บทที่ 3
การจำลองแบบปัญหา

บทนำ

การจำลองแบบปัญหา (Simulation) เป็นวิธีการหนึ่งซึ่งใช้ในกระบวนการแก้ปัญหาในด้านต่างๆมานานแล้ว แต่ที่ได้รับความสนใจและตื่นตัวในการนำมาใช้แก้ปัญหาในด้านต่างๆ อย่างแพร่หลายในปัจจุบันนั้น เป็นผลมาจากความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์

คำจำกัดความของ การจำลองแบบปัญหา โดย Shannon (1975) "การจำลองแบบปัญหา คือ กระบวนการออกแบบจำลอง (Model) ของระบบงานจริง (Real system) แล้วดำเนินการทดลองใช้แบบจำลองนั้น เพื่อการเรียนรู้พฤติกรรมของระบบงาน หรือเพื่อประเมินผลการใช้กลยุทธ์ (Strategies) ต่างๆ ในการดำเนินงานของระบบภายใต้ข้อกำหนดที่วางไว้

Schriber (1987) “การจำลองแบบปัญหาเป็นกระบวนการเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองของกระบวนการหรือระบบงาน ในทางเลียนแบบเป็นตัวแทนแสดงถึงระบบงานจริง ในเหตุการณ์ซึ่งผ่านช่วงเวลา”

โดยที่กลไกสำคัญอันหนึ่งในการจำลองแบบปัญหาที่อยู่ที่แบบจำลอง การที่จะสามารถสร้างแบบจำลองที่นำไปใช้ในการจำลองแบบปัญหาได้ ผู้สร้างต้องมีความเข้าใจเป็นอย่างดี ความรู้ความเข้าใจในระบบงานจริงเป็นหัวใจสำคัญของการสร้างและใช้งานแบบจำลอง ผู้ไม่มีความเข้าใจในระบบงานจริง จะไม่สามารถสร้างแบบจำลองซึ่งใช้แทนระบบงานนั้นๆได้

ระบบงาน หมายถึง กลุ่มขององค์ประกอบ (Elements) ที่มีความสัมพันธ์ โดยที่ความหมายของระบบงาน บอกเฉพาะลักษณะว่าระบบงานมีลักษณะอย่างไร โดยไม่ได้บอกรูปร่างหน้าตาที่ชัดเจนของระบบงานที่กำลังศึกษา การบอกรูปร่างหน้าตาที่แจ้งชัดของระบบงานมักจะบอก โดยการกำหนดขอบเขต ของระบบงาน (System Boundaries) ซึ่งก็คือ การกำหนดองค์

ประกอบของระบบ การแสดงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ และกำหนดองค์ประกอบอื่นๆที่อยู่นอกระบบแต่มีผลกระทบต่อการทำงานของระบบ องค์ประกอบอื่นๆที่อยู่นอกระบบนี้ เรียกโดยรวมว่าสิ่งแวดล้อมระบบงาน (System Environment) องค์ประกอบต่างๆทั้งภายในและภายนอกระบบงานจะมีลักษณะเฉพาะตัว (Attributes) ที่ทำให้เกิดกิจกรรม (Activities) และกิจกรรมเหล่านั้นภายใต้เงื่อนไขบางประการ จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานภาพของระบบงาน (System Status) ดังนั้นนอกจากกำหนดขอบเขตของระบบงานแล้ว ยังต้องกำหนดลักษณะเฉพาะตัวขององค์ประกอบเหล่านั้น และการเปลี่ยนแปลงสถานภาพของระบบงานอันเนื่องมาจากกิจกรรมขององค์ประกอบ (ศิริจันทร์, 2537)

3.1 ประเภทของระบบงาน

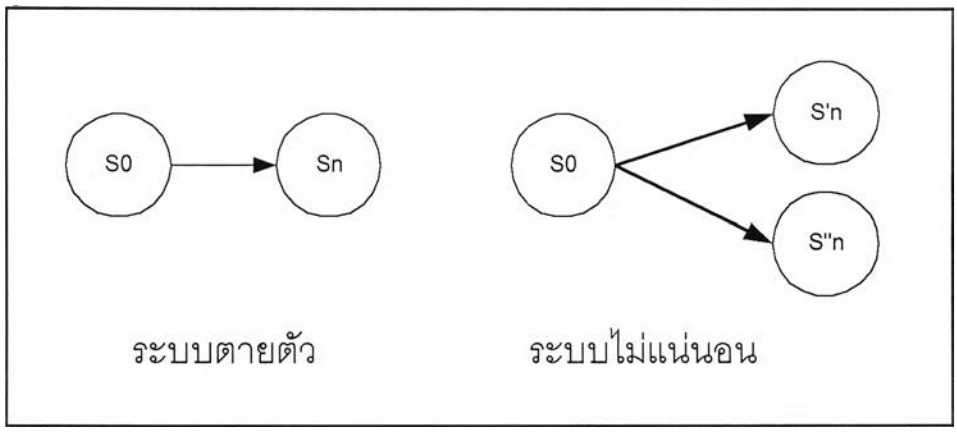
การจำแนกประเภทของอาจจำแนกได้หลายแบบแล้ว แต่การนำไปใช้งาน ในการจำลองแบบปัญหา การจำแนกระบบงาน เพื่อความสะดวกในการใช้งานนั้นมักจะจำแนกโดยอาศัยลักษณะการเปลี่ยนสถานภาพของระบบเป็น 4 ประเภทดังนี้

- ระบบต่อเนื่องหรือระบบเป็นช่วง (Continuous Versus Discrete System)

โดยพิจารณาจากพฤติกรรมในการเปลี่ยนสถานภาพของระบบเทียบกับเวลา ถ้าการเปลี่ยนสถานภาพของระบบเป็นการเปลี่ยนไปตามเวลาอย่างต่อเนื่อง ระบบงานนั้นก็จะเป็นระบบต่อเนื่อง แต่ถ้าการเปลี่ยนสถานภาพของระบบเกิดขึ้นที่ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งไม่ต่อเนื่อง ระบบงานนั้นก็เป็นระบบเป็นช่วง

- ระบบตายตัวหรือระบบไม่แน่นอน (Deterministic Versus Stochastic Systems)

ระบบตายตัว หมายถึง ระบบซึ่งการเปลี่ยนแปลงสถานภาพที่ระดับใหม่สามารถบอกได้จากสถานะและกิจกรรมของระบบก่อน ส่วนระบบไม่แน่นอน หมายถึง ระบบซึ่งการเปลี่ยนสถานภาพเป็นแบบสุ่ม และในบางกรณีก็สามารถหาค่าความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานภาพ แสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ระบบตายและระบบไม่แน่นอน

แบบจำลอง หมายถึง ตัวแทนของวัตถุ ระบบ หรือแนวคิดลักษณะใดลักษณะหนึ่ง

ในแบบจำลองมักจะเป็นแบบไม่แน่นอน ดังนั้นค่าต่าง ๆที่ใส่ในแบบจำลองจึงต้องเป็นแบบไม่แน่นอนเหมือนระบบงานจริง ในกรณีที่ค่าไม่แน่นอนสามารถหาค่าความไม่แน่นอนในรูปของค่าความน่าจะเป็น เทคนิคที่นิยมใช้ในการแก้ปัญหาลักษณะความไม่แน่นอนของค่าเชิงปริมาณก็คือ เทคนิคมอนติคาร์โล

เทคนิคมอนติคาร์โล คือเทคนิคในการสร้างข้อมูลโดยการใช้ตัวเลขแบบสุ่มและความน่าจะเป็นจะเป็นสะสมตัวเลขแบบสุ่มที่ใช้อาจได้มาจาก โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ลูกเต๋า เป็นต้น ซึ่งสามารถสร้างตัวเลขที่มีลักษณะการกระจายของความน่าจะเป็นแบบสม่ำเสมอ ส่วนค่าความน่าจะเป็นสะสม คือ ค่าความน่าจะเป็นสะสมของข้อมูลที่ต้องการอันอาจได้มากจากข้อมูลในอดีตหรือการทดลอง หรือทราบลักษณะการกระจายของความน่าจะเป็น จากตัวเลขสองอย่างจะนำมาสร้างข้อมูลที่ต้องการดังนี้

1. สร้างกราฟ หรือตารางของค่าความน่าจะเป็นสะสมของข้อมูลที่ต้องการ
2. เลือกตัวเลขแบบสุ่ม ใส่จุดทศนิยมเพื่อให้มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1
3. ใช้ตัวเลขแบบสุ่มในข้อ 2 แทนค่าความน่าจะเป็นสะสม
4. อ่านค่าของข้อมูลจากการฟหรือตารางซึ่งมีความน่าจะเป็นสะสมเท่ากับตัวเลขในข้อ 3 ค่าที่ได้นี้คือค่าข้อมูลที่ต้องการ
5. ทำซ้ำข้อ 2 ถึง 4 จนกว่าจะได้ข้อมูลได้มากเท่าที่ต้องการ

3.2 กระบวนการจำลองแบบปัญหา

การจำลองแบบปัญหาโดยทั่วจะมีกระบวนการดังนี้ (Pegden, Shannon, and Sadowski, 1995)

1.การกำหนดปัญหา การกำหนดเป้าหมายของการศึกษาอย่างชัดเจน เพื่อที่เราจะได้รู้วัตถุประสงค์ของการศึกษา

2.การวางแผนโครงการ เราจะต้องมีทรัพยากรบุคคล ได้รับการสนับสนุนจากฝ่ายบริหาร ความพร้อมทั้งคอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ ในการทำงาน

3.การกำหนดระบบ กำหนดขอบเขต และข้อจำกัดของการกำหนดระบบ และทดสอบเกี่ยวกับการทำงานของระบบ

4.สร้างแบบจำลอง พัฒนาแบบจำลองเบื้องต้น เพื่อกำหนดองค์ประกอบ ตัวแปร และความสัมพันธ์ของแบบจำลอง ที่สามารถอธิบายพฤติกรรมของระบบงานตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา

5.ออกแบบการทดลองเบื้องต้น เลือกตัววัดผลที่ใช้ ปัจจัย และระดับของปัจจัยที่ใช้ในแบบจำลอง เป็นการออกแบบทำให้แบบจำลองสามารถให้ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์หาผลลัพธ์ตามต้องการ

6.เตรียมข้อมูล กำหนด เก็บข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลที่ต้องการของแบบจำลอง

7.การแปรรูปแบบจำลอง สร้างแบบจำลองโดย ภาษาการจำลองแบบปัญหาในการประยุกต์กับระบบงาน

8.การทดสอบความถูกต้อง การยืนยันแบบจำลอง ในการทำงาน และเปรียบเทียบผลลัพธ์ของแบบจำลองกับผลลัพธ์ระบบงานจริง ว่าแบบจำลองสามารถใช้แทนระบบงานจริงตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาได้

9.ออกแบบการทดลองขั้นสุดท้าย การออกแบบการทดลองจะพิจารณาข้อมูลสำหรับวิเคราะห์ให้ได้ผลเพียงพอ

10.การทดลอง การปฏิบัติการจำลองแบบปัญหา เพื่อสร้างข้อมูล และการวิเคราะห์ความไวของข้อมูลจากแบบจำลอง

11.วิเคราะห์และแปรผล เป็นขั้นตอนการแปรผลจากการจำลองแบบปัญหา

12.การนำไปใช้งาน และการจัดทำเอกสารการใช้งาน จากผลการทดลอง เลือกวิธีการที่จะแก้ปัญหาได้ดีที่สุดไปใช้กับระบบงานจริง ทำการบันทึกกิจกรรมในการจัดทำแบบจำลอง โครงสร้างของแบจำลอง วิธีการใช้งาน และผลที่ได้จากการใช้งาน

3.3 การกำหนดปัญหา

เป็นการกำหนดวัตถุประสงค์งานวิจัย ซึ่งวัตถุประสงค์งานวิจัย คือ พิจารณาผลกระทบของปัจจัยกฎการจัดลำดับงานต่อ ประสิทธิภาพการจัดตารางการผลิต

3.4 การวางแผนโครงการ

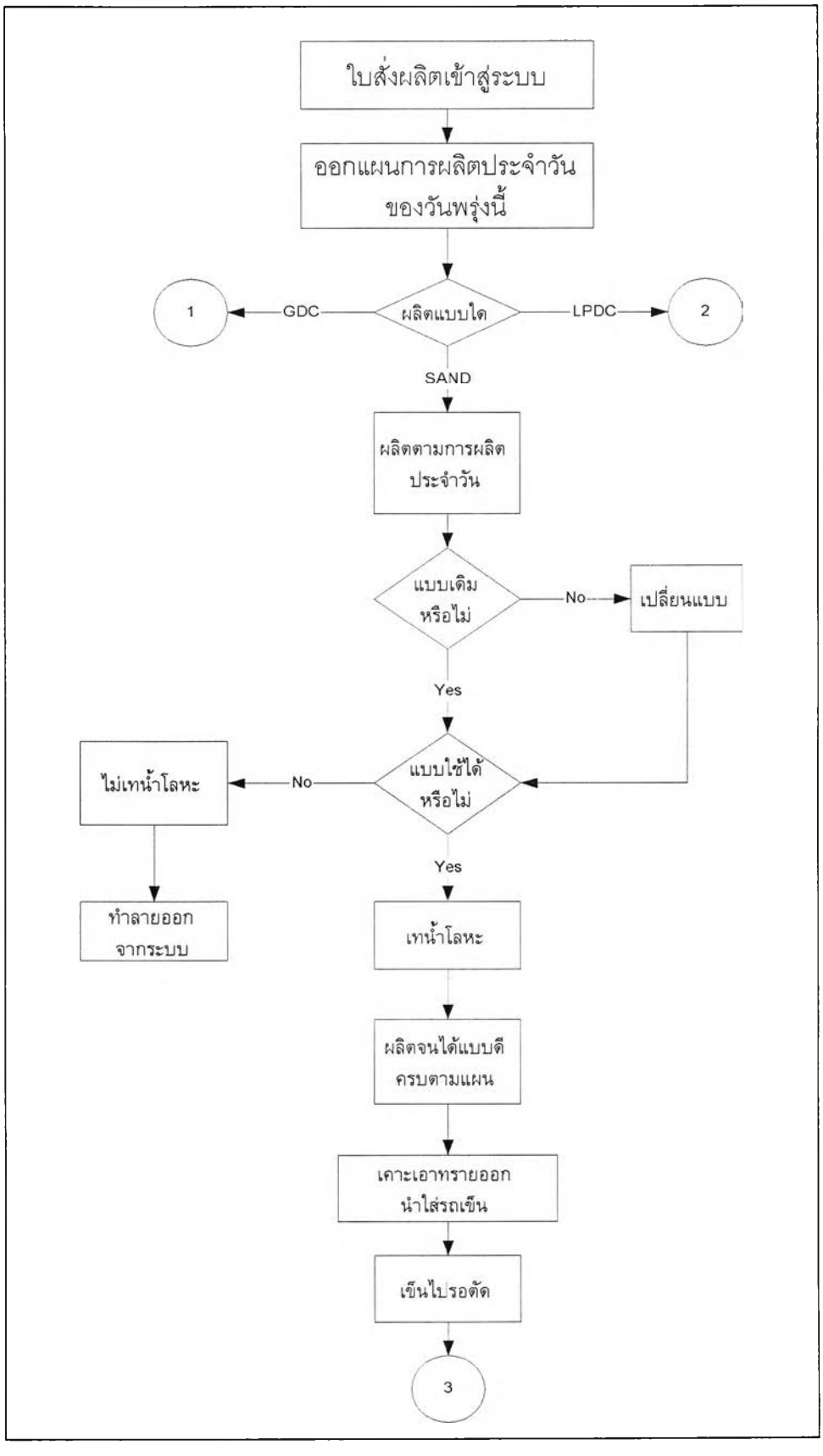
การวางแผนโครงการ เป็นการวางแผนเพื่อทำโครงการ เตรียมความพร้อม โดยโรงงานตัวอย่างที่ทำการศึกษาได้ให้ความสนับสนุน และอำนวยความสะดวกในการรวบรวมข้อมูลเป็นอย่างดี รวมทั้งทางมหาวิทยาลัยมีความพร้อม ทั้งทางด้านคอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ โดยซอฟต์แวร์ ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองทางอคอมพิวเตอร์คือ โปรแกรม SIMAN จึงสามารถดำเนินโครงการได้

3.5 การกำหนดระบบงานที่ศึกษา

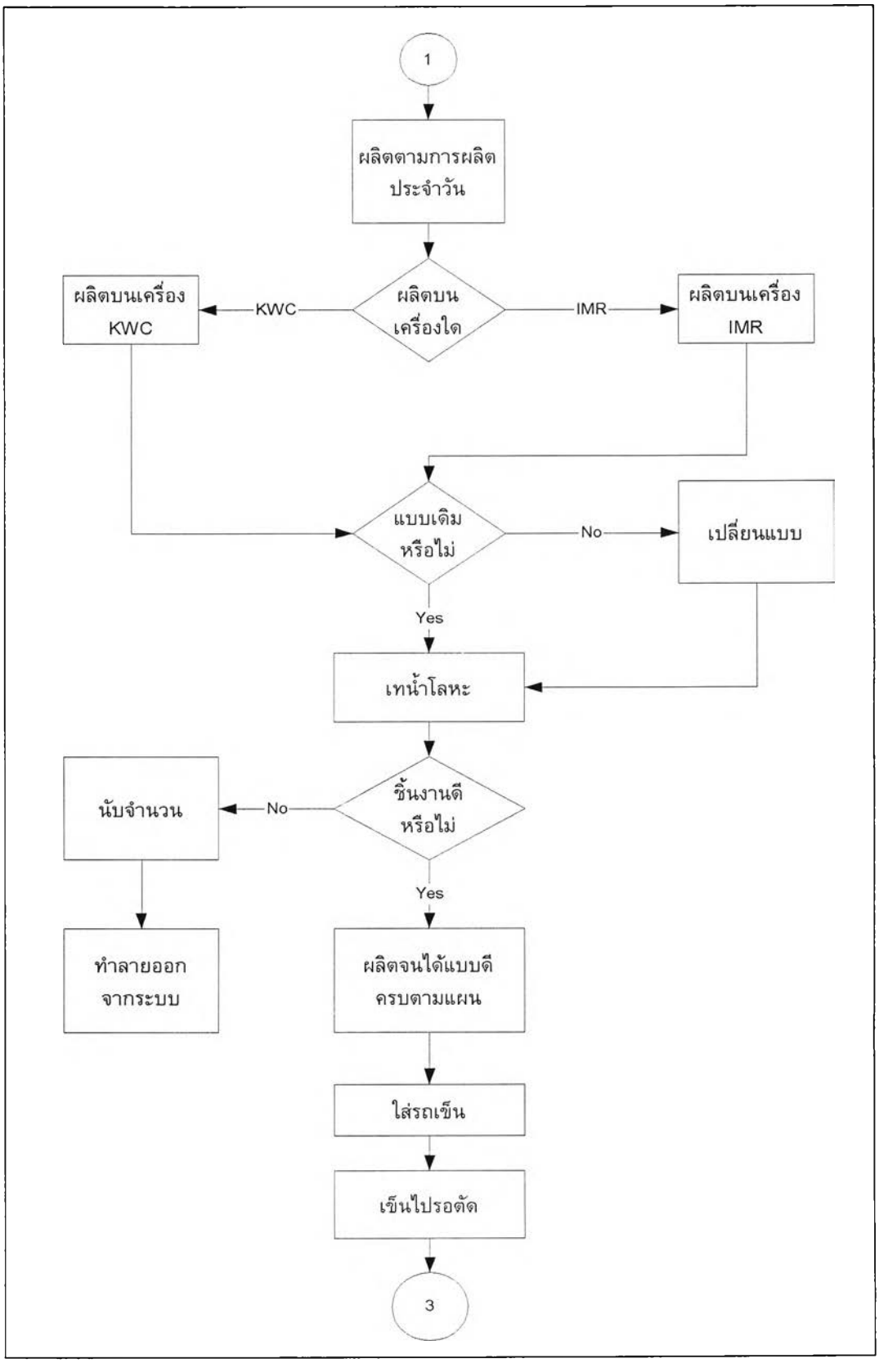
ระบบงานที่ศึกษา คือการผลิตในแผนกหล่อ ซึ่งไม่รวมขั้นตอนการทำไส้แบบ
องค์ประกอบ ลักษณะเฉพาะตัว และกิจกรรมของระบบ แสดงดังตารางที่ 3.1
นอกจากนี้ยังศึกษาความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของระบบงาน ซึ่งแสดงในรูปที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 องค์ประกอบ ลักษณะเฉพาะตัว และกิจกรรมของระบบที่ศึกษา

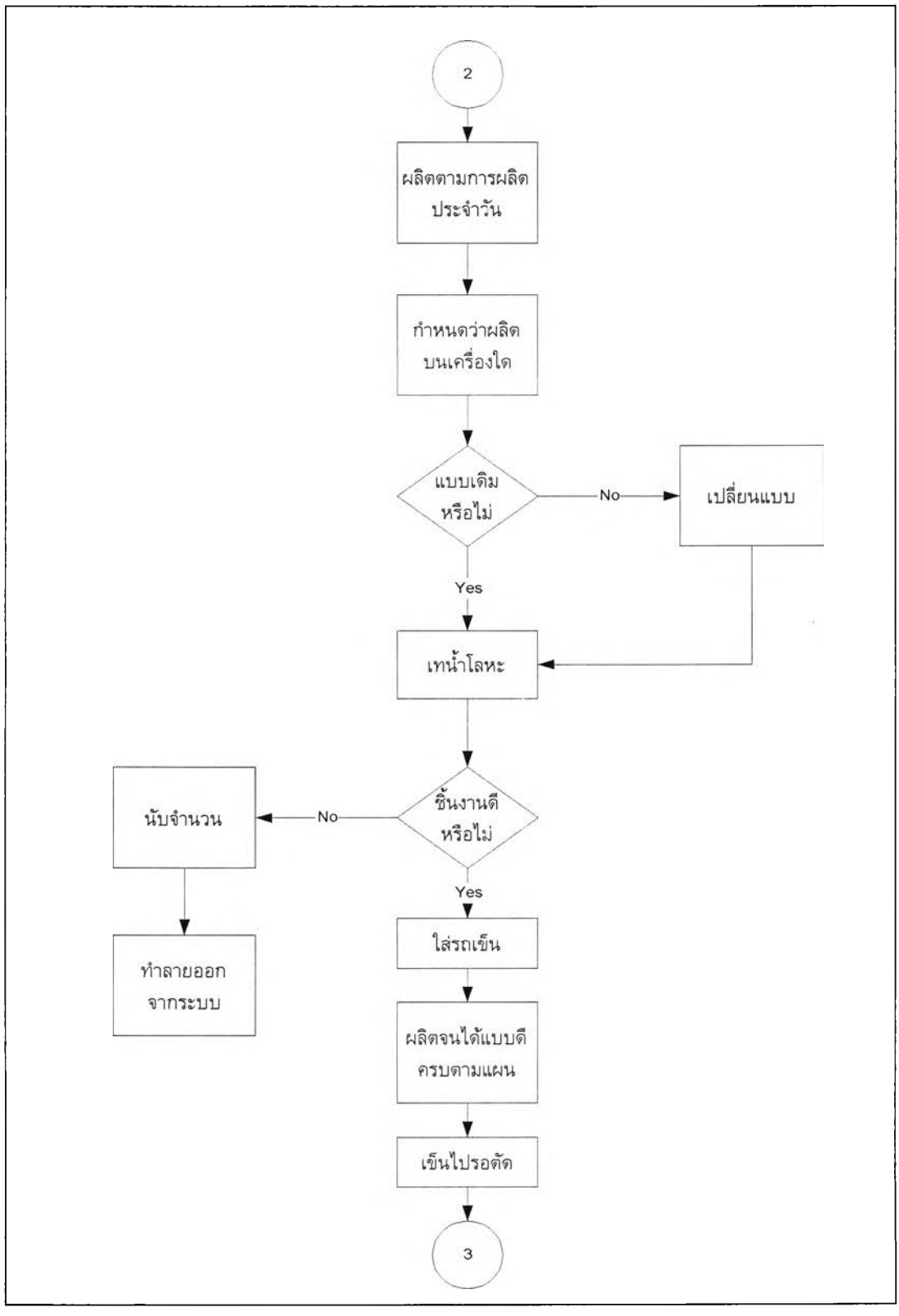
องค์ประกอบ	ลักษณะเฉพาะตัว	กิจกรรม
งาน	เวลาเข้าสู่ระบบ กำหนดส่งงาน จำนวน เลขที่ชิ้นงาน เส้นทางการผลิต เวลาการผลิต	คอย อยู่ระหว่างผลิต
ชิ้นงาน	เลขที่งาน	คอย ผลิต
เครื่องจักร	เวลาที่เครื่องจักรเสีย ชนิดของเครื่องจักร	ทำงาน ว่าง
พนักงาน	ประเภทคนงาน ตารางเวลาทำงาน	ทำงาน ว่าง
แบบ	เลขที่แบบ	ใช้งาน ว่าง
แถวคอย	จำนวนชิ้นงาน การจัดเรียงลำดับความสำคัญ	รับชิ้นงาน จ่ายชิ้นงาน งานคอยเครื่องจักร
สถานี	เลขที่สถานี	รับงานเข้าสถานี ส่งงานออกสถานี
รถเข็น	ความเร็ว ระยะทาง	ขนส่งชิ้นงาน ว่าง
แผนผังการเดินทางของรถเข็น	ระยะทาง	บอกระยะทาง



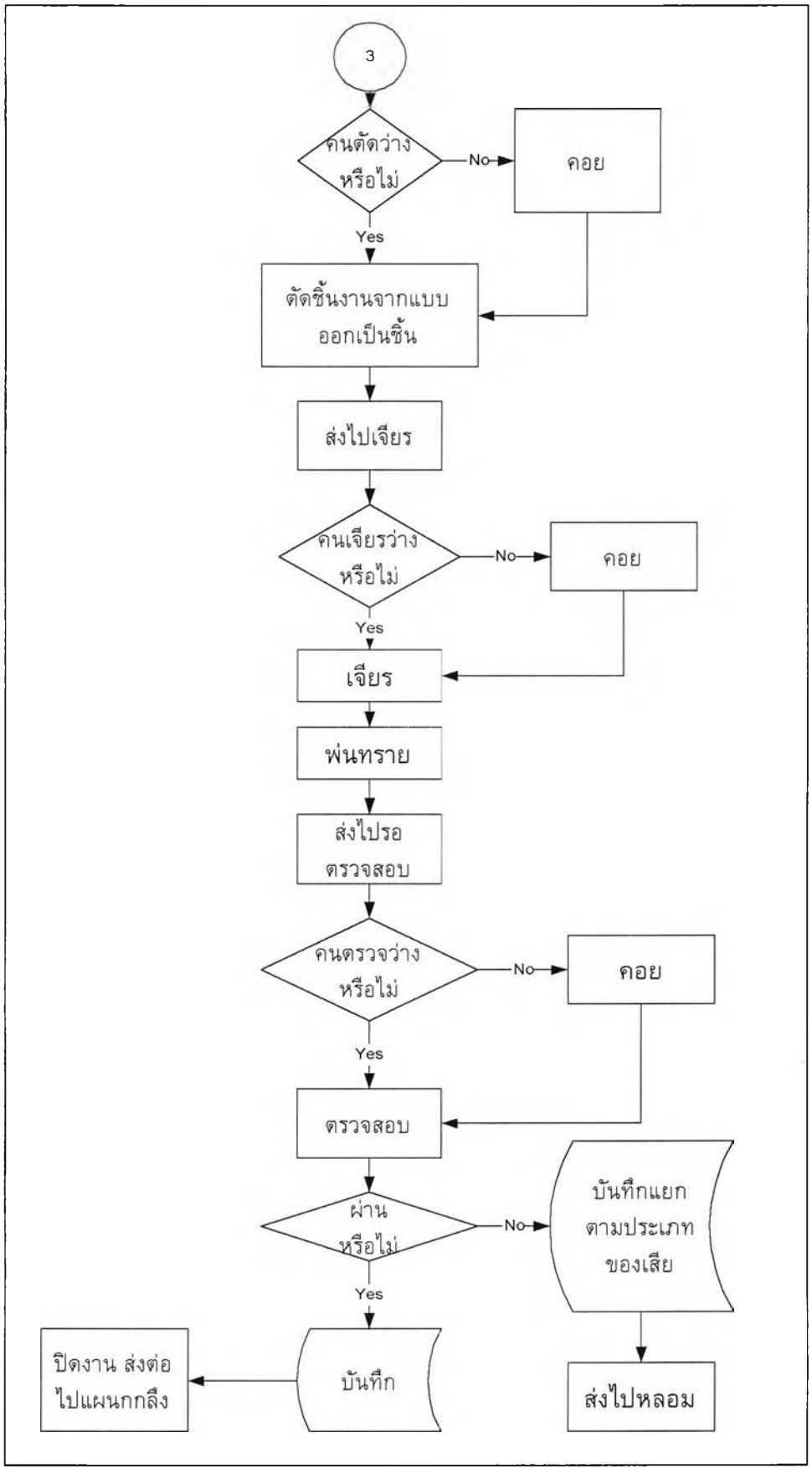
รูปที่ *3.2 แผนภูมิขั้นตอนการทำงานของการหล่อ*



รูปที่ 3.2 แผนภูมิขั้นตอนการทำงานของการหล่อ (ต่อ)



รูปที่ 3.2 แผนภูมิขั้นตอนการทำงานของการหล่อ (ต่อ)



รูปที่ 3.2 แผนภูมิขั้นตอนการทำงานของการหล่อ *(ต่อ)*

I 15991062

3.6 การสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์

แบบจำลองมีหลายประเภท แต่แบบจำลองที่ได้รับนิยมเป็นอย่างมาก คือ แบบจำลองคอมพิวเตอร์ เนื่องจากการพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์ อีกทั้งยังสามารถใช้งานได้กับปัญหาของระบบงานได้หลายประเภท สำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะทำการจำลองปัญหา โดยใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ ซึ่งใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SIMAN (Pegden, Shanon and Sadowski, 1995)

ในการสร้างแบบจำลอง จะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ Model Frame และ Experimental Frame ซึ่ง Model Frame นี้เป็นการแสดงการทำงานขององค์ประกอบของระบบและความสัมพันธ์ของระบบ ส่วน Experimental Frame จะกำหนดเงื่อนไขของการทดลอง (เช่น ระยะเวลาการทดลอง ตัวแปรต่างๆ เป็นต้น) ภายใต้แบบจำลอง ได้สร้างผลลัพธ์ โดยแบบจำลองจะต้องมีทั้งสองส่วน

- **Block Diagram**

กระบวนการสร้างแบบจำลองใน SIMAN จะสร้างโดย Block Diagram ซึ่ง “Block Diagram” เป็นการแสดงการไหลของ Entity ผ่านกระบวนในระบบ Block Diagram ถูกสร้างโดยการเรียงของ Block ต่างๆ ซึ่งตามหน้าที่และความสัมพันธ์ของระบบ การเรียงของ Block จะอาศัยลูกศร ซึ่งแสดงการไหลของ Entity

- **Experiment**

สำหรับกำหนดเงื่อนไขการทดลอง เช่น ระยะเวลาการทดลอง จำนวนรอบการทดลอง ลักษณะของทรัพยากร และแถวคอย เป็นต้น การสร้างการทดลองโดยการเก็บข้อมูลต่างๆใน Element ซึ่งสามารถกำหนดในรูปแบบของข้อความ โดยกำหนดวัตถุต่างๆแยกประเภทกัน

3.7 การออกแบบการทดลองเบื้องต้น

การออกแบบการทดลองเบื้องต้น เป็นการออกแบบการทดลองที่ทำให้แบบจำลองสามารถแสดงถึงระบบงานจริงได้ตามต้องการ ซึ่งส่วนนี้จะกล่าวถึง ปัจจัยกฎการจัดลำดับในแบบจำลอง ดัชนีวัดประสิทธิภาพ และการทำงานของแบบจำลอง

3.7.1 กฎการจัดลำดับ ที่ใช้ในการทดลอง

1) SPT (Shortest Processing Time) ลำดับความสำคัญที่จะถูกเลือก โดยพิจารณาเวลาการผลิตที่สั้นที่สุดของการผลิตขั้นตอนนั้นๆก่อน
2) LWKR (Least Work Remaining) ลำดับความสำคัญที่จะถูกเลือก โดยพิจารณาเวลาการผลิตที่เหลือทั้งหมดที่สั้นที่สุดก่อน
3) FASFS (First Arrival at the Shop First Served) ลำดับความสำคัญที่จะถูกเลือกโดยพิจารณาเลือกงานที่เข้าสู่ระบบก่อน
4) TWORK (Total Work) ลำดับความสำคัญที่จะถูกเลือก โดยพิจารณาเวลาการผลิตรวมที่สั้นที่สุดก่อน
5) EDD (Earliest Due Date) ลำดับความสำคัญที่จะถูกเลือก โดยพิจารณากำหนดส่งงานที่ถึงกำหนดก่อนจะถูกเลือกก่อน
6) FCFS (First Come First Served) ลำดับความสำคัญที่จะถูกเลือก โดยพิจารณางานที่เข้ามาสู่สถานีก่อนจะถูกเลือกก่อน
7) MST (Minimum Slack Time) ลำดับความสำคัญที่จะถูกเลือก โดยพิจารณาเวลาSlackที่สั้นที่สุดก่อน
8) S/OPN (Slack per Operation) ลำดับความสำคัญที่จะถูกเลือก โดยพิจารณาอัตราส่วนของเวลาSlackต่อจำนวนขั้นตอนงานที่เหลือที่สั้นที่สุดก่อน
9) SMT (Smallest Value Obtain By Multiplying Processing Time by Total Process Time) ลำดับความสำคัญที่จะถูกเลือก โดยพิจารณาผลคูณของเวลาการผลิตกับเวลาการผลิตรวมที่น้อยที่สุดก่อน
10) LOPNR (Least Operation Remaining) ลำดับความสำคัญที่จะถูกเลือก โดยพิจารณาจำนวนขั้นตอนงานที่เหลือที่สั้นที่สุดก่อน
11) TSPT (Truncated SPT) ลำดับความสำคัญที่จะถูกเลือก โดยถ้าเวลาคอยของงานนั้นไม่มากกว่าเวลาคงที่ค่าหนึ่ง (W) จะพิจารณาเวลาการผลิตรวมที่สั้นที่สุดก่อน แต่ถ้าเวลาคอยมากกว่าค่าคงที่ W จะนำงานนั้นมาทำก่อน

3.7.2 ดัชนีวัดประสิทธิภาพ

1) Mean Flow Time คือ ค่าเฉลี่ยของเวลาทั้งหมดที่งานอยู่ในระบบ สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\overline{F} = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^{n} (C_i - A_i)$$

2) Mean Lateness คือ ค่าเฉลี่ยของเผลต่างของเวลาที่งานเสร็จกับกำหนดส่งมอบ สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\overline{L} = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^{n} (C_i - D_i)$$

3) Mean Tardiness คือ ค่าเฉลี่ยของเวลาที่งานเสร็จเกินกำหนดส่งมอบ สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\overline{T} = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^{n} Max\{0, (C_i - D_i)\}$$

4) Proportion of Jobs Tardy คือ อัตราส่วนจำนวนงานที่เสร็จเกินกำหนดส่งมอบต่อจำนวนงานทั้งหมด

5) System Utilization คือ ค่าที่แสดงถึงอัตราการใช้ทรัพยากรของระบบ โดยการเฉลี่ยอัตราการใช้ทรัพยากรทั้งหมด

เมื่อ A_i = เวลาของงานที่ i เข้ามา

C_i = เวลาของงานที่ i เสร็จ

D_i = กำหนดส่งมอบของที่งานที่ i

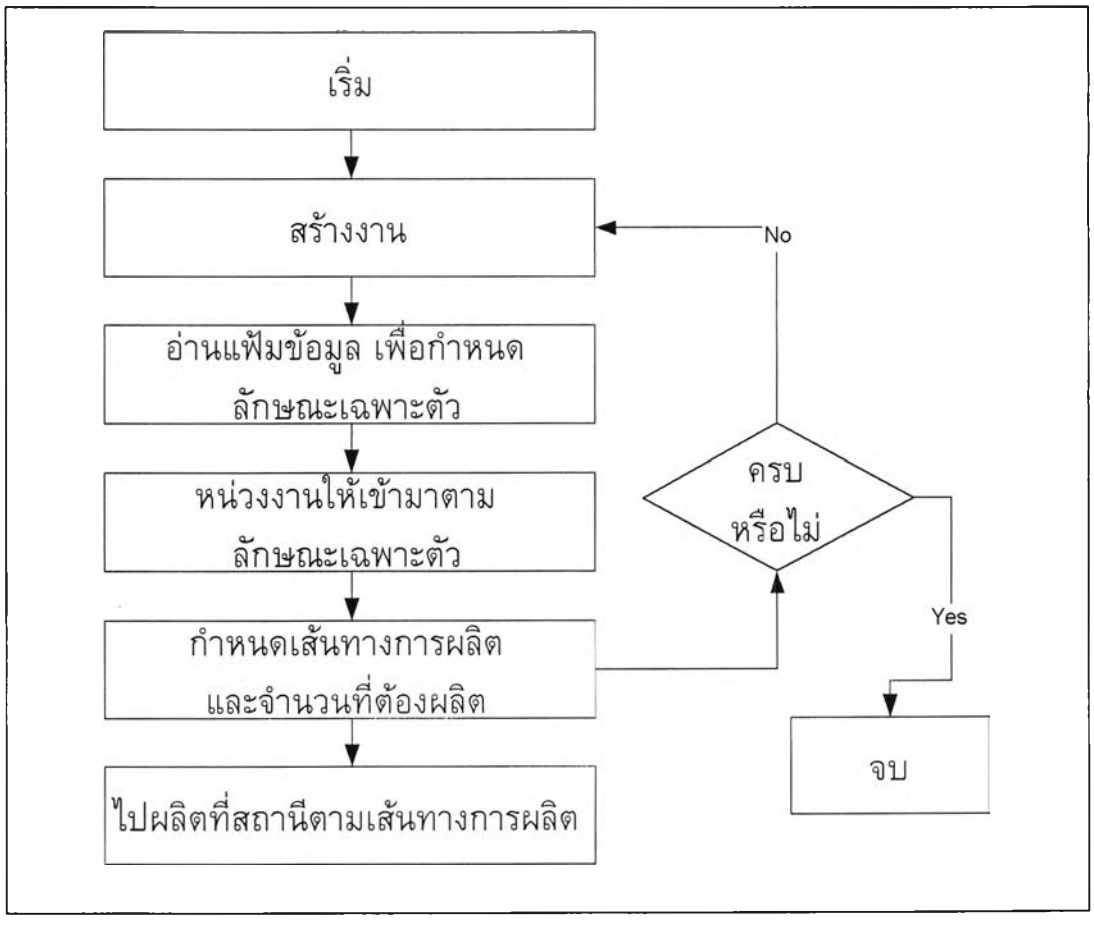
3.7.3 ขั้นตอนการทำงานของแบบจำลอง

คำอธิบายเกี่ยวกับการทำงานของแบบจำลอง

แฟ้มข้อมูลการเข้ามาของงาน เป็นข้อมูลได้จากรายงานใบสั่งผลิต ซึ่งเป็นข้อมูลของเดือน พฤศจิกายน พ.ศ.2541 ถึงเดือน มกราคม พ.ศ.2542 ที่จะมาทำการจำลองแบบปัญหา

การสร้างงานเข้าสู่ระบบ แสดงแผนภูมิขั้นตอนทำงานของแบบจำลองในการสร้างงาน ดังรูปที่ 3.3

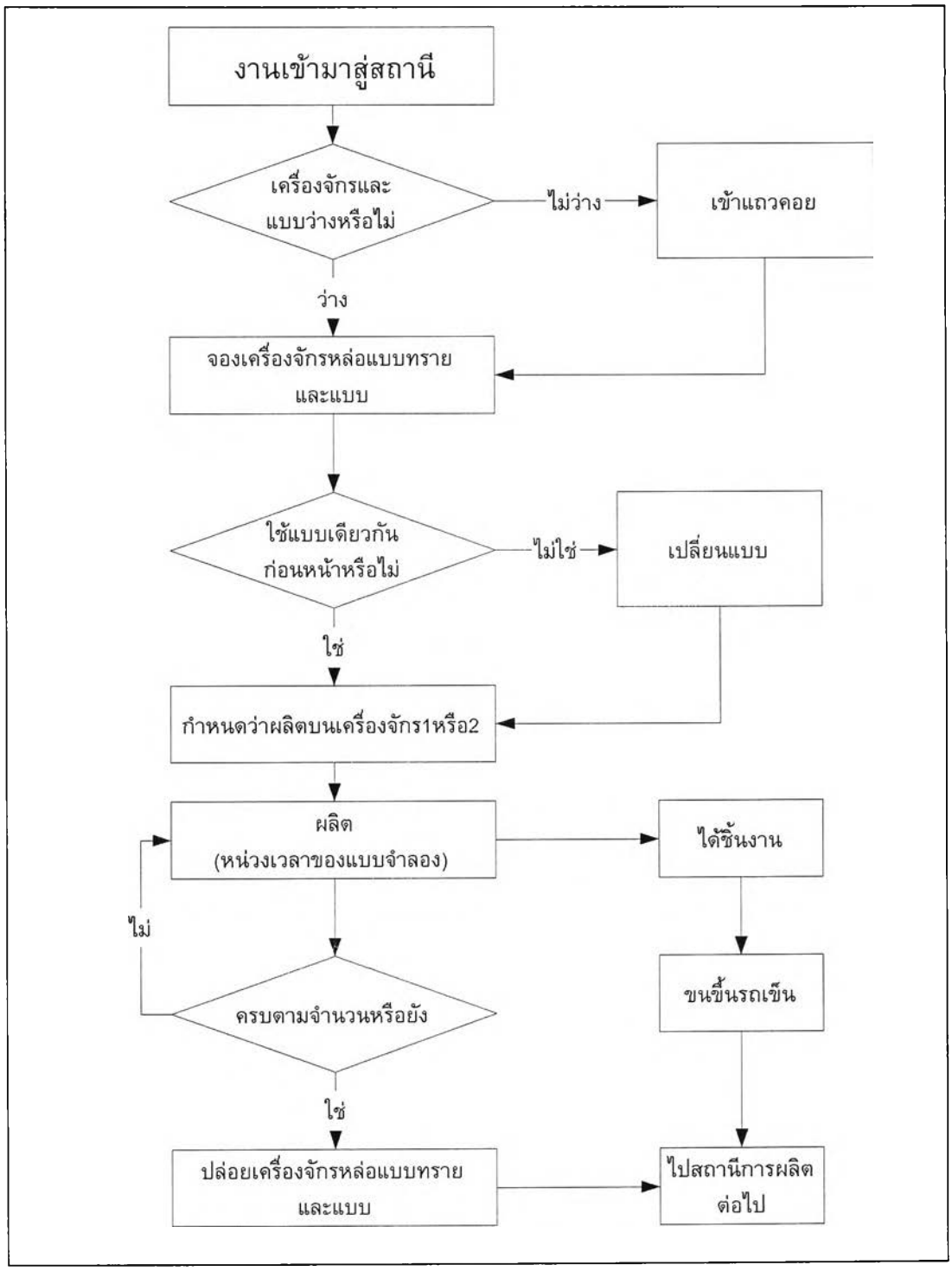
1. สร้างงานขึ้นมาหนึ่งตัว ทำหน้าที่อ่านแฟ้มข้อมูลในอดีต โดยอ่านเรียงตามลำดับ ข้อมูลลักษณะเฉพาะตัวที่อ่าน ได้แก่ เลขที่งาน เลขที่ชิ้นงาน จำนวนที่ต้องผลิต เวลาที่มาถึงระบบ เส้นทางงาน กำหนดส่งงาน
2. กำหนดจำนวนที่ผลิต และชิ้นงานที่ได้
3. กำหนดให้งานเข้ามาในระบบตามเวลาที่มาถึงระบบ (Arrive Time)
4. ส่งงานไปสถานีต่าง ๆ ตามเส้นทางการผลิต
5. สร้างงานลำดับต่อไปจนกว่าจะครบ



รูปที่ 3.3 แผนภูมิขั้นตอนการทำงานของแบบจำลองในการสร้างงาน

สถานีแบบหล่อทราย แสดงแผนภูมิขั้นตอนทำงานของแบบจำลองในสถานีหล่อแบบทรายดังรูปที่ 3.4

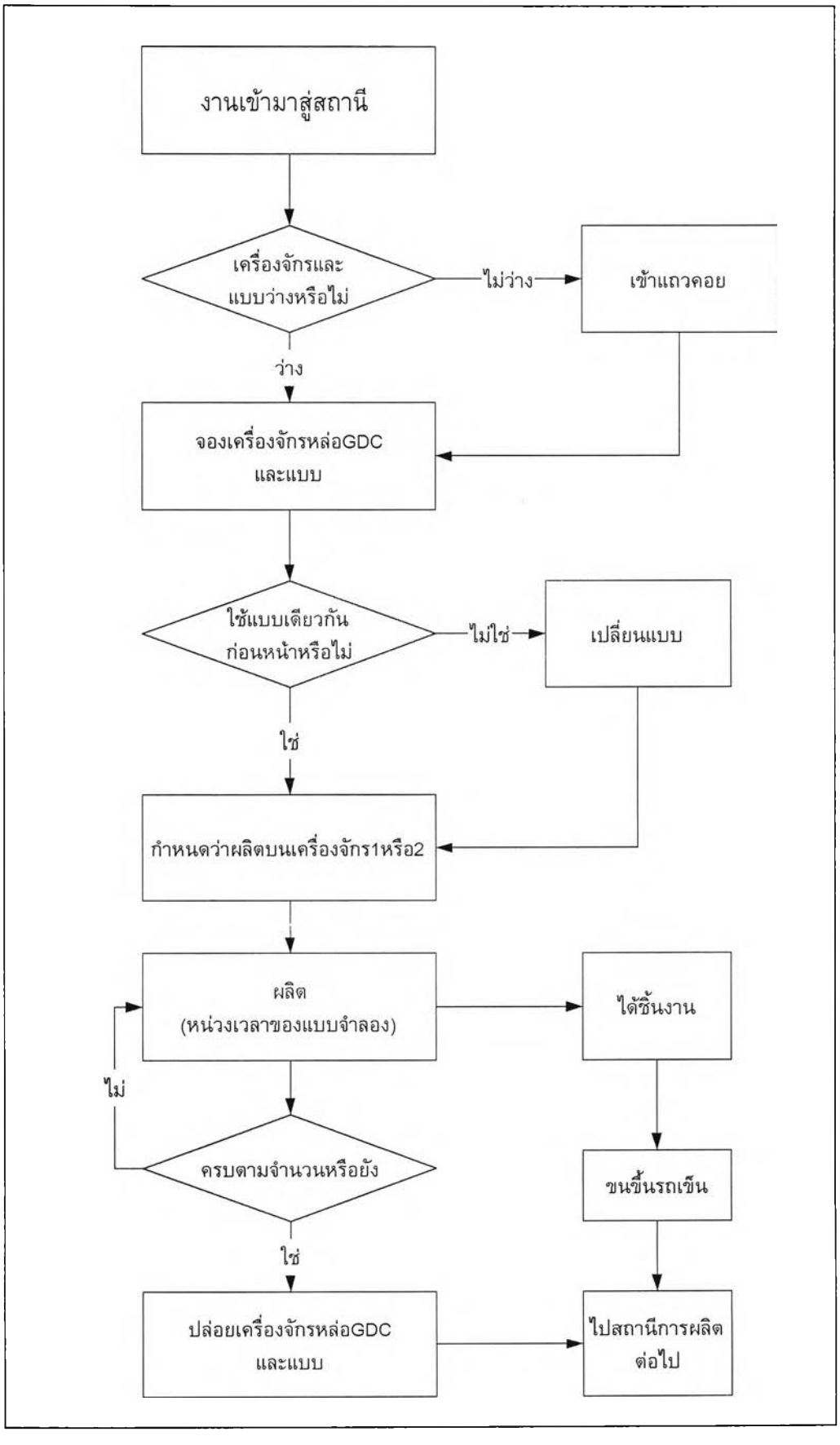
1. เมื่องานเข้าสู่สถานี ตรวจสอบดูว่า เครื่องจักร Sand_Job และแบบ (Pattern) ว่างหรือไม่ ถ้าว่างไปข้อ 2 ถ้าไม่ว่างไปข้อ 9
2. ทำการจองเครื่องจักร Sand_Job และแบบ (Pattern) ของเลขที่งานนั้นๆ
3. ตรวจสอบดูว่า เครื่องจักรกำลังผลิต แบบชิ้นงานเดียวกับชิ้นงานก่อนหน้าหรือไม่ ถ้าไม่ต้องใช้เวลาเปลี่ยนแบบด้วย
4. ทำการผลิตว่าผลิตบนเครื่องจักรที่ 1 หรือ 2
5. ทำการผลิตโดยเวลาในการผลิต 1 แบบ จะเท่ากับเวลาของกระบวนการผลิต
6. ผลิตจนครบตามแผนการผลิต
7. ปล่อยให้เครื่องจักรและแบบว่าง แล้วจึงไปยังสถานีงานลำดับต่อไป
8. ชิ้นงานที่ได้จะถูกลำเลียงโดยรถเข็นบรรจุได้คันละ 50 แบบ
9. รออยู่ในคิวจนกว่าเครื่องจักรจะว่าง โดยเรียงลำดับตามลำดับความสำคัญ ไปข้อ 2



รูปที่ 3.4 แผนภูมิขั้นตอนการทำงานของแบบจำลองในสถานีการหล่อแบบทราย

สถานีGDC (Gravity Die Cast) แสดงแผนภูมิขั้นตอนทำงานของแบบจำลองในสถานีหล่อแบบ GDC ดังรูปที่ 3.5

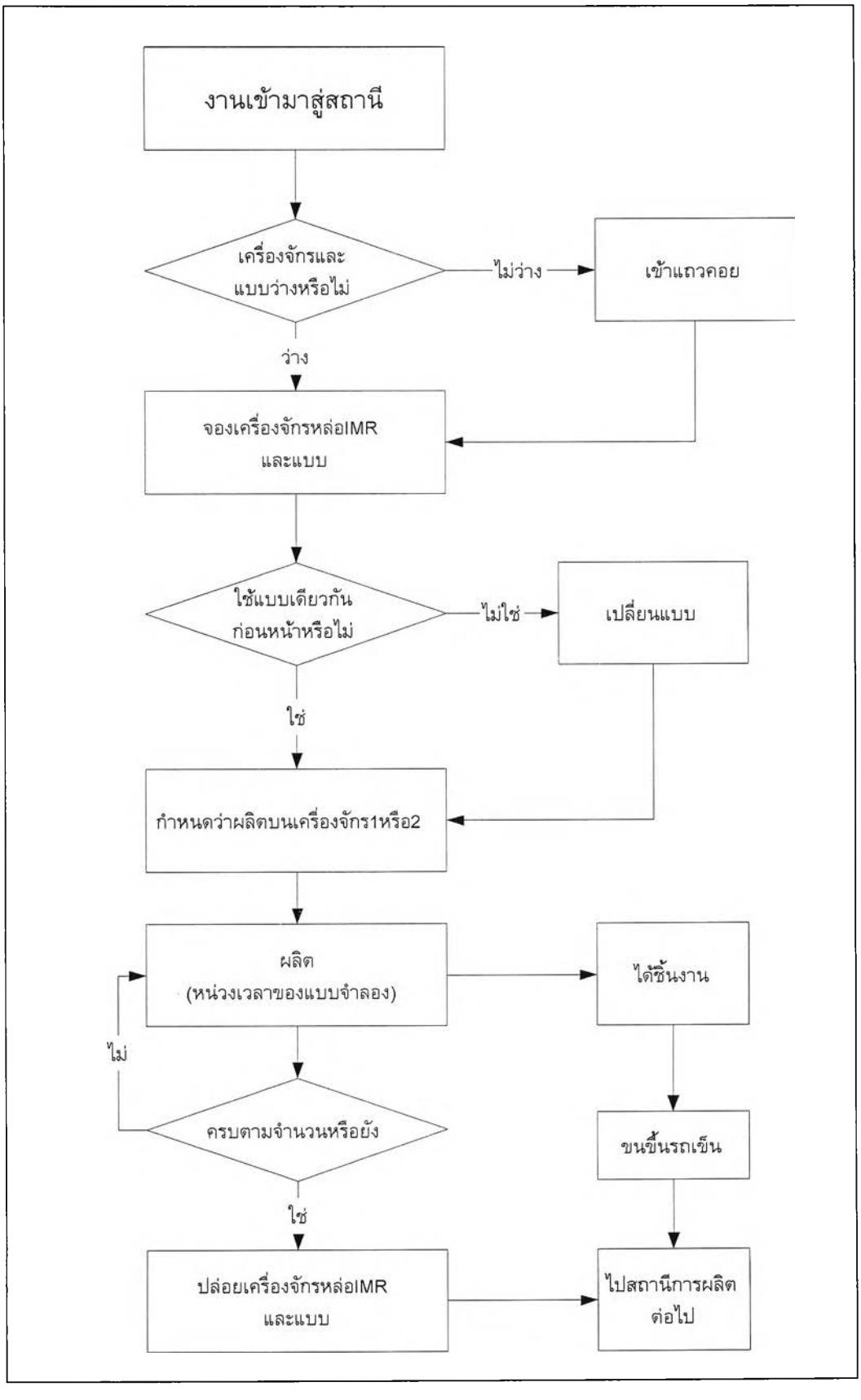
1. เมื่องานเข้าสู่สถานี ตรวจสอบดูว่า เครื่องจักร GDC_Job และ แบบ (Pattern) ว่าว่างหรือไม่ ถ้าว่างไป ข้อ 2 ถ้าไม่ว่างไปข้อ 8
2. ทำการจองเครื่องจักร GDC_Job และ แบบ (Pattern) ของชิ้นงานนั้นๆ
3. ตรวจสอบดูว่า เครื่องจักรกำลังผลิต แบบชิ้นงานเดียวกับชิ้นงานก่อนหน้าหรือไม่ ถ้าไม่ต้องใช้เวลาเปลี่ยนแบบด้วย
4. ทำการกำหนดว่าผลิตบนเครื่องที่ 1 หรือ 2
5. ทำการผลิต โดย 1 แบบจะใช้เวลาในการผลิตตาม เวลาการผลิต (Processing Time)
6. ผลิตจนครบตามแผนการผลิต ปล่อยให้เครื่องจักรว่าง แล้วจึงไปยังสถานีงานลำดับต่อไป
7. ชิ้นงานที่ได้จะถูกลำเลียงโดยรถเข็นโดยบรรจุได้คันละ 50 แบบ
8. รออยู่ในคิวจนกว่าเครื่องจักรจะว่าง โดยเรียงลำดับตามลำดับความสำคัญ ไปข้อ 2



รูปที่ 3.5 แผนภูมิขั้นตอนการทำงานของแบบจำลองในสถานีการหล่อแบบ GDC

สถานี IMR แสดงแผนภูมิขั้นตอนทำงานของแบบจำลองในสถานีหล่อ IMR ดังรูปที่ 3.6

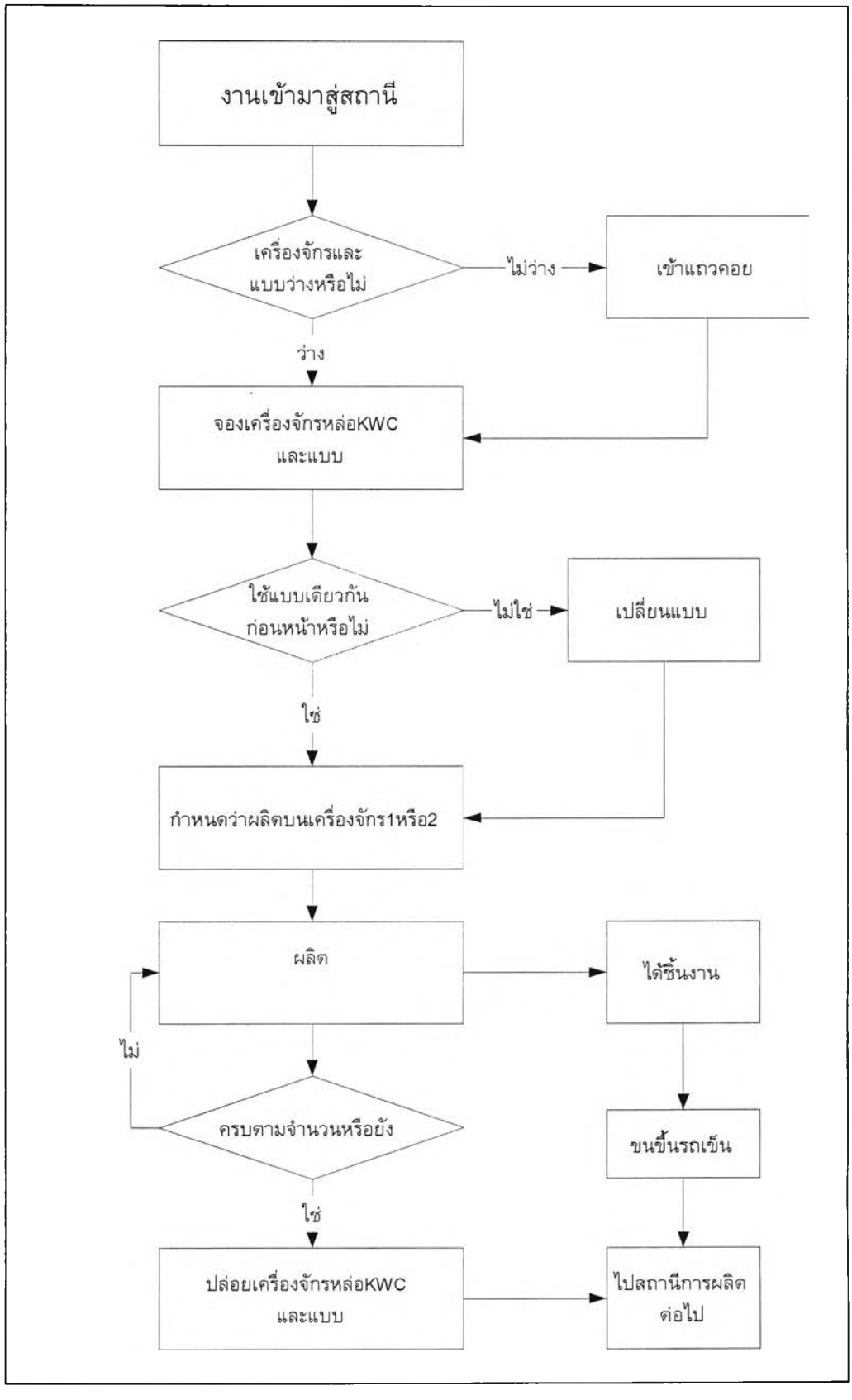
1. เมื่องานเข้าสู่สถานี ตรวจสอบดูว่า เครื่องจักร IMR_Job และแบบ (Pattern) ว่าง หรือไม่ ถ้าว่างไปข้อ 2 ถ้าไม่ว่างไปข้อ 9
2. ทำการจองเครื่องจักร IMR_Job และแบบ (Pattern) ของเลขที่งานนั้นๆ
3. ตรวจสอบดูว่า เครื่องจักรกำลังผลิต แบบชิ้นงานเดียวกับชิ้นงานก่อนหน้าหรือไม่ ถ้าไม่ต้องใช้เวลาเปลี่ยนแบบด้วย
4. ทำการผลิตว่าผลิตบนเครื่องจักรที่ 1 หรือ 2
5. ทำการผลิตโดยเวลาในการผลิต 1แบบ จะเท่ากับเวลาของกระบวนการผลิต
6. ผลิตจนครบตามแผนการผลิต
7. ปล่อยให้เครื่องจักรและแบบว่าง แล้วจึงไปยังสถานีงานลำดับต่อไป
8. ชิ้นงานที่ได้จะถูกลำเลียงโดยรถเข็นบรรจุได้คันละ 50 แบบ
9. รออยู่ในคิวจนกว่าเครื่องจักรจะว่าง โดยเรียงลำดับตามลำดับความสำคัญ ไปข้อ 2



รูปที่ 3.6 แผนภูมิขั้นตอนการทำงานของแบบจำลองในสถานีการหล่อแบบ IMR

สถานี KWC แสดงแผนภูมิขั้นตอนทำงานของแบบจำลองในสถานีหล่อ KWC ดังรูปที่ 3.7

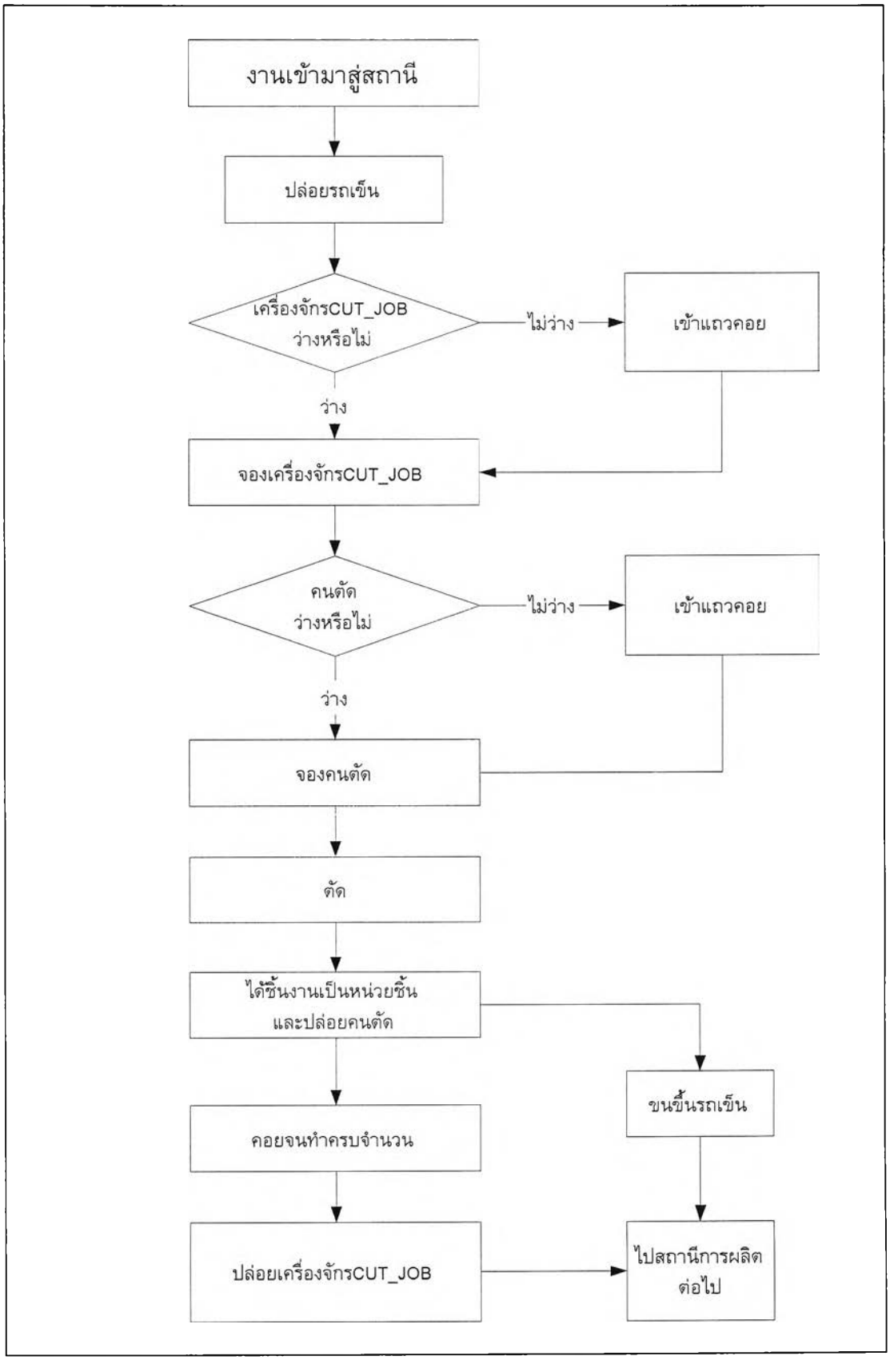
1. เมื่องานเข้าสู่สถานี ตรวจสอบดูว่า เครื่องจักร KWC_Job และแบบ (Pattern) ว่างหรือไม่ ถ้าว่างไปข้อ 2 ถ้าไม่ว่างไปข้อ 8
2. ทำการจองเครื่องจักร KWC_Job และแบบ (Pattern) ของเลขที่งานนั้นๆ
3. ตรวจสอบดูว่า เครื่องจักรกำลังผลิต แบบชิ้นงานเดียวกับชิ้นงานก่อนหน้าหรือไม่ ถ้าไม่ต้องใช้เวลาเปลี่ยนแบบด้วย
4. ทำการผลิตโดยเวลาในการผลิต 1 แบบ จะเท่ากับเวลาของกระบวนการผลิต
5. ผลิตจนครบตามแผนการผลิต
6. ปล่อยให้เครื่องจักรและแบบว่าง แล้วจึงไปยังสถานีงานลำดับต่อไป
7. ชิ้นงานที่ได้จะถูกลำเลียงโดยรถเข็นบรรจุได้คันละ 50 แบบ
8. รออยู่ในคิวจนกว่าเครื่องจักรจะว่าง โดยเรียงลำดับตามลำดับความสำคัญ ไปข้อ 2



รูปที่ 3.7 แผนภูมิขั้นตอนการทำงานของแบบจำลองในสถานีการหล่อแบบ KWC

สถานีตัด แสดงแผนภูมิขั้นตอนทำงานของแบบจำลองในสถานีตัด ดังรูปที่ 3.8

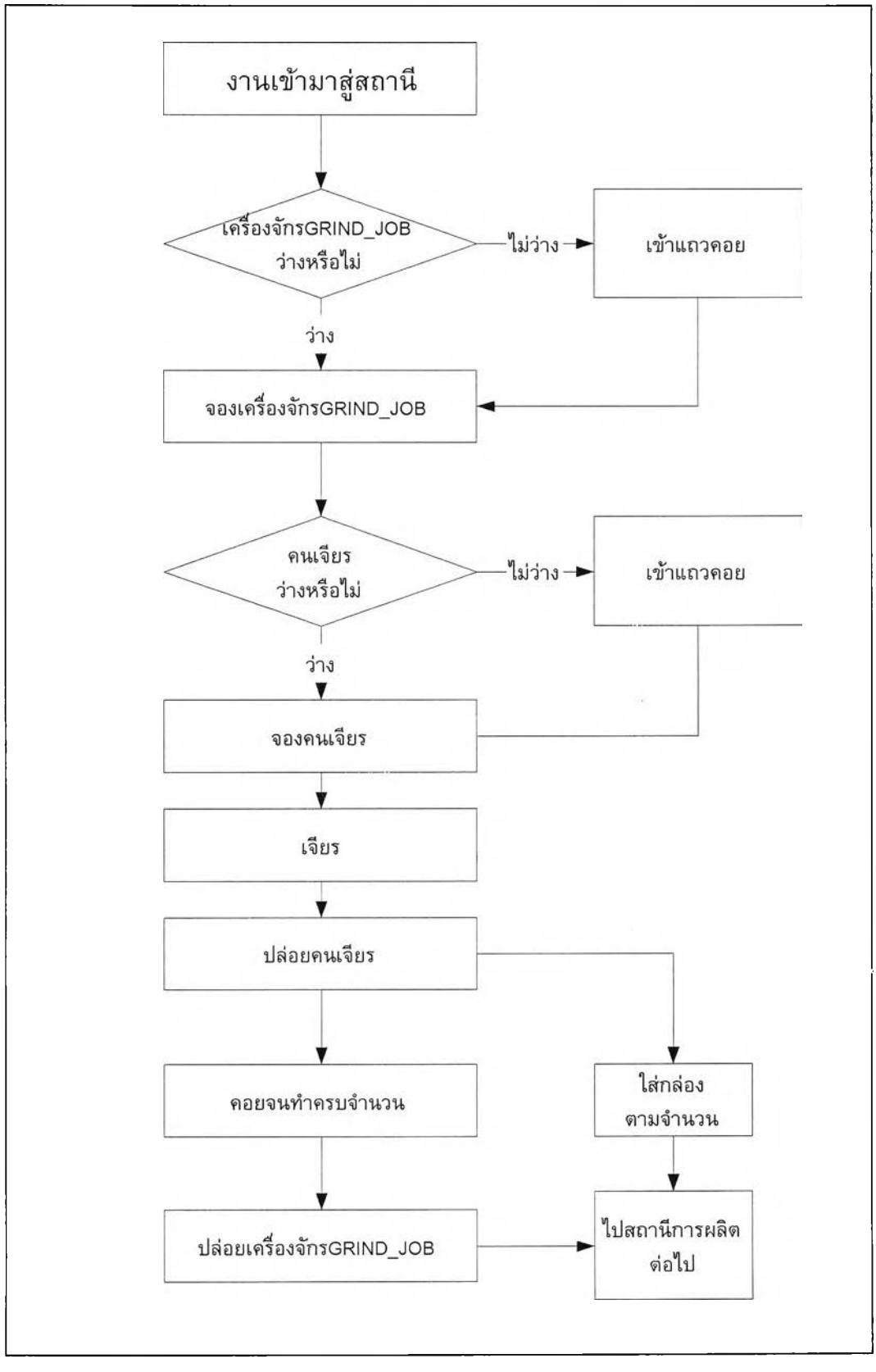
1. เมื่องานมาถึงสถานี ตรวจสอบดูว่า เครื่องจักร Cut _Job ว่างหรือไม่ ถ้าว่างไปข้อ 2 ถ้าไม่ว่างไปข้อ 7
2. จองเครื่องจักร Cut _Job
3. นำชิ้นงานที่ลำเลียงโดยรถเข็นลง ให้ปล่อยรถเข็นคืนสู่ระบบ
4. ทำการตัดโดยต้องใช้ทั้งคนตัด และเครื่องจักร
5. เมื่อตัดจนครบตามจำนวนที่ผลิต ก็จะได้ชิ้นงานซึ่งมีหน่วยเป็นชิ้น
6. ปล่อยเครื่องจักรให้งานไปสู่ระบบการผลิตต่อไป
7. รออยู่ในคิว โดยเรียงตามลำดับความสำคัญ ไปข้อ 2



รูปที่ 3.8 แผนภูมิขั้นตอนการทำงานของแบบจำลองในสถานีการตัด

สถานีเจียร แสดงแผนภูมิขั้นตอนทำงานของแบบจำลองในสถานีเจียร ดังรูปที่ 3.9

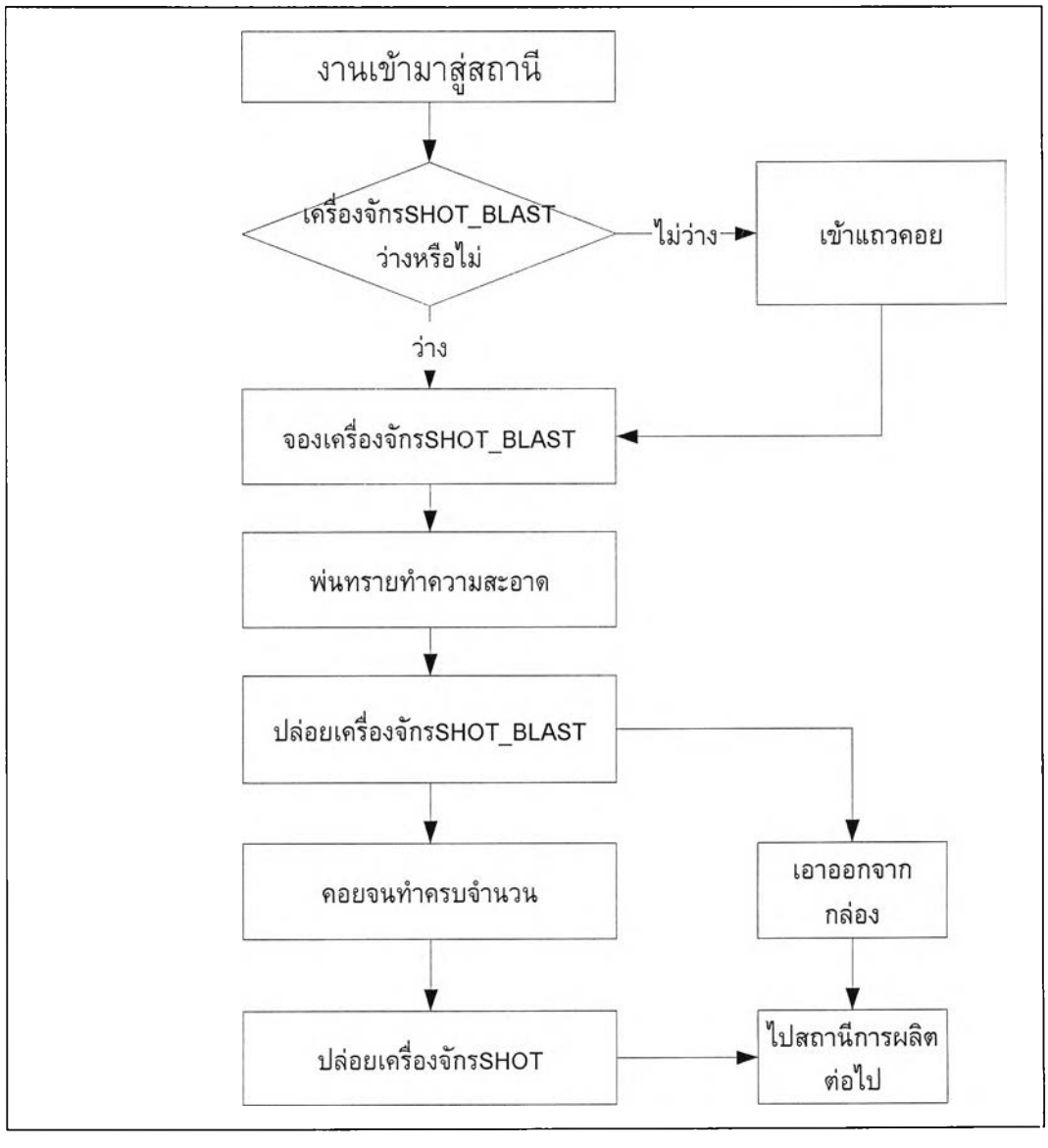
1. เมื่องานมาถึงสถานี ตรวจสอบดูว่าเครื่องจักร Grind_Job ว่างหรือไม่ ถ้าว่างไปข้อ 2 ถ้าไม่ว่างไปข้อ 6
2. จองเครื่องจักร Grind_Job
3. ทำการเจียรชิ้นงานโดยต้องใช้ทั้งคนงาน และเครื่องเจียร
4. เมื่อเจียรแล้ว บรรจุลงกล่องตามขนาดของชิ้นงาน
5. เมื่อเจียรครบแล้ว ส่งไปกระบวนการผลิตต่อไป
6. รออยู่ในคิวจนกว่าเครื่องจักรจะว่าง และเรียงตามลำดับความสำคัญ ไปข้อ 2



รูปที่ 3.9 แผนภูมิขั้นตอนการทำงานของแบบจำลองในสถานีการเจียร

สถานีพ่นทราย แสดงแผนภูมิขั้นตอนทำงานของแบบจำลองในสถานีพ่นทราย ดังรูปที่ 3.10

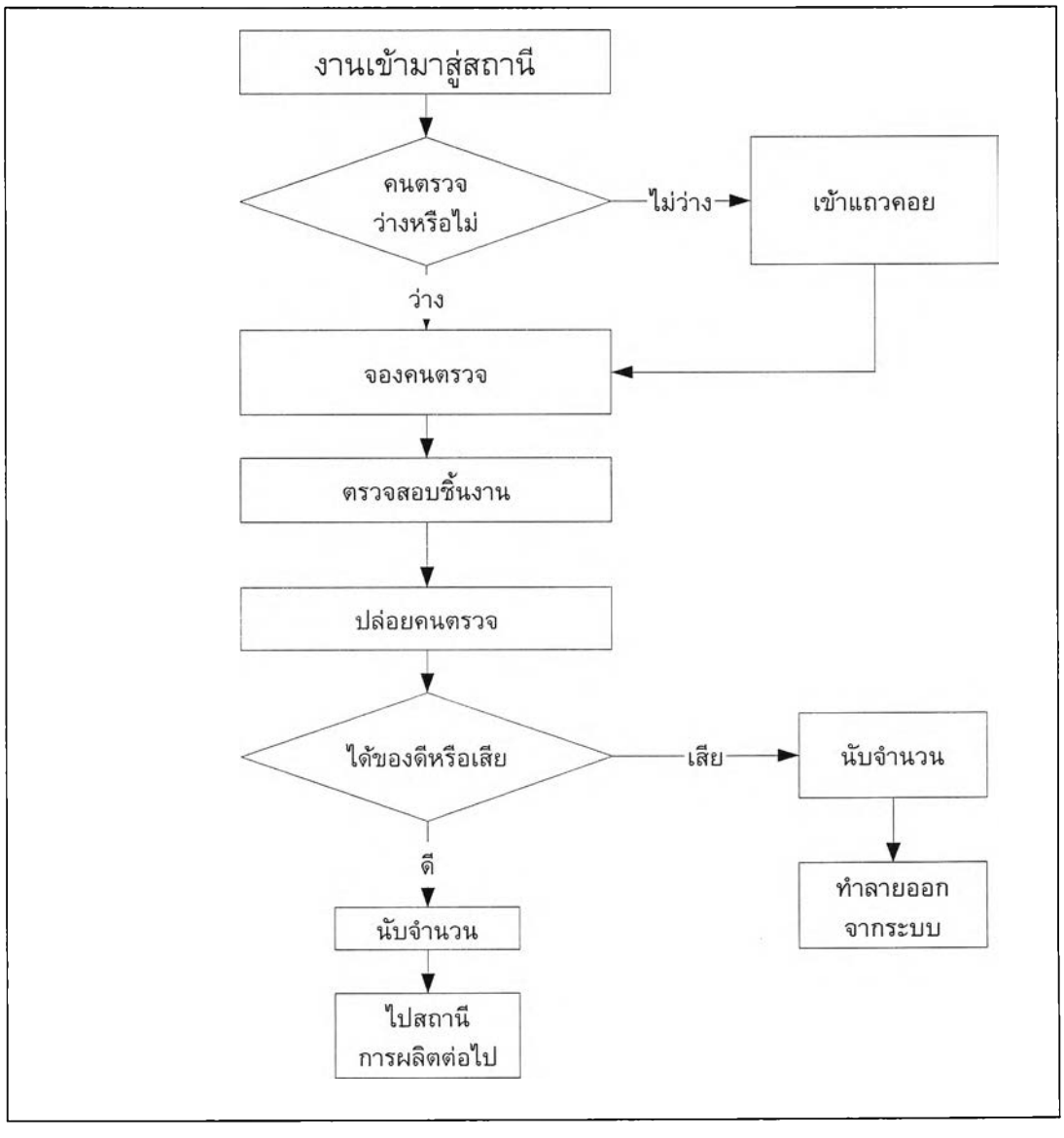
1. เมื่องานมาถึงสถานี ตรวจสอบดูว่าเครื่องจักร Shot_Job ว่างหรือไม่ ถ้าว่างไปข้อ 2 ถ้าไม่ว่างไปข้อ 5
2. จองเครื่องจักร Shot_Job
3. ทำการพ่นทราย
4. เมื่อพ่นทรายจนครบตามจำนวนทั้งหมดแล้ว จึงส่งต่อไปกระบวนการต่อไป
5. รออยู่ในคิว จนกว่าเครื่องจักรจะว่าง และเรียงตามลำดับความสำคัญ ไปข้อ 2



รูปที่ 3.10 *แผนภูมิขั้นตอนการทำงานของแบบจำลองในสถานีการพ่นทราย*

สถานีตรวจสอบ แสดงแผนภูมิขั้นตอนทำงานของแบบจำลองในสถานีตรวจสอบ ดังรูปที่ 3.11

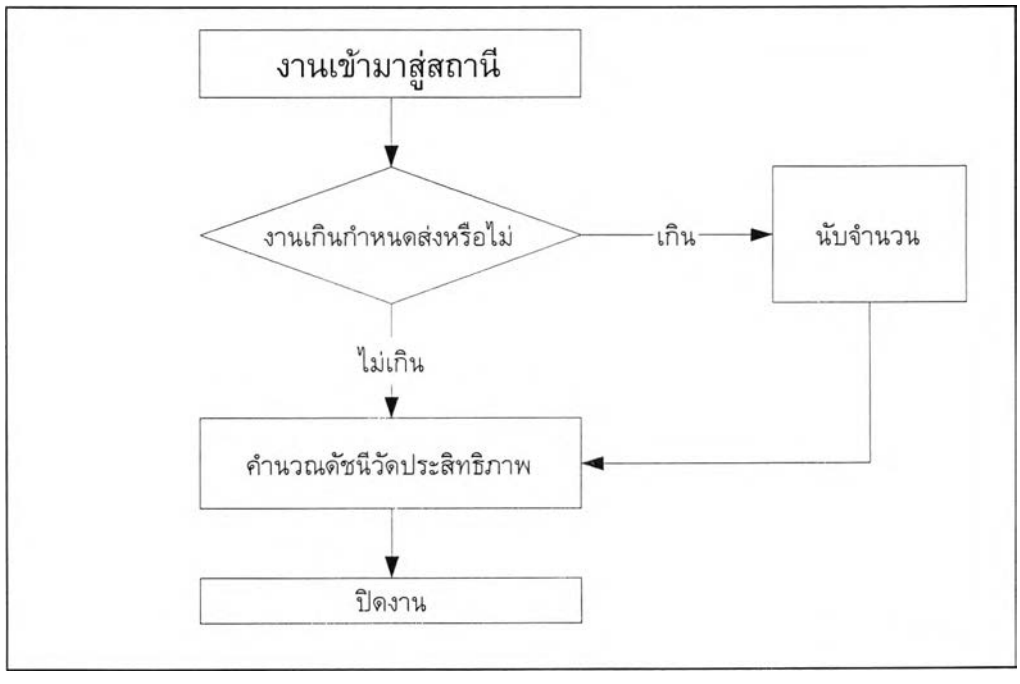
1. เมื่องานมาถึงสถานี ตรวจสอบดูว่าคนตรวจว่างหรือไม่ ถ้าว่างไปข้อ 2 ถ้าไม่ว่างไปข้อ 5
2. จองคนตรวจ
3. ตรวจสอบชิ้นงาน ว่าดี หรือ เสีย
4. นับจำนวน
5. รออยู่ในคิว จนกว่าคนตรวจจะว่าง และเรียงตามลำดับความสำคัญ ไปข้อ 2



รูปที่ 3.11 *แผนภูมิขั้นตอนการทำงานของแบบจำลองในสถานีการตรวจสอบ*

สถานีปิดงาน แสดงแผนภูมิขั้นตอนทำงานของแบบจำลองในสถานีสถานี ดังรูปที่ 3.12

1. เมื่องานมาถึงสถานี ตรวจสอบดูว่างานเกินกำหนดส่งงานหรือไม่
2. นับจำนวนงานที่เกินกำหนดส่งงาน
3. ทำการคำนวณดัชนีวัดประสิทธิภาพ
4. ปิดงาน



รูปที่ 3.12 แผนภูมิขั้นตอนการทำงานของแบบจำลองในสถานีปิดงาน

3.8 การเตรียมข้อมูล

การเตรียมข้อมูลนำเข้าของแบบจำลอง จะเป็นขั้นตอนการเก็บ รวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อใช้ในแบบจำลอง เพื่อให้แบบจำลองสามารถทำงานได้ใกล้เคียงระบบงานจริง ซึ่งจะอธิบายรายละเอียดในบทที่ 4

3.9 การแปรรูปแบบจำลอง

การแปรรูปแบบจำลอง เป็นกระบวนการแปลงแบบจำลองให้อยู่ในรูปแบบของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งในงานวิจัยฉบับนี้ใช้โปรมแกรม SIMAN ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วนคือ Block Diagram และ Experiment ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

จากการจำลองแบบปัญหานี้ ซึ่งเป็นระบบเป็นช่วง (โปรแกรม SIMAN ใช้ได้ทั้งแบบต่อเนื่องและแบบช่วง) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงสถานะเกิดขึ้นเป็นช่วงๆของเวลา และเวลาในแบบจำลอง (Simulation Time) เป็นเวลาสำหรับการจำลองแบบปัญหาในแบบจำลอง ซึ่งเวลาที่ใช้ในแบบจำลองจะใช้หน่วยเป็นวินาที

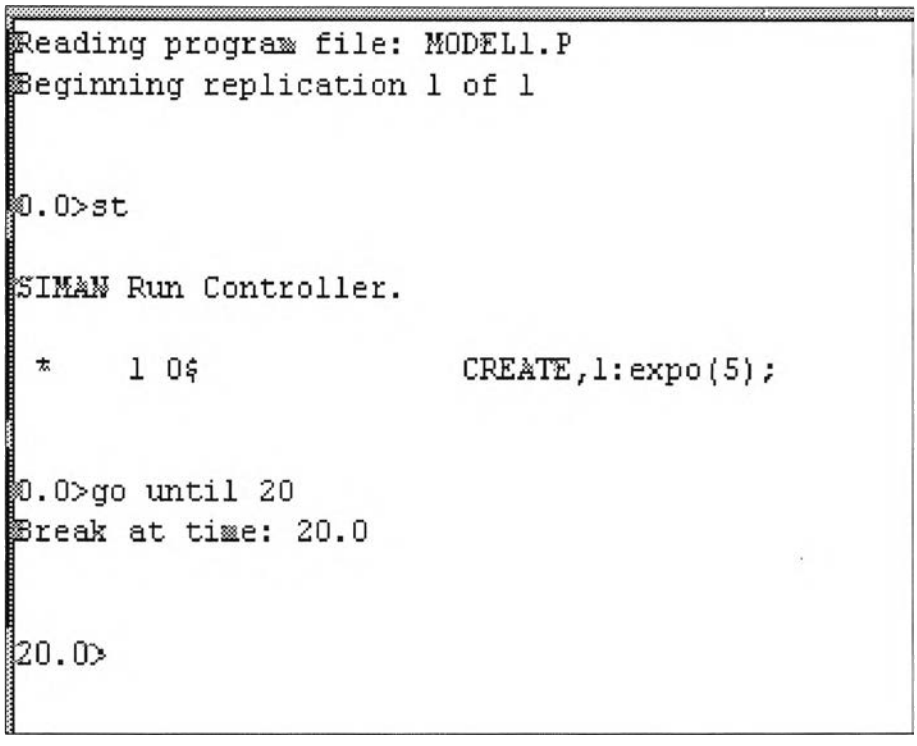
3.10 การทดสอบความถูกต้อง

Verification คือ กระบวนการของการหาว่าแบบจำลองทำงานอย่างไร พยายามหาสิ่งที่ผิดพลาดในแบบจำลอง อาจจะหมายถึงการดีบัก แบบจำลองก็ได้

Validation คือ กระบวนการของการเข้าถึงระดับความเชื่อมั่นของแบบจำลอง ว่าแบบจำลองถูกต้องใกล้เคียงระบบงานจริง

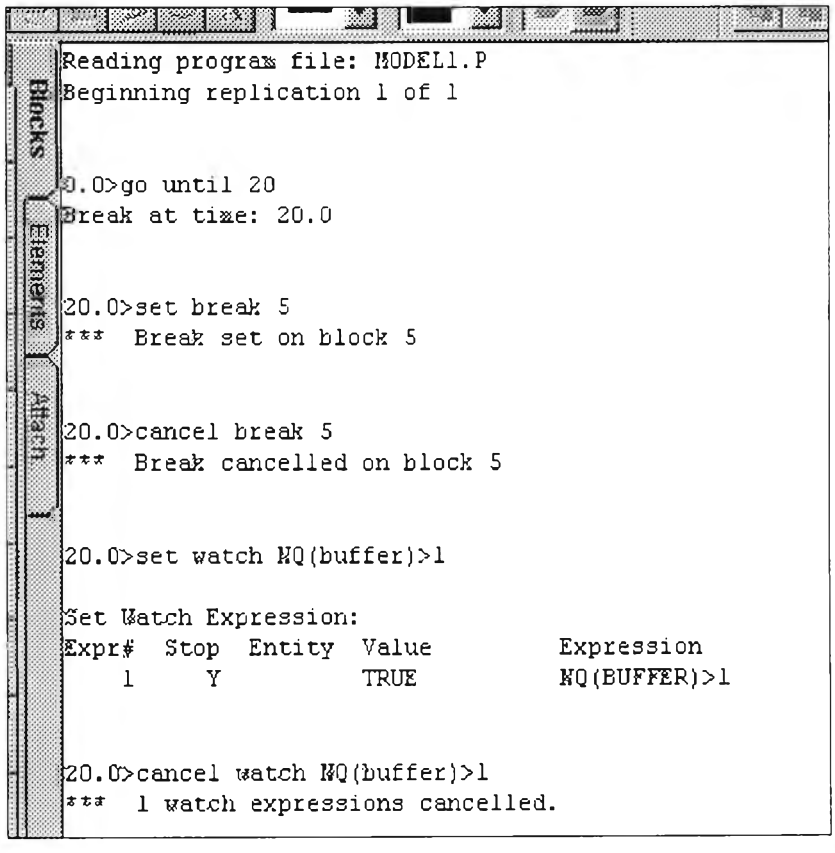
3.10.1 Verification ในโปรแกรม SIMAN โดยมีคำสั่งสำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง ได้แก่

- Step และ Go คำสั่ง Step จะแสดงกิจกรรมของ Entity ที่คำนวณในปัจจุบัน เคลื่อนที่ผ่าน 1 block แต่ถ้าต้องการตรวจสอบบางช่วงของเวลา เราสามารถข้ามไปตรวจสอบที่เวลาที่ต้องการได้ โดยใช้คำสั่ง Go Until ตามด้วยเวลาที่ต้องการจะหยุด แต่ถ้าจะให้ทำการทดลองลองไปเรื่อยๆ ก็ใช้คำสั่ง Go เท่านั้น รูปที่ 3.13 แสดงตัวอย่างการใช้คำสั่ง

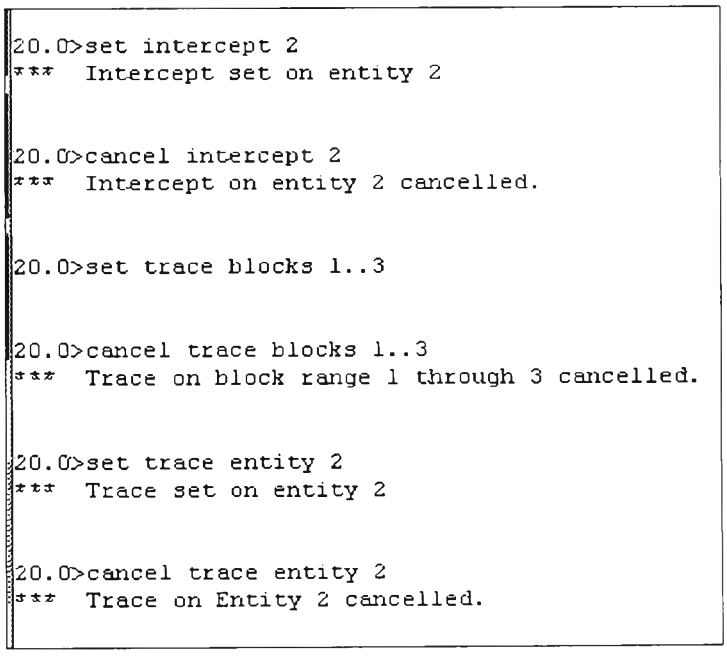


รูปที่ 3.13 ตัวอย่างการใช้คำสั่ง GO และ Until

- Set และ Cancel Command คำสั่ง Set เป็นการกำหนดให้โปรแกรมทำตามเงื่อนไขที่เราต้องการ และคำสั่ง Cancel เป็นคำสั่งเพื่อยกเลิกคำสั่ง Set ที่กำหนดไปแล้ว การใช้คำสั่ง Set มีดังนี้ (รูปที่ 3.14 และ 3.15)
    1) Set Break ใช้สำหรับกำหนดจุดหยุดชั่วคราว ที่ Block ที่กำหนด โดยอาจกำหนดเป็นเลขที่ Block หรือ ซึ่ง Block ก็ได้การ Cancel Break ทำได้เช่นเดียวกับ Set Break จำเป็นต้องกำหนด Block ที่ต้องการยกเลิก
    2) Set Watch ใช้สำหรับตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรหรือ เงื่อนไขต่างๆ โปรแกรมจะหยุดเมื่อเงื่อนไขที่กำหนดมีค่าเปลี่ยนไป หากยกเลิกก็ใช้ Cancel Watch เช่นเดียวกัน
    3) Set Intercept Command ใช้สำหรับให้หยุดเมื่อมี Entity ที่ Set Intercept ไว้เข้ามาสู่การคำนวณ ใช้โดยตามด้วยเลขที่ Entity ที่ต้องการให้(หยุด)ตรวจสอบ ส่วนการยกเลิกทำโดย cancel intercept
    4) Set Trace Block สำหรับแสดงข้อมูลกิจกรรมคล้าย Step ซึ่งจะกำหนดให้แสดงบน block ที่กำหนดโดยกำหนดเลขที่ block เช่นเดียวกัน
    5) Set Trace Entity สำหรับแสดงข้อมูลโดยการกำหนดให้แสดงเฉพาะ Entity ที่กำหนด

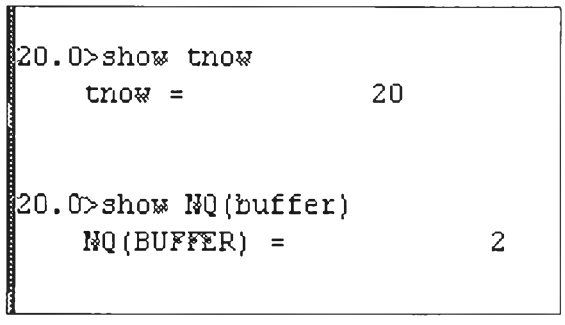


รูปที่ 3.14 ตัวอย่างการใช้คำสั่ง Set Break และ Set Watch



รูปที่ 3.15 ตัวอย่างการใช้คำสั่ง Set Intercept และ Set Trace

- Show Command เป็นคำสั่งให้แสดงค่าตัวแปรหรือ Attribute หรือเงื่อนไข ณ เวลานั้นๆ รูปที่ 3.16 แสดงตัวอย่างการใช้คำสั่ง Show



รูปที่ 3.16 ตัวอย่างการใช้คำสั่ง Show

- TRACE Element ต่างจากคำสั่งเนื่องจากเรากำหนดลงไปใน Experiment frame โดยจะใช้สำหรับแสดงการทำงานของโปรแกรมทีละขั้นตอน โดยเรียงตาม Entity และ เวลา นอกจากนั้นยังสามารถกำหนดให้แสดงเฉพาะช่วงที่เงื่อนไขที่กำหนดได้อีกด้วย เพื่อตรวจสอบเฉพาะที่ต้องการ และสามารถกำหนดให้แสดงค่าเงื่อนไข หรือตัวแปรที่ต้องการได้

3.10.2 การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง (Validation)

การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง เป็นกระบวนการเพิ่มระดับความมั่นใจในการยอมรับแบบจำลองของผู้ใช้งาน ว่าแบบจำลองทำงานได้ถูกต้องตามระบบงานจริง ซึ่งการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง เกี่ยวกับ 3 ส่วนดังนี้

1. แบบจำลองเพียงพอที่จะสามารถเป็นแทนของระบบงานจริงได้ เป็นการทดสอบโครงสร้างของแบบจำลอง ลักษณะหน้าที่ การทำงาน การดำเนินการต่างๆ สะท้อนถึงลักษณะของระบบงานจริง ซึ่งงานวิจัยฉบับนี้ได้สร้างแบบจำลองที่แสดงถึงการทำงานจริงอย่างมีเหตุมีผล และเหมาะสม รายละเอียดในการสร้างแบบจำลองอยู่ในหัวข้อที่ 3.5 การสร้างแบบจำลอง
2. แบบจำลองสร้างข้อมูลที่มีลักษณะของระบบงานจริง เป็นการสร้างความเชื่อมั่นว่าข้อมูลที่จะนำไปใช้ในแบบจำลอง มีลักษณะของข้อมูลเหมือนกับระบบงานจริง ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลจะอธิบายรายละเอียดในบทที่ 4
3. ระดับความเชื่อมั่นในการยอมรับของผลลัพธ์ของแบบจำลองอยู่ในระดับที่เพียงพอ เป็นการทดสอบผลลัพธ์ของแบบจำลอง โดยการเทียบกับระบบงานจริง เพื่อเป็นการแสดงถึงระดับความเชื่อมั่นในการยอมรับของแบบจำลอง ซึ่งการทดสอบจะอธิบายรายละเอียดในบทที่ 5

การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง เพื่อแสดงระดับความมั่นใจในการยอมรับแบบจำลองว่าสามารถแสดงเป็นตัวแทนของระบบงานจริงได้เพียงใด โดยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะใช้การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยสองประชากรแบบจับคู่ และการทดสอบความแปรปรวนของสองประชากร ในรายละเอียดของการตรวจสอบจะอธิบายในบทที่ 5

3.11 การวางแผนการการทดลองขั้นสุดท้าย

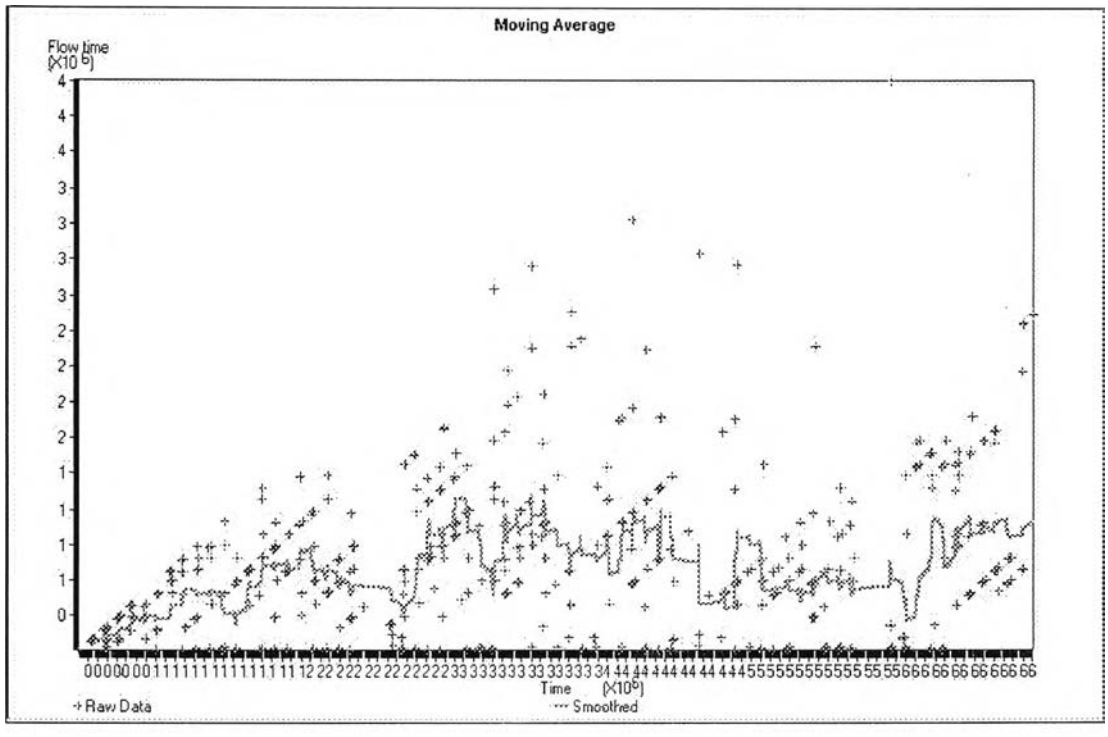
การผลิตของกรณีศึกษา ถือว่าเป็นแบบของ Non-Terminating System ซึ่งถ้าเป็น Non-Terminating โดยปกติแล้วเราจะสนใจลักษณะของระบบในช่วงสภาวะคงตัว ซึ่งขณะเริ่มต้นแบบจำลอง เงื่อนไขเริ่มต้นจะไม่เหมือนระบบงานจริง คือ เริ่มต้นในแบบจำลองจะไม่มีงานค้างอยู่ในแบบจำลอง ซึ่งในระบบงานจริงจะไม่เป็นเช่นนั้น จึงจำเป็นที่จะศึกษาในช่วงสภาวะคงตัว โดยวิธีการที่จะจัดการเกี่ยวกับปัญหานี้ ได้แก่

1. ลดช่วงไม่คงตัวโดยการเลือกเงื่อนไขเริ่มต้นให้ใกล้เคียงกับระบบงานจริง
2. ตัดช่วงไม่คงตัวโดยศึกษาเฉพาะช่วงที่เข้าสู่สภาวะคงตัว
3. ทำการทดลองในระยะเวลายาวนานเพียงพอให้ข้อมูลในช่วงสภาวะคงตัวมากจนข่มข้อมูลช่วงสภาวะไม่คงตัวหมด

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเลือกใช้วิธีที่สอง คือ ตัดช่วงที่เป็นสภาวะไม่คงตัวทิ้ง เพราะว่าเราไม่สามารถเลือกเงื่อนไขเริ่มต้นให้ใกล้เคียงระบบงานจริงอย่างมั่นใจได้ และก็ไม่ได้มีข้อมูลมากพอ จนสามารถทำการทดลองนานจนสภาวะคงตัวข่มสภาวะไม่คงตัว

การเลือกตัดสภาวะไม่คงตัวจะใช้วิธีการพิจารณาค่าของเวลาของงานที่อยู่ในระบบ (Flow Time) โดยใช้วิธีการที่ง่าย และสามารถปฏิบัติได้ สำหรับการเลือกช่วงสภาวะไม่คงตัวโดยทำการทดลองเบื้องต้นนำข้อมูล Flow Time มาหาวาดกราฟ Moving Average ซึ่งกราฟ Moving Average คือ การคำนวณค่าเฉลี่ยของ K ข้อมูลในแต่ละข้อมูล โดยเมื่อมีข้อมูลใหม่ๆ เข้ามา จะตัดข้อมูลตัวหลังสุดทิ้งไป ถ้าเรายิ่งเพิ่มค่า K จะยิ่งให้กราฟที่ได้จะเรียบมากยิ่งขึ้น

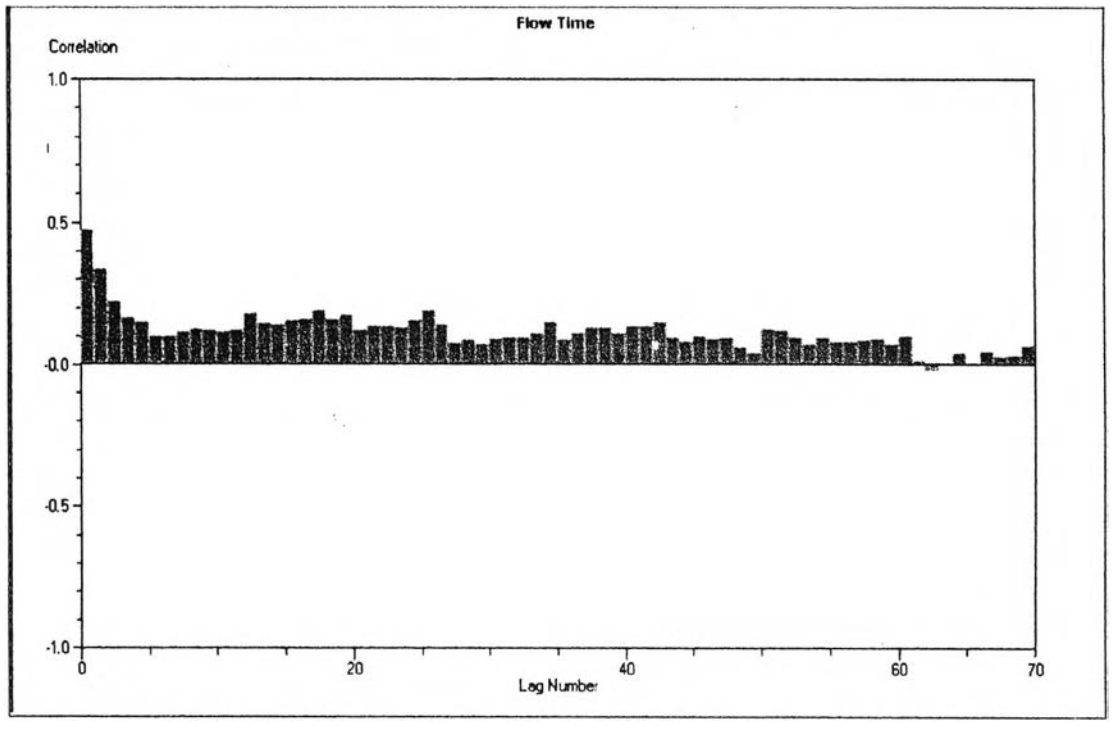
เริ่มต้นทำการทดลอง 1 รอบ เป็นเวลา $7*10^6$ วินาที แล้วนำข้อมูล Flow Time มาสร้างกราฟ Moving Average โดยใช้ค่า K=20 ดังรูปที่ 3.17 จากกราฟนำมาพิจารณา ช่วงที่กราฟค่อนข้างคงที่ จากกราฟพบว่าประมาณ 10^6 วินาที จึงกำหนดช่วงสภาวะแปรเปลี่ยน (Transient) ที่เวลา10^6 วินาที



รูปที่ 3.17 กราฟ Moving Average ที่ K=20

นอกจากนั้นการคำนวณค่าเฉลี่ยค่าดัชนีวัดประสิทธิภาพต่างๆ จะคำนวณเป็นช่วงเวลา (Batch) ดังนั้นจึงต้องคำนึงถึงความเป็นอิสระของข้อมูล จึงต้องพิจารณาว่าต้องมีขนาดของข้อมูลประมาณเท่าใดจึงจะเพียงพอที่จะ ถือว่าข้อมูลที่ได้เป็นอิสระแก่กัน โดยพิจารณาจากกราฟ Correlogram ดังรูปที่ 3.18 จากกฎของการใช้หัวแม่มือ (Rule Of Thumb) พบว่าจำนวนข้อมูลที่เหมาะสมจะมีค่าประมาณ 10 เท่าของจำนวน Lag ที่ทำให้ข้อมูลสองชุดเป็นอิสระแก่กัน ซึ่งจำนวน Lag จะหาได้จากกราฟโดยพิจารณาช่วงที่ค่า Correlogram ใกล้ศูนย์ ในการทดลองนี้ได้จำนวน Lag ประมาณ 60 ดังนั้นจำนวนข้อมูลต่อหนึ่งรอบการทดลองควรจะไม่น้อยกว่า 600 ข้อมูล ซึ่งถือการทดลองหนึ่งหลังจากคัดช่วงสภาวะแปรเปลี่ยนแล้ว ได้จำนวนข้อมูลมากกว่า 600 ข้อมูล จึงเพียงพอที่จะถือว่าเป็นอิสระแก่กัน

จากการทำการทดลองเบื้องต้นหนึ่งรอบ สามารถกำหนดช่วงสภาวะแปรเปลี่ยนจึงทำการทดลองใหม่สามรอบเพื่อประมาณค่า Mean Flow Time แบบช่วงได้ด้วยขนาดของช่วงความกว้างครึ่งหนึ่งไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย (h=2.21เปอร์เซ็นต์) จึงกำหนดให้ทำการทดลองในแต่ละปัจจัย ปัจจัยละสามรอบๆละ $7*10^6$ วินาที จนครบทุกปัจจัย โดยตัดช่วงสภาวะแปรเปลี่ยนทุกรอบการทดลอง



รูปที่ 3.18 กราฟ Correlogram ของ Flow Time

3.12 การดำเนินการทดลอง

เป็นการทดลองให้โปรแกรมทำการคำนวณ (Run) ให้ได้ผลลัพธ์ต่างๆ และผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง สำหรับนำไปวิเคราะห์ต่อไป

3.13 การตีความผลการทดลอง

เป็นการนำผลลัพธ์มาวิเคราะห์ และทำการตีความผลลัพธ์ ซึ่งโดยรายละเอียดจะอธิบายในบทที่ 6

3.14 การจัดทำเอกสารการใช้งาน

เป็นการบันทึกการทำแบบจำลอง โครงสร้างของแบบจำลอง วิธีการใช้ ผลที่ได้จากการใช้งาน เพื่อประโยชน์ในการนำไปใช้งาน และการพัฒนาแบบจำลองต่อไป ทั้งนี้การจัดทำเอกสารสำหรับการจำลองแบบปัญหานี้ จะถูกรวบรวมอยู่ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

3.15 สรุป

การสร้างแบบจำลองในงานวิจัยฉบับนี้จะใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการจำลองแบบปัญหา โดยใช้โปรแกรมชื่อ SIMAN ทำการจำลองแบบปัญหาเพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของปัจจัยกฎการจัดลำดับต่อดัชนีวัดประสิทธิภาพที่กำหนด เพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิต

เมื่อสร้างแบบจำลองแล้วทำการวางแผนการทดลองเบื้องต้น ซึ่งเป็นการกำหนดปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง ดัชนีวัดประสิทธิภาพ และลักษณะโครงสร้างของแบบจำลอง หลังจากนั้นจะออกแบบการทดลองขั้นสุดท้าย โดยทำการทดลองเบื้องต้น เพื่อหาสภาวะคงตัว เพื่อทำการทดลองบนสภาวะคงตัว ระยะเวลาการทดลอง นอกจากนั้นยังต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง ทั้งทางด้าน ข้อมูล โครงสร้างลักษณะการทำงานของแบบจำลอง และความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง ซึ่งจะกล่าวเพิ่มเติมในบทที่ 4 และ 5

จากนั้นจะทำการทดลองโดยการเปลี่ยนปัจจัยกฎการจัดลำดับ โดยทำการทดลองสามรอบ รอบละ $7*10^{6}$ วินาที ทำการเก็บข้อมูลเฉพาะช่วงสภาวะคงตัว จากนั้นนำผลการทดลองไปวิเคราะห์ สรุปผลการทดลอง และจัดทำเป็นเอกสาร