การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบเน้นการเรียนรู้ เชิงประสบการณ์ เรื่อง จลนศาสตร์หุ่นยนต์

The Development of Instructional Model Based on an Experiential Learning in Robot Kinematics

นำโชค วัฒนานัย[1,3] พูลศักดิ์ โกษียาภรณ์[1,3] ดวงกมล โพธิ์นาค[2]
Numchoke Wattananaiya[1,3], Poolsak Koseeyaporn[1,3], Duangkamol Phonak[2]

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน แบบเน้นการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ เรื่อง จลนศาสตร์หุ่นยนต์ ขั้นตอนการวิจัยประกอบด้วย การวิเคราะห์ การสังเคราะห์และออกแบบรูปแบบการเรียนการสอนปิรามิดโมเดล (PIRAMID Model) เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านการศึกษาและวิศวกรรม จำนวน 9 ท่าน รูปแบบการเรียนการสอนนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาวิศวกรรมไฟฟ้าจำนวน 27 คน ใช้วิธีวัดประเมินความรู้ของผู้เรียนและการประเมินกระบวนการ ทดสอบความแตกต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้สถิติที (t-test) ผลการวิจัย พบว่า รูปแบบการเรียนการสอนมีกระบวนการเรียนการสอน 7 ขั้นตอน ประกอบด้วย 1) ขั้นการส่งเสริมโฆษณา 2) ขั้นพรรณนาแนะนำ 3) ขั้นลงมือกระทำ 4) ขั้นกิจกรรมแสดงออก 5) ขั้นบอกเสริมเพิ่มผล 6) ขั้นแรงดลบรรดาลใจ และ 7) ขั้นการพัฒนานำไปใช้ มีประสิทธิภาพเท่ากับ 79.40/75.6 ซึ่งสูงกว่าค่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ที่ 70/70 คะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อรูปแบบโดยภาพรวมเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ: วิทยาการหุ่นยนต์ โปรแกรมโรโบซิม2 การเรียนรู้จากประสบการณ์ รูปแบบการเรียนการสอน

[1] ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
[2] ภาควิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
[3] ศูนย์วิจัยและพัฒนาหุ่นยนต์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
[1] Development of Electric Education, KMTNB
[2] Development of Computer Education, KMTNB
[3] Center of Research and Development in Robotics Industry, KMTNB

Abstract

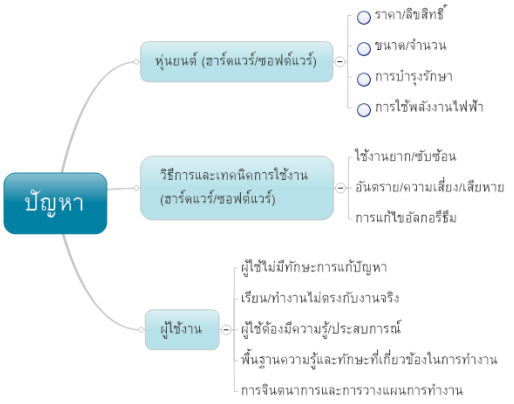
This research aimed to develop an instructional model in Robot Kinematics under experiential learning. The procedure of this research included analysis, and synthesis of the instructional model designed by PIRAMID Model. After that, all materials were evaluated by 9 experts from both education and engineering sides. The instructional model was applied to a sampling group of 27 undergraduate electrical engineering students. The evaluation methods consisted of product assessment, process assessment, test score differences between pretest and posttest, and learning satisfaction evaluation. The results showed that the Instructional model in experiential learning with a seven-step ; 1) Promote, 2) Information, 3) Respond, 4) Acting, 5) Manipulate, 6) Inspiration, and 7) Development. The process had efficiency of 79.40 / 75.65 ; higher than the 70/70 expected criteria. The test score difference provided statistically significant level at .05. The students were satisfied in the instructional model at high level.

Keywords: Robotics, ROBOSIM2, Experiential learning, Instructional Model

บทนำ

วิทยาการหุ่นยนต์ (Robotics) เป็นสหวิทยาการ (Interdisciplinary) (José Alberto Naves Cocota Júnior, Hideo Silva Fujita, et al., 2012) ได้บูรณาการศาสตร์สาขาต่าง ๆ เข้าไว้ด้วยกัน ได้แก่ ไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ เครื่องกล เป็นต้น หัวใจหลักของวิทยาการหุ่นยนต์ คือ จลนศาสตร์ (Kinematics) (Baki Koyuncu and Mehmet Güzel., 2007) เป็นหัวข้อที่อธิบายตำแหน่งการเคลื่อนที่ของข้อต่อ (Joint) และแขน (Link) หุ่นยนต์ในระบบพิกัดฉาก(Cartesian Coordinates System) ผู้เรียนจึงต้องมีพื้นฐานความรู้และทักษะการคำนวณอย่างมากเพื่อวิเคราะห์ระบบหาคำตอบจลนศาสตร์สำหรับกำหนดตำแหน่งการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ให้ถูกต้อง แม่นยำและมีความปลอดภัย

จากการศึกษางานวิจัยของ นำโชค วัฒนานัย, พูลศักดิ์ โกษียาภรณ์ และดวงกมล โพธิ์นาค (2557) ดังภาพที่ 1 พบว่า ปัญหาการเรียนการสอนวิทยาการหุ่นยนต์และการใช้งานหุ่นยนต์ เกิดขึ้นจากองค์ประกอบทางกายภาพของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมทั้งในส่วนของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ขาดแคลนสื่อเพื่อการเรียนรู้และฝึกใช้งาน ปัญหาจากตัวผู้ใช้งานหรือผู้เรียนที่ต้องใช้จินตนาการอย่างมากในการมองภาพวัตถุที่วางอยู่ในระบบสามมิติ ตลอดจนวิธีการและเทคนิคการใช้งาน เนื่องจากวิทยาการหุ่นยนต์มีเนื้อหาสาระที่ซับซ้อนและยากต่อการทำความเข้าใจในระยะเวลาที่จำกัด (D. Katagami and S. Yamada., 2003 ; Rizauddin Ramli, Melor Md Yunus, et al., 2011)



ภาพที่ 1 ปัญหาการเรียนรู้วิทยาการหุ่นยนต์

การแก้ปัญหาของโรงงานอุตสาหกรรมอาจกระทำได้โดยส่งพนักงานเข้าอบรมทักษะต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการใช้งาน สำหรับในสถานศึกษานั้นสามารถกระทำได้โดยการจัดประสบการณ์ให้กับผู้เรียน ให้ได้ฝึกประสบการณ์เพื่อให้เกิดความคุ้นเคยกับสิ่งแวดล้อมที่มีองค์ประกอบต่าง ๆ ที่ใกล้เคียงกับการปฏิบัติงานในอุตสาหกรรมจริง เป็นการเตรียมพร้อมบุคลากรในระดับช่างฝีมือหรือวิศวกรที่มีคุณภาพก่อนเข้าสู่งานจริง ฝึกการวิเคราะห์ปัญหาและแก้ไขปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ และทำงานร่วมกับผู้อื่นจะช่วยส่งเสริมดึงดูดใจในการเรียนรู้วิทยาการหุ่นยนต์ได้ (Jaworska and Laski, 1992 ; Rachid Manseur, 2005) ทั้งนี้เพราะการเรียนรู้ที่ผ่านบริบทของชีวิตจริง เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์โดยตรงหรือโดยอ้อมจากเหตุการณ์จริงหรือสถานการณ์จำลอง จะทำให้ผู้เรียนมีความคงทนของความรู้และติดทนนาน (นำโชค และคณะ, 2555) สอดคล้องกับแนวความเชื่อของลัทธิประสบการณ์นิยม (Empiricism) (ประยงค์ แสนบุราณ, 2548 ; สุจิตรา อ่อนค้อม, 2552) ซึ่งเชื่อว่าประสบการณ์เก่าในอดีตเป็นเครื่องมือที่สำคัญ เชื่อมโยงประสบการณ์เดิมให้เข้ากับประสบการณ์ใหม่ ตามหลักการเรียนรู้ เชิงประสบการณ์ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นโดย เดวิด คอล์บ (David Kolb: 1984 อ้างถึงใน ทิศนา เขมมณี, 2553) มีทัศนะคติทางด้านการเรียนรู้ของผู้เรียนที่ว่าผู้เรียนควรได้เรียนรู้จากประสบการณ์ที่เป็นรูปธรรม เน้นการฝึกคิดแก้ปัญหา เรียนรู้จากโครงงาน เรียนรู้จากปัญหา เรียนรู้ด้วยการลองผิดลองถูก เรียนรู้จากการเล่นหรือการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น หาวิธีการแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผลและสะท้อนความคิดนั้นออกมาอย่างไตร่ตรอง จะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และมีทักษะพื้นฐานที่จำเป็นต่อการทำงาน

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้และทักษะพื้นฐานทางหุ่นยนต์ สามารถลงมือปฏิบัติงานและมีประสบการณ์เบื้องต้นเกี่ยวกับการควบคุมตำแหน่งหุ่นยนต์ โดยการจัดประสบการณ์ที่มีความใกล้เคียงกับงานจริง เพื่อให้ผู้เรียนมองเห็นภาพการทำงานของหุ่นยนต์ได้อย่างเป็นรูปธรรม สร้างเสริมประสบการณ์ทางด้านหุ่นยนต์ให้กับผู้เรียน กระตุ้นความสนใจและสร้างเสริมจินตนาการของผู้เรียนในด้านหุ่นยนต์กับการเคลื่อนที่ในระบบสามมิติ ด้วยการใช้โปรแกรมจำลองและสื่อวัสดุการสอนเป็นเครื่องมือในการฝึกประสบการณ์ตามรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียน การสอนแบบเน้นการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ เรื่อง จลนศาสตร์หุ่นยนต์

2. เพื่อศึกษาความพึงพอใจต่อการใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบเน้น การเรียนรู้เชิงประสบการณ์ เรื่อง จลนศาสตร์หุ่นยนต์

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้เป็นนักศึกษาคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง เป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ชั้นปีที่ 1 ที่มีพื้นฐานความรู้ด้านการคำนวณเวกเตอร์เมทริกซ์ มีทักษะการมองภาพมิติสัมพันธ์ และลงทะเบียนเรียนในรายวิชาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อการประยุกต์ทางวิศวกรรมในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 จำนวน 27 คน

ตัวแปรที่ศึกษา

การวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาตัวแปรสองประเภท ประกอบด้วย ตัวแปรอิสระ คือ รูปแบบการเรียนการสอนแบบเน้นการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ ตัวแปรตาม คือ ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนการสอนเชิงประสบการณ์และคะแนนสอบหลังเรียน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้เครื่องมือที่ผ่านการประเมินคุณภาพแล้วจากผู้เชี่ยวชาญ ประกอบด้วย แบบวิเคราะห์เนื้อหา แบบประเมินความเหมาะสมของเนื้อหาและรูปแบบการเรียนการสอน แบบสอบถาม แบบสัมภาษณ์ แบบสังเกต แบบทดสอบและแบบประเมินความพึงพอใจ

การดำเนินการวิจัย

ระยะที่ 1 ขั้นการวิเคราะห์และสังเคราะห์รูปแบบ ประกอบด้วย

1.1 วิเคราะห์หัวข้อเรื่อง เนื้อหาและงานการเรียนรู้โดยการสำรวจหลักสูตรและเนื้อหาวิชาที่เกี่ยวข้องกับหุ่นยนต์ในระดับอุดมศึกษาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนตำราเรียนทางด้านวิทยาการหุ่นยนต์ ได้แก่ S. K. Saha (2008) ; Mark W. Spong, Seth Hutchinson, et al. (2006). ; R. K. Mittal and I. J. Nagrath (2007) ; Rachid Manseur (2006) ; John J. Craig (2005) ; Joseph Duffy (1996) ; J. M. Selig (1992) ; และ Antti J. Koivo (1989)

นำเสนอหัวข้อเรื่องที่ได้จากการศึกษาข้อมูลที่กล่าวในข้างต้น ต่อผู้เชี่ยวชาญทางด้านหุ่นยนต์ เพื่อประเมินความสำคัญของหัวข้อเรื่องที่เป็นพื้นฐานและมีความจำเป็นต่อการศึกษาวิชาหุ่นยนต์ กำหนดปริมาณเนื้อหา ประเมินความยากง่ายของหัวข้อเรื่อง กำหนดขอบเขตของเนื้อหา ใบงานกิจกรรมและแบบฝึกหัด วิเคราะห์เนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัด ใช้เทคนิควิธีการสร้างเครื่องมือของ บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์ (2553) ในการออกแบบงานการเรียนรู้ แจกแจงสิ่งที่ต้องการให้ผู้เรียนมีความรู้หรือทักษะที่จำเป็น

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์หัวข้อเรื่องที่จำเป็นต่อการเรียนรู้และเป็นพื้นฐานสำหรับผู้เรียนจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ 1) ระบบพิกัดและการแปลง 2) สมการแขนหุ่นยนต์ 3) ปัญหาจลนศาสตร์และ 4) การเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์

1.2 วิเคราะห์ผู้เรียนและบริบทของวิชาหุ่นยนต์ จากการสังเกตผู้เรียนในชั้นเรียนปกติรายวิชาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อการประยุกต์ทางวิศวกรรม พบว่า ผู้เรียนมีปัญหาในด้านพีชคณิต พิกัดของวัตถุ การแปลงเมทริกซ์เอกพันธ์ การใช้กฎมือขวา (Right-Handed Screw) ของผู้เรียน สำหรับวิเคราะห์เฟรมหุ่นยนต์ที่มีการเปลี่ยนแปลงในระบบสามมิติ ซึ่งถือได้ว่าเป็น

เรื่องที่ยากต่อการทำความเข้าใจเกี่ยวกับเวกเตอร์หรือเฟรมประจำข้อต่อหุ่นยนต์ โดยเฉพาะการวิเคราะห์หุ่นยนต์ที่มีหลายข้อต่อ มีองศาอิสระ (Degree Of Freedom ; DOF) จำนวนมาก ทำให้เกิดความสับสนกับผู้เรียน นอกจากนั้นจากการสังเกตสื่อที่ใช้ในชั้นเรียนปกติยังพบว่า ไม่มีสื่อที่ใช้สำหรับอธิบายเฟรมวัตถุในระบบพิกัดฉากที่มีหลายองศาอิสระ

สอดคล้องกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนสอนหุ่นยนต์ พบว่า ผู้เรียนไม่มีพื้นฐานทางด้านวิทยาการหุ่นยนต์และคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์จลนศาสตร์หุ่นยนต์ (Nagchaudhuri, et al., 2002) จินตนาการไม่เห็นภาพเส้นทางการเคลื่อนที่ (Trajectory) ของหุ่นยนต์ในระบบสามมิติ (Laue, et al., 2006) และไม่มีทักษะการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Rossano, et al., 2013)

1.3 วิเคราะห์สื่อและวัสดุการเรียนการสอนวิชาหุ่นยนต์ จากการศึกษางานวิจัยและการสังเกตภายในชั้นเรียน พบว่า นักการศึกษาจำนวนมากได้ใช้ซอฟต์แวร์จำลอง (Robinette and Manseur, 2001 ; Pepper, et al., 2004 ; Manseur, 2005 ; Sanguino and Marquez, 2010) สำหรับจัดสภาพแวดล้อมให้ใกล้เคียงกับงานจริง เพราะสามารถสร้างแรงจูงใจและส่งเสริมจินตนาการให้ผู้เรียน ใช้อธิบายปรากฏการณ์และการทำงานที่ซับซ้อนของหุ่นยนต์อย่างชัดเจน ปลอดภัยและราคาไม่สูงมากนักต่อการนำมาใช้ในการเรียน การสอน

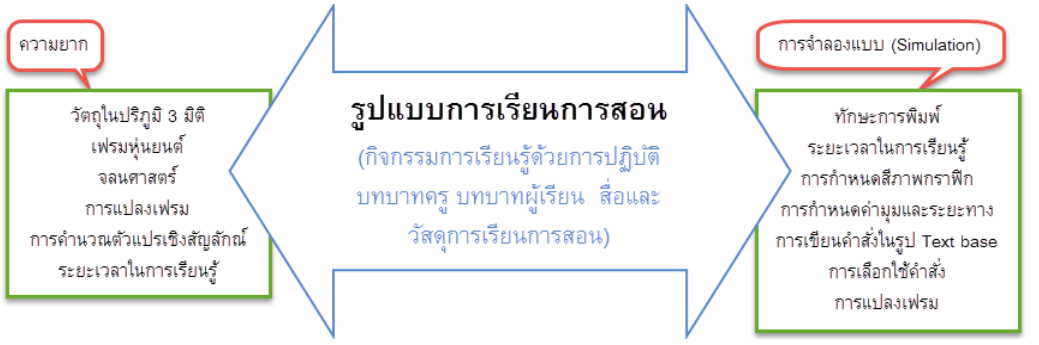
สอดคล้องกับวิจัยของ ไกรวุฒิ หลักคำ (2549) สันติชัย เฟื่องกาญจน์ (2550) และนำโชค วัฒนานัย และคณะ (2555) ในงานวิจัยที่ใช้โปรแกรม ROBOSIM2 พบว่า โปรแกรมจำลองสามารถใช้ในการเรียนรู้วิทยาการหุ่นยนต์เบื้องต้นได้ดี ช่วยในการวิเคราะห์และจำลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ได้ อีกทั้งโปรแกรม ROBOSIM2 เป็นโปรแกรมที่ไม่มีค่าลิขสิทธิ์ เปิดโอกาสให้ผู้ใช้สามารถสร้างฟังก์ชันอื่นเพิ่มเติมได้

1.4 วิเคราะห์รูปแบบการเรียน การสอน (Learning Style) ของผู้เรียนสายวิศวกรรม (แสงเดือน ทวีสิน, นงนุช ภัทราคร และธันยวิช วิเชียรพันธ์, 2545 ; ชูศรี เลิศรัตน์เดชากุล, 2536 ; Felder and Silverman, 1988 ; Kolmos and Holgaard, 2008 ; Kapadia, 2008) และงานวิจัยที่เกี่ยวกับการเรียนการสอนวิชาหุ่นยนต์ พบว่า ผู้เรียนจะเกิดการเรียนรู้ได้ดีและมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูง เมื่อเรียนด้วยการได้สัมผัสจับต้อง ทดลองและทดสอบด้วยตนเอง เห็นผลลัพธ์อย่างเป็นรูปธรรม มีกระบวนการคิดอย่างเป็นเหตุผลและมีลำดับขั้นตอน

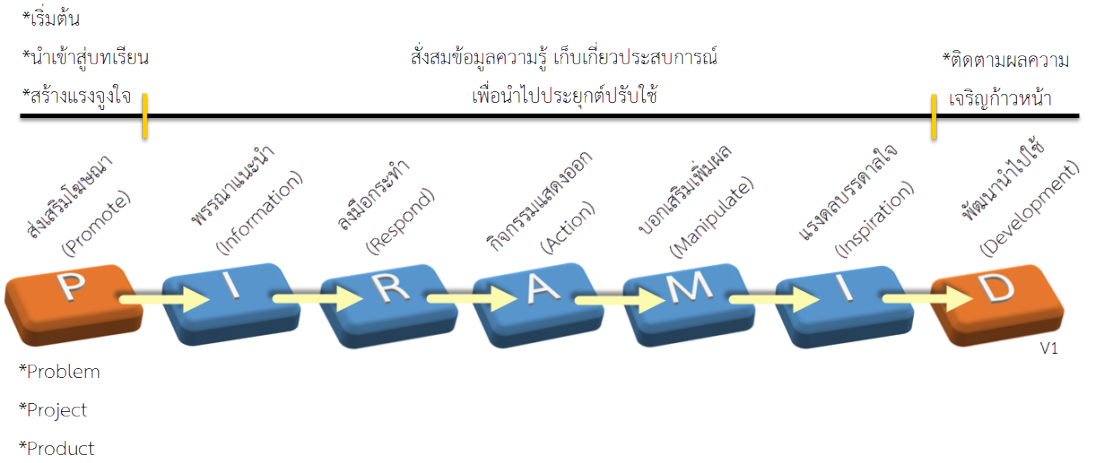
ดังนั้น รูปแบบการจัดการเรียน การสอนวิทยาการหุ่นยนต์ที่เหมาะสมและสอดคล้องกับสไตร์การเรียนรู้ของผู้เรียนสายวิศวกรรม คือ การจัดการเรียนรู้ เชิงประสบการณ์สอดคล้องกับหลักปรัชญาประสบการณ์นิยม (Experimentalism) (สาโรช บัวศรี, 2552) ของกลุ่มลัทธิประสบการณ์นิยมที่มีความเชื่อว่าต้นกำเนิดของความรู้เกิดจากประสาทสัมผัสและผัสสะ (พระธรรมโกศาจารย์ (ประยูร ธมฺมจิตฺโต), 2552) เป็นปรัชญาที่แตกหน่อมาจากปรัชญาปฏิบัตินิยม (Pragmatism) (ประทุม อังกูรโรหิต, 2551) ซึ่งเน้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยการปฏิบัติ (Learning by Doing)

ผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิด ในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบเน้นการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ เรื่อง จลนศาสตร์หุ่นยนต์ ดังภาพที่ 2 ด้วยความเชื่อว่าความรู้ของผู้เรียนจะเกิดขึ้นจากประสบการณ์ของผู้เรียนเอง โดยผู้สอนเปลี่ยนบทบาทเป็นผู้จัดประสบการณ์ที่จำเป็นเบื้องต้นให้กับผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ

สร้างองค์ความรู้ขึ้นด้วยตนเอง ผู้สอนทำหน้าที่สร้างเสริมประสบการณ์ทางการเรียนรู้และจัดประสบการณ์ให้ใกล้เคียงกับสภาพงานจริง ทำให้ผู้เรียนมีความกล้าแสดงออกทางความคิดและสามารถเรียนรู้ร่วมกัน ทำงานเป็นทีมได้ โดยกรอบแนวคิดของงานวิจัยนี้เกิดขึ้นจากการวิเคราะห์ปัญหาที่เป็นอุปสรรคต่อการเรียนวิทยาการหุ่นยนต์ ทำการศึกษาหารูปแบบการเรียนการสอนและศึกษาโปรแกรมจำลองที่เกี่ยวข้อง เพื่อแก้ปัญหาการมองภาพวัตถุในระบบสามมิติ การเขียนโปรแกรม การแปลงเฟรมวัตถุและการคำนวณตัวแปรหุ่นยนต์ (DH-parameters) ที่มีหลายองศาอิสระ



ภาพที่ 2 กรอบแนวคิด



ภาพที่ 2 ร่างรูปแบบการเรียนการสอนแบบเน้นการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ PIRAMID Model (ครั้งที่ 1)

ผู้วิจัยได้ทำการสังเคราะห์งานวิจัยที่เน้นการปฏิบัติ ดำเนินการเรียนการสอนเชิงประสบการณ์ (Experimential Learning) ตามแนวคิดการจัดการเรียน การสอนของ คอล์บ (Kolb) จำนวน 19 งานวิจัย วิเคราะห์ข้อดีและจุดเด่นต่าง ๆ ที่มีความแตกต่างกันตามลักษณะของเนื้อหา สังคม สภาพแวดล้อมและระดับชั้นผู้เรียน ผลที่ได้จากการสังเคราะห์งานวิจัยดังกล่าว พบว่า มีองค์ประกอบที่สำคัญในการจัดประสบการณ์ให้กับผู้เรียน ได้แก่ การกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน การจัดประสบการณ์ตามบริบทของเนื้อหาในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนได้รับข้อมูลที่จำเป็นเบื้องต้นก่อนการลงมือปฏิบัติหรือศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง การนำเสนอผลงานในรูปแบบกลุ่มหรือรายบุคคลและสรุปผลที่ได้รับประสบการณ์จากกิจกรรม ที่จัดขึ้นร่วมกัน ซึ่งผู้สอนมีส่วนร่วมในจัดและดำเนินกิจกรรมตลอด สังเกตและตรวจปรับผู้เรียน ประเมินความรู้ที่ผู้เรียนได้รับจากกิจกรรม มุ่งหวังที่จะให้นำไปประยุกต์ใช้หรือเชื่อมโยงประสบการณ์ที่ได้รับเข้ากับงานใหม่ ๆ ที่เกี่ยวข้อง

ระยะที่ 2 ขั้นการออกแบบรูปแบบการเรียนการสอน (Instructional Design) ผู้วิจัยได้ประยุกต์แนวทางการออกแบบรูปแบบการเรียนการสอนเชิงระบบ (System Orientation) ตามโมเดลการออกแบบการเรียนการสอน (Instructional Design Model) ของสมิทและเรแกน (Smith and Ragan Model) (ณมน จีรังสุวรรณ, 2556) กำหนดยุทธวิธีการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับผู้เรียนสายวิศวกรรม มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้สร้างความรู้และสั่งสมประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับหุ่นยนต์จากการได้ลงมือปฏิบัติผ่านโปรแกรมจำลอง

ขั้นตอนนี้ได้ทำการร่างรูปแบบ การเรียนการสอนที่ได้จากการสังเคราะห์จุดเด่นของงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ ดังภาพที่ 3 คือ ปิรามิดโมเดล (PIRAMID Model) ดำเนินกิจกรรมอย่างเป็นกระบวนการตามลำดับขั้นตอนและสัมพันธ์ต่อเนื่องกัน 7 ขั้นตอน ประกอบด้วย ขั้นการส่งเสริมโฆษณา (Promote: P) ขั้นพรรณนาแนะนำ (Information: I) ขั้นลงมือกระทำ (Respond: R) ขั้นกิจกรรมแสดงออก (Action: A) ขั้นบอกเสริมเพิ่มผล (Manipulate: A) ขั้นแรงดลบันดาลใจ (Inspiration: I) และขั้นพัฒนานำไปใช้ (Development: D) จากนั้นกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมและออกแบบเนื้อหาการเรียนรู้ ออกแบบวัสดุการเรียนการสอน ออกแบบข้อสอบและเครื่องมือสำหรับการเก็บข้อมูล

ระยะที่ 3 ขั้นพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน เพื่อให้เป็นตัวแทนของรูปแบบการเรียนการสอนวิทยาการหุ่นยนต์ที่พัฒนาขึ้น สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างดี มีประสิทธิภาพและเห็นผลอย่างเป็นรูปธรรม กระทำได้ด้วยการพัฒนาสื่อวัสดุการเรียนการสอน ประกอบการเรียนการสอนอย่างเป็นขั้นตอนตามรูปแบบที่ได้ออกแบบไว้ ตรวจสอบคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 9 ท่าน ดังตาราง 1 เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มทดสอบเครื่องมือในลำดับต่อไป

ตาราง 1 ความเหมาะสมของรูปแบบ

ความเหมาะสมด้านต่าง ๆ	$\overline{X}$	S.D.
รูปแบบและกิจกรรมการเรียนการสอน	4.06	0.55
สื่อสนับสนุนการเรียนการสอน	4.20	0.55
คู่มือเอกสารประกอบการสอน	4.11	0.49
การวัดผลและประเมินผล	4.03	0.44
ความเหมาะสมโดยภาพรวม	4.10	

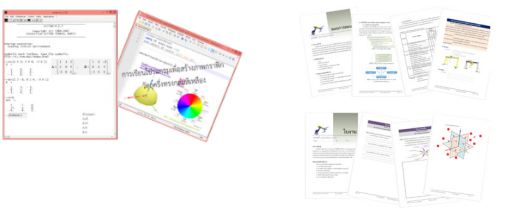
หัวข้อการเรียนรู้ทั้ง 4 หน่วยที่ได้ออกแบบไว้ ผ่านการประเมินความสอดคล้องของเนื้อหา

จากผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิทยาการหุ่นยนต์ (สายวิศวกรรม) พบว่า ดัชนีความสอดคล้องของเนื้อหา (IOC) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.5-1.0 และดัชนีความตรงตามเนื้อหา (CVI) ชี้วัดความตรงกันของหัวข้อเรื่องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมอยู่ระหว่าง 0.6-1.0

กิจกรรม ประกอบด้วย การจดบันทึก เขียนสรุป การคำนวณทางคณิตศาสตร์และฟิสิกส์ วาดภาพ ร่างแบบ เขียนผังมโนทัศน์ จำลองแบบหุ่นยนต์อุตสาหกรรม การแปลงเมทริกซ์จลนศาสตร์หุ่นยนต์ ควบคุมหุ่นยนต์ด้วยภาพเคลื่อนไหวโดยมีปฏิสัมพันธ์กับโปรแกรม ROBOSIM2 เพื่อให้เรียนรู้ด้วยการลองผิดลองถูก เป็นต้น

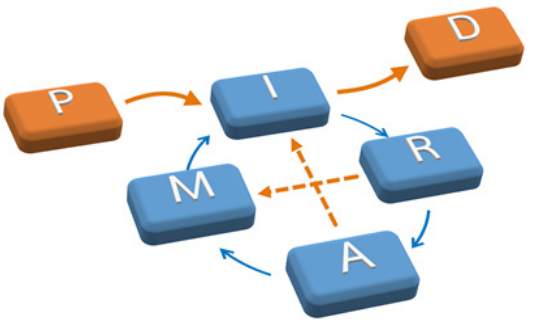
สื่อและวัสดุการเรียนการสอน ประกอบด้วย กราฟิกจำลองหุ่นยนต์อุตสาหกรรม การประยุกต์ใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางคณิตศาสตร์ (SciLab) ในการคำนวณผลการแปลงเฟรมวัตถุ สื่อ E-Learning แบบ Interactive แบบจำลองพลาสติก เอกสารประกอบการเรียนการสอนและแบบทดสอบ ดังภาพที่ 4 และภาพที่ 5 ทดลองใช้กับกลุ่มทดสอบเครื่องมือเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 2 จำนวน 27 คน ที่ผ่านการเรียนรู้วิทยาการหุ่นยนต์ด้วยโปรแกรมจำลอง ROBOSIM2 และมีความรู้เกี่ยวกับจลนศาสตร์เบื้องต้น ดังภาพที่ 6 หาความยากง่ายและอำนาจจำแนกของข้อสอบแบบปรนัยชนิดตัวเลือก 4 ตัวเลือก ครอบคลุมวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมทั้ง 4 หน่วยการเรียน จำนวน 40 ข้อ นำผลที่ได้กลับมาปรับปรุงแก้ไขรูปแบบการเรียน การสอน ได้ PIRAMID Model ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 ดังภาพที่ 7 และภาพที่ 8 ตามลำดับ

ภาพที่ 3 กราฟิกจำลองหุ่นยนต์ และ แบบจำลองพลาสติก

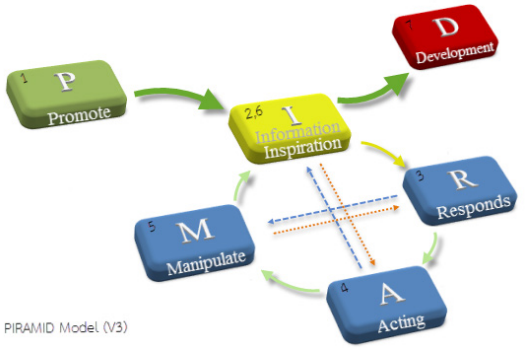


ภาพที่ 4 E-Learning แบบ Interactive และเอกสารประกอบการเรียน

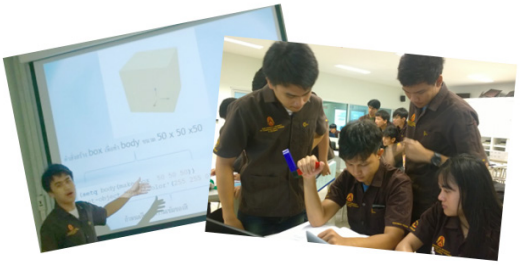
ภาพที่ 5 กลุ่มทดสอบเครื่องมือ



ภาพที่ 6 PIRAMID Model (ครั้งที่ 2)



ภาพที่ 7 PIRAMID Model (ครั้งที่ 3)



ภาพที่ 8 กิจกรรมของกลุ่มตัวอย่าง

ระยะที่ 4 ขั้นเก็บรวบรวมข้อมูล เป็นขั้นตอนที่นำรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาแก้ไขแล้วไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักศึกษาภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้าชั้นปีที่ 1 ดังภาพที่ 8 เพื่อยืนยันคุณภาพของรูปแบบ ใช้เวลา 4 วัน โดยเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยขั้นนี้ คือ แบบทดสอบและแบบประเมินความ พึงพอใจ

ระยะที่ 5 ขั้นประเมินผล นำข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย หาค่าทางสถิติและประเมินผลคุณภาพของรูปแบบ

ผลการวิจัย

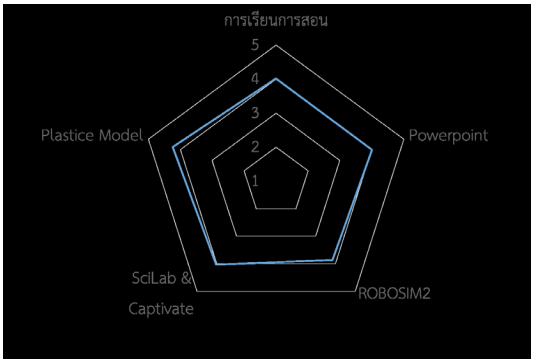
การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบเน้นการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ เรื่อง จลนศาสตร์หุ่นยนต์ ผลการวิจัยได้รูปแบบ PIRAMID Model ประกอบด้วย กระบวนการเรียนการสอน 7 ขั้นตอน ได้แก่ (P: Promote) คือ ขั้นตอน ที่ 1) กระตุ้นความสนใจ ด้วยการรื้อฟื้นและทบทวนความรู้รอบตัวของผู้เรียน ในรูปแบบของ Problem, Project or Product สำหรับใช้นำเข้าสู่บทเรียนในลำดับต่อไป (I: Information) คือ ขั้นตอนที่ 2) จัดให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ (R: Respond) คือ ขั้นตอนที่ 3) ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติ (A: Acting) คือ ขั้นตอน ที่ 4) ผู้เรียนนำเสนอผลงานของตนร่วมกับผู้อื่น (M: Manipulate) คือ ขั้นตอน ที่ 5) สรุปทบทวนความรู้หรือประเด็นที่ได้จากประสบการณ์ (I: Inspiration) คือ ขั้นตอนที่ 6) เรียนรู้ร่วมกันและดำเนินกิจกรรมต่อเนื่อง วนซ้ำหรือข้ามกระบวนการได้ตามวัตถุประสงค์และสถานการณ์ ขั้นตอนสุดท้ายเมื่อจบกระบวนการของประสบการณ์ที่จัดให้ คือ (D: Development) เป็นขั้นตอน ที่ 7) ประยุกต์ใช้ความรู้และเชื่อมโยงประสบการณ์เข้ากับงานใหม่

ประสิทธิภาพระหว่างกระบวนการ E_1 และผลลัพธ์การเรียนรู้ E_2 ใช้เกณฑ์ประสิทธิภาพ E_1/E_2 กำหนดค่าเป้าหมายที่ 70/70 มีค่าเท่ากับ 79.40/75.65 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนสอบทั้งสองครั้ง โดยใช้สถิติที (t-test) พบว่าคะแนนสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังตารางที่ 2 ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนการสอน สื่อและวัสดุการสอนโดยภาพรวมเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (4.03) ดังภาพที่ 10

ตาราง 2 การเปรียบเทียบคะแนน

รายการ	N	$\overline{X}$	S.D.
คะแนนทดสอบก่อนเรียน	27	5.04	2.58
คะแนนทดสอบหลังเรียน	27	30.26	3.81

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



ภาพที่ 9 ระดับความพึงพอใจต่อรูปแบบ

อภิปรายผล

การเรียนการสอนเชิงประสบการณ์ทางด้านวิทยาการหุ่นยนต์ ตามรูปแบบการเรียนรู้ PIRAMID Model เน้นให้ผู้เรียนเกิดประสบการณ์ทางด้านวิทยาการหุ่นยนต์ เป็นการปูพื้นฐานที่สำคัญก่อนที่ผู้เรียนจะสำเร็จการศึกษาเพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้พื้นฐานทางด้านหุ่นยนต์ สามารถวิเคราะห์หุ่นยนต์ในรูปแบบต่างๆ ได้ เป็นการเตรียมพร้อมผู้เรียนให้ก้าวเข้าสู่งานอุตสาหกรรมอย่างมั่นใจ การเรียนรู้เชิงประสบการณ์ เป็นแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้จากประสบการณ์ต่างๆ ที่ได้รับด้วยการลงมือกระทำอาศัยประสบการณ์เดิมของผู้เรียนเป็นหลักพื้นฐานในการเรียนรู้ รูปแบบการเรียนการสอนเชิงประสบการณ์ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้เชี่ยวชาญได้ประเมินผลรูปแบบการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้และสื่อสนับสนุนการเรียน เห็นควรว่ารูปแบบนี้เหมาะสมสอดคล้องกับเนื้อหามากกิจกรรมและวัสดุการเรียนการสอนที่ออกแบบสำหรับใช้ในการเรียนการสอนตามรูปแบบ ช่วยให้ผู้เรียนมองเห็นกระบวนการทำงานของหุ่นยนต์และใช้เวลาในการจินตนาการที่ สั้นลง มองเห็นเป็นรูปธรรมมากขึ้น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน เมื่อผ่านการเรียนการสอนด้วยรูปแบบ PIRAMID Model ที่พัฒนาขึ้น มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด 70/70 สอดคล้องดุษฎีนิพนธ์ของ Brian L. Davis (2008) ซึ่งพบว่าการเรียนการสอนเชิงประสบการณ์ตามรากฐานของคอล์บมีองค์ประกอบที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองขึ้นจากการปฏิบัติ เรียนรู้ในสิ่งแวดล้อมจริงหรือใกล้เคียง เชื่อมโยงความรู้และประสบการณ์เดิมเข้ากับประสบการณ์ใหม่ที่ได้รับเกิดเป็นความรู้ที่คงทนยาวนาน

การจัดการเรียนการสอนสามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบการเรียนรู้ในลักษณะการผสมผสานได้หรือข้ามตอนบางจุดเพื่อความเหมาะสม โดยต้องพิจารณาจากผู้เรียน ปริมาณและความยากง่ายของเนื้อหา ตลอดจนระยะเวลา ซึ่งผู้สอนอาจปรับประยุกต์สื่ออื่นในรูปแบบออนไลน์หรือออฟไลน์เสริมนอกเหนือจากห้องเรียนปกติ หรือจัดกิจกรรมที่ใช้เทคโนโลยีในลักษณะของสังคมการสื่อสารและเรียนรู้ร่วมกันจะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีหนทางในการเรียนรู้และทำความเข้าใจได้เพิ่มขึ้น

เอกสารอ้างอิง

ไกรวุฒิ หลักคำ. (2549). *การติดตามท่าทางของมือจากข้อมูลกลศาสตร์ 3 มิติที่ได้จากภาพถ่าย 2 มิติ.* วิทยานิพนธ์ วศ.ม., มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.

ชูศรี เลิศรัตน์เดชากุล. (2536). *รายงานการวิจัย เรื่อง การศึกษาบุคลิกภาพของนักศึกษาระดับปริญญาตรีสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีการศึกษา 2536.* สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.

ณมน จีรังสุวรรณ. (2556). *หลักการออกแบบและประเมิน.* กรุงเทพฯ:ศูนย์ผลิตตำรา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ทิศนา แขมมณี. (2553). *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ.* กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นำโชค วัฒนานัย และคณะ. (2555). *การพัฒนาชุดฝึกที่ใช้ในการเรียนรู้แบบเน้นประสบการณ์เป็นฐาน เรื่อง วิทยาการหุ่นยนต์เบื้องต้น.*วารสารวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรม พระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 3(2).

นำโชค วัฒนานัย, พูลศักดิ์ โกษียาภรณ์ และดวงกมล โพธิ์นาค. (2557). *การทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบและวิเคราะห์อภิมานคุณลักษณะที่สำคัญด้านวิทยาการหุ่นยนต์เพื่อการศึกษา.* วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร, 8(1).

บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์. (2553). *เทคนิคการสร้างเครื่องมือรวบรวมข้อมูลสำหรับงานวิจัย.* กรุงเทพฯ:ศรีอนันต์การพิมพ์.

ประทุม อังกูรโรหิต. (2551). *ปรัชญาปฏิบัตินิยม: รากฐานปรัชญาการศึกษาในสังคมประชาธิปไตย.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประยงค์ แสนบุราณ. (2548). *ปรัชญาตะวันตกสมัยใหม่.* กรุงเทพฯ: โอ.เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์.

พระธรรมโกศาจารย์ (ประยูร ธมฺมจิตฺโต). (2552). *ปรัชญากรีก: บ่อเกิดภูมิปัญญาตะวันตก.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์สยาม.

สันติชัย เฟื่องกาญจน์. (2550). *โปรแกรมจำลองสภาวะไดนามิกของอุปกรณ์ขับเคลื่อนและหุ่นยนต์เพื่อการศึกษา.* วิทยานิพนธ์ ค.อ.ม., มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.

สาโรช บัวศรี. (2552). *รากแก้วการศึกษา.* กรุงเทพฯ: ศูนย์สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัย ศรีนทรวิโรฒ.

สุจิตรา อ่อนค้อม. (2552). *ปรัชญาเบื้องต้น.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์บริษัท สหธรรมิก จำกัด.

แสงเดือน ทวีสิน, นงนุช ภัทราคร และธันยวิช วิเชียรพันธ์. (2545). *สไตล์การเรียนรู้ของนักศึกษาวิศวกรรมศาสตร์ ระดับปริญญาตรี เขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล.* วราสารวิจัยและพัฒนา มจธ., 25(4).

Kolmos A. and Holgaard J.E. . (2008). *Learning Styles of Science and Engineering Students in Problem and Project Based Education.* European Soc. for Engr. Education, Aalborg, Denmark.

Abhijit Nagchaudhuri, Sastry Kuruganty, et al. (2002). *Introduction of mechatronics concepts in a robotics course using an industrial SCARA robot equipped with a vision sensor*. Mechatronics, Elsevier Science, 12, 183-193.

Antti J. Koivo (1989). *Fundamentals for control of robotic manipulators*. New York: Wiley.

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.

Brian L. Davis. (2008). *Investigating the experience: A case study of a science professional development program based on Kolb's experiential learning model*. Ph.D. Disertation, United States Georgia, Georgia State University.

Pepper C., S. Balakirsky, et al. (2004). *Robot Simulation Physics Validation*. ACM: 97-104.

Katagami D. and Yamada S. (2003). *Active Teaching for an Interactive Learning Robot*. Proceedings of the 2003 IEEE international Workshop on Robot and Human Interactive Communication, Millbrae. California. USA.

Gregory F. Rossano, Carlos Martinez, et al. (2013). *Easy Robot Programming Concepts: An Industrial Perspective*. IEEE International Conference on Automation Science and Engineering (CASE).

Irena M. Jaworska and Tomasz Laski. (1992). *Student-oriented program for introductory robotics education*. Elsevier Science.

Selig. J. M. (1992). *Introductory ROBOTICS.* Prentice Hall.

John J. Craig (2005). *Introduction to Robotics: Mechanics and Control.* Pearson Education, Inc.

José Alberto Naves Cocota Júnior, Hideo Silva Fujita, et al. (2012). *A Low-cost Robot Manipulator for Education*. Technologies Applied to Electronics Teaching (TAEE): 164 - 169.

Joseph Duffy. (1996). *Statics and kinematics with applications to robotics.* Cambridge University Press.

Mark W. Spong, Seth Hutchinson, et al. (2006). Robot Modeling and Control, John Willey & Sons, Inc.

Melinda F. Robinette and Rachid Manseur. (2001). *ROBOT-DRAW an Internet-Based Visualization Tool for Robotics Education.* IEEE TRANSACTIONS ON EDUCATION, VOL. 44, NO. 1.

Mittal R. K. and Nagrath I. J. (2007). *Robotics and Control*. New Delhi: Tata McGraw-Hill.

Rachid Manseur. (2006). *Robot Modeling and Kinematics*. Da Vinci Engineering Press, Charles River Media.

Rachid Manseur. (2005). *Virtual Reality in Science and Engineering Education*. 35th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, Indianapolis.

Rajiv J Kapadia. (2008). *Teaching and Learning Styles in Engineering Education*. ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference.

Richard M. Felder and Linda K. Silverman. (1988). *Learning and Teaching Styles In Engineering Education*. Engr. Education 78(7), 674–681.

Rizauddin Ramli, Melor Md Yunus, et al. (2011). *Robotic teaching for Malaysian gifted enrichment program*. ScienceDirect.

Saha. S. K. (2008). *Introduction to Robotics*. New Delhi: Tata McGraw-Hill.

Mateo Sanguino T. J. and Andujar Marquez J. M. (2010). *Simulation Tool for Teaching and Learning 3D Kinematics Workspaces of Serial Robotic Arms With up to 5-DOF*. Wiley Periodicals Inc.

Tim Laue, Kai Spiess, et al. (2006). *SimRobot – A General Physical Robot Simulator and Its Application in RoboCup*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg: 173–183.