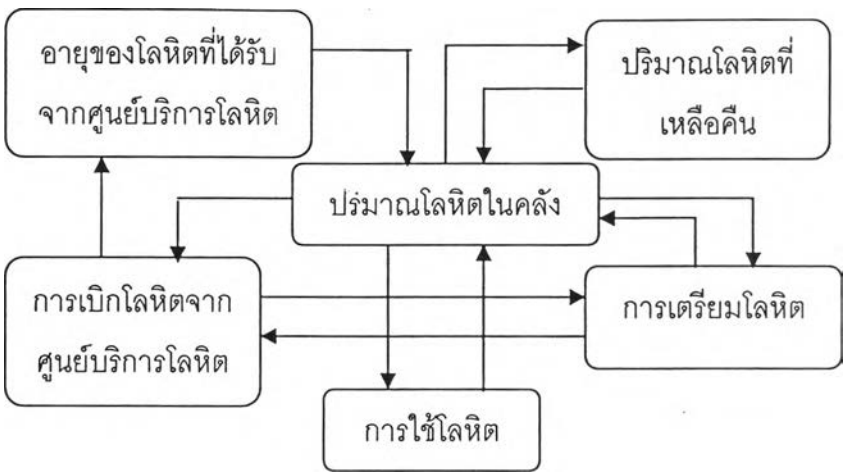
บทที่ 4

แบบจำลองพลวัตของระบบ
การใช้โลหิตของโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

4.1 แบบจำลองพลวัตของระบบ

จากการศึกษาระบบงานของธนาคารโลหิตและปัญหาโลหิตสูญเสียที่กล่าวไว้ในบทที่3 แบบจำลองพลวัตของระบบถูกสร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมของระบบการใช้โลหิตครบส่วนและหาแนวทางเพื่อลดการสูญเสียโลหิต เนื้อหาในบทนี้เป็นการอธิบายรายละเอียดของแบบจำลองระบบการใช้โลหิตครบส่วนของโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ซึ่งจำลองระบบเป็นรายวัน เริ่มตั้งแต่วันที่ 1 สิงหาคม 2544 ถึง 31 ธันวาคม 2544 รวม 153 วัน แบบจำลองแบ่งออกเป็น 6 ส่วน ได้แก่

1. การเบิกโลหิตจากศูนย์บริการโลหิต
2. ปริมาณโลหิตในคลังของธนาคารโลหิต
3. อายุของโลหิตที่ได้รับจากศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ
4. การเตรียมโลหิต
5. ปริมาณโลหิตที่นำไปใช้
6. ปริมาณโลหิตที่เหลือคืน



ภาพที่ 4.1 ความสัมพันธ์ของแบบจำลองพลวัตของระบบการใช้โลหิต

ความสัมพันธ์ของแบบจำลองดังในภาพที่ 4 1 อธิบายได้ดังนี้ จากแบบจำลองการเบิกโลหิตจากศูนย์ฯ จะทราบข้อมูลของปริมาณโลหิตที่ได้รับจากศูนย์ และข้อมูลนี้จะถูกนำไปใช้ในแบบจำลองอายุโลหิตที่ได้รับจากศูนย์ฯ เพื่อจำลองว่าโลหิตที่ได้รับมานั้นเป็นโลหิตที่มีอายุกี่วัน จากนั้นจำนวนโลหิตที่ได้ถูกกำหนดอายุแล้วจะถูกใช้ในแบบจำลองปริมาณโลหิตในคลัง คือจำนวนโลหิตที่ได้รับจากศูนย์จะไหลเข้าคลังโลหิตที่ยังไม่ถูกจองใช้ และจำนวนโลหิตที่ถูกทำ crossmatch ซึ่งได้จากแบบจำลองการเตรียมโลหิตจะส่งผลไปที่แบบจำลองปริมาณโลหิตในคลัง โดยจะเป็นจำนวนโลหิตที่ไหลออกจากคลังโลหิตที่ยังไม่ถูกจองใช้เข้าสู่คลังโลหิตที่ทำ crossmatch แล้ว สำหรับจำนวนโลหิตที่ถูกนำไปใช้ซึ่งได้จากแบบจำลองการใช้โลหิตจะส่งผลไปที่แบบจำลองปริมาณโลหิตในคลัง โดยเป็นจำนวนโลหิตที่ไหลออกจากคลังโลหิตที่ทำ crossmatch ไว้แล้ว

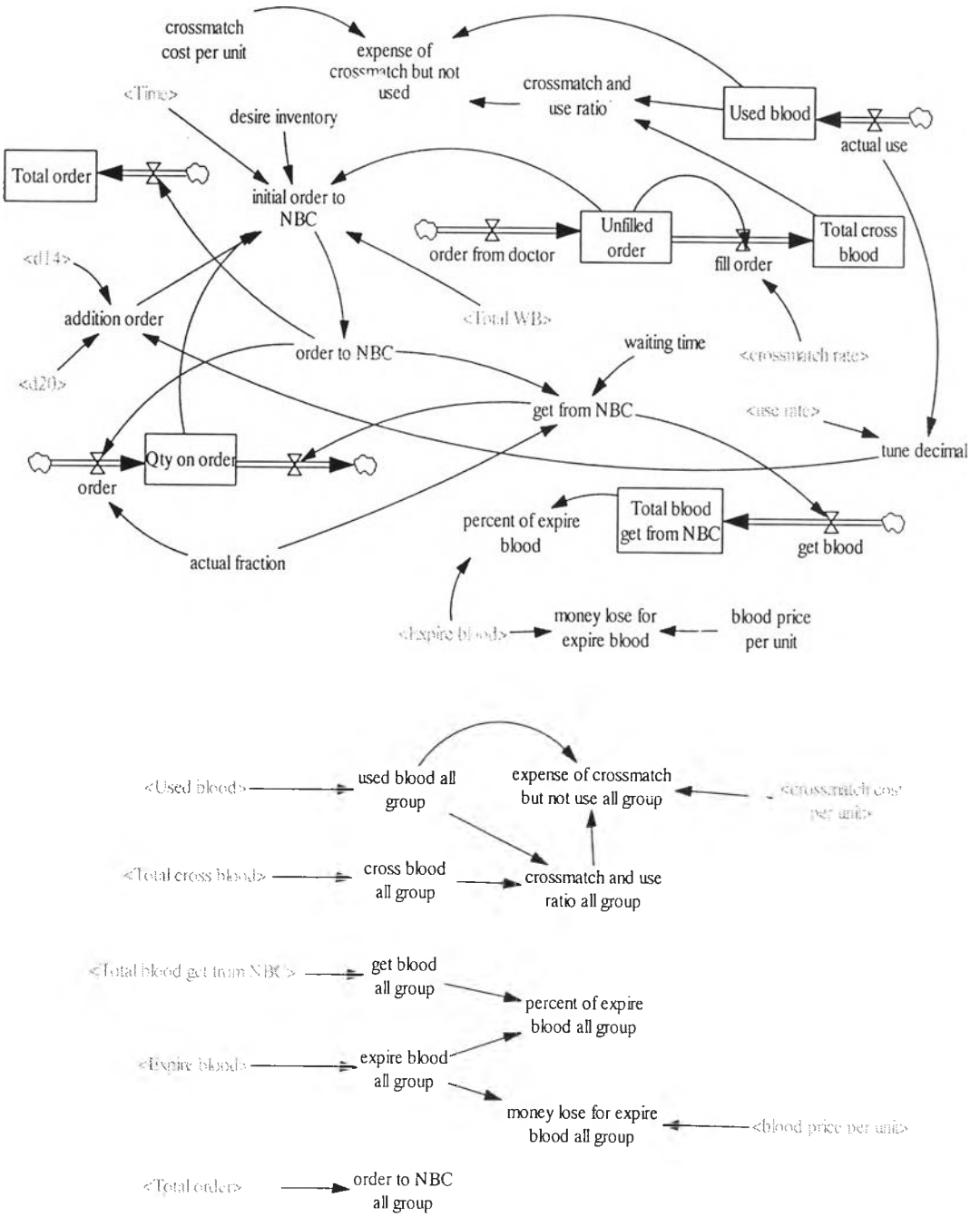
แบบจำลองการเตรียมโลหิตจะอาศัยข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณโลหิตในคลังที่ยังไม่ถูกจองใช้ (จากแบบจำลองปริมาณโลหิตในคลัง)มาใช้ในการคำนวณว่าโลหิตแต่ละอายุจะถูกนำออกไปทำ crossmatch เป็นจำนวนเท่าไร และจะส่งข้อมูลนี้กลับไปที่แบบจำลองปริมาณโลหิตในคลังดังที่กล่าวไว้ข้างต้น ส่วนแบบจำลองการใช้โลหิตก็เช่นเดียวกันคือจะอาศัยข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณโลหิตในคลังที่ทำ crossmatch แล้ว (จากแบบจำลองปริมาณโลหิตในคลัง) มาใช้ในการคำนวณว่าโลหิตแต่ละอายุจะถูกนำออกไปใช้ให้กับผู้ป่วยเป็นจำนวนเท่าไร และจะส่งข้อมูลนี้

กลับไปที่แบบจำลองปริมาณโลหิตในคลัง สำหรับแบบจำลองโลหิตที่เหลือคืนจะอาศัยข้อมูลเกี่ยวกับจำนวนโลหิตที่ทำ crossmatch แล้ว (จากแบบจำลองปริมาณโลหิตในคลัง) เพื่อนำมาคำนวณหาจำนวนโลหิตแต่ละอายุที่จะถูกคืนกลับเข้าไปในคลังโลหิตที่ยังไม่ถูกจองใช้ซึ่งอยู่ในแบบจำลองปริมาณโลหิตในคลัง โดยรายละเอียดปลีกย่อยของแต่ละแบบจำลองอธิบายได้ดังต่อไปนี้

4.1.1 การเบิกโลหิตจากศูนย์บริการโลหิต

แบบจำลองการเบิกโลหิตจากศูนย์บริการโลหิตจะแสดงถึงภาพรวมของงานบริการโลหิต ตั้งแต่ การตัดสินใจเบิกโลหิตจากศูนย์บริการโลหิต ปริมาณโลหิตในคลัง และจำนวนโลหิตที่สูญเสีย ซึ่งแบ่งตามหมู่โลหิต 4 หมู่ คือ A, B, O และ AB แต่จะไม่พิจารณาหมู่โลหิต Rh เนื่องจากทางธนาคารโลหิตไม่มีนโยบายสำรองโลหิตหมู่นี้เผื่อไว้ รายละเอียดของแบบจำลองดังในภาพที่ 4.2 อธิบายได้ดังนี้ เมื่อแพทย์วินิจฉัยแล้วว่าผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาจำเป็นต้องได้รับโลหิต แพทย์จะส่งใบขอเบิกโลหิตมาที่ธนาคารโลหิต ใบขอเบิกโลหิตนี้ (order from doctor) จะถูกสะสมไว้ในคลังโลหิตที่แพทย์ขอเบิกแต่ยังไม่ได้เตรียมทำ crossmatch (Unfilled order) เมื่อเจ้าหน้าที่นำโลหิตมาทำการ crossmatch เพื่อให้ผู้ป่วยรายใดแล้ว หมายความว่าโลหิตหน่วยนั้นถูกจองใช้ไว้ (fill order) จำนวนโลหิตที่ขอเบิกไว้ในคลัง Unfilled order จะลดลง ขณะที่จำนวนโลหิตทั้งหมดที่ผ่านการทำ crossmatch จะมีค่าเพิ่มขึ้น โดยข้อมูลเกี่ยวกับจำนวนโลหิตทั้งหมดที่ได้เตรียมทำ crossmatch (Total cross blood) กับจำนวนโลหิตทั้งหมดที่ถูกใช้จริง (Use blood) จะถูกนำไปใช้ในการคำนวณหาอัตราส่วนการเตรียมโลหิตต่อจำนวนโลหิตที่ใช้จริง (crossmatch and use ratio) และคำนวณค่าใช้จ่ายของการเตรียมโลหิตแต่ไม่ได้นำโลหิตหน่วยนั้นไปใช้ (expense of crocsmatch but not use) โดยต้นทุนของการ crossmatch โลหิต 1 หน่วย (crossmatch cost per unit) มีค่าเท่ากับ 30 บาทต่อหน่วย

ในแบบจำลองนี้มีตัวแปรภายนอกอยู่ทั้งหมด 3 ตัวแปร คือ จำนวนโลหิตที่แพทย์ขอเบิกมาที่ธนาคารโลหิต, อัตราส่วนการได้รับโลหิตจากศูนย์บริการโลหิต (actual fraction) และจำนวนโลหิตที่ใช้จริง (actual use) ซึ่งข้อมูลทั้ง 3 ส่วนนี้เก็บไว้ในไฟล์ EXCEL และจะถูกดึงเข้ามาใช้เมื่อทำการรันแบบจำลอง



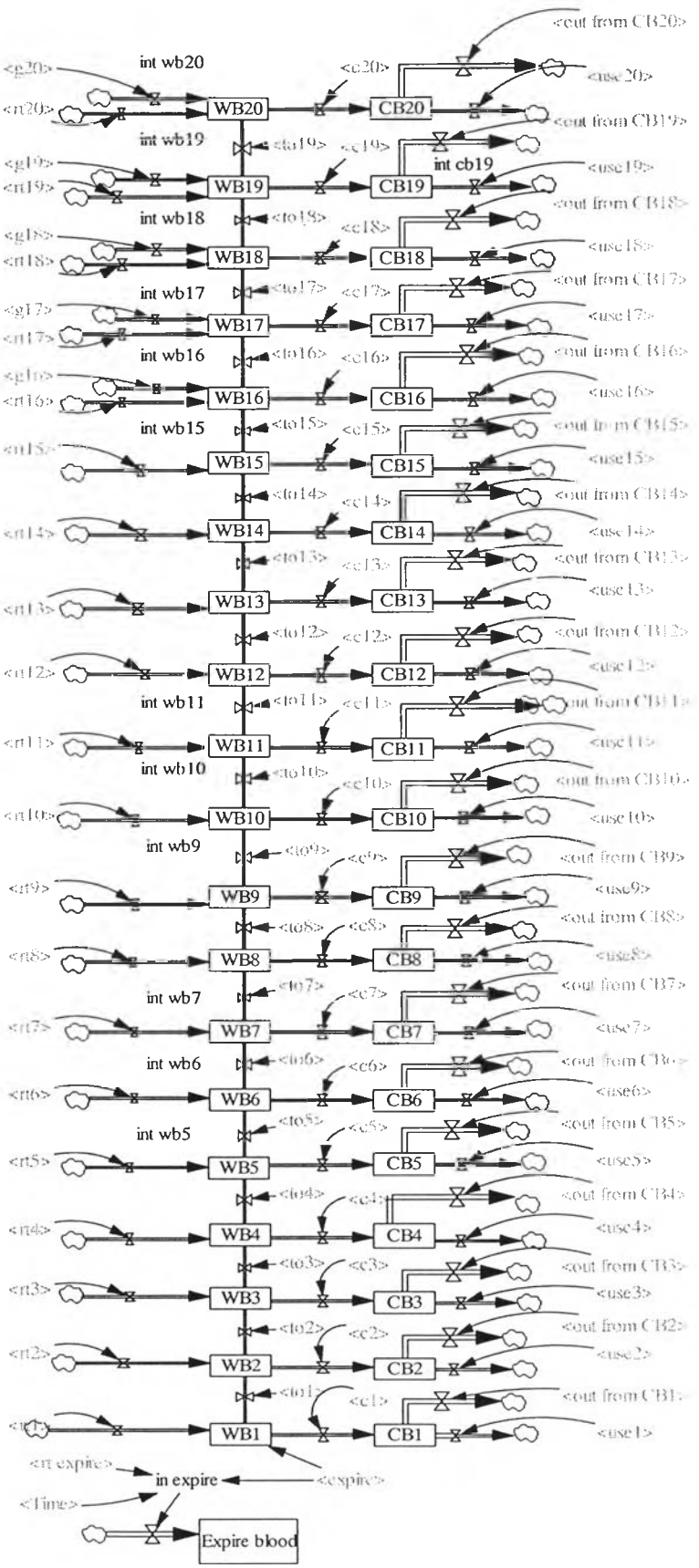
ภาพที่ 4.2 แบบจำลองการเบิกโลหิตจากศูนย์บริการโลหิต

การตัดสินใจเบิกโลหิตจากศูนย์บริการโลหิตจะพิจารณาจากระดับคงคลังที่กำหนดไว้ (desire inventory) ,จำนวนโลหิตที่แพทย์สั่งมาแต่ยังไม่ได้ทำ crossmatch และจำนวนโลหิตที่ขอเบิกจากศูนย์ฯแล้วแต่ยังไม่ได้รับ (Qty on order) รวมกับจำนวนโลหิตที่ต้องขอเบิกเพิ่มเนื่องจากปริมาณโลหิตในคลังมีไม่พอใช้ (addition order) เมื่อขอเบิกโลหิตไปแล้วอาจจะได้รับตามจำนวนที่ขอไปหรือได้น้อยกว่าขึ้นกับอัตราส่วนการได้รับโลหิตจากศูนย์บริการโลหิต หลังจากส่งใบขอเบิกโลหิตไว้ที่ศูนย์ฯต้องรอประมาณ 1 ชั่วโมง (waiting time) จึงได้รับโลหิต โดยโลหิตที่ได้รับมาจะเก็บไว้ในคลังโลหิตที่ยังไม่ถูกจองใช้ (Total WB) ซึ่งแบบจำลองปริมาณโลหิตในคลังจะอธิบายในส่วนถัดไป สำหรับข้อมูลของจำนวนโลหิตทั้งหมดที่ได้รับมาจากศูนย์บริการโลหิต (Total blood get from NBC) กับจำนวนโลหิตหมดอายุทั้งหมด (Expire blood) จะนำมาใช้ในการคำนวณเปอร์เซ็นต์โลหิตหมดอายุต่อจำนวนโลหิตที่จัดหาได้ (percent of expire blood) และใช้ในการคำนวณจำนวนเงินที่ต้องสูญเสียเนื่องจากโลหิตหมดอายุ (money lose for expire blood) โดยราคาของโลหิตครบส่วน 1 หน่วย (blood price per unit) มีค่าเท่ากับ 330 บาทต่อหน่วย

ส่วนล่างของภาพที่ 4.2 เป็นส่วนที่ใช้ในการคำนวณค่าใช้จ่ายในการทำ crossmatch แต่ไม่ได้นำโลหิตไปใช้ , จำนวนเงินที่ต้องสูญเสียเนื่องจากโลหิตหมดอายุ, เปอร์เซ็นต์ของโลหิตหมดอายุ และอัตราส่วนการทำ crossmatch ต่อการใช้จริง โดยรวมของโลหิตหมู่ O,B,A และ AB สำหรับสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆภายในแบบจำลองสามารถดูได้ที่ภาคผนวก และตัวแปรที่อยู่ภายในเครื่องหมาย < > หมายถึงตัวแปรจากแบบจำลองส่วนอื่นๆ

4.1.2 ปริมาณโลหิตในคลังของธนาคารโลหิต

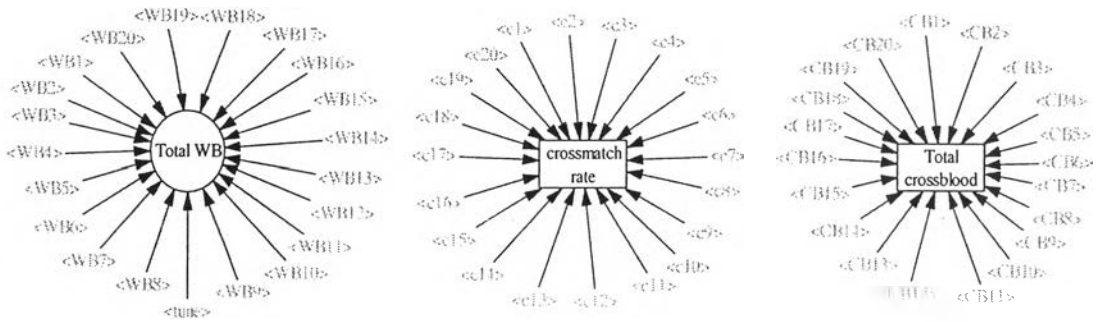
แบบจำลองคลังโลหิตจะแบ่งย่อยออกตามอายุของโลหิตตั้งแต่ 20 วันถึง 0 วัน (WB20 ถึง WB1 และ Expire blood คือโลหิตหมดอายุ, โดยคลังโลหิตครบส่วนที่ยังไม่ได้ทำ crossmatch (WB) แต่ละอายุจะมีโครงสร้างคล้ายกันคือมีการเข้ามาของโลหิต 2 แบบ ได้แก่ การเข้ามาของโลหิตที่เบิกได้จากศูนย์บริการโลหิต และการเข้ามาของโลหิตเหลือคืนจากหอผู้ป่วย เมื่อครบ1วันโลหิตจะไหลออกไปยังคลังที่อายุเหลือน้อยกว่า และเมื่อโลหิตถูกนำไปทำ crossmatch โลหิตหน่วยนั้นจะไหลออกจากคลัง WB เข้าไปในคลังโลหิตพร้อมจ่ายให้กับหอผู้ป่วย (CB) ดังในภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 แบบจำลองคลังโลหิตของธนาคารโลหิต

คลังโลหิตที่ผ่านการทำ crossmatch แล้วจะไหลออกจากคลัง 2 ทางคือ จากอัตราการนำไปใช้ และจากการเหลือคืน โลหิตที่เหลือคืนจะไหลออกจากคลัง CB กลับเข้าไปสู่คลังWB ซึ่งโลหิตเหล่านี้สามารถนำไปทำ crossmatch เพื่อให้กับผู้ป่วยรายอื่นๆได้อีก

จากภาพที่ 4.3 อธิบายแบบจำลองคร่าวๆได้ดังนี้ คลังโลหิตที่ยังไม่ถูกจองใช้แต่ละอายุจะมีจำนวนโลหิตที่อยู่ในคลังตอนเริ่มต้นของการรันแบบจำลองแตกต่างกัน จำนวนโลหิตเบื้องต้นที่มีอยู่ในคลังโลหิตอายุ 20 วัน (int wb20) ของโลหิตแต่ละหมู่ก็จะมีค่าแตกต่างกันด้วย โดยจำนวนโลหิตในคลังจะมีเพิ่มขึ้นจากการได้รับโลหิตอายุ20วันที่เบิกได้จากศูนย์บริการโลหิต (g20) และจากโลหิตอายุ 20 วันที่ถูกคืนกลับเข้ามาที่ธนาคารโลหิตเนื่องจากไม่ได้นำไปใช้ (rt20) สำหรับค่า g20 ได้มาจากแบบจำลองอายุของโลหิตที่ได้รับจากศูนย์บริการโลหิต ส่วน rt 20 ได้จากแบบจำลองปริมาณโลหิตที่เหลือคืน ปริมาณโลหิตในคลังจะลดลงไปเนื่องจากถูกนำไปทำ crossmatch เท่ากับ c20 หน่วย โดยค่า c20 นี้เป็นค่าที่ได้จากแบบจำลองการเตรียมโลหิต ขณะเดียวกันปริมาณโลหิตในคลังโลหิตอายุ 20 วันที่ทำ crossmatch แล้ว (CB20) จะมีค่าเพิ่มขึ้นเท่ากับ c20 เช่นกัน ปริมาณโลหิตในคลัง CB20 จะลดลงเมื่อมีการนำโลหิตอายุ20วันออกไปจากธนาคารโลหิต ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ส่วนคือ จำนวนที่นำไปใช้รับถ่ายให้กับผู้ป่วย (use20) กับจำนวนที่ถูกนำออกไปแต่ไม่ได้นำไปใช้ (out from CB20) นอกจากนี้เมื่อครบ 1 วัน โลหิตอายุ 20 วัน (WB20) จะไหลออกจากคลังโลหิตอายุ 20 วัน เข้าสู่คลังโลหิตอายุ 19 วัน (to19) ขณะที่โลหิตอายุ 19 วัน (WB19) ก็จะไหลออกจากคลังอายุ19 เข้าสู่คลังโลหิตอายุ 18 วัน (to18) เป็นเช่นนี้เรื่อยๆจนกระทั่งโลหิตหมดอายุ (expire) โดยจำนวนโลหิตหมดอายุทั้งหมด (Expire blood) เท่ากับผลรวมของจำนวนโลหิตอายุ 1 วัน ในคลัง WB1 ที่อายุเหลือ 0 วัน (expire) กับจำนวนโลหิตหมดอายุที่เหลือคืนกลับมา (rt expire)



ภาพที่ 4.4 แบบจำลองจำนวนโลหิตทั้งหมดในคลังที่ยังไม่ได้ทำ crossmatch จำนวนโลหิตทั้งหมดที่ทำ crossmatch แล้ว และอัตราการทำ crossmatch รวม

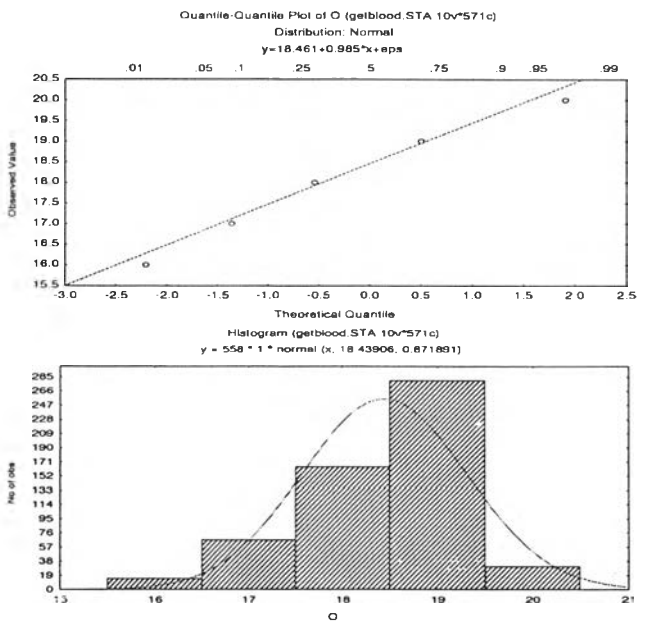
จำนวนโลหิตที่ยังไม่ถูกจองใช้ทั้งหมด (Total WB) เป็นผลรวมของ WB1 ถึง WB20 ,จำนวนโลหิตทั้งหมดที่ทำ crossmatch ในแต่ละวัน (crossmatch rate) เป็นผลรวมของ c1 ถึง c20 และจำนวนโลหิตที่ทำ crossmatch แล้วทั้งหมด (Total crossblood) เป็นผลรวมของ CB1 ถึง CB20 ดังแสดงในภาพที่ 4.4

4.1.3 อายุของโลหิตที่ได้รับจากศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ

จากการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับอายุของโลหิตที่ธนาคารโลหิตโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ได้รับมาจากศูนย์บริการโลหิต ในช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนตุลาคม 2544 พบว่าโลหิตที่ได้รับมีอายุอยู่ในช่วง 16-20 วัน เมื่อนำข้อมูลเหล่านี้มาคำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยใช้โปรแกรม STATISTICA '99 Edition สามารถสรุปได้ดังนี้ คือ

โลหิตหมู่ O

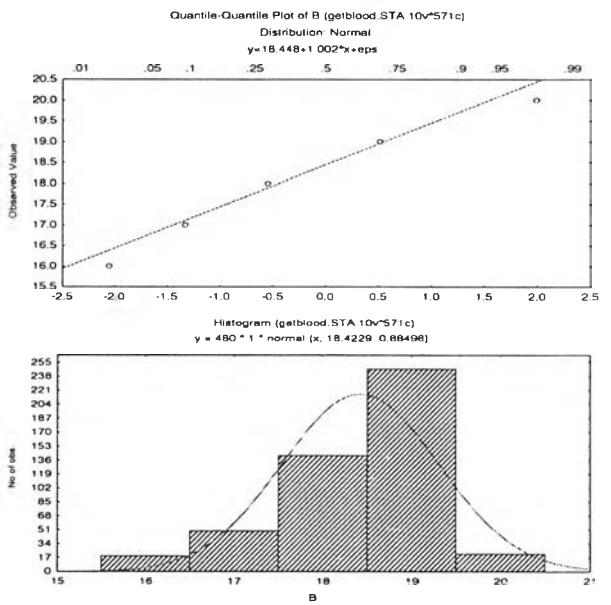
ค่าสถิติของอายุโลหิตหมู่ O ที่ธนาคารโลหิตได้รับจากศูนย์บริการโลหิตมีการกระจายแบบปกติ โดยมีค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 18.439 และ0.872 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.5 ลักษณะการกระจายของข้อมูลอายุโลหิตหมู่ O ที่ได้รับจากศูนย์บริการโลหิต

โลหิตหมู่ B

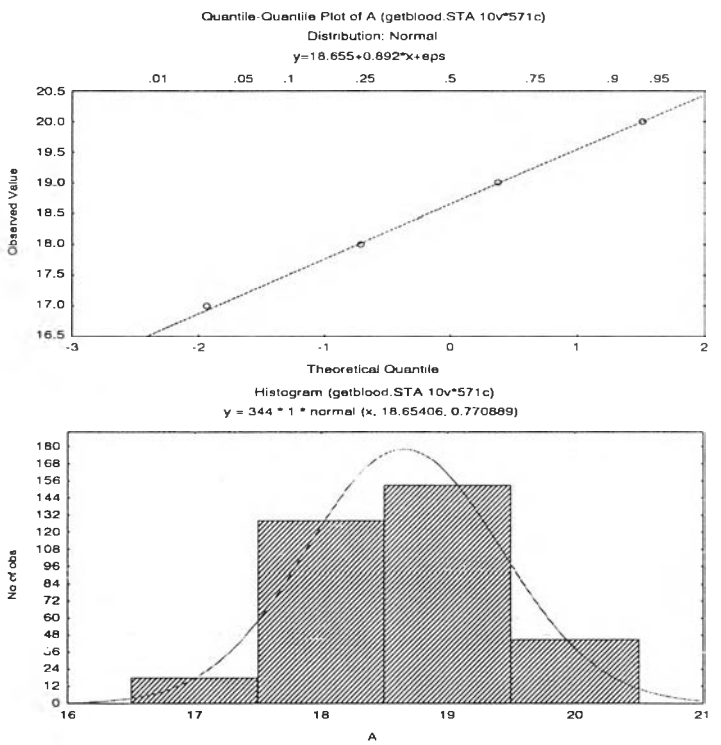
ค่าสถิติของอายุโลหิตหมู่ B ที่ธนาคารโลหิตได้รับจากศูนย์บริการโลหิตมีการกระจายแบบปกติ โดยมีค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 18.423 และ 0.885 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.6 ลักษณะการกระจายของข้อมูลอายุโลหิตหมู่ B ที่ได้รับจากศูนย์บริการโลหิต

โลหิตหมู่ A

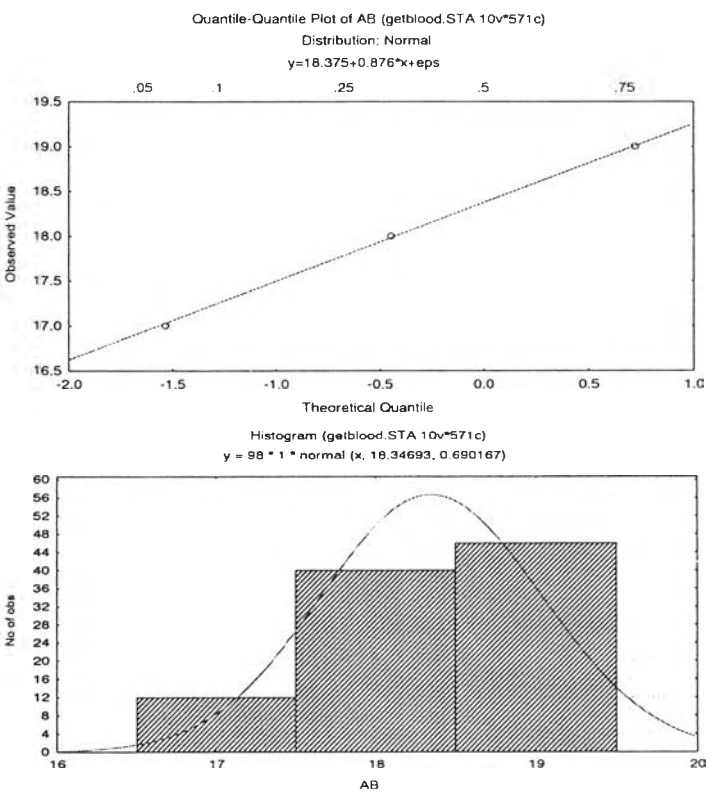
ค่าสถิติของอายุโลหิตหมู่ A ที่ธนาคารโลหิตได้รับจากศูนย์บริการโลหิตมีการกระจายแบบปกติ โดยมีค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 18.654 และ 0.7709 ตามลำดับ



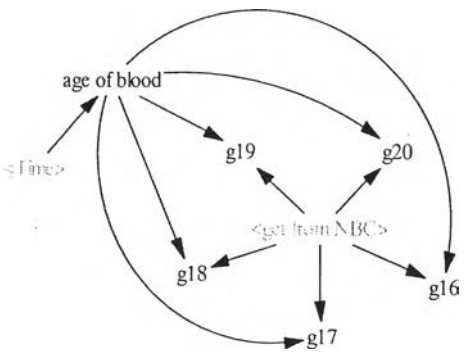
ภาพที่ 4.7 ลักษณะการกระจายของข้อมูลอายุโลหิตหมู่ A ที่ได้รับจากศูนย์บริการโลหิต

โลหิตหมู่ AB

ค่าสถิติของอายุโลหิตหมู่ AB ที่ธนาคารโลหิตได้รับจากศูนย์บริการโลหิตมีการกระจายแบบปกติ โดยมีค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 18.3469 และ 0.6901 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.8 ลักษณะการกระจายของข้อมูลอายุโลหิตหมู่ AB ที่ได้รับจากศูนย์บริการโลหิต



ภาพที่ 4.9 แบบจำลองอายุโลหิตที่ได้รับจากศูนย์บริการโลหิต

แบบจำลองอายุของโลหิตที่ได้รับจากศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติแสดงได้ดังในภาพที่ 4.9 โดยแบบจำลองนี้ใช้เพื่อกำหนดอายุของโลหิตที่ได้รับมาจากศูนย์ฯว่าเป็นโลหิตที่มีอายุกี่วันแล้ว ซึ่งจากการรวบรวมข้อมูลมาพบว่าส่วนใหญ่โลหิตที่ได้รับเมามีอายุอยู่ในช่วง 16-20 วัน ในการเขียนโปรแกรมเพื่อกำหนดอายุของโลหิตจะใช้การสร้างตัวแปรสุ่ม สำหรับโลหิตแต่ละหมู่จะใช้ฟังก์ชันสุ่มแบบปกติที่แตกต่างกันไปตามค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้ทำการวิเคราะห์ไว้ดังในภาพที่ 4.5 ถึงภาพที่ 4.8

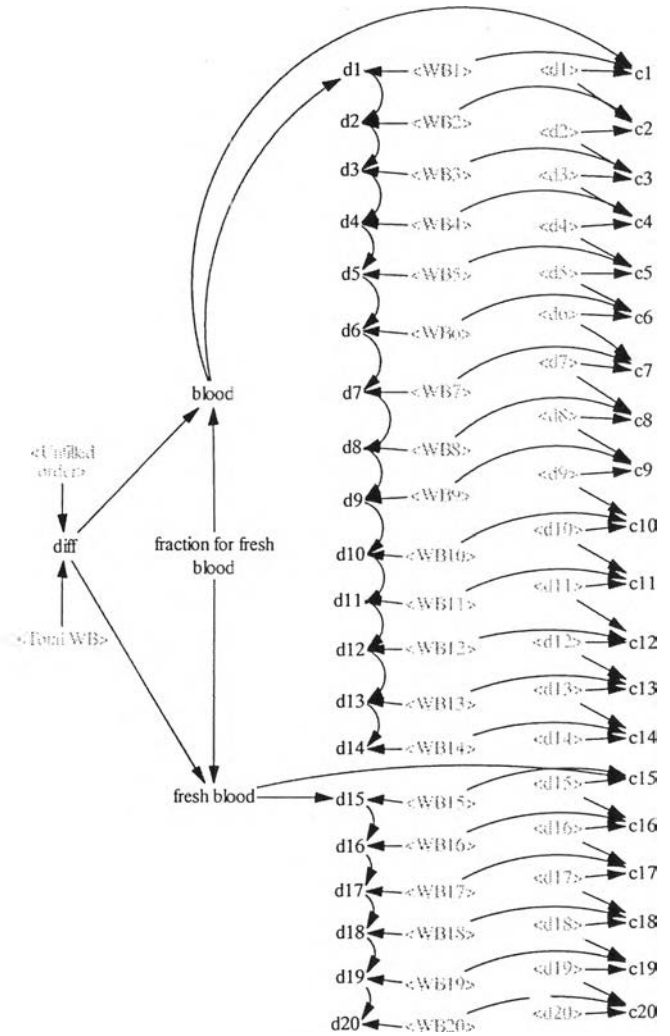
เมื่อตัวแปรที่ใช้ในการกำหนดอายุโลหิต (age of blood) มีค่าเท่ากับ 16 หมายความว่า จำนวนโลหิตที่ได้รับจากศูนย์ฯ (get from NBC) จะเป็นโลหิตที่มีอายุ 16 วัน (g16) ซึ่งจะไหลเข้าสู่คลังโลหิตอายุ 16 วันที่ยังไม่ถูกจองใช้ (WB16) ในแบบจำลองปริมาณโลหิตในคลังในทำนองเดียวกัน ถ้า age of blood มีค่าเท่ากับ 19 หมายความว่า โลหิตที่ได้รับจากศูนย์ฯเป็นโลหิตอายุ 19 วัน (g19) ซึ่งจะไหลเข้าสู่คลังโลหิตอายุ 19 วันที่ยังไม่ถูกจองใช้ (WB19)

4.1.4 การเตรียมโลหิต

การเตรียมโลหิตหรือนำโลหิตมาทำ crossmatch เพื่อเตรียมจ่ายไปยังหอผู้ป่วยตามใบขอโลหิตที่แพทย์สั่งไว้ ธนาคารโลหิตจะเลือกโลหิตที่มีอายุเหลืออยู่น้อยที่สุดมาทำ crossmatch เพื่อจ่ายออกไปก่อน แต่เนื่องจากมีบางกรณีที่แพทย์ขอเบิกโลหิตสด (โลหิตที่มีอายุไม่เกิน 7 วัน) ซึ่งมักจะให้แก่ผู้ป่วยเด็ก ผู้ป่วยที่ต้องได้รับการผ่าตัดเปิดทรวงอก หรือผู้ป่วยที่เสีย

โลหิตไปมาก ในกรณีนี้ทางธนาคารโลหิตจะต้องจ่ายโลหิตสดให้ไป โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์มีผู้ป่วยที่ต้องการโลหิตจากการเข้ารับการผ่าตัดเปิดหัวใจค่อนข้างเยอะ เมื่อรวบรวมข้อมูลแล้วพบว่ามีความต้องการใช้โลหิตสดอยู่ประมาณร้อยละ 40

แบบจำลองของการตัดสินใจเลือกโลหิตมาทำ crossmatch แสดงดังในภาพที่ 4.10 ซึ่งอธิบายได้ดังนี้ ในการคำนวณว่าจะต้องนำโลหิตแแต่ละอายุมาเตรียมทำ crossmatch เป็นจำนวนเท่าไร จะเริ่มจากการพิจารณาก่อนว่า จำนวนโลหิตที่แพทย์ขอเบิกมาแต่ยังไม่ได้ทำ crossmatch (Unfilled order) กับจำนวนโลหิตทั้งหมดในคลังที่ยังไม่ถูกจองใช้ (Total WB) อันไหนมีค่าน้อยกว่า จะนำค่านั้นมาใช้ในการคำนวณ (diff) ว่าโลหิตที่ต้องเตรียมทำ crossmatch นั้นเป็นโลหิตสด (Fresh blood) หรือ โลหิตธรรมดา (blood) ซึ่งได้จากการคูณอัตราส่วนของการขอโลหิตสด (fraction for fresh blood) กับค่า diff จากนั้นนำจำนวนโลหิตสด และโลหิตธรรมดาที่ต้องเตรียมทำ crossmatch มาพิจารณาว่าต้องนำโลหิตแต่ละอายุที่ยังไม่ถูกจองใช้จำนวนเท่าไรออกมาทำ crossmatch ซึ่งโลหิตทั้ง 2 ชนิด จะมีหลักการคิดคล้ายๆกัน คือจะเริ่มจากโลหิตที่มีอายุน้อยกว่าก่อน



ภาพที่ 4.10 แบบจำลองการตัดสินใจเลือกโลหิตนำมาทำ crossmatch

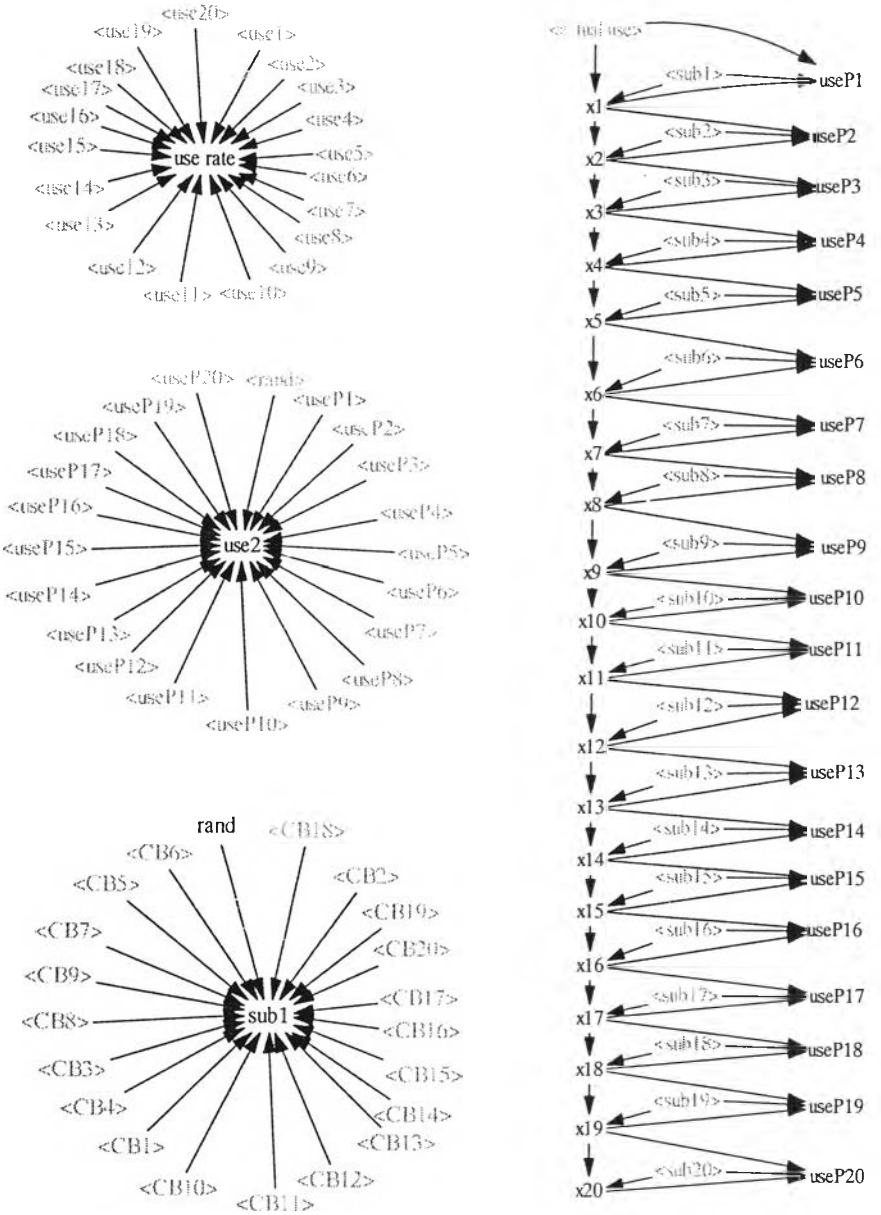
ตัวอย่างเช่น จำนวนโลหิตอายุ 1 วัน ที่ต้องทำ crossmatch (c1) คำนวณมาจากการนำจำนวนโลหิตธรรมดาที่ต้องเตรียมทำ crossmatch (blood) มาหักลบกับจำนวนโลหิตในคลัง (WB1) โดยกำหนดให้ผลต่างระหว่าง 2 ค่านี้ เท่ากับ d1 ซึ่งถ้าค่า d1 น้อยกว่าศูนย์ แสดงว่าจำนวนโลหิตอายุ 1 วันที่ถูกนำมาทำ crossmatch จะมีค่าเท่ากับ blood แต่ถ้า d1 มีค่ามากกว่าศูนย์ แสดงว่า c1 มีค่าเท่ากับ WB1 โดยค่า d2 ก็คือผลต่างของ d1 กับ WB2 , ค่า d3 คือผลต่างของ d2 กับ WB3 จนถึงค่า d14 คือ ผลต่างของ d13 กับ WB14 ซึ่งถ้าค่า d2 มีค่าน้อยกว่าศูนย์ ในขณะที่ d1 มีค่ามากกว่าศูนย์ จำนวนโลหิตอายุ 2 วัน ที่ต้องนำมาทำ crossmatch (c2) จะเท่ากับ d1 แต่ถ้า d2 มีค่ามากกว่าศูนย์ c2 จะมีค่าเท่ากับ WB2 และอัตราการทำ crossmatch ของโลหิตอายุอื่นๆก็จะใช้หลักในการคิดเช่นเดียวกัน

สำหรับโลหิตสดจะเริ่มพิจารณาจากโลหิตอายุ 15 วันก่อน โดยค่า d15 คือ ผลต่างของ fresh blood กับ WB15 ไล่ไปจนถึง d20 จะเท่ากับ ผลต่างของ d19 กับ WB20 โดยการหาอัตราการทำ crossmatch ของโลหิตสดแต่ละอายุจะใช้หลักการในแบบเดียวกันกับโลหิตธรรมดา และหากค่า d14 กับ ค่า d20 มีค่ามากกว่าศูนย์ แสดงว่ามีจำนวนโลหิตในคลังไม่เพียงพอต่อจำนวนโลหิตที่แพทย์ขอเบิกเข้ามา ข้อมูลนี้จะถูกส่งไปที่แบบจำลองการเบิกโลหิตจากศูนย์ฯในส่วนที่ต้องมีการขอเบิกเพิ่ม (addition order)

4.1.5 ปริมาณโลหิตที่นำไปใช้

จำนวนโลหิตอายุต่างๆกันที่ถูกนำไปใช้จริงคิดจาก actual use ซึ่งเป็นข้อมูลการนำโลหิตไปใช้จริง การคำนวณหาจำนวนโลหิตแต่ละอายุที่ถูกนำไปใช้จริงจะใช้หลักการเช่นเดียวกับการตัดสินใจเลือกโลหิตนำมาทำ crossmatch แต่แตกต่างกันที่แบบจำลองนี้ใช้การสุ่มแทนที่จะเริ่มหักจากโลหิตที่อายุเหลือน้อยที่สุดก่อน โดยมีข้อสมมุติฐานว่าโลหิตทุกอายุมีความน่าจะเป็นที่จะถูกนำไปใช้จริงได้เท่าๆกัน แบบจำลองปริมาณโลหิตที่ถูกนำไปใช้แสดงดังภาพที่ 4.11 ซึ่งอธิบายได้ดังนี้ จำนวนโลหิตที่ถูกนำไปใช้เป็นอันดับที่ 1 (useP1) จะคำนวณในลักษณะเช่นเดียวกับ ~1 โดยที่ค่า sub1 ก็เปรียบคล้ายค่า WB1 , ค่า x ก็คือค่า d ในแบบจำลองการเตรียมโลหิต

ค่า sub ใช้ตัวแปรสุ่มแบบเอกภาพเพื่อสุ่มว่าโลหิตอายุเท่าไรในคลังที่ทำ crossmatch ไว้แล้ว จะถูกนำไปใช้เป็นอันดับแรก ซึ่งสมการที่ใช้ในการคำนวณค่า sub นี้สามารถดูได้ที่ภาคผนวก ส่วนจำนวนโลหิตแต่ละอายุจากคลัง CB ที่จะถูกนำออกไปใช้ (use1 ถึง use20) จะถูกนำไปใช้เป็นอันดับที่เท่าไร (useP1 ถึง useP20) เป็นผลต่อเนื่องมากจากการสุ่มค่า sub ตัวอย่างเช่น ถ้า sub1 เท่ากับ CB20 หมายความว่า โลหิตอายุ 20 วัน ถูกนำออกไปใช้เป็นอันดับแรก ดังนั้น use20 จะเท่ากับ useP1 และถ้า sub1 เท่ากับ CB15 จะหมายความว่า โลหิตอายุ 15 วัน จะถูกนำออกไปใช้เป็นอันดับแรก ดังนั้น use15 จะเท่ากับ useP1 โดยจำนวนโลหิตทั้งหมดที่ถูกนำออกจากคลัง CB ไปใช้รับถ่ายให้กับผู้ป่วย เป็นผลรวมของโลหิตแต่ละอายุที่ถูกนำออกไปใช้



ภาพที่ 4.11 แบบจำลองปริมาณโลหิตที่นำไปใช้จริง

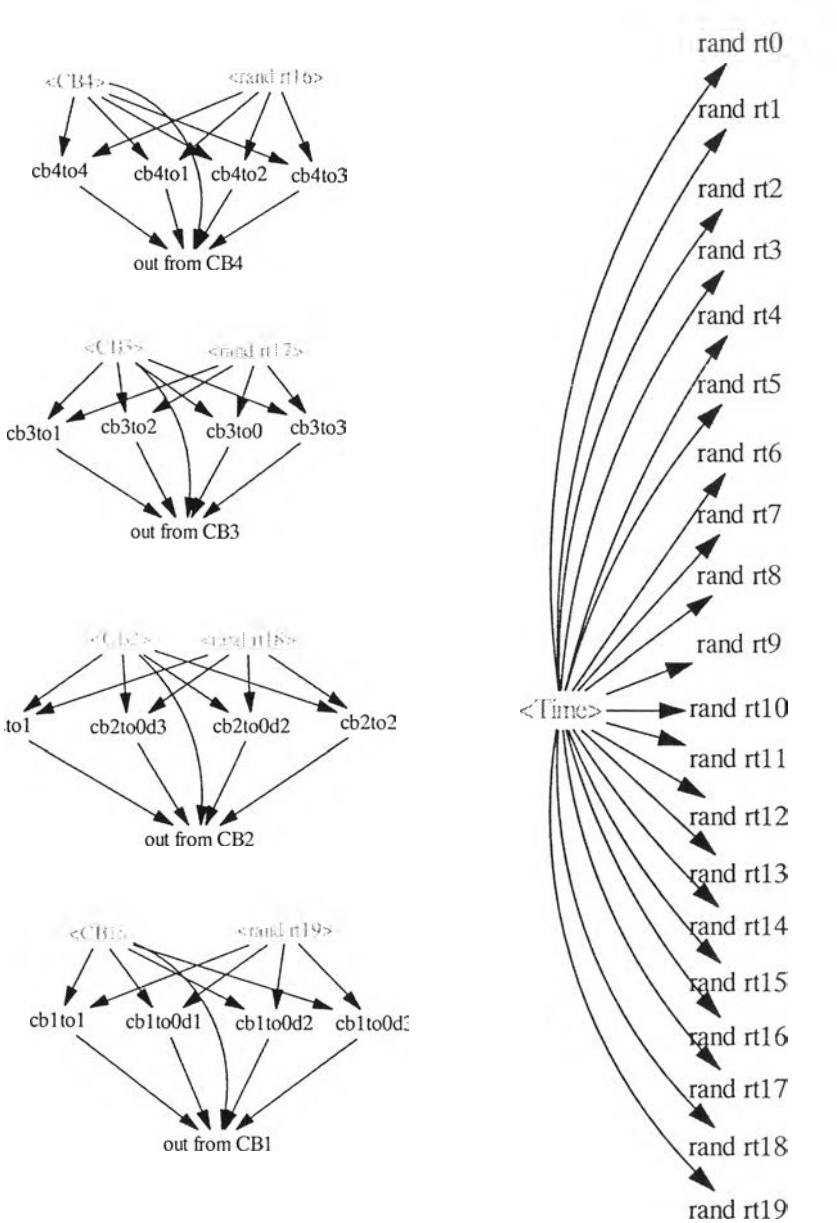
4.1.6 ปริมาณโลหิตที่เหลือคืน

จากการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับระยะเวลาในการคืนโลหิตจากหอผู้ป่วยกลับมายังธนาคารโลหิตในช่วงเดือนสิงหาคมถึงธันวาคม 2544 โดยนับระยะเวลาตั้งแต่วันที่ธนาคารโลหิตทำ crossmatch เสร็จจนถึงวันที่ได้รับโลหิตหน่วยนั้นกลับมา พบว่าเวลาในการคืนโลหิตส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 0-3 วัน เมื่อนำข้อมูลเหล่านี้ไปวิเคราะห์รูปแบบการกระจายของข้อมูล และหาค่าเฉลี่ยกับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้โปรแกรม STATISTICA '99 Edition พบว่าเวลาในการคืนโลหิตทุกหมู่มีการกระจายของข้อมูลแบบปกติ ซึ่งค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของโลหิตแต่ละหมู่สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.1

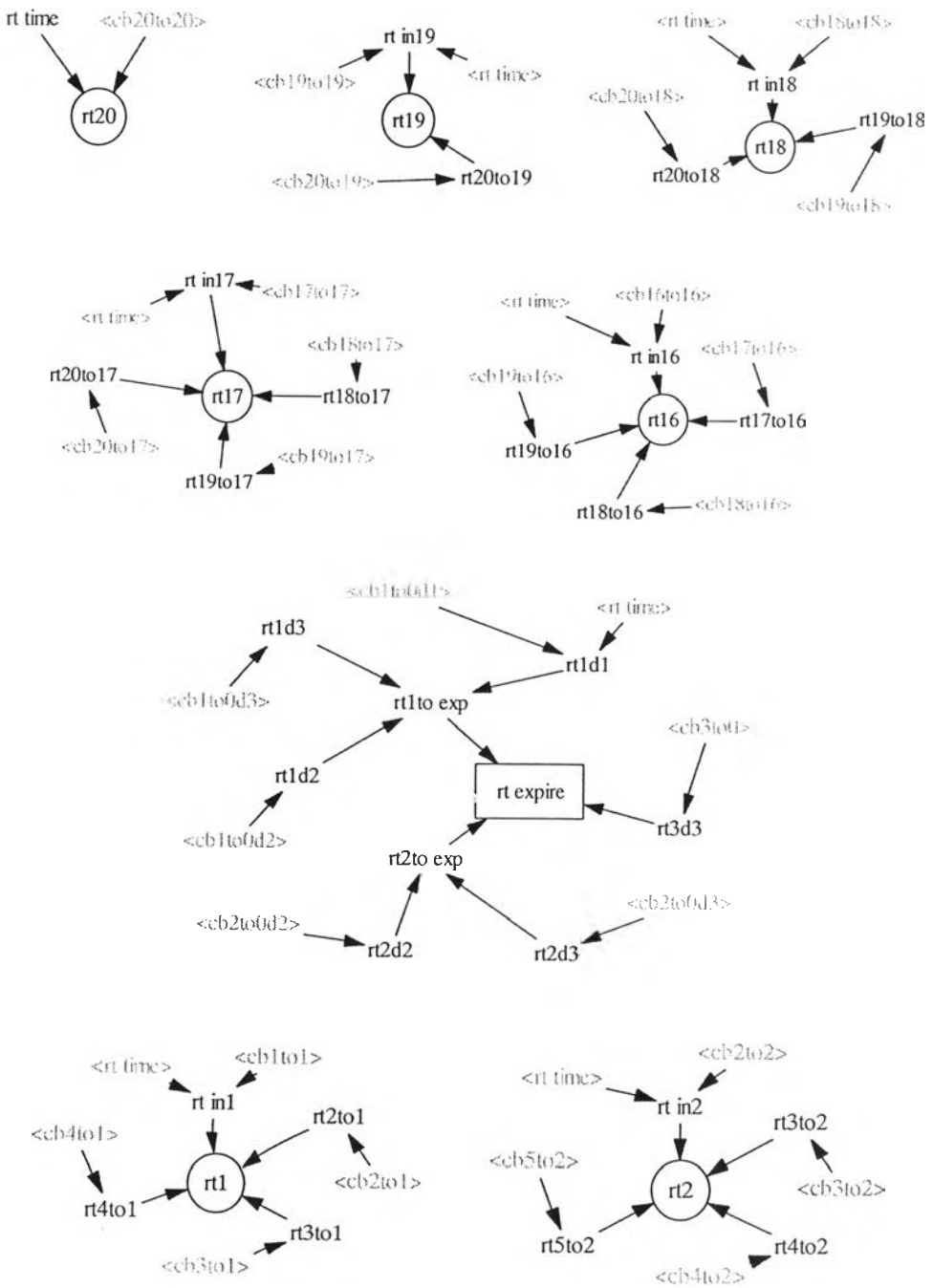
ตารางที่ 4.1 สรุปค่าสถิติของเวลาในการคืนโลหิตหมู่ A,B,O,AB ช่วงสิงหาคมถึงธันวาคม 2544

หมู่	ค่าสถิติ	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม
O	ค่าเฉลี่ย	1.385	1.255	1.4545	1.4958	1.382
	ค่า σ	0.9074	0.8422	0.7856	0.8379	0.8278
B	ค่าเฉลี่ย	1.4426	1.2822	1.7698	1.9658	1.5044
	ค่า σ	0.7164	0.6815	1.1183	1.1059	0.8977
A	ค่าเฉลี่ย	1.667	1.6917	1.1013	1.556	2.119
	ค่า σ	0.9684	0.8773	0.6717	0.9132	1.1351
AB	ค่าเฉลี่ย	1.321	1.5484	1.6	1.0345	1.2
	ค่า σ	0.6118	1.3125	1.1832	0.6258	0.8165

แบบจำลองของโลหิตที่เหลือคืน แบ่งได้เป็น 2 ส่วนคือ จำนวนโลหิตที่ออกจากคลังโลหิตซึ่งทำcrossmatchแล้ว ดังในภาพที่ 4.12 และจำนวนโลหิตที่ไหลเข้าคลังโลหิตที่ยังไม่ได้ทำ crossmatch ดังในภาพที่ 4.13



ภาพที่ 4.12 แบบจำลองปริมาณโลหิตที่เหลือคืน (ออกจากคลัง CB)



ภาพที่ 4.13 แบบจำลองปริมาณโลหิตที่เหลือคืน (กลับเข้าคลังโลหิต WB)

จากภาพที่ 4.12 อธิบายได้ดังนี้ โลหิตที่เหลือคืนซึ่งเป็นโลหิตที่จะต้องไหลออกจากคลังโลหิตที่ผ่านการทำ crossmatch แล้ว (CB) มีค่าเท่ากับจำนวนโลหิตที่ไม่ถูกนำออกไปใช้และเหลืออยู่ในคลัง CB โดยโลหิตส่วนนี้จะถูกคืนกลับเข้าสู่คลัง WB ในอีกกี่วันจะใช้ตัวแปรสุ่มสำหรับโลหิตแต่ละอายุ (rand rt0 ถึง rand rt19) เป็นตัวกำหนด ค่าตัวแปรสุ่มสำหรับโลหิตแต่ละอายุสร้างจากฟังก์ชันสุ่มซึ่งมีการกระจายแบบปกติ สำหรับโลหิตแต่ละหมู่จะมีค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานแตกต่างกันไปตามตารางที่ 4.1

โลหิตที่มีอายุต่างๆกันซึ่งถูกนำออกไปจากธนาคารโลหิตแต่ไม่ได้นำไปใช้ (out from CB1 ถึง out from CB20) จะมีค่าเท่ากับผลรวมของโลหิตที่ถูกนำออกไปแต่ไม่ได้ใช้จริงที่จะคืนกลับมายังธนาคารโลหิตภายใน 1 วันถึง 3 วัน (cb i to i-j , i มีค่าตั้งแต่ 1-20 วัน และ j มีค่าตั้งแต่ 0-3 วัน) ยกตัวอย่างเช่น จำนวนโลหิตอายุ 4 วันที่ทำ crossmatch แล้วแต่ไม่ได้นำไปใช้ (out from CB4) จะเป็นโลหิตที่ถูกคืนในอีก3วัน (cb4to1) เมื่อค่าตัวแปรสุ่มสำหรับโลหิตในคลัง CB4 (rand rt16) มีค่าเท่ากับ3 และจะเป็นโลหิตที่ถูกคืนในอีก 2 วัน (cb4to2) หากค่า rand rt16 เท่ากับ 2 จำนวนโลหิตที่เหลือคืน (out from CB1 ถึง out from CB20) นี้จะถูกนำไปใช้ในแบบจำลองปริมาณโลหิตคลังโดยจะเป็นอัตราของโลหิตที่ไหลออกจากคลัง CB1 ถึง CB20 ตามลำดับ

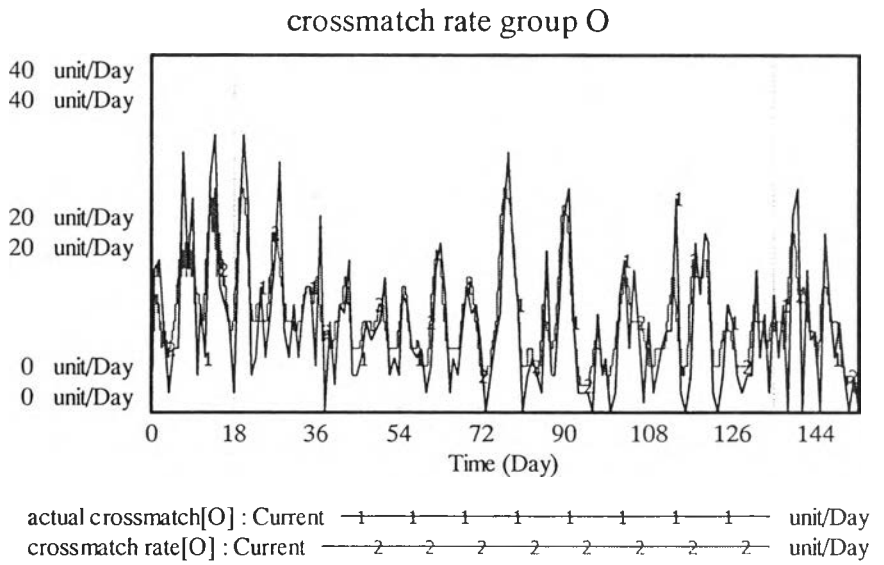
ภาพที่ 4.13 แสดงแบบจำลองปริมาณโลหิตที่เหลือคืนซึ่งเป็นส่วนที่จะนำไปใช้ในแบบจำลองปริมาณโลหิตในคลัง โดยเป็นจำนวนโลหิตที่ไหลเข้าสู่คลัง WB ซึ่งจะแยกตามอายุของโลหิตเป็น rt1 ถึง rt20 หมายถึงโลหิตที่คืนกลับเข้ามาในคลัง WB1 ถึง WB20 ตามลำดับ และจำนวนโลหิตหมดอายุที่คืนกลับมา (rt expire) จะเข้าสู่คลังโลหิตหมดอายุ

โลหิตที่เหลือคืนกลับเข้าคลัง WB จะมีค่าเท่ากับผลรวมของโลหิตเหลือคืนอายุต่างๆกันที่ออกจากคลัง CB แต่จะกลับเข้าคลัง WB ช้ากว่าที่ออกจากคลัง CB เป็นระยะเวลาเท่ากับค่าที่ได้จากตัวแปรสุ่ม rand rt ยกตัวอย่างเช่น จำนวนโลหิตเหลือคืนที่จะกลับเข้าสู่คลัง WB1 (rt1) เป็นผลรวมของ โลหิตที่เหลือคืนจาก CB4 ซึ่งจะคืนในอีก3 วัน (cb4to1) ,โลหิตเหลือคืนจาก CB3 ซึ่งจะคืนในอีก 2 วัน , โลหิตที่เหลือคืนจาก CB2 ที่จะถูกคืนกลับมาในอีก1 วัน , และโลหิตเหลือคืนจาก CB1 ซึ่งถูกคืนภายใน 1 วัน

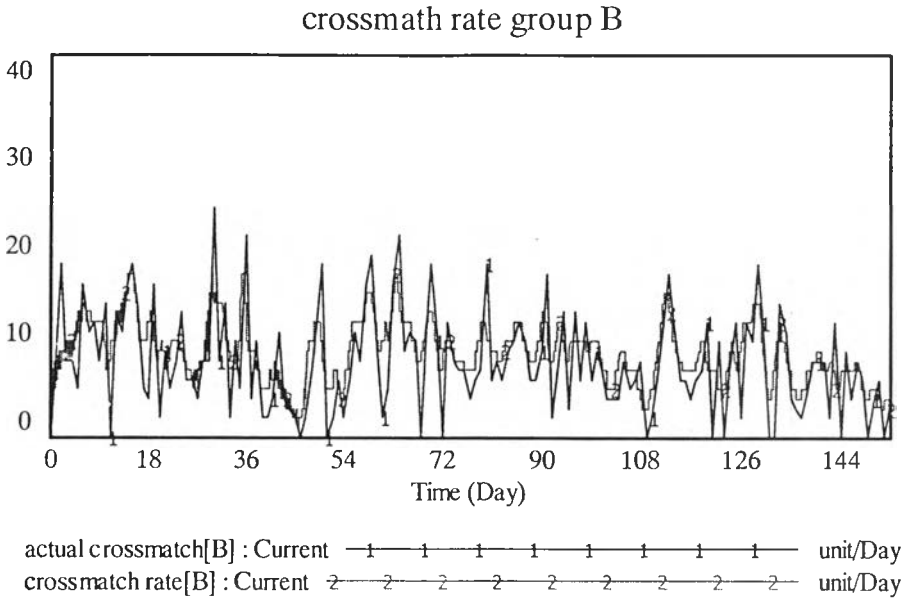
4.2 การทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

การทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองพลวัตของระบบจะพิจารณาจากความสามารถในการจำลองลักษณะพฤติกรรมของระบบ และความสามารถในการตอบสนองต่อวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ (Forrester, 1961)

แบบจำลองนี้มีตัวแปรอยู่หลายตัวแปรด้วยกัน เมื่อพิจารณาจากวัตถุประสงค์ของแบบจำลอง ตัวแปรที่ผู้วิจัยเลือกนำมาพิจารณาคือ อัตราการทำcrossmatchในแต่ละวัน และจำนวนโลหิตที่หมดอายุ สำหรับอัตราการทำcrossmatchนั้นเป็นตัวแปรซึ่งเชื่อมระหว่างส่วนของการจัดหาโลหิตจากศูนย์บริการโลหิตกับการแจกจ่ายโลหิตเพื่อใช้ภายในโรงพยาบาล นอกจากนั้นยังสะท้อนถึงปริมาณโลหิตในคลังอีกด้วย โดยผลการเปรียบเทียบอัตราการทำ crossmatch และจำนวนโลหิตหมดอายุของโลหิตหมู่ต่างๆที่ได้จากแบบจำลองกับค่าจริง แสดงดังในภาพที่ 4.14 ถึงภาพที่ 4.21

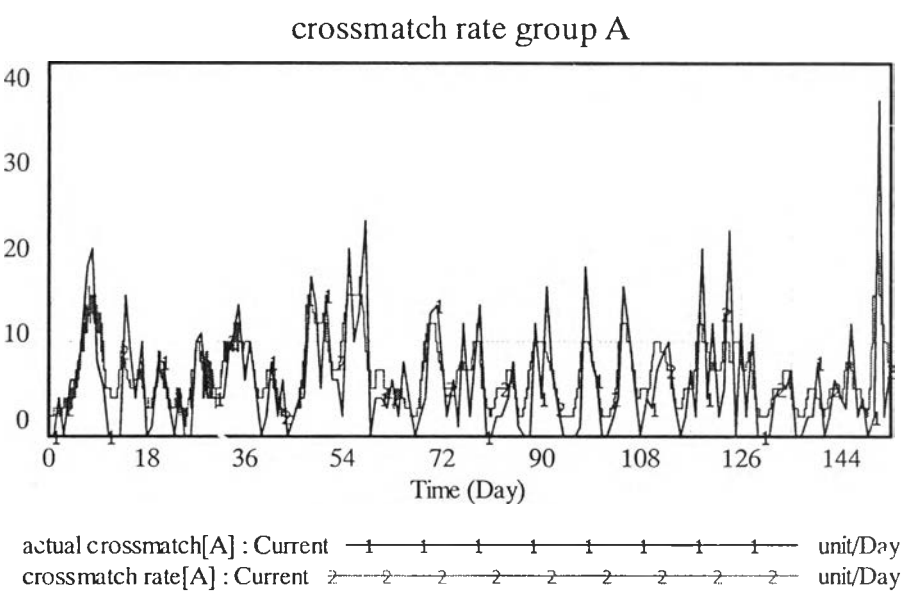


ภาพที่ 4.14 กราฟเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าที่ได้จากแบบจำลองของอัตราการทำ crossmatch โลหิตหมู่O



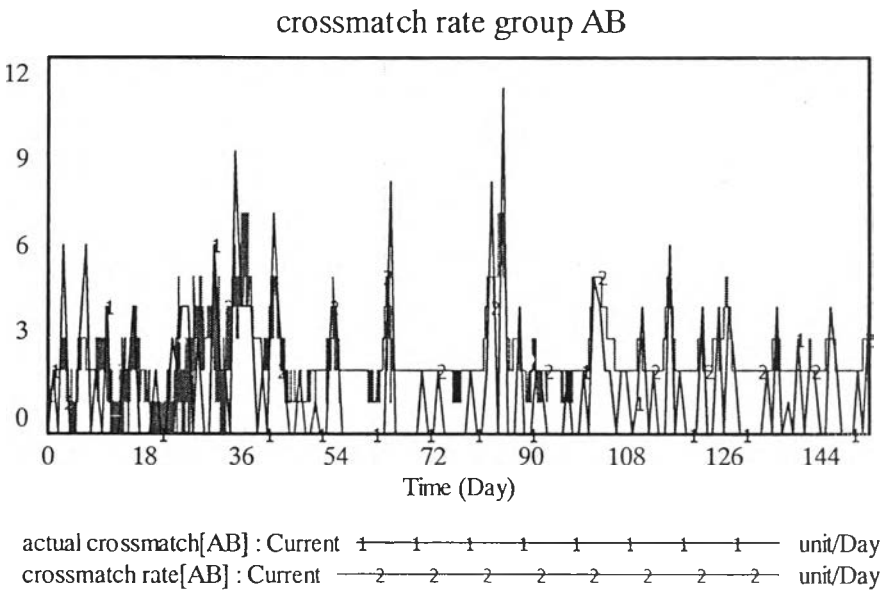
ภาพที่ 4.15 กราฟเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าที่ได้จากแบบจำลองของ

อัตราการทำ crossmatch โลหิตหมู่B



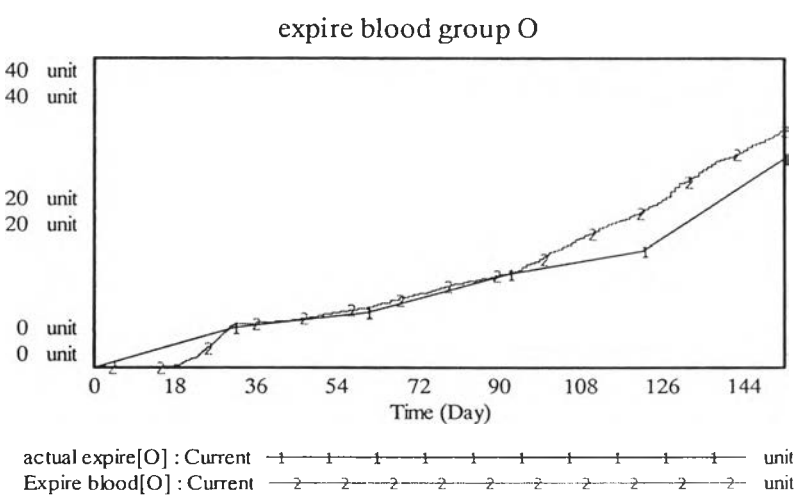
ภาพที่ 4.16 กราฟเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าที่ได้จากแบบจำลองของ

อัตราการทำ crossmatch โลหิตหมู่A



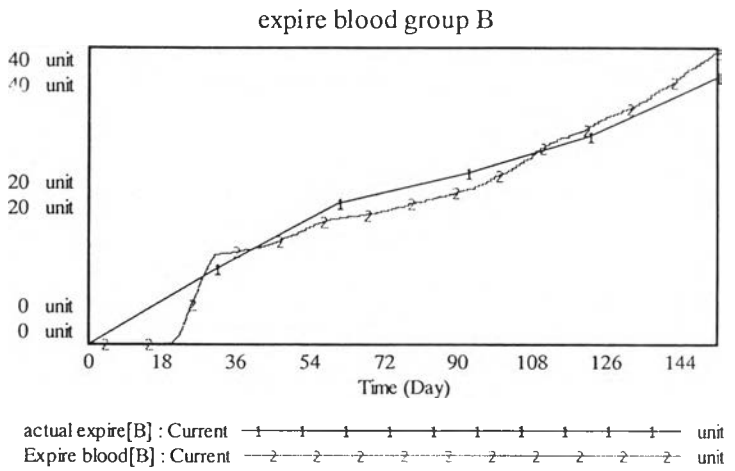
ภาพที่ 4.17 กราฟเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าที่ได้จากแบบจำลองของ

อัตราการทำ crossmatch โลหิตหมู่AB

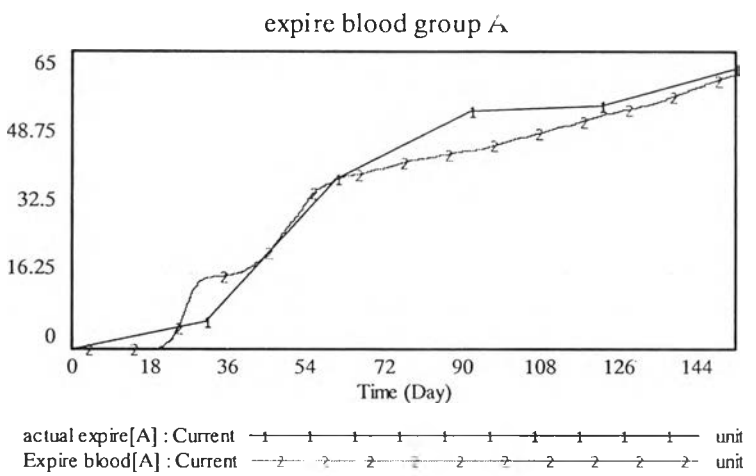


ภาพที่ 4.18 กราฟเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าที่ได้จากแบบจำลอง

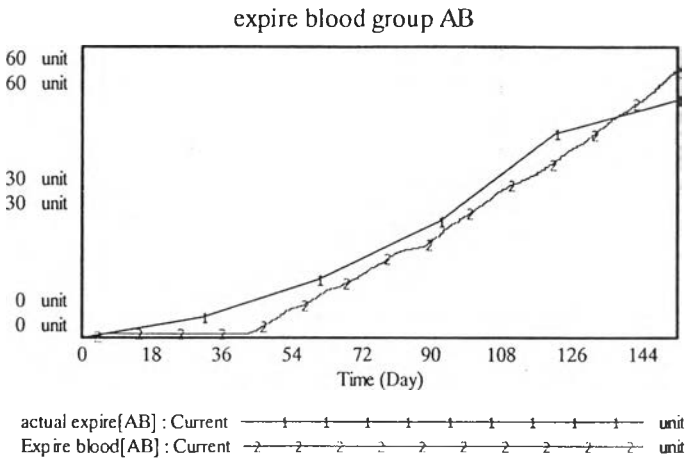
ของจำนวนโลหิตหมดอายุหมู่O



ภาพที่ 4.19 กราฟเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าที่ได้จากแบบจำลองของจำนวนโลหิตหมดอายุหมู่B



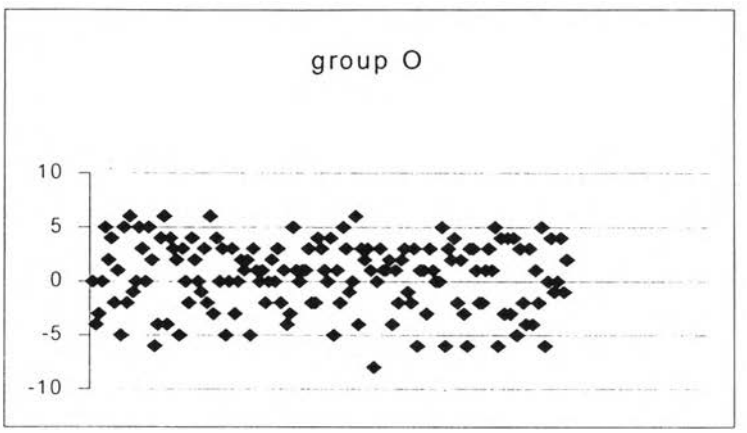
ภาพที่ 4.20 กราฟเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าที่ได้จากแบบจำลองของจำนวนโลหิตหมดอายุหมู่A



ภาพที่ 4.21 กราฟเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าที่ได้จากแบบจำลองของ
จำนวนโลหิตหมดอายุหมู่AB

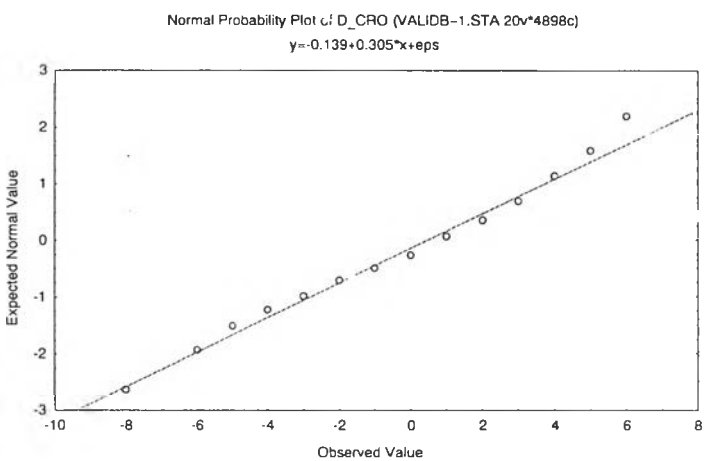
จากภาพกราฟเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าที่ได้จากแบบจำลองของอัตราการทำ crossmatchและจำนวนโลหิตหมดอายุแต่ละหมู่ จะเห็นได้ว่าผลที่ได้จากแบบจำลองมีลักษณะคล้ายกับค่าจริง จึงยอมรับได้ว่าแบบจำลองสามารถนำไปใช้ศึกษาพฤติกรรมการใช้โลหิตได้

เพื่อเพิ่มความมั่นใจว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถจำลองระบบจริงได้ จึงได้ทำการทดสอบความถูกต้องด้วยวิธีทางสถิติเพิ่มเติม โดยการตรวจสอบดูว่าค่าความผิดพลาด (error) ที่ได้จากแบบจำลองมีลักษณะการกระจายแบบสุ่มและมีการกระจายแบบปกติหรือไม่ ซึ่งจะแสดงว่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้น เป็นความผิดพลาดที่เกิดจากธรรมชาติของข้อมูล โดยความผิดพลาดของอัตราการทำ crossmatch ของโลหิตหมู่ต่างๆที่ได้จากแบบจำลองเทียบกับข้อมูลจริง แสดงดังในภาพที่ 4.22 ถึง ภาพที่ 4.29

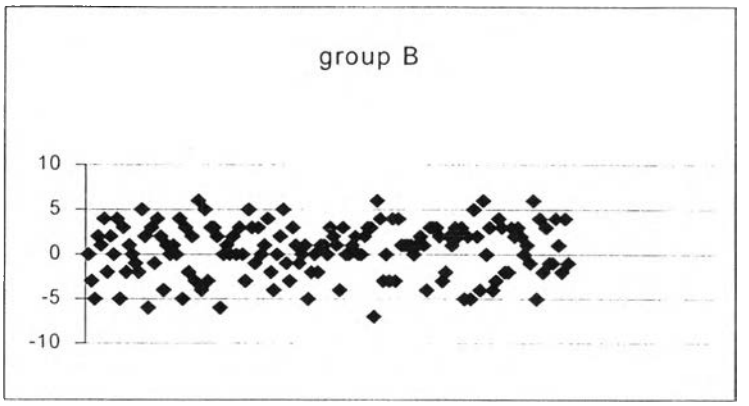


หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

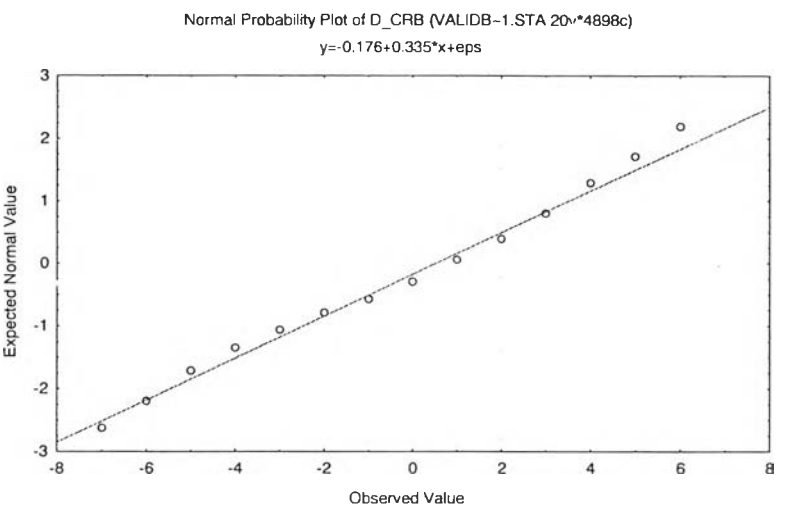
ภาพที่ 4.22 กราฟแสดงการกระจายของค่าแตกต่างระหว่างอัตราการทำ crossmatch ของโลหิตหมู่ O ที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลจริง



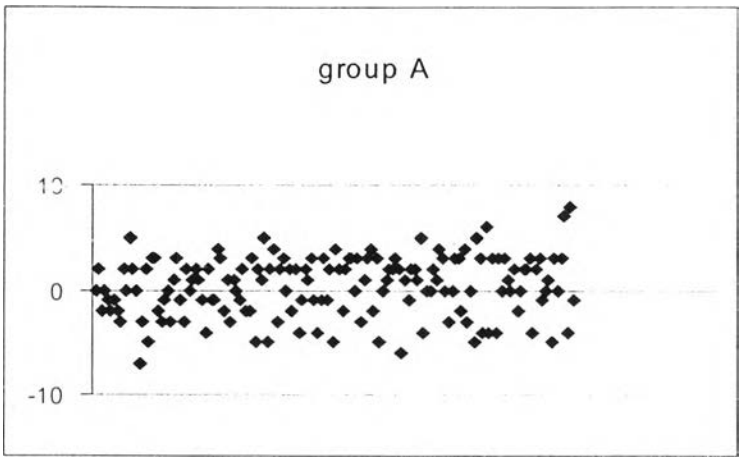
ภาพที่ 4.23 Normal Probability Plot ของค่าแตกต่างระหว่างอัตราการทำ crossmatch ของโลหิตหมู่ O ที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลจริง



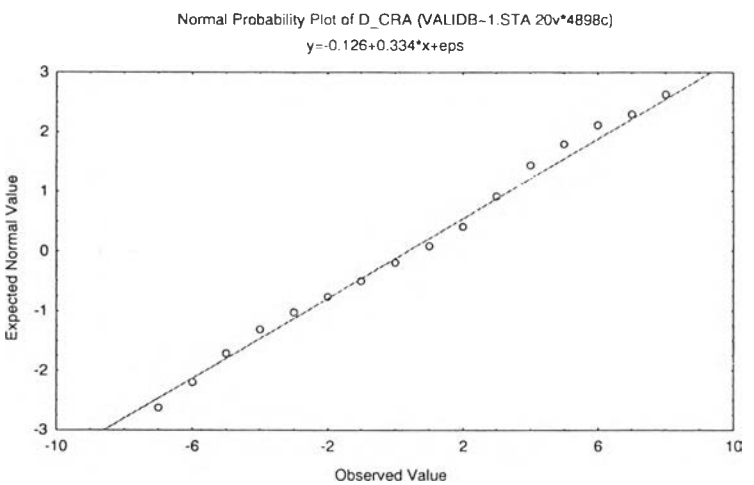
ภาพที่ 4.24 กราฟแสดงการกระจายของค่าแตกต่างระหว่างอัตราการทำ crossmatch ของโลหิตหมู่ B ที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลจริง



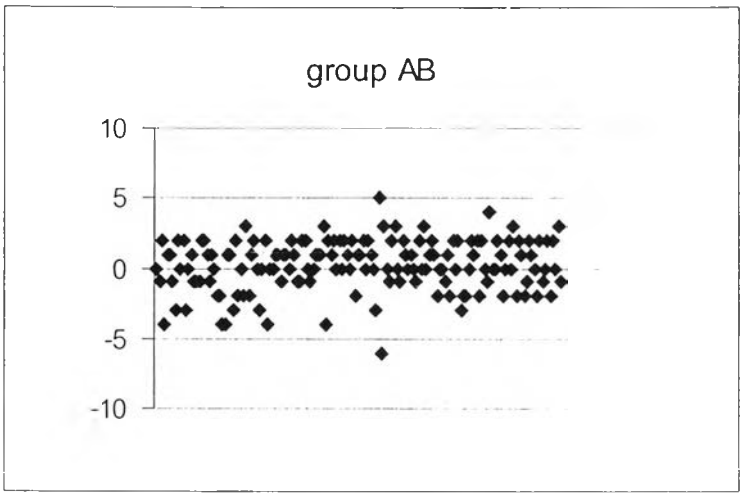
ภาพที่ 4.25 Normal Probability Plot ของค่าแตกต่างระหว่างอัตราการทำ crossmatch ของโลหิตหมู่ B ที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลจริง



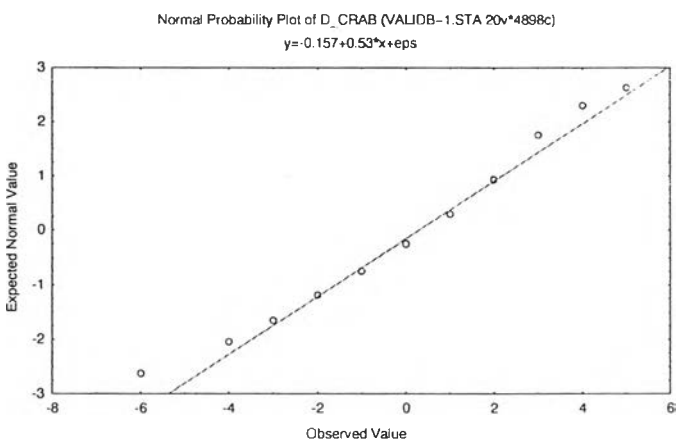
ภาพที่ 4.26 กราฟแสดงการกระจายของค่าแตกต่างระหว่างอัตราการทำ crossmatch ของโลหิตหมู่ A ที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลจริง



ภาพที่ 4.27 Normal Probability Plot ของค่าแตกต่างระหว่างอัตราการทำ crossmatch ของโลหิตหมู่ A ที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลจริง



ภาพที่ 4.28 กราฟแสดงการกระจายของค่าแตกต่างระหว่างอัตราการทำ crossmatch ของโลหิตหมู่ AB ที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลจริง



ภาพที่ 4.29 Normal Probability Plot ของค่าแตกต่างระหว่างอัตราการทำ crossmatch ของโลหิตหมู่ AB ที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลจริง

จากภาพที่ 4.22 ถึง ภาพที่ 4.29 สามารถสรุปได้ว่าค่าความผิดพลาดของอัตราการทำ crossmatch ที่ได้จากแบบจำลองมีค่าเฉลี่ยเข้าใกล้ศูนย์ คือ 0.448, 0.344, 0.357,0.220 สำหรับโลหิตหมู่ O, B, A, AB ตามลำดับ และมีการกระจายแบบสุ่มและเป็นการแจกแจงแบบปกติ แสดงว่าค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้น เกิดจากธรรมชาติของข้อมูล

นอกจากนี้ยังได้ทำการทดสอบโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) สำหรับค่าอัตราการทำ crossmatch ที่ได้จากแบบจำลองและค่าที่ได้จากข้อมูลจริง โดยตั้งสมมติฐานว่า

H_0 : แบบจำลองสามารถอธิบายพฤติกรรมของระบบจริงได้

H_1 : แบบจำลองมไม่สามารถอธิบายพฤติกรรมของระบบจริงได้

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการทำ crossmatch สำหรับโลหิตหมู่ O, B, A, AB แสดงดังในตารางที่ 4.2 ถึง ตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการทำ crossmatch ของโลหิตหมู่ O

Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	69.2077 9	1	69.2077 9	1.74944 6	0.18693 4	3.87203 2
Within Groups	12105.3 1	306	39.5598 4			
Total	12174.5 2	307				

ตารางที่ 4.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการทำ crossmatch ของโลหิตหมู่ B

Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	67.3246 8	1	67.3246 8	3.58815 2	0.05913 6	3.87203 2
Within Groups	5741.49 4	306	18.7630 5			
Total	5808.81 8	307				

ตารางที่ 4.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการทำ crossmatch ของโลหิตหมู่ A

Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	39.28571	1	39.28571	1.663869	0.198056	3.872032
Within Groups	7224.987	306	23.61107			
Total	7264.273	307				

ตารางที่ 4.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการทำ crossmatch ของโลหิตหมู่ AB

Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	13.7175 3	1	13.7175 3	3.78786 1	0.05254 1	3.87203 2
Within Groups	1108.16 2	306	3.62144 6			
Total	1121.88	307				

จากตารางที่ 4.2 ถึง ตารางที่ 4.5 พบว่าค่า F ที่คำนวณได้จากทั้ง 4 ตารางมีค่าน้อยกว่าค่า F critical เมื่อใช้ระดับนัยสำคัญ 5% แสดงว่าไม่อยู่ในบริเวณที่จะปฏิเสธสมมติฐานหลักได้ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า แบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถอธิบายพฤติกรรมของระบบจริงได้

เมื่อนำค่าอัตราการทำ crossmatch ของโลหิตทั้ง 4 หมู่ ที่ได้จากแบบจำลองมาเปรียบเทียบกับข้อมูลจริง พบว่า สำหรับโลหิตหมู่ O, B, A และ AB มีค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของความผิดพลาด (Mean Average Error, MAE) เท่ากับ 1.52, 1.44, 1.16, 0.56 โดยค่าเฉลี่ยของอัตราการทำ crossmatch จริงสำหรับโลหิตหมู่ O, B, A และ AB มีค่าเท่ากับ 9.68, 7.85, 5.78, 1.46 ดังนั้นค่า MAE เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ยของข้อมูลจริงจะมีค่าเท่ากับ 15.69%, 18.4%, 20.1%, และ 38.2% สำหรับโลหิตหมู่ O, B, A และ AB สังเกตได้ว่าเปอร์เซ็นต์ MAE ของโลหิตหมู่ AB มีค่าค่อนข้างสูงกว่าโลหิตหมู่อื่น ทั้งนี้เนื่องจากอัตราการทำ crossmatch ของโลหิตหมู่ AB ในแต่ละวันมีค่าค่อนข้างน้อย

จากวิธีการต่างๆที่ได้ทำการทดสอบมาพอจะสรุปได้ว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถอธิบายพฤติกรรมของระบบได้ในระดับหนึ่ง หากต้องการให้แบบจำลองมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้นในอนาคตควรจะพัฒนาแบบจำลองโดยเพิ่มรายละเอียดของแบบจำลองให้คล้ายระบบจริงยิ่งขึ้น เช่นเพิ่มตัวแปรเกี่ยวกับระยะเวลาที่ใช้ในการทำ crossmatch และกำหนดลำดับการจ่ายโลหิตตามระดับความสำคัญของการเบิกใช้โลหิต เป็นต้น