$\bar{D} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n D_j \quad (22)$$

การคำนวณหาความแปรปรวนของความแตกต่างระหว่างประชากร 2 ระบบ

$$S_D^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (D_j - \bar{D})^2 \quad (23)$$

ช่วงความเชื่อมั่นความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของระบบคือ

$$\bar{D} \pm t_{\frac{\alpha}{2}, n-1} \frac{S_D}{\sqrt{n}} \quad (24)$$

กำหนดให้  $[L, u]$  แทนคำตอบของช่วงความเชื่อมั่นของความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระบบ จะมีคำตอบอยู่ในช่วงความเชื่อมั่น  $(1 - \alpha)\%$  ได้ 3 กรณี

กรณี  $u < 0$  แล้ว  $\theta = \theta_1 - \theta_2 < 0$  ดังนั้น  $\theta_1 < \theta_2$

กรณี  $l > 0$  แล้ว  $\theta = \theta_1 - \theta_2 > 0$  ดังนั้น  $\theta_1 > \theta_2$

กรณี  $[L, u]$  อยู่ระหว่าง 0 ไม่สามารถสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยของระบบใดมากกว่า เนื่องจากข้อมูลไม่เพียงพอ สามารถแก้ไขโดยการเพิ่มระบบให้มากขึ้น หรือในตัวอย่างจำลองสถานการณ์ในโปรแกรมอริโน เรียกว่าจำนวนรอบทำซ้ำ

## 6. การวางผังโรงงาน

การเตรียมสถานที่สำหรับการวางเครื่องจักร วัตถุดิบ คน สถานที่ทำงาน พร้อมทั้งสิ่งอำนวยความสะดวกและสนับสนุนการผลิตในตำแหน่งที่เหมาะสม ลดทอนสิ่งที่ไม่จำเป็นต่างๆ ผังโรงงานที่ดีควรมองจากหลายมุมมอง เพื่อลดการเคลื่อนย้ายสิ่งต่างๆที่ไม่จำเป็น ลดเวลาในกระบวนการและใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า (คมกฤต, 2554)

### 6.1. กระบวนการในการวางผังโรงงาน

6.1.1. ศึกษาปัญหาการวางผังโรงงาน ผังโรงงานของแต่ละสถานที่จะมีขอบเขตของปัญหาแตกต่างกัน เช่น ลักษณะของผังโรงงาน มาตรฐานหรือกฎหมายที่เกี่ยวข้อง วัตถุประสงค์ในการจัดผังโรงงาน

6.1.2. สร้างทางเลือกในการวางผังโรงงาน ใช้การคำนวณทางคณิตศาสตร์ วิเคราะห์โดยใช้ความสัมพันธ์ของแต่ละสถานีงานหรือแต่ละกิจกรรม โดยคำนึงถึงข้อจำกัดต่างๆ

6.1.3. ประเมินและเลือกทางเลือกที่เหมาะสม

6.1.4. ติดตามผังโรงงานที่เลือกใช้

6.2. การวิเคราะห์การไหล ช่วยให้เห็นการไหลของวัตถุ พนักงาน สิ่งที่น่าสนใจต่างๆ ได้อย่างชัดเจน เครื่องมือที่นิยมใช้ได้แก่ แผนภูมิกระบวนการ (Flow Process Charts) แผนภาพการไหล (Flow Diagram)

6.2.1. แผนภูมิกระบวนการ แสดงกระบวนการทำงานหรือกิจกรรมต่างๆที่เกิดขึ้นระหว่างการทำงาน โดยใช้สัญลักษณ์คือ

- แทน การปฏิบัติงาน
- ⇒ แทน การขนส่ง
- แทน การตรวจสอบ
- D แทน การรอคอย
- ▽ แทน การเก็บรักษา

6.2.2. แผนภาพการไหล แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ พนักงานในพื้นที่ที่สนใจ เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของผังโรงงาน และความซับซ้อนของเส้นทางการเคลื่อนที่

### 6.3. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของกิจกรรม

Muther (1961) ได้พัฒนาแผนภูมิความสัมพันธ์ของกิจกรรม (Activity Relationship Chart; REL Chart) จะนำเสนอข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยแต่ละคู่กิจกรรมจะถูกประเมินความสัมพันธ์ หรือ อัตราความใกล้ชิดของคู่กิจกรรม

การสร้างแผนภูมิความสัมพันธ์ของกิจกรรม โดยจะใช้ตัวอักษรภาษาอังกฤษแทนระดับ ความสำคัญของการใกล้ชิดของคู่กิจกรรม ดังนี้

A แทน กิจกรรมหรือคู่กิจกรรมจำเป็นต้องอยู่ใกล้ชิดกันอย่างยิ่ง (Absolutely Necessary)

E แทน กิจกรรมหรือคู่กิจกรรมสำคัญซึ่งกันและกันอย่างยิ่ง (Especially Important)

I แทน กิจกรรมหรือคู่กิจกรรมสำคัญซึ่งกันและกัน (Important)

O แทน กิจกรรมหรือคู่กิจกรรมมีความใกล้ชิดกันแบบธรรมดา (Ordinary Closeness OK)

U แทน กิจกรรมหรือคู่กิจกรรมไม่มีสำคัญซึ่งกันและกัน (Unimportant)

X แทน กิจกรรมหรือคู่กิจกรรมไม่จำเป็นต้องอยู่ใกล้ชิดกัน (Undesirable)

ขั้นตอนการสร้างแผนภูมิความสัมพันธ์ของกิจกรรม

ก. รวบรวมรายชื่อกิจกรรมหรือแผนกที่เกี่ยวข้อง

ข. นิยามอัตราความใกล้ชิดโดยการสัมภาษณ์บุคลากรที่เกี่ยวข้อง

ค. บุคลากรที่เกี่ยวข้องให้คะแนนลงในแผนภูมิความสัมพันธ์ของกิจกรรม

### 6.4. แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ (Relationship Diagram) เป็นการแสดงความสัมพันธ์

ระหว่างกิจกรรมหรือแผนกต่างๆ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับแผนภูมิความสัมพันธ์ของกิจกรรม และ บอกถึงตำแหน่งที่ตั้งของกิจกรรมหรือแผนกที่สนใจตามความสัมพันธ์ของแต่ละคู่กิจกรรม และ พิจารณาข้อจำกัดต่างๆประกอบ

การสร้างแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ เป็นแนวคิดในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สำหรับการวางผังโรงงาน ซึ่งแนวคิดดังกล่าวใช้ในโปรแกรมที่มีชื่อว่า CORELAP มีขั้นตอนดังนี้

ก. จำนวนอัตราความใกล้ชิดรวม (Total Closeness Rating: TCR) โดยกำหนดให้แต่ละความสัมพันธ์มีคะแนนดังนี้

A	มีคะแนนเท่ากับ 10,000
E	มีคะแนนเท่ากับ 1,000
I	มีคะแนนเท่ากับ 100
O	มีคะแนนเท่ากับ 10
U	มีคะแนนเท่ากับ 0
X	มีคะแนนเท่ากับ -10,000

ข. คัดเลือกกิจกรรมหรือแผนกแรกที่จะกำหนดลงในผังภาพ โดยพิจารณาค่า TCR ที่มากที่สุด ในกรณีที่มีค่า TCR เท่ากันจะพิจารณาจากจำนวนความสัมพันธ์ (AEIOU)

ค. จัดวางตามคะแนน TCR จากมากไปน้อย โดยจะเรียงจากด้านซ้ายมือของแผนกแรกแล้วเวียนทวนเข็มนาฬิกา

ง. ตรวจสอบว่ากิจกรรมหรือแผนกใดที่ยังไม่ได้พิจารณากำหนดไว้ในผังโรงงาน หากกิจกรรมใดมีความสัมพันธ์กับแผนกแรกเป็น X ให้พิจารณาเป็นแผนกสุดท้าย กรณีมีมากกว่า 2 กิจกรรม ให้พิจารณาค่า TCR มากไปน้อย

จ. ตรวจสอบว่ากิจกรรมหรือแผนกใดที่ยังไม่ได้พิจารณากำหนดไว้ในผังโรงงาน หากกิจกรรมใดมีความสัมพันธ์กับแผนกแรกเป็น A ให้พิจารณาเป็นก่อน ในกรณีที่ไม่มีการพิจารณา E หรือ I หรือ O หรือ U ตามลำดับ สุดท้ายผู้ออกแบบจะได้ผังโรงงานแบบบล็อก (ภาพที่ 3)

1			
3	2	4	
5	10	9	
	8	7	6

ภาพที่ 3 ผังโรงงานแบบบล็อก

6.5. การสร้างผังโรงงานด้วยโปรแกรมคอลแลป (Corelap) ซึ่งถูกพัฒนาเบื้องต้นโดย (Lee และ Moore, 1967) หลังจากนั้นถูกปรับปรุงโดย (Sepponen, 1969) โดยอาศัยข้อมูลแผนภูมิ

ความสัมพันธ์ ซึ่งโปรแกรมสามารถรองรับจำนวนกิจกรรมได้สูงสุด 70 กิจกรรม ข้อมูลพื้นฐานสำหรับโปรแกรมคอลแลปประกอบด้วย

- ก. แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม
- ข. จำนวนกิจกรรม
- ค. ขนาดพื้นที่ของแต่ละกิจกรรม
- ง. ค่าน้ำหนักของแต่ละความสัมพันธ์

สามารถใส่ข้อมูลเพิ่มเติมได้ดังนี้

- ก. สัดส่วนของขนาดการพิมพ์ผังโรงงาน
- ข. อัตราส่วนระหว่างความยาวและความกว้าง
- ค. กำหนดวิธีการพิมพ์ผังโรงงาน
- ง. มีการกำหนดตำแหน่งของแผนกไว้ล่วงหน้า

โปรแกรมคอลแลปสร้างผังโรงงานโดยกำหนดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าให้กับแต่ละแผนก ในการกำหนดแผนกลงในผังโรงงาน โปรแกรมจะใช้แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างแผนกและค่าน้ำหนักที่แทนระดับความใกล้ชิด โดยโปรแกรมกำหนดค่าน้ำหนักคือ

$$A = 6, E = 5, I = 4, O = 3, U = 2, X = 1$$

ซึ่งจะนำไปคำนวณอัตราความใกล้ชิดรวม (TCR)

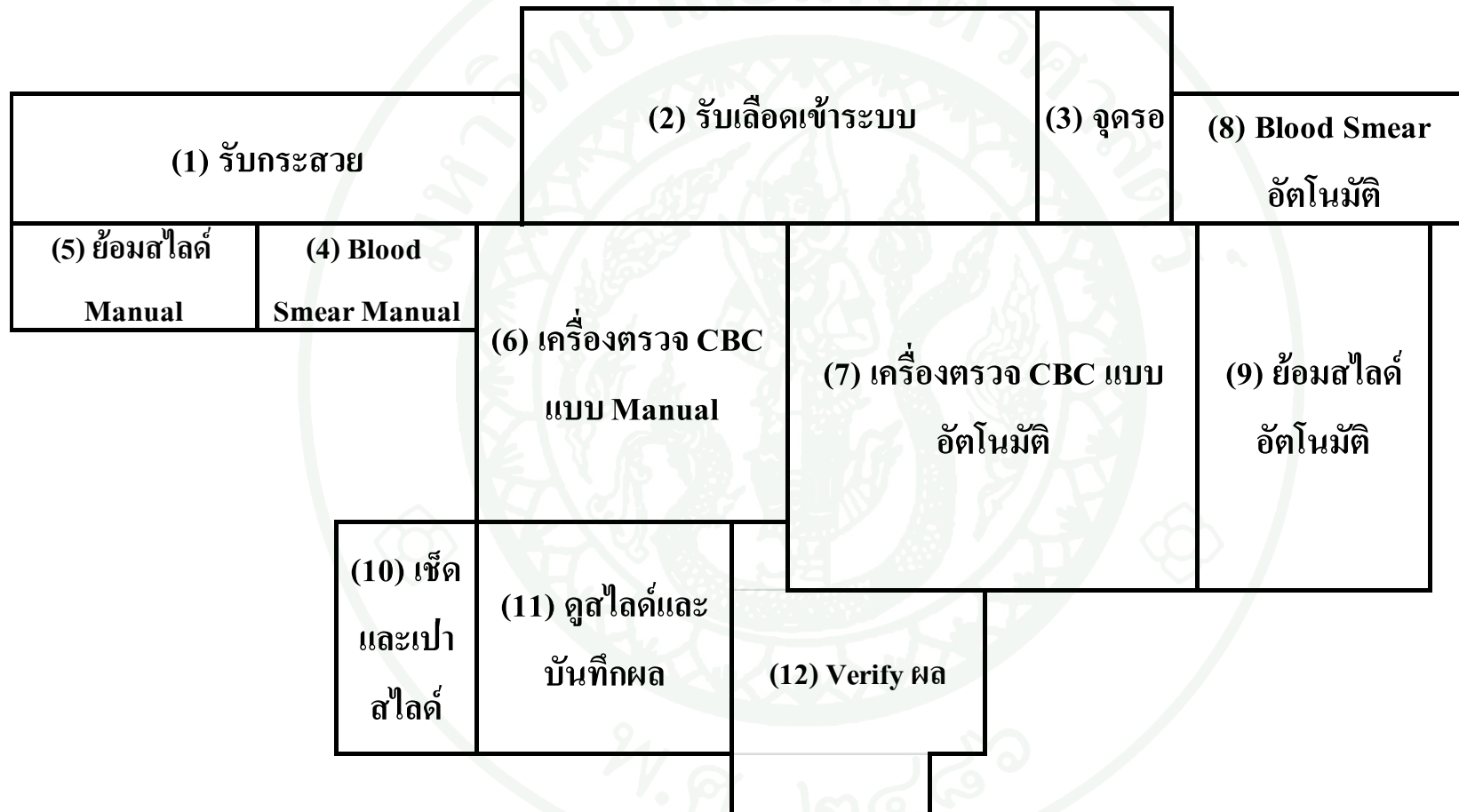
$$TCR_j = \sum_{j=1}^m V(r_{ij}) \quad (25)$$

โดยที่

$V(r_{ij})$  แทน อัตราความใกล้ชิดระหว่างกิจกรรม  $i$  และ  $j$   
 $m$  แทน จำนวนกิจกรรมทั้งหมด

ตารางที่ 1 การคำนวณจำนวนเต็มของพื้นที่สี่เหลี่ยมจัตุรัส

กิจกรรม	จำนวนสี่เหลี่ยมจัตุรัส	ความกว้าง (ซม.)	ความยาว (ซม.)
4	36	40	90
9	108	115	85
12	72	80	90
5	36	40	90
8	60	115	50
11	88	80	110
6	120	100	115
7	180	115	150
1	100	50	200
2	160	80	200
3	40	80	50
10	48	80	60



ภาพที่ 4 แผนผังที่สร้างจากโปรแกรมคอลแลป

## 7. ผังก้างปลา (Cause and Effect Diagram)

เป็นผังที่ใช้วิเคราะห์หาสาเหตุที่มีความเกี่ยวข้องกับหัวข้อที่สนใจ และความสัมพันธ์กันของแต่ละสาเหตุ ซึ่งทำให้เห็นภาพรวมของสาเหตุต่างๆที่สนใจ โดยใช้วิธีการระดมความคิด (Brain Storming) จากผู้เชี่ยวชาญในด้านนั้นๆ อย่างเป็นอิสระ (โยชิโนบุ และคณะ, 2547)

### 7.1. ประโยชน์ของการใช้ผังก้างปลา

ผังก้างปลาเป็นเครื่องมือที่ใช้วิธีการระดมสมองจากผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้อง จึงทำให้ข้อมูลที่ได้รับมีความหลากหลาย ได้สาเหตุของปัญหาที่มีการเกิดแบบต่อเนื่อง เห็นความสัมพันธ์สาเหตุแต่ละสาเหตุ ส่งผลให้ง่ายต่อการจัดกลุ่มเพื่อวิเคราะห์ปัญหา และหาแนวทางแก้ไข

### 7.2. โครงสร้างของผังก้างปลา ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ

#### 7.2.1. หัวปลา แสดงปัญหา หรือสิ่งที่เราสนใจ

#### 7.2.2. ตัวปลา รวบรวมปัจจัยที่เป็นสาเหตุของปัญหาหรือสิ่งที่เราสนใจ

### 7.3. ขั้นตอนการสร้างผังก้างปลา

7.3.1. กำหนดปัญหา หรือสิ่งที่สนใจเพื่อเขียนลงในส่วนหัวปลา ซึ่งจะอยู่ด้านขวามือของกระดาษ

7.3.2. เขียนสาเหตุหลักเติมลงในส่วนตัวปลา ก้างใหญ่จะเขียนสาเหตุหลักของปัญหา และในก้างรองจะเขียนสาเหตุรองของแต่ละสาเหตุหลัก และแตกก้างปลาย่อยเพื่อเขียนสาเหตุย่อยของแต่ละสาเหตุรอง

7.3.3. ตรวจสอบความถูกต้อง โดยดูความสัมพันธ์ของแต่ละสาเหตุ

7.3.4. วิเคราะห์ปัญหา หาแนวทางแก้ไข และนำข้อมูลที่ได้ไปใช้

ปัญหาที่พบจากภาพที่ 5 สามารถแบบได้ดังนี้

ก. Man เป็นปัญหาที่เกิดจากเจ้าหน้าที่ อาจเพราะความชำนาญของเจ้าหน้าที่เอง หรือ อาจจะเป็นเพราะความเร่งรีบของเจ้าหน้าที่

ข. Machine เป็นปัญหาที่เกิดจากเครื่องตรวจต่างๆ เช่น เครื่องตรวจเสีย ระบบคอมพิวเตอร์ค้าง

ค. Material เป็นปัญหาที่เกิดร่วมกับ Man เพราะเจ้าหน้าที่จะเป็นผู้เก็บเลือด และสิ่งส่งตรวจต่างๆ เช่นปริมาณเลือดน้อยกว่าที่ต้องการ

ง. Method ปัญหาด้านนี้เกิดจากการวางแผนการทำงาน จึงทำให้การปฏิบัติงานล่าช้า ผิดบ่อยครั้ง

จ. Environment เป็นปัญหาที่ควบคุมและแก้ไขได้ยาก เช่น ระยะเวลาในระหว่างงานแต่ละงานอยู่ไกล



ภาพที่ 5 ฟังก้างปลา

## 8. ห้องปฏิบัติการคลินิก (Laboratory)

ห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ คือ ห้องปฏิบัติการสำหรับตรวจสิ่งส่งตรวจ (Specimens) ของผู้เข้ารับบริการตรวจทางสุขภาพ เพื่อให้ได้ข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับสุขภาพร่างกาย แบ่งตรวจตามสาขา ดังนี้

8.1. สาขาโลหิตวิทยา (Hematology Test) จะศึกษาถึงสาเหตุ, การวินิจฉัย, การรักษา, การติดตามผล และการป้องกันโรคทางเลือด ซึ่งเป็นโรคที่เกิดจากผลิตภัณฑ์และองค์ประกอบของเลือดที่ผิดปกติ เช่น จำนวนเม็ดเลือด โปรตีนในเลือด หรือ กระบวนการแข็งตัวของเลือดที่ผิดปกติไป เป็นต้น ประกอบด้วย

8.1.1. Complete blood count (CBC)

8.1.2. Erythrocyte sedimentation rate (ESR)

8.1.3. Blood film

8.1.4. Bone marrow biopsy

8.1.5. Coombs test

8.1.6. การตรวจระดับ Ferritin ในน้ำเหลือง

8.1.7. การตรวจระดับ วิตามินบี 12 and Folate

8.1.8. Prothrombin time

8.1.9. Partial thromboplastin time

8.1.10. Protein electrophoresis

### 8.1.11. Hemoglobin electrophoresis

### 8.1.12. D-dimer

การตรวจสอบทางโลหิตวิทยาใช้จุกหลอดสีม่วง (EDTA blood) มีขนาดใส่เลือด 2 ml และ 3 ml และสำหรับเด็กเล็กและผู้ที่จะเจาะเลือดยากมีขนาด 0.5 ml และสารเคมีในหลอดคือ K<sub>2</sub> EDTA เพื่อป้องกันเลือดแข็งตัว การตรวจกลุ่มนี้มีกระบวนการตรวจที่คล้ายคลึงกัน

การตรวจนับเม็ดเลือดอย่างสมบูรณ์ (Complete Blood Count: CBC) มีจำนวนการตรวจสูงกว่าการตรวจอื่นๆ จึงเลือก CBC Test เป็นตัวแทนของกลุ่ม Hematology Test และ CBC Test ประกอบด้วยการตรวจนับจำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาว การตรวจหาปริมาณฮีโมโกลบิน การตรวจหาปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่น การนับแยกชนิดของเซลล์เม็ดเลือด การคาดการณ์จำนวนเกล็ดเลือด รวมถึงความผิดปกติของเกล็ดเลือด และการตรวจทำให้ทราบถึงสภาวะสุขภาพของร่างกาย และความเสี่ยงต่อการเกิดโรค ค้นหาความผิดปกติของร่างกาย เพื่อป้องกันและรักษาโรคต่างๆ ได้ทันการ ตัวอย่างวิธีการตรวจโรคมะเร็ง การตรวจเลือดชนิดต่างๆ เพื่อหามะเร็งที่พบบ่อย เช่น

ก. Carcinoembryonic antigen (CEA) สารตัวนี้สูงเมื่อมีมะเร็งลำไส้ใหญ่ โดยเฉพาะมะเร็งที่ได้แพร่กระจายไปแล้ว นอกจากนั้นยังใช้การเจาะเลือดหาสารตัวนี้เพื่อเฝ้าติดตามว่ามะเร็งกลับมาใหม่หรือไม่ นอกจากนั้นยังพบสารนี้ในมะเร็งชนิดอื่นเช่น มะเร็งปอด มะเร็งเต้านม มะเร็งปอด มะเร็งตับอ่อน มะเร็งตับ มะเร็งกระเพาะอาหาร นอกจากนั้นยังพบว่ามีความสูงในภาวะที่ไม่ใช่มะเร็งได้แก่ ลำไส้อักเสบ ตับอักเสบ ตับอ่อนอักเสบ การสูบบุหรี่

ข. Prostate specific antigen (PSA) สาเหตุที่ทำให้ PSA สูงได้แก่ ต่อมลูกหมากโต ต่อมลูกหมากอักเสบ และมะเร็งต่อมลูกหมาก ดังนั้นการตรวจพบ PSA สูงไม่ได้บอกว่าเป็นมะเร็ง แพทย์จะใช้การตรวจ PSA เพื่อติดตามการรักษา หากหลังการรักษาระดับ PSA ขึ้นอย่างต่อเนื่อง แสดงว่ามะเร็งต่อมลูกหมากได้กลับเป็นซ้ำ

ค. CA 125 พบได้สูงในมะเร็งรังไข่ และมะเร็งมดลูก ปากมดลูก ตับอ่อน ลำไส้ใหญ่ เต้านมและปอด นอกจากนั้นอาจพบได้ในโรคที่ไม่ใช่มะเร็งได้แก่ Endometritis เยื่อบุช่องท้อง

อึกเสบ ดับอ่อนอึกเสบ โรคตับและเยื่อหุ้มปอกอึกเสบ การตั้งครรรภ์ หลังการรักษาระดับ CA 125 จะลดลง แต่หากเพิ่มขึ้นแสดงว่ารักษาไม่ได้ผล

ง. CA 19-9 สารตัวนี้จะสูงในโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ ดับอ่อน กระเพาะอาหาร และถุงน้ำดี ภาวะอื่นที่ทำให้ค่านี้สูงได้แก่ ดับอ่อนอึกเสบ ดับแข็ง นิ้วในถุงน้ำดี ถุงน้ำดีอึกเสบ

จ. CA 15-3 สารนี้เป็นตัวที่ติดตามโรคมะเร็งเต้านมได้ดีที่สุดโดยเฉพาะมะเร็งเต้านมที่แพร่กระจายแล้ว เพราะมะเร็งในระยะเริ่มแรกค่าสารนี้จะไม่สูง

ฉ. Beta-human chorionic gonadotropin (beta-HCG) ปกติสารนี้จะสร้างจากรก ดังนั้นคนตั้งท้องจะพบว่าสูง มะเร็งที่ทำให้ค่าตัวนี้สูงได้แก่มะเร็ง มดลูก แต่ก็อาจจะพบสูงในมะเร็งตับ กระเพาะอาหาร ดับอ่อน ปอด การสูบฝิ่น

ช. Prostatic acid phosphatase (PAP) พบได้สูงในมะเร็งต่อมลูกหมาก มะเร็งเม็ดเลือดขาว มะเร็งต่อมน้ำเหลือง และพบได้ในโรคต่อมลูกหมากโต ดับแข็ง กระดูกพรุน

ซ. Alpha-fetoprotein [afp] สารตัวนี้จะพบในทารก ผู้ใหญ่ไม่พบ หากตรวจแล้วมีค่าสูงแสดงว่าอาจจะเป็นมะเร็งตับ อันฑะ รังไข่ ส่วนภาวะอื่นๆที่พบสารนี้สูงได้แก่ ดับแข็งหรือดับอึกเสบ ตั้งครรรภ์

การตรวจหาสารบ่งชี้มะเร็ง (Tumor Marker) มีประโยชน์ในทางคลินิก ดังนี้

ก. ช่วยวินิจฉัยโรคมะเร็ง โดยต้องพิจารณา รวมไปถึงประวัติ, การตรวจร่างกาย, การตรวจทางห้องปฏิบัติการ และการตรวจทางการแพทยอื่น ๆ เช่น X-ray, Ultrasound เป็นต้น การตรวจพบระดับสารบ่งชี้มะเร็งสูงกว่าปกติเพียงอย่างเดียว ยังไม่สามารถให้การวินิจฉัยว่าเป็นโรคมะเร็งได้ แต่หากตรวจติดตามระดับของสารบ่งชี้มะเร็งเป็นระยะๆ ต่อไป และพบว่าระดับสารบ่งชี้มะเร็งมีค่าสูงขึ้นเป็นลำดับ แสดงว่าน่าสงสัยว่าจะเป็นโรคมะเร็ง

ข. ช่วยตรวจกรอง (Screening) โรคมะเร็งบางชนิดในคนที่มีความเสี่ยงสูง ในปัจจุบันมีสารบ่งชี้มะเร็งเพียง 2 ชนิดเท่านั้น ที่ได้รับการยอมรับว่าสามารถใช้ตรวจกรองโรคมะเร็งในคนที่

มีความเสี่ยงต่อโรคมะเร็งบางชนิดสูงได้ ได้แก่ Alpha-fetoprotein (AFP) ในคนที่เป็นดับอักเสบเรื้อรัง (Chronic Hepatitis), Hepatitis B Carrier, ตับแข็ง (Cirrhosis) เพื่อตรวจกรองภาวะมะเร็งตับ และ Prostate Specific Antigen (PSA) ในผู้ชายที่มีอายุ 50 ปีขึ้นไป โดยเฉพาะในรายที่มีปัญหาปัสสาวะลำบาก เพื่อตรวจกรองภาวะมะเร็งต่อมลูกหมาก

ค. ใช้ติดตามผลการรักษาและการกลับเป็นซ้ำของโรคมะเร็ง เป็นประโยชน์ที่นิยมใช้มากที่สุดของสารบ่งชี้มะเร็งที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน โดยผู้ป่วยมะเร็งที่ตรวจพบว่ามีระดับสารบ่งชี้มะเร็งสูงตั้งแต่เมื่อแรกวินิจฉัย หลังจกได้รับการรักษาแล้ว ระดับสารบ่งชี้มะเร็งที่เคยสูงอยู่เดิมควรค่อยๆ ลดลงมาถึงระดับปกติ แต่ถ้าระดับสารบ่งชี้มะเร็งที่เคยลดลงหลังการรักษา กลับมีค่าสูงขึ้นเป็นลำดับอย่างต่อเนื่องอีกครั้ง แสดงว่าน่าจะมีการกลับเป็นใหม่ของโรคมะเร็ง โดยการเปลี่ยนแปลงของระดับสารบ่งชี้มะเร็งที่ขึ้นสูงภายหลังการรักษา มักตรวจพบได้ก่อนที่จะตรวจพบอาการแสดงทางคลินิก เฉลี่ยประมาณ 2-6 เดือน

ง. พยากรณ์โรค เนื่องจากระดับสารบ่งชี้มะเร็งจะแปรผันตามระยะของโรคมะเร็ง ดังนั้นถ้าตรวจพบระดับสารบ่งชี้มะเร็งสูงมาก แสดงว่ามะเร็งน่าจะมีขนาดใหญ่ หรือมีการแพร่กระจายแล้ว

จ. อาจนำไปใช้ช่วยในการเลือกวิธีการรักษาโรคมะเร็ง เช่น การตรวจหา Estrogen Receptor และ Progesterone Receptor ของผู้ป่วยมะเร็งเต้านม เพื่อเลือกที่จะให้การรักษาด้วยยาต้านฮอร์โมน เป็นต้น

ดังนั้นการตรวจหาสารบ่งชี้มะเร็งจากเลือด เป็นการตรวจหาสารที่ผลิตจากเซลล์มะเร็ง สามารถช่วยแพทย์ได้ในการตรวจหามะเร็งบางกรณี หากพบมีการเปลี่ยนแปลงระดับต่อเนื่องในผู้ป่วยกลุ่มเสี่ยง หรืออาจใช้ช่วยติดตามการรักษา หรือบอกการพยากรณ์โรคได้

8.2. สาขาจุลทรรศน์ศาสตร์คลินิก (Clinical Microscopy Unit) ประกอบด้วยการตรวจปัสสาวะ, ตรวจอุจจาระ, น้ำสูกิ, น้ำไขสันหลัง (CSF) และดูพยาธิ และมีข้อกำหนดในการเก็บส่งตรวจ ดังนี้

8.2.1. การส่งตรวจเลือดในอุจจาระ (Occult Blood) ควรควบคุมอาหารของผู้ป่วยก่อนส่งตรวจเนื่องจากอาหารประเภทเนื้อสัตว์ เลือดสัตว์ ปลาดิบและยาหลายชนิดที่มี

ส่วนผสมของเหล็ก โบรไมด์ ไอโอดีนหรือวิตามินซี (Ascorbic Acid) ถ้ามีปริมาณมากพอทำให้เกิดผลบวกปลอมได้ จึงควรงดอาหารเหล่านี้ก่อนส่งตรวจประมาณ 1-2 วัน และส่งตรวจซ้ำอีก 3-6 ครั้งเพื่อยืนยันผลการทดสอบ

8.2.2. การเก็บตัวอย่างน้ำอสุจิเพื่อทดสอบ Semen Analysis แนะนำให้ผู้ป่วยงดร่วมเพศประมาณ 2-3 วัน ก่อนเก็บและไม่ควรเก็บมาที่บ้านเพราะหากเก็บไว้นานเกิน 1 ชม. ผลอาจผิดพลาดได้

8.3. สาขาเคมีคลินิก (Clinical chemistry) คือ การตรวจหาสารต่างๆที่อยู่ในเลือด ปัสสาวะ และสารน้ำต่างๆที่มาจากร่างกายของคนเราโดยใช้วิธีทางเคมี เช่น โรคเบาหวาน ไขมันในเลือด ตรวจเถ้าที่ ตรวจการทำงานของตับ ตรวจโรคไทรอยด์ เป็นต้น ใช้หลอดจุกสีแดง (Clotted Blood) ในการตรวจ Estradiol, Prolactin, Folate ใน Serum, Testosterone, Follicle stimulating hormone (FSH), vitamin B12, Luteinizing Hormone (LH), Prealbumin และ Progesterone มีขนาดใส่เลือด 4 และ 6 ml และสำหรับเด็กเล็กและผู้ที่จะเจาะเลือดยาก มีขนาด 1 ml ภายในหลอดจะไม่มีสารกันเลือดแข็ง (Anticoagulant) แต่มี Clot Activator ช่วยให้เลือดแข็งตัวได้เร็วขึ้น ในการส่งตรวจทุกการทดสอบ และการตรวจสอบที่เหลือใช้หลอดจุกสีเขียว มีขนาดใส่เลือด 4 และ 6 ml และสำหรับเด็กเล็กและผู้ที่จะเจาะเลือดยาก มีขนาด 0.5 ml ภายในหลอดมีสาร Lithium Heparin เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์เป็นเครื่องวิเคราะห์อัตโนมัติ

8.4. สาขาจุลชีววิทยา (Clinical microbiology) ได้แก่ การเพาะเชื้อพร้อมทั้งทดสอบความไวของเชื้อจุลินทรีย์ ต่อยาปฏิชีวนะ ในสิ่งที่ตรวจต่าง ๆ เช่น เลือด, หอนอง, Throat swab, เสมหะ, ปัสสาวะ, อุจจาระ, เนื้อเยื่อ และสารน้ำจากร่างกาย มีวิธีการวิเคราะห์คือการย้อมสี, เพาะเชื้อและทดสอบความไวของเชื้อต่อสารปฏิชีวนะ, Most Probable Number (MPN), Colony Count และ Broth Dilution อุปกรณ์ในการตรวจสอบสามารถใช้กล้องจุลทรรศน์ แต่ในปัจจุบันใช้เครื่องทดสอบที่ทันสมัยมากยิ่งขึ้น

8.5. สาขาภูมิคุ้มกันวิทยาคลินิก (Clinical immunology) การตรวจหาเชื้อไวรัสที่เกี่ยวข้องกับภูมิคุ้มกันของร่างกาย เช่น เชื้อไวรัสตับอักเสบบี และซี ตรวจหาภูมิคุ้มกัน ไวรัสตับอักเสบบี ตรวจโรคเอดส์ เป็นต้น ใช้หลอดจุกสีแดง (clotted blood) มีขนาดใส่เลือด 4 และ 6 ml และสำหรับเด็กเล็กและผู้ที่จะเจาะเลือดยาก มีขนาด 1 ml ภายในหลอดจะไม่มีสารกันเลือดแข็ง

(anticoagulant) แต่มี clot activator ช่วยให้เลือดแข็งตัวได้เร็วขึ้น เครื่องมือที่ใช้ เช่น เครื่องมือถ่ายภาพบันทึกประมวลผลเจลอิเล็กโตรโฟรีซิส, เครื่องปั่นความเร็วสูงแบบควบคุมอุณหภูมิ, เครื่องวัดรังสีเบตาในภาคหลุม เป็นต้น

8.6. สาขานาการเลือด ศึกษากระบวนการของหมู่เลือดต่างๆ ส่วนประกอบของเลือดเพื่อให้แก่ผู้ป่วยที่เหมาะสมและปลอดภัยที่สุดสำหรับผู้ป่วย เช่นการตรวจหากรุ๊ปเลือด Rh เพื่อจัดเตรียมโลหิต และส่วนประกอบโลหิต

## 9. มาตรฐานห้องปฏิบัติการ

การรับรองห้องปฏิบัติการเป็นการให้การยอมรับอย่างเป็นทางการแก่ห้องปฏิบัติการที่มีความสามารถ การสร้างความรับผิดชอบต่อสังคม ซึ่งโรงพยาบาลทั้งรัฐและเอกชนต้องแสดงให้เห็นถึงความมั่นใจต่อระบบบริการของโรงพยาบาล ดังนั้นจึงเป็นวิธีการที่จะตอบสนองความต้องการของลูกค้าที่กำลังตัดสินใจเลือกใช้บริการ เพื่อรักษาระบบการยอมรับ และเป็นการกระตุ้นให้โรงพยาบาลเกิดแรงจูงใจในการพัฒนาคุณภาพอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากห้องปฏิบัติการที่ได้รับการรับรองจะถูกตรวจติดตามเป็นระยะๆ โดยหน่วยรับรองปฏิบัติการเพื่อให้มั่นใจว่าห้องปฏิบัติการยังปฏิบัติตามข้อกำหนดและวิธีปฏิบัติงานมาตรฐาน ห้องปฏิบัติการอาจต้องเข้าร่วมโครงการทดสอบความชำนาญที่เกี่ยวข้องก่อนการตรวจประเมินเพื่อแสดงความสามารถของปฏิบัติการ จึงทำให้เกิดมาตรฐานห้องแล็บขึ้นมากมาย เช่น LA (Laboratory Accreditation), มาตรฐาน ISO 15189: 2003 เป็นต้น

ISO (International Organization of Standardization) เป็นองค์กรสากลที่ปัจจุบันมีประเทศสมาชิกประมาณ 148 ประเทศทั่วโลก ทำหน้าที่ผลักดันทำให้เกิดมาตรฐานต่างๆเกี่ยวกับการผลิตและบริการ โดยมี Technical Committee ที่มีความชำนาญในด้านต่างๆ ทำหน้าที่ในการร่างมาตรฐาน ISO ให้ผู้ผลิตและผู้ให้บริการได้เลือกใช้ให้เหมาะสมกับชนิดของงาน องค์กร ISO จัดทำมาตรฐานเกี่ยวกับห้องปฏิบัติการเพียง 2 ฉบับ คือ ISO/IEC 17025:1999 ใช้กับห้องปฏิบัติการทั่วไป และ ISO 15189: 2003 ใช้กับห้องปฏิบัติการทางการแพทย์โดยเฉพาะ และมีคุณลักษณะและข้อกำหนดที่เข้าใจง่าย เน้นกระบวนการที่สอดคล้องกับกระบวนการที่ปฏิบัติอยู่ในห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ เน้นการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง มีองค์กรสากลที่ทำหน้าที่ตรวจประเมินห้องปฏิบัติการ องค์กรที่ได้รับการยอมรับในปัจจุบัน คือ ILAC (International Laboratory Accreditation

Cooperation) และสำหรับทวีปเอเชียและหมู่ประเทศในแถบแปซิฟิก มีองค์กรในระดับภูมิภาคคือ APLAC (Asia Pacific Laboratory Accreditation Cooperation) ISO 15189: 2003 มีหัวข้อทั้งหมด 5 หัวข้อและมีภาคผนวกอีก 3 เรื่อง และมีหัวข้อหลักอยู่ 2 หัวข้อ คือ ข้อกำหนดด้านบริหารการจัดการ และข้อกำหนดทางด้านเทคนิค

หัวข้อหลักของ ISO 15189: 2003 มีรายละเอียดดังนี้

ก. ขอบเขต หัวข้อนี้จะบอกขอบเขตสำหรับมาตรฐาน ISO 15189: 2003 ว่าเป็นมาตรฐานระดับนานาชาติที่สามารถใช้ร่วมกันของห้องปฏิบัติการทางการแพทย์

ข. เอกสารอ้างอิง บอกเกี่ยวกับเอกสารที่มาตรฐาน ISO 15189: 2003 ใช้อ้างอิงถึง

ค. กลุ่มคำและนิยาม อธิบายหรือให้คำจำกัดความ ชื่อ กลุ่มคำ และคำสำคัญในมาตรฐาน ISO 15189: 2003

ง. ข้อกำหนดด้านบริหารการจัดการ ประกอบด้วย 15 หัวข้อใหญ่ และยังคงแยกเป็นข้อกำหนดต่างๆ ได้แก่

- ง.1. องค์กรและการบริหาร
- ง.2. ระบบบริหารจัดการ
- ง.3. การควบคุมเอกสาร
- ง.4. การทบทวน คำขอใช้บริการ ข้อเสนอ และสัญญา
- ง.5. การทดสอบโดยห้องปฏิบัติการตรวจต่อ
- ง.6. การจัดซื้อบริการ และสิ่งสนับสนุนต่างๆ
- ง.7. การให้บริการต่อลูกค้า

- ง.8. ซ่อมเครื่องเรียน
  - ง.9. การควบคุมการทดสอบ และสอบเทียบที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด
  - ง.10. การแก้ไขข้อบกพร่อง
  - ง.11. การดำเนินการเพื่อป้องกันข้อบกพร่อง
  - ง.12. การปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง
  - ง.13. การควบคุมบันทึก
  - ง.14. การตรวจติดตามคุณภาพภายใน
  - ง.15. การทบทวนของฝ่ายบริหาร
- จ. ข้อกำหนดทางด้านเทคนิค เป็นข้อกำหนดทางเทคนิค 8 หัวข้อใหญ่ และแบ่งออกเป็นข้อย่อย ข้อกำหนดทางเทคนิคมีความสำคัญมาก
- จ.1. บุคลากร
  - จ.2. สถานที่และสภาวะแวดล้อม
  - จ.3. เครื่องมือในห้องปฏิบัติการ
  - จ.4. ระเบียบวิธีปฏิบัติก่อนการตรวจวิเคราะห์
  - จ.5. ขั้นตอนการทดสอบ
  - จ.6. การประกันคุณภาพวิธีการทดสอบ

จ.7. วิธีดำเนินการภายหลังการตรวจวิเคราะห์

จ.8. การรายงานผล

จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นความแตกต่างของผู้รับผิดชอบในงานต่างๆระหว่าง ISO 15189: 2003, ISO 9000: 2000 และ ISO 17025: 1999 จะเห็นว่า ISO 15189: 2003 มีความละเอียดมากกว่า แบ่งหน้าที่ที่ชัดเจน

ตารางที่ 2 ความแตกต่างของผู้รับผิดชอบในงานต่างๆระหว่าง ISO 15189: 2003, ISO 9000: 2000 และ ISO 17025: 1999

ภารกิจที่รับผิดชอบ	ISO 15189: 2003	ISO 9000: 2000	ISO 17025: 1999
ให้นโยบายและกำกับและควบคุมห้องปฏิบัติการ	ผ.อ.ห้องปฏิบัติการ (Laboratory Director)	ผู้บริหารสูงสุด (Top Management)	ห้องปฏิบัติการ (Laboratory)
ดำเนินการตามนโยบาย	ผู้จัดการห้องปฏิบัติการ (Laboratory Management)	ผู้จัดการคุณภาพ (Quality Manager)	
ดูแลให้เกิดการปฏิบัติตามนโยบายด้านคุณภาพ	ผู้จัดการคุณภาพ (Quality Manager)		ผู้จัดการคุณภาพ (Quality Manager)
ดูแลด้านวิชาการ	ผู้จัดการวิชาการ (Technical Management)	-	ผู้จัดการวิชาการ (Technical Management)

เอกสารคุณภาพที่ให้ในการประเมินและพัฒนาห้องปฏิบัติการประกอบด้วย การทบทวนของฝ่ายบริหาร, การควบคุมกระบวนการบริการทางห้องปฏิบัติการ, การควบคุมเอกสารคุณภาพ, การจัดซื้อ, การบริหารความเสี่ยง, การบริหารและการพัฒนาบุคลากร, ความร่วมมือระหว่างหน่วยงาน, การตรวจติดตามคุณภาพภายใน, และการประเมินผลและการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ดังนั้น

การปรับปรุงและพัฒนากระบวนการต่างๆจึงเป็นสิ่งที่ได้รับนิยม และให้ความสำคัญในการรับรองห้องปฏิบัติการทางการแพทย์

การประเมินคุณภาพของห้องปฏิบัติการ หัวข้อหลักที่นำมาประเมินประสิทธิภาพการทำงาน ประกอบด้วย เวลา (Time) และการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์ (Utilization of Resources) โรงพยาบาลที่ผู้วิจัยเข้าไปศึกษานี้ เป็นโรงพยาบาลเอกชนรายใหญ่แห่งหนึ่งในประเทศไทย โดยคนไข้ของโรงพยาบาลมีทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติ และมีบริการที่หลากหลายรูปแบบ เนื่องจากโรงพยาบาลได้เก็บสถิติความไม่พึงพอใจของคนไข้ จึงพบว่าหัวข้อที่คนไข้ไม่พึงพอใจมากที่สุด คือ เวลารอคอยในการตรวจรักษา จากการศึกษาพบว่าความล่าช้าของการตรวจรักษาบางส่วน เกิดจากความล่าช้าของผลตรวจจากห้องแล็บ และสาเหตุของความล่าช้าในห้องปฏิบัติการ

- ก. ส่งผิดห้องปฏิบัติการ
- ข. ติดป้ายสิ่งส่งตรวจไม่ถูกต้อง
- ข.1. ชื่อ-นามสกุลในใบส่งตรวจไม่ตรงกับชื่อ-นามสกุลที่ติดบนภาชนะสิ่งส่งตรวจ
- ข.2. ไม่ติดป้ายชื่อ-นามสกุล บนภาชนะสิ่งส่งตรวจ
- ค. ส่งโดยไม่มีใบขอตรวจ
- ง. เก็บสิ่งส่งตรวจในภาชนะที่ไม่ถูกต้อง หรือใช้สารกันเลือดแข็งที่ไม่ถูกต้อง ตามที่ห้องปฏิบัติการกำหนด
- จ. สิ่งส่งตรวจหกเลอะภาชนะที่เก็บสิ่งส่งตรวจ หรือใบขอตรวจ
- ฉ. สิ่งส่งตรวจเก็บในอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสม
- ฉ.1. สิ่งส่งตรวจที่ต้องเก็บที่ 4 °C ไม่ได้นำส่งโดยการแช่ในน้ำแข็ง

จ.2. สิ่งส่งตรวจที่ไม่ต้องเก็บที่ 4 °C ต้องนำส่งโดยใส่ภาชนะปิดมิดชิด เพื่อไม่ให้ อุณหภูมิเปลี่ยนแปลง เกิน 37 °C

ข. มีปริมาณสิ่งส่งตรวจไม่เพียงพอ

ข. คุณภาพของสิ่งส่งตรวจไม่ได้มาตรฐาน

ข.1. สิ่งส่งตรวจที่ส่งถึงห้องปฏิบัติการช้ากว่ากำหนดเวลาที่ห้องปฏิบัติการกำหนด

ข.2. ปริมาณสิ่งส่งตรวจไม่ได้สัดส่วนกับสารกันเลือดแข็งตัวในหลอดเก็บสิ่งส่งตรวจ

## 10. สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มีณา และคณะ (2553) ศึกษาสาเหตุและแก้ไขปัญหา เพื่อลดการส่งคืนสิ่งส่งตรวจจาก หน่วยโลหิตวิทยาไปยังศูนย์รับสิ่งส่งตรวจ โดยกำหนดแนวทางในการแก้ไขร่วมกันระหว่าง หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง สาเหตุของปัญหาที่พบคือความรู้ความเข้าใจในการเก็บสิ่งส่งตรวจ ซึ่งเมื่อ แก้ไขโดยการทำแผ่นพับคำแนะนำ พบว่าอัตราการส่งคืนสิ่งส่งตรวจลดลง

Ahmed and Alkhamis (2008) ได้ทำวิจัยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานในแผนก ฉุกเฉินของโรงพยาบาลรัฐบาลในประเทศคูเวต โดยกำหนดจำนวนแพทย์, เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ และจำนวนพยาบาลที่เหมาะสม เพื่อลดเวลาของผู้ป่วย โดยใช้การจำลองสถานการณ์ทาง คณิตศาสตร์ เป็นเครื่องมือช่วยตัดสินใจ ผลการทดลองพบว่าแบบจำลองจัดสรรบุคลากรได้ เหมาะสมที่สุด ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน และลดเวลาของผู้ป่วย

Deb and Bhattacharyya (2005) ได้นำเสนอวิธีการตัดสินใจในการวางแผนโรงพยาบาล โดยการ ให้คะแนนแผนภูมิความสัมพันธ์ และใช้ Fuzzy inference system (FIS) หาผลลัพธ์และข้อสรุปเพื่อ พัฒนาผังโรงงานให้มีค่าใช้จ่ายในการไหลของวัตถุดิบลดลง พิจารณาระยะทางของแต่ละเครื่องจักร ค่าสัมประสิทธิ์ของต้นทุนวัตถุดิบที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักร และปริมาณการไหลของวัตถุดิบ

Chien *et al.* (2007) ศึกษาสาเหตุเพื่อลดเวลาวิเคราะห์ผลในห้องแล็บ และผังการไหลที่เหมาะสม ในโรงพยาบาลในประเทศไทยได้หวั่น โดยคำนวณจากข้อมูลทางสถิติในห้องแล็บตั้งแต่ปี 2001 ถึงปี 2003 โดยพิจารณา 90 เปอร์เซ็นต์ไทม์ของเวลาโดยรวมในระบบในห้องแล็บ และปริมาณการตรวจในแต่ละวันจะเปรียบเทียบโดยพิจารณาทุกๆ ครึ่งปี และสนใจค่าเฉลี่ยของทุกๆ สองชั่วโมงในแต่ละวัน พบว่าการตรวจโทรโปนินไอ (Troponin-I test) ใช้เวลาในการตรวจมากที่สุด และสามารถลดเวลาของการตรวจโทรโปนินไอได้ 18 นาที

Pirollo *et al.* (2009) เสนอวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพและลดเวลาของห้องแล็บการสวนหัวใจและหลอดเลือด โดยการใช้แบบจำลองสถานการณ์ในการประเมินผลเพื่อจัดสรรบุคลากรภายในแผนก มีทางเลือกทั้งหมด 5 ทางเลือก และเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นของแต่ละทางเลือก

Venkatadri *et al.* (2011) ได้ทำวิจัยในแผนกแล็บสวนหัวใจซึ่งเป็นแผนกที่มีความสำคัญเพื่อจะลดเวลาโดยรวมในระบบของแผนก และเวลารอคอยของผู้ป่วยนอกและผู้ป่วยใน และใช้แบบจำลองสถานการณ์แบบเหตุการณ์ไม่ต่อเนื่องในการประเมินผล โดยกำหนดทางเลือกของปริมาณเจ้าหน้าที่ให้เหมาะสมกับปริมาณงานในแต่ละวัน

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

1. คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล
2. โปรแกรมสำเร็จรูปอาร์นาของบริษัท Rockwell Automation

### วิธีการ

การพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์เพื่อทดสอบวิธีการลดเวลาโดยรวมในระบบของระบบการตรวจนับเม็ดเลือดอย่างสมบูรณ์ ผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนของการดำเนินการวิจัย ดังต่อไปนี้

#### 1. การเตรียมการ

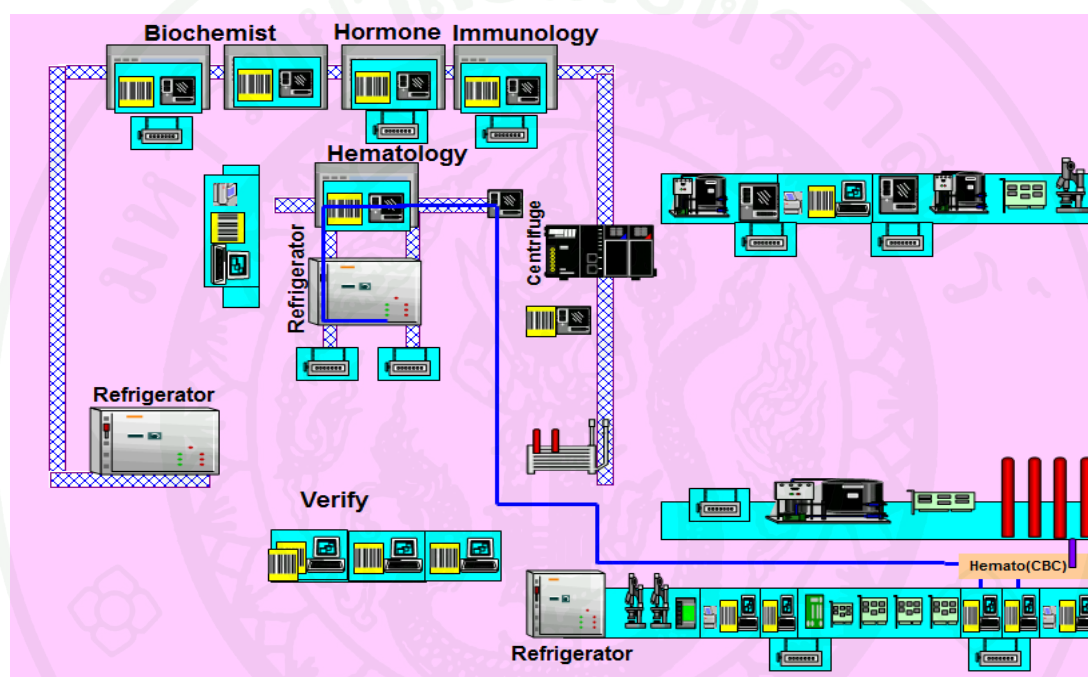
1.1. ศึกษากระบวนการทำงานปัจจุบันของห้องแล็บเลือด ดังแสดงในภาพที่ 6 แบ่งการตรวจเป็น 3 ชนิด

1.1.1. สาขาโลหิตวิทยา (Hematology Test) ซึ่งศึกษาถึงสาเหตุ, การวินิจฉัย, การรักษา, การติดตามผล และการป้องกันโรคทางเลือด ซึ่งเป็นโรคที่เกิดจากผลิตภัณฑ์และองค์ประกอบของเลือดที่ผิดปกติ เช่น จำนวนเม็ดเลือด โปรตีนในเลือด หรือกระบวนการแข็งตัวของเลือดที่ผิดปกติไป ประกอบด้วย complete blood count (CBC), Erythrocyte sedimentation rate (ESR), Blood film, Bone marrow biopsy, Coombs test, การตรวจระดับ Ferritin ในน้ำเหลือง, การตรวจระดับ วิตามินบี 12 and Folate, Prothrombin time, Partial thromboplastin time, Protein electrophoresis, Hemoglobin electrophoresis และ D-dimer การตรวจสอบทางโลหิตวิทยาใช้จุกหลอดสีม่วง (EDTA blood) เป็นมาตรฐานสำหรับทุกๆห้องแล็บ

1.1.2. สาขาเคมีคลินิก (Clinical chemistry) คือ การตรวจหาสารต่างๆที่อยู่ในเลือด ปัสสาวะ และสารน้ำต่างๆ ที่มาจากร่างกายของคนโดยใช้วิธีทางเคมี เช่น โรคเบาหวาน ไขมันในเลือด ตรวจเถ้าท์ ตรวจการทำงานของตับ ตรวจโรคไทรอยด์ ใช้หลอดจุกสีแดง (Clotted blood)

ในการตรวจ Estradiol, Prolactin, Folate ใน Serum, Testosterone, Follicle stimulating hormone (FSH), vitamin B12, Luteinizing Hormone (LH), Prealbumin และ Progesterone

1.1.3. สาขาภูมิคุ้มกันวิทยาคลินิก (Clinical immunology) เป็นการตรวจหาเชื้อไวรัสที่เกี่ยวข้องกับภูมิคุ้มกันของร่างกาย เช่น เชื้อไวรัสตับอักเสบบีและซี ตรวจหาภูมิคุ้มกัน ไวรัสตับอักเสบบี ตรวจโรคเอดส์ ใช้หลอดจุกสีแดง (Clotted blood)



ภาพที่ 6 แผนผังของห้องปฏิบัติการคลินิก

พิจารณาเฉพาะ Hematology Test เนื่องจาก Immunology Test และ Biochemical Tests อยู่ต่อกันเป็นสายการตรวจแบบอัตโนมัติ จึงใช้จำนวน Med Tech (Medical Technicians) น้อย แต่ Hematology Test มีการตรวจแบบกึ่งอัตโนมัติจึงใช้ Med Tech ในการตรวจ

กลุ่ม Hematology Test ยังสามารถแบ่งได้อีกหลายการตรวจ โดยใช้ Med Tech กลุ่มเดียวกันและลักษณะงานคล้ายกัน แต่การตรวจนับเม็ดเลือดอย่างสมบูรณ์ (Complete Blood Count: CBC) มีจำนวนการตรวจสูงกว่าการตรวจอื่นๆ จึงเลือกการตรวจนับเม็ดเลือดอย่างสมบูรณ์เป็นตัวแทนของกลุ่ม Hematology Test

1.2. วิเคราะห์ปัญหาเวลาโดยรวมในระบบที่มีเวลานาน ดังแสดงในภาพที่ 5

1.3. เลือกขบวนการที่จะปรับปรุง

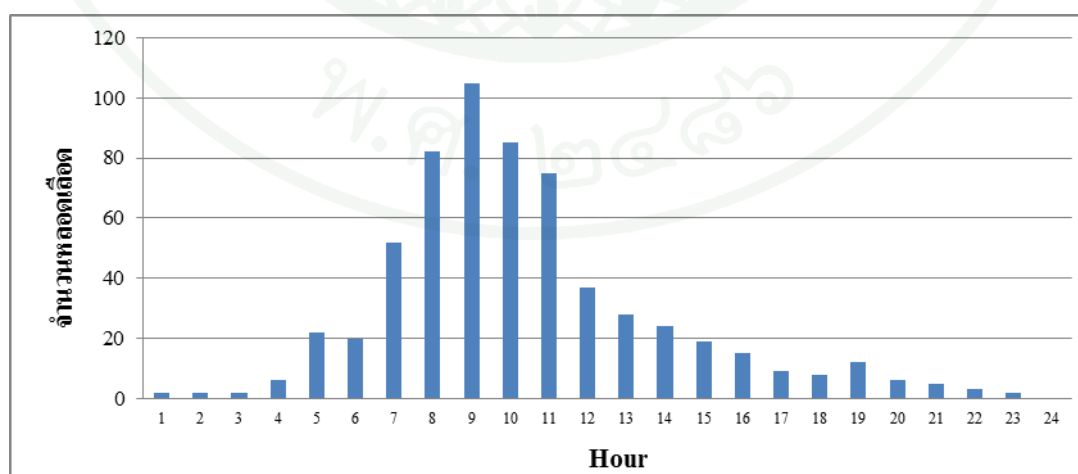
## 2. การเก็บข้อมูล

2.1. ชนิดของข้อมูลได้แก่ ข้อมูลการตรวจนับเม็ดเลือดอย่างสมบูรณ์ (Complete Blood Count; CBC) เช่น เวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน, ผังโรงงานของการตรวจนับเม็ดเลือดอย่างสมบูรณ์ (Lab CBC Layout), จำนวนพนักงานและเครื่องจักรที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน, จำนวนฟิล์มเลือด (Blood smear) ต่อวัน, จำนวนการทดสอบสไลด์ต่อวัน

2.2. ขั้นตอนในการเก็บข้อมูล

2.2.1. ศึกษาขั้นตอนการทำงานของแล็บเพื่อเขียนผังการไหลของหลอดเลือด, เอกสาร และสไลด์ ดังแสดงในภาพที่ 2

2.2.2. สอบถามจำนวนหลอดเลือด (ภาพที่ 7) โดยชั่วโมงที่ 1 คือ 24.00 – 01.00 น. และชั่วโมงที่ 24 คือ 23.00 – 24.00 น. ที่ตรวจสอบในแต่ละวันจากเจ้าหน้าที่หรือรวบรวมข้อมูลจากระบบคอมพิวเตอร์ และหาค่าเฉลี่ยในแต่ละชั่วโมง



ภาพที่ 7 จำนวนหลอดเลือดเฉลี่ยต่อวันในวันที่ 10-16 มิถุนายน 2554

2.2.3. วัดระยะทางระหว่างชั้นตอน โดยใช้ตลับเมตร (ตารางที่ 3)

2.2.4. จับเวลาของแต่ละชั้นตอน

ตารางที่ 3 ระยะทางระหว่างสถานีงาน

จากสถานี	ไปยังสถานี	ระยะทาง (เซนติเมตร)
Receive	allocate	520
Allocate	test manual	615
Allocate	test auto	1200
Allocate	slide manual	565
Allocate	print1	1000
test manual	slide manual	50
test manual	verify	200
slide manual	ช้อม auto	800
slide manual	คู slide	250
Print 1	คู slide	610
Print 1	verify	130
Print 2	คู slide	680
Print 2	verify	250
คู slide	verify	600

2.3. ปัญหาในการเก็บข้อมูล เช่น การจับเวลาด้วยนาฬิกาจับเวลาใช้เวลานานและใช้ความชำนาญของผู้จับเวลา เช่น มีความเข้าใจในขั้นตอนการทำงาน และการให้ความร่วมมือของเจ้าหน้าที่ในการให้ข้อมูล เนื่องจากเจ้าหน้าที่มีงานตลอดเวลา ดังนั้นผู้รวบรวมข้อมูลจะต้องสร้างความสนิทสนมกับเจ้าหน้าที่ และเตรียมคำถามก่อนสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ และข้อมูลในระบบคอมพิวเตอร์ไม่ชัดเจน ผู้รวบรวมข้อมูลจะต้องตรวจสอบเช็คความเข้าใจของตนกับเจ้าหน้าที่อยู่เสมอ

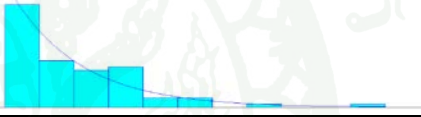
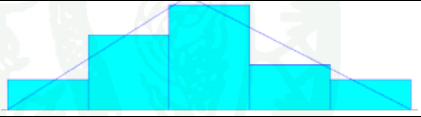
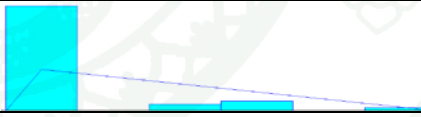
### 3. การประมวลผลข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

- 3.1. วิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ และกำหนดตัวแบบที่เหมาะสมของข้อมูลที่เก็บมาในข้อ 2.2.4 และหาการแจกแจงโดยใช้ Input Analyzer
- 3.2. กำหนดตัวชี้วัด (Key Performance Indicator; KPI) ประกอบด้วย
  - 3.2.1. ตัวชี้วัดหลัก คือเวลาโดยรวมในระบบ
  - 3.2.2. ตัวชี้วัดรอง คือเวลารอคอยและเวลาในการเคลื่อนย้าย และเพิ่มการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์
- 3.3. พัฒนาตัวแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation Model) ของระบบปัจจุบัน
  - 3.3.1. ข้อมูลในการสร้างแบบจำลอง พิจารณาหาลอดเลือดตัวอย่าง 615 หลอดใน เวลา 3 เดือน ลักษณะกระบวนการเข้าใช้ระบบ (Arrival process) ของหอดเลือดจะแบ่งเป็น 24 ช่วง ช่วงละ 1 ชั่วโมง ช่วงที่มีปริมาณหอดเลือดมากที่สุดคือ ช่วงที่ 7-12 และจำนวนของ MTs, AMTs, เครื่องย้อม, เครื่องตรวจ CBC และกล้องจุลทรรศน์ ดังตารางที่ 4 ในความเป็นจริงแล้ว AMTs จะทำงานให้กับทุกๆการทดสอบและจำนวน AMTs ของการตรวจ CBC คิดจาก Ratio และการแจกแจงความน่าจะเป็นของแต่ละขั้นตอนที่ได้จากข้อ 3.1 (ตารางที่ 5) ในขั้นตอนที่ 4 การ Blood Smear Manual และขั้นตอนที่ 12 การ Blood Smear Auto มีการแจกแจงสองการแจกแจงเพราะหอดเลือดใดมีผลการตรวจที่ค่าเกินกำหนดมากจะต้อง Blood Smear โดยละเอียดส่งผลให้มีเวลานานกว่าปกติจึงมีผลการทดสอบสองกรณี เนื่องจากการใช้โปรแกรม Input analyzer หาการแจกแจงที่เหมาะสม จากข้อมูลทั้งหมดของขั้นตอนทั้งสองพบว่ามีค่า  $p$ -value มีค่าน้อยกว่า 0.05 กรณีที่ 1 พิจารณาข้อมูลทั้งหมด กรณีที่ 2 ไม่พิจารณาข้อมูลสุดโต่งคือข้อมูลที่แตกต่างจากค่าอื่นๆ มาก

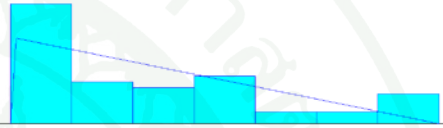
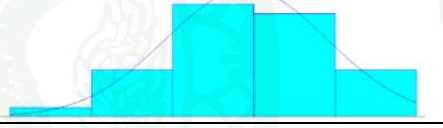
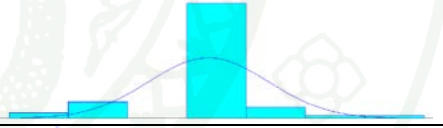
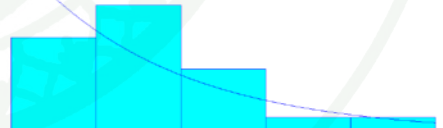
ตารางที่ 4 จำนวนทรัพยากร

Resources	กะที่หนึ่ง	กะที่สอง
	07.01 AM – 04.00 PM	04.01 PM – 07.00 AM
MTs	4	2
AMTs	2	1
เครื่องย้อม		2
เครื่องตรวจ CBC		2
กล้องจุลทรรศน์		1


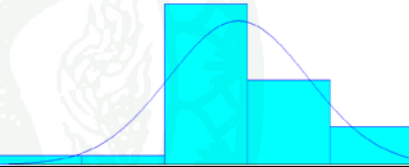

ตารางที่ 5 เวลาในแต่ละสถานีงาน

หมายเลข ในภาพที่	ขั้นตอน	Arena Random Expression (min)	ค่าเฉลี่ย (min)	ฮิสโตแกรม และ PDF	P-value ของ KS	P-value ของ $\chi^2$
2						
(1)	รับและแยกออร์เดอร์ตามกลุ่ม ตรวจ	EXPO(0.86)	0.863		0.201	0.0348
(2)	นำใบออร์เดอร์และหลอดเลือด วางที่จุดรอของแต่ละกลุ่ม	TRIA(0.07, 0.10, 0.13)	0.0989		> 0.15	
(3)	ตรวจสอบใบออร์เดอร์และ หลอดเลือด	CONSTANT(0.40)				
(4)	Blood Smear Manual	TRIA(0.2, 0.23, 2.7)	0.508		< 0.01	< 0.005
(5)	ข้อม Manual	CONSTANT(1.30)				
(6)	เข็ดและเป่าสไลด์	NORM(0.27,0.13)				
(7)	เรียงและจับคู่ออร์เดอร์กับ สไลด์	NORM(1.66,1.76)				

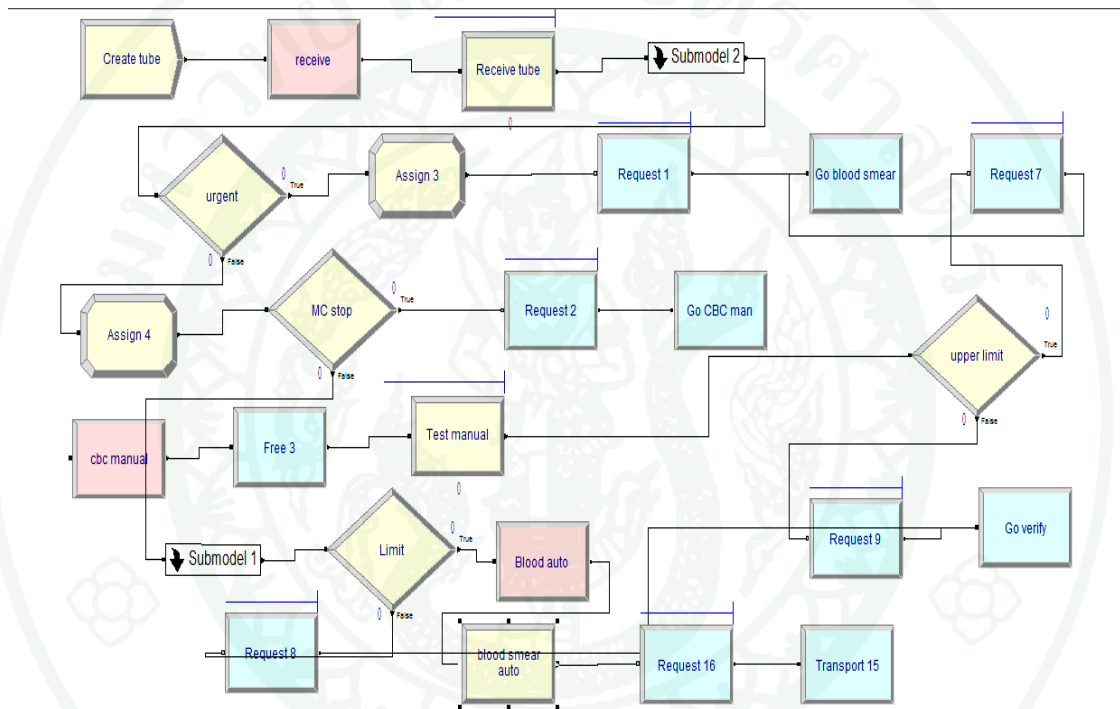
ตารางที่ 5 (ต่อ)

(8)	คูและบันทึกผล	TRIA(0.03, 0.034, 2.72)	0.919		0.0201	0.0311
(9)	น้ำใบออร์เตอร์วางที่ตะกร้า และ หลอดเลือดวางหน้าเครื่องตรวจ	NORM(1.25, 0.13)				
(10)	Test CBC	NORM(6.75, 1.97)	6.75		> 0.15	< 0.005
(11)	ปรีนผล	CONSTANT(0.15)				
(12)	Blood Smear Auto	NORM(3.22, 0.363)	3.22		< 0.01	< 0.005
(13)	ซีอม Auto	6.24 + EXPO(0.074)	6.31		0.0958	< 0.005

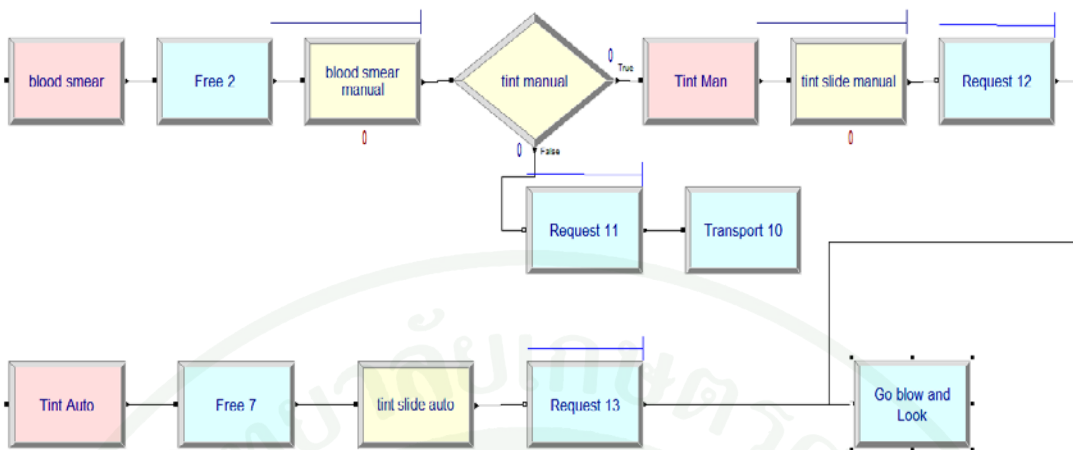
ตารางที่ 5 (ต่อ)

(14)	Verify	$0.07 + \text{LOGN}(0.153, 0.0972)$	0.221		> 0.15
(4)	Blood Smear Manual (ตัดข้อมูลสุดโต่ง)	$\text{NORM}(0.31, 0.07)$	0.31		< 0.005    > 0.15
(12)	Blood Smear Auto (ตัดข้อมูลสุดโต่ง)	$\text{NORM}(3.31, 0.08)$	3.31		< 0.005    > 0.15

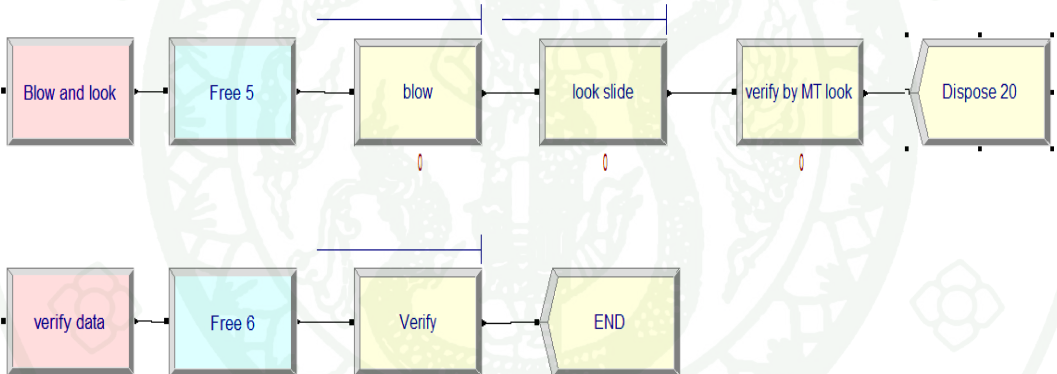
3.3.2. การพัฒนาตัวแบบจำลองสถานการณ์ใช้โปรแกรม ARENA ในการสร้างตัวแบบจำลองสถานการณ์ ดังแสดงในภาพที่ 8, ภาพที่ 9, ภาพที่ 10, ภาพที่ 11 และภาพที่ 12 สิ่งที่น่าสนใจคือหลอดเลือดของการทดสอบ CBC เวลาในการทำงานของพนักงานจะแบ่งออกเป็น 2 กะที่ 1 คือช่วงเวลา 07.01 AM – 04.00 PM และกะที่ 2 คือช่วงเวลา 04.01 PM – 07.00 AM ในแต่ละกะจะมีจำนวน MTs และ AMTs ไม่เท่ากันเพราะจะจัดจำนวนของพนักงานตามแนวโน้มของจำนวนหลอดเลือดของการทดสอบ CBC ของกะนั้นๆ



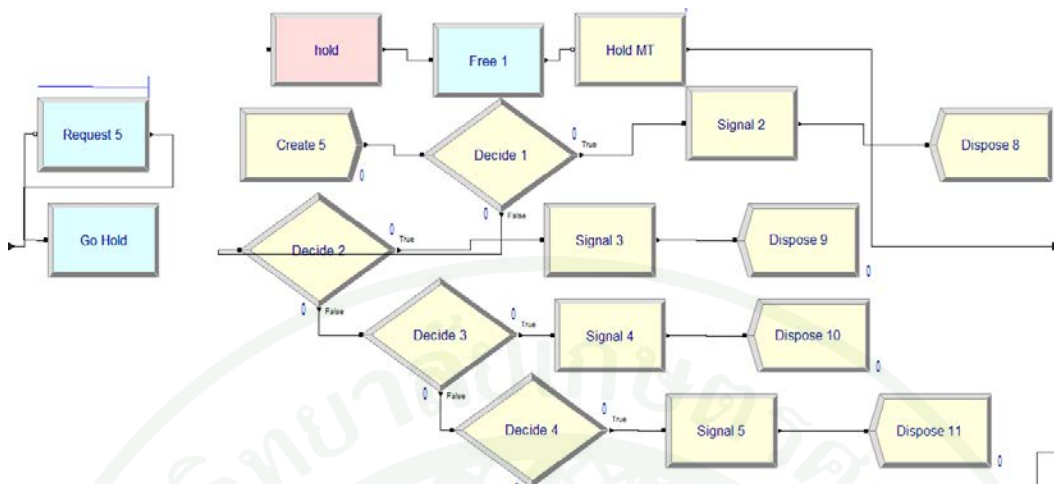
ภาพที่ 8 การทดสอบ CBC แบบอัตโนมัติ



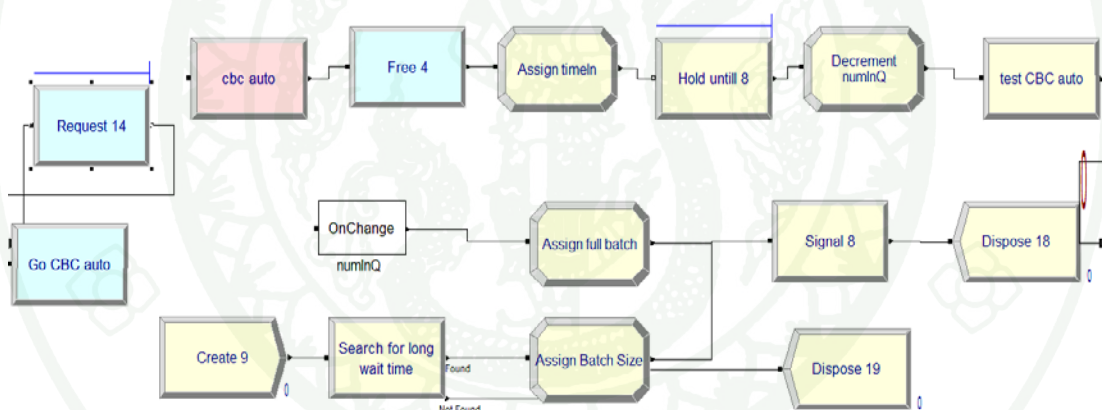
ภาพที่ 9 การทดสอบ CBC แบบ Manual



ภาพที่ 10 ผลการทดสอบ



ภาพที่ 11 ชั้นตอนรอ MT



ภาพที่ 12 รอหลอดเลือดครบ 8 หลอดหรือครบ 2 นาที

3.4. ตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ โดยมีวัตถุประสงค์หลักๆ 2 ประการได้แก่ เพื่อค้นหาข้อบกพร่องในระบบและเพื่อประเมินว่าระบบจะใช้ได้เป็นประโยชน์ในสถานการณ์จริงหรือไม่

3.4.1. การทวนสอบ (Verification) เป็นกระบวนการตรวจสอบและควบคุม ให้ตัวแบบจำลองสถานการณ์ถูกออกแบบ และพัฒนาอย่างถูกต้อง ตรงตามข้อกำหนดหรือความ

ต้องการของลูกค้า โดยให้พนักงานที่มีความชำนาญตรวจสอบลักษณะการทำงานของตัวแบบว่า เหมือนกับระบบจริงหรือไม่

3.4.2. การตรวจสอบความสมเหตุสมผล หรือความถูกต้องของตัวแบบ (Validation) สนใจความถูกต้องทางตรรกะของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ กระทำเพื่อเป็นการประกันว่า ผลลัพธ์หรือคำตอบที่ได้จากตัวแบบมีความน่าเชื่อถือได้ การตรวจสอบโดยทั่วไปถ้ามีข้อมูลจริงหรือข้อมูลข้างเคียง จะใช้ข้อมูลเหล่านั้นในการตรวจสอบ และสำหรับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ อาจใช้วิธีเปรียบเทียบผลลัพธ์บางส่วนที่ได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์กับผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งถ้าตัวแบบมีความถูกต้องหรือสมเหตุสมผล ควรได้ผลลัพธ์สอดคล้องกัน แต่ถ้าผลลัพธ์ที่ได้ไม่สอดคล้องกัน ควรจะได้พิจารณาทบทวนตัวแบบที่สร้างขึ้นเพื่อปรับปรุงแก้ไขต่อไป แล้วตรวจสอบใหม่

วิธีการทดสอบที่ใช้ 2 sample *t*-test (Rossetti, 2010) เป็นการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง 2 กลุ่มซึ่งเป็นอิสระจากกันหรือจากประชากรต่างกลุ่มกันว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ มีขั้นตอนทำ *t*-test และสรุปผลโดยค่า *p*-value โดยที่

- $p\text{-value} > 0.05$  จะยอมรับ  $H_0$  คือ  $\mu_1 = \mu_2$
- $p\text{-value} \leq 0.05$  จะปฏิเสธ  $H_0$  คือ  $\mu_1 \neq \mu_2$

จะทำการทดลอง 2 sample *t*-test เพื่อยืนยันว่าตัวแบบจำลองสถานการณ์สามารถทดแทนระบบจริงได้ จากตารางที่ 6 แสดงเวลาโดยรวมในระบบของระบบจริง คือ  $73.08 \pm 3.72$  นาที และเวลาโดยรวมของตัวแบบจำลองสถานการณ์ในกรณีที่ 1 คือ  $72.09 \pm 1.14$  นาที พบว่ามีค่า *p*-value เท่ากับ 0.59 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 สรุปได้ว่าตัวแบบจำลองสถานการณ์สามารถทดแทนระบบจริงได้ จากตารางที่ 7 แสดงเวลาโดยรวมในระบบของระบบจริง คือ  $73.08 \pm 3.72$  นาที และเวลาโดยรวมของตัวแบบจำลองสถานการณ์ในกรณีที่ 2 คือ  $70.28 \pm 0.9$  นาที พบว่ามีค่า *p*-value เท่ากับ 0.13 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 สรุปได้ว่าตัวแบบจำลองสถานการณ์สามารถทดแทนระบบจริงได้

ตารางที่ 6 เวลาโดยรวมในระบบของตัวแบบจำลองสถานการณ์และระบบจริงกรณีที่ 1

Data Type	Sample Size	Sample Average	Standard Deviation
ตัวแบบจำลองสถานการณ์ (นาที)	80	72.09	5.13
ระบบจริง (นาที)	13	73.08	6.16

ตารางที่ 7 เวลาโดยรวมในระบบของตัวแบบจำลองสถานการณ์และระบบจริงกรณีที่ 2

Data Type	Sample Size	Sample Average	Standard Deviation
ตัวแบบจำลองสถานการณ์ (นาที)	400	67.44	0.5
ระบบจริง (นาที)	13	73.08	6.19

### 3.5. นำเสนอวิธีการปรับปรุง CBC Test เช่น

3.5.1. เปลี่ยน Layout เพื่อลดเวลาในการเดินกลับไปกลับมาของ Med Tech โดย  
ใช้การสร้างแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ เป็นแนวคิดในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับ  
การวางแผนโรงงาน ซึ่งแนวคิดดังกล่าวใช้ในโปรแกรมที่มีชื่อว่า CORELAP มีขั้นตอนดังนี้

3.5.1.1. คำนวณอัตราความใกล้ชิดรวม (Total Closeness Rating: TCR)  
โดยกำหนดให้แต่ละความสัมพันธ์มีคะแนนดังนี้

A	มีคะแนนเท่ากับ 10,000
E	มีคะแนนเท่ากับ 1,000
I	มีคะแนนเท่ากับ 100
O	มีคะแนนเท่ากับ 10
U	มีคะแนนเท่ากับ 0
X	มีคะแนนเท่ากับ -10,000

3.5.1.2. คัดเลือกกิจกรรมหรือแผนกแรกที่จะกำหนดลงในผังภาพ โดย  
พิจารณาค่า TCR ที่มากที่สุด ในกรณีที่มีค่า TCR เท่ากันจะพิจารณาจากจำนวนความสัมพันธ์  
(AEIOU)

3.5.1.3. จัดวางตามคะแนน TCR จากมากไปน้อย โดยจะเรียงจากด้าน  
ซ้ายมือของแผนกแรกแล้วเวียนทวนเข็มนาฬิกา

3.5.1.4. ตรวจสอบว่ากิจกรรมหรือแผนกใดที่ยังไม่ได้พิจารณากำหนดไว้ในผังโรงงาน หากกิจกรรมใดมีความสัมพันธ์กับแผนกแรกเป็น X ให้พิจารณาเป็นแผนกสุดท้าย กรณีมีมากกว่า 2 กิจกรรม ให้พิจารณาค่า TCR มากไปน้อย

3.5.1.5. ตรวจสอบว่ากิจกรรมหรือแผนกใดที่ยังไม่ได้พิจารณากำหนดไว้ในผังโรงงาน หากกิจกรรมใดมีความสัมพันธ์กับแผนกแรกเป็น A ให้พิจารณาเป็นก่อน ในกรณีที่ไม่มีให้พิจารณา E หรือ I หรือ O หรือ U ตามลำดับ สุดท้ายผู้ออกแบบจะได้ผังโรงงานแบบบล็อก

ข้อจำกัดของการสร้างผังโรงงานใหม่โดยใช้การสร้างแผนภาพแสดงความสัมพันธ์เครื่องจักรทุกเครื่องมีข้อจำกัดของเครื่อง เช่นบางเครื่องเคลื่อนย้ายได้ยาก มีทิศทางสำหรับนำวัตถุดิบเข้าแตกต่างกัน ความกว้างของประตูที่เปิด ความยากในการติดตั้ง เป็นต้น

3.5.2. เพิ่มงานให้พนักงานคูสโสดเป็นผู้ Verify ข้อมูลเข้าระบบ (คีย์ข้อมูลเข้าเครื่อง) เพราะขณะนี้พนักงานคูสโสดจะต้องส่งผลให้กับพนักงานคีย์ข้อมูลเข้าเครื่อง และสถานีงานทั้งสองมีระยะทางห่างกัน ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานลดลงและเวลาเพิ่มขึ้นเนื่องจากพนักงานมีการเดินกลับไปกลับมาเกินไป

3.5.3. เพิ่มจำนวน Med Tech ที่ประจำที่เครื่องคูสโสด โดยปัจจุบันมีเครื่องคูสโสด 2 เครื่องแต่ใช้งานจริงเพียง 1 เครื่องเพราะ Med Tech ที่สามารถคูสโสดได้ถูกมอบหมายให้ไปทำหน้าที่อื่น

3.5.4. ลดจำนวนการไถสโสดที่ไม่จำเป็นเพราะในปัจจุบัน Med Tech ไถสโสดเพื่อไว้เพราะคิดว่าหมาะจะขอคูสโสดในภายหลังจึงทำให้มีเวลารอคอยในขั้นตอนอื่นๆตามมา

3.6. เปรียบเทียบเวลาโดยรวมในระบบของแต่ละวิธีการ และ Utilization ของพนักงาน ประมาณค่าเวลาโดยรวมในระบบใหม่ด้วยการจำลองสถานการณ์ โดยใช้จำนวนรอบทำซ้ำจำนวน 80 รอบทำซ้ำ และเวลาต่อ 1 รอบทำซ้ำ (Run Length) คือ 30 วัน โดยไม่มี Warm Up Period

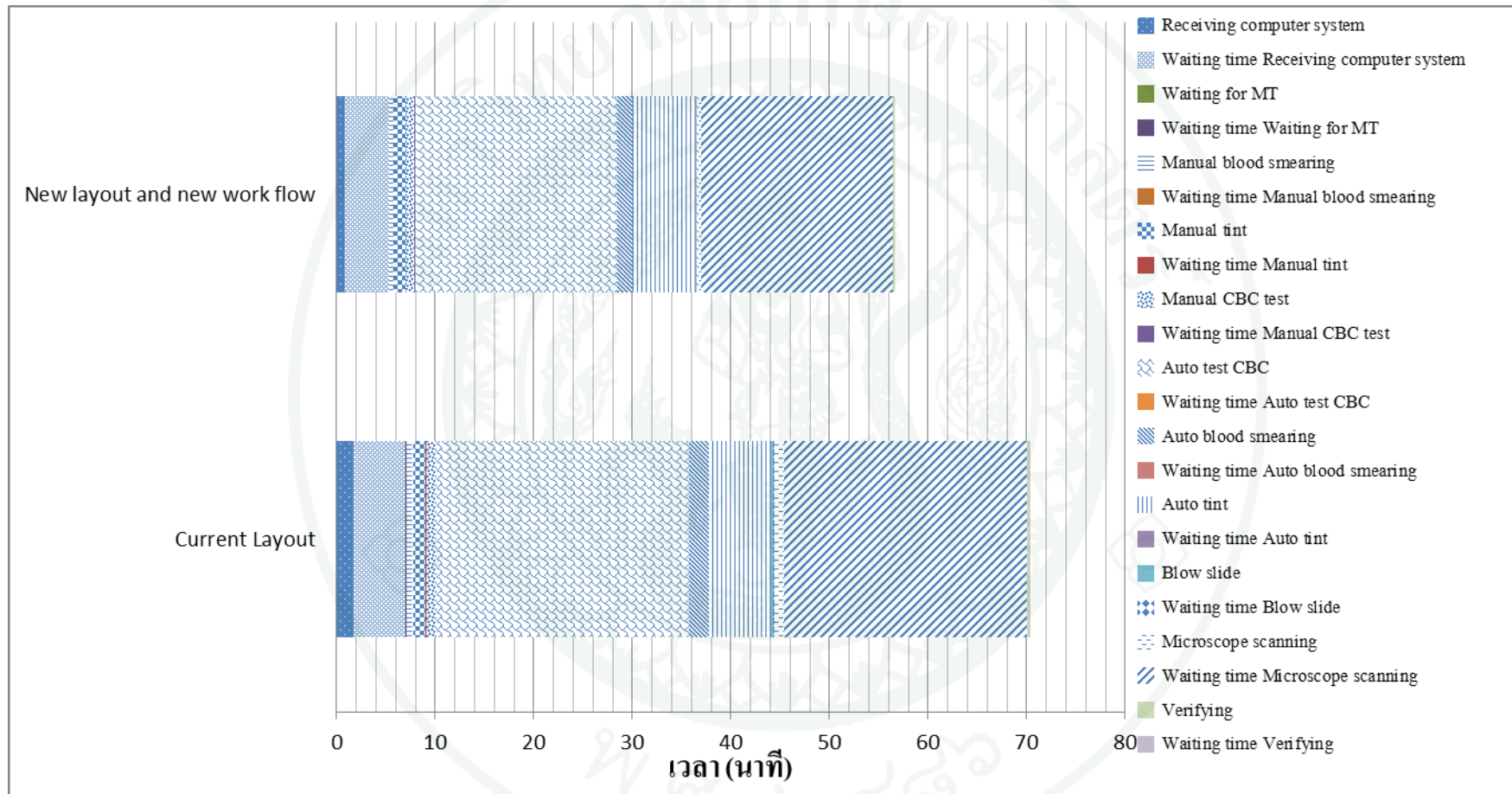
3.7. เปรียบเทียบเวลาโดยรวมของระบบ CBC Test ใหม่ที่เลือกกับเวลาโดยรวมของระบบ CBC Test เดิม และสรุปแนวทางปรับปรุงห้องแล็บ

## ผลและวิจารณ์

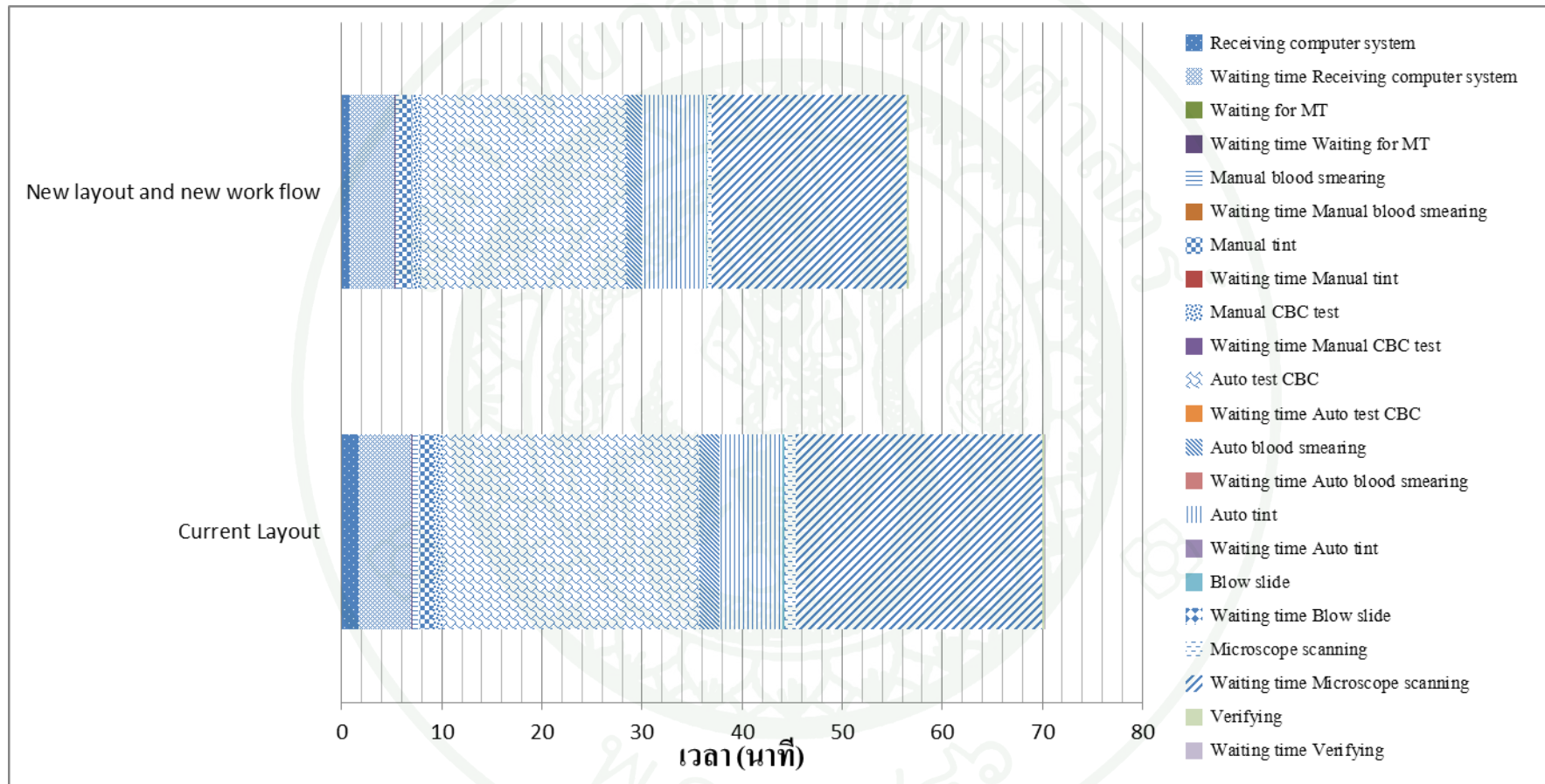
### ผล

ผลลัพธ์จากตัวแบบจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Arena ภายใต้เงื่อนไขการประมวลผลจำนวนรอบทำซ้ำของตัวแบบจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Arena โดยใช้จำนวนรอบทำซ้ำจำนวน 80 รอบทำซ้ำ และเวลาต่อ 1 รอบทำซ้ำ (Run Length) คือ 30 วัน โดยไม่มี Warm Up Period ประกอบกับการพิจารณาเป้าหมายหลักคือ การลดเวลาโดยรวมในระบบของการตรวจนับเม็ดเลือดอย่างสมบูรณ์ และเป้าหมายรองคือ ลดเวลารอในระบบ และลดเวลาการเคลื่อนย้าย และจะพิจารณา 2 กรณีคือ กรณีที่ 1 พิจารณาข้อมูลทั้งหมดของทุกขั้นตอน (ตารางที่ 5) กรณีที่ 2 ไม่พิจารณาข้อมูลสุดโต่งคือข้อมูลที่แตกต่างจากค่าอื่นๆมากในขั้นตอนที่ 4 การ Blood Smear Manual และขั้นตอนที่ 12 การ Blood Smear Auto เนื่องจากการใช้โปรแกรม Input analyzer หาการแจกแจงที่เหมาะสมจากข้อมูลทั้งหมดของขั้นตอนทั้งสองพบว่ามีความ  $p$ -value มีค่าน้อยกว่า 0.05

จากภาพที่ 13 และภาพที่ 14 แสดงเวลาการทำงานและเวลารอคอยของแต่ละกิจกรรมพบว่ากิจกรรมการส่งกล้องจุลทรรศน์เป็นกิจกรรมคอขวด (Bottleneck) และจากตารางที่ 8 และภาพที่ 15 แสดงผลของตัวแบบจำลองสถานการณ์ระหว่างตัวแบบจำลองสถานการณ์เดิมและตัวแบบสถานการณ์ที่ปรับปรุงของกรณีที่ 1 และตารางที่ 9 และภาพที่ 16 แสดงผลของตัวแบบจำลองสถานการณ์ระหว่างตัวแบบจำลองสถานการณ์เดิมและตัวแบบสถานการณ์ที่ปรับปรุงของกรณีที่ 2 โดยมีวิธีการปรับปรุงคือ เปลี่ยนการวางผัง (Layout) โดยใช้แผนภูมิความสัมพันธ์ (The Relationship Diagram) ดังภาพที่ 17 สามารถเรียงกิจกรรมตามคะแนนความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมจากมากไปน้อยคือ 4-9-12-5-8-11-6-7-1-2-3-10 โดยจะจัดแต่ละกิจกรรมลงในบล็อกตามจำนวนที่แสดงดังภาพที่ 4 ความแตกต่างระหว่างผังโรงงานเก่าและใหม่ของการตรวจนับเม็ดเลือดอย่างสมบูรณ์ ดังแสดงในภาพที่ 18 และ ภาพที่ 19 คือ ผังโรงงานใหม่จะจัดกิจกรรมลงในผังโรงงานโดยคำนึงถึงคะแนนความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมของแต่ละกิจกรรม จัดโดยเริ่มจากกิจกรรมที่มีคะแนนมากไปน้อย และพิจารณาดำเนินการจัดวางที่มีระยะทางสั้นที่สุด ทำให้ระยะทางระหว่างแต่ละกิจกรรมสั้นลงในผังโรงงานปัจจุบันจะพบว่าพื้นที่ว่างจะใช้เก็บเอกสารผลการตรวจ 2 อาทิตย์ย้อนหลัง ทำให้ระยะทางในการเดินของ Med Tech เพิ่มมากขึ้น



ภาพที่ 13 เวลาในการทำงานและเวลารอคอยของแต่ละกิจกรรมในกรณีที่ 1



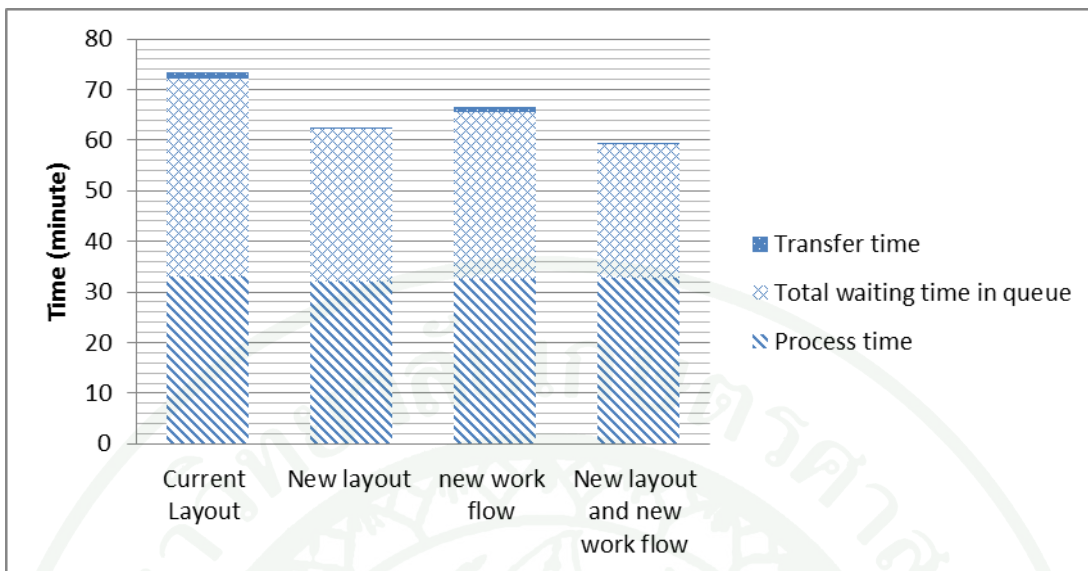
ภาพที่ 14 เวลาในการทำงานและเวลารอคอยของแต่ละกิจกรรมในกรณีที่ 2

ตารางที่ 8 ผลลัพธ์ระหว่างตัวแบบจำลองสถานการณ์เดิมและตัวแบบจำลองสถานการณ์ที่ปรับปรุงกรณีที่ 1

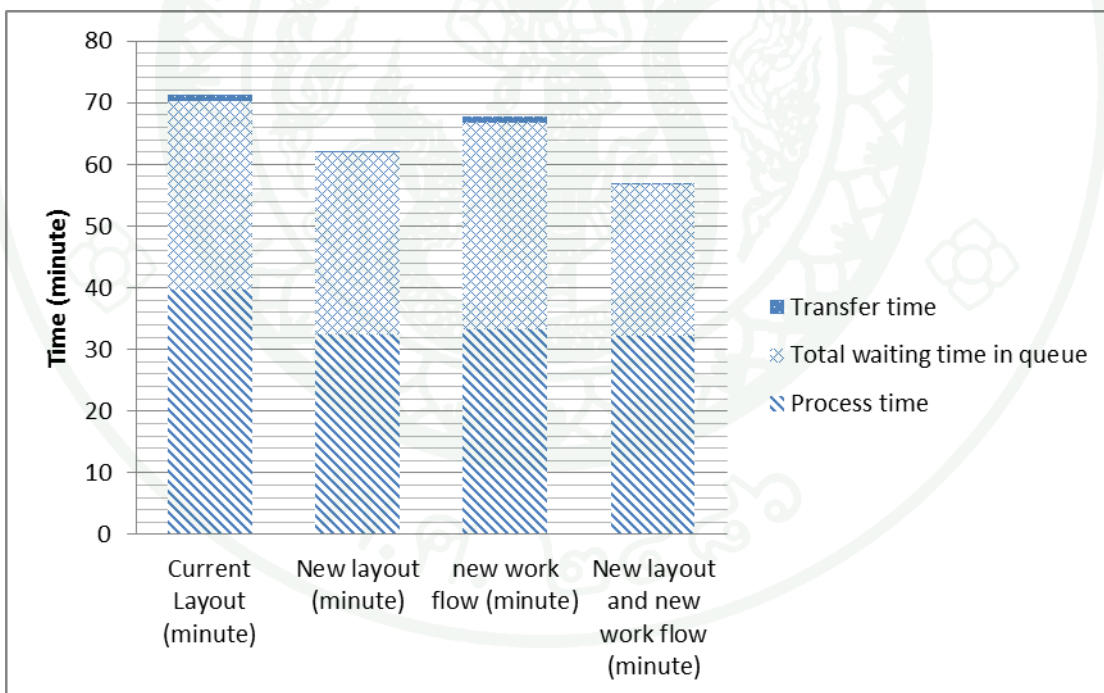
KPI	Current Layout (minute)	New layout (minute)	New work flow (minute)	New layout and new work flow (minute)
เวลาโดยรวม ในระบบ	72.09 ± 1.14	62.35 ± 0.88	65.56 ± 0.42	59.27 ± 0.89
เวลารอคอย	39.09 ± 0.94	30.21 ± 0.48	33.02 ± 0.79	26.43 ± 0.08
เวลาการเดินทาง	1.37 ± 0.00	0.25 ± 0.00	0.89 ± 0.00	0.26 ± 0.00

ตารางที่ 9 ผลลัพธ์ระหว่างตัวแบบจำลองสถานการณ์เดิมและตัวแบบจำลองสถานการณ์ที่ปรับปรุงกรณีที่ 2

KPI	Current Layout (minute)	New layout (minute)	New work flow (minute)	New layout and new work flow (minute)
เวลาโดยรวม ในระบบ	70.28 ± 0.5	61.84 ± 1.47	66.66 ± 1.26	56.63 ± 0.63
เวลารอคอย	30.64 ± 0.96	29.46 ± 0.82	33.53 ± 0.72	24.46 ± 0.36
เวลาการเดินทาง	0.89 ± 0.00	0.29 ± 0.00	0.98 ± 0.00	0.28 ± 0.00



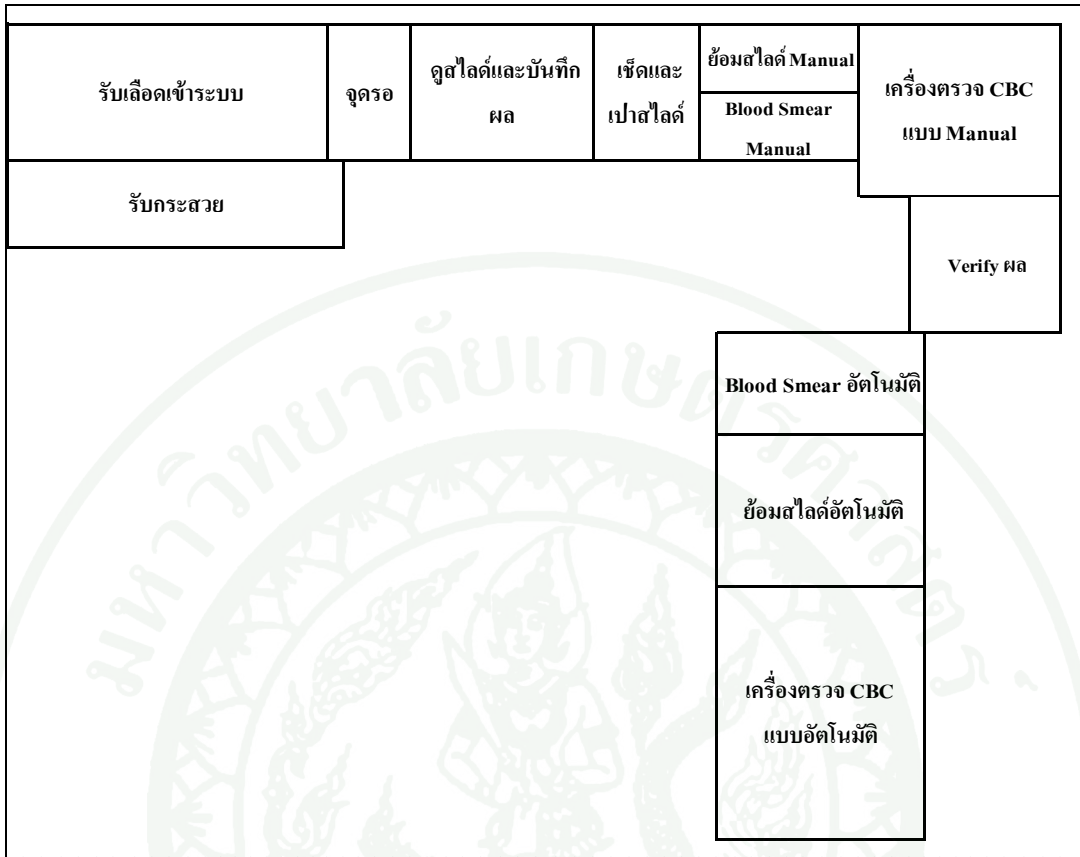
ภาพที่ 15 สัดส่วนของเวลาการทำงาน, เวลารอคอย และเวลาเดินทางกรณีที่ 1



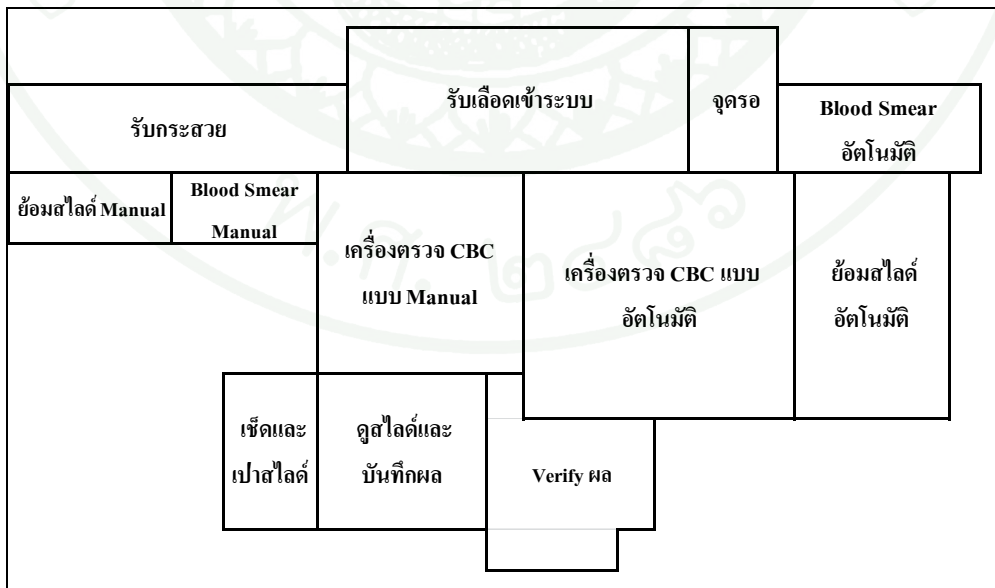
ภาพที่ 16 สัดส่วนของเวลาการทำงาน, เวลารอคอย และเวลาเดินทางกรณีที่ 2

process CBC test		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	รวม	ลำดับ
		Receiving specimen	Receiving computer system	Waiting for MT	Manual blood smearing	Manual tint	Manual CBC test	Auto test CBC	Auto blood smearing	Auto tint	Blow slide	Microscope scanning	Verifying		
1	Receiving specimen	X	A	I	U	U	U	U	U	U	X	U	U	100	9
2	Receiving computer system		X	A	U	U	U	U	U	U	X	U	U	0	10
3	Waiting for MT			X	U	U	U	I	U	U	X	U	U	-9900	11
4	Manual blood smearing				X	A	I	U	U	U	A	I	U	20200	1
5	Manual tint					X	O	U	U	U	A	I	U	10110	4
6	Manual CBC test						X	U	U	U	U	I	I	200	7
7	Auto test CBC							X	A	A	U	I	I	100	8
8	Auto blood smearing								X	A	U	I	U	10000	5
9	Auto tint									X	U	I	U	20000	2
10	Blow slide										X	I	U	-10000	12
11	Microscope scanning											X	A	700	6
12	Verifying												X	10200	3

ภาพที่ 17 แผนภูมิความสัมพันธ์ (The Relationship Diagram)



ภาพที่ 18 แผนผังของการทำงานตรวจนับเม็ดเลือดอย่างสมบูรณ์ (สเกล: 10x10 เซนติเมตร)



ภาพที่ 19 แผนผังใหม่ของการทำงานตรวจนับเม็ดเลือดอย่างสมบูรณ์ (สเกล: 10x10 เซนติเมตร)

การได้มาซึ่งข้อมูลคือสอบถามโดยเจ้าหน้าที่ห้องแล็บเป็นผู้ให้คะแนน และปรับเปลี่ยนตำแหน่งการทำงานของพนักงาน จะพบว่าเวลาของตัวแบบสถานการณ์ที่ปรับปรุง ประกอบด้วย เวลาโดยรวมในระบบ เวลารอคอย และเวลาการเดินทางลดลงจากเวลาของตัวแบบสถานการณ์เดิม เพราะมีการเปลี่ยนผังโรงงานและปรับเปลี่ยนขั้นตอนการทำงานของพนักงาน โดยเปลี่ยนให้พนักงานที่คูสไลด์เป็นผู้ Verify ผลต่างๆเข้าระบบคอมพิวเตอร์ด้วย

จากตารางที่ 10 และตารางที่ 11 แสดงการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์ของเจ้าหน้าที่ พบว่ามีการใช้ให้เกิดประโยชน์ต่ำ แต่ในความเป็นจริงเจ้าหน้าที่ทำงานอยู่ตลอดเวลาเพราะพนักงานต้องทำงานอื่นร่วมด้วย เช่น รับโทรศัพท์ จัดเก็บเอกสารและสไลด์ เป็นต้น ค่าที่ประมวลผลได้จากตัวแบบน้อยกว่าค่าจริง การใช้ประโยชน์ของทรัพยากรในระบบปัจจุบันและระบบที่นำเสนอไม่ต่างกันนัก

ตารางที่ 10 การใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์ของเจ้าหน้าที่กรณีที่ 1

Resources	Old layout (%)	New layout (%)	New work flow (%)	New layout and new work flow (%)
AMT ในกะที่หนึ่ง	26.60 ± 0.0	26.34 ± 0.0	26.63 ± 0.0	26.36 ± 0.0
AMT ในกะที่สอง	58.44 ± 0.0	58.57 ± 0.0	58.34 ± 0.0	58.58 ± 0.0
MT ในกะที่หนึ่ง	12.61 ± 0.0	12.5 ± 0.0	11.95 ± 0.0	12.59 ± 0.0
MT ในกะที่สอง	22.91 ± 0.0	22 ± 0.0	22.08 ± 0.0	22.98 ± 0.0
MT ที่จุดคูสไลด์ในกะที่หนึ่ง	12.33 ± 0.0	11.98 ± 0.0	11.77 ± 0.0	12.28 ± 0.0
MT ที่จุดคูสไลด์ในกะที่สอง	66.55 ± 0.0	65.86 ± 0.0	63.26 ± 0.0	66.8 ± 0.0

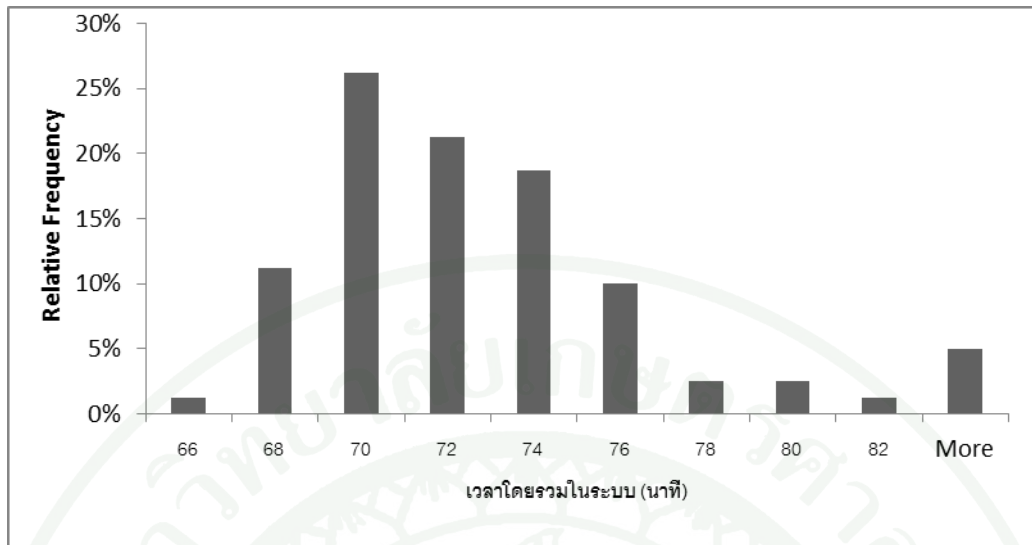
ตารางที่ 11 การใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์ของเจ้าหน้าที่กรณีที่ 2

Resources	Old layout (%)	New layout (%)	New work flow (%)	New layout and new work flow (%)
AMT ในกะที่หนึ่ง	26.25 ± 0.00	26.39 ± 0.00	26.13 ± 0.0	26.06 ± 0.0
AMT ในกะที่สอง	58.67 ± 0.00	58.79 ± 0.00	58.36 ± 0.0	58.38 ± 0.0
MT ในกะที่หนึ่ง	12.75 ± 0.00	12.84 ± 0.00	11.98 ± 0.0	12.39 ± 0.0
MT ในกะที่สอง	22.63 ± 0.00	22.64 ± 0.00	22.28 ± 0.0	22.38 ± 0.0
MT ที่จุดดูแลไอดีในกะที่หนึ่ง	12.99 ± 0.00	13.1 ± 0.00	11.97 ± 0.0	12.58 ± 0.0
MT ที่จุดดูแลไอดีในกะที่สอง	66.04 ± 0.00	65.38 ± 0.00	64.24 ± 0.0	66.67 ± 0.0

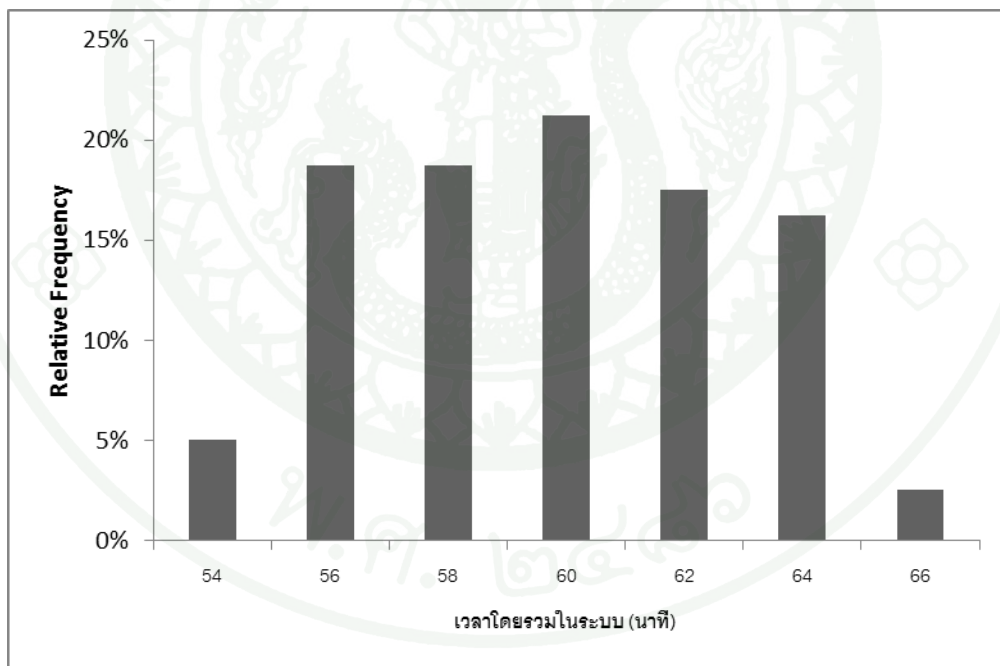
## วิจารณ์

งานวิจัยนี้สามารถช่วยลดเวลาโดยรวมในระบบของระบบการตรวจนับเม็ดเลือดอย่างสมบูรณ์โดยมีเป้าหมายคือ 60 นาที ภาพที่ 20 แสดงฮิสโตแกรมของเวลาโดยรวมในระบบที่ได้จากตัวแบบจำลองสำหรับระบบจริง พบว่าสัดส่วนของหลอดเลือดกรณีก่อนปรับปรุงที่ใช้เวลาภายในเป้าหมาย 0% จึงเสนอแนวทางในการปรับปรุงคือ ปรับปรุงผังโรงงานและเปลี่ยนขั้นตอนการทำงาน โดยให้เจ้าหน้าที่ที่ส่งกล่องจุลทรรศน์เป็นผู้บันทึกผลเข้าระบบคอมพิวเตอร์ โดยการปรับปรุงผังโรงงานใหม่มีข้อเสียคือมีค่าใช้จ่ายเปลี่ยนผังโรงงานสูง และใช้เวลาในการจัดผังใหม่ ติดตั้งเครื่องจักร ตั้งค่าเครื่องจักร และเครื่องจักรแต่ละเครื่องมีข้อจำกัด เช่น ลักษณะการเปิดประตู ตำแหน่งการจัดวาง เป็นต้น จากภาพที่ 21 แสดงฮิสโตแกรมของเวลาโดยรวมในระบบของกรณีที่ 1 พบว่าสัดส่วนของหลอดเลือดใช้เวลาภายในเป้าหมาย 63% และภาพที่ 22 แสดงฮิสโตแกรมของเวลาโดยรวมในระบบของกรณีที่ 2 มีสัดส่วนของหลอดเลือดใช้เวลาภายในเป้าหมาย 76%

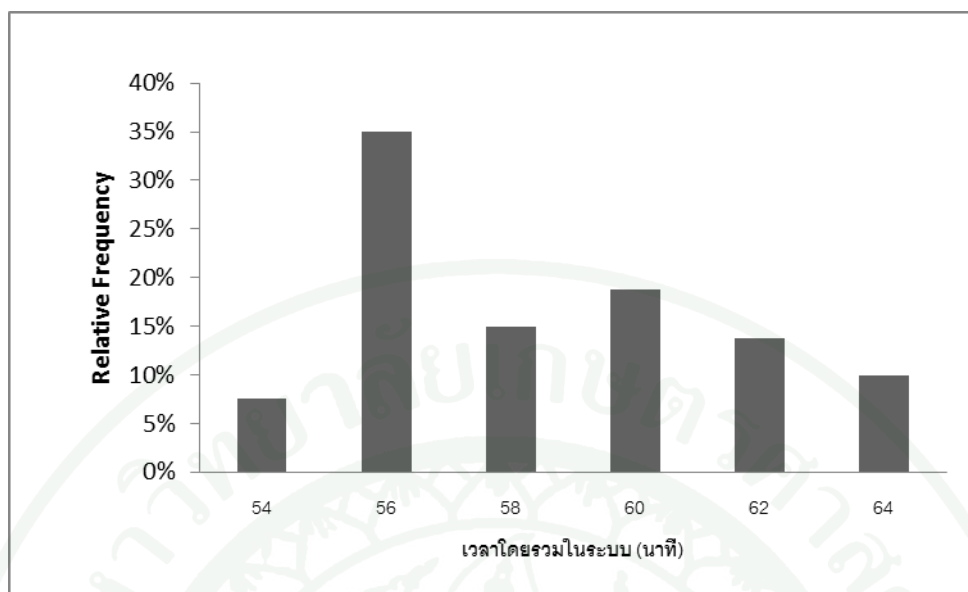
วิธีการที่จะทำให้ 95% ของจำนวนข้อมูลเวลาโดยรวมในระบบมีค่าน้อยกว่าเป้าหมายคือ 60 นาที จากภาพที่ 13 และภาพที่ 14 แสดงเวลาการทำงานและเวลารอคอยของแต่ละกิจกรรม พบว่ากิจกรรมการส่งกล่องจุลทรรศน์เป็นกิจกรรมคอขวด (Bottleneck) จึงควรที่จะเพิ่มจำนวนเจ้าหน้าที่ส่งกล่องจุลทรรศน์และจำนวนกล่องจุลทรรศน์ดังตารางที่ 12 โดยวิธีการนี้ง่ายในการปฏิบัติการแก้ไขจริง หรือปรับปรุงโดยลดจำนวนการไหลสไลด์โดยเจ้าหน้าที่ที่ไม่จำเป็นเพราะในการทำงานจริง เจ้าหน้าที่ไหลสไลด์เตรียมทิ้งไว้เพราะบางครั้งแพทย์จะขอตรวจสอบซ้ำอีกครั้ง ซึ่งทำให้เจ้าหน้าที่ใช้เวลาสูญเปล่าไปกับกิจกรรมที่ไม่จำเป็น



ภาพที่ 20 ความถี่สัมพัทธ์ของเวลาโดยรวมในระบบของระบบจริง



ภาพที่ 21 ความถี่สัมพัทธ์ของเวลาโดยรวมในระบบของกรณีที่ 1



ภาพที่ 22 ความถี่สัมพัทธ์ของเวลาโดยรวมในระบบของกรณีที่ 2

ตารางที่ 12 เวลาโดยรวมในระบบของการเพิ่มจำนวนพนักงานส่งกล้องจุลทรรศน์

กรณีที่	เวลาโดยรวมในระบบ ของตัวแบบจำลอง สถานการณ์สำหรับ กรณีปัจจุบัน (นาท)	เวลาโดยรวมในระบบของตัว แบบจำลองสถานการณ์ที่เพิ่ม จำนวนพนักงานส่งกล้อง จุลทรรศน์ (นาท)	เปอร์เซ็นต์ของ ข้อมูลมีค่าน้อย กว่าเป้าหมาย (%)
1	72.09 ± 1.14	56.55 ± 0.48	98.48
2	70.28 ± 0.5	53.25 ± 0.24	99.33

## สรุปและข้อเสนอแนะ

### สรุป

การพัฒนาตัวแบบจำลองสถานการณ์แบบเหตุการณ์ไม่ต่อเนื่องของระบบการตรวจนับเม็ดเลือดอย่างสมบูรณ์ พิจารณา 2 กรณีคือ กรณีที่ 1 พิจารณาข้อมูลทั้งหมดของทุกขั้นตอน กรณีที่ 2 ไม่พิจารณาข้อมูลสุดโต่งคือข้อมูลที่แตกต่างจากค่าอื่นๆมากในขั้นตอนที่ 4 (Blood Smear Manual) และขั้นตอนที่ 12 (Blood Smear Auto) กรณีที่ 1 พบว่าเวลาโดยรวมในระบบของตัวแบบมีค่าเท่ากับ  $72.09 \pm 1.14$  นาที และเวลาโดยรวมในระบบของระบบจริงมีค่าเท่ากับ  $73.08 \pm 3.72$  นาที จากการทดสอบสมมติฐานแบบ 2 sample *t*-test พบว่ามีค่า *p*-value เท่ากับ 0.59 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 สรุปได้ว่าตัวแบบจำลองสถานการณ์สามารถเป็นตัวแทนระบบจริงได้ และเป้าหมายการลดเวลาโดยรวมของระบบการตรวจนับเม็ดเลือดอย่างสมบูรณ์คือ 1 ชั่วโมง จากการปรับปรุงคือ เปลี่ยนการวางผังโรงงาน โดยใช้แผนภูมิความสัมพันธ์ และปรับเปลี่ยนตำแหน่งการทำงานของพนักงาน พบว่ามีเวลาโดยรวมในระบบ  $59.27 \pm 0.89$  นาที ลดลง 17.78% ซึ่งตรงไปตามดัชนีที่ตั้งไว้ และเวลาโดยรวมของตัวแบบจำลองสถานการณ์ในกรณีที่ 2 คือ  $70.28 \pm 0.5$  นาที พบว่ามีค่า *p*-value ของ 2 sample *t*-test เท่ากับ 0.13 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 สรุปได้ว่าตัวแบบจำลองสถานการณ์สามารถทดแทนระบบจริงได้ จากการปรับปรุงพบว่ามีเวลาโดยรวมในระบบ  $56.63 \pm 0.63$  นาที ลดลง 19.42% จากผลของทั้งสองกรณีมีความแตกต่างกัน 1.64%

### ข้อเสนอแนะ

การปรับปรุงระบบการตรวจนับเม็ดเลือดอย่างสมบูรณ์ คือการเสนอผังโรงงานใหม่ จะสามารถช่วยลดระยะเวลาในการเดินและการขยับตัวของเจ้าหน้าที่ ทำให้เจ้าหน้าที่ทำงานมีความเหนื่อยล้าน้อยลงตามหลักการยศาสตร์ส่งผลให้เวลาในการเดินทางลดลง ทำให้เวลาโดยรวมในระบบลดลงด้วย แต่ผลกระทบที่เกิดขึ้นคือเมื่อจะปรับเปลี่ยนผังโรงงานของการตรวจนับเม็ดเลือดอย่างสมบูรณ์ ต้องหยุดการทำงานภายในห้องปฏิบัติการชั่วคราว ส่งผลต่อโรงพยาบาลคือค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนผังโรงงาน ค่าใช้จ่ายในการจ้างเจ้าหน้าที่ และส่งผลต่อเจ้าหน้าที่คืออาจจะต้องหยุดงานหรือต้องโยกย้ายไปช่วยในการทดสอบอื่นๆ เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงอาจจะต้องใช้เวลาในการปรับตัวทำให้ผลที่ได้ไม่แม่นยำเท่าที่ควร และเมื่อเปลี่ยนผังโรงงานเรียบร้อยแล้วเจ้าหน้าที่จะต้องอาศัยเวลาในการปรับตัว เนื่องจากเคยชินกับผังโรงงานเดิมและการปรับปรุงผังโรงงานของการตรวจนับเม็ดเลือดอย่างสมบูรณ์มีเวลาโดยรวมในระบบน้อยลงและพนักงานเหนื่อยล้าน้อยลงจะทำให้การทดสอบอื่นๆมีความกระตือรือร้นที่จะพัฒนาการทดสอบของตนเองมากขึ้น และเมื่อลองปรับปรุงโดยการเพิ่มจำนวนพนักงานส่องกล้องพบว่าเปอร์เซ็นต์ของข้อมูลมีค่าน้อยกว่าเวลาเป้าหมายของกรณีที่ 1 คือ 98.48% และเปอร์เซ็นต์ของข้อมูลมีค่าน้อยกว่าเวลาเป้าหมายของกรณีที่ 2 คือ 99.33% โดยเวลาเป้าหมายของห้องแล็บคือ 60 นาที

แบบจำลองสถานการณ์ที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถศึกษาพัฒนาด้านอื่นต่อไปได้เช่น นำปัจจัยทางด้านการเงินการลงทุนเข้ามาเกี่ยวข้องเพื่อดูว่าค่าลงทุนในการเปลี่ยนผังโรงงาน จะคุ้มกับค่าใช้จ่ายอื่นๆหรือไม่ หรือจะเป็นการจัดตารางการทำงานของพนักงาน และยังสามารถนำไปช่วยลดเวลาโดยรวมในระบบให้กับการทดสอบอื่นๆภายในห้องแล็บได้ แต่อาจจะเปลี่ยนแปลงตามลักษณะขั้นตอนการทำงานของแต่ละการทดสอบ หากพัฒนาครบทุกๆการทดสอบเวลารอคอยของคนไข้ในโรงพยาบาลจะลดลง และเพิ่มประสิทธิภาพให้กับโรงพยาบาล

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมส่งเสริมการค้าส่งออก กระทรวงพาณิชย์. 2553. กรมส่งเสริมการค้าส่งออก. แหล่งที่มา:

www.depthai.go.th. 29 กรกฎาคม 2555.

กัลยา วานิชย์บัญชา. 2552. **หลักสถิติ**. ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

คมกฤต เต็กสกุล. 2554. **การออกแบบและวางผังโรงงานเชิงวิเคราะห์ (Analytical Approach for Design and Plant Layout)**. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

โยชิโนบุ นายนานิ. 2547. **7 เครื่องมือสู่คุณภาพยุคใหม่**. พิมพ์ครั้งที่ 5 สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ.

รุ่งรัตน์ ภิรัชเพ็ญ. 2551. **คู่มือการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Arena**. พิมพ์ครั้งที่ 1 บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน), กรุงเทพฯ.

มีณา เกอเกลียง, สุชาสินี สันแอ, ดาริน ชวกุล, ธิดา รัตติ, ถวิล ประสงค์ทรัพย์ และ อโนทัย โภคาธิกรณ์. 2553. กระบวนการแก้ไขปัญหาการส่งคืนสิ่งส่งตรวจทางโลหิตวิทยา **สงขลา นครินทร์เวชสาร** 28 (5): 267-274

Ahmed, A. and M. Alkhamis. 2008. Simulation optimization for an emergency department healthcare unit in Kuwait. **European Journal of Operational Research**. 198: 936–942.

Banks, J., J.S. Carson II, B.L. Nelson, and D.M. Nicol. 2005. **Discrete-event System Simulation**. 4<sup>th</sup> ed. Prentice Hall, Inc., New Jersey, U.S.A.

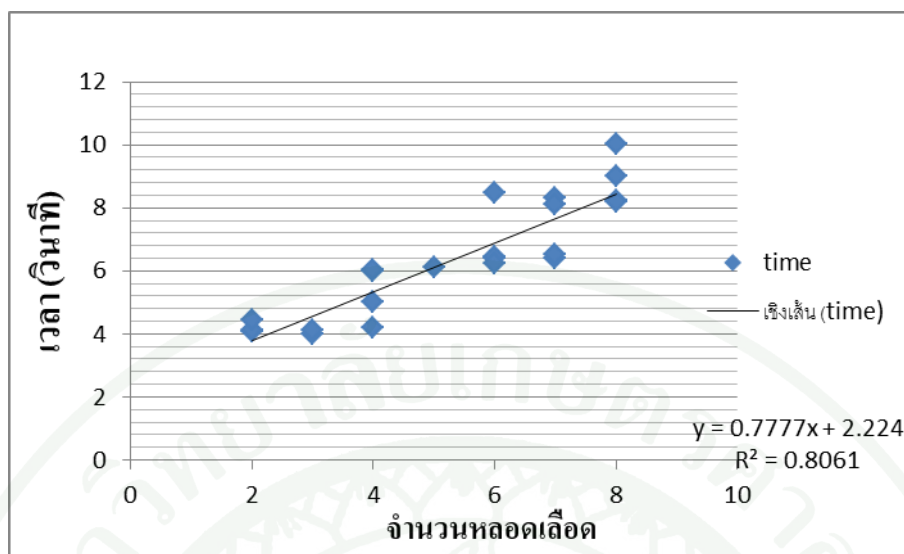
Bertsekas, P., and N. Tsitsiklis. 2002. **Introduction to Probability**. International ed. Athena Scientific., Nashua.

- Chien, T., J. Lu, J. Kao, Y. Cheng, and Y. Lee. 2007. Evaluation and Improvement Strategy of Analytical Turnaround Time in the Stat Laboratory. **Elsevier and Formosan Medical Association**. 106 (7): 558-564.
- Deb, S.K., and B. Bhattacharyya. 2005. Fuzzy decision support system for manufacturing facilities layout planning. **Decision Support Systems**. 40: 305–314.
- Kelton, W.D., R.P. Sadowski, and N.B. Swets. 2009. **Simulation with Arena**. 5<sup>th</sup> ed. McGraw-Hill Companies, Inc., Singapore.
- Lee, R.C., and J.M. Moore. 1967. CORELAP-computerized relationship layout planning. **Journal of Industrial Engineering**. 18: 195-200.
- Muther, R. 1961. **Systematic Layout Planning**. Industrial Education Institute, Boston.
- Pirolo, J., Ray, A., Gadzinski, M., Manese, M., Garvert, B., Scoville, G., Walpole, H., Amland, B., Boos, R., Mamminga, I., Brown, J. and Donlon, K. 2009. Utilization of Discrete event simulation in the Prospective Determination of Optimal Cardiovascular Lab Processes. In **Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference**, edited by M. D. Rossetti, R. R. Hill, B. Johansson, A. Dunkin and R. G. Ingalls, ed. Piscataway, 1916-1926. New Jersey: Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- Rossetti., M.D. 2010. **Simulation Modeling and Arena**. John Wiley & Sons. Ltd., United States of America.
- Sepponen, R. 1969. **CORELAP 8 Users Manual**. Department of Industrial Engineering, Northeastern University, Boston.

Venkatadri, V., V.A. Raghavan, V. Kesavakumaran, S.S. Lam, and K. Srihari. 2011.  
Simulation based alternatives for overall process improvement at the cardiac  
catheterization lab. **Simulation Modelling Practice and Theory**. 19: 1544-1557.







ภาพผนวกที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่าง เวลา และจำนวนหลอดเลือด

ตารางผนวกที่ 1 ข้อมูลเวลาการรับเลือดเข้าระบบ (นาทื)

เวลาการรับเลือดเข้าระบบ (นาทื)							
2.24	1.39	0.35	2	1.47	1.16	1.58	0.26
0.16	1.25	1.18	1.2	1.03	0.2	0.38	0.54
0.21	4.31	1.5	1.12	0.42	0.3	0.19	0.39
1.05	1.06	0.52	1.3	0.21	2.12	0.33	0.21
0.49	0.53	1.54	1.27	0.45	0.54	0.29	0.55
0.34	0.28	1.21	1.35	0.38	0.34	0.36	0.44
0.23	3.28	1.3	2.22	1.58	0.5	0.12	0.57
1.2	1.15	1.33	0.57	0.45	0.42	0.26	1.4
0.27	0.53	2.05	2.29	0.25	0.16	0.5	0.37
0.29	1.46	1.31	0.43	0.3	0.23	0.57	0.17

ตารางผนวกที่ 2 ข้อมูลเวลาการย้อมสไลด์ (นาที)

เวลาการย้อมสไลด์ (นาที)			
6.26	6.26	6.28	6.27
6.32	6.32	6.34	6.31
6.33	6.3	6.3	6.43
6.31	6.31	6.28	6.28
6.37	6.32	6.35	6.34

ตารางผนวกที่ 3 ข้อมูลเวลา Blood Smear Auto (นาที)

เวลา Blood Smear Auto (นาที)									
3.26	2.53	2.32	3.23	4.32	3.33	3.26	3.45	3.31	3.21
2.22	3.29	3.21	3.24	3.38	2.5	3.38	3.26	3.25	3.28
3.35	3.35	3.26	3.33	2.44	3.33	3.3	3.24	3.29	3.26
3.3	3.27	3.31	3.29	3.36	3.26	3.34	3.23	4.32	3.26
3.3	3.43	3.3	3.37	3.43	3.25	3.16	3.25	3.21	3.31
3.31	4.02	3.22	3.28	3.45	2.49	3.43	3.28	3.31	3.3
3.32	3.57	2.55	3.26	3.23	2.53	3.57	3.25	3.33	3.28
3.25	3.3	3.34	3.26	3.16	3.32	3.29	3.26	3.34	3.24
3.26	3.32	3.38	3.23	3.46	3.37	4.02	3.3	3.37	3.43
3.29	2.55	3.48	3.25	3.37	3.38	3.16	3.21	3.31	3.25
3.38	3.29	3.27	3.29	3.45	3.25	3.34	2.57	3.26	3.22

ตารางผนวกที่ 4 ข้อมูลเวลาการ Blood Smear Manual (นาที)

เวลาการ Blood Smear Manual (นาที)									
0.29	1.53	1.04	0.27	0.38	0.39	0.24	0.41	0.29	1.00
1.34	0.29	0.32	0.32	0.4	0.22	0.39	0.3	0.27	0.35
0.24	0.38	0.42	0.27	0.3	0.42	0.27	1.39	1.53	1.04
0.43	0.12	1.39	0.28	0.44	0.34	1.04	0.35	1.06	0.42
2.46	0.3	1.58	0.27	0.28	0.29	0.42	0.27	0.27	0.29
0.22	0.35	0.4	0.3	0.12	0.42	0.27	0.32	0.3	0.29
0.26	0.32	0.3	0.29	0.4	1.39	0.28	0.24	0.42	1.07
0.38	0.39	0.3	0.29	0.42	0.29	0.32	0.32	0.12	0.26
0.26	0.39	0.29	1.04	0.27	0.27	0.20	1.03	0.3	1.39
0.24	0.44	0.34	0.29	0.32	0.24	0.38	0.27	0.35	0.48
0.43	1.39	1.06	0.35	0.27	0.27	0.45	0.12	0.32	0.3

ตารางผนวกที่ 5 ข้อมูลเวลาการดูสไลด์ (นาที)

เวลาการดูสไลด์ (นาที)							
0.29	1.53	0.22	0.35	1.04	0.39	0.5	0.52
1.34	0.29	0.26	0.32	0.32	2.17	0.38	0.24
0.24	0.38	0.38	0.39	0.42	1.32	1.52	0.25
0.43	0.12	0.26	0.39	1.39	0.36	0.24	0.43
2.46	0.3	0.24	0.44	1.58	2.46	0.27	0.38
0.36	0.35	1.04	0.39	1.02	0.36	0.39	1.03
0.22	0.26	1.02	0.29	0.26	0.22	0.57	0.25
0.32	0.38	0.52	0.38	1.34	0.38	1.04	2.31
0.39	0.25	0.36	0.12	0.24	1.02	0.24	0.59
1.03	0.26	0.39	0.22	1.53	0.43	1.23	0.39

ตารางผนวกที่ 6 ข้อมูลเวลาการตรวจ CBC แบบอัตโนมัติ (นาที)

เวลาการตรวจ CBC แบบอัตโนมัติ (นาที)						
8.49	6.5	6.42	8	6.47	3.02	5.48
8.22	6.42	10.01	9.01	9.23	5.3	1.39
8.32	8.09	4	7.27	8.24	7.48	4.57
6.39	8.2	6.25	5.43	9.02	6.43	5.35
6.4	4.06	4.13	8.5	9.27	8	4.04

ตารางผนวกที่ 7 ข้อมูลเวลา verify ผลเข้าระบบคอมพิวเตอร์ (นาที)

เวลา verify ผลเข้าระบบคอมพิวเตอร์ (นาที)			
0.22	0.15	0.23	0.1
0.17	0.29	0.39	0.33
0.12	0.19	0.24	0.24
0.16	0.19	0.37	
0.17	0.2	0.21	

## ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาว กัญญารัตน์ หลวงมูล
วัน เดือน ปี ที่เกิด	14 ตุลาคม 2531
สถานที่เกิด	จังหวัดลำพูน
ประวัติการศึกษา	วศ.บ. (วิศวกรรมอุตสาหกรรม) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (พ.ศ.2552)
ผลงานทางวิชาการ	Luangmul, K., Pichitlamken, J. and Weerawat, W. 2012. A simulation model of a hospital's clinical laboratory. <b>Lecture Notes in Management Science</b> . 4: 64-69.
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ทุนวิจัยภายใต้โครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษา (สกอ.)-สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) คลัสเตอร์การวิจัยด้านระบบโลจิสติกส์เพื่อการยกระดับการให้บริการสุขภาพและอนามัยของประเทศไทย</li> <li>• ทุนวิจัย Industrial and research projects for undergraduate students (IRPUS) ปี 2552</li> <li>• ทุนผู้ช่วยสอนภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ (ปีการศึกษา 2554)</li> </ul>