Research Article
Journal of Advanced Development in Engineering and Science
Vol. 13 ● No. 38 • September - December 2023

การออกแบบโต๊ะเชื่อมตามหลักการยศาสตร์ ด้วยเทคนิคการแปลงหน้าที่เชิงคุณภาพ

Design of a welding table prototype based on Ergonomics with Quality Function Deployment

สาวิตรี พิบูลศิลป์[1*] ภัทรวิทย์ ศรีเมือง[2] จักรกฤษณ์ ยารังษี[2]
และ อริยา พิมปรุ[2]
Sawitree Phieboolsilapa[1*], Pattarawit Srimuang[2], Jakkrid Yarangsi[2]
and Ariya Pimpru[2]

Recived: 31 March 2023
Revised: 22 June 2023
Accepted: 15 September 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบโต๊ะเชื่อมด้วยหลักการยศาสตร์โดยใช้เทคนิคการแปลงหน้าที่เชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment: QFD) เนื่องจากแบบเดิมที่ใช้อยู่ส่งผลต่อความเมื่อยล้าของผู้ใช้งานนอกจากนี้ยังใช้พุเมตริกซ์ (Pugh Matrix) มาเป็นเครื่องมือในการคัดเลือกวัสดุและชิ้นส่วนต่างๆของโต๊ะเชื่อม ผลจากการวิเคราะห์ค่าความสำคัญเฉลี่ย (IMP) สูงสุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ ความสูงที่เหมาะสม ป้องกันสะเก็ดไฟและมีที่เก็บด้ามเชื่อม เมื่อทำการสร้างต้นแบบเพื่อจำลองท่าทางการยืนขณะใช้งานและวัดผลด้วยแบบประเมินความพึงพอใจจากกลุ่มตัวอย่าง พบว่ามีคะแนนความพึงพอใจเพิ่มขึ้นจากเดิม 3.04 เป็น 4.52 หรือเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 22.7

คำสำคัญ: เทคนิคการแปลงหน้าที่เชิงคุณภาพ การยศาสตร์ พุเมตริกซ์

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน กรุงเทพฯ ประเทศไทย 10330
[1]Division of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Pathumwan Institute of Technology, Bangkok, Thailand 10330
[2]สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอุตสาหการและโลจิสติกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือวิทยาเขตระยอง ระยอง ประเทศไทย 21120
[2]Division of Industrial and Logistics Engineering Technology, Faculty of Engineering and Technology, King Mongkut's University of Technology North Bangkok Rayong Campus, Rayong, Thailand 21120
[*]ผู้นิพนธ์ประสานงาน (Corresponding author) e-mail: sawitree.p@pit.ac.th

ABSTRACT

This research aimed to design welding tables with Ergonomics principles using Quality Function Deployment (QFD) techniques. Due to the traditional welding table, it causes fatigue. And using the Pugh matrix to select materials and parts of the welding tables. The results of the analysis of the top three highest average importance (IMP) are optimum height, Fire protection, and weld handle provided. When designing and prototyping to simulate standing posture, it was found that the user group's satisfaction increased from 3.04 to 4.52, or increased to 22.7 percent.

Keywords: Quality function deployment; Ergonomics; Pugh matrix

บทนำ

ปัจจุบันกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมมีความเจริญก้าวหน้าเป็นอย่างมาก เทคโนโลยีด้านงานเชื่อมก็เช่นกันที่มีบทบาทสำคัญมากต่อกระบวนการผลิตทางด้านการประกอบชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ที่แพร่หลายอยู่ในอุตสาหกรรม กระบวนการเชื่อมนั้นมีอยู่หลายวิธีที่จะเลือกใช้ให้เหมาะสมกับการผลิตของอุตสาหกรรมเพื่อลดความสูญเสียของโครงสร้างจนนำไปสู่ความสูญเสียของชิ้นงาน การเรียนเชื่อมนับว่าเป็นอีกหนึ่งวิชาที่มีความสำคัญที่ถูกบรรจุในการเรียนสอนในมหาวิทยาลัยต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งคณะวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งจากการสังเกตของผู้วิจัยกับกลุ่มผู้เรียนคือนักศึกษาที่ลงเรียนวิชาดังกล่าวประสบปัญหาเรื่องโต๊ะสำหรับงานเชื่อมนั้นไม่เหมาะสมในการปฏิบัติงานเชื่อม ส่งผลต่อความเมื่อยล้าขณะเรียนแสดงดังรูปที่ 1 การใช้งานโต๊ะเชื่อมแบบเดิมของนักศึกษามีขนาด 80x70x80 ซม.ทางผู้วิจัยจึงจัดทำแบบสอบถามเพื่อรวบรวมความต้องการและปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานโต๊ะเชื่อมซึ่งจากการรวบรวมแบบสอบถามปลายเปิดพบปัญหาดังรูปที่ 2

จากปัญหาที่เกิดขึ้นพบว่าปัญหาที่พบสูงสุด 3 ลำดับแรกคือ ความสูง ความกว้างและสมรรถภาพของโต๊ะเชื่อมนั้นไม่เหมาะสม จากการศึกษาและวิเคราะห์ตามหลักชีวกลศาสตร์พบว่ากระดูกหลังส่วนเอวมีการโค้งงอเกินความจำเป็น ซึ่งการรับแรงกระทำต่อกระดูกสันหลังที่ไม่ได้เกิดจากแรงธรรมชาติเป็นเวลานานอาจส่งผลต่อความเมื่อยล้า ผู้วิจัยจึงได้นำหลักการออกแบบตามหลักการยศาสตร์ เทคนิคการแปลงหน้าที่เชิงคุณภาพและพุเมตริกซ์มาออกแบบโต๊ะเชื่อมต้นแบบให้มีความเหมาะสมต่อการใช้งานและให้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้งาน

Figure 1 Welding tables currently in use

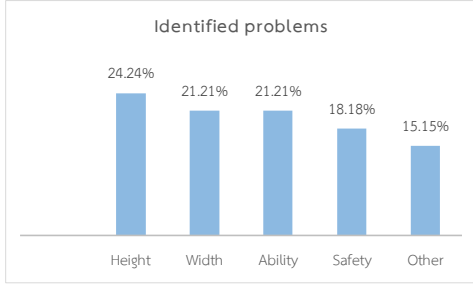


Figure 2 Problems identified from the questionnaire

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้มีแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

1. การยศาสตร์

มีเป้าหมายเพื่อที่จะปรับปรุงสภาวะงานให้เข้ากันกับแต่ละบุคคลและใช้ความรู้กระบวนการหรือวิธีการต่างๆ โดยคำนึงถึงทางด้านร่างกายและจิตใจ ตลอดจนเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน ความสำคัญของการออกแบบตามหลักการยศาสตร์จะเน้นการทดลองหาแบบการทำงานที่มีความเครียดจากการทำงานที่น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ หนึ่งในสถานการณ์เลือกความได้เปรียบทางการยศาสตร์ที่พบเห็นได้บ่อยที่สุดคือการเลือกความได้เปรียบระหว่างความสบายของหัวไหล่กับความสบายของคอ ซึ่งส่วนใหญ่จะวิเคราะห์จากการพิจารณาจากลำดับความต้องการของงานจากรูปที่ 3 แสดงระดับความสูงที่แนะนำในแต่ละชนิดของงานสามารถแบ่งได้ดังนี้ [1]

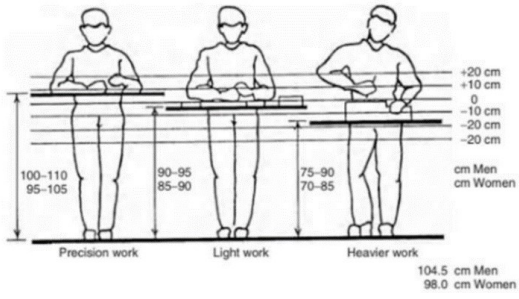


Figure 3 The height of the table is intended for standing work and the reference (0+) is the measurement from the elbow. [2]

ความได้เปรียบทางการยศาสตร์ที่พบเห็นได้บ่อยที่สุดคือการเลือกความได้เปรียบระหว่างความสบายของหัวไหล่กับความสบายของคอ ซึ่งส่วนใหญ่จะวิเคราะห์จากลำดับความต้องการของงานและความหนักเบา

ของงานที่ทำให้มีความสูงที่เหมาะสมกับผู้ปฏิบัติงาน ในส่วนของการออกแบบพื้นที่สำหรับการทำงานสามารถแบ่งได้เป็นพื้นที่ของระยะเอื้อมหยิบของและพื้นที่สำหรับการทำงานปกติ ซึ่งจะเป็นส่วนที่แขนสามารถกวาดไปมาได้อย่างสบายซึ่งข้อศอกจะทำมุม 90 องศากับหัวไหล่หรือน้อยกว่าเพียงเล็กน้อย [3] ในการวิเคราะห์เชิงชีวกลศาสตร์จะเป็นการศึกษาการตอบสนองของร่างกายต่อภาระงานซึ่งกระทำต่อร่างกายในการทำกิจกรรมใดๆ และเปรียบเทียบกับแรงต้านสูงสุดและกำลังกล้ามเนื้อสูงสุดที่เป็นขีดจำกัดของบุคคลผู้นั้น เพื่อทำนายท่าทางและสภาพการทำงานที่เป็นภาระ (Load) ขณะที่คนเรายกภาระหนักด้วยมือนั้นผลกระทบจากการยกวัตถุดังกล่าวจะเกิดขึ้นกับข้อต่อของกระดูกสันหลังตามหลักของการส่งถ่ายโมเมนต์ บริเวณที่ได้รับผลกระทบมากที่สุดคือโครงสร้างของหลังส่วนล่างซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญมาก เพราะเป็นส่วนที่อ่อนแอที่สุดของลำสันหลัง อาจเกิดอาการปวดหลังและบาดเจ็บได้ จุดที่ต้องเน้นคือหมอนรองกระดูกระหว่างสันหลังส่วนล่างชิ้นที่ 5 (lumber 5) กับกระดูกชิ้นที่ 1 (sacral 1) และเป็นปัญหาทางชีวกลศาสตร์ที่สำคัญที่จะต้องวิเคราะห์แรงอัดและแรงเฉือนที่เกิดขึ้นให้ได้

ในงานวิจัยของ Taposh [4] การออกแบบโต๊ะและเก้าอี้ตามหลักการยศาสตร์โดยใช้ QFD ในการออกแบบซึ่งความต้องการของลูกค้าจะถูกนำไปให้ลูกค้าประเมินความพึงพอใจต่อความต้องการ เมื่อได้คะแนนความพึงพอใจ ผู้เชี่ยวชาญจะเป็นผู้ทำการแปลงความต้องการที่ได้ไปวิเคราะห์โดยใช้หลักการยศาสตร์มาช่วยในการออกแบบขนาดและสัดส่วนผลิตภัณฑ์ จากนั้นทำการออกแบบชิ้นงานต้นแบบและสอบถามเปรียบเทียบความพึงพอใจก่อน-หลังการปรับปรุง พบว่ามีความพึงพอใจมากขึ้น

2. เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยมีหลักในการทำคือการสำรวจและรวบรวมความต้องการของลูกค้า จากนั้นนำความต้องการของลูกค้ามาแปลงเป็นคุณลักษณะทางวิศวกรรมและคุณลักษณะของชิ้นส่วนต่างๆ เพื่อให้สามารถออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้ โดยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์จะอยู่ในรูปแบบตารางเมตริกซ์บ้านแห่งคุณภาพ (House of Quality: HOQ) เพื่อจัดเรียงความสำคัญของความต้องการแต่ละอย่างเพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงหรือออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ เช่นเดียวกับงานวิจัยของยูนิเซฟ [5] ได้นำเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพเพื่อปรับปรุงผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์ของบริษัท โดยวิเคราะห์ข้อมูลผลิตภัณฑ์หลักประกอบด้วย เครื่องแกงกะทิ เครื่องแกงพริก และเครื่องแกงกระหรี่ ซึ่งผลที่ได้จากการประเมินความพึงพอใจของลูกค้าที่มีต่อผลิตภัณฑ์หลังการปรับปรุง พบว่ามีความพึงพอใจเครื่องแกงกะทิเป็นร้อยละ 84 เครื่องแกงพริกร้อยละ 83.20 และเครื่องแกงกระหรี่ร้อยละ 84.20 [6] งานวิจัยของอนุธิดาและประจวบ [7] ได้ประยุกต์เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพเพื่อประเมินความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพการเบรก คุณสมบัติของผ้าเบรกและตัวแปรในกระบวนการอัดขึ้นรูปพิมพ์ร้อน พบว่ามีตัวแปรสำคัญจำนวน 5 ตัวแปรที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการอัดขึ้นรูปพิมพ์ร้อน ได้แก่ แรงอัด อุณหภูมิ เวลา จำนวนครั้งในการกดและระยะยกแม่พิมพ์ จากการคำนวณค่าสัดส่วนความสำคัญของตัวแปรด้วยเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพพบว่ามีค่าสัดส่วนความสำคัญแต่ละตัวแปรอยู่ที่ 15% และงานวิจัยวราภรณ์ [8] ได้ประยุกต์ใช้เครื่องมือคุณภาพเพื่อแบ่งประเภทของความพึงพอใจในคุณภาพการบริหารการศึกษา จากนั้นจึงนำผลที่ได้จากการบูรณาการมาใช้เป็นข้อมูลเริ่มต้นในการออกแบบการปรับปรุงคุณภาพการบริหารการศึกษาด้วยเทคนิคการกระจายหน้าที่การทำงานเชิงคุณภาพมาวิเคราะห์ เพื่อแปลความต้องการของผู้รับบริการทางการศึกษาให้ดำเนินการจัดการศึกษาที่มีคุณภาพโดยประยุกต์ใช้ 3 เฟสคือ การกำหนดรูปแบบการบริหารความต้องการตามความต้องการของผู้รับบริการทางการศึกษา การวางแผนกระบวนการบริหารและการวางแผนการควบคุมกระบวนการบริหาร

3. พุเมตริกซ์

ใช้สำหรับการประเมินตัวเลือกจำนวนมากโดยเทียบกับตัวเลือกตัวหนึ่งที่ถูกกำหนดขึ้นไว้เป็นตัวเปรียบเทียบ (Baseline) เช่นเปรียบเทียบแนวคิดการบริการใหม่ 5 แบบกับระบบบริการเดิมที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ซึ่งการประเมินจะทำอย่างเป็นระบบโดยกรอกคะแนนลงตารางที่สัมพันธ์กับเกณฑ์ที่ทีมเลือกใช้ในการประเมิน [9]

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยมีขั้นตอนของการดำเนินงานประกอบด้วย การสอบถามปัญหาและความต้องการการจัดเรียงคำและจัดกลุ่มความต้องการ การวัดสัดส่วนร่างกาย การวางแผนผลิตภัณฑ์ การแปลงการออกแบบ การคัดเลือกพารามิเตอร์ออกแบบผลิตภัณฑ์ต้นแบบ และการประเมินผลเปรียบเทียบก่อน-หลังซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. สำรวจความต้องการของผู้ใช้งาน

ขั้นตอนนี้เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลกลุ่มผู้ใช้งานจริงเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 2 ในรายวิชาปฏิบัติการกรรมวิธีการผลิตจำนวน 90 คนเป็นนักศึกษาชายจำนวน 62 และนักศึกษาหญิงจำนวน 28 คน อายุ 22 ปี มีความสูงเฉลี่ย 175 ซม.และน้ำหนักเฉลี่ย 66 กก. โดยใช้แบบสอบถามชนิดปลายเปิด ตัวอย่างปัญหาที่พบเช่น โต๊ะมีความสูงน้อยเกินไปสำหรับคนตัวสูงทำให้ต้องก้มลงไปเชื่อม โต๊ะมีขนาดเล็กประกายไฟกระเด็นใส่มือ เป็นต้น ส่วนตัวอย่างความต้องการที่พบจากแบบสอบถามเช่น ต้องการพัดลมดูดอากาศ อยากให้โต๊ะสามารถปรับได้ระดับตามความเหมาะสมของร่างกาย น่าจะมีแผ่นกั้นไฟกระเด็น เป็นต้น จากนั้นทำการเรียบเรียงถ้อยคำใหม่เพื่อให้จัดกลุ่มความคิดได้ง่ายขึ้น โดยประยุกต์ใช้แผนภาพกลุ่มความคิด (Affinity Diagram) เพื่อทำการจัดกลุ่มความต้องการของลูกค้าให้เป็นหมวดหมู่ซึ่งสามารถจัดออกมาได้เป็น 5 กลุ่มได้แก่ สมรรถภาพ การยศาสตร์ ความปลอดภัย การดูแลรักษาและฟังก์ชันเสริม แสดงดังรูปที่ 4

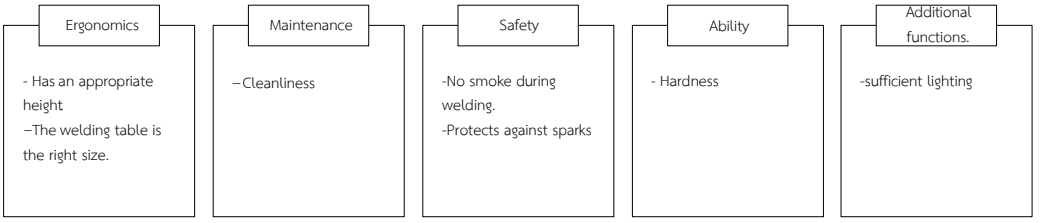


Figure 4 Affinity diagram from the questionnaire

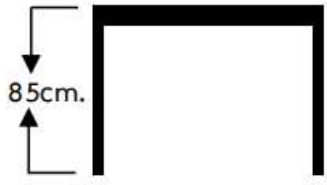
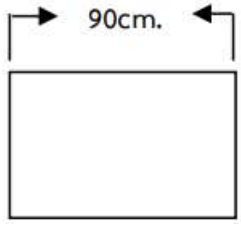
2 วัดสัดส่วนร่างกาย

ผู้วิจัยได้ทำการวัดร่างกายคนละ 4 รายการ โดยใช้อุปกรณ์ชุดวัดขนาดสัดส่วนร่างกาย (Anthropometer Set) จากกลุ่มผู้ใช้งานจำนวน 90 คน โดยสัดส่วนที่ทำการวัดเก็บข้อมูลมี 3 ส่วน คือระยะยืดแขน ระยะข้อศอกถึงข้อศอกและความสูงของข้อศอก จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์เพื่อนำค่าที่ได้มาทำเป็นสัดส่วนของโต๊ะข้อมูล สรุปค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ของข้อมูลสัดส่วนแสดงดังตารางที่ 1 โดยความสัมพันธ์ของสัดส่วนร่างกายกับสัดส่วนโต๊ะจะแสดงดังตารางที่ 2

Table 1 Summary of percentile values of proportion data

	Minimum (cm.)	Maximum (cm.)	Percentile	Proportion data (cm)	Actual values (cm)
Distance from elbow-elbow	73.30	95.30	95%	91.93	90.00
Elbow height distance	82.27	113.97	95%	106.17	105
Arm extensiondistance	63.40	80.97	5%	65.19	65

Table 2 Ratio of the body proportions to the table proportions.

Body proportions	Table sizes
Arm extension distance	Depth
Elbow height distance	Height 
Distance from elbow-elbow	Width 

จากข้อมูลในตารางที่ 1 ค่าของระยะความสูงศอกที่ 95% คือเท่ากับ 105 cm แต่เนื่องจากต้องเผื่อระยะของลวดเชื่อมซึ่งมีความยาว 20 cm จึงทำให้ต้องลดความสูงของโต๊ะลง 20 cm ตามความยาวของลวดเชื่อมด้วยจึงได้ความสูงอยู่ที่ 85 cm ส่วนความกว้างของโต๊ะใช้ระยะข้อศอกถึงข้อศอกที่ 95% จะได้ความกว้างอยู่ที่ 90 cm และความลึกของโต๊ะจะใช้เปอร์เซ็นต์ไทล์ของระยะยืดแขนที่ 5% จะได้ความลึกของโต๊ะอยู่ที่ 65 cm

3. เทคนิคการแปลงหน้าที่เชิงคุณภาพ

3.1 การวางแผนผลิตภัณฑ์ (บ้านแห่งคุณภาพหลังที่ 1)

เมื่อสอบถามข้อมูลและเรียบเรียงข้อมูลแล้วจะทำการวิเคราะห์เพื่อหาระดับความสำคัญของแต่ละความต้องการและวิเคราะห์ตามแบบจำลองของคาโน (Kano's Model) เพื่อให้ทราบถึงระดับความต้องการของลูกค้าที่แท้จริง ถัดมาวิเคราะห์หาค่าความสำคัญโดยดูจากคะแนนจากแบบสอบถามแบบปลายปิดเพื่อสำรวจระดับคะแนนของปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจโดยได้กำหนดระดับความพึงพอใจตั้งแต่ 1-5 ทั้ง 5 ด้าน 7 ปัจจัยการประเมินคือ 1) ด้านสมรรถนะคือมีความแข็งแรง 2) ด้านการยศาสตร์คือมีระดับความสูงที่เหมาะสมและมีพื้นที่การทำงานที่เหมาะสม 3) ด้านความปลอดภัยคือความสว่างที่เหมาะสมป้องกันสะเก็ดไฟกระเด็นและไม่มีควัน 4) ด้านการใช้งานคือมีที่เก็บธูปเชื่อมมีที่ยึดขั้วลบและมีที่เก็บด้ามจับเชื่อมและ 5) ด้านการดูแลรักษาคือไม่มีเศษสแลคกระจายอยู่บนโต๊ะ

จากที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นกลุ่มประชากรที่ทำการสำรวจมีทั้งสิ้น 90 คน ทีมผู้วิจัยจึงกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างเพื่อให้สะดวกต่อการเก็บข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ก่อนและหลังการปรับปรุงโต๊ะเชื่อมโดยคำนวณกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการของทาโร่ ยามาเน่เพื่อหาขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยการใช้สูตร [10]

$$n = \frac{N}{1 + (N)(e^2)} \quad (1)$$

โดย n คือ ขนาดตัวอย่าง N คือ ขนาดกลุ่มประชากร e คือ ระดับความแตกต่างของสถิติกับพารามิเตอร์ โดยในการคำนวณมีการกำหนดค่าความเชื่อมั่นที่ 95% และค่าความคลาดเคลื่อน 5% จากสมการที่ (1) สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$n = \frac{90}{1 + (90)(0.05^2)}$$

$$n \approx 74 \text{ คน}$$

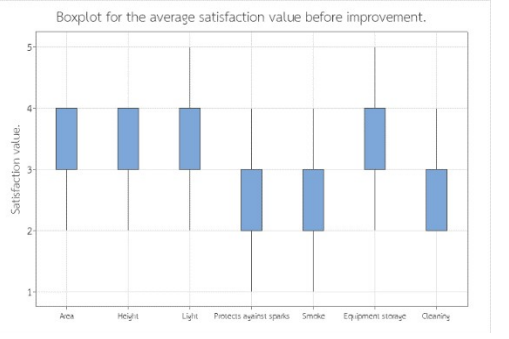
จากการคำนวณกลุ่มตัวอย่างจากประชากรที่ได้กำหนดไว้จำนวน 90 คนเมื่อนำมาคำนวณด้วยสูตรทาโร่ยามาเน่จะทำให้ได้กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการดำเนินงานศึกษาวิจัยคือ 74 คน จากการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลจากผู้ถูกทดสอบโดยแบบสอบถามจากปัจจัยในการประเมินทั้ง 7 ปัจจัยคือ 1) มีพื้นที่การทำงานที่เหมาะสม 2) มีระดับความสูงที่เหมาะสม 3) มีแสงสว่างที่เหมาะสม 4) การป้องกันสะเก็ดไฟกระเด็น5) ปริมาณควันจากการเชื่อม 6) ความสะดวกในการเก็บอุปกรณ์ 7) ง่ายต่อการทำความสะอาดซึ่งได้คะแนนความพึงพอใจจากปัจจัยที่มีผลต่อการใช้งานโต๊ะเชื่อมก่อนการปรับปรุงแสดงดังรูปที่ 5

Means

Factor	N	Mean	StDev	95% CI
Space	74	3.3108	0.7201	(3.1521, 3.4695)
Height	74	3.1757	0.5819	(3.0170, 3.3343)
Light	74	3.7027	0.7352	(3.5440, 3.8614)
Protects against sparks	74	2.3649	0.7688	(2.2062, 2.5235)
Smoke	74	2.1757	0.6272	(2.0170, 2.3343)
Equipment storage	74	3.6486	0.6710	(3.4900, 3.8073)
Cleaning	74	2.8784	0.7394	(2.7197, 3.0371)

Pooled StDev = 0.694770

(1)



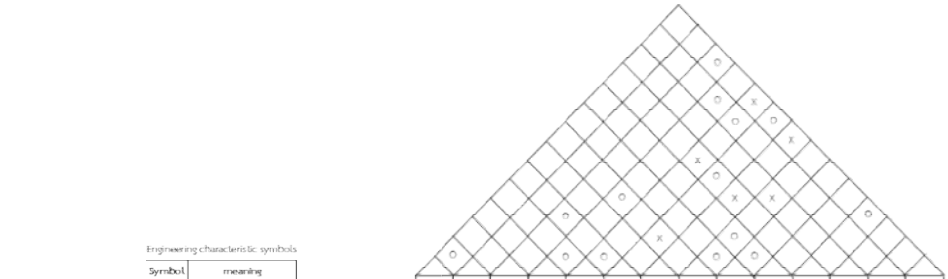
(2)

Figure 5 (1) Satisfaction value before improvement (2) Boxplot for the average satisfaction value before improvement

จากรูปที่ 5 (1) และ (2) พบว่าคะแนนความพึงพอใจเฉลี่ยต่ำที่สุด 3 ลำดับแรกคือการป้องกันสะเก็ดไฟ ปริมาณควันจากการเชื่อมสูงและการทำความสะอาดที่ยุ่งยาก จากผลคะแนนประเมินของปัจจัยทั้ง 7 ข้อนี้จึงนำไปสู่การวิเคราะห์เพื่อวางแผนการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ตรงกับผู้ใช้งานมากยิ่งขึ้น โดยใช้แบบสอบถามที่ถามความเห็นของผู้ใช้งานด้านต่างๆ โดยแบ่งคำถามเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกถามถึงความคิดของผู้ใช้งานเมื่อได้รับความต้องการนั้นแล้วรู้สึกอย่างไร ส่วนที่สองคือถามถึงความคิดเห็นหากไม่ได้รับความต้องการนั้น ถัดมาเป็นการระบุคุณลักษณะทางวิศวกรรมซึ่งเป็นการกำหนดวิธีตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าที่ได้จากแบบสอบถาม สามารถระบุเป็นเชิงเทคนิคได้โดยนำข้อมูลที่ได้ไปกรอกลงในส่วนของข้อกำหนดทางเทคนิคในบริเวณฐานของบ้านแห่งคุณภาพหลังที่ 1 และนำไปใช้เป็นข้อมูลด้านซ้ายของเมตริกซ์แห่งบ้านคุณภาพหลังที่ 2 โดยกำหนดระดับความสัมพันธ์ได้เป็น 3 ระดับ คือมีความสัมพันธ์ต่อกันมาก มีความสัมพันธ์ต่อกันน้อยและไม่มีความสัมพันธ์ต่อกันเลย จากนั้นคำนวณหาค่าระดับความสำคัญของความสัมพันธ์ซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายของระยะการวางแผนผลิตภัณฑ์ และเมื่อคำนวณคะแนนต่างๆ เสร็จสมบูรณ์ก็จะนำส่วนประกอบต่างๆ มารวมกันจะได้บ้านแห่งคุณภาพหลังที่ 1 ดังรูปที่ 6

3.2 การออกแบบผลิตภัณฑ์ (บ้านแห่งคุณภาพหลังที่ 2)

ขั้นตอนนี้จะนำรายการคุณลักษณะทางวิศวกรรมกับคะแนนค่าความสำคัญจากในขั้นการวางแผนผลิตภัณฑ์ (บ้านแห่งคุณภาพหลังที่ 1) มาระบุในเมตริกซ์ความสัมพันธ์ จากนั้นนำคุณลักษณะทางวิศวกรรมมาแปลงเป็นคุณลักษณะของส่วนประกอบ (Part Characteristics) ที่มีผลตอบสนองต่อคุณลักษณะทางวิศวกรรม โดยแบ่งคะแนนความสัมพันธ์ได้เป็น 3 ระดับ คือคะแนนระดับ 1 หมายถึงมีความสัมพันธ์กันน้อย คะแนนระดับ 3 หมายถึงมีความสัมพันธ์กันปานกลางและคะแนนระดับ 9 หมายถึงมีความสัมพันธ์กันมาก จากนั้นหาระดับความสำคัญของความสัมพันธ์ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วน คือค่าคะแนนความสำคัญของคุณลักษณะส่วนประกอบและค่าคะแนนความสำคัญสัมพัทธ์ และนำส่วนต่างๆมาประกอบรวมกันเป็นบ้านแห่งคุณภาพหลังที่ 2 ดังรูปที่ 7



Engineering characteristic symbols

Symbol	meaning
◎	Strong Positive
○	Positive
blank	None

Target value symbol

Symbol	meaning
↑	More is better.
○	Appropriate
↓	Less is better.

				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
				○	○	↑	○	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	○	○	
			Technical requirements.	Give light.	Control the light	Support the weight	Ergonomic table height.	Ergonomic table size	Supports the insertion of clamping fixtures.	Foldable.	Height to prevent sparking.	Can be ventilated.	Can control airflow.	There is space to store welding rods.	Electric current flows through.	Convenient zone.	Slack storage.	
			No.	B-1	B-2	B-3	B-4	B-5	B-6	B-7	B-8	B-9	B-10	B-11	B-12	B-13	B-14	
Customer Needs		No.	IMP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Ability	Hardness	A-1	4.3			9				1	3							
Ergonomics	Has an appropriate height.	A-2	5				9											
	The welding table is the right size.	A-3	2	3				9	1				1			3		
Safety	Sufficient lighting.	A-4	2.7	9	3													
	Protects against sparks	A-5	5					3		9	3	9						
	No smoke during welding.	A-6	4.3					3					9				3	
Usage	Storing welding rods	A-7	4											9				
	Set of negative head clamping device	A-8	5												9			
	Has an electrode holder hanger.	A-9	5					3								9		
Maintenance	There is no slack on the table.	A-10	4					1	9									
Technical priorities				11	14	8	4	1	9	3	12	4	7	10	4	2	13	Total
Technical Evaluation				30	8	39	45	65	38	49	28	45	41	36	45	51	13	532.8
Relative Importance				6%	2%	7%	8%	12%	7%	9%	5%	8%	8%	7%	8%	10%	2%	100%
Target				300 Lux	0-300 Lux	200 kg.	85-100 cm.	75x85 cm.	> 2	180 °	60 cm.	560 CFM	0-560 CFM	40x70x350 mm.	20-80 V	60 cm.	2 kg.	

Figure 6 Product Planning (House of Quality I)

			Lighting equipment set			Table legs set		Table surface		Protects against sparks set	Ventilation equipment set		Slack storage set					
			Light bulb set															
		IMP	Bulb	Light bulb holding set	Control light unit	Legs	Beam	Thickness	Drilling holes	Protective sheet	Ventilation set	Control unit for the air extraction system	Slack storage	Slack flow hole	Set for storing welding rods	Set of negative head clamping device	An electrode holder set	Target
1	Give light.	30	9	3														300 Lux
2	Control the light	8	3		9					1		1						0-300 Lux
3	Support the weight	39				9	9	3		1								200 kg.
4	Ergonomic table height.	45				9							1	3				85-100 cm.
5	Ergonomic table size	65						3	1	3	3			3				75x85 cm.
6	Supports the insertion of clamping fixtures.	38						3	9		1		1	3				> 2
7	Foldable.	49							3					1				180 °
8	Height to prevent sparking.	28						3		9	1							60 cm.
9	Can be ventilated.	45								9	3							560 CFM
10	Can control airflow.	41			1					3	9	3						0-560 CFM
11	There is space to store welding rods.	36													9			40x70x350
12	Electric current flows through.	45				9	3	3								9	3	20-80 V.
13	Convenient zone.	51			9					3	1	9					9	60 cm.
14	Slack storage.	13								1	3	9						2 kg.
Part Characteristics Priorities			13	14	7	2	10	5	8	1	3	4	15	9	12	11	6	Total
Part Characteristics Evaluation			294	90	572	1161	486	645	554	1188	855	707	83	493	324	405	594	8451
Relative Importance			3.48%	1.06%	6.77%	13.74%	5.75%	7.63%	6.56%	14.06%	10.12%	8.37%	0.98%	5.83%	3.83%	4.79%	7.03%	100.00%
Target			500 Lumen	30 cm.	0-500 Lumen	2x2 inch	2x2 inch	4 mm.	20 mm.	height 60 cm.	560 CFM	0-560 CFM	65x90 cm.	> 2	40x70x3 50 mm	2x2 inch	2x2 inch	

Figure 7 Relative Engineering Characteristics and Part Characteristics (House of Quality II)

4. การคัดเลือกชิ้นส่วน

ผลจากบ้านแห่งคุณภาพหลังที่ 2 ค่าคะแนนความสำคัญสัมพัทธ์และคะแนนความสำคัญของคุณลักษณะส่วนประกอบ ผู้วิจัยได้นำพุเมตริกซ์มาใช้เพื่อระบุชิ้นส่วนอย่างเฉพาะเจาะจงโดยแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนที่ 1 คัดกรองและรวบรวมชนิดของชิ้นส่วน ขั้นตอนที่ 2 คือการประเมินให้คะแนนตามโครงร่างผลที่ได้จากการคัดเลือกชิ้นส่วนแสดงดังรูปที่ 8 และตารางที่ 3

Table 3 Summary of the results of the selection of welding table components

Type	Selection of welding table components
Control light unit	On/Off switch
Lamp	Neon lamp
Bulb	Fluorescent
Table legs	Steel
Table Surface	Steel

5. การออกแบบชิ้นงานต้นแบบ

ผลหลังจากประเมินคะแนนชิ้นส่วนจากพุเมตริกซ์ ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบโต๊ะเชื่อมโดยใช้โปรแกรม Solidwork ที่เป็นโมเดล 3 มิติเป็นต้นแบบ ก่อนการผลิตชิ้นงานจริงและทำการปรับปรุงจนผู้ใช้งานได้รับความพึงพอใจโดยสร้างโต๊ะต้นแบบให้มีความสูง 85 ซม. ซึ่งสอดคล้องกับสัดส่วนร่างกายของผู้ใช้งานเฉลี่ยและชนิดของงานดังรูปที่ 3 เพื่อลดปัญหาทางด้านการใช้แรงและท่าทางของคอ ได้ส่วนความกว้างของโต๊ะมีขนาด 90 ซม. และความลึก 65 ซม. ซึ่งสอดคล้องกับหลักการออกแบบพื้นที่ทำงานระยะเอื้อมหยิบของและพื้นที่สำหรับการทำงานปกติ เป็นส่วนที่แขนสามารถกวาดไปมาได้อย่างสบายซึ่งข้อศอกจะทำมุม 90 องศากับหัวไหล่หรือน้อยกว่าเพียงเล็กน้อย [3] และเผื่อพื้นที่สำหรับจัดวางชุดอุปกรณ์ที่จำเป็นตามความต้องการของผู้ใช้งาน เช่น ชุดระบายอากาศ ชุดควบคุมระบบดูดอากาศ แผ่นป้องกัน เป็นต้น แสดงดังรูปที่ 9 (1) และ (4)

Control light unit

Design / Criteria	On/Off switch	Plug in
Easy to use	1+	1-
Power consumption	1+	1-
Easy to install	1-	1+
Conclusion	**1+**	**1-**

Lamp

Design / Criteria	Neon lamp	Down light
Price	(350฿)1-	(100฿)1+
Diffusion of light	1+	1-
Illumination distance	1-	1-
Conclusion	**2+**	**1-**

Figure 8 Details on prioritizing the part selection

Bulb

Design / Criteria	LED	Incandescent light bulb	Fluorescent
Price	(130฿)1-	(25฿)1+	(100฿)1+
Life cycle	2+	1-	1+
Energy saving	2+	1-	1+
Conclusion	**3+**	**1-**	**3+**

Table Legs

Design / Criteria	Wood	Steel
Hardness	1-	1+
Price	(400฿)1-	(300฿)1+
Life cycle	1-	1+
Conclusion	**3-**	**3+**

Table Surface

Design / Criteria	Wood	Steel	Aluminum	Stainless Steel
Price	(300฿)2+	(1500฿)1+	(3000฿)1-	(6000฿)2-
Hardness	2-	2+	1+	1+
Weight	2+	1-	1+	1-
Heat resistance	1-	2+	1+	2+
Conclusion	**1+**	**4+**	**2+**	**0**

Figure 8 Details on prioritizing the part selection (continue)

6. การประเมินผล

ภายหลังจากการออกแบบและสร้างชิ้นงานต้นแบบของโต๊ะเชื่อมแล้ว ทีมผู้วิจัยให้ผู้ใช้งานจากกลุ่มตัวอย่างจำลองท่าทางการยืนขณะปฏิบัติงานและถ่ายรูปเพื่อนำไปวิเคราะห์ ประเมินผลเปรียบเทียบระหว่างโต๊ะเชื่อมตัวเก่าและโต๊ะเชื่อมต้นแบบที่มีขนาด 90x85x65 ซม. (กว้างxสูงxลึก) จากนั้นทำการประเมินผลโดยให้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 74 คน ตอบแบบสอบถามความพึงพอใจภายหลังการปรับปรุงโต๊ะเชื่อมดังรูปที่ 9 (2) ผู้ใช้งานจำลองท่าทางการยืนเชื่อมกับโต๊ะเชื่อมตัวเก่า (3) ผู้ใช้งานจำลองท่าทางการยืนเชื่อมกับโต๊ะเชื่อมต้นแบบ (4) โต๊ะเชื่อมต้นแบบ

(1) (2) (3) (4)

Figure 9 (1) Welding table, which is a 3D model (2) The user stands and welds on the old welding table (3) The user simulates a standing welding position on a prototype (4) Prototype

ผลการวิจัย

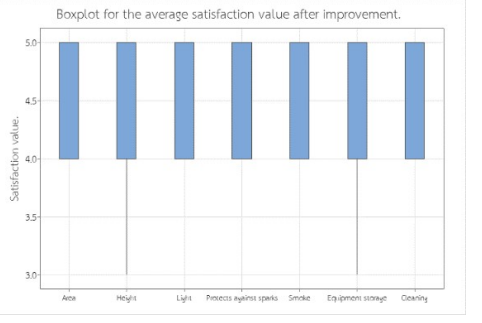
การออกแบบโต๊ะเชื่อมต้นแบบด้วยเทคนิคการแปลงหน้าที่เชิงคุณภาพในระยะการวางแผนผลิตภัณฑ์ พบว่าคุณลักษณะทางวิศวกรรมที่มีระดับคะแนนความสำคัญสูงสุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ สัดส่วนหน้าโต๊ะตามหลักการยศาสตร์ ระยะเอื้อมแขนและพับเก็บได้ตามลำดับส่วน ระยะการแปลงการออกแบบ พบว่าคุณลักษณะส่วนประกอบที่มีระดับคะแนนความสำคัญสูงสุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ แผ่นป้องกัน ชุดระบายอากาศและขาโต๊ะตามลำดับ จากนั้นทำการออกแบบด้วยโปรแกรม Solidwork สร้างต้นแบบขึ้นเพื่อทดสอบการใช้งานจริงกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 74 คน โดยผลการประเมินจากแบบสอบถามภายหลังการปรับปรุงแสดงดังรูปที่ 10 ผลจากการประเมินความพึงพอใจสูงสุด 3 ลำดับพบว่า คะแนนความพึงพอใจเฉลี่ยสูงสุดในด้านการป้องกันสะเก็ดไฟกระเด็น จากการออกแบบให้มีแผ่นกั้นบริเวณรอบโต๊ะเพื่อป้องกันประกายไฟกระจายไปยังผู้อื่น สามารถลดการกระจายได้จริงที่คะแนน 4.7 รองลงมาคือปัจจัยด้านแสงสว่างที่เหมาะสมจากการเพิ่มหลอดฟลูออเรสเซนต์เพื่อเพิ่มแสงสว่างขณะปฏิบัติงานเชื่อมที่ 4.68 คะแนน และลำดับที่ 3 ความสูงที่เหมาะสมของโต๊ะต้นแบบได้ปรับระดับความสูงที่ 85 ซม. มีคะแนนสูงสุดที่ 4.59 คะแนนส่วนปัจจัยด้านอื่นๆ เช่น ปริมาณควันจากการเชื่อม ได้ออกแบบให้มีพัดลมดูดอากาศเพื่อระบายควันออกจากโต๊ะเชื่อม เพิ่มช่องสำหรับเก็บอุปกรณ์งานเชื่อมและบริเวณแผ่นหน้าโต๊ะได้นำเหล็กมาเป็นวัสดุเพื่อให้ทำความสะอาดได้ง่ายขึ้น ผลการประเมินเปรียบเทียบก่อน-หลังการปรับปรุงแสดงดังรูปที่ 11

Means

Factor	N	Mean	StDev	95% CI
Space	74	4.5541	0.5005	(4.4377, 4.6704)
Height	74	4.5946	0.6393	(4.4782, 4.7109)
Light	74	4.6757	0.4713	(4.5593, 4.7920)
Protects against sparks	74	4.7162	0.4539	(4.5999, 4.8326)
Smoke	74	4.3784	0.4883	(4.2620, 4.4947)
Equipment storage	74	4.3243	0.4995	(4.2080, 4.4407)
Cleaning	74	4.3919	0.4915	(4.2755, 4.5082)

Pooled StDev = 0.509470

(1)



(2)

Figure 10 (1) Satisfaction value after improvement (2) Boxplot for the average satisfaction value after improvement

จากรูปที่ 10 (1) และ (2) พบว่าคะแนนความพึงพอใจเฉลี่ยในด้านการป้องกันสะเก็ดไฟ ความเหมาะสมของแสงสว่างและความเหมาะสมของความสูงมีค่าเพิ่มขึ้นเท่ากับ 4.7 4.67 และ 4.59 ตามลำดับ จากนั้นได้นำค่าคะแนนความพึงพอใจหลังการปรับปรุงเฉลี่ยทั้ง 7 ปัจจัยไปทำการทดสอบค่าความแปรปรวนเพื่อทดสอบว่าปัจจัยที่ใช้ในการประเมินมีผลต่อความพึงพอใจหรือไม่แสดงดังรูปที่ 12 ผลจากการคำนวณ ANOVA พบว่าปัจจัยที่ใช้ในการประเมินส่งผลต่อระดับความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้งานอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

Factor	Before		After	
	mean	SD	mean	SD
Space	3.31	0.72	4.55	0.50
Height	3.18	0.58	4.59	0.63
Light	3.70	0.73	4.68	0.47
Protects against sparks	2.36	0.76	4.72	0.45
Smoke	2.18	0.62	4.38	0.48
Equipment storage	3.65	0.67	4.32	0.50
Cleaning	2.88	0.73	4.39	0.49
Total average	**3.04**	**0.69**	**4.52**	**0.50**

Figure 11 Compare the satisfaction value before and after the improvement

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	6	10.67	1.7786	6.85	0.000
Error	511	132.64	0.2596		
Total	517	143.31			

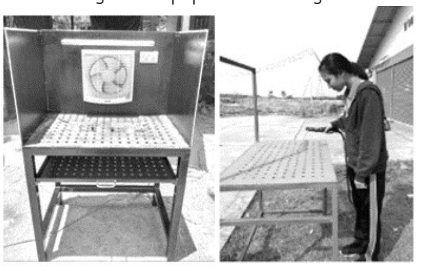
Figure 12 The result of the calculation with ANOVA

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

1. สรุปผลการวิจัย

ผลที่ได้จากระยะวางแผนผลิตภัณฑ์ ทำให้ผู้ออกแบบทราบถึงความต้องการที่แท้จริงของผู้ใช้งาน และคุณลักษณะทางวิศวกรรมที่สัมพันธ์กับความต้องการนั้นๆ พัฒนามาเป็นชิ้นงานต้นแบบตามที่ได้กล่าวข้างต้น เมื่อทำการประเมินความพึงพอใจจากกลุ่มตัวอย่างคะแนนเต็ม 5 คะแนน ผลการประเมินของโต๊ะเชื่อมแบบเดิมมีค่าเท่ากับ 3.04 และภายหลังจากการทดลองใช้โต๊ะเชื่อมต้นแบบมีค่าความพึงพอใจเท่ากับ 4.52 นั่นคือผู้ใช้งานมีความพึงพอใจเพิ่มขึ้นถึง 22.7 เปอร์เซ็นต์ หากกล่าวในด้านหลักการชีวกลศาสตร์จากรูปที่ 9 (2) และ (3) พบว่าองศาการก้มของผู้ใช้งานลดลง มีระยะเอื้อมหยิบของและพื้นที่สำหรับการทำงานปกติเป็นส่วนที่แขนสามารถกวาดไปมาได้อย่างสบาย นั่นคือทำให้ท่าทางในการเชื่อมมีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น สามารถลดความเมื่อยล้าที่เกิดจากที่กระดูกสันหลังที่ต้องรับน้ำหนักเกินความจำเป็น [1] สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4

Table 4 Compare the welding table before and after the improvement

Before	After
Table size 80x70x80 cm (width x height x depth) Users have to bend down a lot and have little space. And there is no place to put down the equipment during use.	Table size 90x85x65 cm (width x height x depth) Reduce stooping and have more usable space. There are a number of devices that prevent sparks. Ventilation fan, lighting and storage of equipment during use. 

Compare the satisfaction value before and after the improvement.

2. ปัญหาที่พบและข้อเสนอแนะ

2.1 เนื่องจากการวิจัยนี้ใช้เทคนิคการแปลงหน้าที่เชิงคุณภาพซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้ความต้องการของผู้ใช้งานในการวิเคราะห์ ดังนั้นต้องกำหนดกลุ่มผู้ใช้งานให้ชัดเจนเพราะอาจทำให้ความต้องการของผู้ใช้งานนั้นเปลี่ยนแปลง โดยสามารถจำแนกตามกลุ่มผู้ใช้งานตามเพศหรือความสูงเพื่อให้มีลักษณะการใช้งานที่ใกล้เคียงตามสรีระของผู้ใช้งานจริงได้

2.2 งานวิจัยนี้เป็นเพียงแนวทางในการปรับปรุงสภาพการทำงานให้เหมาะกับผู้ใช้งานมากที่สุด ซึ่งผู้ที่สนใจสามารถประยุกต์ใช้กับการออกแบบพื้นที่ทำงานหรือโต๊ะปฏิบัติงานแบบอื่นๆ ได้

2.3 ในการวิเคราะห์ทางสถิติจากการใช้แบบสอบถามความพึงพอใจในการประเมินผล จำนวนผู้ทดสอบที่ใช้ในการวิเคราะห์ควรมีจำนวนเป็นไปตามหลักของประชากรตัวอย่างที่ได้จากการคำนวณ เพื่อเพิ่มความแม่นยำของผลการวิเคราะห์

2.4 ขณะทำการทดลองและคัดเลือกวัสดุมาใช้งานจากเทคนิคพุเมตริกซ์จะมีค่าคะแนนที่เท่ากัน เช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์และหลอดไฟ LED แต่จะมีความแตกต่างด้านราคาหรือแผ่นหน้าโต๊ะที่ผู้วิจัยเลือกใช้แผ่นเหล็กเนื่องจากมีคะแนนสูงสุด ราคาถูก แต่มีน้ำหนักมาก หากจะปรับใช้เป็นอลูมิเนียมก็สามารถใช้งานได้

แต่มีราคาที่เพิ่มขึ้น หากผู้สนใจไปดำเนินการใช้งานจริงสามารถปรับรูปแบบชิ้นส่วนให้เหมาะสมตามความต้องการได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณาจารย์และนักศึกษาจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือวิทยาเขตระยองที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการศึกษาและเก็บข้อมูลและให้ความช่วยเหลือร่วมมือเป็นอย่างดี

References

[1] Intranon, K. (2010). *Ergonomics*. 2nd ed. Bangkok: Active Print Company Limited. (in Thai)

[2] Salvendy, G. & Karwowski, W. (2012). *Handbook of human factors and ergonomics*, 5th ed. New Jersey: John Wiley & Sons.

[3] Pheasant, S. & Haslegrave, C. M. (2006). *BODYSPACE: Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work*, 3rd ed, Boca Raton: CRC Press.

[4] Taposh, K. K., et al. (2018). Ergonomics Design of Table and Chair based on QFD and Anthropometric Measurement and Improved Facility Layout. *Ergonomics International Journal,* 2(3), 1-14.

[5] Maswichian, U. (2018). *Product and Packaging Development for Curry Paste Using Quality Function Deployment Technique: A Case Study of Bae Krueng Kaeng Tai Factory*, (Independent Study, Prince of Songkla University). (in Thai)

[6] Makjaroen, S. (2010). *Application of the Quality Function Deployment Technique for Designing and Developing the Food Package: A Case Study of Sauce Package for Exported Market*, (Master Thesis, Thammasat University). (in Thai)

[7] Makmee, A & Klomjit, P. (2020). Evaluation of Relationship Between Brake Performances, Properties of Brake Pad and Hot-Pressing Process Parameters by QFD Technique. *Naresuan University Engineering Journal*, 15(1), 54-65. (in Thai).

[8] Jungsuwadee, W. (2010). *Applying quality function deployment for quality improvement of Educational Administration Planning of Setsatian School*. (Master Thesis, Srinakharinwirot University). (in Thai).

[9] Thailand Creative & Design Center: TCDC. (2019). *Pugh Matrix.* Available from http:// tcdc.groov.asia/method/pugh-matrix-full.html. Accessed date: 2 December 2019. (in Thai).

[10] Srithorn, J., et al. (2023). The Study of Children's Toy Safety Management in Nakhon Ratchasima Province.I n *The Conference of Industrial Engineering Network* (p. 402-408). 11-12 May, 2023, Chonburi, Thailand. (in Thai).