บทที่ 3

การออกแบบผลิตภัณฑ์

ในการออกแบบแม่พิมพ์พลาสติกแบบฉีด ต้องเริ่มมาจากการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ ก่อนที่จะนำแบบของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการไปออกแบบแม่พิมพ์สำหรับฉีดต่อไป

ในการออกแบบผลิตภัณฑ์นั้น ในอดีตผู้ออกแบบจะออกแบบในกระดาษ (Drawing) จากนั้นจึงนำแบบที่ได้ไปใช้เครื่องกัด (Milling Machine) หรือเครื่องมืออื่น ๆ ในการขึ้นรูปแม่พิมพ์ ส่วนพื้นผิวที่มีความซับซ้อนมากขึ้น อาจจะออกแบบโดยการทำแบบจำลองของพื้นผิวนั้นขึ้นมาก่อนจากวัสดุบางอย่างที่ง่ายต่อการขึ้นรูป แล้วจึงใช้เครื่องกัดลอกแบบทำการลอกแบบในการทำส่วนคอร์ (Core) หรือเบ้า (Cavity) ของแม่พิมพ์ที่มีผิวซับซ้อนต่อไป ต่อมาเมื่อโปรแกรมทางด้าน CAD ได้มีการพัฒนามากขึ้น จึงได้มีการนำโปรแกรมทางด้าน CAD เข้ามาช่วยในการออกแบบผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ รวมทั้งผลิตภัณฑ์พลาสติกด้วย โดยผู้ออกแบบสามารถออกแบบในคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรมซอฟท์แวร์ที่ช่วยในการออกแบบ (CAD) ซึ่งจะมีฟังก์ชันในการสร้างเส้นตรง เส้นโค้ง พื้นผิว รวมทั้งรูปทรงทางเรขาคณิตอื่น ๆ ซึ่งจะช่วยผู้ออกแบบในการออกแบบผลิตภัณฑ์ ในการใช้โปรแกรมทางด้าน CAD ในการออกแบบผลิตภัณฑ์นี้ นอกจากจะช่วยทำให้การออกแบบง่ายขึ้น เร็วขึ้น และออกแบบรูปทรงที่ซับซ้อนได้ดีขึ้นแล้ว ยังจะทำให้เราสามารถมีฐานข้อมูลของผลิตภัณฑ์ของเราเพื่อใช้ในขั้นตอนขบวนการผลิต การวิเคราะห์ทางวิศวกรรม หรือขั้นตอนอื่น ๆ ต่อไป

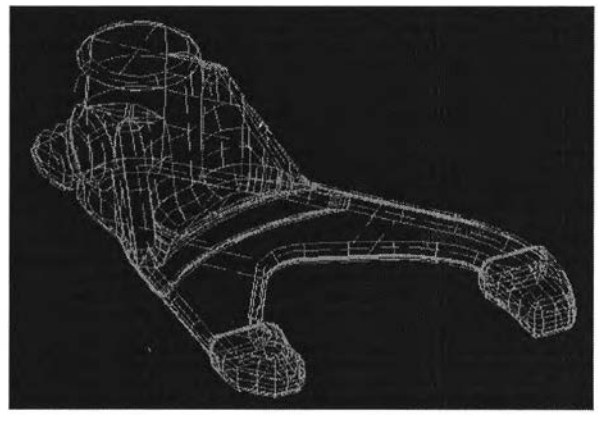
การออกแบบผลิตภัณฑ์โดยใช้โปรแกรมทางด้าน CAD อาจแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

1. Forward Engineering
2. Reverse Engineering

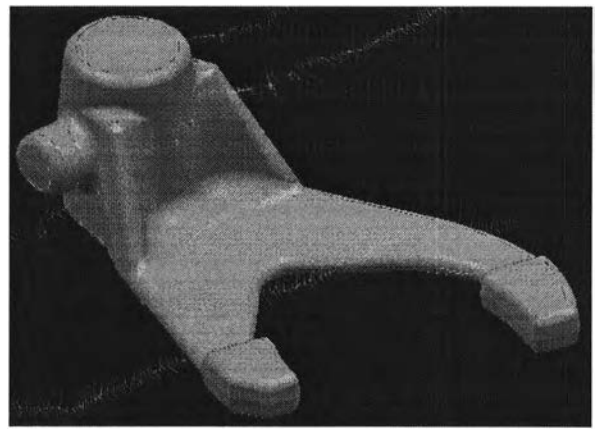
Forward Engineering

การออกแบบชิ้นงานในการแม่พิมพ์พลาสติกแบบฉีดโดยมีโปรแกรมซอฟท์แวร์ทางด้าน CAD (ในที่นี้ คือ CATIA) ช่วยนั้น ผู้ออกแบบจะออกแบบจากข้อกำหนดทางเรขาคณิตของชิ้น

งานนั้น ๆ เช่น ค่ารัศมีความโค้งบางส่วนของชิ้นงานนั้นที่จะไปประกอบกับชิ้นงานอื่น เป็นต้น หรือจากแบบ Drawing จากลูกค้าที่สั่งทำแม่พิมพ์ โดยจะใช้ฟังก์ชันต่าง ๆ ที่โปรแกรมด้าน CAD นั้น ๆ มีให้สร้างจนได้เป็นแบบจำลอง (Model) ที่สมบูรณ์ของชิ้นงานนั้น ๆ ดังตัวอย่างที่แสดงไว้ในรูปที่ 3.1



(ก)



(ข)

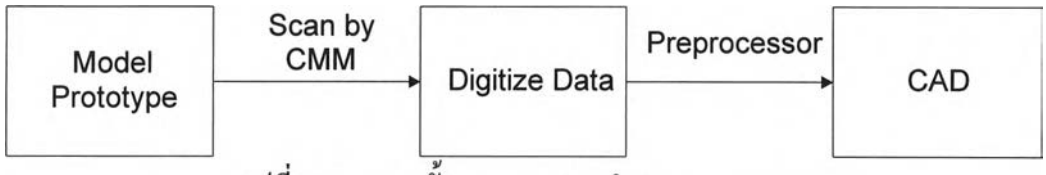
รูปที่ 3.1 แสดงแบบจำลอง (Model) ของก้านเปลี่ยนเกียร์ของมอเตอร์ไซด์ที่สร้างขึ้นจากโปรแกรม CATIA โดยภาพ (ก) แสดงให้เห็นถึงเส้นโครง (wireframe) ของพื้นผิว
(ข) แสดงให้เห็นถึงลักษณะพื้นผิวที่ได้

โดยในโครงการวิทยานิพนธ์ผู้วิจัยได้มีการติดต่อกับภาคอุตสาหกรรมเพื่อทดลองสร้างแบบจำลองของก้านเปลี่ยนเกียร์ของรถจักรยานยนต์ในแบบต่าง ๆ จำนวน 6 ชิ้น เพื่อที่จะได้ทราบวิธีการและปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในการออกแบบผลิตภัณฑ์ในลักษณะ Forward Engineering โดยแบบจำลองในรูปที่ 3.1 เป็นหนึ่งในชิ้นงานที่ได้ออกแบบไป ลักษณะของชิ้นงานที่สร้างนี้คือเป็นชิ้น

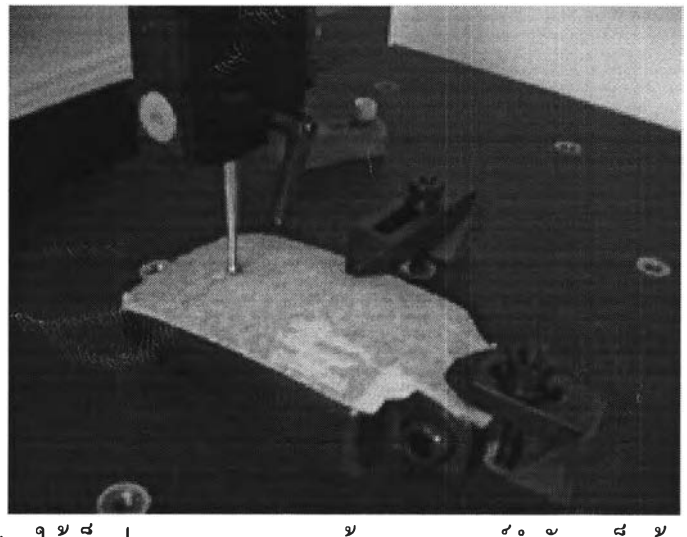
งานที่มีพื้นผิวสลับซับซ้อน โดยมีผิวโค้งที่ค่าความโค้งต่างกันมาต่อกันโดยต้องการให้ผิวโค้งนั้นมีความต่อเนื่องกันเมื่อนำไปผลิต

Reverse Engineering

การออกแบบในลักษณะ Reverse Engineering นี้ ผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์สามารถสร้างรูปร่างต้นแบบ (Model prototype) แล้ววัดค่าพิกัดของพื้นผิวของรูปร่างต้นแบบเครื่องวัดพิกัด 3 มิติ หรือ Coordinate measuring machine (CMM) แล้วนำข้อมูลที่ได้เข้าสู่ระบบ CAD ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แสดงขั้นตอนของการทำ Reverse Engineering



รูปที่ 3.3 แสดงให้เห็นฝาครอบกระจกมองข้างของรถยนต์กำลังถูกเก็บข้อมูลของพื้นผิวด้วยเครื่องวัดพิกัด 3 มิติ

จากรูปที่ 3.3 จะแสดงภาพของฝาครอบกระจกมองข้างของรถยนต์กำลังถูกเครื่องวัดพิกัด 3 มิติ (CMM) เก็บข้อมูล 3 มิติของพื้นผิว โดยผู้ปฏิบัติงานจะใช้หัวบอลของเครื่องวัดพิกัด 3 มิติสัมผัสไปกับผิวของชิ้นงาน โดยเก็บข้อมูลทีละระนาบ (Plane) โดยขณะที่หัวบอลสัมผัสไปกับผิว

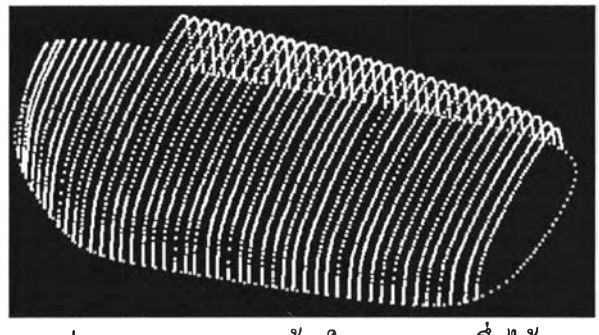
ของชิ้นงาน เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ต่ออยู่กับเครื่องวัดพิกัด 3 มิติจะทำการสุ่มเก็บค่าพิกัด (Coordinate) ของจุดบนพื้นผิวชิ้นงานเอาไว้ และด้วยจำนวนข้อมูลที่มากเพียงพอ เราสามารถสร้างเส้นโค้งที่ซับซ้อนของระนาบหน้าตัดของพื้นผิวชิ้นงานได้ และเมื่อนำข้อมูลของจุดพิกัดของแต่ละระนาบมารวมกันจนมีข้อมูลเพียงพอก็จะสามารถสร้างเป็นพื้นผิวที่ซับซ้อนของชิ้นงานได้

ข้อมูลของรูปร่างของชิ้นงานที่เราวัดได้จากเครื่องวัดพิกัด 3 มิติจำเป็นต้องถูกส่งเข้าสู่ระบบ CAD ซึ่งในที่นี้คือ CATIA เพื่อที่จะสร้างเป็นแบบจำลอง (Model) ของชิ้นงานนั้นขึ้นมา ซึ่งในขั้นตอนนี้จำเป็นต้องมีการเขียนโปรแกรมพรีโปรเซสเซอร์ (Pre-processor) เพื่อติดต่อสื่อสารกับโปรแกรม CATIA จุดพิกัดจากเครื่องวัดพิกัด 3 มิติ (Digitized point) จะถูกแปลให้เป็นข้อมูลทางเรขาคณิตของ CATIA ด้วยโปรแกรมพิเศษที่สามารถปฏิบัติงานเข้าถึงการสร้างรูปทรงทางเรขาคณิตในระบบ CAD ได้

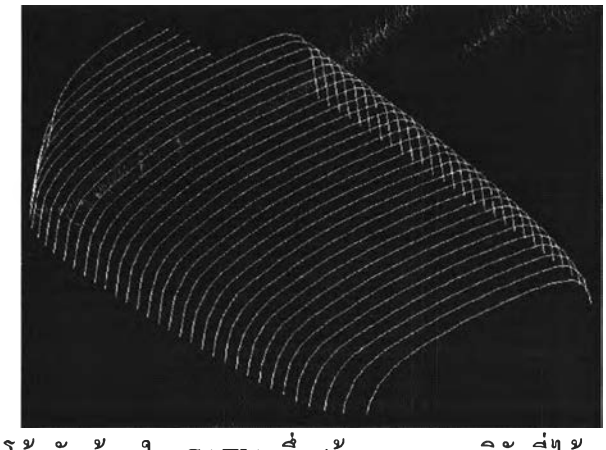
ซึ่งเราได้ทำการทดลองใช้เครื่องวัดพิกัด 3 มิติทำการเก็บข้อมูลของจุดพิกัดของฝาครอบกระจกมองข้างดังที่แสดงไปแล้วในรูปที่ 3.3 โดยจากข้อมูลของจุดพิกัดที่ได้จากการวัดของเครื่องวัดพิกัด 3 มิติ (CMM) เราได้ใช้โปรแกรมพรีโปรเซสเซอร์ที่ได้พัฒนาขึ้นในงานวิจัยครั้งนี้ คือ โปรแกรม MKPT อ่านข้อมูลของจุดพิกัดไปทำการสร้างจุดตามข้อมูลของจุดพิกัดใน CATIA จากจุดที่ได้ในแต่ละระนาบใช้คำสั่งสร้างเส้นโค้งในโปรแกรม CATIA ทำการสร้างเส้นโค้งที่ผ่านจุดเหล่านั้นดังที่แสดงในรูปที่ 3.5 จากเส้นโค้งที่ได้เราสามารถใช้ฟังก์ชันในการสร้างพื้นผิวใน CATIA สร้างเป็นพื้นผิวของชิ้นงานที่เราต้องการได้ดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 3.6 แต่การสร้างพื้นผิวที่มีความซับซ้อนมากจะทำให้จำนวนจุดพิกัดที่จะพอเพียงต่อการสร้างพื้นผิวต้องใช้จุดจำนวนมาก ซึ่งการสร้างพื้นผิวตามวิธีที่กล่าวไว้ข้างต้นจะทำได้ยุ่งยาก ดังนั้นเราจึงได้ทำการพัฒนาโปรแกรมพรีโปรเซสเซอร์ที่สามารถแปลงจากข้อมูลพิกัด (Coordinate) ของจุดบนพื้นผิวที่ต้องการสร้างเป็นแบบจำลอง (model) ของพื้นผิวใน CATIA โดยตรง คือ โปรแกรม MKSUR โดยเราได้ทดลองใช้โปรแกรมดังกล่าวอ่านข้อมูลของจุดพิกัดของชิ้นงานต้นแบบรูปหน้าคนเข้ามาสร้างเป็นแบบจำลองพื้นผิวรูปหน้าคนในโปรแกรม CATIA ดังในรูปที่ 3.7 ถึง 3.9

นอกจากนี้การใช้ CAD ช่วยในการออกแบบผลิตภัณฑ์ในลักษณะ Reverse Engineering ยังมีประโยชน์ในการปรับแต่งหรือเปลี่ยนแปลงพื้นผิวของชิ้นงานที่เราได้เก็บข้อมูลของค่าพิกัดของจุดบนพื้นผิวนั้นได้ ดังจะแสดงให้เห็น ในรูปที่ 3.10 ถึง 3.13 โดยรูปที่ 3.10 แสดงให้เห็นถึงรูปร่างต้นแบบที่จะทำการเก็บข้อมูลค่าพิกัดของจุดบนพื้นผิวด้านบน รูปที่ 3.11 แสดงจุดบนพื้นผิวด้านบนที่ได้จากข้อมูลค่าพิกัดของจุด ซึ่งจะเห็นได้ว่าในบริเวณตรงกลางด้านหน้าจะมีจุดที่นูนขึ้น

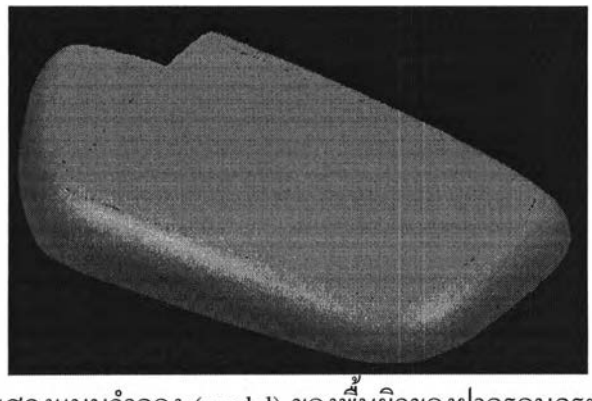
มาอันเนื่องมาจากพื้นผิวต้นแบบ ถ้าเราต้องการพื้นผิวของแบบจำลอง (model) เป็นพื้นผิวเรียบเราก็สามารถใช้ฟังก์ชันใน CATIA ปรับปรุงจุดเหล่านั้นให้มีความเรียบได้ดังแสดงในรูปที่ 3.12 ซึ่งเมื่อทำการสร้างพื้นผิวก็จะได้พื้นผิวดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.4 แสดงจุดของฝาครอบกระจกมองข้างใน CATIA ซึ่งได้จากเครื่องวัดพิกัด 3 มิติ

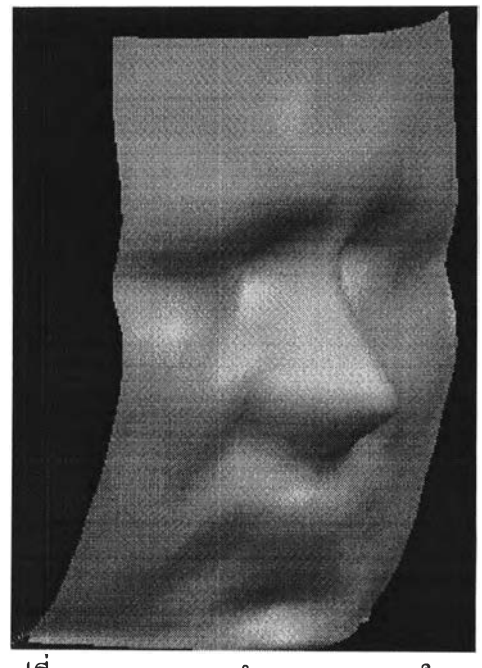


รูปที่ 3.5 แสดงเส้นโค้งซับซ้อนใน CATIA ซึ่งสร้างมาจากจุดพิกัดที่ได้จากเครื่องวัดพิกัด 3 มิติ

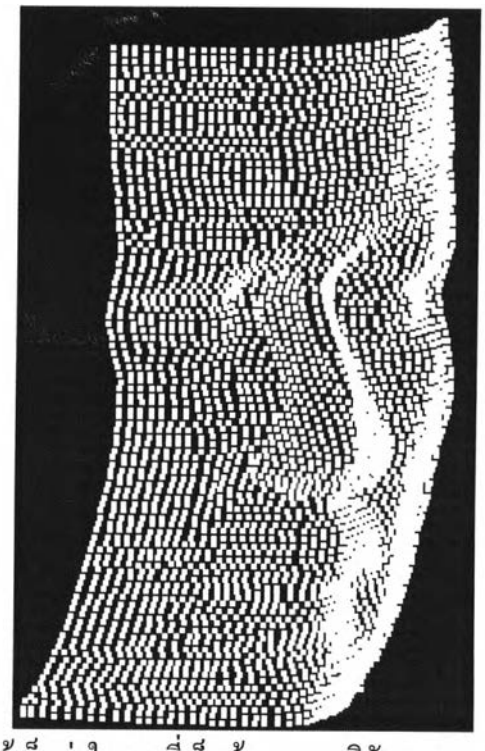


รูปที่ 3.6 แสดงแบบจำลอง (model) ของพื้นผิวของฝาครอบกระจกมองข้าง
ที่สร้างขึ้นจากเส้นโค้งที่สร้างจากจุดที่วัดได้จากเครื่องวัดพิกัด 3 มิติ

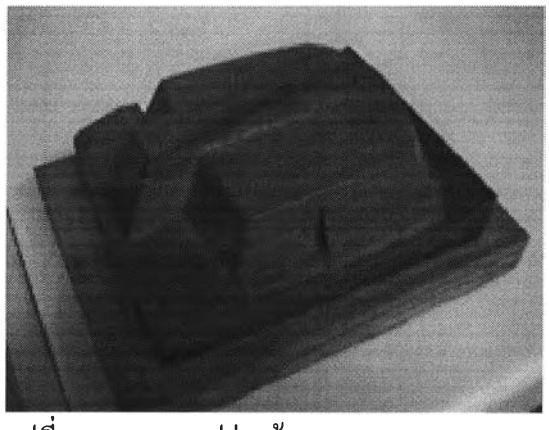
รูปที่ 3.7 แสดงไม้รูปหน้าคนที่มีพื้นผิวซับซ้อน



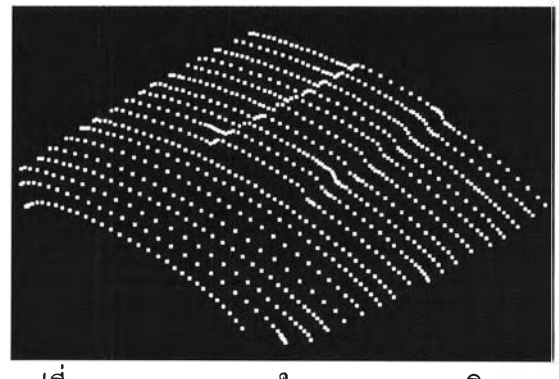
รูปที่ 3.8 แสดงแบบจำลอง (model) ใน CATIA



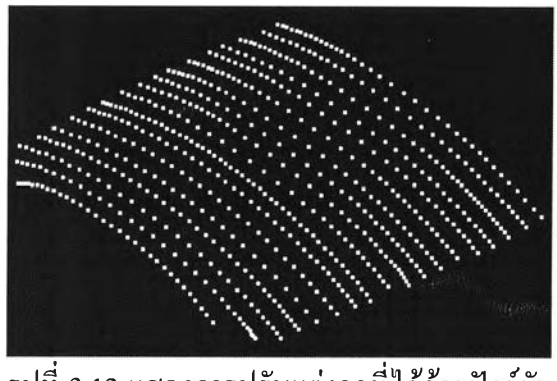
รูปที่ 3.9 แสดงให้เห็นว่าในการที่เก็บข้อมูลของพิกัดของจุดของพื้นผิวซับซ้อน จะต้องเก็บข้อมูลจำนวนมาก



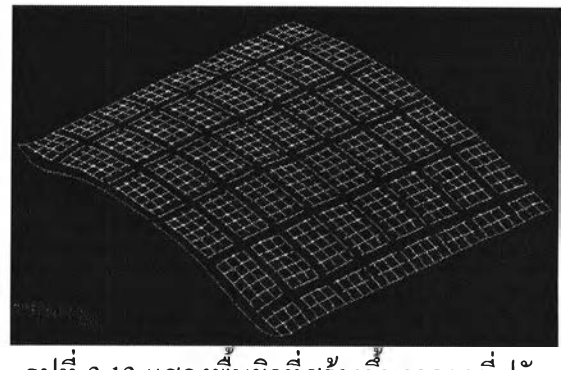
รูปที่ 3.10 แสดงรูปร่างต้นแบบ (Prototype) ของฝาครอบเครื่องยนต์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลพิกัดของผิวด้านบน



รูปที่ 3.11 แสดงจุดภายใน CATIA ของผิวด้านบนที่เก็บข้อมูลของพิกัดด้วยเครื่องวัดพิกัด 3 มิติ (CMM)



รูปที่ 3.12 แสดงการปรับแต่งจุดที่ได้ด้วยฟังก์ชันใน CATIA



รูปที่ 3.13 แสดงพื้นผิวที่สร้างขึ้นจากจุดที่ปรับแต่งแล้ว

โปรแกรมพรีโปรเซสเซอร์

โปรแกรมพรีโปรเซสเซอร์เป็นโปรแกรมที่นำข้อมูลค่าพิกัดที่ได้จากการเก็บข้อมูลของเครื่องวัดพิกัด 3 มิติเข้าสู่การสร้างรูปทรงทางเรขาคณิต เช่น จุด, เส้นตรง, เส้นโค้ง และพื้นผิว ในโปรแกรมทางด้าน CAD ซึ่งในที่นี้คือ CATIA โดยการทำวิจัยครั้งนี้ได้ทำโปรแกรมพรีโปรเซสเซอร์ขึ้นมา 2 โปรแกรม คือ

1.โปรแกรม MKPT เป็นโปรแกรมที่ทำการสร้างจุดในโปรแกรม CATIA

2.โปรแกรม MKSUR เป็นโปรแกรมที่ทำการสร้างเส้นโค้งและพื้นผิวในโปรแกรม CATIA

โดยโปรแกรมทั้งสองจะมีลักษณะการทำงานคล้ายกัน คือ จะมีการอ่านข้อมูลและเข้าไปเรียกใช้คำสั่งในโปรแกรม CATIA เพื่อสร้างรูปทรงทางเรขาคณิตในโปรแกรม CATIA โดยโปรแกรมทั้งสองเขียนขึ้นด้วยภาษา Fortran โดยภายในตัวโปรแกรมจะมีการเรียกใช้งาน Subprograms ของโปรแกรม CATIA ที่ใช้สำหรับทำตามคำสั่งในโปรแกรม CATIA เช่น GLOGON เป็นต้น ดังนั้นในการ Compile โปรแกรมทั้งสองนี้จึงจำเป็นต้อง Compile ด้วย Fortran Compiler ที่อยู่ในเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีโปรแกรม CATIA อยู่ เพื่อที่ในเวลา Compile โปรแกรมทั้งสองจะได้สามารถตรวจสอบ Subprograms ของโปรแกรม CATIA ได้ นอกจากนี้เวลาเรียกใช้โปรแกรมทั้งสองนี้จะต้องเรียกใช้ภายใต้ User และ Directory ที่สามารถเรียกใช้โปรแกรม CATIA ได้ เพราะ Subprograms ทั้งหลายในทั้งสองโปรแกรมจะทำงานเหมือนคำสั่งในโปรแกรม CATIA เลย

การออกแบบโปรแกรม MKPT

การออกแบบมีขั้นตอนโดยสรุป คือ

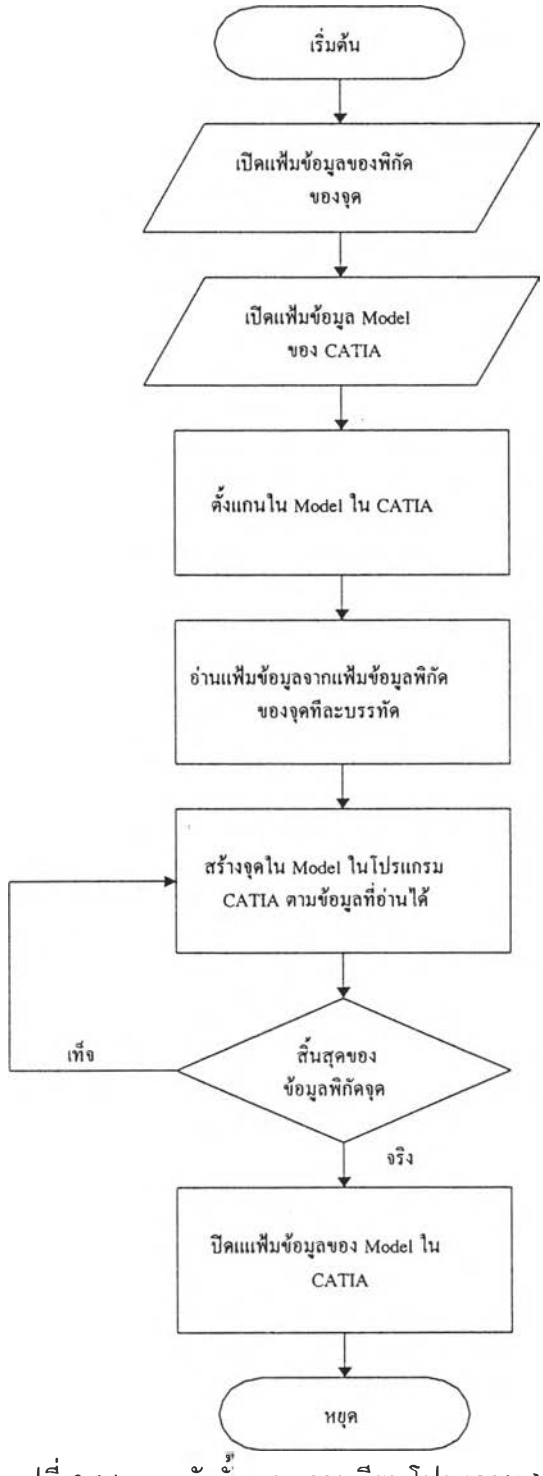
1. เปิดแฟ้มข้อมูลของพิกัดของจุดบนพื้นผิวที่เก็บข้อมูลมาจากเครื่องวัดพิกัด 3 มิติ

2. เปิดแฟ้มข้อมูลของแบบจำลอง (Model) ใหม่ในโปรแกรม CATIAโดยเรียกใช้ Subprogram : GLOGON , GIFALL , GIMCRW

3. ตั้งแกนในโปรแกรม CATIA โดยเรียใช้ Subprogram : GICAXM

4. ทำการอ่านข้อมูลจากแฟ้มข้อมูลพิกัดของจุดทีละบรรทัดแล้วนำไปสร้างเป็นจุดในโปรแกรม CATIA โดยเรียกใช้ Subprogram : GIWPT

5. ตรวจสอบการการสิ้นสุดของแฟ้มข้อมูลพิกัดของจุด ถ้าข้อมูลยังไม่สิ้นสุดให้ทำตามคำสั่งในข้อ 4. แต่ถ้าข้อมูลสิ้นสุดแล้วให้ทำการปิดแฟ้มข้อมูลของแบบจำลอง (Model) ในโปรแกรม CAITA โดยเรียก Subprogram : GIMWRI



รูปที่ 3.14 แผงผังขั้นตอนการเขียนโปรแกรม MKPT

การออกแบบโปรแกรม MKSUR

การออกแบบมีขั้นตอนโดยสรุป คือ

1. เปิดแฟ้มข้อมูลของแบบจำลอง (Model) ในโปรแกรม CATIA แล้วแต่ว่าต้องการเปิดแฟ้มข้อมูลใหม่หรือเก่า โดยเรียกใช้ Subprogram: GLOGON, GIFALL สำหรับการเข้าสู่โปรแกรม CATIA ถ้าเป็นการเปิดแฟ้มข้อมูลของแบบจำลอง (Model) เก่า จะเรียกใช้ Subprogram : GIMSIZ, GIMREA ในการอ่านแฟ้มข้อมูลเก่า ถ้าเป็นการเปิดแฟ้มข้อมูลของแบบจำลอง (Model) ใหม่ จะเรียกใช้ Subprogram : GIMCRW, GICAXM ในการเปิดแฟ้มข้อมูลใหม่และตั้งแกนใน Model

2. เปิดแฟ้มข้อมูลของพิกัดของจุดบนพื้นผิวที่เก็บข้อมูลมาจากเครื่องวัดพิกัด 3 มิติ

3. อ่านค่าพิกัดของจุดจากแฟ้มข้อมูลค่าพิกัดของจุดทีละบรรทัด และตรวจสอบว่าสิ้นสุดข้อมูลในแต่ละระนาบ (Plane)

4. ทำการสร้างเส้นโค้งจากจุดพิกัดในระนาบนั้น ๆ ถ้าต้องการ โดยเรียกใช้ Subprogram : GCWBCV

5. ทำในลักษณะเดียวกับ ข้อ 3. และ 4. ไปจนกระทั่งหมดแฟ้มข้อมูลของพิกัดของจุด

6. ทำการสร้างพื้นผิวที่ครอบคลุมพิกัดจุดทั้งหมด โดยเรียกใช้ Subprogram : GCWBSF

7. ทำการปิดแฟ้มข้อมูลของแบบจำลอง (Model) ในโปรแกรม CATIA โดยเรียกใช้ Subprogram: GIWWRI

Subprogram ในโปรแกรม CATIA ที่ถูกเรียกใช้ในโปรแกรม MKPT และ MKSUR

Subprogram ในโปรแกรม CATIA ที่ถูกเรียกใช้ในสองโปรแกรมข้างต้นมีดังนี้

1. GLOGON ใช้ในเข้าสู่โปรแกรม CATIA
2. GIFALL ใช้ในการกำหนดตำแหน่งของแฟ้มข้อมูลของแบบจำลอง (Model) ที่จะเปิดในโปรแกรม CATIA
3. GIMCRW ใช้ในสร้างแบบจำลอง (Model) ใหม่ในหน้าต่าง 3 มิติ
4. GICAXM ใช้ในการกำหนดระบบแกนในแบบจำลอง (Model) ใน CATIA
5. GIMSIZ ใช้ในการกำหนดขนาดของแบบจำลอง (Model) ที่จะอ่านจากแฟ้มข้อมูล
6. GIMREA ใช้ในการอ่านแบบจำลอง (Model) ที่เก็บอยู่ในแฟ้มข้อมูล
7. GIMPT ใช้ในการสร้างจุดในแบบจำลอง (Model) ของ CATIA

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

8. GCWBCV ใช้ในการสร้างเส้นโค้ง B-spline curve โดยผ่านจุดที่รับข้อมูลเข้าไป

9. GCWBSF ใช้ในการสร้างพื้นผิว Uniform B-spline surface โดยจะผ่านจุดที่รับข้อมูลเข้าไป

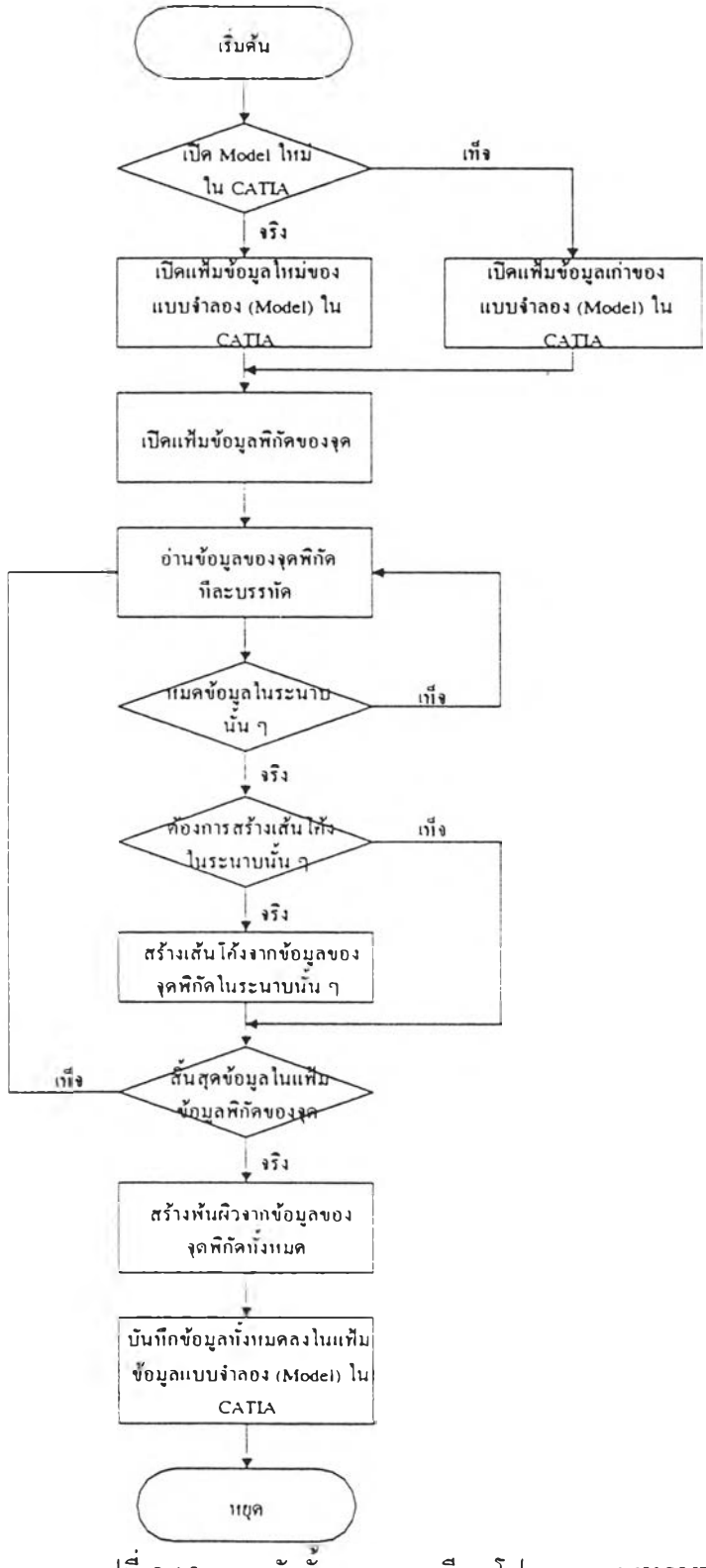
10. GIMWRI ใช้ในการเขียนแบบจำลอง (Model) เก็บเข้าแฟ้มข้อมูล

11. GILERR ใช้ในรายงานข้อผิดพลาด (Error) ที่เกิดขึ้น

รูปแบบของแฟ้มข้อมูลพิกัดจุดที่ได้จากเครื่องวัดพิกัด 3 มิติ

ลักษณะของแฟ้มข้อมูลพิกัดของจุดที่ได้จากการเก็บข้อมูลของเครื่องวัดพิกัด 3 มิติ จะมีลักษณะดังนี้ คือ ค่าพิกัดตำแหน่งของแต่ละจุดจะขึ้นต้นด้วย "A" และตามด้วยค่าพิกัดเอ็กซ์วาย และแซด และการจบข้อมูลในแต่ละระนาบจะจบด้วย "I" และตามด้วยเวกเตอร์บอกทิศทางที่หัวบอลออกจากชิ้นงาน ดังแสดงตัวอย่างไว้ข้างล่าง

```
A      74.4837        23.8331        51.4816
A      74.4839        23.9455        51.5812
A      74.4840        24.1141        51.7386
A      74.4842        24.2676        51.8760
.....
A      74.5034        122.3653       53.0018
A      74.5034        122.1847       53.0935
A      74.5034        122.3364       53.0199
I
l      0.0000         0.0000
p      81.4778        118.1880       102.7789
g      0.0000
```



รูปที่ 3.15 แผนผังขั้นตอนการเขียนโปรแกรม MKSUR