

# โปรแกรมการสร้างแบบจำลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ Siam Robotic Simulator (SIROS)

นายสุสตา หวังพงศ์พิพัฒน์ นายสมชาย ตันติศิริวัฒน์ นายเสริมพงศ์ เอภาวิน และดร. สยาม เจริญเสียง  
ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาหุ่นยนต์ภาคสนาม (FIBO) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

91 ถ.ประชาธิปไตย แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

โทร : 470-9339 โทรสาร. 470-9691

## บทคัดย่อ

การใช้อุปกรณ์ในห้องทดลองถือเป็นสิ่งที่จะช่วยให้นักศึกษาเข้าใจถึง หลักการการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ตลอดจนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ แต่อุปกรณ์ดังกล่าวมีราคาแพงและมีข้อจำกัดในการทำงาน ดังนั้นการใช้โปรแกรมจำลองจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับการศึกษาวិชาการหุ่นยนต์ ในโครงการนี้ได้มีการพัฒนาโปรแกรมแบบจำลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ที่มีชื่อว่าไซรอส (SIROS) เพื่อช่วยให้ผู้ใช้สามารถจำลองการเคลื่อนที่ของแบบจำลองหุ่นยนต์ที่ได้สร้างขึ้นมาได้อย่างสะดวก โปรแกรมไซรอสนี้ใช้ชุดคำสั่งทางด้านกราฟฟิคที่มีชื่อว่า OpenGL ในการสร้างรูปทรงเรขาคณิตแบบสามมิติของหุ่นยนต์ อีกทั้งยังมีส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้เป็นแบบ GUI ซึ่งทำงานบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ นอกจากนี้โปรแกรมไซรอสยังมีแบบฝึกสอนเกี่ยวกับความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับวิชาการหุ่นยนต์อีกด้วย

## Abstract

In order to help students to understand the concepts of robot motion and robot programming, the use of laboratory equipments is necessary. However, these equipments are quite expensive and restrictive in function. Thus, the use of simulator is an alternative approach for studying robotics. In this project, a robotic simulation program named Siam RObotic Simulator (SIROS) has been developed to allow users to simulate their robot configurations conveniently. A 3-D graphics library called OpenGL is used to render 3-D geometric models of robotic mechanisms. SIROS also provides an interactive graphical user interface (GUI) running on the Microsoft Windows. Furthermore, this program offers several tutorials on the basic concepts of robotics.

## 1. บทนำ

### 1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา

ในปัจจุบันหุ่นยนต์ได้ถูกนำมาใช้มากขึ้นเพื่อเพิ่มผลผลิตทั้งทางด้านเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม พร้อมกันนี้ก็ได้มีการพัฒนาในด้านต่าง ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบหุ่นยนต์และระบบควบคุมอัตโนมัติให้ดียิ่งขึ้น เพื่อเป็นการศึกษาระบบของหุ่นยนต์เบื้องต้น โปรแกรมการจำลองหุ่นยนต์ (Robotic Simulator) จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการสร้างแบบของหุ่นยนต์ก่อนการสร้างจริง และศึกษาการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์โดยไม่จำเป็นต้องเชื่อมต่อกับระบบหุ่นยนต์จริง

โปรแกรมการจำลองหุ่นยนต์ ได้ถูกพัฒนาออกมาแล้วเป็นจำนวนมากในต่างประเทศ แต่แบบจำลองส่วนใหญ่ต้องใช้ผู้ที่มีความรู้ความชำนาญมาก อีกทั้งแบบจำลองที่ได้สร้างขึ้นสามารถแสดงการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ได้เพียงลักษณะเดี่ยวหรือทำการแก้ไขดัดแปลงรูปแบบของหุ่นยนต์ได้ยาก ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาโปรแกรมสร้างแบบจำลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ที่สามารถออกแบบและแก้ไขการต่อโยงของกลไกที่ประกอบเป็นหุ่นยนต์ได้ง่ายและรวดเร็วขึ้น ดังนั้นจึงทำให้สามารถสร้างแบบจำลองได้มากตามความต้องการโดยใช้เวลาน้อย ซึ่งผู้ใช้ประโยชน์ไม่จำเป็นต้องมีความรู้ความชำนาญมากนัก

โปรแกรมไซรอสนี้ยังสามารถนำมาเป็นสื่อในการเรียนการสอนในวิชาการหุ่นยนต์เพื่อให้ผู้ศึกษาเข้าใจเกี่ยวกับพื้นฐานวิชาการหุ่นยนต์ได้ดียิ่งขึ้น

### 1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อสร้างและพัฒนาโปรแกรมการจำลองหุ่นยนต์ ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นภายในประเทศ โดยโปรแกรมนี้จะประกอบด้วยฟังก์ชันพื้นฐานที่ช่วยในการออกแบบแบบจำลองของหุ่นยนต์และศึกษาการเคลื่อนไหวของระบบหุ่นยนต์ได้อย่างสะดวก ซึ่งโปรแกรมนี้อยู่ได้รับการออกแบบและพัฒนาให้สามารถใช้งานบนระบบจัดการวินโดวส์ขนาด 32-บิตพร้อมทั้งมีส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้เป็นแบบ GUI อีกด้วย

## 2. วิธีดำเนินการวิจัย

โปรแกรมการจำลองหุ่นยนต์นี้ได้รับการออกแบบโดยใช้หลักการออกแบบแบบอิงวัตถุ(Object-oriented design) เพื่อสะดวกในการแยกพัฒนาส่วนของโปรแกรม โดยโปรแกรมหลักจะถูกแบ่งเป็นออกเป็นส่วนย่อยๆ แต่ละส่วนจะกำหนดส่วนรับและส่งข้อมูล (input/output) ไว้ล่วงหน้า โดยหลังจากได้รับการพัฒนาและทดสอบแต่ละส่วนเป็นที่เรียบร้อยแล้วจึงนำมามารวมกันเป็นโปรแกรมใหญ่ จากนั้นจะทำการทดสอบและแก้ไขจนกระทั่งได้ผลตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

แบบจำลองของหุ่นยนต์สำหรับตัวโปรแกรมนี้จะประกอบไปด้วยส่วนย่อยๆ เช่น ทรงกลม ทรงกระบอก ทรงสี่เหลี่ยม รวมทั้งจุดหมุนหรือจุดเคลื่อนที่ ซึ่งในอนาคตข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจวัดเช่นจำนวนมุมของข้อต่อของหุ่นยนต์ที่เปลี่ยนไป สามารถนำมาเชื่อมต่อกับตัวโปรแกรมการจำลองนี้เพื่อใช้เป็นส่วนช่วยในการมองเห็น (Visualization) สำหรับการวิเคราะห์ขั้นสูงต่อไป

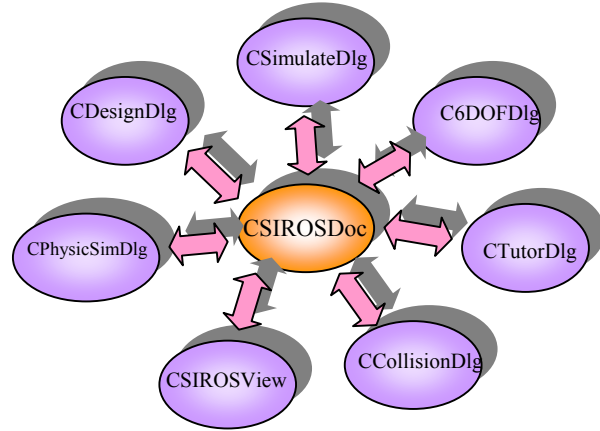
นอกจากหน้าจอหลักซึ่งใช้เป็นส่วนแสดงภาพของการออกแบบแล้ว โปรแกรมการจำลองยังประกอบไปด้วยหน้าต่างย่อยๆ ที่ช่วยในการออกแบบชิ้นงานให้ดีขึ้น เช่นหน้าต่างของกลองเสมือน ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้สามารถเปลี่ยนมุมมองของชิ้นงานได้รอบทิศ หรือหน้าต่างควบคุมข้อต่อ ซึ่งทำให้ผู้ใช้งานสามารถศึกษาแต่ละข้อต่อของชิ้นงานได้อย่างอิสระ

### 2.1 ส่วนประกอบหลักของโปรแกรมไซโรส (SIROS)

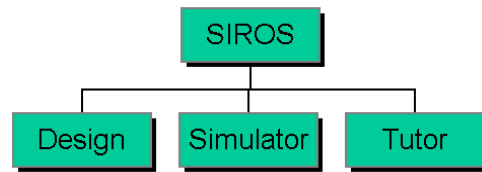
ในโปรแกรมไซโรสได้แบ่งเป็นคลาสหลักดังแสดงในรูปที่ 2.1 โดยจะมีคลาส CSIROSDoc เป็นคลาสที่เก็บรวบรวมข้อมูลหลักทั้งหมด คลาส CSIROView เป็นคลาสหลักที่ทำหน้าที่วาดและแสดงผล คลาส CDesignDlg เป็นคลาสที่ใช้สร้างแบบจำลอง คลาส CTutorDlg เป็นคลาสที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลเกี่ยวกับส่วนของการเรียนการสอน คลาส CSimulateDlg เป็นคลาสที่ทำหน้าที่จำลองการเคลื่อนที่ คลาส CCollisionDlg เป็นคลาสที่ทำหน้าที่ตรวจจับการชนกันของวัตถุ คลาส C6DOFDlg เป็นคลาสที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลของแบบจำลองหุ่นยนต์ที่มี 6 องศาอิสระ คลาส CPhysicSimDlg เป็นคลาสที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลของแบบจำลองที่มีการเคลื่อนที่ทางฟิสิกส์

นอกจากนี้โปรแกรมไซโรสยังมีส่วนประกอบหลักซึ่งแสดงในรูปที่ 2.2 ได้ดังนี้

1. ส่วนของการออกแบบลักษณะการต่อโยง (Design)
2. ส่วนของการจำลองการเคลื่อนที่ (Simulate)
3. ส่วนของสื่อการเรียนการสอน (Tutor)



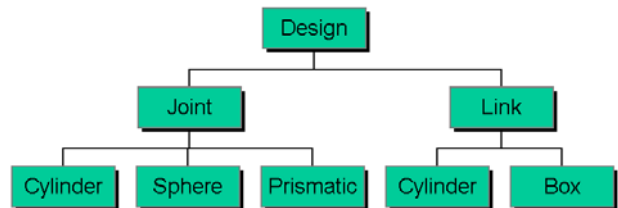
รูปที่ 2.1 แสดงองค์ประกอบของคลาสหลักในโปรแกรม



รูปที่ 2.2 แสดงแผนผังส่วนประกอบของโปรแกรมไซโรส

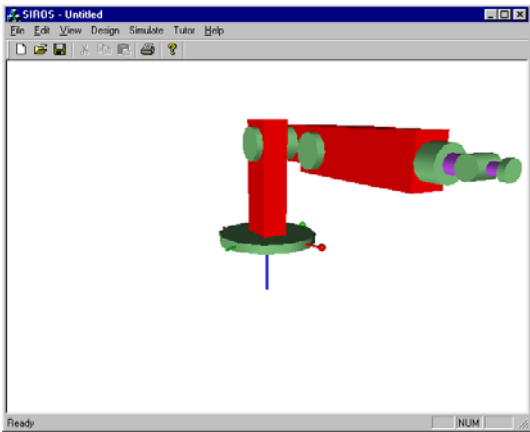
#### 2.1.1 ส่วนของการออกแบบลักษณะการต่อโยง (Design)

ในส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ใช้ในการสร้างและออกแบบลักษณะการต่อโยง โดยสามารถแสดงผลของแบบจำลองในลักษณะ 3 มิติ แบบจำลองจะประกอบด้วยส่วนประกอบย่อยๆ เช่น ทรงกลม ทรงกระบอก ทรงสี่เหลี่ยม รวมทั้งจุดหมุนหรือจุดเคลื่อนที่ ซึ่งสามารถกำหนดขนาดและค่าต่างๆ ตามต้องการได้เช่น ค่าพิทักเริ่มต้น จากหน้าต่างรับข้อมูล โดยรูปที่ 2.3 เป็นการแสดงแผนผังการทำงานในส่วนของการออกแบบ (Design) ซึ่งในการสร้างแบบจำลองนั้นได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือส่วนของการสร้างข้อต่อ (Joint) และส่วนของการสร้างชิ้นต่อโยง (Link)

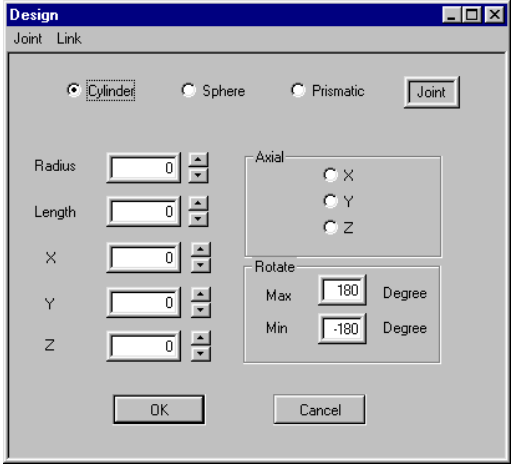


รูปที่ 2.3 แสดงแผนผังการทำงานในส่วนของการออกแบบ (Design)

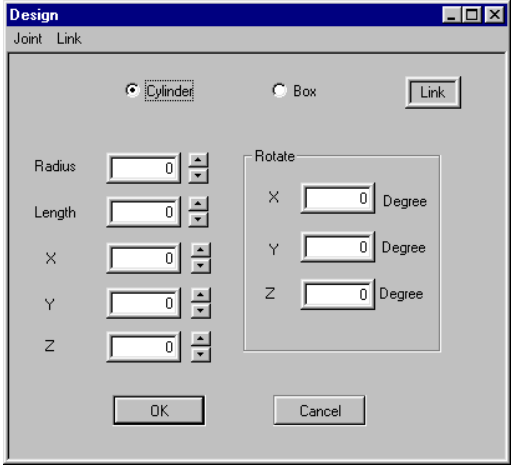
ซึ่งส่วนของการสร้างข้อต่อ (Joint) นั้น สามารถเลือกลักษณะการเคลื่อนที่ได้ 3 ลักษณะ อีกทั้งยังสามารถกำหนดค่ารัศมี ความยาว ค่าพิกัดบนระนาบแกน 3 มิติ กำหนดการหมุนรอบแกนและสามารถกำหนดขอบเขตของคาการหมุน โดยการกำหนดค่าผ่านหน้าต่างรับข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 2.4 และในส่วนของการสร้างชิ้นต่อโยง (Link) สามารถเลือกชิ้นต่อโยงได้ 2 ลักษณะ คือ ทรงกระบอก และทรงสี่เหลี่ยม อีกทั้งยังสามารถกำหนดค่ารัศมี ความยาว ค่าพิกัดบนระนาบแกน 3 มิติ และเลือกการหมุนรอบแกนต่างๆได้ โดยการกำหนดค่าผ่านหน้าต่างรับข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 2.5 จากนั้นก็นำรูปทรงเรขาคณิตมาประกอบกันเป็นกลุ่มต่อโยงของหุ่นยนต์ตามต้องการดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 แสดงรูปของกลุ่มการต่อโยง



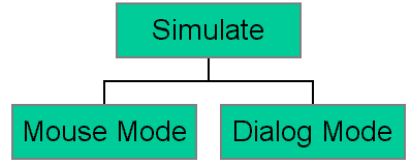
รูปที่ 2.4 แสดงหน้าต่างที่ใช้ใส่ค่าของข้อต่อ



รูปที่ 2.5 แสดงหน้าต่างที่ใช้ใส่ค่าของชิ้นต่อโยง

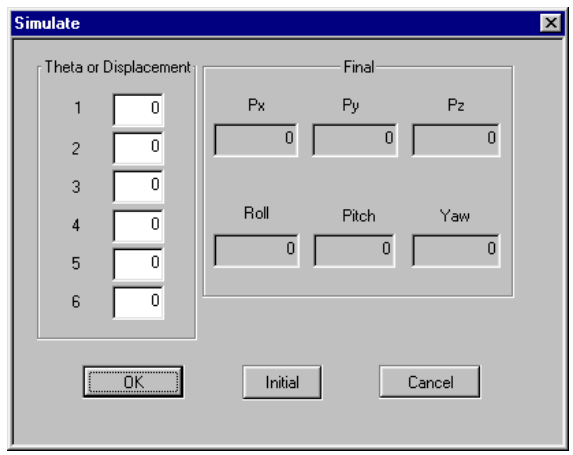
2.1.2 ส่วนของการจำลองการเคลื่อนที่ (Simulate)

เมื่อออกแบบกลุ่มต่อโยงเสร็จเรียบร้อยแล้วก็จะสามารถควบคุมลักษณะการเคลื่อนที่ได้ 2 วิธีดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แสดงแผนผังการทำงานในส่วนของการจำลองการเคลื่อนที่

1. ใช้เมาส์คลิกที่ข้อต่อต่างๆที่ต้องการ จากนั้นทำการลากเมาส์เพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของแบบจำลอง
2. โดยการกำหนดค่ามุมมองหรือค่าระยะการเคลื่อนที่ในแต่ละข้อต่อและสามารถแสดงค่าพิกัดจุดปลายในหน้าต่างรับข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 2.8

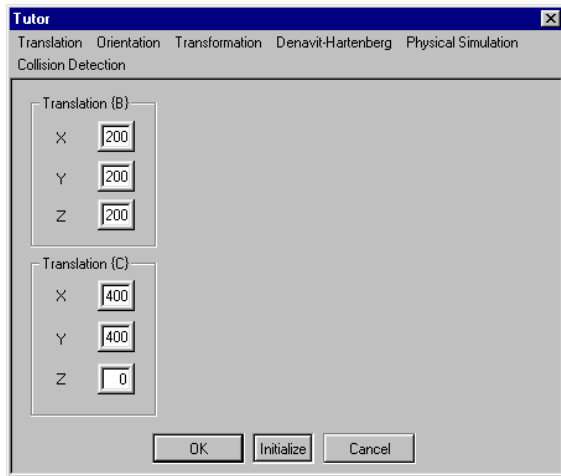


รูปที่ 2.8 แสดงหน้าต่างที่ใช้กำหนดค่าองศาและระยะการเคลื่อนที่ในแต่ละข้อต่อ

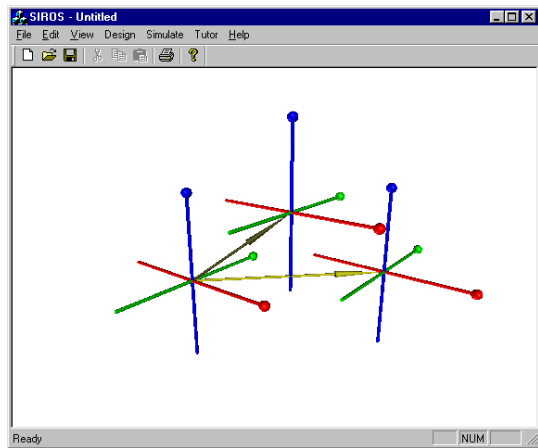
### 2.1.3 ส่วนของสื่อการเรียนการสอน (Tutor)

ในส่วนนี้จะเป็นสื่อในการเรียนการสอนเกี่ยวกับพื้นฐานของวิชาการหุ่นยนต์โดยแบ่งเป็น 7 หมวดคือ

1. หมวด Translation ซึ่งแสดงการเคลื่อนที่ของเฟรมแบบเลื่อนตำแหน่งที่สามารถกำหนดค่าพิกัดการเคลื่อนที่ของเฟรมได้ดังแสดงในรูปที่ 2.9 ส่วนรูปที่ 2.10 แสดงผลของการเคลื่อนที่ของเฟรมหลังจากที่ได้รับการป้อนข้อมูลแล้ว

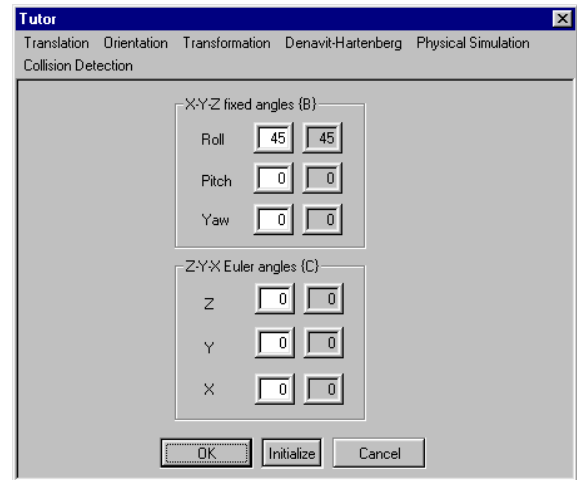


รูปที่ 2.9 แสดงหน้าต่างรับข้อมูลของการเคลื่อนที่แบบเลื่อนตำแหน่ง

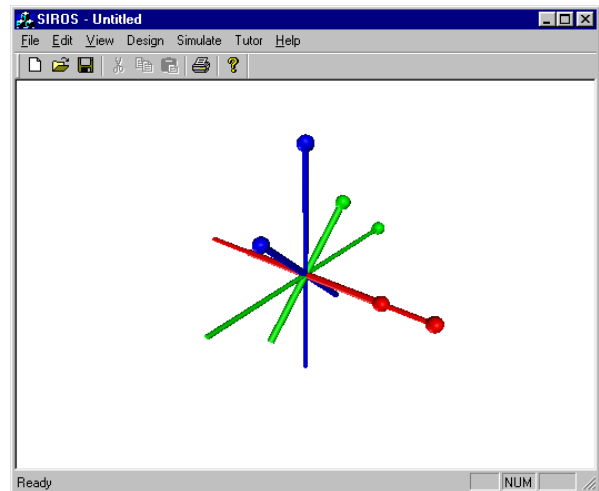


รูปที่ 2.10 แสดงภาพของเฟรมที่เกิดจากการเคลื่อนที่แบบเลื่อนตำแหน่ง

2. หมวด Orientation แสดงการเคลื่อนที่ของเฟรมแบบหมุนที่สามารถกำหนดค่าพิกัดการหมุนของเฟรมได้ดังแสดงในรูปที่ 2.11 ส่วนรูปที่ 2.12 แสดงผลของการหมุนของเฟรมหลังจากที่ได้รับการป้อนข้อมูลแล้ว

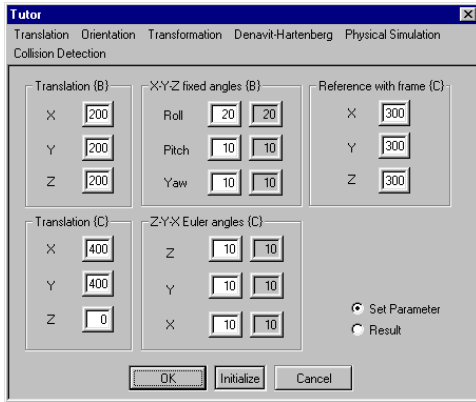


รูปที่ 2.11 แสดงหน้าต่างของการเคลื่อนที่แบบหมุน

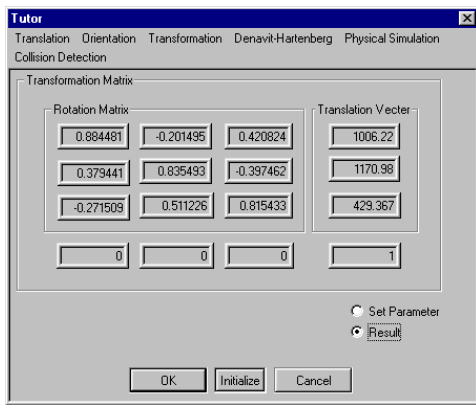


รูปที่ 2.12 แสดงภาพของเฟรมที่เกิดการเคลื่อนที่แบบหมุน

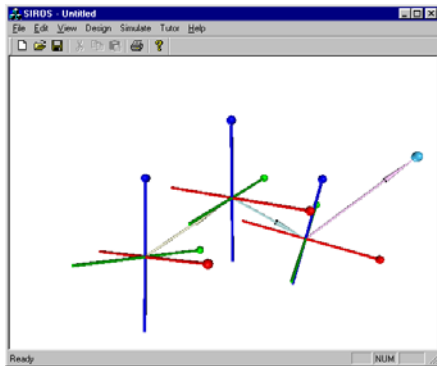
3. หมวด Transformation แสดงความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่ของเฟรมแบบเลื่อนตำแหน่งและแบบหมุน โดยเริ่มจากการกำหนดค่าพิกัดการเคลื่อนที่ของเฟรม ค่าพิกัดการหมุนของเฟรม และการกำหนดค่าพิกัดจุดปลายลงในหน้าต่างรับข้อมูลที่แสดงดังรูปที่ 2.13 แล้วสามารถดูผลค่าจำนวนที่แสดงในรูปของเมตริกซ์ทรานฟอร์มเมชันได้จากหน้าต่างดังแสดงในรูปที่ 2.14 ส่วนรูปที่ 2.15 แสดงผลของความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่ของเฟรมแบบเลื่อนตำแหน่งและแบบหมุนหลังจากที่ได้รับการป้อนข้อมูลแล้ว



รูปที่ 2.13 แสดงภาพหน้าต่างรับข้อมูลในส่วนของการ Transformation

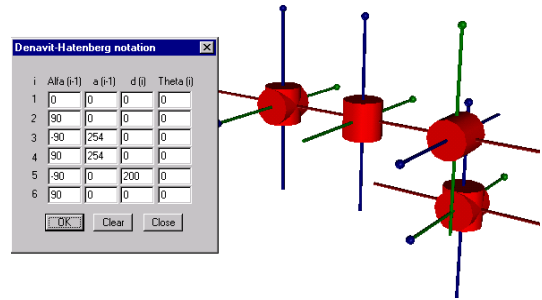


รูปที่ 2.14 แสดงภาพหน้าต่างของผลลัพธ์ในส่วนของการ Transformation



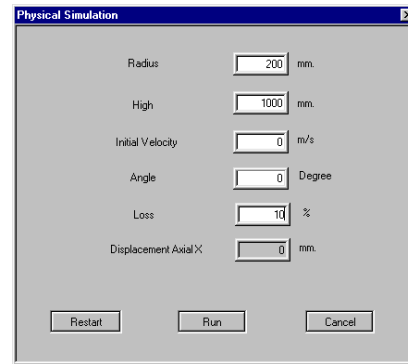
รูปที่ 2.15 แสดงภาพของเฟรมที่เกิดจากการเคลื่อนที่แบบเลื่อนตำแหน่ง และการเคลื่อนที่แบบหมุน

4. หมวดการสร้างแบบจำลองการเคลื่อนที่โดยใช้หลักการของ Denavit-Hartenberg การสร้างแบบจำลองการเคลื่อนที่แบบนี้ทำได้โดยการกำหนดค่าความยาวของชิ้นต่อโยง (Link length) ค่ามุมของชิ้นต่อโยงที่บิดไป (Link twist) ค่าระยะห่างระหว่างชิ้นต่อโยงที่มีแกนของข้อต่อร่วมกัน (Link offset) และค่ามุมของข้อต่อ (Joint angle) ลงในตารางของ Link parameter ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 2.16

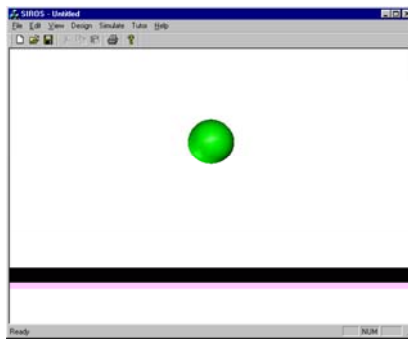


รูปที่ 2.16 แสดงแบบจำลองที่สร้างจากการกำหนดค่า Link parameter โดยวิธีของ Denavit-Hartenberg

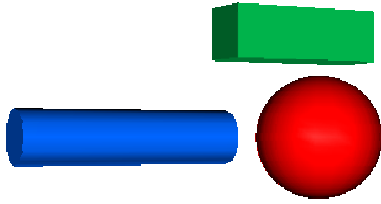
5. หมวดของการจำลองทางกายภาพ (Physical Simulation) เป็นการจำลองการเคลื่อนที่ของลูกบอลที่ตกภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลกโดยผู้ใช้สามารถกำหนดตัวแปรที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ได้ เช่น ความสูงของบอล ขนาด ความเร็ว และทิศทางของการเคลื่อนที่ โดยการกำหนดค่าผ่านทางหน้าต่างรับข้อมูลดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 2.17



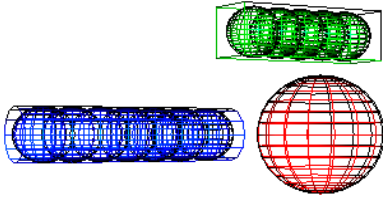
รูปที่ 2.17 แสดงหน้าต่างรับข้อมูลและภาพจำลองการเคลื่อนที่โดยใช้หลักการทางฟิสิกส์



6. หมวดการตรวจจับการชน (Collision Detection) แสดงตัวอย่างของการตรวจจับการชนของรูปทรงเรขาคณิตอย่างง่าย โดยอาศัยหลักการหาระยะทางระหว่างจุดศูนย์กลางของทรงกลม โดยผู้ใช้สามารถเลือกหมวดการแสดงผลได้ 2 ลักษณะจากหน้าต่างการทำงาน ซึ่งในรูปที่ 2.18 และรูปที่ 2.19 เป็นการแสดงผลภาพแบบรูปทรงทึบและแบบโครงร่างตามลำดับ

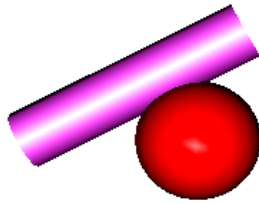


รูปที่ 2.18 การแสดงภาพแบบรูปทรงทึบ

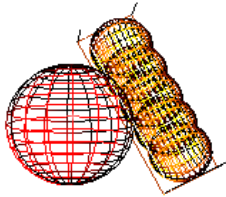


รูปที่ 2.19 การแสดงภาพแบบโครงร่างตาข่าย

เมื่อเกิดการชนกันของรูปทรง สีของรูปทรงที่ถูกชนจะเปลี่ยนไป แต่เมื่อไม่เกิดการชน สีของรูปทรงนั้นก็กลับเป็นสีแดง รูปที่ 2.20 และรูปที่ 2.21 แสดงตัวอย่างการชนของภาพทั้ง 2 แบบ



รูปที่ 2.20 แสดงภาพแบบรูปทึบเมื่อเกิดการชนกัน

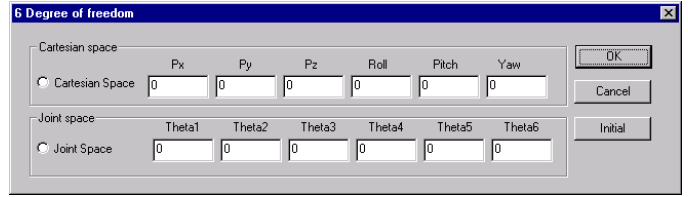


รูปที่ 2.21 แสดงภาพแบบโครงร่างตาข่ายเมื่อเกิดการชนกัน

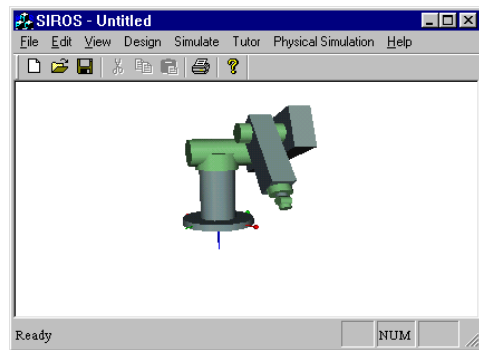
7. หมวดแสดงการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ที่มี 6 องศาอิสระ โดยมีโครงสร้างแบบเดียวกับหุ่นยนต์ PUMA 560 ในหมวดนี้ได้แบ่งการจำลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

1. จำลองการเคลื่อนที่โดยการกำหนดค่าแบบ Joint space และแสดงค่าพิกัดจุดปลาย
2. จำลองการเคลื่อนที่โดยการกำหนดค่าแบบ Cartesian space และแสดงค่ามุมในแต่ละข้อต่อ

ซึ่งจะทำให้ผู้ที่ศึกษาสามารถเข้าใจหลักการเคลื่อนที่แบบ Joint space และแบบ Cartesian space ได้ดียิ่งขึ้น รูปที่ 2.22 แสดงหน้าต่างรับค่าทั้งทางด้าน Joint space และ Cartesian space ซึ่งตัวอย่างของภาพการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ที่มี 6 องศาอิสระนั้นจะแสดงดังรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.22 แสดงหน้าต่างที่รับค่าในหมวดแสดงการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ 6 องศาอิสระ



รูปที่ 2.23 แสดงภาพการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ 6 องศาอิสระ

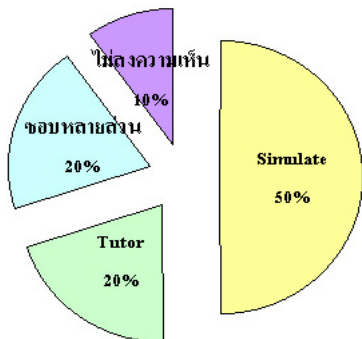
### 3. ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย

หลังจากที่ได้ทำการพัฒนาโปรแกรมจำลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ได้ตามวัตถุประสงค์แล้ว ก็ได้มีการนำโปรแกรมดังกล่าวไปทดลองใช้และมีการเก็บข้อมูลจากผู้ใช้งาน 37 คน โดยใช้แบบสอบถามซึ่งมีผลแสดงดังตารางที่ 3.1 และตารางที่ 3.2 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.1 แสดงผลของคะแนนที่ได้จากผู้ที่ไม่เคยเรียนวิชาการหุ่นยนต์

	คะแนนที่ได้ $\times$ น้ำหนักคะแนน	คะแนนรวม $\times$ น้ำหนักคะแนน
ภาพรวมของโปรแกรม (0.4)	84.4	102.4
Design (0.2)	68	89.6
Simulate (0.2)	30	38.4
Tutor (0.2)	121	153.6
รวม	303.4	384

สำหรับผู้ที่ไม่เคยเรียนวิชาการหุ่นยนต์มีความพอใจในโปรแกรมไซรอสโดยรวมคิดเป็น 79 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 3.1 ส่วนผลของความพอใจในแต่ละส่วนของโปรแกรมไซรอสจะแสดงดังรูปที่ 3.1

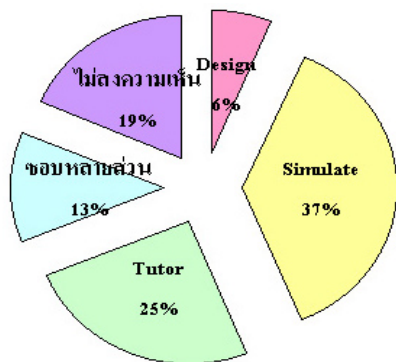


รูปที่ 3.1 แผนภาพแสดงความพอใจของการใช้งานในแต่ละส่วนโปรแกรมไซรอสสำหรับผู้ที่ไม่เคยศึกษาวิชาการหุ่นยนต์

ตารางที่ 3.2 แสดงผลของคะแนนที่ได้จากผู้ที่เคยเรียนวิชาการหุ่นยนต์

	คะแนนที่ได้ × น้ำหนัก คะแนน	คะแนนรวม × น้ำหนัก คะแนน
ภาพรวมของโปรแกรม	53.2	64
Design	43	56
Simulate	19.6	24
Tutor	71.2	96
รวม	187	240

สำหรับผู้ที่เคยเรียนวิชาการหุ่นยนต์มีความพอใจในโปรแกรมไซรอสโดยรวมคิดเป็น 78 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 3.2 ส่วนผลของความพอใจในแต่ละส่วนของโปรแกรมไซรอสจะแสดงดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แผนภาพแสดงความพึงพอใจของการใช้งานในแต่ละส่วนของโปรแกรมไซรอสสำหรับผู้ที่เคยศึกษาวิชาการหุ่นยนต์

จากการเก็บข้อมูลโดยการใช้แบบสอบถามนั้นจะสังเกตเห็นว่าผู้ใช้โปรแกรมไซรอส มีความพึงพอใจกับส่วนของการจำลองการเคลื่อนที่มากที่สุด รองลงมาคือส่วนของการเรียนการสอน

#### 4. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จะเห็นว่าโปรแกรมการจำลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์นี้มีส่วนประกอบต่างๆ เช่น ส่วนของการออกแบบ (Design) และส่วนของการจำลองการเคลื่อนที่ (Simulate) ซึ่งช่วยลดระยะเวลาในการออกแบบหุ่นยนต์หรือระบบกลไกก่อนที่จะนำไปสร้างจริง ในส่วนที่ใช้เป็นสื่อการเรียนการสอน (Tutor) นั้นจะช่วยให้ผู้ที่สนใจในวิชาการหุ่นยนต์ได้มีความเข้าใจในเนื้อหาวิชามากยิ่งขึ้น

ในอนาคตเราสามารถพัฒนาโปรแกรมไซรอสนี้ให้มีส่วนเชื่อมต่อเข้ากับชุดควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์จริงได้โดยผ่านทางพอร์ตที่ใช้รับและส่งข้อมูล (Input/Output Port) เช่น พอร์ตอนุกรม (Serial Port) พอร์ตขนาน (Parallel Port) หรือพอร์ตยูเอสบี (USB Port) ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้สามารถใช้โปรแกรมไซรอสควบคุมหุ่นยนต์ได้โดยตรง สำหรับการนำไปใช้งานนั้นเราสามารถทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์จริงจากโปรแกรมจำลองการเคลื่อนที่ที่ก่อนนำไปสั่งให้หุ่นยนต์ปฏิบัติงานจริง ซึ่งจะช่วยให้เกิดความปลอดภัยอีกทั้งยังช่วยประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายมากกว่าการใช้หุ่นยนต์จริงในการทดสอบ

นอกจากนั้นเราสามารถนำข้อมูลจากตัวตรวจจับสัญญาณ (Sensor) มาใช้กับการจำลองการเคลื่อนที่ เช่น Encoder ที่ใช้วัดมุมจากหุ่นยนต์จริงมาเป็นข้อมูลในการจำลองการเคลื่อนที่ ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการควบคุมระยะไกล (Teleoperation) เพื่อลดปัญหาในเรื่องของการส่งถ่ายข้อมูลจำนวนมากและความล่าช้า (Delay) ในเครือข่ายของระบบคอมพิวเตอร์ เราสามารถนำข้อมูลจากตัวรับสัญญาณของหุ่นยนต์มาใช้กับโปรแกรมแบบจำลองการเคลื่อนที่เพื่อทดแทนการส่งสัญญาณภาพ ซึ่งจะทำให้เห็นภาพการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์จากแบบจำลองที่สอดคล้องกับการทำงานของหุ่นยนต์จริง

#### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ รศ.ดร.ชิต เหล่าวัฒนา และ ดร.ถิศา มณีวรรณ ที่ให้คำแนะนำต่าง ๆ และให้การสนับสนุน

ขอขอบคุณศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติที่ให้ทุนสนับสนุนส่วนหนึ่งในโครงการนี้