

การประยุกต์ใช้โปรแกรมไซแลบคำนวณตัวแปรเชิงสัญลักษณ์ในการสอนจลนศาสตร์หุ่นยนต์

Application of SciLab Calculate Symbol Parameters to Teach the Robot Kinematics

นำโชค วัฒนานัย^{1, 2}

Numchoke Wattananaiya^{1, 2}

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลการคำนวณตัวแปรเชิงสัญลักษณ์และประเมินความพึงพอใจของกลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมไซแลบในการเรียนการสอนจลนศาสตร์หุ่นยนต์ การวิจัยนี้เป็นการทดลองเบื้องต้นวางแผนศึกษาแบบกลุ่มเดียววัดผลหลังทดลอง ดำเนินการวิจัย 4 ขั้นตอน คือ การศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง การพัฒนาโปรแกรม การออกแบบบทเรียน นำไปใช้งานและประเมินผล กลุ่มทดลองเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 2 ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ จำนวน 8 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย โปรแกรมไซแลบ เอกสารประกอบการเรียนและแบบสอบถามความพึงพอใจ ผลการวิจัย พบว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการนำโปรแกรมไซแลบมาประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือในการคำนวณตัวแปรเชิงสัญลักษณ์ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.50$)

คำสำคัญ: โปรแกรมไซแลบ, ตัวแปรเชิงสัญลักษณ์, จลนศาสตร์หุ่นยนต์

Abstract

The purpose of this research was compare the results of the calculation of symbolic parameters and the evaluation of satisfaction of the experimental group used the program site lab in teaching robot kinematics. This research is an experimental study, one group planned initial experimental evaluation after the experiment (one-shot case design). There are four phases, educational theories, application development, design lesson, try out and evaluation. The sample from department of Teacher Training in Electrical Engineering, King Mongkut's University of Technology North Bangkok second year students 8 sample. The instruments used in this study included SciLab programming, class handouts and a questionnaire of satisfaction. The results showed that the student were satisfied with the implementation of SciLab application as a calculation tool symbol parameters at a high level ($\bar{X} = 4.50$).

Keywords: SciLab, Symbolic parameters, Robot Kinematics.

¹ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

² ศูนย์วิจัยและพัฒนาหุ่นยนต์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

¹ Department of Teacher Training in Electrical Engineering, Faculty of Technical Education, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Thailand.

² Industrial Robot Research and Development Center, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Thailand.

บทนำ

จลนศาสตร์หุ่นยนต์ (Kinematics of Manipulators) เป็นหัวข้อหลักของวิทยาการหุ่นยนต์ (Robotics) (Baki Koyuncu and Mehmet Güzel, 2007) มีความสำคัญต่อการควบคุมหุ่นยนต์อัตโนมัติ ใช้สำหรับคำนวณหาตำแหน่งและทิศทางการเคลื่อนที่ของข้อต่อและแขนหุ่นยนต์ (Joint and Link) ที่เปลี่ยนแปลงไปในระบบพิกัดฉากสามมิติ (Cartesian Coordinate) การวิเคราะห์หาคำตอบจลนศาสตร์ (Kinematics Solution) แบ่งได้ 2 รูปแบบ คือ จลนศาสตร์ตรง (Forward Kinematics: FK) และจลนศาสตร์ผกผัน (Inverse Kinematics: IK) ซึ่งต้องใช้เมทริกซ์เอกพันธ์ (Homogeneous Metrix) เป็นเครื่องมือในการคำนวณ

ตัวแปร (Parameters) ที่ผู้เรียนต้องวิเคราะห์หาคำตอบจลนศาสตร์เป็นค่าของตำแหน่งและทิศทางการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ (Position and Orientation) ในรูปของมุมกับระยะทางซึ่งมักอยู่ในรูปตัวแปรเชิงสัญลักษณ์ (Symbolic Parameters) การวิเคราะห์ตัวแปรเชิงสัญลักษณ์เป็นสิ่งสำคัญและมีความจำเป็นอย่างมากสำหรับการควบคุมหุ่นยนต์ (Adaptive Control of Manipulator) (Haruhisa KAWASAKI, Toshimi Shimizu, and Kazuo KANZAKI, 1996) เพราะการสั่งงานหุ่นยนต์ ผู้เรียนควรมีพื้นฐานความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับวัตถุที่วางอยู่ระบบสามมิติ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาตำแหน่งและการเคลื่อนที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงสำหรับใช้ป้อนค่าและคำสั่งให้หุ่นยนต์ทำงานได้อย่างถูกต้องตรงตามตำแหน่งที่ต้องการและมีความปลอดภัย

$${}^A_B T = \begin{bmatrix} {}^A_B R & {}^A_B P \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

=

Rotation matrix

Translation vector

Perspective Transformation matrix

Scale factor

$$= \begin{bmatrix} n_x & s_x & a_x & p_x \\ n_y & s_y & a_y & p_y \\ n_z & s_z & a_z & p_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

ภาพประกอบ 1 ฟอรัมของเมทริกซ์เอกพันธ์

จากการสังเกตนักศึกษาในชั้นเรียนวิชา 020213007 โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อการเรียนรู้ทางวิศวกรรม (Computer

Programs for Engineering Study) ซึ่งผู้วิจัยมีส่วนร่วมในการสอนหัวข้อโปรแกรมทางวิศวกรรมในการวิเคราะห์จลนศาสตร์หุ่นยนต์ พบว่า ผู้เรียนประสบปัญหาในการคำนวณเมทริกซ์ขนาด 4x4 และมีความผิดพลาดในคำนวณ โดยเฉพาะการคำนวณค่า ตัวแปรเชิงสัญลักษณ์ซึ่งมีความยุ่งยากมากขึ้นเมื่อต้องทำการวิเคราะห์จลนศาสตร์หุ่นยนต์ที่มีจำนวนองศาอิสระ (Degree of Freedom: DOF) มาก สร้างความสับสนต่อการแปลงเฟรมของผู้เรียน

การคำนวณด้วยมือหรือเครื่องคำนวณธรรมดา ผู้เรียนอาจต้องใช้เวลามากและเกิดความผิดพลาดได้ บทความฉบับนี้ นำเครื่องมือทางคณิตศาสตร์ที่เป็นซอฟต์แวร์เสรีมาใช้ในการบวนการเรียนการสอนจลนศาสตร์ เพื่อช่วยในการคำนวณหาผลลัพธ์ของตำแหน่งและ ทิศทางการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ที่เปลี่ยนแปลงไปได้อย่างรวดเร็ว ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจพื้นฐานการแปลงเฟรมหุ่นยนต์อุตสาหกรรมที่มีองศาอิสระจำนวนมากได้อย่างรวดเร็วและถูกต้อง โดยการใช้โปรแกรมไซแลบ (SciLab) ซึ่งเป็นโปรแกรมเสรีที่อนุญาตให้ผู้ใช้ปรับแก้พัฒนาได้อย่างอิสระ (Free Software and Open-Source) เป็นทางเลือกหนึ่งในการคำนวณเมทริกซ์ที่ติดค่าตัวแปรเชิงสัญลักษณ์

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบผลการคำนวณ ตัวแปรเชิงสัญลักษณ์ของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม
2. เพื่อประเมินความพึงพอใจของกลุ่มทดลองในการประยุกต์ใช้โปรแกรมไซแลบช่วยคำนวณตัวแปรเชิงสัญลักษณ์ในการเรียนการสอนจลนศาสตร์หุ่นยนต์

วิธีดำเนินงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการทดลองเบื้องต้น (Pre-Experimental Design) วางแผนศึกษาแบบกลุ่มเดียววัดผลหลังทดลอง (One-Shot Case Design) ผู้วิจัยดำเนินการตามกระบวนการวิจัยและพัฒนา โดยแบ่งขั้นตอนการดำเนินงานออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.1 ตัวแปรเชิงสัญลักษณ์

วิทยาการหุ่นยนต์ให้ความสำคัญกับการติดตามตำแหน่งของวัตถุ (Track of an Object's Location) มีการอ้างอิงพื้นที่หรือขอบเขตการทำงาน (Workspace) ตำแหน่งและทิศทางของข้อต่อหุ่นยนต์ที่เปลี่ยนแปลงตามระบบพิกัดฉาก (Rectangular Coordinate System) และระบบพิกัดเชิงขั้ว (Polar Coordinate System) การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับการคำนวณตัวแปรเชิงสัญลักษณ์ ใช้เมทริกซ์ขนาด 4x4 (Naren Vira and Edward

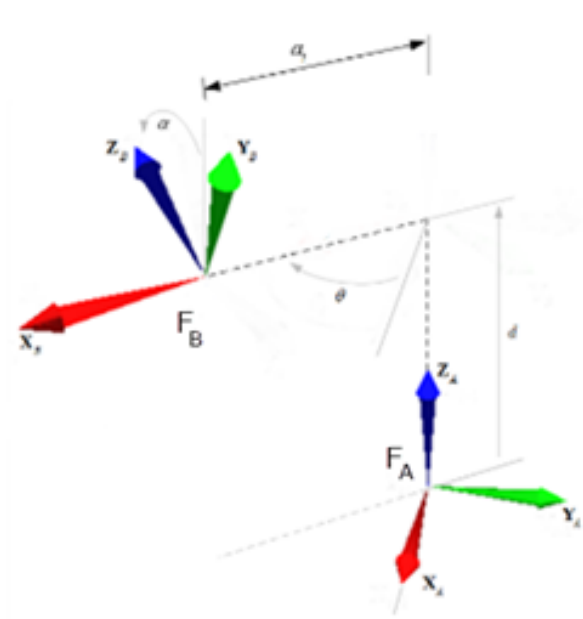
Tunstel, 1992; Yong-Gui Zhang, et al., 2009; Authors Drago Matko, et al., 2012)

ตารางที่ 1 DH-parameter table

i	X-axis		Z-axis	
	θ_{i-1}	a_{i-1}	θ_i	d_{i-1}

การหาค่าตัวแปรมุม ($\cos\theta$, $\sin\theta$) และตัวแปรระยะทาง (a_i , d_i) ดังตารางที่ 1 ตัวแปรเหล่านี้ยึดหลักการของเดนาวริทฮาร์เทนเบิร์ก (D-H) ประกอบด้วยตัวแปรในแนวแกน x และแนวแกน z ซึ่งผู้เรียนจะต้องแปลง (Transformation) ตำแหน่งและทิศทางของเฟรมหุ่นยนต์วิเคราะห์ตัวแปรเชิงสัญลักษณ์ ดังภาพ ที่ 1 แสดงเฟรมของวัตถุที่มีการเลื่อน (Translate) และหมุน (Rotate) เมทริกซ์ที่แสดงการหมุน

และการเลื่อนในคราวเดียวกัน เรียกว่า เมทริกซ์เอกพันธ์ (Homogeneous Metrics) พารามิเตอร์ของแกนที่หมุน (Revolute Joint) ตามแนวแกน x,y,z ในรูปของเมทริกซ์การหมุน (Rotation Matrix) ขนาด 3x3 ดังสมการที่ (1) ถึงสมการที่ (3) และแสดงพารามิเตอร์ของแกนเลื่อน (Prismatic Joint) ตามแนวแกน x,y,z ในรูปของเมทริกซ์การเลื่อน (Translation Vector) ขนาด 3x1 ดังสมการที่ (4) ดังนี้



ภาพประกอบ 2 เฟรมของวัตถุ

$$R_x(\theta) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta & -\sin \theta \\ 0 & \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \quad \dots (1)$$

$$R_y(\theta) = \begin{bmatrix} \cos \theta & 0 & \sin \theta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \theta & 0 & \cos \theta \end{bmatrix} \quad \dots (2)$$

$$R_z(\theta) = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \dots (3)$$

$${}^1P = \begin{bmatrix} {}^1p_x \\ {}^1p_y \\ {}^1p_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} {}^1p_x & {}^1p_y & {}^1p_z \end{bmatrix}^T \quad \dots (4)$$

$${}^{i-1}A_i = Trans(z, d_i) \cdot Rotate(z, \theta_i) \cdot Trans(x, a_i) \cdot Rotate(z, \alpha_i) \quad \dots (5)$$



$$Trans(z, d_1) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \dots (6)$$

$$Rot(z, \theta_1) = \begin{bmatrix} c_1 & -s_1 & 0 & 0 \\ s_1 & c_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \dots (7)$$

$$Trans(x, a_1) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & a_1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \dots (8)$$

$$Rot(x, \theta_2) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & c_2 & -s_2 & 0 \\ 0 & s_2 & c_2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \dots (9)$$

$${}^{i-1}A_i = \begin{bmatrix} c_1 & -c_2 s_1 & s_1 s_2 & a_1 c_1 \\ s_1 & c_1 c_2 & -c_1 s_2 & a_1 s_1 \\ 0 & s_2 & c_2 & d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \dots (10)$$

จากภาพที่ 2 แสดงการเคลื่อนและหมุนของเฟรมวัตถุ พิจารณาเฟรม FB เทียบกับเฟรม FA ได้สมการที่ (5) ประกอบด้วย การเลื่อนเฟรมตามแกน z ด้วยระยะทาง d_1 , หมุนแกน x เป็นมุม θ_1 , เลื่อนเฟรมตามแกน x ด้วยระยะ a_1 และหมุนแกน z เป็นมุม α สามารถเขียนพารามิเตอร์ในรูปของเมทริกซ์การแปลง (Transformation Matrix) ของแต่ละเฟรมได้ดังสมการที่ (6) ถึงสมการที่ (9) ตามลำดับ ผลลัพธ์การแปลงเฟรม FB เทียบ FA แสดงดังสมการที่ (10)

การคำนวณเมทริกซ์ด้วยมือหรือเครื่องคิดเลขปกติของผู้เรียนจากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ พบว่า เมื่อเฟรมหุ่นยนต์มีหลายองศาอิสระ จำนวนเมทริกซ์และพารามิเตอร์ย่อมมีมากขึ้น การคำนวณด้วยมือของผู้เรียนมีผลต่อความถูกต้องและใช้เวลานานในการคำนวณโดยเฉพาะผู้เรียนที่ไม่มีพื้นฐานทางคณิตศาสตร์

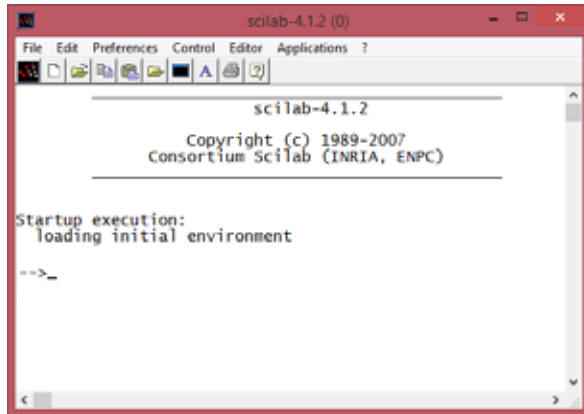
สอดคล้องกับการศึกษาทางวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาการหุ่นยนต์ของ D. Katagami &

S. Yamada (2003) ; Rizaiddin Ramli, Melor Md Yunus, & Noriah Mohd Ishak (2011) พบว่า ผู้เรียนหรือผู้ใช้งานไม่มีพื้นฐานทางด้านวิทยาการหุ่นยนต์ที่เพียงพอ เนื้อหาวิชาหุ่นยนต์มีความยากและซับซ้อนต่อการทำความเข้าใจในช่วงระยะเวลาการเรียนการสอนที่มีจำกัด ผู้เรียนขาดจินตนาการในการมองภาพเส้นทางการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ และมีปัญหาในการวิเคราะห์หุ่นยนต์ (Abhijit Nagchaudhuri, Sastry Kuruganty, & Asif Shakur, 2002) นอกจากนี้ยังพบว่าผู้เรียนมีปัญหาในการทำความเข้าใจถึงการเคลื่อนไหวทางกายภาพของวัตถุแข็งใดๆ (Rigid Body Dynamics) ในระบบสามมิติ (Tim Laue, Kai Spiess, & Thomas Röfer, 2006) ด้วย

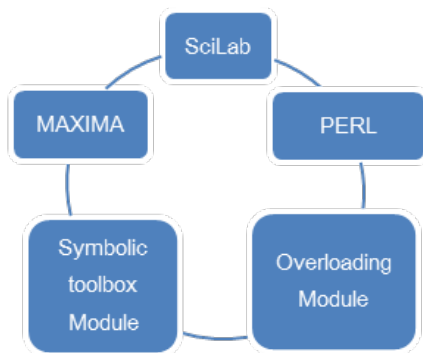
1.2 โปรแกรม SciLab

โปรแกรมไซแลบเป็นโปรแกรมคำนวณเชิงตัวเลขแบบโอเพนซอร์ซ (GPL-compatible) ถูกพัฒนาขึ้นโดยกลุ่มนักวิจัยจาก INRIA และ ENPC ในประเทศฝรั่งเศส เมื่อปี ค.ศ. 1990 (ปิยะ โควินท์ทวิวัฒน์, 2551) เพื่อใช้ในการคำนวณเชิงตัวเลขและแสดงผลกราฟิกที่ซับซ้อนเช่นเดียวกับโปรแกรมแมทแลบ (MATLAB) เป็นซอฟต์แวร์ที่อนุญาตให้บุคคลใดๆ สามารถกระทำซ้ำหรือแจกจ่ายได้อย่างถูกต้องตามกฎหมายและเสรี ไม่สงวนสิทธิ์ในการเผยแพร่หรือดัดแปลงซอฟต์แวร์นั้น อนุญาตให้ใช้ได้อย่างไม่มีลิขสิทธิ์ โปรแกรมไซแลบเป็นลิขสิทธิ์พื้นฐานแบบ GNU General Public License (GPL) ซึ่งถูกใช้กันอย่างแพร่หลาย เพราะผู้ใช้สามารถทำสำเนาซอฟต์แวร์ไปใช้ที่ใดก็ได้ไม่จำกัดจำนวน (อัมพรชัย ภูผล, 2555) สามารถแก้ไขดัดแปลงเพื่อใช้สร้างผลงานของตนเองได้ โดยงานที่พัฒนาขึ้นนี้จะถือว่าเป็นลิขสิทธิ์ GPL ด้วย และหากมีการเก็บค่าใช้จ่ายกับงานที่พัฒนา ผู้พัฒนาจะต้องให้ Source Code ทั้งหมดแต่ผู้ซื้อเพื่อนำไปพัฒนาต่อยอดต่อไปได้

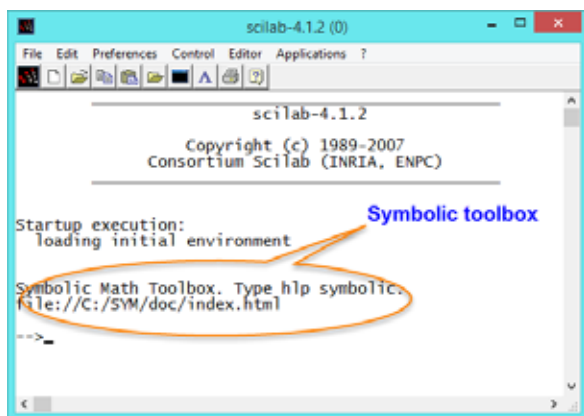
โปรแกรมแบบเสรีและถูกกฎหมายได้รับความนิยมและนำมาประยุกต์ใช้ในการเรียน การสอนสาขาวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมกันมากขึ้น ซึ่งงานวิจัยครั้งนี้ได้นำโปรแกรมไซแลบมาประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนกลศาสตร์หุ่นยนต์ พัฒนาขึ้นเพื่อให้เป็นทางเลือกกับผู้เรียนสำหรับใช้เป็นเครื่องมือทางคณิตศาสตร์ที่ช่วยในการคำนวณค่าตัวแปรเชิงสัญลักษณ์ เนื่องจากไซแลบมีเครื่องมือสนับสนุนจำนวนมากใช้งานง่าย และมีประสิทธิภาพในการทำงานทางวิศวกรรมวิทยาศาสตร์หรือการประยุกต์ใช้ในการคำนวณค่าทางสถิติ เป็นต้น (กิตติ เสือแพร และมีชัย โลหะการ, 2557; อัมพรชัย ภูผล, 2555; กิตติวุฒิ จินนะบุตร, กฤตวิทย์ บัวใหญ่, และ ธวัช เกิดชื่น, 2556; Liao Wenjiang, Dong Nanping, & Fan Tongshun, 2009; Michael Baudin & Serge Steer, 2009; Shanping YOU, Xiaoyao Xie, & Yan Chen, 2009; Marek Jaworski, 2015)



ภาพประกอบ 3 หน้าต่างหลักของโปรแกรมไซแลบ ก่อนพัฒนาโปรแกรม



ภาพประกอบ 4 ซอฟต์แวร์ที่นำมาพัฒนาร่วมกับไซแลบ



ภาพที่ 5 หน้าต่างคำสั่งของไซแลบที่พร้อมใช้งานคำนวณตัวแปรเชิงสัญลักษณ์

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรม

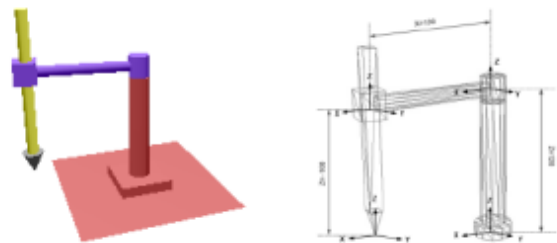
โดยทั่วไปแล้วโปรแกรมไซแลบไม่ได้ติดตั้งเครื่องมือที่ช่วยในการประมวลผลตัวแปรเชิงสัญลักษณ์ (Symbolic toolbox) แสดงดังภาพที่ 3 ก่อนการพัฒนาโปรแกรม ซึ่งจุดเด่นของงานวิจัยนี้ คือ การใช้ซอฟต์แวร์อิสระที่ไม่มีลิขสิทธิ์ ดังนั้น ผู้ใช้จะต้องทำการติดตั้งซอฟต์แวร์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องเอง (ปิยะ โควินท์ทวีวัฒน์, 2551) ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้

ดังภาพ ที่ 4 ประกอบด้วย โปรแกรม SciLab (เป็นโปรแกรมหลักในการคำนวณ) โปรแกรม PERL (ใช้ติดต่อระหว่าง SciLab กับ MAXIMA) โปรแกรม MAXIMA (ใช้คำนวณเชิงสัญลักษณ์) Symbolic toolbox Module (ฟังก์ชันที่ใช้ในการประมวลผลเชิงสัญลักษณ์ของไซแลบ) และ Overloading Module (อำนวยความสะดวกในการเรียกใช้งานคำสั่งต่างๆ ที่ช่วยให้ทำงานง่ายขึ้น) งานวิจัยนี้ได้ทำการติดตั้งบนระบบปฏิบัติการ Windows 8 ดังภาพประกอบ 5

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นตอนออกแบบบทเรียน

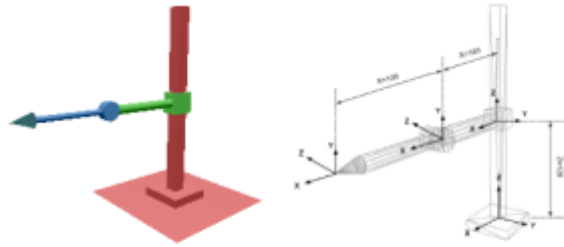
การวิเคราะห์จลนศาสตร์เป็นหัวใจหลักของวิทยาการหุ่นยนต์ เป็นพื้นฐานที่ผู้เรียนต้องมีความรู้และทักษะเพื่อนำไปใช้ออกแบบและควบคุมหุ่นยนต์ (สถาพร ลักษณะเจริญ, 2546) ตัวแปรที่นำมาพิจารณา คือ ตำแหน่งและ ทิศทางการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ซึ่งจะแสดงในรูปของเมทริกซ์

หุ่นยนต์ที่ใช้ในการวิจัยนี้ออกแบบไว้ 2 ชนิด คือ RP-robot และ PR-robot มีองศาอิสระ (Degree of Freedom) 2 DOF ดังภาพที่ 6 และภาพที่ 7 ใช้เป็นแบบทดสอบสำหรับฝึกทักษะการวิเคราะห์จลนศาสตร์ โดยให้ผู้เรียนได้ฝึกคำนวณหาค่าเมทริกซ์ตั้งแต่พื้นฐานจนถึงการประยุกต์ใช้ตัวแปรเชิงสัญลักษณ์ผ่านเครื่องมือที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น จากนั้นนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพของแบบทดสอบและซอฟต์แวร์ไซแลบที่พัฒนาขึ้น (ปิยะ โควินท์ทวีวัฒน์, 2551) เพื่อช่วยคำนวณตัวแปรเชิงสัญลักษณ์



i	X		Z		ตัวแปร
	α_{i-1}	a_{i-1}	θ_i	d_i	
1	0	0	θ_1	0	θ_1
2	0	100	0	d_2	d_2

ภาพประกอบ 6 DH-Parameter ของ RP-robot



i	X		Z		ตัวแปร
	α_{i-1}	a_{i-1}	θ_i	d_i	
1	0	0	0	d_1	d_1
2	90°	100	θ_2	0	θ_2

ภาพประกอบ 7 DH-Parameter ของ PR-robot

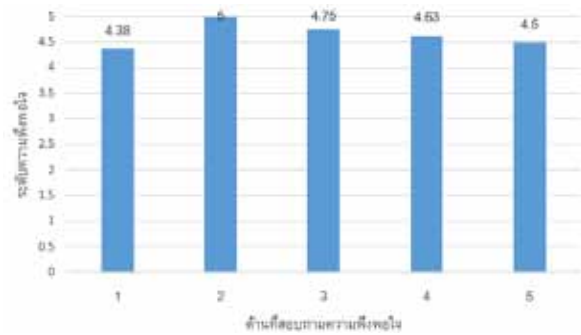
ขั้นตอนที่ 4 ขั้นตอนการนำไปใช้งานและประเมิน

ผล

นำแบบทดสอบพร้อมโปรแกรมไซแลบที่ผ่านการติดตั้งซอฟต์แวร์อื่นที่เกี่ยวข้อง นำไปใช้ทดลองกับกลุ่มทดลองเครื่องมือที่ได้จากการเลือกแบบเจาะจง เป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 2 ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าพระนครเหนือ จำนวน 8 คน ทดลองใช้โปรแกรมไซแลบร่วมกับเอกสารประกอบบทเรียนที่ใช้สำหรับงานวิจัย วิเคราะห์และแปลงเฟรมด้วยมือและใช้โปรแกรมไซแลบ สอบถามความพึงพอใจต่อการใช้โปรแกรมไซแลบช่วยคำนวณตัวแปรเชิงสัญลักษณ์

ผลการทดลอง

ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อโปรแกรมไซแลบที่ใช้สำหรับคำนวณตัวแปรเชิงสัญลักษณ์ในการสอนกลศาสตร์หุ่นยนต์ ใช้เกณฑ์ค่าคะแนน 5 ระดับ ประกอบด้วย 1) ด้านความง่ายของการป้อนข้อมูล 2) ด้านความถูกต้องของการแสดงผลเมื่อคำนวณเทียบกับมือและเครื่องคิดเลข 3) ด้านความเร็วในการคำนวณ 4) ด้านเนื้อหาและตัวอย่างของบทเรียนมีประโยชน์ต่อนักศึกษา และ 5) ด้านประสิทธิภาพของโปรแกรมโดยรวม ผลการวิจัย พบว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อประสิทธิภาพของโปรแกรมโดยรวมในระดับมากที่สุด ($\bar{X}=4.50$) โดยมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับเอกสารการสอนควรมีการจัดลำดับขั้นตอนของการคำนวณเพื่อให้เห็นภาพรวมของผลลัพธ์ได้ชัดเจนและควรมีตัวอย่างรายละเอียดเนื้อหาเพิ่มขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจวิธีการคำนวณเมทริกซ์ได้ง่าย



แผนภูมิที่ 1 ความพึงพอใจของกลุ่มทดลอง

สรุปผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

รายการประเมินแสดงด้วยแผนภูมิที่ 1 พบว่า 1) ด้านความง่ายของการป้อนข้อมูลอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=4.38$, S.D.=0.52), 2) ด้านความถูกต้องของการแสดงผลอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}=5.00$, S.D.=0.00), 3) ด้านความเร็วในการคำนวณอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}=4.75$, S.D.=0.46), 4) เนื้อหาและตัวอย่างของบทเรียนมีประโยชน์ต่อนักศึกษาอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}=4.63$, S.D.=0.52), และ 5) ประสิทธิภาพของโปรแกรมโดยรวมอยู่ในระดับ ($\bar{X}=4.50$, S.D.=0.53)

จากการทดลองใช้แบบทดสอบกับกลุ่มทดลองจำนวน 8 คน เพื่อคำนวณเมทริกซ์พื้นฐานและการหาค่าตัวแปรเชิงสัญลักษณ์ด้วยมือและเครื่องคำนวณ พบว่า ผู้เรียนใช้เวลาในการคำนวณด้วยมือหรือเครื่องคำนวณมากกว่าการใช้โปรแกรมไซแลบ ผลลัพธ์การคำนวณด้วยมือมีข้อผิดพลาดไม่ถูกต้อง การใช้เครื่องคำนวณสามารถป้อนค่าตัวเลขได้จำนวนจำกัดและใช้คำนวณได้เฉพาะตัวแปรที่เป็นตัวเลขเท่านั้น การวิจัยครั้งนี้ได้ประยุกต์โปรแกรมไซแลบ โดยให้นักศึกษากลุ่มทดลองใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการคำนวณตัวแปรเชิงสัญลักษณ์ ผลการวิจัยพบว่าโปรแกรมไซแลบที่ทำการติดตั้งซอฟต์แวร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณตัวแปรเชิงสัญลักษณ์ สามารถใช้คำนวณค่าได้อย่างมีประสิทธิภาพในการคำนวณเมทริกซ์หลายมิติและสามารถคำนวณเมทริกซ์ที่ติดค่าตัวแปรเชิงสัญลักษณ์ได้อย่างถูกต้องรวดเร็ว

ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าการนำโปรแกรมสำเร็จรูปที่ไม่มีค่าลิขสิทธิ์มาประยุกต์ใช้ในการสอน เป็นเครื่องมือและสื่อการสอนที่มีประสิทธิภาพอย่างมากต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนสอดคล้องกับผลการใช้ไซแลบในชั้นเรียนวิชาการเบียววิธีเชิงตัวเลข (Engineering Numerical Computations) ของ Liao Wenjiang, Dong Nanping, and Fan Tongshun (2009) ที่สามารถช่วยให้ผู้เรียนได้คำนวณค่าและแก้ปัญหาได้ง่ายขึ้น ผู้เรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจเกี่ยวกับการแก้ปัญหาเชิงตัวเลขได้อย่างถูกต้องและเห็นถึงความสำคัญของการเรียนรู้ด้วยการฝึกแก้ปัญหา ซึ่งการใช้ไซแลบเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการสอนมีประสิทธิภาพอย่างมาก

ข้อเสนอแนะการวิจัยในครั้งต่อไป ควรมีการพัฒนา
คู่มือการสอน แบบฝึกหัด แบบจำลองและหาคุณภาพของ
เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยเพื่อให้มีคุณภาพเหมาะสมที่จะนำ

ไปใช้ในการเรียนการสอนรายวิชาหุ่นยนต์พื้นฐานหรือวิชา
ที่เกี่ยวข้องกับการใช้โปรแกรมคำนวณค่าเชิงตัวเลข

เอกสารอ้างอิง

- กิตติ เสือแพ และมิชัย โลหะการ. (2557). การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยใช้ GUI-SCILAB ในการศึกษาการสร้างภาพเคลื่อนไหว ในการเรียนวิชาการประมวลผลภาพดิจิทัลสำหรับนักศึกษาสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า. The Tenth National Conference on Computing and Information Technology. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- กิตติวุฒิ จินณะบุตร, กฤตวิทย์ บัวใหญ่, และรัชช เกิดชื่น. (2556). แนะนำโปรแกรม Scilab สำหรับงานวิจัยด้านวิศวกรรมไฟฟ้า. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ราชมงคล ครั้งที่ 5, โรงแรมหัวหินแกรนด์แอนด์ พลาซ่า จังหวัดประจวบคีรีขันธ์.
- ปิยะ ไควน์ทท์วิวัฒน์. (2551). คู่มือโปรแกรมภาษา SCILAB สำหรับผู้เริ่มต้น (ฉบับปรับปรุงใหม่). เพชรเกษม พริ้นติ้ง กรุป จำกัด, จ.นครปฐม.
- สถาพร ลักษณะเจริญ. (2546). เอกสารประกอบการสอนวิชา 104255 หุ่นยนต์เบื้องต้น Introduction to Robotics. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- อัมพรชัย ภูผล. (2555). การประยุกต์ใช้งาน SCILAB/Xcos ในการแก้ปัญหาและการจำลองอาร์คฟอลต์แบบสถานะคงตัว. (วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต) สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- Abhijit Nagchaudhuri, Sastry Kuruganty, and Asif Shakur. (2002). Introduction of mechatronics concepts in a robotics course using an industrial SCARA robot equipped with a vision sensor. *Mechatronics, Elsevier Science*, 12: p. 183-193.
- Authors Drago Matko, et al. (2012). *Robot soccer as a teaching and examining tool*. Global Engineering Education Conference (EDUCON).
- Baki Koyuncu and Mehmet Güzel. (2007). *Software Development for the Kinematic Analysis of a Lynx 6 Robot Arm*. World Academy of Science: Engineering and Technology.
- D. Katagami and S. Yamada. (2003). *Active Teaching for an Interactive Learning Robot*. Proceedings of the 2003 IEEE international Workshop on Robot and Human Interactive Communication, Millbrae, California, USA.
- Haruhisa KAWASAKI, Toshimi Shimizu, and Kazuo KANZAKI. (1996). *Symbolic Analysis of the Base Parameters for Closed-Chain Robots Based on the Completion Procedure*. IEEE International Conference on Robotics and Automation, Minneapolis, Minnesota.
- Liao Wenjiang, Dong Nanping, and Fan Tongshun. (2009). *Application of Scilab in teaching of Engineering Numerical Computations*. Open-source Software for Scientific Computation (OSSC), IEEE..
- Marek Jaworski. (2015). *Scilab Open-Source Software for Fiber Optic Communication Systems Simulation*. IEEE.
- Michael Baudin and Serge Steer. (2009). *Optimization with Scilab*. IEEE.
- Naren Vira and Edward Tunstel. (1992). Use of Symbolic Computation in Robotics Education. *IEEE TRANSACTIONS ON EDUCATION*, VOL. 35, NO. 1.
- Rizauddin Ramli, Melor Md Yunus, and Noriah Mohd Ishak. (2011). *Robotic teaching for Malaysian gifted enrichment program*. Science Direct.
- Shanping YOU, Xiaoyao Xie, and Yan Chen. (2009). *Statistical Analysis of Educational Testing Data based on SCILAB*. IEEE.



- Tim Laue, Kai Spiess, and Thomas Röfer. (2006). SimRobot – A General Physical Robot Simulator and Its Application in RoboCup. *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*, p. 173–183.
- Yong-Gui Zhang, et al. (2009). *Simulation on Whole Inverse Kinematics of a 5R Robot Based on Hybrid Genetic Algorithm*. Proceedings of the Eighth International Conference on Machine Learning and Cybernetics, Baoding.