บทที่ 3

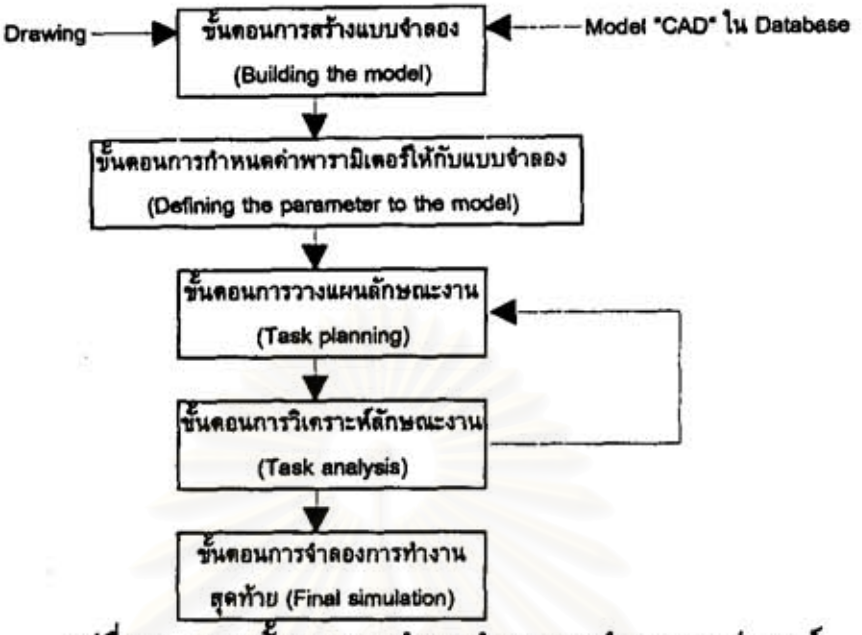
การจำลองการทำงานของหุ่นยนต์ (ROBOT SIMULATION)

ขั้นตอนการทำ Robot Simulation

หลังจากที่ได้กล่าวถึงขั้นตอนการทำ off-line programming แล้ว ในส่วนนี้จะได้อธิบายถึงในส่วนของขั้นตอนการทำ Robot Simulation ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์ วางแผนและจำลองการทำงานของหุ่นยนต์ภายในเซลการทำงานหนึ่งๆบนโปรแกรมทางด้าน CAD โดยขั้นตอนในส่วนแรกจะเริ่มจากการเลือกหุ่นยนต์ และส่วนประกอบต่างๆ ที่ใช้ภายในเซลการทำงาน ก่อนที่จะทำการสร้างแบบจำลอง และกำหนดลักษณะพารามิเตอร์ต่างๆ ให้กับแบบจำลองบนโปรแกรมทางด้าน CAD (ในที่นี้คือ โปรแกรม CATIA) ซึ่งในส่วนของขั้นตอนนี้ การทำงานจริงในโรงงานอุตสาหกรรมโดยทั่วไป จะใช้การดึงแบบจำลองต่างๆจากฐานข้อมูล (database) มาใช้งานแทน ทำให้สามารถประหยัดเวลาจากการสร้างแบบจำลองและเกิดความเที่ยงตรงของลักษณะงาน เนื่องจากข้อมูลหลายๆ อย่างจากแบบจำลองเป็นข้อมูลชุดเดียวกัน เช่น ขนาดและมิติต่างๆ เป็นต้น เมื่อเสร็จสิ้นขั้นตอนการสร้างและกำหนดพารามิเตอร์ต่างๆ แล้ว จึงทำการวิเคราะห์และวางแผนการทำงาน เช่น การตรวจสอบการชนกันระหว่างหุ่นยนต์และเซลการทำงาน การตรวจสอบเส้นทางการเคลื่อนที่ (trajectory path) ในโหมดการเคลื่อนที่ต่างๆ เช่น joint interpolation หรือ linear interpolation การตรวจสอบตำแหน่งซิงกูลาร์ (singular configuration) ที่เกิดขึ้นระหว่างการเคลื่อนที่รวมไปถึงการทำการจำลองการทำงาน (simulation) และการแก้ไขค่าต่างๆที่ได้จากการวิเคราะห์ เพื่อให้ตรงตามจุดประสงค์ของลักษณะการทำงานที่ต้องการมากที่สุด จากนั้นจึงทำการแปลงไฟล์การทำงาน (task file) ที่ได้จากโปรแกรม CATIA ให้เป็นไฟล์เอาต์พุต (output file) ซึ่งเป็นไฟล์รูปแบบที่ตัวควบคุมของหุ่นยนต์เข้าใจ โดยใช้โปรแกรมโพสโพรเซสเซอร์ที่พัฒนาขึ้น ดังจะได้กล่าวรายละเอียดต่อไปในบทที่ 4 และส่งโปรแกรมดังกล่าวไปควบคุมหุ่นยนต์จริงโดยผ่านการสื่อสารอนุกรมต่อไป

ในการวิจัยนี้จะแสดงขั้นตอนและรายละเอียดของการทำการจำลองการทำงานโดยใช้แบบจำลองการทำงานของหุ่นยนต์ Mitsubishi RV-M1 ที่ประกอบอยู่ภายในระบบ MPS (Modular Production System) โดยมีลักษณะการทำงานของหุ่นยนต์เป็นแบบหยิบและวาง รวมถึงการแยกชิ้นงาน ตามลักษณะของข้อมูลการตรวจสอบที่ได้ภายในระบบจำลองการผลิตอัตโนมัติ

ลักษณะการทำการจำลองการทำงานในการวิจัยนี้ สามารถแสดงขั้นตอนได้ ดังต่อไปนี้

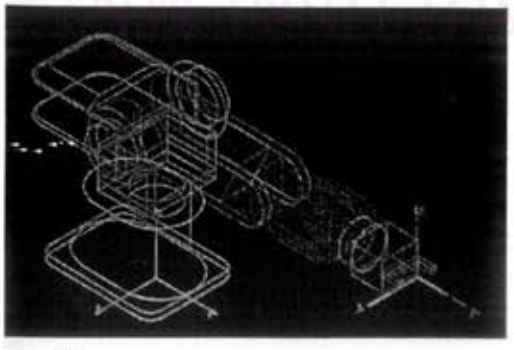


รูปที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการทำการจำลองการทำงานของหุ่นยนต์

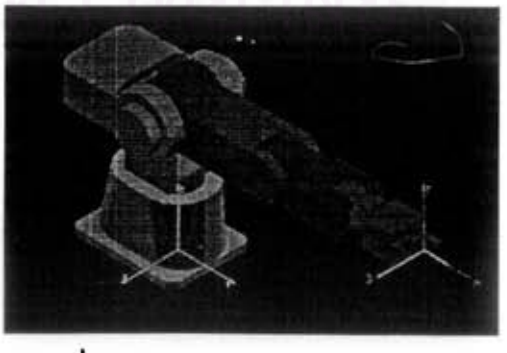
โดยมีรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนต่างๆ ดังต่อไปนี้

3.1) ขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง (Building the Model)

ขั้นตอนนี้จะทำการเขียนแบบจำลองของหุ่นยนต์เข้าไปในโปรแกรม CAD โดย จะใช้คำสั่งเส้นตรง (line) ในการสร้างเส้นตรงเพื่อใช้แทนลักษณะของข้อต่อต่างๆ ที่ต่อกันเป็นหุ่นยนต์ โดยมีความยาวของเส้นตามความยาวของแต่ละลิงค์ของหุ่นยนต์ และใช้คำสั่งสร้างแบบจำลองเป็นชนิดรูปทรงตัน (solid) ในการสร้างรูปทรงทางเรขาคณิตของส่วนประกอบต่างๆ ในแต่ละลิงค์โดยรูปทรงทางเรขาคณิตดังกล่าวอาศัยวิธีการ boolean operation ประเภทต่างๆ เช่น การทำ union , intersect และ substract เป็นต้น ในการแสดงผลจะสามารถแสดงลักษณะของแบบจำลอง ได้ทั้งแบบโครงข่าย (wireframe model) หรือ แบบรูปทรงแรเงา (shading model) ดังแสดงในรูปที่ 3.2 และ 3.3 เพื่อใช้ประโยชน์ในการทดลองทำการจำลองการทำงาน รวมไปถึงวิเคราะห์ลักษณะการทำงานต่างๆ เช่นการทดสอบการชนกันระหว่าง หุ่นยนต์และวัตถุต่างๆ ภายในระบบ เพื่อทำการแก้ไขและปรับปรุงลักษณะงานต่อไป



รูปที่ 3.2 แสดง Graphic แบบ Wireframe



รูปที่ 3.3 แสดง Graphic แบบ Shading

3.2) ขั้นตอนการกำหนดค่าพารามิเตอร์ให้กับแบบจำลอง (Defining the parameter to the model)

หลังจากการสร้างแบบจำลองของหุ่นยนต์เสร็จเรียบร้อยแล้ว เราจะทำการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น ลักษณะทางกายภาพ พารามิเตอร์ที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ การกำหนดตำแหน่งในการตั้งแกนที่ฐาน (base axis) และที่ปลาย (flange axis) รวมไปถึงการกำหนดตำแหน่ง TCP (tool center point) ซึ่งเป็นจุดที่หุ่นยนต์ใช้ในการทำงานในลักษณะต่างๆ ดังมีรายละเอียดของพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

3.2.1) การกำหนดลักษณะของข้อต่อ และขอบเขตจำกัด (limit)

ในการวิจัยนี้จะใช้หุ่นยนต์ Mitsubishi RV- M1 ซึ่งมีจำนวนข้อต่อทั้งหมด 5 ข้อต่อ โดยข้อต่อทั้งหมดจะเป็น ข้อต่อแบบหมุนหรือประเภท Revolute joint โดยมีขอบเขตการทำงานเป็นมิติทรงกลม (spherical operational space) และมีค่า ขอบเขตการทำงานต่างๆ ของแต่ละข้อต่อดังต่อไปนี้

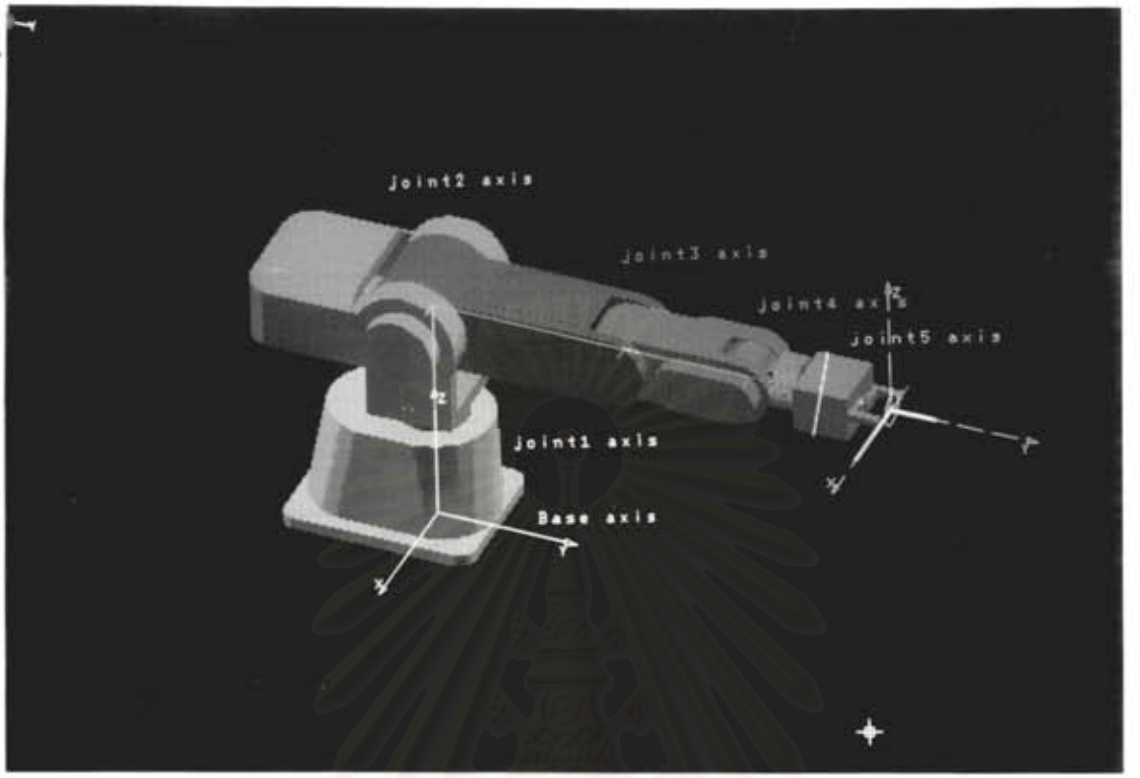
Joint Number	Joint Type	Limit of Joint
1	Revolute	-150 to 150
2	Revolute	-30 to 100
3	Revolute	-110 to 0
4	Revolute	-90 to 90
5	Revolute	-180 to 180

3.2.2) การกำหนดแกนอ้างอิง (reference axis) และแกนที่ปลายจับ (flange axis)

หลังจากที่ได้กำหนดลักษณะของข้อต่อและค่าของขอบเขตแล้ว เราจะทำการกำหนดแกนต่างๆให้กับหุ่นยนต์โดย

- แกนอ้างอิง จะเป็นแกนที่ยึดติดอยู่กับที่ เพื่อใช้ในการเทียบกับค่าของตำแหน่งการทำงาน และ orientation ต่างๆ ของหุ่นยนต์ โดยในที่นี้จะกำหนดไว้ที่ฐานของหุ่นยนต์ดังแสดงในรูปที่ 3.4

- แกนที่ปลายจับ จะเป็นแกนเคลื่อนที่ ที่ติดอยู่ที่ปลายจับของหุ่นยนต์ โดยจะใช้ในการกำหนดลักษณะของ orientation ในการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งทำงานต่างๆ โดยในที่นี้จะกำหนดไว้ที่ปลายของตำแหน่งหน้าสัมผัสของข้อต่อสุดท้าย ดังแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แสดงการตั้งแกนอ้างอิงและแกนที่ปลายจับให้หุ่นยนต์

3.2.3) การกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในการเคลื่อนที่ (Kinematic Parameter)

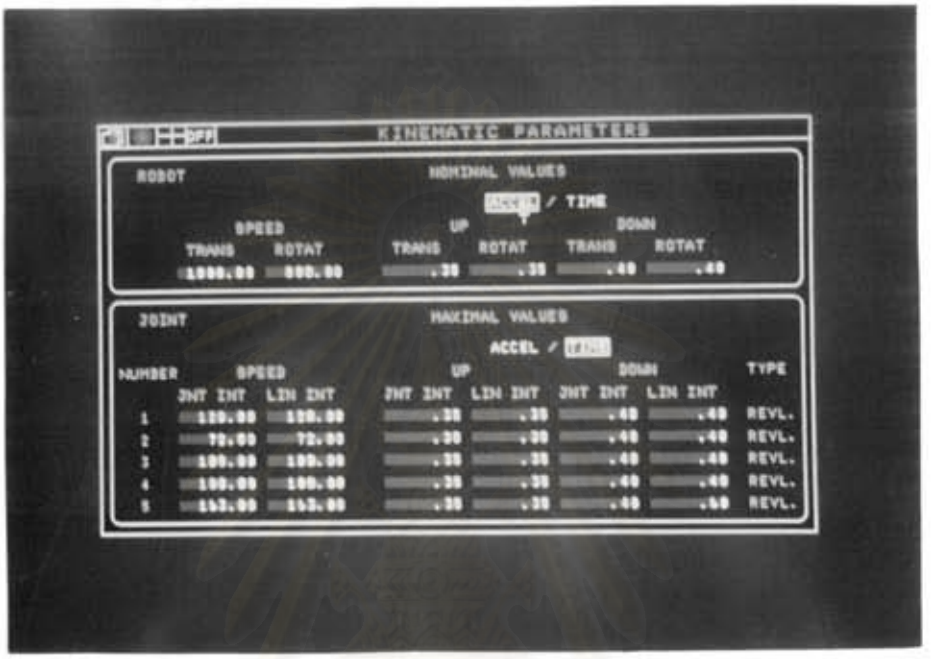
จะเป็นการกำหนดพารามิเตอร์ที่ใช้ในการเคลื่อนที่ คือ ความเร็ว และความเร่ง โดยจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

- Kinematics of the flange เป็นการกำหนดค่าความเร็วของการเคลื่อนที่ให้กับปลายจับของหุ่นยนต์ (ใช้สำหรับการเคลื่อนที่แบบ linear interpolation)
- Kinematics of the joint เป็นการกำหนดค่าความเร็วที่มากที่สุด (maximum value) ของแต่ละข้อต่อของหุ่นยนต์(ใช้สำหรับการเคลื่อนที่แบบ joint interpolation)

ค่าความเร็วที่เปลี่ยนแปลงหรือคงที่จะสามารถกำหนดได้ โดยการกำหนดค่าในช่องของความเร่ง หรือ เวลาที่ใช้ในการเร่ง โดยที่อาจจะกำหนดให้เป็น

- ความเร่ง หรือค่าของเวลาที่ใช้ในการเร่ง (up time) ซึ่งเป็นการกำหนดค่าความเร่งหรือเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่จากตำแหน่งหยุดนิ่งไปยังตำแหน่งที่มีความเร็วที่กำหนด
- ความหน่วง หรือ ค่าของเวลาที่ใช้ในการหน่วง (down time) ซึ่งเป็นการกำหนดค่าความหน่วง หรือเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่จากตำแหน่งที่มีความเร็วที่กำหนด ไปยังตำแหน่งหยุดนิ่ง

โดยจากคู่มือการใช้งาน Mitsubishi RV-M1 Manual สามารถกำหนดค่าต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แสดงค่า Kinematic Parameter Window ทั้งหมด

3.2.4) การกำหนดตำแหน่ง TCP (Tool Center Point)

ในหุ่นยนต์อุตสาหกรรมโดยทั่วไปนั้น สามารถที่จะเปลี่ยนหัวอุปกรณ์ที่ยึดติดอยู่กับปลายแขนของหุ่นยนต์ได้ ดังนั้นบริเวณและจุดที่ใช้ทำงาน จึงมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะของอุปกรณ์จับยึด ดังนั้นในการกำหนดให้หุ่นยนต์ทราบถึงตำแหน่งของการทำงาน เมื่อเทียบกับแกนอ้างอิงใดๆ จึงต้องมีการกำหนดจุด TCP ซึ่งเป็นจุดที่ใช้อธิบายถึงระยะห่างระหว่างปลายของหน้าแปลน และจุดทำงานขึ้น

หมายเหตุ ตำแหน่งของ flange axis และ TCP อาจไม่อยู่ตำแหน่งเดียวกัน โดยขึ้นอยู่กับลักษณะของ tool ที่ยึดติดกับปลายหน้าแปลน

3.3) ขั้นตอนการวางแผนลักษณะงาน (Task Planning)

ในระบบ MPS (Modular production System) นี้ หุ่นยนต์ที่ติดตั้งจะทำหน้าที่ในส่วนของอุปกรณ์ลำเลียงชิ้นงาน โดยภายในระบบจะมีสถานีต่างๆ ที่ใช้ในการตรวจสอบประเภทของชิ้นงาน ความสูงของชิ้นงาน ขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางวงในและวงนอกที่อยู่บนผิวชิ้นงาน และ ตรวจนสอบว่าชิ้นงานนั้นมีรูเจาะหรือไม่ ข้อมูลจากการตรวจสอบจะถูกส่งผ่านระบบบัส (bus) และเข้าสู่ตัวควบคุมของหุ่นยนต์ โดยผ่าน I/O port หลังจากนั้นหุ่นยนต์จะทำงานโดยมีลักษณะการทำงาน คือการหยิบชิ้นงานจากสถานีพักชิ้นงานไปวางบนสถานีดำเนินการ และการ

หยิบชิ้นงานจากสถานีดำเนินการ (หลังจากดำเนินการในลักษณะต่างๆ ในที่นี้คือการเจาะและตรวจสอบรูเจาะของชิ้นงาน) ไปจัดเก็บยัง magazine หรือสายพานลำเลียง ที่กำหนด ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

(A) การจัดเก็บชิ้นงานกับ magazine

- ชิ้นงานที่ไม่ต้องการ

1) Magazine 1

- ชิ้นงานไม่ได้เจาะรู
- ชิ้นงานมีความสูงมากหรือน้อยไป
- ชิ้นงานที่ไม่มีร่องบนผิวหน้า

- ชิ้นงานที่ดี (มีรู , ความหนาถูกต้อง , ไม่มีร่องบนผิวหน้า)

2) Magazine 2 : เก็บชิ้นงานที่มีสีแดง (red)

3) Magazine 3 : เก็บชิ้นงานที่มีสีดำ (black)

4) Magazine 4 : เก็บชิ้นงานที่เป็นโลหะ (metal)

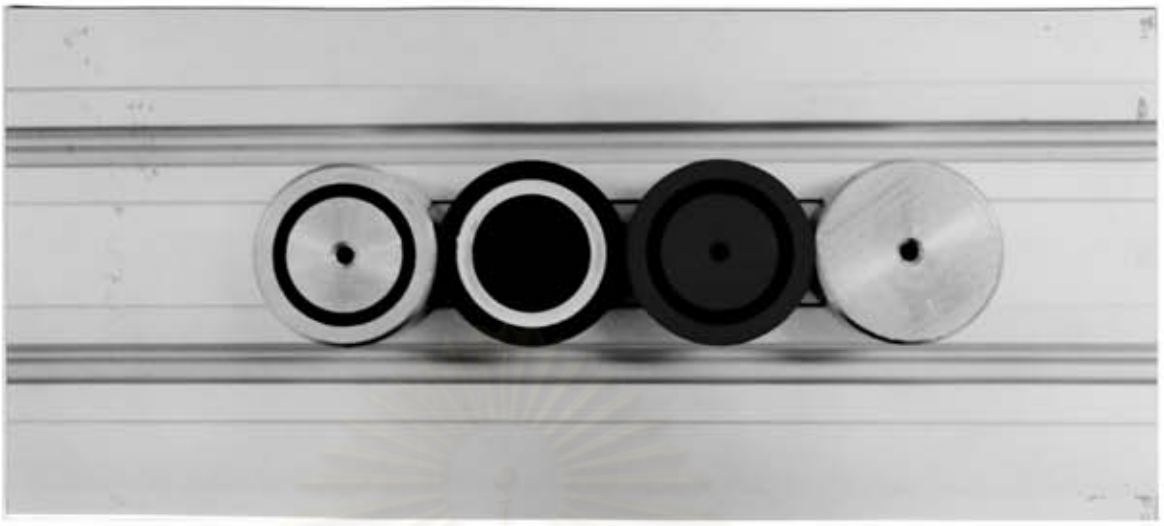
(B) การจัดเก็บชิ้นงานกับ สายพานลำเลียง

1) สไลด์ 1 - จัดเก็บชิ้นงานที่มีสีแดง (red)
   - เส้นผ่าศูนย์กลางของร่องถูกต้อง
2) สไลด์ 2 - จัดเก็บชิ้นงานที่มีสีดำ (black)
   - เส้นผ่าศูนย์กลางของร่องถูกต้อง
3) สไลด์ 3 - จัดเก็บชิ้นงานที่เป็นโลหะ (metal)
   - เส้นผ่าศูนย์กลางของร่องถูกต้อง
4) สไลด์ 4 - ชิ้นงานมีความสูงมากหรือน้อยไป
   - เส้นผ่าศูนย์กลางของร่องไม่ถูกต้อง

โดยตัวอย่างลักษณะของชิ้นงานต่างๆ ที่ใช้ในการทำวิจัย จะแสดงดังในรูปที่ 3.6

3.4) ขั้นตอนการวิเคราะห์ลักษณะงาน (Task Analysis)

ในส่วนนี้จะเป็นส่วนสำคัญของการทำ Robot Simulation คือ จะเป็นส่วนของการวิเคราะห์ และตรวจสอบลักษณะการทำงานของหุ่นยนต์ก่อนการทำงานจริง และทำการปรับเปลี่ยนแก้ไข เพื่อให้ได้ลักษณะงานที่มีความถูกต้องและเหมาะสมมากที่สุด โดยในส่วนของการวิเคราะห์นั้นจะทำการวิเคราะห์เกี่ยวกับ ลักษณะการจัดวางหุ่นยนต์ภายในเซลการทำงาน การวิเคราะห์ค่าของแรงหรือโมเมนต์ที่เกิดขึ้นที่ข้อต่อ เมื่อมีแรงภายนอกมากระทำ ส่วนการวางแผนและปรับเปลี่ยนแก้ไขลักษณะการทำงานนั้น จะทำการตรวจสอบการชนและการเปลี่ยนลักษณะทางเดินใหม่ เพื่อหลีกเลี่ยงการชนที่อาจเกิดขึ้น



รูปที่ 3.6 แสดงตัวอย่างลักษณะของชิ้นงานที่ใช้ในการวิจัย

3.4.1) การวิเคราะห์ลักษณะการจัดวางเซลการทำงาน (Workcell Layout) ของหุ่นยนต์หนึ่งหรือมากกว่าหนึ่งตัวขึ้นไป

เนื่องจากว่าระบบผลิตอัตโนมัติที่ใช้ในการวิจัยนี้ไม่ได้ติดตั้งหุ่นยนต์อุตสาหกรรมมาด้วย ดังนั้นจึงต้องติดตั้งหุ่นยนต์อุตสาหกรรมเพิ่มเติม โดยในขั้นตอนนี้ จะมีจุดประสงค์เพื่อทำการวิเคราะห์หาตำแหน่งการวางของหุ่นยนต์โดยคำนึงถึงจุดต่างๆ ที่ใช้ในการทำงานของหุ่นยนต์และลักษณะการจัดวางของแกนที่ฐานของหุ่นยนต์ โดยเมื่อทำการวางแล้วหุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ไปได้โดยไม่ขัดกับค่า configuration ของหุ่นยนต์ บริเวณที่จะสามารถจัดวางหุ่นยนต์ได้โดยไม่เกิดการชนกันกับวัตถุอื่นภายในเซลการทำงาน ผลที่ได้จากการวิเคราะห์นี้ จะได้ตำแหน่งการติดตั้งหุ่นยนต์ ที่เหมาะสำหรับการเคลื่อนที่ไปยังจุดที่ใช้ในการทำงานต่างๆ มากที่สุด กล่าวคือ สามารถเคลื่อนที่ไปยังจุดทำงานต่างๆได้ครบทุกจุดโดยมีลักษณะการวางของแกนที่ฐานของหุ่นยนต์ตามที่ได้กำหนดไว้

ขั้นตอนการวิเคราะห์ในการวิจัย จะแสดงได้ดังต่อไปนี้

- การเลือกตำแหน่ง TCP ของหุ่นยนต์ เป็นการเลือกจุดที่ใช้ทำงานของหุ่นยนต์ที่ต้องการ

- การกำหนดจุดที่ใช้ในการทำงาน (Work point)

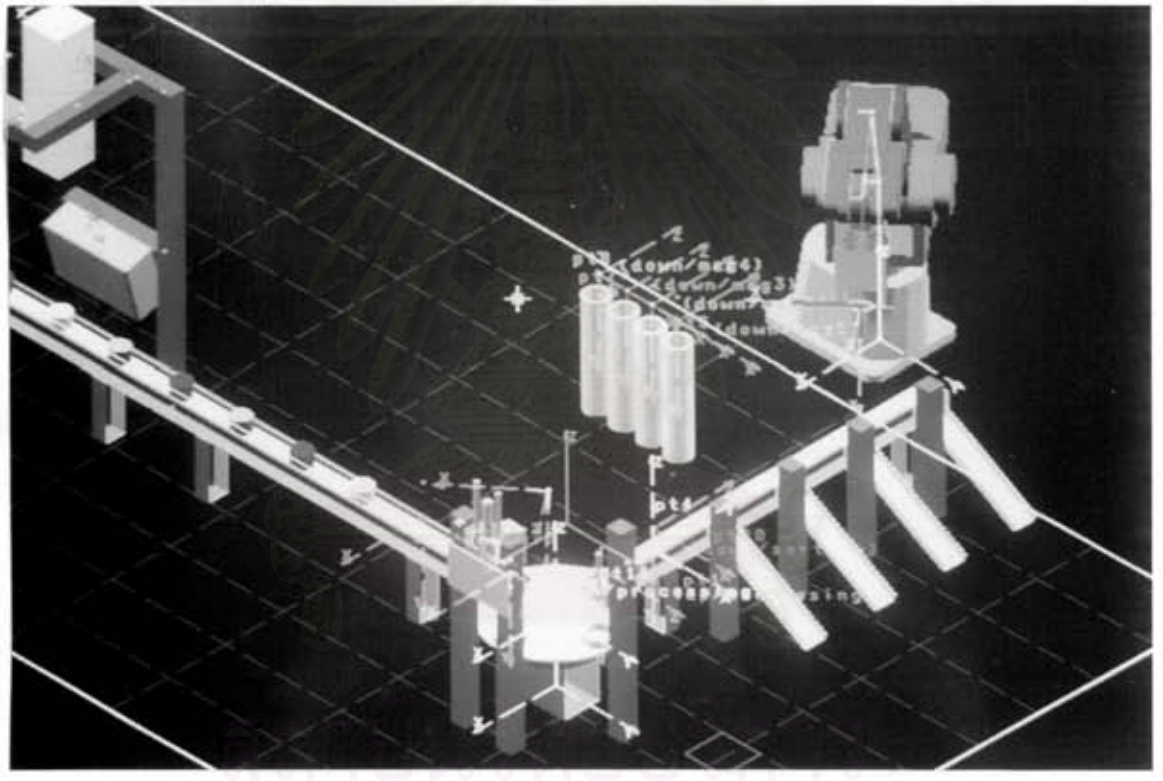
โดยในการวิจัยนี้มีจุดทำงานโดยหุ่นยนต์ทั้งสิ้น 20 จุด คือ

จุดที่	ลักษณะการทำงานของหุ่นยนต์	จุดที่	ลักษณะการทำงานของหุ่นยนต์
1.	หยิบชิ้นงานจากสถานีดำเนินการ	11	อยู่เหนือจุด 6 15 mm
2.	อยู่เหนือตำแหน่งที่ 1 15 mm	12	อยู่เหนือจุด 7 15 mm
3.	จุดที่กำหนดชิ้นก่อนการเคลื่อนที่ไปยังจุดที่ 2	13	อยู่เหนือจุด 8 15 mm
4.	จุดเริ่มต้น	14	หยิบชิ้นงานจากสถานีพักชิ้นงาน

I17544542

5.	วางชิ้นงานที่ magazine 1	15	อยู่เหนือตำแหน่งที่ 14 15 mm
6.	วางชิ้นงานที่ magazine 2	16	จุดที่กำหนดขึ้นระหว่างจุด 14 และ จุด 18
7.	วางชิ้นงานที่ magazine 3	17	จุดตั้งฉากที่อยู่เหนือจุด 18
8.	วางชิ้นงานที่ magazine 4	18	วางชิ้นงานที่สถานีดำเนินการ
9.	ไม่ได้ใช้	19	อยู่เหนือตำแหน่ง 20 15 mm
10	อยู่เหนือจุด 5 15 mm	20	วางชิ้นงานที่สถานี แยกชิ้นงาน

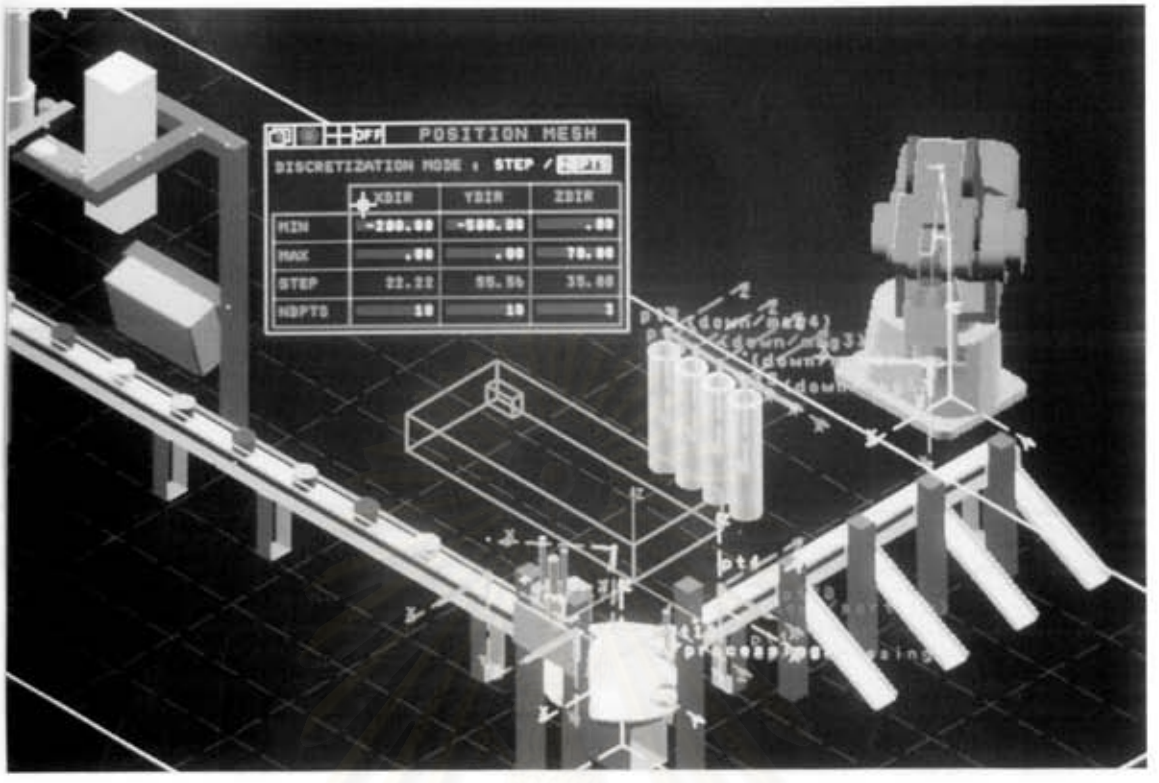
โดยในแต่ละจุดทำงานจะมีลักษณะของ orientation ดังแสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 แสดงการวิเคราะห์หาตำแหน่งการวางของหุ่นยนต์ดอนเริ่มต้น

- การกำหนดข่ายของตำแหน่ง (position mesh)

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการกำหนดส่วนของปริมาตรในพิกัด 3 มิติ ที่ต้องการวิเคราะห์หาตำแหน่งการวางหุ่นยนต์ และค่า step ซึ่งเป็นค่าที่ใช้ในการกำหนดจำนวนจุดที่ต้องการวิเคราะห์ภายในระนาบ หรือ ปริมาตรนั้นๆ โดยในการวิจัยจะทำการกำหนดปริมาตรที่ต้องการวางหุ่นยนต์ให้มีค่าในแนวแกน X , Y , Z เป็น 200 , 500 และ 70 mm และแบ่งระนาบในการคำนวณเป็น 3 ระนาบ โดยในแต่ละระนาบมีจำนวนจุดทั้งหมด 100 จุด ดังแสดงการกำหนดค่าพารามิเตอร์ในรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 แสดง position mesh และค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่กำหนด

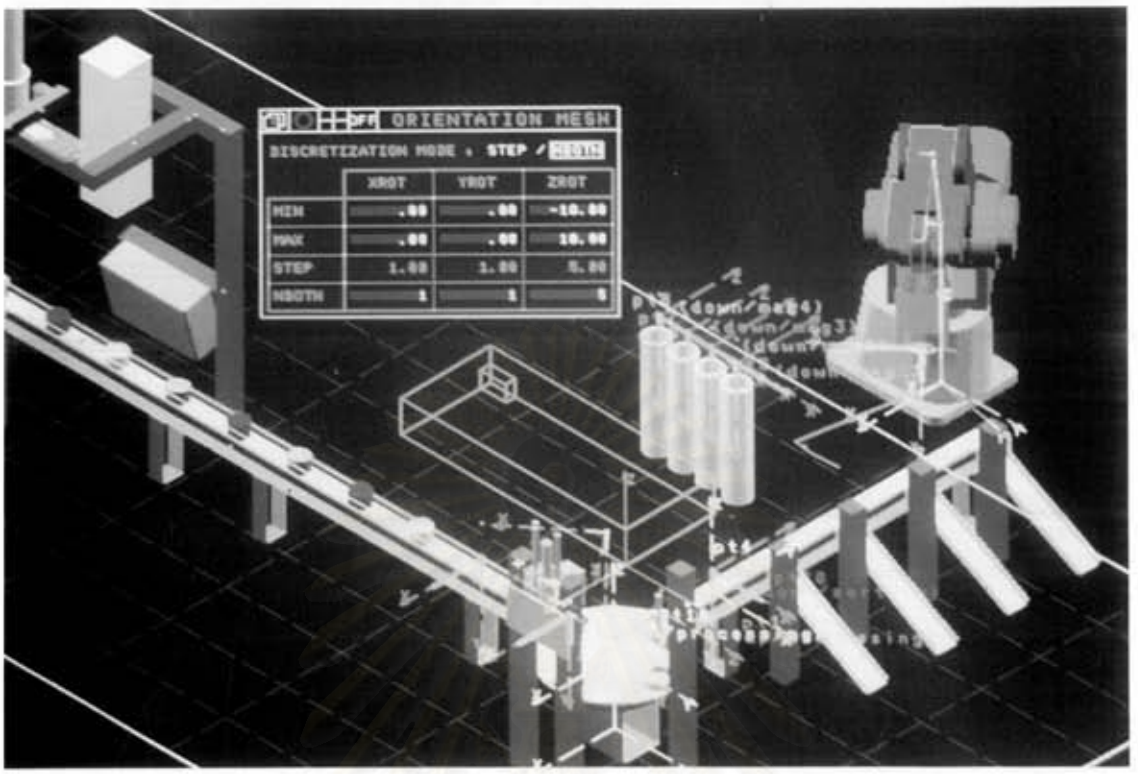
หมายเหตุ ในที่นี้เราจะวิเคราะห์ตำแหน่งการวางหุ่นยนต์ในระนาบ 2 มิติ โดยการกำหนดให้ค่าในแนวแกน Z (พารามิเตอร์ ZDIR) มีค่าเป็น 0 ก่อน แล้วจึงทำการวิเคราะห์การวางหุ่นยนต์ในปริมาตรในพิกัด 3 มิติต่อไป

- การกำหนดข่ายของทิศทาง (Orientation mesh)

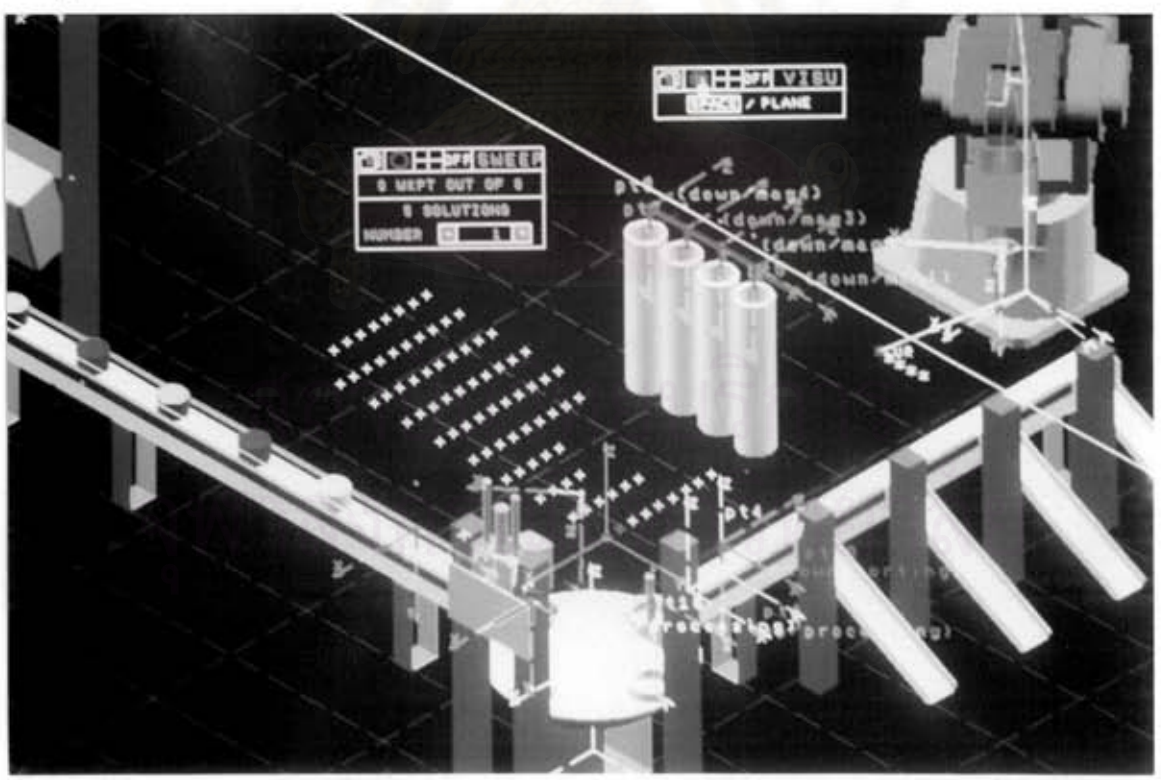
ในขั้นตอนนี้จะเป็นการกำหนดรูปแบบการวางของแกนที่ฐานของหุ่นยนต์ โดยการกำหนดค่าการหมุนรอบแกน X,Y และ Z ของแกนที่ฐานของหุ่นยนต์โดยในการวิเคราะห์นี้จะกำหนดการหมุนของแกนที่ฐานของหุ่นยนต์รอบแกน Z เท่านั้น เพราะว่าต้องการวางหุ่นยนต์ในแนวระดับ โดยกำหนดให้มีลักษณะการจัดวางหุ่นยนต์ได้ 5 รูปแบบโดยมีมุมการวางเทียบกับแกน Z ที่ฐานของหุ่นยนต์อยู่ระหว่าง $-10°$ ถึง $10°$ ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จะกำหนดได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.9

- การคำนวณและการวิเคราะห์ผล

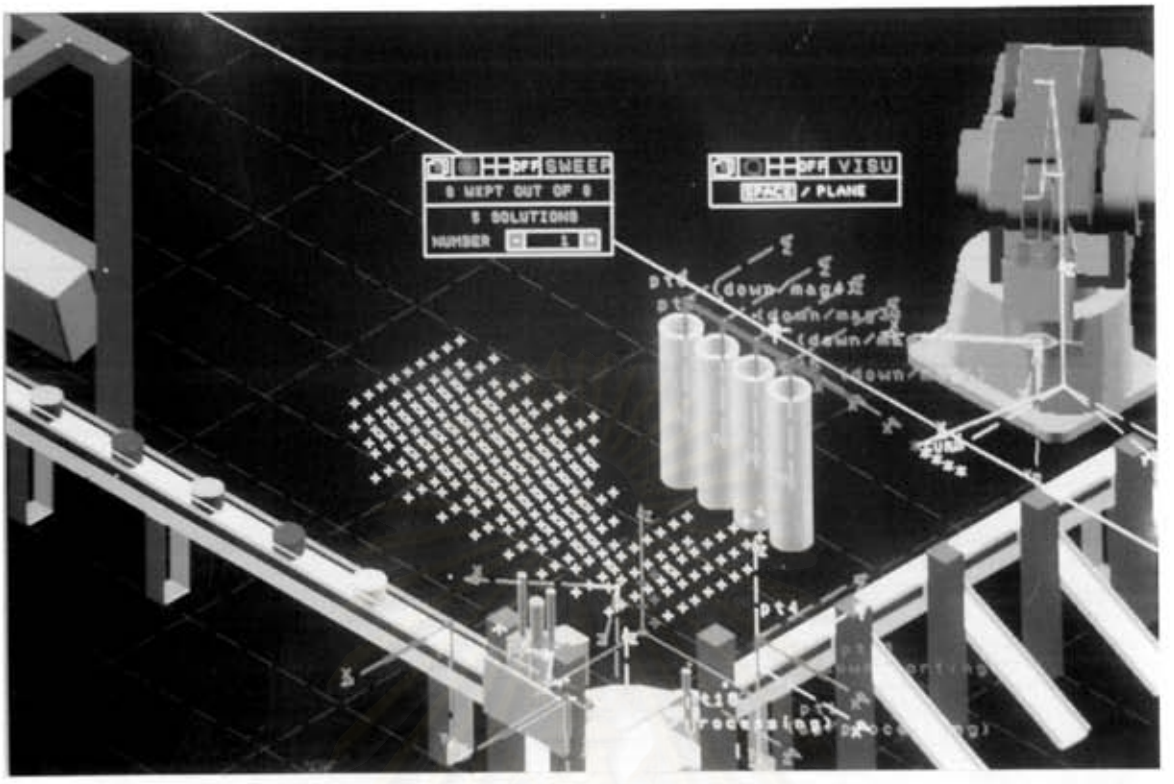
หลังจากที่ได้กำหนดพารามิเตอร์ต่างๆแล้ว เราจะทำการวิเคราะห์ผลของตำแหน่งที่จะใช้ในการวางหุ่นยนต์ ซึ่งผลที่ได้จะแสดงดังในรูปที่ 3.10 เมื่อทำการวิเคราะห์หาตำแหน่งการวางในระนาบ 2 มิติ และเมื่อทำการกำหนดข่ายของตำแหน่งเป็นปริมาตรในพิกัด 3 มิติ ผลที่ได้จะแสดงในรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.9 แสดง orientation mesh ของ Base Axis และค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่กำหนด



รูปที่ 3.10 แสดงผลที่ได้จากการวิเคราะห์ในระนาบ 2 มิติ



รูปที่ 3.11 แสดงผลที่ได้จากการวิเคราะห์ในระนาบ 3 มิติ (z=70 mm)

จากผลการคำนวณที่ได้ เราจะสามารถวิเคราะห์ผลโดยดูถึงความหมายของสัญญลักษณ์ต่างๆ ดังต่อไปนี้

- จุดที่ใช้ทำงานที่เป็นสีทึบ (dimmed workpt) จะเป็นจุดทำงานที่หุ่นยนต์ไม่สามารถเคลื่อนที่ไปถึง จากการกำหนดข่ายของตำแหน่ง (position mesh) นั้นๆ

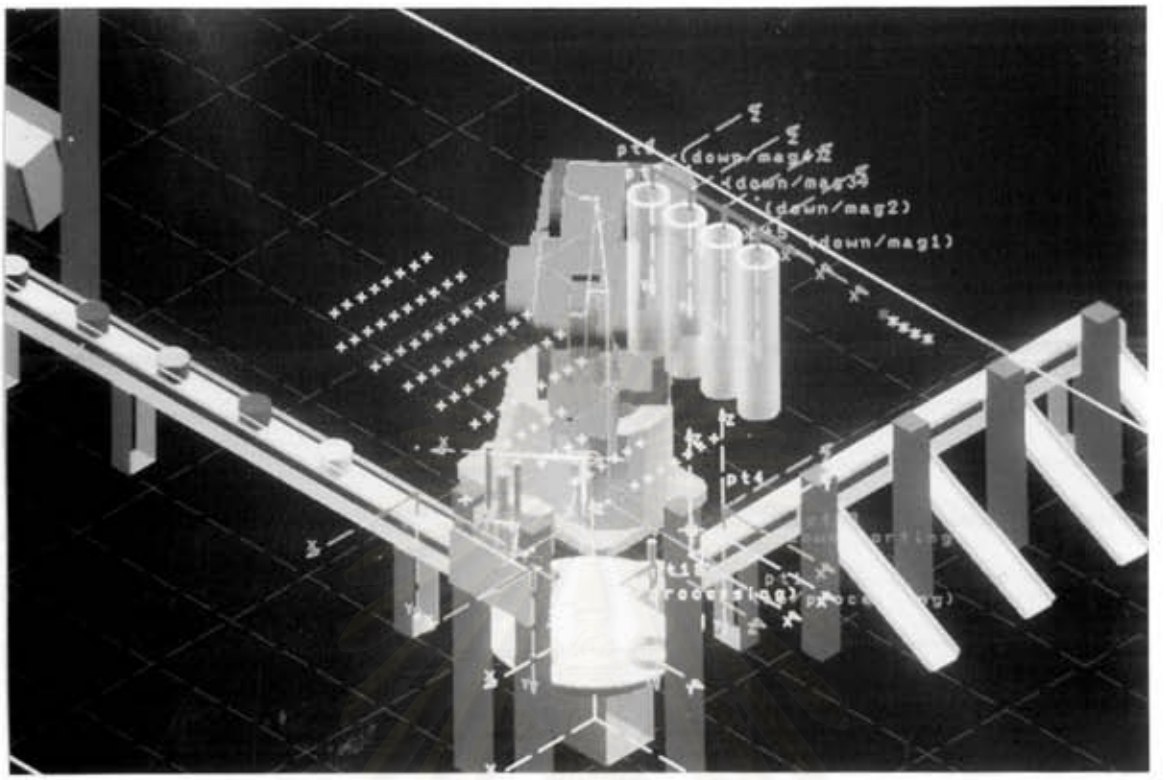
- จุดที่ใช้ทำงานที่เป็นสีขาว (white workpt) จะเป็นจุดทำงานที่หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ไปถึง จากตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งที่เป็นสีขาว

- จุดที่ใช้ทำงานที่เป็นจุดสว่าง (highlighted workpt) จะเป็นจุดทำงานที่หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ไปถึง จากตำแหน่งที่เป็นจุดสว่าง

- ตำแหน่งที่เป็นจุดสว่าง (highlight location) จะเป็นตำแหน่งที่หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ไปถึงจุดที่ใช้ทำงาน ที่เป็นจุดสว่างทั้งหมด

- ตำแหน่งที่เป็นสีขาว (white location) จะเป็นตำแหน่งที่หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ไปถึง อย่างน้อยหนึ่งจุดที่ใช้ทำงาน (จุดทำงานสีขาว หรือ จุดทำงานสว่าง)

จากคำอธิบายดังกล่าว จะพบว่าเกิดตำแหน่งที่เป็นจุดสว่างอยู่ 2 จุด คือ ที่ตำแหน่งเริ่มต้นของแกนที่ใช้ในการกำหนดข่ายของตำแหน่ง และ จุดข้างเคียงตำแหน่งเริ่มต้นอีกจุดหนึ่ง ดังนั้นเราสามารถใช้ผลการวิเคราะห์ ในการวางตำแหน่งของหุ่นยนต์ เพื่อให้สามารถเคลื่อนที่ไปยังจุดที่ต้องการทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 แสดงการวางหุ่นยนต์ในขั้นตอนสุดท้าย

3.4.2) การวิเคราะห์การชนกันภายในเซลการทำงาน (Collision Detection)

ในขั้นตอนนี้จะมีจุดประสงค์เพื่อตรวจสอบ การชนกันภายในเซลการทำงานระหว่างหุ่นยนต์ และ/หรือ ส่วนประกอบอื่นๆ ในเซลการทำงานที่ใช้ในการวิจัย ดังแสดงในรูปที่ 3.13 และทำการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางเดิน เพื่อหลีกเลี่ยงการชนที่เกิดขึ้นดังกล่าว

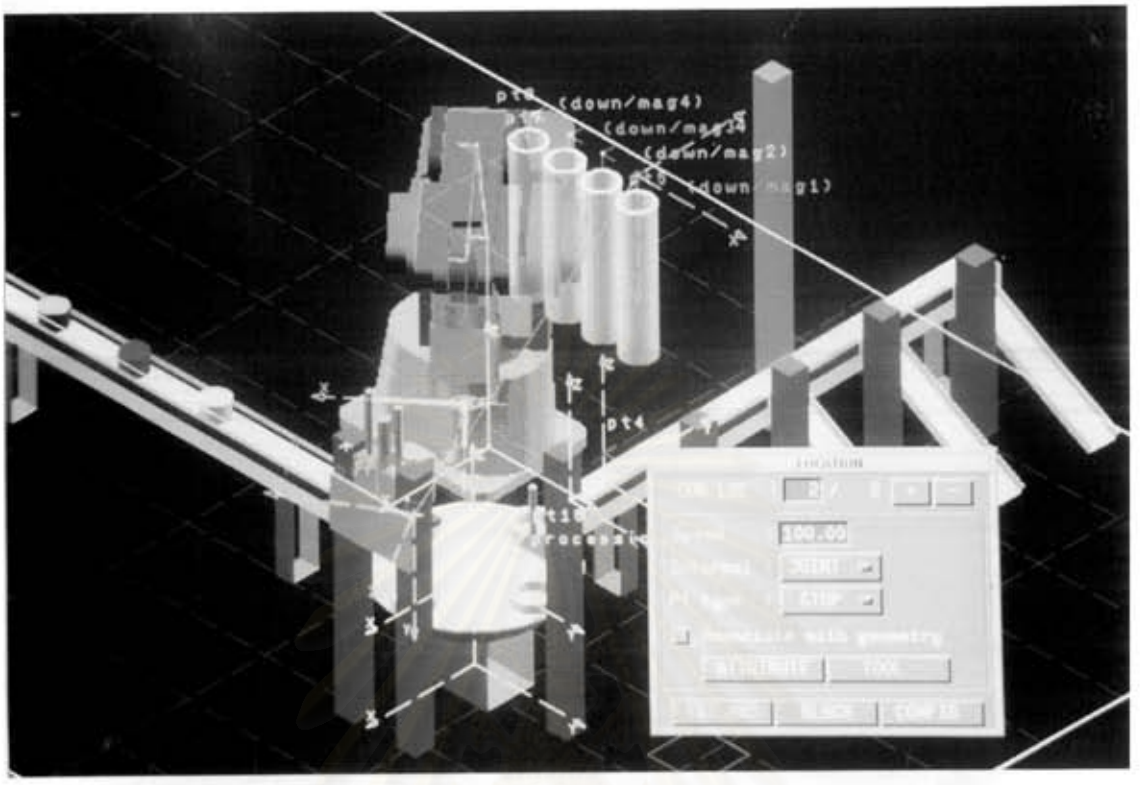
ขั้นตอนการวิเคราะห์ในส่วนนี้ จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนย่อยคือ

- การตรวจสอบการชนกันภายในเซลการทำงาน (collision detection)
- การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางเดินเพื่อหลีกเลี่ยงการชน (collision avoidance)

โดยลักษณะและวิธีการวิเคราะห์จะได้กล่าวดังต่อไปนี้

3.4.2.1) การตรวจสอบการชนกันภายในเซลการทำงาน

เมื่อเราวาดแบบจำลองของแขนหุ่นยนต์และอุปกรณ์อื่นๆที่ใช้ในระบบ MPS ลงไปในโปรแกรม CATIA นั้น แบบจำลองต่างๆจะเป็นแบบจำลองแบบทรงตัน (solid model) ที่อาจมีการเคลื่อนที่ชนหรือทับกัน แต่โปรแกรมทางด้าน CAD จะไม่ทราบถึงการชนดังกล่าว ดังนั้นเพื่อต้องการตรวจสอบการชนกันระหว่างรูปทรงตันต่างๆ จึงต้องมีการกำหนดรายการนิยามของการชน (collision lists definition) ซึ่งเป็นข้อมูลที่กำหนดส่วนประกอบของ solid , face หรือ surface ต่างๆ ที่ประกอบกันเป็นแบบจำลอง ดังแสดงในรูปที่ 3.14



รปที่ 3.13 แสดงเซลการทำงานของหุ่นยนต์ที่ต้องการตรวจสอบการชน

รูปที่ 3.14 แสดงการกำหนด "Collision List Definition"

จากรูปจะแสดงให้เห็นถึงการกำหนดรายการของการชน ภายในเซลที่ทำการวิจัย โดยจะมีรายการของการชนทั้งหมดอยู่ 3 รายการประกอบด้วย

- รายการของหุ่นยนต์ โดยจะมีส่วนประกอบของรายการเป็น element ต่างๆ ที่ ประกอบเป็น แบบจำลอง ของหุ่นยนต์ในที่นี้จะเป็นรูปทรงตัน โดยในแต่ละส่วนประกอบจะกำหนดระยะห่างที่ยอมรับ (clearance) ให้มีค่าเป็น 1 mm ซึ่งหมายถึงเมื่อมีการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เข้ามาใกล้กับส่วนประกอบภายในเซลการทำงานต่างๆ ที่ได้ทำการกำหนดรายการของการชนไว้

น้อยกว่า 1 mm ก็จะแสดงข้อมูลเตือนให้ผู้ใช้ทราบ เพื่อปรับเปลี่ยน หรือแก้ไขลักษณะทางเดินต่อไป

- รายการของเสาที่ต้องการทดสอบการชน โดยจะมีส่วนประกอบเป็นรูปทรงตัน และกำหนดค่าระยะห่างเป็น 1 mm

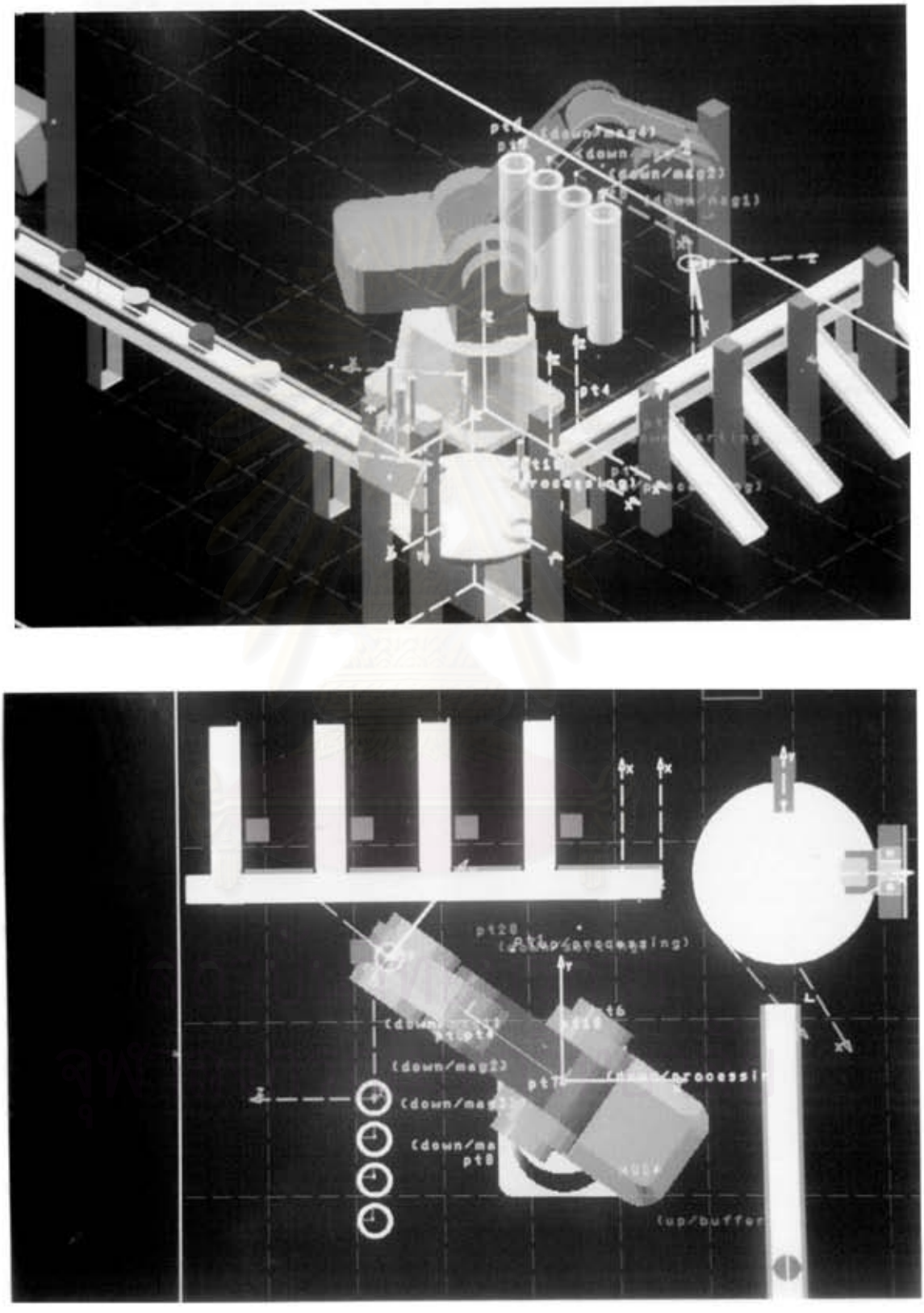
- รายการของส่วนประกอบภายในเซลการทำงาน โดยจะมีส่วนประกอบเป็น รูปทรงตัน ที่ใช้ในการสร้าง magazine หรือ สายพานลำเลียง โดยกำหนดค่าระยะห่างเป็น 1 mm

หลังจากที่ได้ทำการกำหนดรายการผลการชนแล้ว ก็จะทำการกำหนดสภาพแวดล้อมในการชน (collision environment) ระหว่างรายการที่ต้องการตรวจสอบการชน โดยการเลือกรายการที่ต้องการตรวจสอบการชนในคอลัมน์ซ้าย และขวา ดังแสดงในรูปที่ 3.15

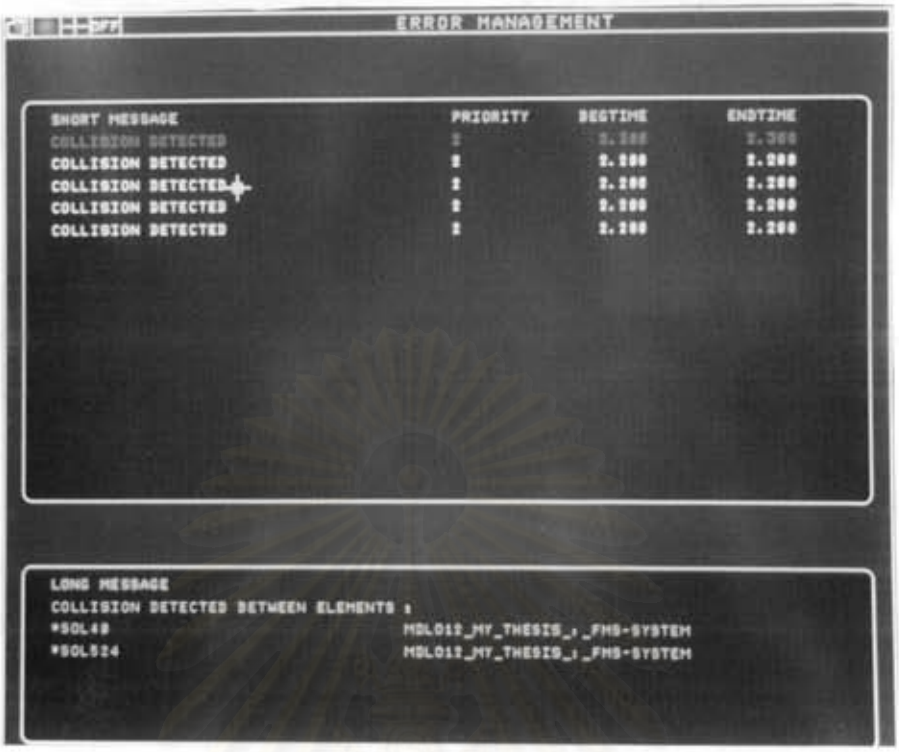
รูปที่ 3.15 แสดงการกำหนด "Collision Environment Definition"

โดยจากรูปจะแสดงให้เห็นถึงการกำหนดความสัมพันธ์ ในการชนระหว่างหุ่นยนต์และเสาที่ขวางทางเดินของหุ่นยนต์ขณะทำงาน เมื่อกำหนดข้อมูลต่างๆ ครบถ้วนแล้วเราจึงทำการตรวจสอบการชน ภายในเซลการทำงานโดยการจำลองการทำงานของหุ่นยนต์ โดยลักษณะงานจะเป็นการเคลื่อนที่ระหว่างตำแหน่ง 2 ตำแหน่ง คือ จากตำแหน่งที่หยิบชิ้นงานจากสถานีดำเนินการไปยังตำแหน่งวางชิ้นงานที่ magazine 1 โดยมีรูปแบบการเคลื่อนที่แบบ point to point โดยมีการคำนวณทางเดินโดยการ Interpolate แบบ joint interpolation

จากการสังเกตจะเห็นได้ว่าในขณะที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปชนเสาที่ทดสอบ บริเวณของรูปทรงตันที่เกิดการชนจะเปลี่ยนเป็นสีแดง ซึ่งในที่นี้จะเป็นรูปทรงตันที่ประกอบเป็นลิงค์ที่ 4 และ 5 ของหุ่นยนต์และรูปทรงตันที่ประกอบเป็นเสาดังแสดงในรูปที่ 3.16 และมีข้อมูลที่แสดงลักษณะการชนที่เกิดขึ้นดังแสดงในรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.16 แสดงลักษณะการชนกันที่เกิดขึ้นระหว่างหุ่นยนต์และเสา



รูปที่ 3.17 แสดงข้อมูลความผิดพลาด (error) ที่เกิดขึ้นเนื่องจากการชน

ดังนั้น เราจึงตรวจสอบได้ว่าเกิดการชนกันระหว่างหุ่นยนต์ และเสาซึ่งเป็นส่วนประกอบในเซลการทำงานขึ้น

4.2.2) การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางเดิน เพื่อหลีกเลี่ยงการชน

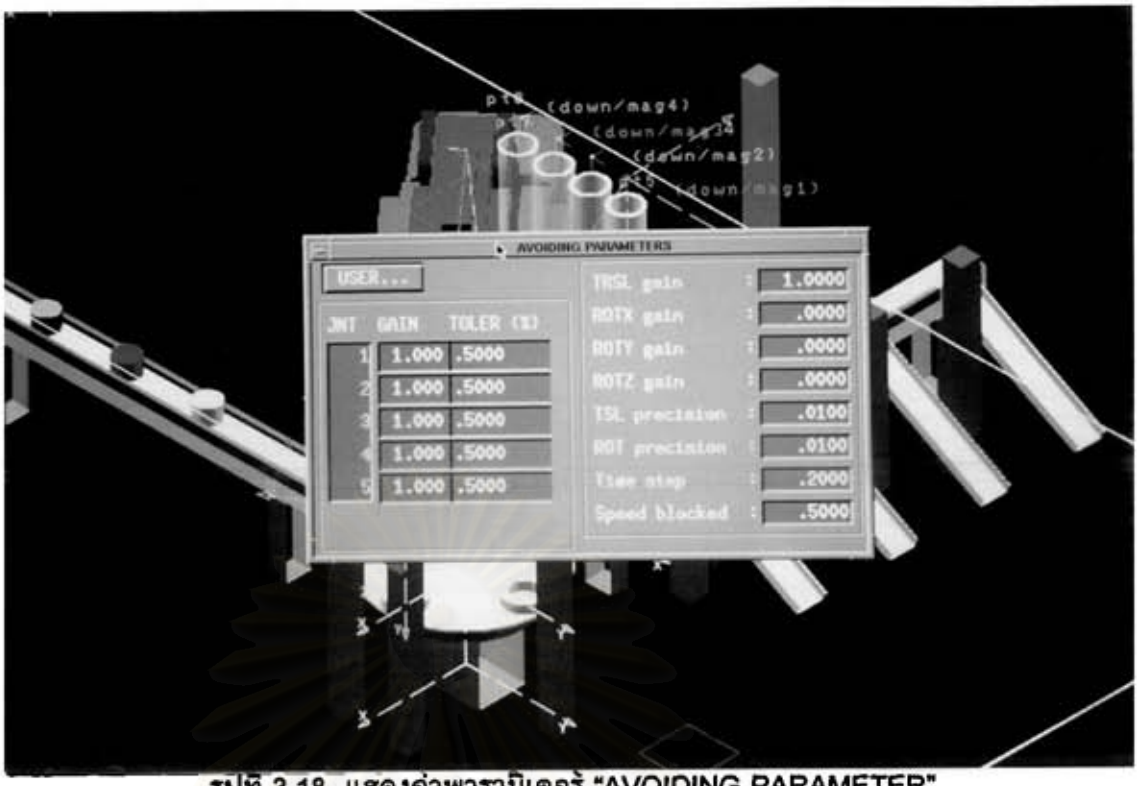
จากลักษณะการชนที่เกิดขึ้นในหัวข้อที่แล้ว ในส่วนนี้เราจะทำการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางเดิน เพื่อหลีกเลี่ยงการชนระหว่างจุดปลายทาง 2 จุดเดิมที่ได้กล่าวมาแล้ว โดยจะให้โปรแกรมทำการวิเคราะห์ เพื่อหาจุดที่เกิดขึ้นระหว่างการเคลื่อนที่ (Intermediate point) โดยเราจะต้องทำการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น ค่าความเที่ยงตรงของการเคลื่อนที่เชิงเส้น และเชิงมุม เป็นต้นโดยมีรายละเอียดดังแสดงในรูปที่ 3.18

จากรูปจะแบ่งค่าพารามิเตอร์ออกเป็น 2 ส่วนคือ

- ในคอลัมน์ทางฝั่งซ้าย จะเป็นวิธีการคำนวณจุดที่เกิดขึ้น ในเทอมของ joint mode โดยจะมีพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องอยู่ 2 ส่วนคือ

- GAIN ซึ่งเป็นการกำหนดค่าเกนให้กับแต่ละข้อต่อ ของหุ่นยนต์ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง -1.0 ถึง 1.0

โดยถ้ามีค่าเป็นลบจะเป็นการบังคับไม่ให้เกิดการเคลื่อนที่ของ ข้อต่อ นั้น และเมื่อค่าเกนมีค่าสูงขึ้น จะแสดงให้เห็นถึงการให้ความสำคัญที่มากขึ้นในการคำนวณ ในที่นี้เราจะ



รูปที่ 3.18 แสดงค่าพารามิเตอร์ "AVOIDING PARAMETER"

กำหนดให้ค่าเกนมีค่าเป็น 1 หมดทุกข้อต่อ ซึ่งหมายถึงการพิจารณาการคำนวณจากทุกข้อต่อพร้อมกัน

- TOLER เป็นการกำหนดค่า tolerance เพื่อใช้สำหรับการเคลื่อนที่จุด TCP ไปยังตำแหน่งที่ต้องการ ในที่นี้จะกำหนดให้มีค่าเป็น 0.5 หมดทุกข้อต่อ

- ในคอลัมน์ทางฝั่งขวา จะเป็นวิธีการคำนวณจุดที่เกิดขึ้นในเทอมของ catesian mode โดยค่า X,Y,Z จะเทียบกับ แกนอ้างอิงของเครื่องมือ (tool reference axis) โดยจะมีค่าพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

- TRSL GAIN : เป็นการกำหนดความสำคัญของการเคลื่อนที่แบบเลื่อนตำแหน่ง (translate) ในขณะคำนวณ โดยมีค่าระหว่าง -1 และ 1 ในที่นี้จะกำหนดให้มีค่าเป็น 1 ซึ่งหมายถึงการให้ความสำคัญในการคำนวณ

- ROTX GAIN , ROTY GAIN , ROTZ GAIN : เป็นการกำหนดความสำคัญของการหมุนรอบแกน X ,Y, Z ในขณะคำนวณ โดยมีค่าระหว่าง -1 ถึง 1 โดย -1 จะหมายถึงการไม่ให้ความสำคัญในการคำนวณ แกนอ้างอิงของเครื่องมือ (tool reference axis) จะยังคงขนานกับตำแหน่งปัจจุบัน ในขณะที่ค่า 1 จะหมายถึงการให้ความสำคัญในการคำนวณ ในที่นี้จะกำหนดให้มีค่าเป็น 0 ซึ่งหมายถึงการยอมรับตำแหน่งสุดท้ายของการหมุนรอบแกน X , Y , Z ของแกนอ้างอิงของเครื่องมือ

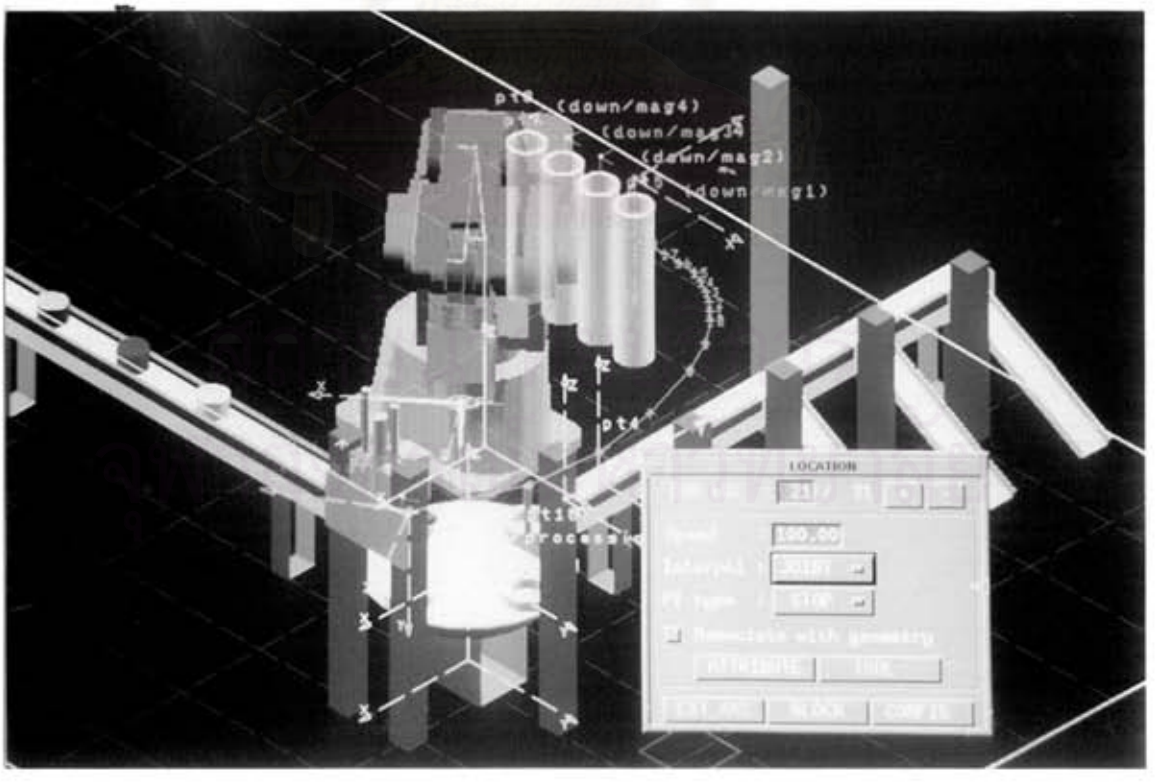
- TSL PRECISION : เป็นการกำหนดค่าความเที่ยงตรงในการเคลื่อนที่แบบเลื่อนตำแหน่ง ซึ่งจะแสดงในเทอมของระยะทาง ในที่นี้กำหนดเป็น 0.01

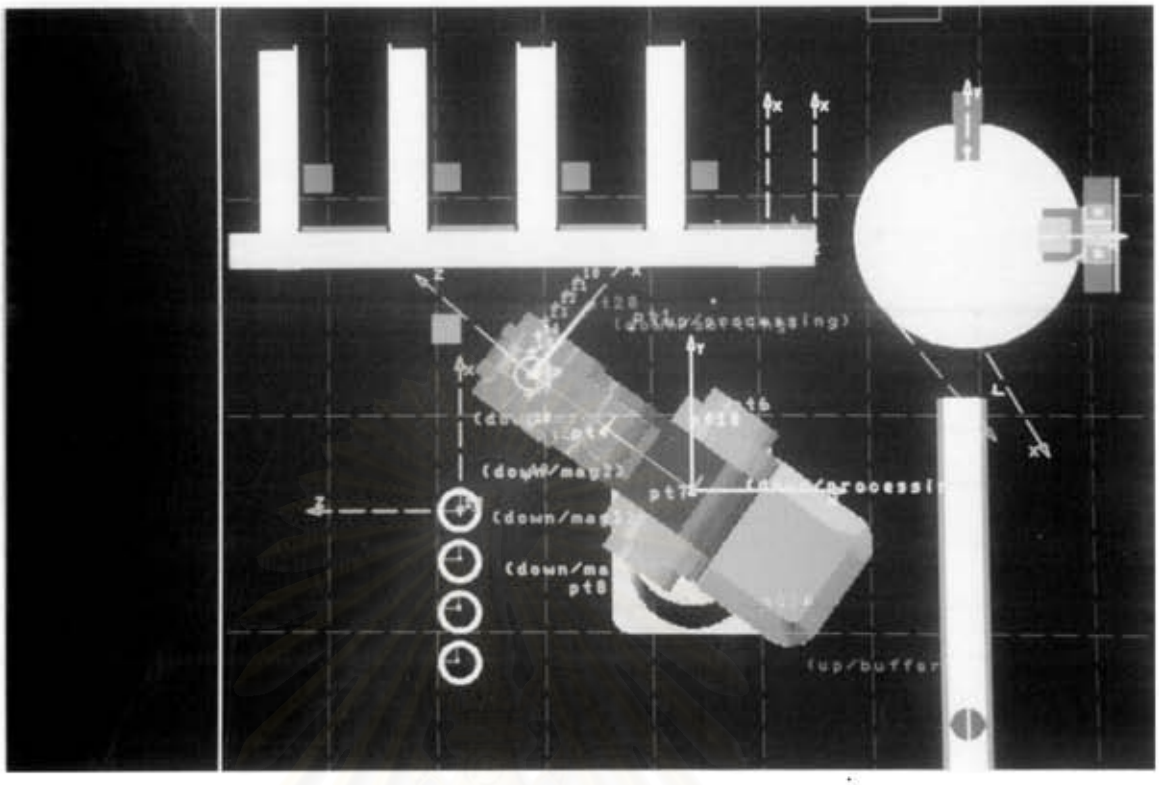
- ROT PRECISION เป็นการกำหนดค่าความเที่ยงตรงในการเคลื่อนที่แบบหมุน ซึ่งจะแสดงในเทอมของเปอร์เซนต์ของระยะขจัดสูงสุดของข้อต่อภายใต้การพิจารณา ในที่นี้กำหนดให้เป็น 0.01

- TIME STEP : เป็นการกำหนดขั้นของเวลาสำหรับการคำนวณ ในที่นี้กำหนดเป็น 0.2

- SPEED BLOCKED : เป็นการกำหนดความเร็วของหุ่นยนต์ เมื่อพิจารณาว่าหุ่นยนต์ไม่เคลื่อนที่ โดยแสดงเป็นค่าเปอร์เซนต์ ในที่นี้กำหนดค่าเป็น 0.5

เมื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ครบถ้วนแล้ว เราจะใช้โปรแกรมคำนวณหาจุดที่เกิดขึ้นระหว่างการเคลื่อนที่ โดยเราจะพบว่า เกิดจุดที่ใช้ในการเคลื่อนที่ระหว่างจุดปลายทาง 2 จุด เป็นจำนวนทั้งสิ้น 19 จุด และเมื่อให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้น ผ่านจุดดังกล่าวไปยังจุดสุดท้ายด้วยลักษณะการเคลื่อนที่แบบ joint interpolation เช่นเดิม จะได้ลักษณะทางเดินของหุ่นยนต์ที่ไม่เกิดการชนกับเสาที่ทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 3.19 ซึ่งเมื่อนำลักษณะทางเดินดังกล่าวไปสร้างเป็นไฟล์และทำการแปลงโดยใช้โพสต์โปรเซสเซอร์ที่พัฒนาขึ้นแล้ว ก็จะสามารถส่งไปควบคุมหุ่นยนต์แบบ off-line ต่อไปได้โดยไม่เกิดการชนจริงๆ ภายในเซลการทำงาน





รูปที่ 3.19 แสดงลักษณะของทางเดินที่หลีกเลี่ยงการชน (Track with avoiding)

3.4.3) การศึกษาและวิเคราะห์เกี่ยวกับสมดุลทางสถิตศาสตร์ของหุ่นยนต์ (Static Balance of a Robot)

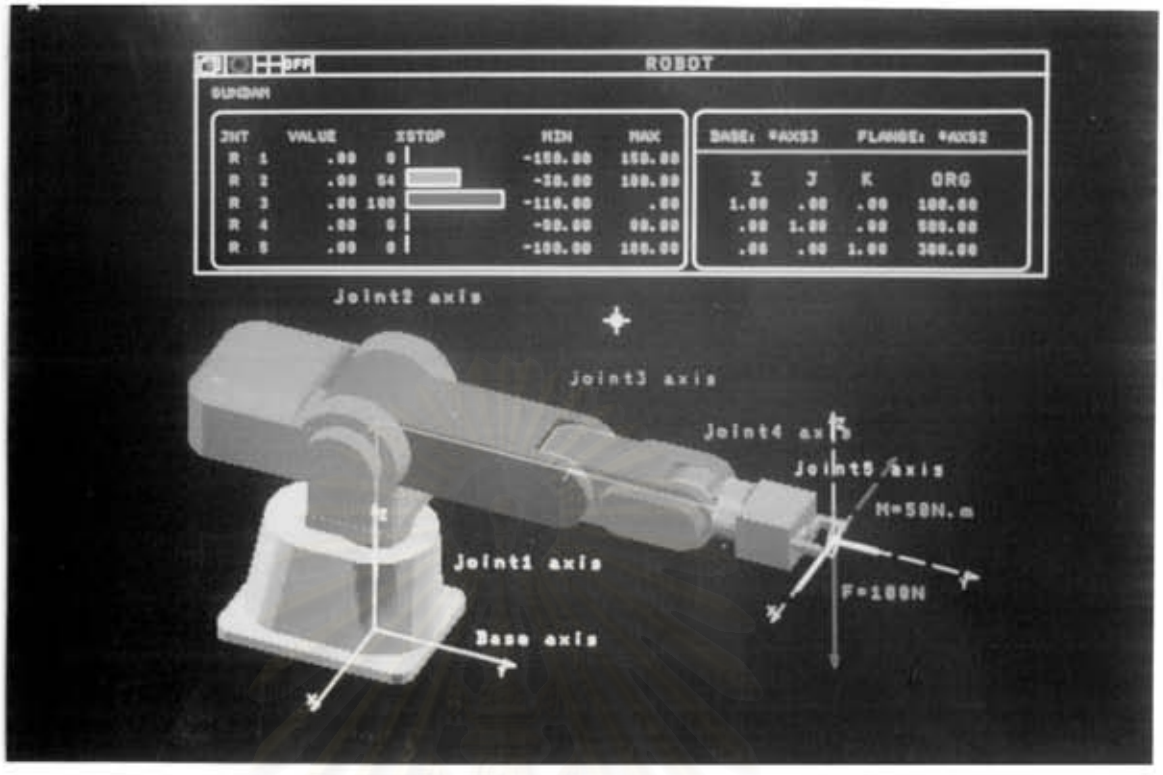
ในขั้นตอนนี้ จะเป็นการใช้ประโยชน์จากการคำนวณหาค่าของแรง และโมเมนต์ที่เกิดขึ้นในแต่ละข้อต่อเมื่อมีแรง และ/หรือ โมเมนต์ภายนอกมากระทำที่จุดใดจุดหนึ่งของหุ่นยนต์ โดยผลที่ได้จากการคำนวณจะนำไปใช้ในการศึกษาและตรวจสอบแรงหรือโมเมนต์ที่เกิดขึ้นที่ข้อต่อ เพื่อทำให้หุ่นยนต์เกิดสมดุลทางสถิติศาสตร์ โดยไม่ทำให้เกิดความเสียหายแก่มอเตอร์ ที่ใช้ขับข้อต่อนั้นๆ

จากการทดสอบโดย การกำหนดค่าของแรง และ/หรือ โมเมนต์ กระทำที่จุดปลายของหุ่นยนต์ MITSUBISHI RV-M1 ดังในรูปที่ 3.20

- การกำหนดทิศทางของแรง (Fx, Fy, Fz) โดยกำหนดเป็นเวคเตอร์ ของทิศทางที่มีส่วนประกอบในแนวแกน X,Y,Z โดยในที่นี้กำหนดทิศทางมีค่าเป็น 0,0,-1 ซึ่งแสดงทิศทางที่มีทิศชี้ลงในแนวแกน Z

- การกำหนดขนาดของแรง โดยในที่นี้กำหนดขนาดของแรงเป็น 100 N

- การกำหนดทิศทางของโมเมนต์ (Mx,My,Mz) โดยกำหนดเป็นทิศทางของเวคเตอร์ที่โมเมนต์ กระทำรอบแกนนั้น โดยในที่นี้กำหนดทิศทางมีค่าเป็น -1,0,0 ซึ่งแสดงเวคเตอร์ที่โมเมนต์ กระทำรอบแกน -X โดยมีทิศทางของโมเมนต์ ตามกฎมือขวา

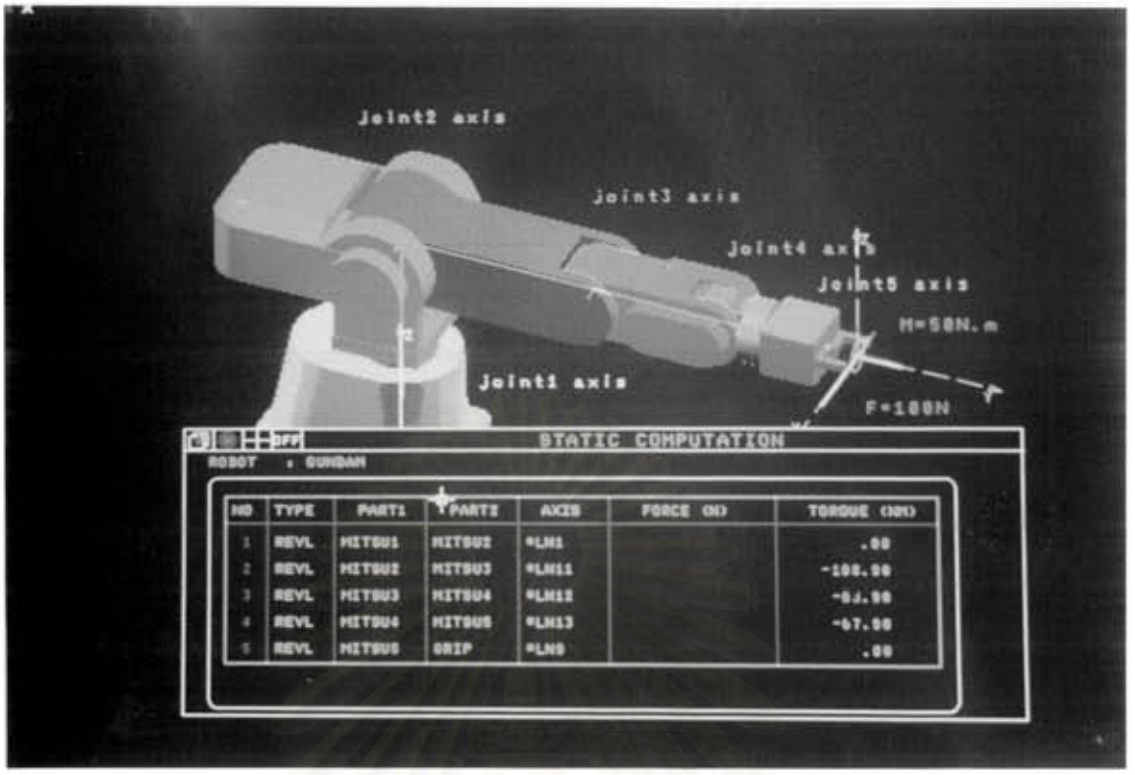


รูปที่ 3.20 แสดงแรงและโมเมนต์ภายนอก ที่กระทำที่จุดปลายของหุ่นยนต์

โดยมีการกำหนดค่าของพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

- การกำหนดขนาดของโมเมนต์ โดยในที่นี้กำหนดขนาดของโมเมนต์เป็น 50 N.M และเมื่อทำการคำนวณค่าของแรงหรือโมเมนต์ที่เกิดขึ้นในแต่ละข้อต่อ จะแสดงดังในรูปที่ 3.21

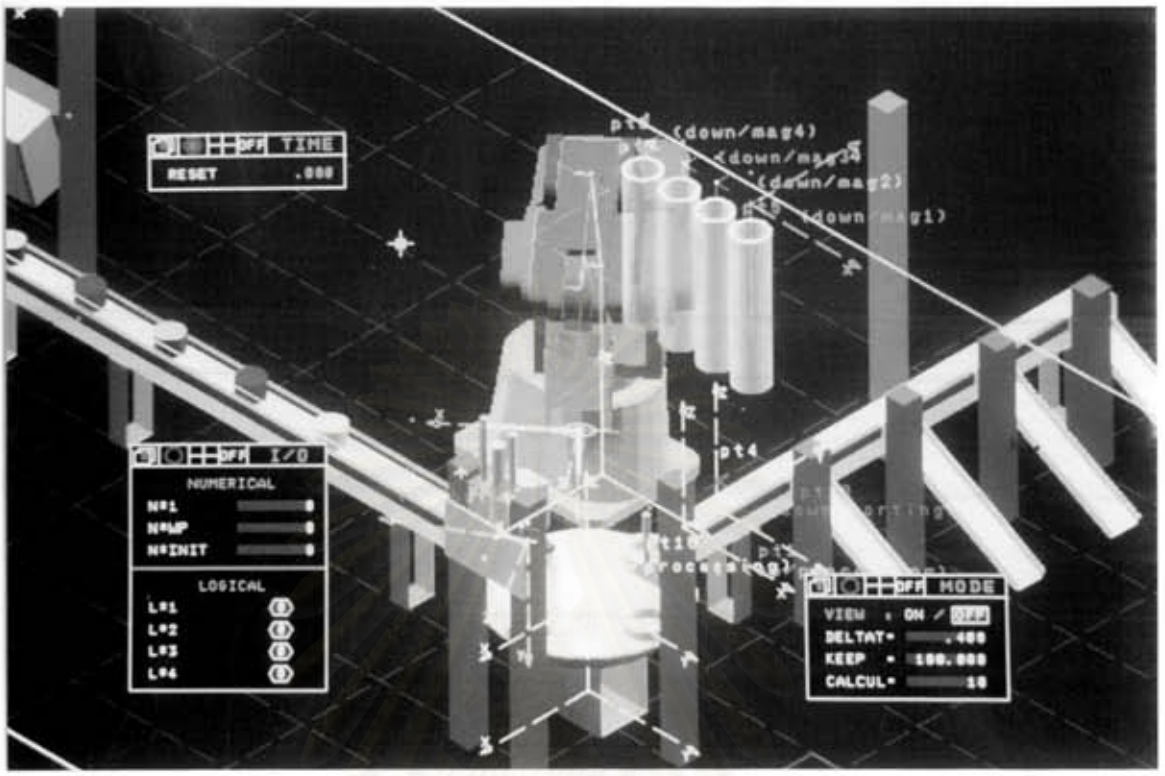
จากผลการคำนวณเราจะพบว่าเกิดโมเมนต์ในการทำงานขึ้นที่ ข้อต่อ 2, 3 และ 4 โดยไม่เกิดโมเมนต์ที่ข้อต่อ 1 และ 5 (ซึ่งเป็นข้อต่อที่เคลื่อนที่ต่างระนาบกับแนวแรงและโมเมนต์ที่กระทำ) โดยโมเมนต์ดังกล่าวจะเป็นโมเมนต์ที่เกิดจากมอเตอร์เพื่อต้านโมเมนต์จากภายนอก เพื่อรักษาสมดุลของหุ่นยนต์ นอกจากนี้ยังพบว่า ไม่เกิดแรงขึ้นที่ข้อต่อใดๆ ของหุ่นยนต์เลย ซึ่งมีสาเหตุมาจากลักษณะของข้อต่อของหุ่นยนต์เป็นข้อต่อแบบ revolute ทั้งหมด ในขณะที่เมื่อนำหุ่นยนต์ประเภท scara ซึ่งเป็นหุ่นยนต์ที่มีขอบเขตการทำงานเป็นปริมาตรทรงกระบอก โดยมีบางข้อต่อเป็นประเภท prismatic มาทดสอบโดยใช้แรงกระทำกับปลายแขนของหุ่นยนต์ในทิศทางเดียวกับลักษณะการเคลื่อนที่แบบเชิงเส้นของข้อต่อ prismatic นั้นๆ จะพบว่าเกิดแรงขึ้นที่ข้อต่อจาก actuater เพื่อรักษา สมดุล โดยไม่เกิดโมเมนต์ขึ้น



รูปที่ 3.21 แสดงค่าของแรง และ / หรือโมเมนต์ ที่คำนวณได้

3.5) ขั้นตอนการจำลองการทำงานสุดท้าย (Final Simulation)

ขั้นตอนนี้จะเป็นขั้นตอนสุดท้ายในการทำการจำลองการทำงาน โดยจะทำการจำลองและวิเคราะห์ลักษณะการทำงานรวมทั้งระบบของหุ่นยนต์ หนึ่งหรือมากกว่าหนึ่งตัว และส่วนประกอบอื่นๆ ภายในเซลการทำงานไปพร้อมๆ กัน (synchronized) โดยจะทำการศึกษาถึงความสัมพันธ์ในการทำงานของอินพุต/เอาต์พุต (input/output) ต่างๆ รวมไปถึงการทำงานและส่งค่าของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณภายในเซลการทำงาน นอกจากนี้ยังศึกษาถึงการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างลักษณะงาน (task) ของอุปกรณ์ต่างๆ และหลังจากที่ทำการศึกษาแก้ไขและปรับปรุงลักษณะงานต่างๆ ให้เหมาะสมที่สุด เช่น การตรวจสอบลักษณะทางเดิน การหาค่าเวลาที่ใช้ในการทำงาน (estimated time) การตรวจสอบการชนเมื่อมีการทำงานกับอุปกรณ์อื่นๆ แล้ว จึงทำการแปลงไฟล์ลักษณะงานดังกล่าวด้วยโพสต์โปรเซสเซอร์ และส่งไปยังตัวควบคุมของหุ่นยนต์เพื่อควบคุมหุ่นยนต์ต่อไป



รูปที่ 3.22 แสดงการทำงานใน workcell โดยแสดงค่า sensor ต่างๆ ที่ใช้ในเซลการทำงาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย