

นิพนธ์ต้นฉบับ

(Original article)

การศึกษาภาระงานทางจิตใจของมนุษย์ในการควบคุมหุ่นยนต์ในงานที่ต้องการความแม่นยำสูง

A study the mental workload of robot control in precision work

อลงกรณ์ ฉัตรเมืองปัก^{1*}, ประจวบ กล่อมจิตร²

Alongkorn Chatmuangpak^{1*}, Prachuab Klomjit²

¹สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

Industrial Engineering, Faculty of Engineering and Industrial Technology, Phetchaburi Rajabhat University

²ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร

Department of Industrial Engineering and Management, Faculty of Engineering and Industrial Technology, Silpakorn University

(alongkorn.cha@mail.pbru.ac.th)

*ผู้นิพนธ์หลัก

Received: November 22, 2021/ Revised: December 23, 2021/ Accepted: December 26, 2021

บทคัดย่อ: การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาภาระงานทางจิตใจจากคลื่นสัญญาณทางสมอง (EEG) และความผิดพลาดในการควบคุมหุ่นยนต์โดยมนุษย์ในการทำงานที่ต้องการความแม่นยำสูง การศึกษานี้ทำการทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 10 คน การดำเนินการทดลองนี้ใช้ตารางสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อบันทึกข้อมูลเวลาในการปฏิบัติงาน และใช้แบบประเมิน NASA TASK LOAD INDEX (NASA – TLX) เพื่อทำการประเมินภาระทางจิตใจของผู้ปฏิบัติงาน จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยการหาค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ผลที่ได้จากการทดสอบพบว่า ขนาดรูเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงานทดสอบที่มีขนาดเล็กและระยะห่างการควบคุมหุ่นยนต์ ส่งผลทำให้ความสำเร็จของการปฏิบัติงานลดน้อยลงรวมถึงเวลาในการปฏิบัติงานและภาระทางสมองเพิ่มขึ้น โดยตำแหน่งการควบคุมที่ระยะห่าง 30 เซนติเมตร ขนาดรูชิ้นงานเส้นผ่านศูนย์กลาง 3, 2, 1.5 เซนติเมตร มีค่า EEG (Gamma) [6.25, 6.73, 7.25] μ V เวลาในการปฏิบัติงาน [13.19, 15.38, 18.88] วินาที ร้อยละความสำเร็จ [93.33, 100, 96.67] และค่า NASA-TLX คือ [12.79, 13.99, 15.05] ตามลำดับ และการควบคุมที่ระยะห่าง 100 เซนติเมตร ขนาดรูชิ้นงานเส้นผ่านศูนย์กลาง 3, 2, 1.5 ซม. มีค่า EEG (Gamma) [6.82, 7.34, 7.99] μ V เวลาในการปฏิบัติงาน [16.42, 21.96, 26.82] วินาที ร้อยละความสำเร็จ [100, 86.67, 66.67] และค่า NASA-TLX คือ [14.75, 15.29, 16.61] ตามลำดับ

คำสำคัญ: ภาระงานทางจิตใจ; คลื่นสัญญาณทางสมอง; การประเมินภาระงาน; NASA-TLX

ABSTRACT: This research aims to study the mental workload from the EEG brainwave and the errors of robot control by human for precision work. The subjects were 10 participants. The experimental used a table for collecting operating time data record and assessment of mental workload by NASA TASK LOAD INDEX (NASA-TLX). The data were statistically analyzed using mean and standard deviation. The results showed that small hole diameter of workpiece and robot control distance resulted in success of work, as well as increased operating time and mental workload. The control position at a distance of 30 cm., workpiece hole diameter size 3, 2, 1.5 cm. has EEG (Gamma) [6.25, 6.73, 7.25] μ V, Time [13.19, 15.38, 18.88] sec, %Success [93.33, 100, 96.67], and NASA-TLX score are [12.79, 13.99, 15.05], respectively, and position at a distance of 100 cm., workpiece hole diameter size 3, 2, 1.5 has EEG (Gamma) [6.82, 7.34, 7.99] μ V, Time [16.42, 21.96, 26.82] sec, %Success [100, 86.67, 66.67], and NASA-TLX score are [14.75, 15.29, 16.61] respectively.

Keywords: Mental workload; EEG brainwave; Workload assessment; NASA-TLX

1. บทนำ

ปัจจุบันนวัตกรรมหุ่นยนต์ได้เข้ามามีบทบาทกับวงการอุตสาหกรรมมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด จากรายงานของสหพันธ์หุ่นยนต์นานาชาติ (International Federation of Robotics) เกี่ยวกับหุ่นยนต์อุตสาหกรรมในปี พ.ศ. 2558 ที่ผ่านมา ปรากฏว่ายอดขายหุ่นยนต์อุตสาหกรรมทั่วโลกเติบโตขึ้นราว ๆ 15% เมื่อเทียบกับ ปี พ.ศ. 2557 ซึ่งยอดขายส่วนใหญ่เกิดมาจากความต้องการทางฝั่งอุตสาหกรรมยานยนต์ ในส่วนของอุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดกลาง (SMEs) นอกจากแขนกลหุ่นยนต์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมยานยนต์แล้ว เริ่มมีหุ่นยนต์ชนิดที่สามารถทำงานร่วมกับมนุษย์ได้ ที่เรียกว่า Cobot (Collaborative Robots) เข้ามาในงานอุตสาหกรรม ซึ่ง Cobot มีความปลอดภัยต่อ

มนุษย์ มีน้ำหนักเบาขึ้น สามารถทำงานร่วมกับมนุษย์ได้อย่างปลอดภัย ระบบเซนเซอร์ที่ล้ำสมัย ทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนไหวได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น และยังสามารถทำงานเสี่ยงอันตรายและงานอื่นที่มนุษย์ไม่เต็มใจทำได้อีกด้วย¹ การปฏิบัติงานของหุ่นยนต์ในปัจจุบันสามารถทำได้โดยการป้อนข้อมูลการควบคุมผ่านโปรแกรมและสั่งให้หุ่นยนต์ปฏิบัติงานตามโปรแกรมที่ได้เขียนขึ้นไว้ หรือการสั่งการให้หุ่นยนต์ปฏิบัติงานผ่านการควบคุมโดยตรงของมนุษย์โดยใช้อุปกรณ์ควบคุมการทำงาน (teach pendant) การสั่งการให้หุ่นยนต์ปฏิบัติงานผ่านการควบคุมโดยตรงของมนุษย์นั้น ส่วนใหญ่มักทำในขั้นตอนการตั้งค่าการทำงานให้กับหุ่นยนต์ ซึ่งอาจเป็นขั้นตอนที่ใช้เวลาในการปฏิบัติงานที่ใช้เวลาเยอะหรือต้องใช้ความแม่นยำในการปฏิบัติงาน หรืองานที่มีความซับซ้อนต้องมีขั้นตอนในการตัดสินใจในขณะที่ปฏิบัติงานและต้องใช้ความแม่นยำ เช่น หุ่นยนต์ผ่าตัด หรือหุ่นยนต์กระเปาะ เป็นต้น ซึ่งการสั่งการให้หุ่นยนต์ปฏิบัติงานผ่านการควบคุมโดยตรงของมนุษย์นั้น หากเป็นงานที่ต้องใช้ความแม่นยำสูง หรือมีการปฏิบัติงานในระยะเวลาที่ยาวนานก็อาจส่งผลต่อภาระงานทางจิตใจที่เพิ่มขึ้น และอาจส่งผลต่อสุขภาพและความผิดพลาดในการปฏิบัติงานของผู้ปฏิบัติงานได้ ในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับภาระงานทางจิตใจในการควบคุมหุ่นยนต์ในการปฏิบัติงานได้แสดงให้เห็นว่า เมื่อมีการปฏิบัติงานที่ซับซ้อนขึ้น ผู้ควบคุมหุ่นยนต์จะมีภาระงานทางจิตใจเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน²

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า การทำงานที่ก่อให้เกิดภาวะเครียดหรือภาระงานที่มากเกินไปจนสะสมอาจทำให้เกิดความเสียหายทางด้านอุบัติเหตุหรือทรัพย์สินได้เนื่องจากหากเกิดข้อผิดพลาดขึ้นมาในกระบวนการทำงานหรือการเซตค่าของหุ่นยนต์แล้วอาจก่อให้เกิดความเสียหายที่ไม่อาจตีเป็นมูลค่าได้ต่อโรงงานรวมถึงชีวิตของพนักงานอีกด้วย ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จะทำให้ทราบถึงภาระงานที่มากเกินไปในการทำงาน การศึกษาวิจัยในครั้งนี้จึงเป็นประโยชน์ให้แก่ผู้ประกอบการต่าง ๆ ให้ได้ศึกษาและนำไปใช้ประโยชน์แก่โรงงานได้ต่อไป

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความผิดพลาดในการทำงานที่ต้องการความแม่นยำสูงในการควบคุมหุ่นยนต์โดยมนุษย์ และประเมินภาระงานทางสมองจากคลื่นสัญญาณไฟฟ้า EEG ในการควบคุมหุ่นยนต์ด้วยมนุษย์ในงานที่ต้องการความแม่นยำสูง

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 คลื่นสมอง

จุดเริ่มต้นของการตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง เริ่มในปี พ.ศ. 2418 โดยนักสรีรวิทยาชาวอังกฤษ ชื่อ Richard Caton ได้ศึกษาคุณสมบัติของศักย์ไฟฟ้าที่เกิดจากการทำงานของสมองในสัตว์ทดลองโดยใช้ขั้วไฟฟ้าชนิดขั้วเดียววางบนเปลือกสมอง (cerebral Cortex) และกะโหลกศีรษะ แล้ววัดศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้น โดยใช้เครื่องวัดกระแสไฟฟ้า (galvanometer) เขาพบว่า ศักย์ไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นในขณะที่สัตว์หลับและจะลดลงจนหายไปหลังจากที่สัตว์ตายแล้ว³

2.2 ความผิดพลาดของมนุษย์ (Human error)

สาเหตุหนึ่งที่มีมักจะพบอยู่เสมอของความผิดพลาดเกิดขึ้นในการทำงาน คือเกิดจากความผิดพลาดของคน หรือที่เรียกว่า human error นอกเหนือไปจากความผิดพลาดที่อาจเกิดจากเครื่องจักร วัตถุดิบ มาตรฐานที่ไม่ถูกต้อง หรือสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ซึ่งที่กล่าวมาข้างต้นเกี่ยวข้องกับคนเช่นเดียวกัน ดังนั้นการศึกษาเพื่อทำความเข้าใจถึงลักษณะของความผิดพลาดที่เกิดจากคน รวมถึงสาเหตุ และแนวทางในการป้องกัน จะช่วยให้สามารถลดปัญหาทั้งที่เกิดขึ้นแล้ว และที่อาจจะเกิดขึ้นให้ลดลงได้อย่างมาก

ความผิดพลาดที่เกิดจากคน หรือ human error เป็นความผิดพลาดที่เกิดจากการกระทำของคนที่ทำมากกว่าหรือน้อยกว่าระดับที่สามารถยอมรับได้ของระบบ ลักษณะของความผิดพลาดที่เกิดจากคน สามารถแบ่งออกได้เป็น 2

ประเภท ประกอบด้วย 1) ความผิดพลาดที่ไม่ตั้งใจ เกิดจากการทำหรือไม่ทำโดยไม่ได้มีการคิดไว้ล่วงหน้า 2) ความผิดพลาดที่ตั้งใจให้เกิด เป็นความผิดพลาดที่เกิดจากการทำหรือไม่ทำ

2.3 การรับรู้ภาระงาน

การรับรู้ภาระงาน หมายถึง กระบวนการของแต่ละบุคคลที่ใช้จัดการและอธิบายเกี่ยวกับความรู้สึกและให้ความหมายกับสิ่งแวดล้อม คือ การทำงาน โดยสิ่งที่แต่ละคนรับรู้เกี่ยวกับภาระงานนั้น อาจมีความแตกต่างกันได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความรู้ สติปัญญา ทักษะ หรือประสบการณ์ของแต่ละคน ภาระงานสามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ เชิงปริมาณ หมายถึง ปริมาณของงานที่ต้องทำให้เสร็จ และเชิงคุณภาพ หมายถึง ความยากง่ายของงาน ซึ่งสามารถวัดได้โดยใช้แบบสอบถาม NASA-TLX นักวิจัยที่ศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับภาระงาน ได้ให้ความหมายของภาระงานไปทางเดียวกันว่า หมายถึง งานที่พนักงานทำ หรือรับผิดชอบในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพในระยะเวลาหนึ่ง ส่วนภาระงานที่ส่งผลต่อความเหนื่อยหน่ายในการทำงาน นั้นหมายถึง งานที่มีมากจนเกินความสามารถ หรือขีดจำกัดของพนักงานทั้งในด้านคุณภาพและด้านปริมาณใน เช่น งานมีความซับซ้อนเกินไป เร่งด่วนเกินไป หรือมีความเสี่ยงเกินไป ตลอดจนการทำงานในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม หรือต่างไปจากปกติ รวมถึงขาดอุปกรณ์ทางเทคนิคด้วย หรือจะกล่าวอีกได้ว่า ภาระงาน หมายถึง งานที่ต้องทำตามขอบเขตภารกิจ (task) หน้าที่ (duty) และความรับผิดชอบ (responsibility) ที่ได้รับมอบหมายเกี่ยวกับงานสำหรับแต่ละตำแหน่งที่ต้องทำให้เสร็จ ซึ่งภาระงานแบ่งออกเป็นภาระงานที่สามารถนับได้ (objective) เช่น จำนวนชิ้นงานที่ได้รับมอบหมาย และภาระงานที่ไม่สามารถนับได้ (subjective) เช่น งานบริการ เป็นต้น⁵

2.4 การประเมินภาระงานโดยใช้แบบประเมิน NASA Task Load Index (NASA-TLX)

NASA-TLX เป็นเครื่องมือการประเมินความเสี่ยงด้าน mental workload assessment คือการประเมินความเสี่ยงทางด้านจิตใจ ซึ่งก็มีผลต่อการเกิดปัญหาด้านการยศาสตร์ได้ด้วยเช่นกัน การประเมินโดยวิธีนี้จะคำนึงถึงปัจจัยหลักที่มีผลต่อ mental workload จำนวน 6 ปัจจัยด้วยกัน ได้แก่ 1) mental demand 2) physical demand 3) temporal demand 4) performance 5) effort และ 6) frustration ผลลัพธ์ที่ได้จะออกมาเป็นค่าคะแนนความเสี่ยง แบบประเมินการจัดการภาระงาน ถูกนำไปใช้ในการวัดการรับรู้ภาระงานอย่างกว้างขวาง และได้รับการยอมรับว่าเป็นเครื่องมือที่มีความแข็งแกร่งที่สุด ในการนำมาใช้วัดการรับรู้ภาระงาน ซึ่งเป็นเครื่องมือที่สามารถใช้ในการประเมินภาระงานทางจิตของผู้ปฏิบัติงานได้อย่างรวดเร็วและง่ายดาย⁴

แบบสอบถามการรับรู้ภาระงาน NASA-TLX ที่พัฒนาโดย Human Performance Group ขององค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติสหรัฐฯ (NASA/National Aeronautics and Space Administration) โดยแบบประเมินนี้สามารถจัดประเภทเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ในการรับรู้ภาระงานออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. ความสัมพันธ์ด้านภาระงาน (task related) สามารถศึกษาได้จากความต้องการด้านจิตใจ ความต้องการด้านร่างกายและความต้องการด้านเวลา (ข้อ 1 ถึงข้อ 3)
2. ความสัมพันธ์ด้านพฤติกรรม (behaviour related) สามารถศึกษาได้จากด้านผลสำเร็จของงานและด้านความพยายาม ซึ่งแสดงออกถึงลักษณะของพฤติกรรมแต่ละบุคคลโดยตรง (ข้อ 4 ถึงข้อ 5)
3. ความสัมพันธ์ด้านภายใต้สถานการณ์ (subject related) สามารถศึกษาจากด้านความคับข้องใจ (ข้อ 6) แบบประเมินภาระงานนาซ่า ทีแอลเอ็กซ์ เป็นแบบประเมินที่มีการใช้งาน และพัฒนาต่อเนื่องมาเป็นเวลามากกว่า 20 ปี ในการศึกษาด้านการบินและการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้อง⁶

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Bunce and Sisa ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง Age differences in perceived workload across a short vigil เพื่อศึกษาความแตกต่างของอายุในการรับรู้ภาระงาน ที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพการทำงานของงานที่ต้องใช้ความระมัดระวัง ได้แก่ งานที่ควบคุมโดยระบบอัตโนมัติ (automated system) ที่ไม่จำเป็นว่า ระบบจะช่วยให้คนทำงานทำงานได้ง่ายขึ้นเสมอไป การศึกษากระทำโดยการแบ่งคนทำงานออกเป็น 2 กลุ่ม คนงานที่อายุน้อยกว่า ($n = 26$) อายุ 16 ถึง 35 ปี ($M = 27.8$) และคนงานที่มีอายุมากกว่า ($n = 24$) อายุ 45-65 ปี ($M = 52.2$) โดยใช้แบบวัดการรับรู้ภาระงาน (NASA-TLX) ทั้งก่อนและหลังการทำงาน พบว่า ด้านผลสำเร็จของงาน (performance) มีค่าที่ลดลงอย่างมีนัยยะที่มีความสัมพันธ์กับงาน แต่ไม่มีหลักฐานว่าประสิทธิภาพการทำงานจากอายุที่ต่างกันจะลดลงตามไปด้วย อย่างไรก็ตาม ยังพบด้วยว่า การประเมินด้านการรับรู้ภาระงาน ของคนงานอาวุโสมีค่าเพิ่มมากขึ้น จากช่วงก่อนและหลังของการทำงาน ทั้งนี้เพราะคนงานอาวุโสต้องการการใส่ใจกับงาน (attentional Resource) ที่ต้องใช้ความระมัดระวังมากกว่าคนงานที่มีอายุน้อย จึงรู้สึกว่าการทำอยู่เป็นภาระมากกว่า ด้วยความสามารถที่ต้องเฝ้าระมัดระวังในการทำงานในช่วงเวลาสั้นๆ เท่ากับที่คนงานอายุน้อยต้องการ แต่มีแนวโน้มว่า ผู้สูงอายุมีความต้องการมากขึ้นในด้านความตั้งใจ⁷

อภิชาติ มั่นศักดิ์ และ วรพล เกรียงไกรกุล ได้ทำการศึกษาปัจจัยศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยและศึกษาความน่าเชื่อถือของปัจจัยในการควบคุมหุ่นยนต์แขนกลผ่านการรับรู้ทางหน้าจอแสดงผลโดยจำแนกตัวแปรการศึกษาคือผลลัพธ์ของงานวัดผลตามตัวชี้วัดประสิทธิภาพความสำเร็จที่มีหน่วยเป็นครั้งต่อวินาที การรับรู้ของผู้ทดลองวัดผลตามตัวชี้วัดความถี่การสังเกตที่มีหน่วยเป็นครั้งต่อวินาทีและภาระงานของผู้ทดลองวัดผลตามตัวชี้วัดค่าสัมบูรณ์ของผลต่างคลื่นสมอง Gamma Amp. ที่มีหน่วยเป็น μvolt และวัดผลตามตัวชี้วัดผลคะแนนรวมสุทธิ NASA-TLX ที่ผ่านการถ่วงน้ำหนักและจำแนกประเภทงานคือ 1) งานการเคลื่อนไหวแบบ linear ขึ้นงานวงกลม 2) งานการเคลื่อนไหวแบบ linear ขึ้นงานสี่เหลี่ยม 3) งานการเคลื่อนไหวแบบ linear ขึ้นงานสามเหลี่ยม 4) งานการเคลื่อนไหวแบบ linear & reorient ขึ้นงานวงกลม 5) งานการเคลื่อนไหวแบบ linear & reorient ขึ้นงานสี่เหลี่ยมและ 6) งานการเคลื่อนไหวแบบ linear & reorient ขึ้นงานสามเหลี่ยมตามลำดับงาน จากผู้ทดลอง 7 คน ผลการวิจัยพบว่า วัดอุปประสงค์แรกประสิทธิภาพความสำเร็จเท่ากับ 0.0169 0.0136 0.0131 0.0175 0.0101 0.0055 ครั้งต่อวินาที ตามลำดับ งานจัดเรียงงานจากค่าเฉลี่ยมากไปยังค่าเฉลี่ยน้อยโดยใช้เลขลำดับงานได้ดังนี้ 4, 1,2,3,5,6 ความถี่การสังเกตเท่ากับ 0.6533 0.8008 1.0158 0.7233 0.7921 0.9005 ครั้งต่อวินาที จัดเรียงงานจากค่าเฉลี่ยมากไปยังค่าเฉลี่ยน้อยโดยใช้เลขลำดับงานได้ดังนี้ 3, 6, 2, 5, 4, 1 ค่าสัมบูรณ์ของผลต่างคลื่นสมอง Gamma Amp. เท่ากับ 1.2424 1.18001.17052.20951.7724 1.9076 μvolt ตามลำดับ จัดเรียงงานจากค่าเฉลี่ยมากไปยังค่าเฉลี่ยน้อยโดยใช้เลขลำดับงานได้ดังนี้ 4, 6, 5,1,2,3 และผลคะแนนรวมสุทธิ NASA-TLX เท่ากับ 15.09 15.07 15.49 14.41 15.73 16.18 ตามลำดับ งานจัดเรียงงานจากค่าเฉลี่ยมากไปยังค่าเฉลี่ยน้อยโดยใช้เลขลำดับงานได้ดังนี้ 6,5, 3, 1,4,2 วัดอุปประสงค์ที่สองความถี่จากการสังเกตแปรผกผันกับประสิทธิภาพความสำเร็จงานผลคะแนนรวมสุทธิ NASA-TLX ที่ผ่านการถ่วงน้ำหนักแปรผกผันกับประสิทธิภาพความสำเร็จค่าสัมบูรณ์ของผลต่างคลื่นสมอง Gamma Amp. แปรผกผันกับความถี่การสังเกตและผลคะแนนรวมสุทธิ NASA-TLX ที่ผ่านการถ่วงน้ำหนักแปรผกผันกับความถี่การสังเกตและวัดอุปประสงค์ที่สามเปอร์เซ็นต์สัดส่วนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานกับค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพความสำเร็จเท่ากับ 41.73% 64.16% 65.17% 40.93% 57.63% 104.06% ตามลำดับงานความถี่การสังเกตเท่ากับ 25.67% 25.44% 31.50% 20.22% 23.24% 41.62% ตามลำดับ ค่าสัมบูรณ์ของผลต่างคลื่นสมอง Gamma Amp. เท่ากับ 72.54% 82.539% 89.45% 101.58% 51.41% 54.86% ตามลำดับ ผลคะแนนรวมสุทธิ NASA-TLX เท่ากับ 20.01% 19.87% 11.99% 26.65% 14.82% 13.12% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเพื่อความแปรผันตามการศึกษาของ

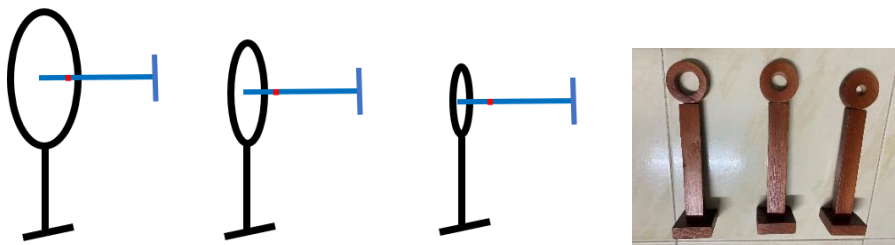
ILO ที่ 15% ของ Normal Variable พบว่าค่าเฉลี่ยของตัวชี้วัดตามตัวแปรที่ศึกษาที่มีความน่าเชื่อถือมีเพียงผลคะแนนรวมสุทธิ NASA-TLX งานที่ 3 งานที่ 5 และงานที่ 6 ตามลำดับ งานนอกนั้นยังไม่มีมีความน่าเชื่อถือ⁸

พีรวัฒน์ จุลพันธ์ และ ฤทธิ วิทย์เจริญพงษ์ ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลด้วยตาเปล่า เน้นไปที่การทำการทดลองเพื่อใช้สำหรับการรับรู้เชิงลึกและนำไปปรับปรุงในการทำงานต่าง ๆ ได้เริ่มทำการค้นคว้าเรื่องสายตาของมนุษย์และชนิดของหุ่นยนต์ได้ตรวจสอบขอบเขตข้อมูลในปัจจุบันโดยมุ่งเน้นไปที่การทำความเข้าใจขอบเขตที่การมองเห็นในการรับรู้เชิงลึกสามารถเข้าใจได้โดยใช้ทฤษฎีที่มีอยู่ของการมองเห็นด้วยตาเปล่า การดำเนินการวิจัยทำโดยค้นหาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ประวัติหุ่นยนต์ปัจจัยที่ส่งผลต่อคนในการทำงานความผิดพลาดของมนุษย์ คลื่นสมองงานที่ใช้รูปแบบการควบคุมหุ่นยนต์ด้วยตาเปล่าทั้งนี้เพื่อใช้เป็นข้อมูลรองรับต่อการทำการทดลองเพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลต่อการควบคุมหุ่นยนต์ด้วยตาน้อยที่สุด⁹

3. วิธีดำเนินการศึกษา

3.1 การออกแบบการทดลอง

การศึกษานี้เป็นการทดลองโดยการนำชิ้นงานปลายแหลมประกอบเข้าไปในห่วงที่มีขนาดต่างกัน 3 ระดับ คือ ห่วงที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร , 2 เซนติเมตร และ 1.5 เซนติเมตร ตามลำดับ (รูปที่ 1) การกำหนดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระดับต่าง ๆ ของปัจจัยการทดลอง มีที่มาจากการปฏิบัติงานควบคุมหุ่นยนต์ที่ต้องใช้ความแม่นยำในงานสวมประกอบ โดยกำหนดให้ห่วงที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 และ 2 เซนติเมตร แทนงานสวมคลอน (clearance fit) ที่มีระดับความยากต่างกัน และห่วงที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร แทนงานสวมพอดี (transition fit) (รูปที่ 2)



รูปที่ 1 อุปกรณ์ทำทดลอง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร , 2 เซนติเมตร และ 1.5 เซนติเมตร ตามลำดับ



รูปที่ 2 การติดตั้งอุปกรณ์บนแขนกล

3.2 การกำหนดมาตรฐานการทดลอง

1. กำหนดระยะยืน และ จุดที่ตั้งของหุ่นยนต์ ให้มีระยะที่ตายตัว โดยจะมีระยะห่าง 30 เซนติเมตร และระยะห่าง 100 เซนติเมตร (รูปที่ 3)
2. กำหนดให้จุดเริ่มต้นในการเคลื่อนที่ขึ้นงานเป็นจุดเดียวกัน โดยจะทำการเซตค่าตำแหน่งบนรีโมทควบคุม หุ่นยนต์ให้กลับมาจุดเริ่มต้นทุกครั้งทำการทดลองเสร็จ
3. ทำการกำหนดสัญลักษณ์บนชิ้นงานปลายแหลมโดยการทำจุดสีแดงบนชิ้นงานเพื่อให้รู้ระยะเสร็จสิ้นการทำงาน
4. ผู้ทดลองทำการติดตั้งอุปกรณ์วัดสัญญาณคลื่นสมอง (EEG) ดังรูปที่ 4
5. ให้ผู้ทดลองทำการปฏิบัติงานที่ระยะห่าง 30 เซนติเมตร จากนั้นทำการควบคุมหุ่นยนต์ที่ได้ทำการติดตั้งชิ้นงาน ปลายแหลม นำไปประกอบกับชิ้นงานที่มีรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3, 2 และ 1.5 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยที่แต่ละขนาดจะต้องทำซ้ำ 3 ครั้ง และแต่ละครั้งเมื่อทำสำเร็จแล้วจะต้องทำการเซตค่าให้หุ่นยนต์กลับไปเริ่มที่ตำแหน่งเริ่มต้น ทุกครั้ง
6. ให้ผู้ทดลองทำการปฏิบัติงานที่ระยะห่าง 100 เซนติเมตร จากนั้นทำการควบคุมหุ่นยนต์ที่ได้ทำการติดตั้ง ชิ้นงานปลายแหลม นำไปประกอบกับชิ้นงานที่มีรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3, 2 และ 1.5 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยที่แต่ละขนาดจะต้องทำซ้ำ 3 ครั้ง และแต่ละครั้งเมื่อทำสำเร็จแล้วจะต้องทำการเซตค่าให้หุ่นยนต์กลับไปเริ่มที่ตำแหน่ง เริ่มต้นทุกครั้ง
7. การจับเวลาเริ่มจากการเริ่มเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ไปจนถึงผู้ควบคุมทำการสอดชิ้นงานปลายแหลมลอดผ่านห่วง ไปจนถึงจุดสีแดงที่อยู่บนปลายแหลม จากนั้นทำการหยุดเวลา และถือว่าปฏิบัติงานสำเร็จ (success) หากผู้ควบคุมทำการควบคุมหุ่นยนต์และทำให้ปลายของชิ้นงานชนกับห่วงหรือทำการสัมผัสกับห่วงจนทำให้ห่วงขยับหรือล้มลง จะถือว่าเป็นงานปฏิบัติงานที่ล้มเหลว (failure)
8. การบันทึกสัญญาณคลื่นสมอง (EEG) ทำโดยใช้อุปกรณ์ เครื่องวัดคลื่นสมอง Nexus 10 Mark II และโปรแกรม Bio trace+ โดยจะทำการสำรวจและบันทึกข้อมูลสัญญาณคลื่นสมองในระดับแกมมา (Gamma Amp.) จากงานวิจัย Weiland และคณะ ได้ทำการวัดภาระงานทางจิตใจของการทำงานในสถานี่ควบคุมการคมนาคมทางอากาศ ซึ่ง ผู้ปฏิบัติงานจะต้องทำงานโดยใช้สมาธิอย่างสูงและมีการทำงานในรูปแบบ multitasking จากผลการวัดภาระงานทางจิตใจพบว่า สัญญาณคลื่นสมองในระดับเบต้า และแกมมา จะมีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อมีการทำงานที่ซับซ้อนขึ้น¹⁰



รูปที่ 3 การกำหนดมาตรฐานตำแหน่งการยืนควบคุมหุ่นยนต์ 2 ระยะห่าง

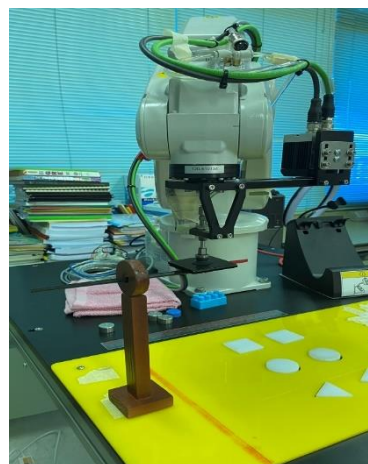


รูปที่ 4 ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์วัดสัญญาณคลื่นสมอง (EEG)

3.3 ขั้นตอนการทดลอง

การดำเนินการทดลองมีขั้นตอนดังนี้

1. ทำการเซตค่าและติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้พร้อมทำการทดลอง (รูปที่ 5)
2. ทำการสอนวิธีควบคุมหุ่นยนต์และขั้นตอนการปฏิบัติงานให้แก่ผู้ทดลอง
3. ทำการติดตั้งเครื่อง EEG ให้แก่ผู้ทดลอง
4. ให้ผู้ทดลองยืนที่ตำแหน่ง ที่กำหนดไว้ (30 และ 100 เซนติเมตร ห่างจากจุดที่ตั้งของหุ่นยนต์)
5. ให้ผู้ทดลองทำการควบคุมหุ่นยนต์และเริ่มปฏิบัติงานตาม “มาตรฐานการควบคุม”
6. ทำการบันทึกข้อมูลคลื่นสมอง (EEG) โดยโปรแกรม และผลความสำเร็จของการปฏิบัติงานลงในตารางการบันทึกผล และ
7. ให้ผู้ทดลองทำแบบประเมิน NASA-TLX



รูปที่ 5 แสดงวิธีการทดสอบ

4. ผลการศึกษา

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ คือ เพื่อศึกษาภาระงานทางจิตใจของการควบคุมหุ่นยนต์โดยมนุษย์ในงานที่ต้องการความแม่นยำสูง โดยใช้แบบประเมิน NASA-TLX และ เครื่องวัดคลื่นสมอง (EEG) โดยทำการทดลองเปรียบเทียบภาระงานของกลุ่มผู้ทดลองที่ปฏิบัติงานเหมือนกัน ด้วยหุ่นยนต์ ABB Robot โดยใช้ชิ้นงาน 3 ขนาด และตำแหน่งในการยืนปฏิบัติงาน 2 ตำแหน่ง จะส่งผลต่อการทำงานของคลื่นสมองอย่างไร และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการทำงานทางด้านจิตใจและคลื่นสมอง ซึ่งสามารถจำแนกการศึกษาได้ดังนี้

4.1 ผลของการศึกษาภาระงานทางจิตใจ

ผลของการศึกษาภาระงานทางจิตใจของการควบคุมหุ่นยนต์โดยมนุษย์ในงานที่ต้องการความแม่นยำสูง โดยใช้แบบประเมิน NASA-TLX โดยทำการทดลองเปรียบเทียบภาระงานของกลุ่มผู้ทดลองที่ปฏิบัติงานเหมือนกัน ด้วยหุ่นยนต์ ABB Robot โดยขึ้นงาน 3 ขนาด และตำแหน่งในการยืนปฏิบัติงาน 2 ตำแหน่ง ได้แก่ ตำแหน่งระยะที่ 30 เซนติเมตร และตำแหน่งระยะที่ 100 เซนติเมตร

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลที่แบบประเมิน NASA TASK LOAD INDEX (NASA-TLX)

Distance (cm.)	Size	Operator										NASA-TLX score	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Avg.	SD
30	3	13.27	9.07	14.93	16.93	10.80	11.87	12.27	12.93	13.67	12.13	12.79	2.16
	2	15.87	12.27	15.27	17.20	11.60	12.13	13.27	14.00	15.87	12.40	13.99	1.95
	1.5	16.40	11.73	17.13	17.40	12.27	14.27	14.53	15.00	17.80	13.93	15.05	2.11
100	3	16.67	12.80	16.20	17.13	13.60	14.87	14.87	13.80	13.60	14.00	14.75	1.47
	2	12.73	13.60	17.20	16.13	13.67	16.20	16.80	16.47	14.73	15.33	15.29	1.53
	1.5	13.40	15.80	17.33	17.80	14.40	17.33	17.67	16.87	17.33	18.20	16.61	1.58

ตารางที่ 1 แสดงผลการคำนวณค่าเฉลี่ยของข้อมูลแบบประเมิน NASA-TLX ขณะทำการทดลองด้วยหุ่นยนต์ ABB Robot โดยมีขึ้นงานที่ใช้ในการทดลอง 3 ขนาด และมีระยะห่างในการยืนทดลอง 2 ระยะ จะเห็นได้ว่าระยะทางที่มากขึ้นและขนาดห้วงที่เล็กลงมีผลต่อการปฏิบัติงานของผู้ทดลอง จึงทำให้คะแนนจากแบบประเมิน NASA-TLX เพิ่มขึ้น โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อการปฏิบัติงานมากที่สุด คือ ขนาดของห้วงที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร และระยะควบคุมที่ 100 เซนติเมตร โดยมีค่า NASA-TLX index score อยู่ที่ 16.61

ตารางที่ 2 แสดงข้อมูล EEG และร้อยละความสำเร็จ

	ระยะห่าง 30 ซม.	ระยะห่าง 100 ซม.	ระยะห่าง 30 ซม.	ระยะห่าง 100 ซม.	ระยะห่าง 30 ซม.	ระยะห่าง 100 ซม.
	3	2	3	2	3	2
EEG(Gamma) (μV)	6.25	6.73	7.25	6.82	7.34	7.99
ลำดับ	6	5	3	4	2	1
Time	13.39	15.38	18.88	16.42	21.96	26.82
ลำดับ	6	5	3	4	2	1
%success	93.33	100	96.67	100	86.67	66.67
ลำดับ	3	5	4	5	2	1
NASA	12.79	13.99	15.05	14.75	15.29	16.61
ลำดับ	6	5	3	4	2	1

4.2 ผลของการวิเคราะห์โปรแกรมชุดประเมินคลื่นสมอง (EEG)

ผลของการวิเคราะห์โปรแกรมชุดประเมินคลื่นสมอง (EEG) โดยทำการทดลองเปรียบเทียบภาระความเครียดในการทำงานของผู้ทดลองแต่ละคน โดยให้ผู้ทดลองทุกคนปฏิบัติงานเหมือนกัน ด้วยหุ่นยนต์ ABB Robot โดยขึ้นงาน 3

ขนาด ได้แก่ ขนาด 3, 2, 1.5 เซนติเมตร และตำแหน่งในการยืนปฏิบัติงาน 2 ตำแหน่ง ได้แก่ ระยะที่ 30 เซนติเมตร และ 100 เซนติเมตร

ตารางที่ 2 แสดงผลการคำนวณค่าเฉลี่ยของข้อมูล 3 ชนิด คือ ระยะเวลาในการทำงาน ร้อยละความสำเร็จ และ คลื่นสมอง (คลื่นGemma) ขณะทำการทดลองด้วยหุ่นยนต์ ABB Robot โดยมีชิ้นงานที่ใช้ในการทดลอง 3 ขนาด และมีระยะห่างในการยืนทดลอง 2 ระยะ ระยะทางที่มากขึ้นและขนาดห่วงที่เล็กลงมีผลต่อค่าคลื่นสมองในการปฏิบัติงาน โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าคลื่นสมองมากที่สุดคือขนาดของห่วงที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร และ ระยะควบคุมที่ 100 เซนติเมตร

5. อภิปรายผลการศึกษา

จากผลการทดสอบของผู้เข้าร่วมในการปฏิบัติงานควบคุมหุ่นยนต์ในงานที่ต้องการความแม่นยำสูง โดยงานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบเพื่อทดสอบการควบคุมหุ่นยนต์ในการปฏิบัติงานที่ต้องใช้ความแม่นยำสำหรับงานสวมประกอบ ซึ่งได้ทำการจำลองลักษณะของงานประกอบโดยใช้อุปกรณ์การทดลองเป็นรูวงกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3, 2 และ 1.5 เซนติเมตร แทนการปฏิบัติงานสวมประกอบแบบสวมคลอน (clearance Fit) และสวมพอดี (transition Fit) โดยให้หุ่นยนต์จับชิ้นงานปลายแหลมและให้ผู้เข้าร่วมทดสอบได้ควบคุมหุ่นยนต์เพื่อสวมชิ้นงานปลายแหลมเข้ากับรูวงกลมจนถึงจุดที่กำหนด โดยผู้เข้าร่วมทดสอบจะถูกบันทึกสัญญาณคลื่นสมองเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ภาระงานทางจิตใจ พร้อมทั้งทำการจับเวลาในการปฏิบัติงานและจดบันทึกผลการปฏิบัติงาน จากนั้นเมื่อปฏิบัติงานเสร็จจะทำการประเมินภาระงานทางจิตใจโดยใช้แบบประเมิน NASA TLX จากการทดสอบ แสดงให้เห็นได้ว่าเมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูและระยะห่างการยืนมีผลต่อการควบคุมหุ่นยนต์ เมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูที่เล็กลง และระยะห่างการยืนที่เพิ่มขึ้น ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณคลื่นสมอง เวลาที่ใช้ในการทดลอง คะแนนภาระงานทางจิตใจจากแบบประเมิน NASA TLX เพิ่มขึ้น และในขณะเดียวกันร้อยละความสำเร็จในการปฏิบัติงานก็ลดลง เป็นไปตามสมมติฐาน โดยงานที่มีภาระงานมากที่สุดคือ งานที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร และที่ระยะห่างการยืนที่ 100 เซนติเมตร

6. บทสรุป

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงภาระงานทางจิตใจของมนุษย์ในการควบคุมหุ่นยนต์สำหรับการปฏิบัติงานที่ต้องใช้ความแม่นยำสูง โดยมีเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลการทดลองคือ 1.โปรแกรมวิเคราะห์ประเมินสัญญาณคลื่นสมอง (EEG) 2.แบบประเมิน NASA-TLX โดยใช้ผู้เข้าร่วมการทดสอบ จำนวน 10 คน เพื่อทำการทดสอบและวิเคราะห์ข้อมูลโดยการเปรียบเทียบผลการทดสอบภาระงานระหว่างโปรแกรมวิเคราะห์ประเมินสัญญาณคลื่นสมอง (EEG) และแบบประเมิน NASA-TLX

ผลของการวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงผลการวิเคราะห์ของสัญญาณคลื่นสมองและการประเมินภาระงานทางจิตใจจากแบบประเมิน NASA-TLX ซึ่งมีความสอดคล้องกัน เมื่อระดับของการปฏิบัติงานยากขึ้นหรืองานที่ต้องใช้ความแม่นยำที่มากขึ้นจะส่งผลต่อสัญญาณคลื่นสมองและความเครียดหรือความกังวลในการทำงานที่มากขึ้น อาจนำมาซึ่งความผิดพลาดของการทำงานหรือเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน งานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่ต้องปฏิบัติงานในการควบคุมหุ่นยนต์ในการทำงานที่ต้องใช้ความแม่นยำสูง ซึ่งงานที่ทำให้เกิดภาระงานทางจิตใจที่สูงนั้น จำเป็นต้องมีการควบคุมหรือการบริหารจัดการขั้นตอนการปฏิบัติงานที่เหมาะสม เช่น การกำหนดเวลาในการปฏิบัติงาน การกำหนดเวลาพักที่เหมาะสม หรือการใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ เพื่อช่วยให้ภาระงานทางจิตใจมีค่าที่ลดลง เพื่อป้องกันความผิดพลาดในการทำงานและช่วยป้องกันการเกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน

เอกสารอ้างอิง

1. อุเทน โชติชัย. อุตสาหกรรรมหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติในประเทศไทย. อุตสาหกรรรมสาร 2561;60:5-8.
2. Shao S, Zhou Q, Liu Z. Mental workload characteristics of manipulator teleoperators with different spatial cognitive abilities. Int J Adv Robot Syst. 2019;16:1-10.
3. Finger S. Origins of neuroscience: a history of explorations into brain function. New York: Oxford University Press; 1994.
4. Rubio S, Diaz E, Martin J, Puente JM. Evaluation of subjective mental workload: a comparison of SWAT, NASA-TLX, and workload profile methods". Appl Psych 2004;53:61-86.
5. Cordes CL, Dougherty TW. A review and integration of research on job burnout. Acad Manage Rev 1993;18:621-56.
6. Hart SG. NASA-Task Load Index (NASA-TLX); 20 years later. Proc Hum Factors Ergon Soc Annu Meet 2006;50:904-8.
7. Bunce D, Sisa L. Age difference in perceived workload across a short vigil. Ergonomics 2002; 45:949-60.
8. อภิโชติ มั่นศักดิ์, วรพล เกรียงไกรกุล. การควบคุมหุ่นยนต์แขนกลผ่านการรับรู้ทางหน้าจอแสดงผล [วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต] นครปฐม: มหาวิทยาลัยศิลปากร; 2562.
9. พีรวัฒน์ จุลพันธ์, หฤษฎ์ วิทยเจริญพงษ์. การหาปัจจัยที่มีผลต่อความคลาดเคลื่อนในการควบคุมหุ่นยนต์ด้วยตาเปล่า [วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต] นครปฐม: มหาวิทยาลัยศิลปากร; 2562.
10. Weiland MZ, Roberts DM, Caywood MS, Greenwald HS, Colombe JB. EEG-based measurement of mental workload in a multitasking environment. Cognitive Neuroscience Society [Internet]. 2013 [cited 2021 Sep 15] Available from: https://www.researchgate.net/publication/277312438_EEG-Based_Measurement_of_Mental_Workload_in_a_Multitasking_Environment