การสร้างชุดฝึกควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรมซีเอ็นซีสำหรับการเรียนในรายวิชาเทคนิคการผลิตด้วยเครื่องมือกลซีเอ็นซี สาขาวิชาช่างกลโรงงานวิทยาลัยเทคนิคแพร

CREATION OF A CNC PROGRAMMABLE MOTION CONTROL TRAINING SET FOR LEARNING IN CNC MACHINE TOOL MANUFACTURING TECHNIQUES IN THE MACHINE SHOP DEPARTMENT, PHRAE TECHNICAL COLLEGE.

ศักดิ์ระพี พริบไหว[1] ศุภกร จริงแล้ว[2] ผดุง สีเขียว[3] ธนกิจ เกี้ยวฝั้น[4] และเฉลิมชัย คำอ่อน[5]
Sakrapee Pribwai[1] Supakron Jinglaew[2] Padung Seekeaw[3] Thanakit Keawfun[4]
and Chaloemchai Khamon[5]

บทความวิจัย

วันที่รับบทความ 7 พฤศจิกายน 2566 แก้ไขบทความ 4 ธันวาคม 2567 ตอบรับบทความ 16 ธันวาคม 2567

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1)สร้างชุดฝึกควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรมซีเอ็นซีสำหรับการเรียนในรายวิชาเทคนิคการผลิตด้วยเครื่องมือกลซีเอ็นซี สาขาวิชา ช่างกลโรงงานวิทยาลัยเทคนิคแพร่ 2)เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียนหลังปฏิบัติการใช้ชุดฝึกควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรมซีเอ็นซีของนักศึกษา 3)ประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาต่อชุดฝึกควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรมซีเอ็นซีการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้เครื่องมือที่ใช้ 1) ชุดฝึกควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรมซีเอ็นซี 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 3) แบบประเมินความพึงพอใจชุดฝึกควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรมซีเอ็นซี กลุ่มตัวอย่าง ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักศึกษาสาขาวิชาช่างกลโรงงาน วิทยาลัยเทคนิคแพร่ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปี 1 จำนวน 2 กลุ่ม ในปีการศึกษา 2565 มีจำนวนนักศึกษาทั้งหมด 44 คน สรุปผลการวิจัย พบว่า ผลการเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ยคะแนนสอบสอบก่อนเรียนกับหลังเรียนด้วย t-test dependent พบว่า นักศึกษามีผลสัมฤทธิ์หลังเรียนด้วยวิธีการใช้ชุดฝึกควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรมซีเอ็นซีมากกว่าก่อนเรียนด้วยวิธีการใช้ชุดฝึกควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรมซีเอ็นซี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ผลการประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาต่อชุดฝึกควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรมซีเอ็นซีอยู่ที่ 4.10 อยู่ในระดับ พึงพอใจมาก

[1-5] สาขาวิชาเทคโนโลยีแม่พิมพ์ วิทยาลัยเทคนิคแพร่ สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 2
[1-5] Mold and Die Technology Phrae Technical College Northern Institute of Vocational Education 2
*Corresponding Author, E-mail: Sakrapee5829@gmail.com

คำสำคัญ : ชุดฝึกควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรมซีเอ็นซี รายวิชาเทคนิคการผลิต เครื่องมือกลซีเอ็นซี

Abstract

The objectives of this research were 1) to create a CNC program motion control training set for learning in the CNC machine manufacturing technique course, machine shop Department, Phrae Technical College. 2) To compare the achievements of students before and after learning after using the CNC program motion control training set. 3) To assess the students' satisfaction with the CNC program motion control training set.

For this research, the tools used were 1) CNC program motion control training set, 2) learning achievement test, and 3) satisfaction assessment form for CNC motion control training set. sample The subjects used in this research were students of the Department of machine shop. Phrae Technical College High Vocational Diploma Level 2, 2 groups in the academic year 2022, with a total of 44 students

In conclusion, it was found that the comparative results The mean scores of the pre-test and post-test were t-test dependent. It was found that the students had more achievement after using the CNC motion control training program than before using the motion control training program. CNC program with statistical significance at the level of 0.05. The results of the assessment of student satisfaction with the CNC program motion control training set were at 4.5, at a very satisfied level.

Keywords : CNC programmable motion control training set Production techniques course , CNC Machine Tools

บทนำ

ปัจจุบันการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมของประเทศได้รับการส่งเสริมและมีอัตราการขยายตัวเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก และเนื่องจากการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในอนาคตมีส่วนเกี่ยวข้องกับการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีด้วย จึงส่งผลให้แรงงานในระบบเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมต้องมีความรู้ความสามารถทั้งด้านวิชาชีพและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องตามที่ระบบเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมนั้น ๆ ต้องการ ดังนั้นการผลิตและพัฒนากำลังคนด้านอาชีวศึกษาทั้งด้านปริมาณและคุณภาพจึงต้องสอดคล้องกับอัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศ ส่งผลให้ต้องมีความร่วมมือกับสถานประกอบการในการพัฒนาหลักสูตร การจัดการศึกษาและการวัดประเมินผล เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพตามมาตรฐานอาชีพและหรือมาตรฐานสากล มีทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21ทักษะการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหา ทักษะทางภาษาและการสื่อสาร ทักษะด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่น ซึ่งเป็นทักษะที่เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันสามารถสนองตอบความต้องการกำลังคน ตลอดจนความต้องการของผู้เรียนเองที่จะนำไปใช้ในการประกอบอาชีพได้ตรงตามสาขาที่เรียน รวมทั้งเปิดโอกาสให้ศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้นได้เพื่อความก้าวหน้าตามเส้นทางอาชีพ [1]

แผนกวิชาช่างกลโรงงาน วิทยาลัยเทคนิคแพร่ ได้จัดการเรียนการสอนโดยมุ่งเน้นผลิตและพัฒนากำลังคนด้านเทคโนโลยีอุตสาหกรรมการผลิตในยุคที่เทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทต่อกระบวนการ ผลิตเป็นอย่างมาก การผลิต ชิ้นงานออกมาหนึ่งอย่างนั้นจะต้องมีคุณภาพและราคาถูก จึงทำการ แข่งขันกับคู่แข่งได้ และในการ ผลิตชิ้นงานต่าง ๆในโรงงานอุตสาหกรรมนั้นเดี๋ยวนี้นิยมใช้วิธีการปั๊ม ขึ้นรูปกันเป็นส่วนมาก ดังนั้นการทำแม่พิมพ์จึงมีความจำเป็นดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องอาศัยเครื่องที่ มีระบบ CNC ดังนั้นจึงต้อง มีความรู้ความเข้าใจด้านโครงสร้างพื้นฐานของเครื่อง หลักการใช้คำสั่ง (G-CODE) สำหรับสั่งงานเครื่อง CNC หลักการเขียนโปรแกรมและการควบคุมเครื่องซีเอ็นซีและเครื่องซีเอ็นซีก็สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายอาทิเชน งาน ประเภทกัด แกะสลัก เจาะ เซาะร่อง การกัดแผนลายพิมพต์นแบบ เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของแรงงานของภาคอุตสาหกรรมของประทศ มีการจัดรายวิชา 30102-2004 เทคนิคการผลิตด้วยเครื่องมือกลซีเอ็นซี ในแผนการเรียน จากการจัดการเรียนการสอน จากประสบการณ์การสอนในรายวิชาเทคนิคการผลิตด้วยเครื่องมือกลซีเอ็นซี ระดับชั้น ปวส.1 การเรียนในหัวข้อเรื่องการเคลื่อนที่ตามแนวแกนของเครื่องจักรที่ควบคุมด้วยระบบซีเอ็นซีโดยทั่วไปสอนด้วยการใช้สื่อการสอนด้วยภาพเคลื่อนไหวประกอบการบรรยาย แล้วลงภาคปฏิบัติโดยการเขียนโปรแกรมการเคลื่อนที่ด้วยรหัสซีเอ็นซี พบปัญหาว่านักศึกษายังขาดทักษะในการควบคุมเครื่องจักรให้เคลื่อนที่ตามแนวแกน X แกน Y แกน Z จากการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นเนื่องจากนักศึกษาเรียนรู้ผ่านสื่อภาพเคลื่อนไหวเพียงอย่างเดียวไม่สามารถทำให้นักศึกษาเข้าใจในเนื้อหาได้สมบูรณ์ส่งผลต่อการปฏิบัติการควบคุมการเคลื่อนที่เครื่องจักร

ด้วยเหตุผลดังกล่าวคณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะการสร้างชุดฝึกควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรมซีเอ็นซีสำหรับการเรียนในรายวิชาเทคนิคการผลิตด้วยเครื่องมือกลซีเอ็นซี สาขาวิชา ช่างกลโรงงาน วิทยาลัยเทคนิคแพร่ เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนการสอนให้สมบูรณ์ต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

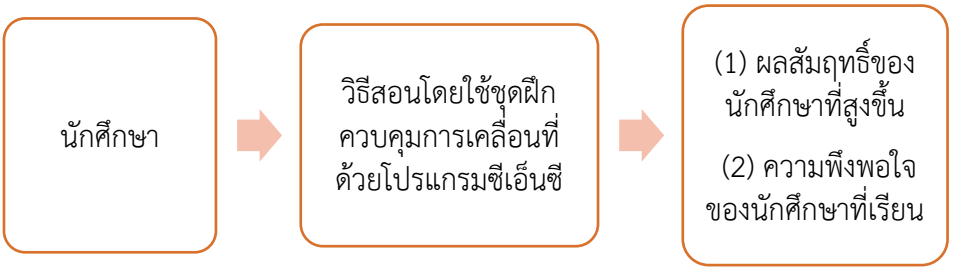
1.เพื่อสร้างชุดฝึกควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรมซีเอ็นซีสำหรับการเรียนในรายวิชาเทคนิคการผลิตด้วยเครื่องมือกลซีเอ็นซี สาขาวิชา ช่างกลโรงงาน วิทยาลัยเทคนิคแพร่

2.เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนหลังปฏิบัติการใช้ชุดฝึกควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรมซีเอ็นซีของนักศึกษา

3.เพื่อประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาต่อชุดฝึกควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรมซีเอ็นซี

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิจัยการสร้างชุดฝึกควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรมซีเอ็นซีสำหรับการเรียนในรายวิชาเทคนิคการผลิตด้วยเครื่องมือกลซีเอ็นซี สาขาวิชา ช่างกลโรงงาน วิทยาลัยเทคนิคแพร่ มีกรอบแนวคิด ดังนี้



รูปที่1 กรอบแนวคิดการวิจัย

หลักการควบคุมการทำงานของเครื่องจักร

เครื่องจักร CNC จะคล้ายคลึงกับ เครื่องจักรทั่วไป ซึ่งโดยพื้นฐานแล้วเครื่องจักร CNC ก็จะทำหน้าที่ผลิตชิ้นงานเหมือนเครื่องจักรกล ทั่วไปแต่ระบบควบคุม CNC ของเครื่องจะทำงานในขั้นตอนต่างๆ แทนช่างควบคุมเครื่อง แต่อย่างไรก็ ตามก่อนที่เครื่องจักรจะทำงานได้นั้น ระบบการควบคุมของเครื่องจะตั้งได้รับข้อมูลเสียก่อนว่าจะให้ ท่างานตามขั้นตอนอย่างไรและจะต้องบอกเป็น ภาษาที่ระบบควบคุมสามารถเข้าใจนั้นคือจะต้องป้อนโปรแกรมเข้าไปในการทำระบบควบคุมของเครื่องโดยผ่านแป้นพิมพ์ (KEYBOARD) หรือเทปแม่เหล็ก (MAGNETIC TAPE) เมื่อระบบควบคุมอ่าน โปรแกรมที่ป้อนเข้าไปแล้วระบบควบคุม

จะนำไปควบคุมให้ เครื่องจักรทำงานโดยการเคลื่อนที่ของแท่นเลื่อนจะมีมอเตอร์ป้อน (FEED MOTOR) เป็นตัวทำให้เกิด การเคลื่อนที่ของแท่นเลื่อน หลังจากที่ระบบควบคุมอ่านโปรแกรมที่ปัดนเข้าไปแล้ว ระบบควบคุมจะ เปลี่ยนรหัสโปรแกรมให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้าเพื่อควบคุมให้มอเตอร์ทำงาน ระบบควบคุม CNC จะมี อุปกรณ์ เครื่องมือที่สามารถบอก ตำแหน่งของแท่นเลื่อนให้ระบบควบคุมได้ อุปกรณ์ชุดนี้เรียกว่า ระบบวัดขนาด (MEASURING SYSTEM) ซึ่งประกอบด้วยสากลแนวตรง (LINER SCALE) มีจำนวนเท่ากับ จำนวนแนวแกนในการเคลื่อนที่ของเครื่องจักร มีหน้าที่ส่งสัญญาณไฟฟ้าที่สัมพันธ์กับระยะทางที่ แท่นเลื่อนเคลื่อนที่กลับไป ยังระบบควบคุม ทำให้ระบบควบคุมรู้ว่าแท่นเลื่อนเคลื่อนที่เป็นระยะทาง เท่าใด ช่างควบคุมเครื่องไม่ เพียงสามารถใช้โปรแกรมซีเอ็นซีสั่งให้เครื่องจักรทEงานแต่ยังสามารถ เขียนและป้อนโปรแกรมด้วยตนเอง ตลอดจนการแก้ไขโปรแกรมได้หลังจากป้อนเข้าไปในระบบควบคุมของเครื่องแล้ว ขนาดต่างๆของเครื่องมือและอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน สามารถที่จะเลือกใช้และ ป้อนเข้าไปในระบบควบคุมได้ ในขณะทำการปรับตั้งและเป็นอิสระจากโปรแกรม CNC ขนาดต่าง ๆ ของเครื่องมือจะถูกนำไปใช้โดยอัตโนมัติขณะทำงานการตัดเฉือนช่างควบคุมเครื่องจักรจึงไม่ จำเป็นต้องมีข้อมูลในการปรับตั้งเครื่องมือมากและสามารถที่จะเลือกใช้เครื่องมือและอุปกรณ์จับยึด ชิ้นงานได้ด้วยตนเองระบบควบคุมของเครื่องจักร CNC จะเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมให้เครื่องจักร ทำางานตามขั้นตอนที่ได้ กำหนดไว้การที่เครื่องจักรจะทางานได้นั้นระบบควบคุมจะต้องได้รับการบอกกล่าวถึงวิธีการทางานเสียก่อน ข้อมูลที่ใช้จะอยู่ในรูปของโปรแกรม NC ซึ่งช่างควบคุมเครื่อง หรือช่าง เขียนโปรแกรมจะเป็นผู้เขียนโปรแกรมเข้าในไประบบควบคุมระบบควบคุมจะอ่านโปรแกรม NC และ เปลี่ยนข้อมูลให้เป็น สัญญาณควบคุมสำหรับเครื่องจักรการสร้างโปรแกรม NC จะมีรูปแบบที่ถูกกำหนดโดยบริษัทผู้ผลิต ระบบควบคุมภายใต้แนวทางที่เป็นมาตรฐานการสร้างโปรแกรมNCโปรแกรม NCขั้นตอนการตัดเลือกสำหรับผลิตชิ้นงานด้วยเครื่องจักรCNC จะถูกเขียนขึ้นในรูปแบบที่ระบบ ควบคุมสามารถเข้าใจได้ ช่างที่เขียนโปรแกรมจะต้องทราบถึงขั้นตอนการตัดเฉือนทั้งหมดซึ่งใน ขั้นตอนต่าง ๆ จะถูกกำหนดไว้อย่างถูกต้องพร้อมด้วยเงื่อนไขต่าง ๆ เช่น อัตราป้อน ความเร็วรอบ ของเพลางาน เป็นต้น ช่างจะนำข้อมูลต่าง ๆ เหล่านี้ไปเขียนเป็นโปรแกรม NC หลังจากที่โปรแกรม ป้อนเข้าไปในระบบควบคุมแล้วสามารถนำไปรแกรมนั้นมาทำงานซ้ำได้หลายครั้งตามที่ต้องการถ้า ขั้นตอนบางขั้นตอนจำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงไปและแตกต่างจากที่กำหนดไว้ในโปรแกรม เอ็นซี จำเป็น จะต้องมีการปรับปรุงบางจุดให้เหมาะสม การเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ สามารถที่จะทำได้โดยช่างควบคุม เครื่องโดยตรง

การทดสอบประสิทธิภาพชุดการสอน

[2] ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการทดสอบประสิทธิภาพของชุดการสอนว่า เป็นคำที่มาจักภาษาอังกฤษ Developmental Testing (การตรวจสอบพัฒนาการเพื่อให้งานดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ) หมายถึง การนำชุดการสอนไปทดลองใช้ (Try out) เพื่อปรับปรุง

แล้วจึงนำไปสอนจริง (Trail run) นำผลที่ได้มาปรับปรุงแก้ไข เสร็จแล้วจึงผลิตออกมาเป็นชุดการสอนที่มีประสิทธิภาพ

ความจำเป็นที่ต้องการทดสอบประสิทธิภาพในระบบการผลิตทุกประเภทจะต้องมีการตรวจสอบเสียก่อน เพื่อเป็นการประกันว่าจะมีประสิทธิภาพจริงตามที่มุ่งหวังไว้ การทดสอบประสิทธิภาพของชุดการสอนมีความจำเป็นสำหรับผู้ผลิต ผู้ใช้ ซึ่งแยกอธิบายได้ดังนี้

สำหรับหน่วยงานผลิตชุดการสอน เป็นการประกันคุณภาพของชุดการสอนว่าอยู่ในขั้นที่พอเหมาะที่จะลงทุนผลิตออกแบบมาเป็นจำนวนมากหรือไม่ หากไม่มีการทดสอบประสิทธิภาพเสียก่อนถ้าผลิตออกมาใช้ประโยชน์ไม่ดี ก็จำเป็นต้องทำใหม่ เป็นการสิ้นเปลืองเวลา แรงงาน และเงินทุน

สำหรับผู้ที่ใช้ชุดการสอน ก่อนนำชุดการสอนไปใช้ ครูควรมั่นใจว่าชุดการสอนนั้นมีประสิทธิภาพในการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่แท้จริง การทดสอบประสิทธิภาพตามลำดับขั้นจะช่วยให้ชุดการสอนที่ค่าทางการสอนจริงตามที่เกณฑ์กำหนดไว้

สำหรับผู้ผลิตชุดการสอน การทดสอบประสิทธิภาพจะทำให้ผู้ผลิตมั่นใจได้ว่าเนื้อหาที่บรรจุลงในชุดการสอนเหมาะสม ง่ายต่อการเข้าใจ ช่วยให้ผู้ผลิตมีความชำนาญสูงขึ้น เป็นการประหยัดแรงงาน แรงสมอง เวลา และเงินทองในการเตรียมต้นแบบ

การวัดระดับความพึงพอใจ

ความพึงพอใจจะเกิดขึ้นหรือไม่ ขึ้นอยู่กับการให้บริการขององค์กรประกอบกับระดับความรู้สึกของผู้มารับบริการในมิติต่าง ๆ ของแต่ละบุคคล ดังนั้นการวัดระดับความพึงพอใจ สามารถกระทำได้หลายวิธีต่อไปนี้

1) การใช้แบบสอบถาม ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยการขอความร่วมมือจากกลุ่มบุคคลที่ต้องการวัด แสดงความคิดเห็นลงในแบบฟอร์มที่กำหนด

2) การสัมภาษณ์ ต้องอาศัยเทคนิคและความชำนาญพิเศษของผู้สัมภาษณ์ที่จะจูงใจให้ผู้ตอบคำถามตอบตามข้อเท็จจริง

3) การสังเกต เป็นการสังเกตพฤติกรรมทั้งก่อนการรับบริการ ขณะรับบริการและหลังการรับบริการ การวัดโดยวิธีนี้จะต้องกระทำอย่างจริงจังและมีแบบแผนที่แน่นอนจะเห็นได้ว่าการวัดความพึงพอใจต่อการให้บริการนั้นสามารถกระทำได้หลายวิธี ขึ้นอยู่กับความสะดวก เหมาะสม ตลอดจนจุดมุ่งหมายของการวัดด้วย จึงจะส่งผลให้การวัดนั้นมีประสิทธิภาพและน่าเชื่อถือได้

[3] กล่าวว่าในปัจจุบันระบบ ซีเอ็นซี (Computer Numerical Control : CNC) ได้มีบทบาทสำคัญในกระบวนการผลิตของกลุ่มธุรกิจอุตสาหกรรมการขึ้นรูปวัสดุเกือบทุกประเภทบทบาทที่สำคัญหลัก ๆ ของเครื่องซีเอ็นซีคือการเพิ่มมาตรฐานของชิ้นงานและเป็นการลดต้นทุนการผลิตรวมทั้งปัญหาทางด้านแรงงาน

[4] เครื่องจักรกลประเภทซีเอ็นซีก็ต้องได้มีการพัฒนาให้มีการตัดเฉือนวัสดุด้วยความเร็วสูงขึ้นมีรูปแบบการทำงานที่รวดเร็วและแข็งแรงขึ้นอีกทั้งในปัจจุบันได้มีผู้พยายามนำเสนอถึงข้อบกพร่องที่สัมพันธ์ทางโครงสร้างคือความแข็งแรงความสามารถในการรับภาระ (Load capacity) และความถูกต้องของการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่าง ๆ ของเครื่องซีเอ็นซีแบบเดิมที่ยังมีข้อบกพร่องอยู่โดยเฉพาะการเพิ่มแกนอิสระในการขึ้นรูปชิ้นงาน

[5] พาราเรล คิเนเมติก แมชชีน (Parallel Kinematic machine) ได้ถูกนำเสนอว่าเป็นโครงสร้างที่มีความแข็งแรงสูงมีน้ำหนักเบา มีความเฉื่อยต่ำ สามารถเพิ่มความ เป็นอิสระของแกนได้ง่ายเมื่อเทียบกับเครื่องจักรกลแบบเดิม

[6] กล่าวว่าเมื่อกลไกชนิดนี้ถูกนำมาทำเป็นเครื่องมือกล(Machine tool) ทำให้มีความสามารถในการผลิตชิ้นงานที่มีพื้นผิวและรูปร่างที่ซับซ้อนได้ง่ายกว่าที่จะผลิตชิ้นงานด้วยเครื่องมือกลรูปแบบเดิม

[7] เครื่องกัดซีเอ็นซีแบบพาราแรลคิเนเมติกมีการออกแบบให้ฐานเป็นวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 450 มม. มี 3 คอลัมน์ซึ่งมีความสูงโดยรวม 500 มม. ขับเคลื่อนโดยบอลสกรูขนาด 16 มม. ระยะลีดของบอลสกรู 5 มม. ใช้มอเตอร์แบบสเต็ปมอเตอร์ที่มีความละเอียดในการหมุน 0.9องศา/สเต็ป ใช้สเต็ปไดรฟ์แบบไมโครสเต็ป มีความละเอียดในการเคลื่อนที่ที่ละเอียดที่สุด 0.05 มม. เมื่อควบคุมให้หัวกัดเคลื่อนที่ไปยังโคออดิเนตที่กำหนด 2) มีค่าความผิดพลาดของระยะความสูงของจุดวัดในแต่ละคอลัมน์ที่ดีที่สุดคือผิดพลาดเพียง 0.047 มม. และ 3) มีค่าความผิดพลาดโดยเฉลี่ยในการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงอยู่ที่0.184 มม. หรือ 1.77% สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวแกน x และมีค่าความผิดพลาดโดยเฉลี่ย 0.163 มม. หรือ 1.63% สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวแกน Y

[8] ได้ทำการศึกษาวิจัยเพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนรายวิชาการใช้คอมพิวเตอร์ในงานธุรกิจ ทางผู้วิจัยได้ผลการวิจัยพบว่าประสิทธิภาพทางการเรียนระหว่างเรียน (E1) เท่ากับ 81.00 และประสิทธิภาพทางการเรียนหลังการเรียน (E2) เท่ากับ 83.00 แสดงว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 81.00/83.00 ซึ่งสรุปได้ว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 หลังจากการทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาการใช้คอมพิวเตอร์ในงานธุรกิจคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนมีค่าเท่ากับ 13.40 ส่วนคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 16.56 เมื่อนำค่าเฉลี่ยของคะแนนไปทดสอบความแตกต่างโดยใช้ t-test dependent ได้ว่า t มีค่าเท่ากับ 15.91 ส่วนค่า t จากการเปิดตาราง โดยที่ df =n – 1 = 44 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 /1-tailed, t = 1.591 ดังนั้น ค่า t = 1.591 ดังนั้น t จากการคำนวณสูงกว่าค่า t จากการเปิดตาราง สามารถสรุปได้ว่าคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นั่นคือบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยทำให้คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบก่อนเรียน นอกจากนี้ยังมีการประเมินความพึงพอใจของนิสิตที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในรายวิชาการใช้

คอมพิวเตอร์ในงานธุรกิจ พบว่า ระดับความพึงพอใจของนิสิตที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ในหัวข้อเนื้อหาความสมบูรณ์ของวัตถุประสงค์ รองลงมาคือ ความน่าสนใจในการดำเนินเรื่องและความชัดเจนของคำสั่งแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน อยู่ในระดับมากตามลำดับ

[9] ทำการวิจัยเรื่องการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง สมบัติของวัสดุ การทดสอบวัสดุ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 แผนกวิชาช่างไฟฟ้าวิทยาลัยเทคนิคขอนแก่น จำนวน 30 คน โดยการสุ่มแบบเจาะจง ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 82.67/85.68 สูงกว่าเกณฑ์กำหนดไว้ที่ 80/80 ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีเจตคติของผู้เรียนที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอยู่ในระดับดี

[10] วิจัยเรื่องการพัฒนาเครื่องกัดตั้งควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์แบบ 4 แกน ผลการวิจัย พบว่า 1) ค่าความคลาดเคลื่อนการเคลื่อนที่ของแกน X อยู่ในระดับดีมาก แกน Y อยู่ในระดับดี แกน Z อยู่ในระดับดีมาก แกน A อยู่ในระดับดีมาก 2) การเคลื่อนที่กัดชิ้นงานของแกน X อยู่ในระดับดีมาก แกน Y อยู่ในระดับปานกลาง แกน XY อยู่ในระดับดี

[11] วิจัยเรื่องระบบบำบัดน้ำหล่อเย็นแบบหมุนเวียนในเครื่องจักรอัตโนมัติ ผลการวิจัย พบว่า เป็นอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นมาเพื่อแก้ไขปัญหาความล้าช้าในการทำงานโดยการที่จะลดเวลาทำงานไปได้ 28 นาที ความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบบำบัดน้ำหล่อเย็นแบบหมุนเวียน โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

วิธีดำเนินการวิจัย

1.กำหนดกลุ่มตัวอย่างที่จะดำเนินการศึกษา

1.1 ประชากร

นักศึกษาสาขาวิชาช่างกลโรงงาน วิทยาลัยเทคนิคแพร่ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปี 1 จำนวน 3 กลุ่ม 60 คน

1.2 กลุ่มตัวอย่าง

นักศึกษาสาขาวิชาช่างกลโรงงาน วิทยาลัยเทคนิคแพร่ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปี 1 จำนวน 2 กลุ่ม ในปีการศึกษา 2565 มีจำนวนนักศึกษาทั้งหมด 44 คน

2.เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 ชุดฝึกควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรมซีเอ็นซี

2.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การวิเคราะห์หาค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ จากกลุ่มที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง 20 คน เพื่อหาค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกมีค่าความยากง่ายเฉลี่ย 0.73 และค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ย 0.08 ซึ่งเป็นค่าที่อยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำมาก

2.3 แบบประเมินความพึงพอใจชุดฝึกควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรมซีเอ็นซี ผลการประเมินความสอดคล้อง ค่า IOC ที่ได้เท่ากับ 0.97 หมายถึง แบบสอบถามนำไปใช้ได้ เนื่องจาก ค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.50 - 1.0

3.การเก็บรวบรวมข้อมูล

ทางคณะผู้จัดทำได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักศึกษาที่เลือกเป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 44 คนที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาเทคนิคการผลิตด้วยเครื่องมือกลซีเอ็นซี สาขาวิชาช่างกลโรงงาน วิทยาลัยเทคนิคแพร่ โดยทำการเก็บข้อมูลคะแนนก่อนเรียน และหลังเรียน โดยมีรายละเอียดในการดำเนินการและการเก็บรวบรวมข้อมูล มีขั้นตอนดังนี้

1) คณะผู้จัดทำได้ให้คำแนะนำและอธิบายขั้นตอนในการใช้งานและเงื่อนไขต่าง ๆ ในการใช้งานสื่อ ชุดฝึกควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรมซีเอ็นซี ให้แก่นักศึกษา

2) นักศึกษาทำแบบทดสอบก่อนเรียนซึ่งเป็นข้อสอบแบบปรนัย จำนวน 10 ข้อ

3) นักศึกษาเรียนสื่อ ชุดฝึกควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรมซีเอ็นซี

4) นักศึกษาทำแบบทดสอบหลังเรียนซึ่งเป็นแบบทดสอบชุดเดียวกันแบบทดสอบก่อนเรียน

5) นักศึกษาประเมินความพึงพอใจที่มีต่อสื่อ ชุดฝึกควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรมซีเอ็นซี

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ใช้วิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการแจกแจงความถี่ (Frequency) อัตราส่วนร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ใช้สถิติเชิงอนุมานในการทดสอบสมมติฐานนักศึกษามีผลสัมฤทธิ์หลังเรียนด้วยวิธีการใช้ชุดฝึกควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรมซีเอ็นซีมากกว่าก่อนเรียนด้วยวิธีการใช้ชุดฝึกควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรมซีเอ็นซี ใช้สถิติค่า t-test ในการทดสอบค่าเปรียบเทียบความแตกต่างระดับนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 0.05 โดยความพึงพอใจชุดฝึกควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรมซีเอ็นซี โดยหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ซึ่งแบ่งเป็น 5 ระดับ ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึง มีความพึงพอใจมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึง มีความพึงพอใจมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึง มีความพึงพอใจปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อย

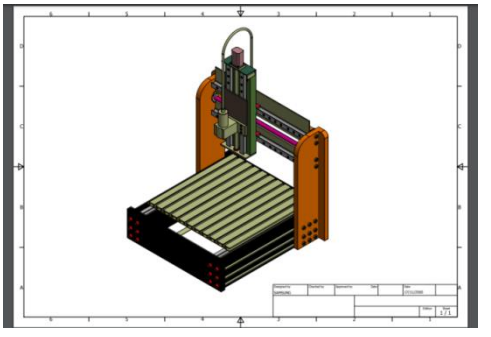
ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อยที่สุด

ผลการวิจัย

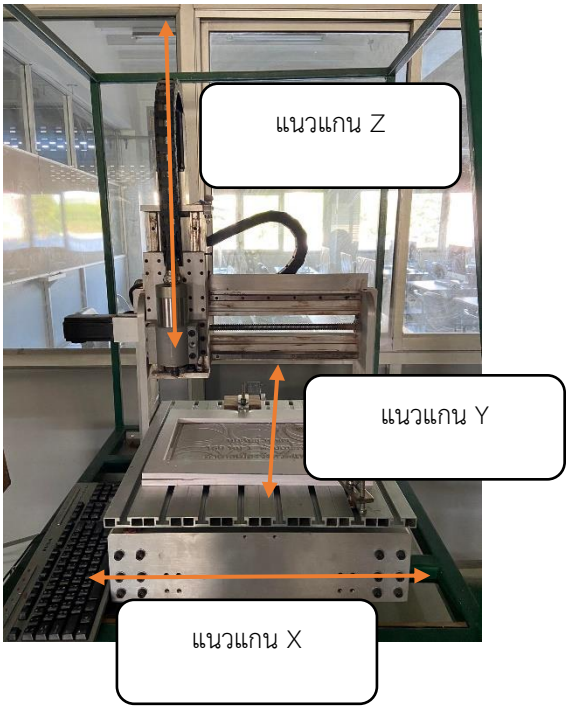
1. ผลการออกแบบและสร้างชุดฝึกควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรมซีเอ็นซี

การออกแบบชุดฝึกควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรมซีเอ็นซี ออกแบบการเคลื่อน 3 ทิศทาง ที่ตามแนวแกน X แนวแกน Y และแนวแกน Z ระยะการทำงานแกน X =30 มม.

แกนY=30 มม. แกน Z= 20 มม. ขับเคลื่อนการทำงานโดยใช้บอลสกูลระยะพิต 5 มม. มอเตอร์สเต็ป ขนาดขนาดความยาว ความยาวลำตัว 56 มม.แรงบิด 1.2 นิวตันเมตร สามารถปรับความเร็วรอบการทำงานของระยะฟีตโดยชุด M542 ไมโครสเต็ปไดรฟ์เวอร์ ตั้งการขับกระแสได้ถึง 1A ถึง 4.2A แรงดัน 20 VDC ถึง 50 VDC ชุดหัวเครื่องตัดเฉียน ชิ้นงานด้วยมอเตอร์สปินเดิลแบบไฟกระแสตรง 12000 รอบ. DC Spindle 12000 RPM



รูปที่2 แบบชุดฝึกควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรมซีเอ็นซี



รูปที่ 3 ชุดฝึกควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรมซีเอ็นซี

2.ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักศึกษาผ่านชุดการสอน

2.1 การวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนก่อนและหลังเรียนด้วยชุดการสอน รายวิชา 30102-2004 เทคนิคการผลิตด้วยเครื่องมือกลซีเอ็นซี โดยใช้ t-test dependent

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาก่อนและหลังเรียน

คะแนน	n	ค่าเฉลี่ย	SD.	t	Sig.
ก่อนเรียน	44	5.6364	3.12597	17.291	0.00
หลังเรียน	44	14.5000	1.08906	17.291	0.00

*p<0.05

จากการทำวิจัยครั้งนี้ได้ตั้งสมมติฐานไว้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาเรียนด้วย ชุดการสอน รายวิชา 30102-2004 จากตารางที่ 1 พบว่าคะแนนเฉลี่ย ก่อนเรียนมีค่าเท่ากับ 5.64 ส่วนคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 14.5 ผลการเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ยคะแนนสอบสอบก่อนเรียนกับหลังเรียนด้วย t-test dependent พบว่า นักศึกษามีผลสัมฤทธิ์หลังเรียนด้วยวิธีการใช้ชุดฝึกควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรมซีเอ็นซีมากกว่าก่อนเรียนด้วยวิธีการใช้ชุดฝึกควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรมซีเอ็นซี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3.ผลการประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาต่อชุดฝึกควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรมซีเอ็นซี

ตารางที่2 ผลการประเมินความพึงพอใจในของชุดฝึกควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรมซีเอ็นซี

ที่	**ประสิทธิภาพการชุดฝึกควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรมซีเอ็นซี**	ค่าเฉลี่ย	**ค่า SD.**	**ระดับความพึงพอใจ**
1	รูปร่างของชุดฝึกควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรมซีเอ็นซีมีความแข็งแรงคงทน	3.75	0.52	มาก
2	ชุดฝึกควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรมซีเอ็นซีมีสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน	4.50	0.47	มาก
3	ชุดฝึกควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรมซีเอ็นซีมีความสอดคล้องกับเนื้อหาในบทเรียน	3.50	0.46	ปานกลาง
4	ชุดฝึกควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรมซีเอ็นซีช่วยให้นักเรียนสร้างความรู้ความเข้าใจด้วยตนเองได้	4.25	0.50	มาก
5	ชุดฝึกควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรมซีเอ็นซีมีความน่าสนใจต่อการเรียนรู้	4.50	0.49	มาก
ระดับความพึงพอใจ		**4.10**	**0.53**	**มาก**

จากการนำชุดฝึกควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรมซีเอ็นซีที่สร้างขึ้นนำไปใช้จริงกับนักศึกษา ประเมินความพึงพอใจ พบว่า รูปร่างของชุดฝึกควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรมซีเอ็นซีมีความแข็งแรงคงทนระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ชุดฝึกควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรมซีเอ็นซีมีสะดวกและง่ายต่อการใช้งานระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ชุดฝึกควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรมซีเอ็นซีมีความสอดคล้องกับเนื้อหาในบทเรียนระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง ชุดฝึกควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรมซีเอ็นซีช่วยให้นักเรียนสร้างความรู้ความเข้าใจด้วยตนเองได้ระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ชุดฝึกควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรมซีเอ็นซีมีความน่าสนใจต่อการเรียนรู้ระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ความพึงพอใจชุดฝึกควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรมซีเอ็นซีอยู่ในระดับ มาก

การอภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยการสร้างสื่อการสอนชุดฝึกควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรมซีเอ็นซีสำหรับการเรียนในรายวิชาเทคนิคการผลิตด้วยเครื่องมือกลซีเอ็นซี สาขาวิชา ช่างกลโรงงาน วิทยาลัยเทคนิคแพร่ มีประเด็นสำคัญที่นำมาอภิปรายผลการประเมินโครงการ ดังนี้

การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาก่อนและหลังเรียนโดยใช้ชุดฝึกควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรมซีเอ็นซี พบว่าคะแนนเฉลี่ย ก่อนเรียนมีค่าเท่ากับ 5.64 ส่วนคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 14.5 ผลการเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ยคะแนนสอบสอบก่อนเรียนกับหลังเรียนด้วย t-test dependent พบว่า นักศึกษามีผลสัมฤทธิ์หลังเรียนด้วยวิธีการใช้ชุดฝึกควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรมซีเอ็นซีมากกว่าก่อนเรียนด้วยวิธีการใช้ชุดฝึกควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรมซีเอ็นซี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สอดคล้องกับ กับงานวิจัยของ [7] เครื่องกัดซีเอ็นซีแบบพาราแรลคิเนเมติกมีการออกแบบให้ฐานเป็นวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 450 มม. มี 3 คอลัมน์ซึ่งมีความสูงโดยรวม 500 มม. ขับเคลื่อนโดยบอลสกรูขนาด 16 มม. ระยะลีดของบอลสกรู 5 มม. ใช้มอเตอร์แบบสเต็ปมอเตอร์ที่มีความละเอียดในการหมุน 0.9องศา/สเต็ป ใช้สเต็ปไดรฟ์แบบไมโครสเต็ป มีความละเอียดในการเคลื่อนที่ที่ละเอียดที่สุด 0.05 มม. เมื่อควบคุมให้หัวกัดเคลื่อนที่ไปยังโคออดิเนตที่กำหนด 2) มีค่าความผิดพลาดของระยะความสูงของจุดวัดในแต่ละคอลัมน์ที่ดีที่สุดคือผิดพลาดเพียง 0.047 มม. และ 3) มีค่าความผิดพลาดโดยเฉลี่ยในการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงอยู่ที่0.184 มม. หรือ 1.77% สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวแกน x และมีค่าความผิดพลาดโดยเฉลี่ย 0.163 มม. หรือ 1.63% สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวแกน Y

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

จากผลการวิจัยการสร้างสื่อการสอนชุดฝึกควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรมซีเอ็นซีสำหรับการเรียนในรายวิชาเทคนิคการผลิตด้วยเครื่องมือกลซีเอ็นซี สาขาวิชา ช่างกลโรงงาน วิทยาลัยเทคนิคแพร่ผู้วิจัย มีข้อเสนอแนะเพื่อพัฒนา ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อครั้งต่อไป

ควรพัฒนาชุดฝึกควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรมซีเอ็นซีให้มีการเคลื่อนที่มากกว่า 3 แนวแกน เพื่อให้ชุดฝึกมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

ควรมีการปรับปรุงแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนก่อนทำการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา.(2562).**หลักเกณฑ์และแนวปฏิบัติการจัดการอาชีวศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพและระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง**.กรุงเทพฯ: วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี.

[2] เลิศ อานันทนะ และคณะ. (2537). **ทัศนคติการใชสื่อการสอนระดับประถมศึกษา**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

[3] ธราธิป ภู่ระหงษ์. (2555). **เครื่องมินิซีเอ็นซีควบคุมโดยโปรแกรม MACH3**. ค้นเมื่อ พฤศจิกายน 5 2564, จาก http://www.Scribd.com1/doc/176456089/minicnc-mach3.html

[4] Milutinovic D. et al. (2008). Mini educational 3axisparallel kinematic milling machine. International Confernce onManufacturing Engineering. ICMEN,Chalkidiki, Greece, October 1-3, 2008. pp. 463-474.

[5] Jinbo Wu and Zhouping Yin. (2012). A Novel 4-DOF Parallel Manipulator. Retrieved November 5 , 2013 , Formhttp://www.intechopen.com/

[6] Viera Poppeova et al. (2002).**The Concept of HSC Milling Machinewith Hybrid Kinematic Structuce Application**. Retrieved November 5 , 2013, Form www.Yumpu.com/en/www.Yumpu.com/en/document/Vview/51211391/The-concept-of-hsc-milling

[7] สุนทร วีระเดชลิกุล. (2555).การสร้างเครื่องต้นแบบ เครื่องกัดซีเอ็นซี แบบพาราแรล คิเนเมติก. ค้นเมื่อ พฤศจิกายน 8 2564, จาก http://www.Scribd.com1/doc/176456089 /minicnc-mach3.html

[8] ฉัตรทอง นกเชิดชู.(2557). **รายงานวิจัยเรื่องบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาการใช้คอมพิวเตอร์ในงานธุรกิจ**.นนทบุรี. มหาวิทยาลัยราชพฤกษ์.

[9] กรกนก สำกำปัง.(2551). **การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง สมบัติของวัสดุ การทดสอบวัสดุวิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต**. สาขาวิศวอุตสาหการ. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[10]สุวัฐชัย วัชรถาวรศักดิ์และคณะ.(2565).**การพัฒนาเครื่องกัดตั้งควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์แบบ 4 แกน**.วารสารวิชาการ T-VET Journal. สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ3.พิษณุโลก

[11]ประจิม มูลแสนและคณะ.(2565).**ระบบบำบัดน้ำหล่อเย็นแบบหมุนเวียนในเครื่องจักรอัตโนมัติ**. วารสารวิชาการ T-VET Journal. สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ3.พิษณุโลก