Technical Education Journal King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Vol. 3, No. 2, July - December 2012

การพัฒนาชุดฝึกที่ใช้การเรียนรู้แบบเน้นประสบการณ์เป็นฐาน เรื่องวิทยาการหุ่นยนต์เบื้องต้น

นำโชค วัฒนานัย[1*] วิชัย ใจกล้า[2] สุรัตน์ สกุลหอม[2] พูลศักดิ์ โกษียาภรณ์[3] และ วันชัย ตาลานนท์[4]

บทคัดย่อ

โครงงานวิจัยนี้นำเสนอชุดฝึกการเรียนรู้วิทยาการหุ่นยนต์เบื้องต้น เพื่อให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในหลักจลนศาสตร์และการควบคุมหุ่นยนต์อุตสาหกรรมโดยอาศัยสื่อการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น ทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจการทำงานของหุ่นยนต์ได้ใกล้เคียงกับงานจริงในอุตสาหกรรม ผลการวิจัยในด้านการออกแบบและการสร้างระบบ ประกอบด้วย 1) แผนการเรียนรู้และใบประลองด้วยรูปแบบที่เน้นให้ผู้เรียนเกิดประสบการณ์ 2) ซอฟท์แวร์ที่พัฒนาขึ้นจากโปรแกรม ROBOSIM เพื่อให้ผู้ใช้ได้เรียนรู้รูปแบบการทำงานและการเคลื่อนที่ตามหลักจลนศาสตร์และใช้จำลองโดยมีฟังก์ชันการทำงานที่เชื่อมต่อกับชุดควบคุมการขับเคลื่อนรุ่น MPC-3024 ที่สามารถควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ได้ 4 ตัวพร้อมกัน 3) หุ่นยนต์จำลองสร้างขึ้นเป็นแบบ 3 แกน มีความสูง 45 เซนติเมตรน้ำหนักประมาณ 10 กิโลกรัมสามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบโครงสร้างได้หลายแบบ (Reconfigurable) เชื่อมต่อการทำงานด้วยโปรแกรมซึ่งทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการวินโดว์ ผลการวิจัยในด้านการทดสอบระบบ พบว่า หุ่นยนต์จำลองสามารถเคลื่อนที่ได้ถูกต้องตามคำสั่งภายใต้โปรแกรมจลนศาสตร์ผกผันที่พัฒนาขึ้นและมีค่าผิดพลาดเชิงตัวเลขน้อยกว่า 1%

คำสำคัญ: วิทยาการหุ่นยนต์ ชุดฝึกเพื่อการเรียนรู้ การเรียรู้แบบเน้นประสบการณ์

[1*] นักศึกษาระดับปริญญาเอก ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ โทรศัพท์ 08-3137-8607 E-Mail: numchokekmutnb@gmail.com

[2] นักศึกษาระดับปริญญาตรี ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ E-Mail: wichai_jaikla@hotmail.com, surat_pw@hotmail.com

[3] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ E-Mail: pks@kmutnb.ac.th

[4] อาจารย์ประจำ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ E-Mail: wtn@kmutnb.ac.th

_12-1640(001-142).indd 90 12/7/12 2:54:47 AM

Development of Training Package
Based on Active Experimentation Learning in Fundamental of Robotics

Numchoke Wattananaiya[1*], Wichai Chaikra[2], Surat Sakulhom[2]
Poolsak Koseeyaporn[3] and Wanchai Talanont[4]

Abstract

In this research, a training set for introductory of robotic study was developed to help students understand the kinetics and control of industrial robots based on the developed training set. In addition, they could more clearly understand the robot structures via both computer simulation and the developed robot parts. The hardware and software are designed to support learners to study under active experiment learning approach. The results in this design and construction of the system consists of 1) the learning plan and experiment sheets a focus on learning experience 2) the developed program for letting ROBOSIM to support the motion control card (MPC-3024) which can control up to 4 servo motors 3) the robot structure from real robot structure assembly and from ROBOSIM software, RRR and PRR robot having 3-axis, 45-centimetre height and weighting about 10 kilograms. The testing results show that the software can simulate robot motion based on inverse kinematics correctly where the numerical error is less than 1%.

Keyword: Robotics, Training Package, Experimentation Learning

[1*] Doctor's Degree Student, Department of Teacher Training in Electrical Engineering, Graduate School, King Mongkut's University of Technology North Bangkok Tel. 08-3137-8607 E-Mail: numchokekmutnb@gmail.com

[2] Bachelor's Degree Student, Department of Teacher Training in Electrical Engineering, Faculty of Technical Education, King Mongkut's University of Technology North Bangkok

[3] Assistant Professor, Department of Teacher Training in Electrical Engineering, Faculty of Technical Education, King Mongkut's University of Technology North Bangkok

[4] Instructor, Department of Teacher Training in Electrical Engineering, Faculty of Technical Education, King Mongkut's University of Technology North Bangkok

1. บทนำ

ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีในปัจจุบัน ทำให้วิทยาการหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติได้รับความสนใจอย่างมาก ดังจะเห็นได้จากมีเวทีการแข่งขันหุ่นยนต์ทั้งในระดับชาติหรือนานาชาติ เพราะหุ่นยนต์มีความน่าสนใจ หุ่นยนต์สามารถสนองตอบความต้องการใช้งานของมนุษย์ได้ เช่น อุตสาหกรรม การสื่อสาร การสำรวจ การแพทย์ การบันเทิง การศึกษาเรียนรู้หรือการฝึกอบรม เป็นต้น แต่เนื่องจากหุ่นยนต์ส่วนใหญ่เป็นระบบที่นำเข้าจากต่างประเทศจึงมีราคาสูง ราคาค่าใช้จ่ายของหุ่นยนต์ขึ้นอยู่กับขนาดและรูปแบบการทำงาน ดังนั้น เพื่อเป็นการลดอัตราการนำเข้าหุ่นยนต์สำหรับงานการผลิต หรือใช้ในการเรียนการสอนเพื่อเตรียมความพร้อมให้นักศึกษาได้รับประสบการณ์การทำงานจริงเกี่ยวกับการควบคุมหุ่นยนต์ จึงมีหน่วยงานวิจัยและสถาบันการศึกษาหลายแห่ง ได้ทำการศึกษาวิจัยและพัฒนาวิทยาการหุ่นยนต์และบุคลากรมากขึ้น

ทรัพยากรที่สำคัญของงานการผลิต คือ บุคลากรที่มีความรู้ความสามารถด้านวิทยาการหุ่นยนต์ มีทักษะในการใช้งานและควบคุมหุ่นยนต์ วิธีการพัฒนาบุคลากรให้มีคุณภาพ คือ การส่งเสริมการเรียนรู้ให้เข้าใจการทำงานและวิธีการควบคุมหุ่นยนต์ เพราะเป็นศาสตร์ที่อาศัยความรู้หลายสาขา เช่น เครื่องกล ไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์และการควบคุมเข้าด้วยกัน ซึ่งเรียกว่า System Integration หากมีการส่งเสริมให้บุคลากรมีการพัฒนาตนเอง จะเกิดประโยชน์ต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมของประเทศได้

วิทยาการหุ่นยนต์เป็นสหวิชา ใช้เวลาในการเรียนรู้และยากต่อการทำความเข้าใจเพียงแค่ตำราหรือการสอนแบบบรรยายหน้าชั้นเรียนเท่านั้น สิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ให้เกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วและเห็นผลชัดเจน คือ การเรียนรู้โดยอาศัยสื่อที่เหมาะสมและมีคุณภาพ สื่อ [1] จึงมีบทบาทอย่างมากในการเรียนการสอน ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาได้ตรงกับความต้องการของผู้สอนและวัตถุประสงค์ หากมีการใช้สื่อการเรียนการสอนที่ช่วยลดจินตนาการหรือการได้ทดลองกับหุ่นยนต์จริง จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนการสอนได้เป็นอย่างดี

งานวิจัยที่ใช้หุ่นยนต์หรือแบบจำลองในการเรียนการสอน มีส่วนช่วยให้นักศึกษามีความเข้าใจถึงวิทยาการหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติได้ง่ายขึ้น ประหยัดค่าใช้จ่ายในการจัดหาอุปกรณ์เพื่อใช้ในการทดลองและยังสามารถเข้าถึงนักศึกษาได้ทุกคน มีความสนุกในการเรียนรู้ ผู้เรียนได้เรียนด้วยการปฏิบัติจากของจริง ผลการศึกษาของนักศึกษามีนัยสำคัญระดับที่สูงขึ้น ตัวอย่างงานวิจัยได้แก่

Eve Coste-Maniere [2] นำเสนอโปรแกรมแสดงการทำงานของหุ่นยนต์ สามารถเชื่อมต่อสั่งงานร่วมกับระบบคอมพิวเตอร์ด้วย graphical dynamic simulation ส่วน Rachid Manseur [3] ใช้ซอฟท์แวร์สอนเรื่องจลนศาสตร์หุ่นยนต์ ทำให้เข้าใจและมองเห็นโครงสร้างหุ่นยนต์ได้ง่าย ช่วยในการคำนวณค่า Forward & Inverse Kinematics นอกจากนั้น Ian Horswill [4] แห่ง Northwestern University ซึ่งเชื่อว่าหุ่นยนต์จะมีส่วนช่วยให้ผู้เรียนเกิดความสนใจอยากเรียนรู้ได้ ถ้าผู้เรียนเป็นผู้ที่ลงมือปฏิบัติและทำงานตรงกับสภาพจริงมากกว่าการเป็นผู้ฟังบรรยายเพียงอย่างเดียว ในขณะที่ Xiaodong Sun [5] ใช้ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์สอนกราฟิกที่มหาวิทยาลัยโตเกียว เพื่อให้นักศึกษาเข้าใจและมองภาพกราฟิกได้ง่าย ซึ่ง Anthony Mallet [6] กล่าวว่าการทำความเข้าใจในวิทยาการหุ่นยนต์เป็นเรื่องที่ซับซ้อนมาก จึงต้องมีซอฟต์แวร์ที่ใช้ควบคุมและเครื่องมือเฉพาะช่วยอธิบายและ Hany Bassily [7] นำเสนอห้องปฏิบัติการของการเรียนการสอนเมคคาทรอนิกส์ ซึ่งได้จัดการเรียนเป็นกลุ่มเพื่อทดลองการจำลองระบบงานอุตสาหกรรม สำหรับใช้ฝึกทักษะผู้เรียนด้านเทคนิคและวิธีการทางความคิด ให้เกิดความเข้าใจระบบการขนส่งวัสดุ โดยใช้เซอร์โวมอเตอร์ควบคุมสายพานลำเลียงในงานอุตสาหกรรม

ข้อค้นพบที่กล่าวมานี้ แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการเรียนรู้ของการใช้ซอฟท์แวร์ เพื่อจำลองแบบโครงสร้างและการทำงานของหุ่นยนต์ ผู้เรียนควรได้รับการฝึกทักษะที่จำเป็นสำหรับงานอุตสาหกรรมจริง งานวิจัยนี้จึงสร้างชุดฝึกการเรียนรู้ด้านวิทยาการหุ่นยนต์ เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจในสาระของวิทยาการหุ่นยนต์ ร่วมกับการฝึกปฏิบัติให้เกิดประสบการณ์ด้านหุ่นยนต์อุตสาหกรรม เป็นการเตรียมพร้อมบุคลากรที่มีความสามารถในการทำงาน

อุตสาหกรรม สามารถออกแบบและควบคุมหุ่นยนต์อุตสาหกรรมได้

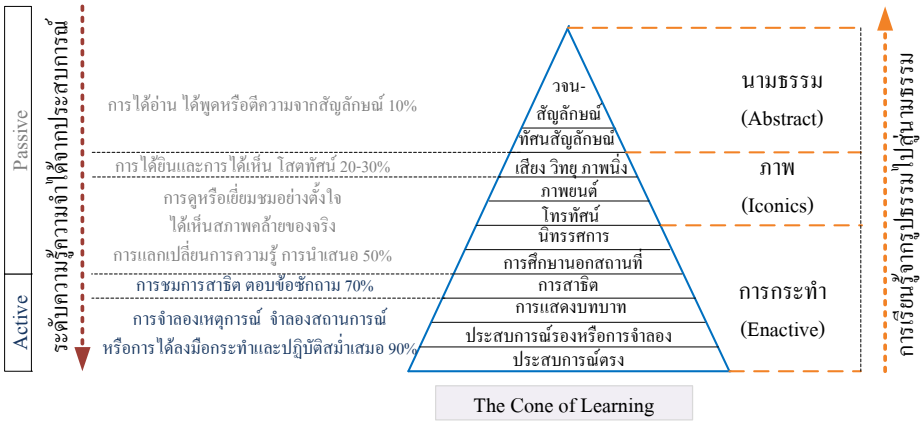
2. การออกแบบการจัดการเรียนรู้

การเรียนรู้แบบเน้นประสบการณ์ เป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่จัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์หรือเหตุการณ์ที่ได้พบและลงมือปฏิบัติจริง ฝึกฝนการทำงานจนผู้เรียนมีประสบการณ์ เรียนรู้จากการใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือ สร้างความรู้ให้กับตนเองได้อย่างมีความหมาย ด้วยการที่ผู้เรียนเชื่อมโยงความรู้เดิมหรือประสบการณ์เดิมเข้ากับสิ่งใหม่ที่ได้ประสบ จัดลำดับเหตุการณ์หรือสิ่งที่พบอย่างเป็นระบบขั้นตอน แปลความหมายนั้นจนทำให้เกิดความรู้ขึ้นแก่ผู้เรียน

ทฤษฎีประสบการณ์นิยมมาจากลัทธิประจักษ์นิยม (Empiricisms) ของอังกฤษ มีรากศัพท์มาจากภาษากรีก คือ “empeiria” แปลเป็นภาษาละตินว่า “experientia” ตรงกับภาษาอังกฤษว่า “experience” หมายถึง “ประสบการณ์” โดยนักปรัชญากลุ่มประสบการณ์นิยมชาวอังกฤษ (British empiricists) ได้แก่ จอห์น ล็อค (John Locke: 1632-1704) จอร์จ เบิร์คเลย์ (George Berkeley: 1685-1753) และเดวิด ฮูม (David Hume: 1711-1776) [8] เมื่อแนวคิดการเรียนรู้แบบนี้เผยแพร่ไปในสหรัฐอเมริกา ทฤษฎีแบบประสบการณ์นิยมจึงถูกพัฒนาขึ้นจนมีชื่อเรียกต่างกันเช่น ปฏิบัตินิยม อุปกรณ์นิยมหรือทดลองนิยม นักปรัชญาในยุคนี้ได้แก่ วิลเลียม เจมส์ (William James) เรียก Pragmatism ชาเลส เพียร์ส (Charles Peirce) เรียก Instrumentalism แต่จอห์น ดิวอี (John Dewey) เรียก Experimentalism

การเรียนรู้ที่ดีควรเริ่มจากสิ่งที่มองเห็นไปสู่สิ่งที่มองไม่เห็น จะทำให้เกิดความคงทนของความรู้ ซึ่งเอดการ์ เดล (Edgar Dale) ได้จำแนกสื่อการสอนที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความรู้ตามระดับขั้นประสบการณ์ เปรียบเทียบกับ Bruner ซึ่งเป็นนักจิตวิทยาที่สนใจในด้านการเรียนการสอนที่ทำให้เกิดการพัฒนาด้านความคิดของมนุษย์ แสดงดังรูปที่ 1 อธิบายการเรียนรู้ที่ควรเริ่มต้นจากรูปธรรมเพื่อนำไปสู่นามธรรม ระดับความคงทนของสิ่งที่ผู้เรียนเป็นผู้ได้ลงมือกระทำเอง (Active) การได้รับประสบการณ์จากเหตุการณ์จริงหรือการจำลอง ทำให้เกิดการเรียนรู้ ระดับความคงทนของความรู้ความเข้าใจจึงสูง

การเรียนแบบเน้นประสบการณ์ต้องอาศัยความรู้เดิมหรือประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ John Dewey (1974) และ David Kolb (1984) [9] ให้ความหมายของการเรียนรู้แบบประสบการณ์ว่าเป็นกลยุทธที่ใช้เชื่อมโยงประสบการณ์ในห้องเรียนและนอกห้องเรียนเพื่อก่อให้เกิดความรู้ ทิศนา แขมมณี [10] ให้คำนิยามการจัดการเรียนรู้แบบเน้นประสบการณ์ว่าเป็นการดำเนินการ ที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามเป้าหมาย ด้วยการจัดให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ (Experience) ที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ เชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ด้วยการพิจารณา วิเคราะห์ สร้างเป็นความคิดรวบยอดในเรื่องที่เรียนรู้นั้นได้ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ ๆ ต่อไป



รูปที่ 1 กรวยประสบการณ์เปรียบเทียบกับการเรียนการสอนของบรุนเนอร์

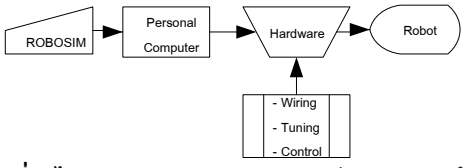
รายวิชาแขนกลอุตสาหกรรมหรือวิทยาการหุ่นยนต์เบื้องต้น เป็นวิชาที่เน้นการปฏิบัติ งานวิจัยนี้กำหนดแนวทางในการจัดการเรียนการสอนหรือจัดกิจกรรม คือ การวิเคราะห์เนื้อหาเพื่อให้ได้เนื้อหา หน่วยเรียน บทเรียน หัวข้อ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อสอบหรือใบงาน รูปแบบการสอน สื่อ และวิธีการวัดประเมินผล

เครื่องมือประกอบการพิจารณา ได้แก่ 1)ตารางเปรียบเทียบหลักสูตรของสถานศึกษาต่าง ๆ 2)ตารางรายการหัวข้อเรื่อง/งานของสถานศึกษาต่าง ๆ 3)ตารางรายการหัวข้อเรื่อง/งานจากบรรณานุกรม 4)ตารางรวมรายการหัวข้อเรื่องหรืองาน 5)การวิเคราะห์ความรู้และทักษะ 6)ตารางวิเคราะห์ความรู้และทักษะ 7)การวิเคราะห์วัตถุประสงค์การสอน 8)ตารางเลือกสื่อ 9) การวิเคราะห์คาบเรียน และ 10)การวัดและประเมินผล

สาระการเรียนรู้ด้วยชุดฝึก ประกอบด้วย โครงสร้างและส่วนประกอบของหุ่นยนต์ การออกแบบ การเขียนโปรแกรมควบคุมและการจำลองแบบหุ่นยนต์ สื่อและวิธีการสอนที่ต้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้แสดงพฤติกรรมการเรียนรู้ออกมาตามทฤษฎีการเรียนรู้ของบลูม (Bloom's Taxonomy) คือ มีความรู้ ความเข้าใจ ทักษะ สามารถวิเคราะห์งานได้จนถึงขั้นประยุกต์ใช้งาน ขั้นตอนการเรียนแบบประสบการณ์ของ Kolb [9] มี 5 ขั้นตอนในการจัดการเรียนการสอน กล่าวโดยสรุป คือ 1) ขั้นประสบการณ์ 2) ขั้นนำเสนอและแลกเปลี่ยนประสบการณ์ 3) ขั้นกระทำ 4) ขั้นสรุป และ 5) ขั้นประยุกต์

3. การออกแบบโครงสร้างและระบบควบคุมหุ่นยนต์

งานวิจัยนี้ต้องการฝึกทักษะกระบวนการคิดในการออกแบบ การเขียนคำสั่งควบคุมการทำงานและการวิเคราะห์หลักจลนศาสตร์ (Kinematics Principle) จึงออกแบบหุ่นยนต์ให้สามารถปรับเปลี่ยน (Reconfigurable) ได้หลายรูปแบบ เพื่อทำความเข้าใจในหลักการทำงานของหุ่นยนต์แต่ละชนิด และให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะด้านกล้ามเนื้อ ด้วยการประกอบโครงสร้างระบบทางกล (Mechanics) มอเตอร์และการเดินสายควบคุมด้วยตนเอง เพื่อฝึกประสบการณ์การทำงานให้ใกล้เคียงกับอุตสาหกรรมจริง ดังรูปที่ 2

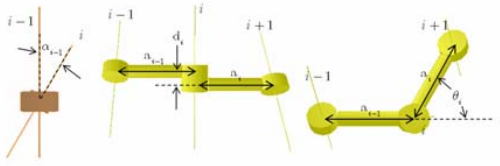


รูปที่ 2 ไดอะแกรมแสดงกระบวนการเรียนรู้ด้วยชุดฝึก

รูปที่ 2 อธิบายกระบวนการเรียนรู้ด้วยชุดฝึก ใช้โปรแกรม ROBOSIM เรียนรู้หลักจลนศาสตร์ (FK) ทำความเข้าใจการแปลง (Transformation) ระบบพิกัดหุ่นยนต์ สามารถสั่งงานควบคุมหุ่นจำลองที่สร้างขึ้นให้เคลื่อนที่ตามคำสั่งในรูปแบบจลนศาสตร์ผกผัน (IK) ได้ ผู้เรียนต้องกระทำการประกอบโครงสร้างและสั่งงานควบคุมเองทั้งหมด

3.1 จลนศาสตร์ (Kinematics)

จลนศาสตร์หุ่นยนต์ (Robot Kinematics) เป็นคณิตศาสตร์ที่ใช้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งและการหมุนของแต่ละแกนของแขนหุ่นยนต์ แกนของหุ่นยนต์มีลำดับเริ่มต้นจากฐานของหุ่นยนต์ไปจนสุดปลายแขนของหุ่นยนต์ ตัวแปรที่บอกค่าการเลื่อนทางตำแหน่งและมุมการหมุนของเฟรม



รูปที่ 3 ตัวแปรที่บอกความขาและมุมบิด

รูปที่ 3 แสดงแขนหุ่นยนต์ (link) ที่ $i-1$ และตำแหน่งของแกน $i-1$ กับแกน i ซึ่งมีตัวแปร a กำหนดความยาวแขนและตัวแปร α กำหนดมุมบิด อธิบายความหมายของตัวแปร ดังนี้

α_i คือ มุมเยื้องของแกนหุ่นยนต์ (Link twist)

a_i คือ ความยาวของแขนหุ่นยนต์ (Link length)

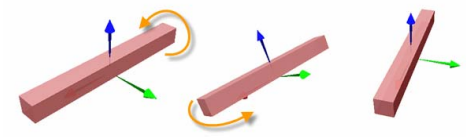
θ_{i+1} คือ มุมของข้อต่อหุ่นยนต์ (Joint angle)

d_{i+1} คือ ระยะเหลื่อมของแขนหุ่นยนต์ (Link offset)

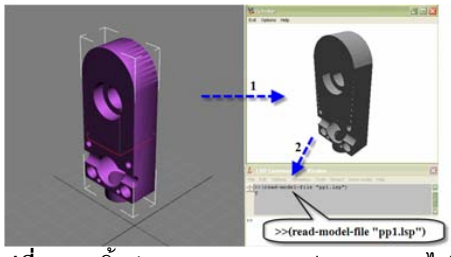
3.2 การออกแบบโครงสร้างและแปลงไฟล์วัตถุสามมิติด้วยโปรแกรม ROBOSIM [11]

โปรแกรมโรโบซิม เป็นโปรแกรมประเภท Interpreter ผู้ใช้สามารถเขียนคำสั่งครั้งละบรรทัดหรือเป็นชุดคำสั่ง

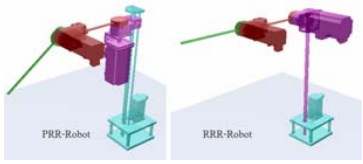
แล้วบันทึกข้อมูลเพื่อทดสอบสุดท้ายก็ได้ มีโครงสร้างมาจากภาษา LISP แต่เนื่องจากโปรแกรม โรโบซิมสามารถสร้างวัตถุสามมิติได้ เพียงรูปแบบพื้นฐานเท่านั้น ดังรูปที่ 4 งานวิจัยนี้จึงได้จัดทำระบบนำเข้าไฟล์ข้อมูลชิ้นส่วนสามมิติ เพื่อแปลงแบบจำลองหุ่นยนต์ที่สร้างในซอฟท์แวร์ประเภท CAD บันทึกไฟล์เป็นนามสกุล.wrl (Virtual Reality Modeling Language :VRML, WRL) และแปลงรหัสภาพเป็นนามสกุลลิสพ์ (.lsp) ดังรูปที่ 5 ถึง 7 เป็นชิ้นส่วนที่ออกแบบเพื่อนำไปขึ้นรูปชิ้นงานสำหรับประกอบตัวหุ่นยนต์



รูปที่ 4 ภาพวัตถุและเฟรมของวัตถุวาดด้วย ROBOSIM

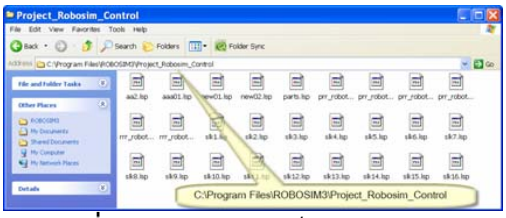


รูปที่ 5 วาดชิ้นส่วนตามแบบและแปลงนามสกุลไฟล์



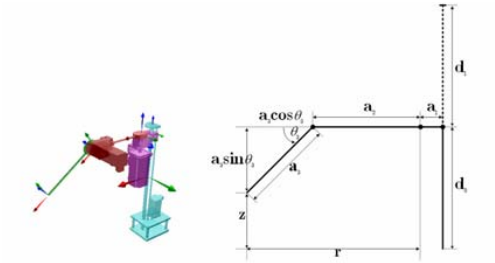
รูปที่ 6 หุ่นยนต์ PRR, RRR วาดด้วย ROBOSIM

รูปที่ 7 ชิ้นส่วนโครงสร้างขึ้นรูปตามแบบที่วาด

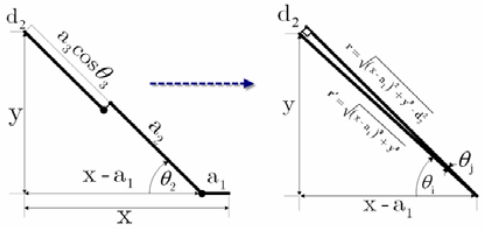


รูปที่ 8 แฟ้มข้อมูลหุ่นยนต์ PRR และRRR

ไฟล์ข้อมูลของหุ่นยนต์ดังรูปที่ 8 ประกอบด้วยไฟล์ชิ้นส่วนแต่ละชิ้น ไฟล์รวมทุกชิ้นส่วนของแต่ละชนิด ไฟล์การเรียกชนิดของหุ่นยนต์และไฟล์การคำนวณจลนศาสตร์ผกผัน หุ่นยนต์ที่ออกแบบมี 3 แกน จึงใช้วิธีการคำนวณในรูปของตรีโกณมิติ เพื่อหาคำตอบ (Solution) ของการเคลื่อนที่ (ตำแหน่งและมุม) โดยใช้สมการที่ 1 ถึง 3 ซึ่งได้จากรูปที่ 9 และ 10 บันทึกรวมเข้าไว้ในแฟ้มข้อมูลเดียวกับข้อมูลกราฟิก จะได้ไฟล์หุ่นยนต์ของโครงงานวิจัย



รูปที่ 9 โครงสร้างหุ่นยนต์ PRR บนระนาบ zr



รูปที่ 10 โครงสร้างหุ่นยนต์ PRR บนระนาบ xy

$$\theta_2 = \tan^{-1}\left(\frac{y}{x - a_1}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{d_2}{\sqrt{(x - a_1)^2 + y^2 - d_2^2}}\right) \quad (1)$$

$$\theta_3 = \cos^{-1}\left(\frac{\sqrt{(x - a_1)^2 + y^2 - d_2^2} - a_2}{a_3}\right) \quad (2)$$

$$d_1 = z - d_0 + a_3 \sin\theta_3 \quad (3)$$

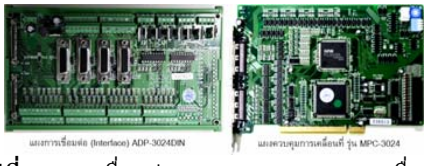
ตัวอย่างโปรแกรมของสมการที่ 1 คำนวณด้วย ROBOSIM รูปแบบภาษา LISP แสดงดังรูปที่ 11

```
(defun prr-compute-t2(p d1 target params)
    (let
        (
        (x (tref target 0 3))
        (y (tref target 1 3))
        (a1 (nth 0 params))
        (d2 (abs (tref (nth 3 params) 2 3)))
        )
        (setq xa (-x a1))
        (setq r (sqrt (- (+ (* y y)_(*xa xa))(* d2 d2))))
        (+ (atan y xa)(atan d2 r))
    )
)
```

รูปที่ 11 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมจากสมการที่ 1

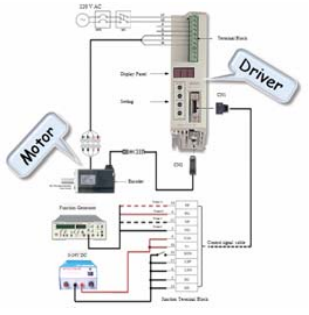
3.3 การออกแบบการควบคุม

หุ่นยนต์ในงานวิจัยนี้ออกแบบให้เคลื่อนด้วยการขับเคลื่อนของเซอร์โวมอเตอร์ผ่านการควบคุมจากคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีใช้ทั่วไปในภาคอุตสาหกรรมเพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกประสบการณ์การใช้ชุดควบคุมการขับเคลื่อนรุ่น MPC-3024 (4-Axis Motion Control Card) ซึ่งเป็นชนิดเดียวกับการควบคุมหุ่นยนต์ในงานอุตสาหกรรมได้ ชุดควบคุมนี้ถูกออกแบบให้สามารถควบคุมการทำงานของมอเตอร์ได้พร้อมกันถึง 4 ตัว (4แกน) ด้วยสัญญาณคำสั่งแบบพัลส์ (Pulse) เชื่อมต่อ (Interface) ระหว่างชุดควบคุมกับเซอร์โวมอเตอร์ ดังรูปที่ 12



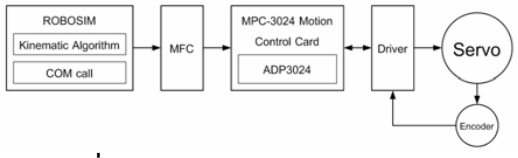
รูปที่ 12 แผงเชื่อมต่อระบบและควบคุมการเคลื่อนที่

เซอร์โวมอเตอร์ที่เลือกสำหรับฝึกประสบการณ์ให้ผู้เรียนได้ทดสอบมอเตอร์กับชุดขับ การใช้คู่มือมอเตอร์กับชุดขับและการต่อวงจรควบคุมอย่างปลอดภัย มี 2 รุ่น คือ Panasonic รุ่น MADDT1207 และ Mitsubishi รุ่น MR-C10A สั่งงานด้วยสัญญาณพัลส์ รูปที่ 13 วงจรทดสอบการทำงานของมอเตอร์ ฝึกการเรียนรู้วิธีการควบคุมและการต่อใช้งานมอเตอร์

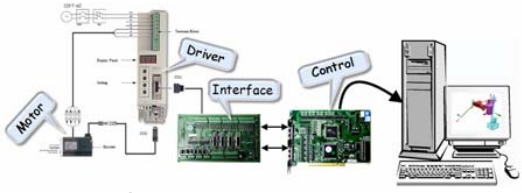


รูปที่ 13 วงจรทดสอบการทำงานของมอเตอร์ Mitsubishi:servo motor รุ่น MR-C10A

หุ่นยนต์อุตสาหกรรมส่วนใหญ่ใช้เซอร์โวมอเตอร์ในการขับเคลื่อนข้อต่อ เพราะให้แรงบิดสูง ความเฉื่อยน้อย สามารถเร่งความเร็วได้ดีจึงเหมาะสมในการใช้ขับเคลื่อนเครื่องจักรกลที่ไม่เป็นเชิงเส้นหรือไม่มีความต่อเนื่อง ระบบควบคุมของชุดฝึกจึงมีแนวคิดและการต่อชุดควบคุมดังรูปที่ 14 และ 15



รูปที่ 14 กระบวนการควบคุมหุ่นจำลองด้วย Motion control card

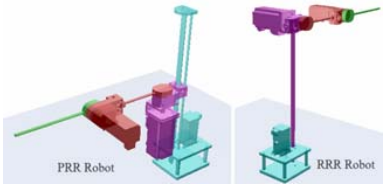


รูปที่ 15 การต่อชุดควบคุมหุ่นจำลอง

4. ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ แบ่งเป็นสองส่วน คือ 1) การออกแบบเนื้อหาและวิธีการเรียนรู้ด้วยโปรแกรมจำลองและหุ่นจำลองร่วมกับการทดลองที่สอดคล้องกับสมรรถนะการเรียนรู้ และ 2) การออกแบบโครงสร้างของหุ่นยนต์จำลอง (ฮาร์ดแวร์) ซึ่งสอดคล้องกับโครงสร้างหุ่นจำลองและโปรแกรมจำลอง ใช้ประกอบในกระบวนการเรียนรู้ที่ออกแบบไว้ ผลการวิจัยประกอบด้วย ผลการสร้างชิ้นส่วนหุ่นยนต์ ผลการพัฒนาโปรแกรมคำนวณจลนศาสตร์ผกผัน ผลการทดสอบระบบควบคุมของชุดฝึกและผลการออกแบบการเรียนรู้

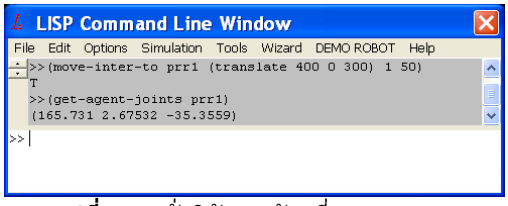
4.1 กราฟิกโครงสร้างของหุ่นยนต์ชนิด PRR และ RRR ดังรูปที่ 16



รูปที่ 16 กราฟิกหุ่นยนต์ที่วาดด้วย ROBOSIM

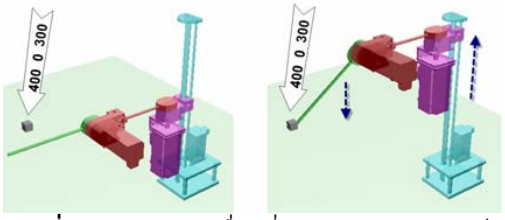
4.2 ทดสอบการทำงานของปลายแขนหุ่นยนต์ด้วยคำสั่งจลนศาสตร์ผกผัน สั่งควบคุมกราฟิกที่วาดไว้ด้วยคำสั่ง move-inter-to และ get-agent-joints ดังรูปที่ 17 กำหนดระยะตำแหน่งวัตถุวางในแนวแกน x อยู่ในช่วง

236.5-436.5 มม. แนวแกน y อยู่ในช่วง 236.5-436.5 มม.และแนวแกน z อยู่ในช่วง 250-420 มม. ค่านี้ได้จากสเกลที่ติดกับแขนกลเพื่อใช้วัดระยะทาง



รูปที่ 17 คำสั่งพิกัดของวัตถุที่ 400 0 300

ตัวอย่าง กำหนดให้วัตถุอยู่ที่พิกัด (มม.) 400 0 300 โปรแกรมทำการคำนวณหาคำตอบจลนศาสตร์ผกผัน ได้ค่าเป็นพัลส์ซึ่งเทียบกับระยะจริง เท่ากับ(165.731) (2.67532) และ (-35.3559) แบบจำลองสามารถเคลื่อนที่ได้ตรงกับตำแหน่งพิกัดของวัตถุ ดังรูปที่ 18



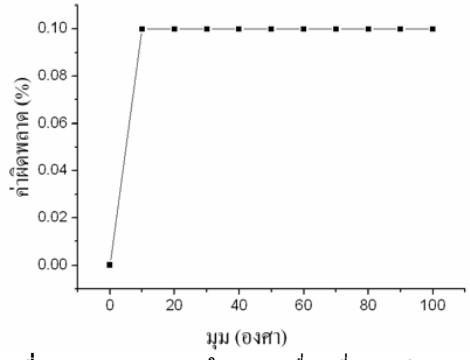
รูปที่ 18 จำลองการเคลื่อนที่ของปลายแขนหุ่นยนต์ เมื่อวัตถุอยู่ที่พิกัด 400 0 300

4.3 ทดสอบระบบโดยการต่อดังรูปที่ 19 กำหนดค่าพัลส์ที่ได้จากผลการหาคำตอบจลนศาสตร์ผกผัน (165.731) (2.67532) และ (-35.3559) ให้กับหน้าต่างรับค่าตำแหน่งของหุ่นยนต์ ดังรูปที่ 20 กดปุ่มตกลง ผลการทดสอบพบว่า หุ่นจำลองที่สร้างสามารถเคลื่อนที่ได้ตรงกับค่า 400 0 300 ที่กำหนดจริง

รูปที่ 19 ชุดฝึกการควบคุมหุ่นจำลอง

รูปที่ 20 หน้าต่างแสดงค่าการเคลื่อนที่ของปลายแขนหุ่นยนต์

หุ่นจำลองสามารถทำงานได้ตรงกับการจำลอง ค่าการทดสอบการขับเคลื่อนเซอร์โวมอเตอร์ Mitsubishi รุ่น MR-C10A ต่ออยู่ตำแหน่งแกนที่ 3 ของหุ่นจำลองเป็นแบบหมุน (Revolute) สามารถหมุนได้ตั้งแต่ -90 องศา ถึง 0 องศา กำหนดให้จุด 0 องศาเป็นจุดเริ่มต้นหาองศาของการหมุนของเซอร์โวมอเตอร์โดย 1 รอบใช้สัญญาณพัลส์ ในการหมุน 4000 pulse เมื่อ 1 รอบในการหมุนเท่ากับ 360 องศา แสดงว่า $1\text{degree} \times \frac{4000}{360} = \text{pulse}$ เมื่อทำการทดสอบ พบว่า ค่าผิดพลาดไม่เกิน 0.1 เปอร์เซ็นต์ ค่าลบแสดงการกลับทิศทางการหมุนได้จากการคำนวณ ดังภาพที่ 21



รูปที่ 21 กราฟแสดงมุมในการเคลื่อนที่ต่อค่าผิดพลาด

4.4 แผนการจัดการเรียนรู้แบบเน้นประสบการณ์วิชาหุ่นยนต์เบื้องต้น ตารางที่ 1 และ 2 ประกอบด้วยวัตถุประสงค์การเรียนรู้ แนวทางในการจัดการเรียนรู้และขั้นตอนการเรียนรู้ เมื่อผู้เรียนเข้าใจในหลักการจนสามารถออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ได้ใกล้เคียงกับโปรแกรมจำลอง จึงศึกษาวิธีการควบคุมและประกอบหุ่นยนต์จริงเพื่อควบคุมในขั้นต่อไป

ตารางที่ 1 แผนการเรียนรู้แบบประสบการณ์

ลำดับ	ขั้นตอน	การปฏิบัติเพื่อประสบการณ์
1	เรียนรู้โครงสร้างและลักษณะการทำงานของหุ่นยนต์ชนิด RRP, RRR ด้วยโปรแกรมจำลอง	1. ศึกษาโปรแกรม ROBOSIM 2. เลือกชนิดของหุ่นยนต์จาก library แล้วทดสอบการทำงาน 3. ศึกษาทำความเข้าใจการเลื่อนและการหมุนแกนในแนวตั้งและแนวนอน 4. กำหนดพิกัดและตำแหน่งของชิ้นส่วน เช่น มอเตอร์ แขนหุ่นยนต์ และมือจับ เป็นต้น ตำแหน่ง หรือเส้นทางเดิน พื้นที่การทำงาน 5. ปรับปรุงค่าพิกัดเพื่อศึกษาพื้นที่การทำงานของแขนกล 6. ใช้โปรแกรมประกอบชิ้นส่วนและทดสอบการทำงาน 7. สรุปผลและบอกประโยชน์ของการใช้โปรแกรมจำลอง
2	ประกอบและติดตั้งหุ่นยนต์ชนิด RRP, RRR ด้วยชุดฝึกการเรียนรู้	1. ศึกษาทำความเข้าใจและคำนวณแรงบิด น้ำหนักของแขนกล ระยะเพลาและจุดหมุนมอเตอร์ เพื่อเลือกขนาดและกำลังของมอเตอร์ ตำแหน่งการติดตั้งมอเตอร์ 2. ประกอบชิ้นส่วน ติดตั้งชุดขับ วางตำแหน่งมอเตอร์ 3. ทดสอบการทำงาน
3	เชื่อมต่อระบบหุ่นยนต์เข้ากับคอมพิวเตอร์	1. ติดตั้งหุ่นยนต์และชุดควบคุมเข้ากับระบบคอมพิวเตอร์ 2. ศึกษาทำความเข้าใจการควบคุมแบบออนไลน์/ออฟไลน์ 3. ทดสอบการทำงาน

ตารางที่ 2 ตารางแสดงการออกแบบการเรียนรู้

สมรรถนะ	เนื้อหา	เครื่องมือ	ประสบการณ์การเรียนรู้
ใช้เมทริกซ์การแปลงในการกำหนดตำแหน่งและการหนุนได้	Vector, Transformation	Simulation software	ใช้โปรแกรมรูปแบบ interpreter ทดสอบความเข้าใจ
สร้างหุ่นยนต์ได้ถูกต้องตามกฎของ DH	Robot joint & frame, DH parametors	Simulation software	ใช้โปรแกรมทดลองสร้างชิ้นส่วนตามรูปแบบที่กำหนด
วิเคราะห์สมการจลนศาสตร์ผกผันได้	Inverse Kinematics	Simulation software	ใช้โปรแกรมประกอบการคำนวณ
เขียนโปรแกรมสมการจลนศาสตร์ผกผัน	Inverse Kinematics	Simulation software	ใช้โปรแกรมประกอบการเขียนอัลกอริทึม
ทดสอบการเคลื่อนที่แบบจลนศาสตร์ผกผัน	Inverse Kinematics	Simulation software	ใช้โปรแกรมประกอบการเขียนอัลกอริทึม
ประกอบหุ่นยนต์จริงให้ถูกต้องตามรูปแบบ DH ได้	Robot joint & frame, DH parametors	Robot	ลองประกอบหุ่นยนต์ตามรูปแบบ
เชื่อมต่อและทดสอบระบบควบคุมมอเตอร์ได้	Motor and drive system	Motor, drive, motion controller card	ทดสอบการหมุนตามโปรแกรมคำสั่ง
ควบคุมหุ่นยนต์จริงให้เคลื่อนที่ได้ถูกต้อง	Robot control	Robot, drive motion controller card, simulation software	ทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์จริงตามคำสั่ง

5. สรุปผลการวิจัย

ชุดฝึกประกอบด้วยแบบจำลองและหุ่นจำลองที่สามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบโครงสร้างได้ เชื่อมต่อกับชุดควบคุมหุ่นยนต์อุตสาหกรรม (Motion control card) รุ่น MPC-3024 ด้วยการสั่งงานผ่านโปรแกรม ROBOSIM เพื่อเรียนรู้วิธีการควบคุมหุ่นยนต์อุตสาหกรรม ทดลองและทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์จากโปรแกรมก่อนการปฏิบัติงานจริง ลดความเสี่ยงอันเกิดความเสียหายจากการปฏิบัติงานจริง ส่งเสริมและพัฒนากระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ ในด้านโครงสร้างและระบบทางกลร่วมกับหลักการคณิตศาสตร์และจลนศาสตร์หุ่นยนต์ ส่งเสริมความมั่นใจในการทำงาน เนื่องจากผู้เรียนได้มีประสบการณ์ตรงจากการใช้ซอฟท์แวร์และชุดควบคุมซึ่งมีใช้ในงานอุตสาหกรรมได้ ชุดฝึกนี้สามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ สามารถจำลองแบบและควบคุมหุ่นจำลองได้ถูกต้องตามคำสั่ง โดยมีค่าผิดพลาดเชิงตัวเลขน้อยกว่า 1%

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณเพื่อการพัฒนาชุดฝึกสำหรับการเรียนรู้วิทยาการหุ่นยนต์ ปีงบประมาณ 2553

7. เอกสารอ้างอิง

[1] กิดานันท์ มลิทอง .(2540). **เทคโนโลยีทางการศึกษาร่วมสมัย .**กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[2] Eve Coste-Maniere, Bernard Espiau and Eric Rutten. (1992). **A Task-Level Robot Programming Language and its Reactive Execution**. IEEE.

[3] Rachid Manseur. (1996). **A software package for computer-aided robotics education**. Electronic Proceedings for IEEE FIE conference.

[4] Ian Horswill. (2000). **A Laboratory Course in Behavior-Based Robotics**. IEEE.

[5] Xiaodong Sun and Kenjiro Suzuki. (1999). **Evaluation of Educational Effects of the Solid Simulator**. Journal for Geometry and Graphics Volume 3.

[6] Anthony Mallet, Sara Fleury and Herman Bruyninckx. (2002). **A specification of generic robotics software components: future evolutions of GenOM in the Orocos context**. IEEE.

[7] Hany Bassily , Rajat Sekhon, David E. Butts and John Wagner. (2007). **A mechatronics educational laboratory – Programmable logic controllers and material handling experiments**. ScienceDirect.

[8] พิพัฒน์ สุยะ .(16 เม.ย. 54 ปรับปรุงแก้ไขล่าสุด). **เหตุผลนิยม-ประสบการณ์นิยม** .สารานุกรมปรัชญาออนไลน์ฉบับสังเขป. สกว.http://www.philospedia.net/rationalismempiricism.html

[9] ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ .(2552) **80** .**นวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ** . กรุงเทพฯ: แคเน็กซ์ อินเตอร์คอร์ปอเรชั่น จำกัด.

[10] ทิศนา แขมมณี .(2553) .**ศาสตร์การสอน** . กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[11] พูลศักดิ์ โกษียาภรณ์. (2551). **เอกสารประกอบการอบรมการออกแบบและจำลองโครงสร้างหุ่นยนต์อุตสาหกรรมโดยใช้หลักจลนศาสตร์** . กรุงเทพฯ:ครุศาสตร์อุตสาหกรรม มจพ.