

การออกแบบเก้าอี้การยศาสตร์: คาโนโมเดลและการวิเคราะห์ทางวิศวกรรม Design of An Ergonomic Chair: Kano Model and Engineering Analysis

จารุตรม์ คุณานพดล^{1*} ชีรภัทร ภัทรศิริกุล² ภาวิศ ทองดอนเหมือน³

ทสพล เขตเจนการ⁴ และ วิชุดา เมตตานันท์⁵

^{1, 2, 3, 4, 5}ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์เครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยศิลปากร นครปฐม ประเทศไทย

*ผู้รับผิดชอบบทความ

Jarut Kunanoppadol^{1*} Theerapat Pattarasirikul² Phawit Tongdonmaun³

Thosapon Katejanekarn⁴ and Vichuda Mettanant⁵

^{1, 2, 3, 4, 5}Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering and Industrial Technology,

Silpakorn University, Nakhon Pathom, Thailand

*Corresponding author: kunanoppadol_j@su.ac.th

Received: July 4, 2023 / Revised: September 20, 2023 / Accepted: September 27, 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์คุณลักษณะของเก้าอี้การยศาสตร์ด้วยคาโนโมเดล ออกแบบและวิเคราะห์ความแข็งแรงด้วยการวิเคราะห์ทางวิศวกรรม ข้อมูลถูกเก็บจากผู้ใช้งานจำนวน 12 คนด้วย และถูกวิเคราะห์ตามขั้นตอนของคาโนโมเดล ผลการวิเคราะห์ถูกใช้ในการกำหนดตำแหน่งของผลิตภัณฑ์ จากนั้น ข้อมูลเทคนิคและรายการอุปกรณ์ประกอบเก้าอี้ถูกส่งให้ผู้ออกแบบจำนวน 3 คน แบบแนวคิดทั้งสามถูกโหวตโดยผู้ใช้งาน 12 คน และแบบสุดท้ายถูกสร้างแบบและวิเคราะห์ความแข็งแรงด้วยโปรแกรมโซลิตเวิร์ค ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าเก้าอี้การยศาสตร์ที่ออกแบบผ่านเงื่อนไขด้านความปลอดภัย งานวิจัยนี้มีประโยชน์สามประการ (1) งานวิจัยประยุกต์วิธีคาโนโมเดลในการออกแบบเก้าอี้การยศาสตร์และขอบเขตของงานครอบคลุมไปถึงการวิเคราะห์ ทางวิศวกรรม (2) ผลของงานวิจัยเป็นประโยชน์แก่ผู้ออกแบบและผู้ผลิตเก้าอี้การยศาสตร์ (3) งานวิจัยสนับสนุนเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนข้อ 3C การลงทุนในเก้าอี้การยศาสตร์สำหรับคนทำงานสำนักงานช่วยลดความเสี่ยงของอาการผิดปกติของกล้ามเนื้อและโครงกระดูกและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานได้

คำสำคัญ: เก้าอี้การยศาสตร์; คาโนโมเดล; การวิเคราะห์ทางวิศวกรรม

Abstract

This research aims to analyze the characteristics of an ergonomic chair using the Kano model, to design and analyze its strength through engineering analysis. The data was collected from 12 users and then analyzed through the Kano Model procedure. The results were used to identify the product position. Then, the chair specification and the fitting lists were sent to three designers. Three conceptual designs were voted by 12 used, and the final design was modeled and analyzed its strength through SolidWork. The analytical results indicated that the designed ergonomic chair passed the safety criteria. This research contributes threefold. (1) It applied the Kano model method to the design of ergonomic chairs, and its scope covered the engineering analysis. (2) Its results benefited designers and manufacturers of ergonomic chairs. (3) It supported Sustainable Development Goal 3C. Investing in ergonomic chairs for office workers reduces the risk of musculoskeletal disorders and enhances work efficiency.

Keywords: ergonomic chair; Kano model; engineering analysis

1. บทนำ

การนั่งในท่าเดิม ๆ เป็นเวลานาน ๆ เป็นสาเหตุของโรคของระบบกล้ามเนื้อโครงร่าง (musculoskeletal disorders: MSDs) และความเจ็บปวดที่เกิดจากการทำงานแบบเดิมเป็นเวลานาน (Repetitive Strain Injuries: RSIs) (Math, KVS, & LJ, 2019) การนั่งในท่าเดิมเป็นเวลานานในที่นี้หมายถึงเกิน 30 นาที ซึ่งเป็นเรื่องปกติในการทำงานในปัจจุบัน (Triglav et al., 2019) การนั่งในท่าทางที่ไม่เหมาะสมทำให้เกิดอาการปวดหลังส่วนล่างหรือที่เรียกว่าไซอาติกา (Sciatica) (Nag, Pal, Kotadiya, Nag, & Gosai, 2008) อาการออฟฟิศซินโดรมสามารถรักษาได้ด้วยยา การปรับสภาพแวดล้อมการทำงาน การทำกายภาพบำบัดเพื่อยืดกล้ามเนื้อ และการปรับอิริยาบถให้ถูกต้อง การใช้เก้าอี้ที่ถูกออกแบบมาให้ถูกต้องตามหลักการยศาสตร์และสามารถปรับให้เหมาะกับสรีระของผู้นั่ง หรือที่ปัจจุบันนิยมเรียกว่าเก้าอี้เพื่อสุขภาพก็สามารถช่วยลดอาการเจ็บป่วยที่เกิดจากการนั่งทำงานเป็นระยะเวลานาน ๆ ได้

ลักษณะท่าทางของการนั่งส่งผลต่อการกระจายของแรงที่ส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย (Nag et al., 2008) เก้าอี้เป็นเหมือนส่วนหนึ่งของรายการเพื่อจัดตำแหน่งของหลัง แขน และขาของคนนั่งให้อยู่ในท่าทางที่ถูกต้องเพื่อลดอาการเมื่อยล้าและทำให้ระบบเลือดไหลเวียนได้ดี (Baba, Baba, & Oborah, 2021) เก้าอี้การยศาสตร์สามารถถ่ายเทน้ำหนักของร่างกายไปยังเบาะนั่ง พนักพิง ที่วางแขน เพื่อลดการใช้พลังงานของกล้ามเนื้อ ทำให้ผู้นั่งสามารถนั่งในท่าทางที่สบาย และเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน (Chen, Chen, Lyu, & Li, 2020) ปัจจุบัน สินค้าประเภทเก้าอี้การยศาสตร์มีมูลค่าทางตลาดสูงถึงประมาณ 29.67 พันล้านเหรียญสหรัฐหรือกว่า 1,028.66 ล้านบาทบาท (Math, KVS, Shivaraj, AC, & DP, 2021)

การออกแบบเก้าอี้การยศาสตร์ต้องคำนึงถึงสามปัจจัยพร้อมกัน ได้แก่ ความสวยงาม การใช้งาน และหลักการยศาสตร์ (Al-Hinai, Al-Kindi, & Shamsuzzoha, 2018) อย่างไรก็ตาม จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเก้าอี้การยศาสตร์ พบประเด็นดังนี้ (1) งานวิจัยส่วนมากเป็นการออกแบบเก้าอี้สำหรับห้องเรียน แต่มีงานออกแบบพัฒนาเก้าอี้สำนักงานไม่มาก (2) ยังไม่พบการใช้คาโนโมเดลร่วมกับการออกแบบเก้าอี้การยศาสตร์ และ (3) มีงานวิจัยจำนวนไม่มากที่ทำการออกแบบเก้าอี้แล้วรวมไปถึงการวิเคราะห์ทางวิศวกรรมด้วย การวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้ด้วยคาโนโมเดลก่อนการออกแบบจะทำให้ผู้ออกแบบสามารถกำหนดตำแหน่งของสินค้าและระบุรายละเอียดการออกแบบได้ชัดเจนมากขึ้น การวิเคราะห์ทางวิศวกรรมร่วมกับออกแบบด้านความสวยงามจะทำให้มั่นใจในด้านความแข็งแรงของเก้าอี้

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์สามข้อ ได้แก่ (1) วิเคราะห์คุณลักษณะของเก้าอี้การยศาสตร์ด้วยคาโนโมเดล (2) ออกแบบเก้าอี้การยศาสตร์โดยอ้างอิงจากผลการวิเคราะห์คาโนโมเดล และ (3) วิเคราะห์ทางวิศวกรรมเพื่อพิจารณาความแข็งแรงของเก้าอี้

ผลการวิจัยทำให้ทราบประเภทของแต่ละคุณลักษณะของเก้าอี้และสามารถกำหนดรายละเอียดการออกแบบได้ ผลการวิเคราะห์ทางวิศวกรรมทำให้มั่นใจถึงเรื่องความแข็งแรงและความปลอดภัยในการใช้งาน งานวิจัยจะเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่านที่เป็นผู้ออกแบบและธุรกิจโดยสามารถนำขั้นตอน ข้อมูล และผลการวิจัยไปต่อยอดหรือปรับปรุงใช้งานได้ต่อไป

บทความส่วนที่เหลือประกอบด้วยเนื้อหา ดังนี้ ส่วนต่อไปเป็นบททวนวรรณกรรมเพื่อนำเสนอประวัติและพัฒนาการของเก้าอี้การยศาสตร์ ที่มีและทฤษฎีคาโนโมเดล สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งของไทยและต่างประเทศ เนื่องจากงานวิจัยแต่ละขั้นตอนต้องใช้ผลจากขั้นตอนก่อนหน้า ส่วนที่สามจึงนำเสนอวิธีการวิจัย ผลการวิจัย และอภิปรายผลรวมกันโดยจะนำเสนอตามลำดับขั้นตอนการดำเนินการ ส่วนที่สี่เป็นสรุปผลการวิจัย นำเสนอประโยชน์เชิงทฤษฎี การใช้งาน และทางสังคม รวมถึงระบุข้อจำกัดของงานวิจัยและข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต ตารางข้อมูลเพิ่มเติมและแบบของเก้าอี้อยู่ในภาคผนวก

2. บททวนวรรณกรรม

2.1 เก้าอี้การยศาสตร์

เก้าอี้มีพัฒนาการขึ้นมาจากยุคแรก ๆ ตามการใช้งานและความคิดสร้างสรรค์ของผู้คิดค้นในแต่ละยุคโดยจากเดิมอาจเป็นเพียงไม้แข็ง ๆ และได้เริ่มมีการนำเบาะพองน้ำที่นุ่มขึ้นเข้ามาเสริมเพื่อตอบสนองการใช้งานให้นั่งได้สบายมากยิ่งขึ้น โดยการออกแบบจะเริ่มคำนึงถึงลักษณะการใช้งานมากกว่าเดิม ในปีค.ศ. 1849 Thomas E. Warren ได้คิดค้น Centripetal spring armchair ซึ่งเป็นเก้าอี้บุวมติดสปริงโดยทำจากเหล็กหล่อและเหล็กเคลือบเงา หุ้มด้วยไม้และกำมะหยี่ พร้อมพนักพิงศีรษะและที่วางแขน และมีความสูงที่นั่ง 48 ซม. เก้าอี้นี้ได้ว่าเป็นต้นแบบของเก้าอี้สำนักงาน ช่วงปลายศตวรรษที่ 19 ได้มีการออกแบบเก้าอี้โดยวิศวกรและแพทย์โดยใช้การศึกษาการเคลื่อนไหวร่างกายเพื่อสร้างเก้าอี้ที่ช่วยให้ทำงานได้สะดวกสบายมากขึ้น เก้าอี้สามารถปรับพนักพิง ความสูงของที่นั่งได้ และยังมีคุณสมบัติอื่น ๆ ซึ่งรู้จักกันในชื่อ เก้าอี้การยศาสตร์ (ergonomic chair)

ผู้วิจัยค้นหางานวิจัยที่เกี่ยวข้องในฐานข้อมูล Thai Journal Online (ThaiJO) ด้วยคำสำคัญได้แก่ “เก้าอี้” และ “การยศาสตร์” โดยค้นหาแยกทีละคำสำคัญ พิจารณาขอบบทความและบทคัดย่อ แล้วคัดเลือกเหลือบทความที่เกี่ยวข้องได้ 7 บทความ โดยมีรายละเอียด ดังนี้ (1) วรวิทย์ จงจิตต์ (2555) ออกแบบเก้าอี้ที่นั่งเล่นจากใยปาล์มทอแผ่นและยางพารา นำวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเกษตรกับวัตถุดิบท้องถิ่น มาพัฒนาต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่า (2) นงคณัฐ กลิ่นพิกุล (2556) ได้กล่าวถึงการออกแบบเก้าอี้การยศาสตร์ที่มีการออกแบบสำหรับคนทำงานในสำนักงาน ออกแบบและพัฒนาเน้นในเรื่องของความต้องการของผู้ใช้ ปัญหาในเรื่องสุขภาพและประสิทธิภาพในการทำงาน มีหลักการออกแบบเพื่อสิ่งแวดล้อมมาใช้ในการผลิต รวมทั้งถูกต้องตามหลักการยศาสตร์และรักษาสุขภาพของที่นั่ง (3) พงศ์เทพ วีระพงศ์ (2558) เสนอแนวทางการสร้างสรรค์เฟอร์นิเจอร์โดยการพัฒนานวัตกรรมเก้าอี้พิกซ์แอนด์เพล็กซ์ซึ่งทำมาจากวงล้อไม้สายไฟที่ถูกนำกลับมาใช้ใหม่ ทั้งนี้ยังออกแบบให้ถูกต้องตามหลักการยศาสตร์ (4) นคร ดวงแก้ว และคณะ (2558) ออกแบบและสร้างเก้าอี้ที่ถูกต้องตามหลักการยศาสตร์ ด้วยวิธีการประเมินระดับความไม่สบายในร่างกาย ใช้ข้อมูลสัดส่วนร่างกายของนักศึกษา 12 ตำแหน่งเป็นเกณฑ์ในการออกแบบ (5) ประภัสสร เส็งสุ้น และคณะ (2562) เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงท่าทางและความรู้สึกไม่สบายของร่างกายขณะนั่งเรียนด้วยโต๊ะและเก้าอี้ 2 รูปแบบ โดยให้นักศึกษาหญิง 19 คนประเมินแบบประเมินด้วย RULA (6) บรรจงศักดิ์ พิมพ์ทอง (2565) ออกแบบและพัฒนาเก้าอี้ไม้สักพับได้ สำหรับที่อยู่อาศัยขนาด 28-40 ตร.ม. โดยใช้แบบประเมินผู้เชี่ยวชาญ 6 ท่าน และแบบสอบถามความพึงพอใจผู้ใช้ 60 คน พบว่าเก้าอี้พับรูปแบบ C มีผลการประเมินด้านความพึงพอใจมากที่สุด (7) บุตรี กาเด็นและคณะ (2565) พัฒนาเก้าอี้ที่นั่งเรียนสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี ให้เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์ โดยให้นักศึกษาชาย 50 คนประเมินความพึงพอใจของเก้าอี้ในปัจจุบัน และประเมินความเหมาะสมของท่าทางที่นั่งด้วยวิธี RULA

จากการค้นหางานวิจัยของต่างประเทศจากฐานข้อมูล Google Scholar โดยใช้คำสำคัญในการค้นหา คือ “Ergonomic chair” และพิจารณาจากขอบทความพบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจำนวน 14 งานวิจัยโดยสามารถแบ่งเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้ (1) การออกแบบเก้าอี้สำหรับนักเรียนโดยประยุกต์ใช้หลักการด้านการยศาสตร์ (Al-Hinai et al., 2018; Ansari, Nikpay, & Varmazyar, 2018; Math et al., 2021) (2) การจำลองการใช้งานเก้าอี้สำนักงานด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปด้าน CAE (Computer-aided engineering) เช่น โปรแกรม SOLIDWORK, ANSYS และ CATIA (Mahantesh, Rao, & Mandal, 2021; Math et al., 2019) (3) การทดสอบการใช้งานของเก้าอี้สำนักงาน เช่น การกระจายน้ำหนัก และท่าทางการนั่ง (Ahn, Kim, Sain, & Jeong, 2015; Baba et al., 2021; Nag et al., 2008; Triglav et al., 2019) และ (4) การใช้คาโนโมเดลร่วมกับการออกแบบเก้าอี้สำหรับนักเรียนและเก้าอี้สำนักงาน (Chen et al., 2020; Hashim & Dawal, 2012; Kapuria, Rahman, & Doss, 2020; Taifa & Desai, 2015) จากการค้นหาเป็นอย่างดี ผู้วิจัยยังไม่พบงานวิจัยที่รวมการออกแบบเชิงการยศาสตร์ เก้าอี้สำนักงาน คาโนโมเดล และการวิเคราะห์ทางวิศวกรรมเข้าไว้ด้วยกันภายในงานวิจัยชิ้นเดียว

2.1 คาโนโมเดล

โนริอากิ คาโนะ (Noriaki Kano) โพรเฟสเซอร์ของมหาวิทยาลัยโตเกียวริกะ ประเทศญี่ปุ่น ได้ตีพิมพ์บทความในปี 1984 เพื่อนำเสนอชุดแนวคิดและเทคนิคที่ช่วยให้เรากำหนดความพึงพอใจของลูกค้าและผู้มีแนวโน้มจะเป็นลูกค้าต่อคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ (X. X. Shen, Tan, & Xie, 2000) แนวคิดเหล่านี้เรียกกันโดยทั่วไปว่าคาโนโมเดล (Kano Model) คาโนโมเดลมีหลักการว่าความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์นั้นมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค (Kapuria et al., 2020) การวิเคราะห์คาโนโมเดลมีรูปแบบการตั้งคำถามที่ชัดเจน การแปลผล และการสรุปผล เพื่อจำแนกคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ออกเป็น 6 กลุ่ม ได้แก่ (1) คุณสมบัติที่จำเป็นต้องมี (must-be attribute: M) (2) คุณสมบัติที่มีผลต่อความพอใจ (one-dimensional attribute: O) (3) คุณสมบัติที่น่าประทับใจ (attractive attribute: A) (4) คุณสมบัติที่ไม่มีผลต่อความพอใจ (Indifferent: I attribute) (5) คุณสมบัติที่ไม่ควรมี (reverse attribute: R) และ (6) คุณสมบัติที่ยังไม่แน่ใจ (questionable attribute: Q) (Yuan & Guan, 2014)

จากการค้นหางานวิจัยที่เกี่ยวข้องในฐานข้อมูล ThaiJo ผู้วิจัยได้คัดเลือกรายงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจำนวน 2 บทความ โดยมีรายละเอียด ดังนี้ (1) สุรสิทธิ์ ระวังวงศ์ และคณะ (2564) ได้ทำการวิจัยออกแบบผลิตภัณฑ์ของประดับตกแต่งกระจูดประเภทหมวก มีการใช้แบบจำลองคาโนในการสร้างแบบสอบถามเพื่อสำรวจและหาค่าสัมประสิทธิ์ความพึงพอใจของคุณลักษณะผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ได้ออกแบบตามคุณลักษณะของลูกค้าและสามารถตอบโจทย์ความต้องการของลูกค้าได้ (2) สุรสิทธิ์ ระวังวงศ์ และคณะ (2565) ออกแบบพัฒนาผลิตภัณฑ์โคมไฟจากกระจูดจักสาน ใช้แบบจำลองคาโนในการสร้างแบบสอบถามเพื่อสำรวจและหาค่าสัมประสิทธิ์ความพึงพอใจของคุณลักษณะผลิตภัณฑ์ เมื่อผลิตตามความต้องการของลูกค้าพบว่าสินค้ามีความสอดคล้องกับอารมณ์ความรู้สึกและความต้องการของลูกค้ามากยิ่งขึ้น

2.3 การออกแบบเชิงการยศาสตร์

การออกแบบทางวิศวกรรมในอดีตมักจะสนใจปัจจัยด้านการใช้งานก่อน แล้วค่อยพิจารณาปัจจัยด้านความสวยงาม ต่อมา การออกแบบจะให้ความสำคัญทั้งด้านการใช้งานและความสวยงามควบคู่กัน (Sun, Houssin, Renaud, & Gardoni, 2019) ในปัจจุบัน การออกแบบทางวิศวกรรมในปัจจุบันจะพิจารณาสามปัจจัยควบคู่กันในทุกขั้นตอนของการทำงาน ได้แก่ การใช้งาน ความสวยงาม และการยศาสตร์ (Al-Hinai et al., 2018) การออกแบบเชิงการยศาสตร์ (Ergonomic design หรือ Ergo design) ทำให้วัตถุ ชิ้นส่วน หรือผลิตภัณฑ์สามารถใช้งานได้ง่าย ปลอดภัย และมีประสิทธิภาพ สินค้าที่ได้รับการออกแบบเชิงการยศาสตร์เป็นอย่างดีสามารถเพิ่มความปลอดภัย ส่งเสริมสุขภาพที่ดี ลดต้นทุนจากการขาดงานและผลิตภาพที่ลดลง และเสริมสร้างสภาพแวดล้อมการทำงานที่ดีแก่พนักงานและผู้เกี่ยวข้อง (Baba et al., 2021) การออกแบบผลิตภัณฑ์หรือปรับปรุงสภาพแวดล้อมในการทำงานด้วยหลักการด้านการยศาสตร์ทำให้พนักงานสามารถใช้ความสามารถเชิงกายภาพได้อย่างเต็มที่ และลดความเครียดที่เกิดจากความกังวลด้านความปลอดภัยในการทำงานลงได้ (Math et al., 2019) อย่างไรก็ตาม การออกแบบ

และพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางวิศวกรรมหลายอย่างยังให้ความสำคัญกับปัจจัยด้านเทคนิคเป็นหลักโดยยังให้ความสำคัญกับปัจจัยด้านการยศาสตร์ไม่มากพอ (Hashim & Dawal, 2012)

จากการทบทวนวรรณกรรม ผู้วิจัยสรุปช่องว่างของการวิจัย 3 ประเด็น ได้แก่ (1) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องยังไม่ได้ใช้การวิเคราะห์ค่าโมเดลกับการออกแบบเก้าอี้การยศาสตร์ (2) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องเป็นการออกแบบเก้าอี้สำหรับห้องเรียนโดยยังไม่มีกรออกแบบเก้าอี้สำนักงาน (3) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องยังไม่มีกรสร้างแบบจำลองและวิเคราะห์ความแข็งแรง ทางวิศวกรรม ดังนั้น งานวิจัยนี้จะทำการวิจัยเก้าอี้การยศาสตร์โดยมีการนำแบบจำลองคานามาใช้สำหรับการออกแบบเก้าอี้การยศาสตร์และมีการวิเคราะห์ความแข็งแรงทางวิศวกรรมเพื่อให้ทราบถึงความแข็งแรงของเก้าอี้ก่อนที่จะนำไปผลิตจริง

3. วิธีดำเนินการวิจัย ผลการวิจัย และอภิปรายผล

3.1 การวิเคราะห์คานาโมเดล

เนื่องจากการวิจัยนี้ทำในช่วงการระบาดของโคโรนาไวรัส (โควิด-19) ทำให้ผู้วิจัยไม่สามารถติดต่อผู้ใช้งานเก้าอี้ได้ในวงกว้าง ผู้วิจัยจึงได้คัดเลือกผู้ใช้งานเก้าอี้จำนวน 12 คนด้วยวิธีคัดเลือกตามสะดวก โดยกำหนดเงื่อนไขการคัดเลือก ดังนี้ (1) มีลักษณะการใช้งานเก้าอี้ต่อเนื่องวันละ 6 ชั่วโมงเป็นอย่างน้อย (Triglav et al., 2019) และ (2) เลือกและซื้อเก้าอี้ใช้งานเอง อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยได้ตรวจสอบความเชื่อมั่นและความถูกต้องของผู้ใช้งานโดยวิธีสัมภาษณ์ (ตุลาคม พ.ศ. 2565) ด้วยคำถามปลายเปิดจำนวน 7 ข้อ ได้แก่ (1) ยี่ห้อและรุ่นของเก้าอี้ที่ใช้อยู่ (2) ประสบการณ์การใช้เก้าอี้ (3) ราคาเก้าอี้ตัวปัจจุบัน (4) ช่องทางการซื้อ (5) เหตุผลการซื้อ (6) จุดเด่นและข้อดีของเก้าอี้ที่ใช้อยู่ และ (7) ข้อเสนอแนะสำหรับการปรับปรุง (ตาราง 1) ผู้ใช้งานจำนวน 12 คนมีความหลากหลายในด้านประสบการณ์การใช้งาน (3 เดือน-6 ปี) ช่วงราคาเก้าอี้ (900 - 15,000 บาท) และช่องทางการซื้อที่หลากหลาย คำตอบเรื่องเหตุผลการเลือกซื้อ จุดเด่นและข้อดีของเก้าอี้ที่ใช้อยู่ และข้อควรปรับปรุงแสดงให้เห็นว่าผู้ใช้งาน ทั้ง 12 คน มีการพิจารณาถึงเหตุผลในการเลือกซื้อเก้าอี้และสามารถวิจารณ์ข้อดีและข้อเสียของเก้าอี้ที่ตนเองใช้งานได้อย่างมีเหตุผล

ตาราง 1

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้ใช้งานเก้าอี้

ผู้ใช้งาน	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10	U11	U12
เพศ	ช	ช	ญ	ญ	ญ	ช	ญ	ช	ญ	ช	ญ	ญ
อาชีพ	พง	พง	พง	พง	นศ	นศ	พง	พง	นศ	นศ	นศ	นศ
ประสบการณ์ (เดือน)	7	6M	24	12	3	12	12	12	36	8	72	36
ราคา (บาท)	7,900	7,900	1,700	4,390	2,990	15,000	2,690	900	2,850	1,499	14,500	1,990
ช่องทางการซื้อ	ห้างฯ	เว็บไซต์	แอปฯ	ออนไลน์	แอปฯ	ออนไลน์	ห้างฯ	แอปฯ	ร้านฯ	แอปฯ	ห้างฯ	ห้างฯ

หมายเหตุ: U1 ถึง U12 คือ ผู้ใช้งานที่ให้สัมภาษณ์ ช คือ เพศชาย ญ คือ เพศหญิง นศ คือ นักศึกษา และ พง คือ พนักงาน

ที่มา: ผู้เขียนสร้างเอง

ผู้วิจัยศึกษารายละเอียดเก้าอี้สุขภาพที่มีจำหน่ายเพื่อระบุนัยการคุณลักษณะของเก้าอี้การยศาสตร์ไว้เป็นแนวทางประกอบการสัมภาษณ์ผู้ใช้งาน จากนั้น ผู้วิจัยได้สัมภาษณ์ผู้ใช้งานทั้ง 12 คนทางโทรศัพท์ (ตุลาคม พ.ศ. 2565) ด้วยคำถามว่า “องค์ประกอบของเก้าอี้สุขภาพมีอะไรบ้าง?” เพื่อบันทึกคุณลักษณะของเก้าอี้การยศาสตร์ที่ผู้ใช้งานกล่าวถึง การสัมภาษณ์แต่ละครั้งใช้เวลาประมาณ 30-40 นาที ตาราง 2 แสดงความถี่ของแต่ละคุณลักษณะที่ผู้ใช้งานกล่าวถึงโดย เรียงจากความถี่มากไปน้อย ผู้วิจัยคัดเลือกคุณลักษณะของเก้าอี้ 10 อันดับแรกโดยไม่รวมเรื่องราคา ได้แก่ (F1) เข้ากับสรีระ (F2) วัสดุแข็งแรง



(F3) ปรับเอนหลัง (F4) ที่วางแขน (F5) รูปลักษณ์ (F6) ปรับความสูง (F7) หมอนรองคอ (F8) วัสดุระบายอากาศ (F9) รับน้ำหนักได้มาก และ (F10) วัสดุทำความสะอาดง่าย เพื่อสร้างแบบสอบถามคาโนสำหรับเก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์ทางโทรศัพท์ (Matzler & Hinterhuber, 1998) แต่ละคุณลักษณะจะใช้สองคำถามโดยให้ผู้ใช้งานประเมินความรู้สึกในกรณีถ้าเก้าอี้มีและไม่มีคุณลักษณะนั้น เกณฑ์การประเมินประกอบด้วย (1) ชอบ (2) ต้องมี (3) เฉย ๆ (4) พอรับได้ และ (5) ไม่ชอบ (Jané & Domínguez, 2003)

ตาราง 2

ผลการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเพื่อสร้างแบบสอบถามคาโน

คุณลักษณะของเก้าอี้		ผู้ใช้งาน												รวม
		U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10	U11	U12	
F1	เข้ากับสรีระ	1		1		1		1	1	1	1	1	1	9
F2	วัสดุแข็งแรง	1		1			1		1	1	1	2		8
	ราคาคุ้มค่า				1			1	1	1	1	2	1	8
F3	ปรับเอนหลัง	1		1	1	1		1		1	1			7
F4	ที่วางแขน	1			1	1	1			1			1	6
F5	รูปลักษณ์	1	1		1		1				1			5
F6	ปรับความสูง		1			1			1	1			1	5
F7	หมอนรองคอ	1			1	1	1							4
F8	วัสดุระบายอากาศ			1	1		1	1						4
F9	รับน้ำหนักได้มาก		1				1			1	1			4
F10	วัสดุทำความสะอาดง่าย							1		1	1			3
	ระบบล้อ							1		1			1	3
	บริการหลังการขาย							1				1		2
	หมอนรองหลัง				1									1
	เป็นที่นิยม		1											1
	ที่พับเก็บ										1			1
	น้ำหนักเบา											1		1
รวม		6	4	4	7	5	6	7	4	9	8	7	5	

หมายเหตุ: U1 ถึง U12 คือ ผู้ใช้งานที่ให้สัมภาษณ์ และ F1 ถึง F12 เป็นคุณลักษณะของเก้าอี้

ที่มา: ผู้เขียนสร้างเอง

ผู้วิจัยสร้างแบบสอบถามออนไลน์และขอให้ผู้ใช้งาน 12 คนทำแบบสอบถามคาโน (พฤศจิกายน พ.ศ. 2565) จากนั้นนำข้อมูลการตอบคำถามมาแปลผล (ตาราง 3) การสรุปผลประเภทของคุณลักษณะแต่ละข้อตามหลักคาโนพิจารณาจากค่ามากที่สุด จากนั้น ผู้วิจัยคำนวณสัมประสิทธิ์ความพอใจ (customer satisfaction: CS) สัมประสิทธิ์ความไม่พอใจ (dissatisfaction: CD) และดัชนีความพึงพอใจของลูกค้า (customer satisfaction index: CSI) ด้วยสมการ 1 ถึง 3 ตามลำดับ (Hashim & Dawal, 2012) การแสดงผลการวิเคราะห์คาโนทำได้สองรูปแบบ (ภาพ 1) ได้แก่ (ก) แสดงกราฟแท่งเพื่อเปรียบเทียบค่า CS และ CD ของแต่ละคุณสมบัตินี้โดยแสดงค่า CD เป็นค่าลบ (Matzler & Hinterhuber, 1998) และ (ข) แสดงเป็นกราฟการกระจายตัวเพื่อแสดงความสัมพันธ์ของค่า CS และ CD ในแต่ละคุณลักษณะ (Kapuria et al., 2020)

$$CS = \frac{A + O}{A + O + M + 1} \quad (\text{สมการ 1})$$

$$CS = \frac{A + M}{A + O + M + 1} \quad (\text{สมการ 2})$$

$$\frac{CD}{CS} \quad (\text{สมการ 13})$$

ตาราง 3

การแปลผลคานา

ความเห็นของผู้ใช้งานในคำถามคู่ของ		ถ้าเก๊าไม่มีคุณลักษณะนี้				
แต่ละคุณลักษณะ		ชอบ	ต้องมี	เฉยๆ	พอรับได้	ไม่ชอบ
ถ้าเก๊าไม่มี คุณลักษณะนี้	ชอบ	Q	A	A	A	O
	ต้องมี	R	I	I	I	M
	เฉยๆ	R	I	I	I	M
	พอรับได้	R	I	I	I	M
	ไม่ชอบ	R	R	R	R	Q

หมายเหตุ: M คือ คุณสมบัตินี้จำเป็นต้องมี O คือ คุณสมบัตินี้มีผลต่อความพอใจ A คือ คุณสมบัตินี้ที่น่าประทับใจ I คือ คุณสมบัตินี้ไม่มีผลต่อความพอใจ R คือ คุณสมบัตินี้ไม่ควรมี และ Q คือ คุณสมบัตินี้ยังไม่แน่ใจ

ที่มา: ผู้เขียนสร้างเอง

ตาราง 4

ผลการวิเคราะห์คานา

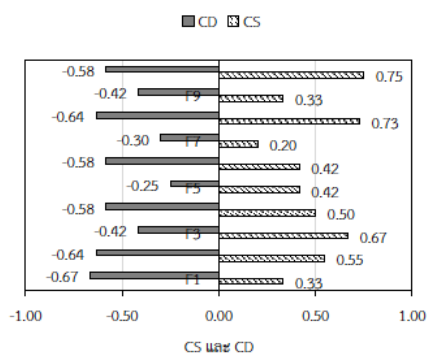
คุณลักษณะ	A	O	M	I	R	Q	ผลลัพธ์	CS	CD	CSI
F1 เข้ากับสรีระ	1	3	5	3	0	0	M	-0.67	0.33	2.00
F2 วัสดุแข็งแรง	1	5	2	3	9	1	O	-0.64	0.55	1.17
F3 ปรับเอนหลัง	4	4	1	3	0	0	O	-0.42	0.67	0.63
F4 ที่วางแขน	2	4	3	3	0	0	O	-0.58	0.50	1.17
F5 รูปลักษณ์	3	2	1	6	0	0	I	-0.25	0.42	0.60
F6 ปรับความสูง	1	1	2	6	2	0	I	-0.30	0.20	1.50
F7 หมอนรองคอ	2	3	4	3	0	0	O	-0.58	0.42	1.40
F8 วัสดุระบายอากาศ	2	6	1	2	0	1	O	-0.64	0.73	0.88
F9 รับน้ำหนักได้มาก	2	2	3	5	0	0	O	-0.42	0.33	1.25
F10 วัสดุทำความสะอาดง่าย	3	6	1	2	0	0	O	-0.58	0.75	0.78
รวม	1	3	5	3	0	0	M	-0.67	0.33	2.00

หมายเหตุ: F1 ถึง F12 เป็นคุณลักษณะของเก๊า M คือ คุณสมบัตินี้จำเป็นต้องมี O คือ คุณสมบัตินี้มีผลต่อความพอใจ A คือ คุณสมบัตินี้ที่น่าประทับใจ I คือ คุณสมบัตินี้ไม่มีผลต่อความพอใจ R คือ คุณสมบัตินี้ไม่ควรมี Q คือ คุณสมบัตินี้ยังไม่แน่ใจ CS คือ สัมประสิทธิ์ความพอใจ CD คือ สัมประสิทธิ์ความไม่พอใจ และ CSI คือ ดัชนีความพึงพอใจของลูกค้

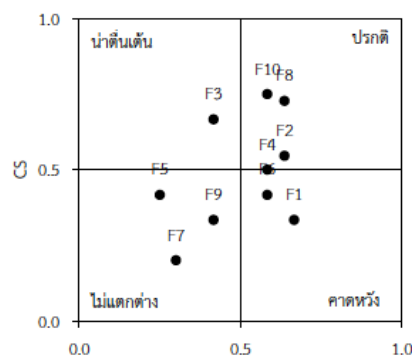
ที่มา: ผู้เขียนสร้างเอง



ผลการวิเคราะห์ค่าโน สรุพบว่า การเข้ากับสรีระเป็นคุณลักษณะที่จำเป็นต้องมี (M) รูปลักษณ์และปรับความสูงเป็นคุณลักษณะที่ไม่มีผลต่อความพอใจ (I) วัสดุแข็งแรง ปรับเอนหลัง ที่วางแขน หมอนรองคอ วัสดุระบายอากาศ รับน้ำหนักได้มาก และวัสดุทำความสะอาดง่าย เป็นคุณลักษณะที่มีผลต่อความพอใจ (O)



(ก) ค่า CS และ CD แต่ละคุณลักษณะ



(ข) ความสัมพันธ์ระหว่าง CS และ CD

ภาพ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าโน

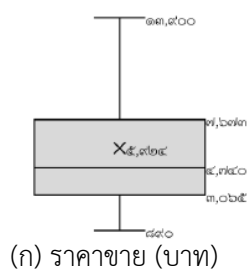
หมายเหตุ: F1 ถึง F12 เป็นคุณลักษณะของเก้าอี้ CS คือ สัมประสิทธิ์ความพอใจ CD คือ สัมประสิทธิ์ความไม่พอใจ และ CSI คือ ดัชนีความพึงพอใจของลูกค้า

ที่มา: ผู้เขียนสร้างเอง

3.2 การออกแบบเก้าอี้

ผู้วิจัยสำรวจรายละเอียดเก้าอี้การยศาสตร์ที่มีขายจำนวน 100 รุ่น จาก 13 ยี่ห้อ (ตาราง 5 ในภาคผนวก) ผู้วิจัยให้คะแนนโดยพิจารณาคุณลักษณะของเก้าอี้ 8 ข้อจากการวิเคราะห์ค่าโน ได้แก่ (1) วัสดุแข็งแรง (2) ปรับเอนหลังได้ (3) มีที่พักแขน (4) มีหมอนรองคอ (5) ปรับความสูงเบาะได้ (6) ใช้วัสดุระบายอากาศดี (7) รับน้ำหนักได้มาก และ (8) ใช้วัสดุทำความสะอาดง่าย โดยให้คะแนน 1 = มีคุณลักษณะ และ 0 = ไม่มีคุณลักษณะ นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังเก็บข้อมูลราคาขาย (บาท) และน้ำหนักสูงสุดที่รับได้ (กิโลกรัม) แล้วแสดงสถิติพรรณนาเป็นแผนภูมิกล่อง (ภาพ 2) ราคาเก้าอี้ 100 รุ่นที่มีวางขายมีค่าราคาเฉลี่ย 5,924 บาท และสามารถรองรับน้ำหนักได้สูงสุดเฉลี่ย 127.51 กิโลกรัม

ภาพ 3 แสดงแผนภูมิกระจายระหว่างราคาขาย คะแนนค่าโน และน้ำหนักที่รับได้สูงสุด ผู้วิจัยกำหนดตำแหน่งของเก้าอี้ที่จะออกแบบ ดังนี้ (1) มีคะแนนค่าโนมากกว่า 6 คะแนนเพราะส่วนใหญ่จะมีคุณลักษณะเพียงพอต่อการใช้งาน (2) มีช่วงราคาระหว่าง 8,000 ถึง 12,000 บาท เพราะเป็นราคาปานกลางตามที่มีในท้องตลาด (3) สามารถรองรับน้ำหนักสูงสุดมากกว่า 150 กิโลกรัม เพราะเป็นไปตามมาตรฐานในการออกแบบ (Hitka, Joščák, Langová, Křišťák, & Blašková, 2018) เก้าอี้ที่กำลังจะออกแบบจะมีคู่แข่งในตำแหน่งผลิตภัณฑ์เดียวกัน (ภาพ 3) จำนวน 3 รุ่น ได้แก่ รุ่น A3, A7, และ A9 โดยทั้งสามรุ่นมีคะแนนค่าโน 7 คะแนน รองรับน้ำหนักได้สูงสุด 180 กิโลกรัม และมีราคา 10,900 บาท (ตาราง 8)



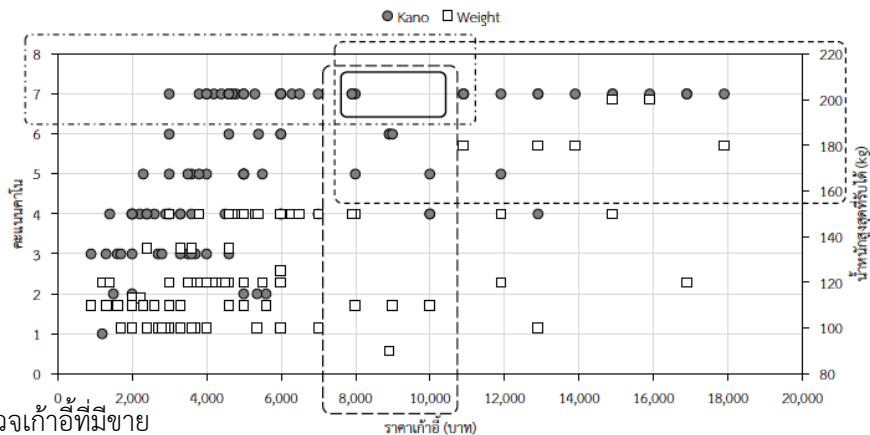
(ก) ราคาขาย (บาท)



(ข) น้ำหนักสูงสุดที่รับได้ (กิโลกรัม)

ภาพ 2 แผนภูมิกล่อง

ที่มา: ผู้เขียนสร้างเอง



ภาพ 3 ผลการสำรวจเก้าอี้ที่มีขาย

ที่มา: ผู้เขียนสร้างเอง

เนื่องจากคณะผู้วิจัยเป็นวิศวกรเครื่องกลทั้งหมด จึงให้คนรู้จักที่ศึกษาทางด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์จำนวน 3 คนช่วยออกแบบด้านความสวยงามให้ ผู้วิจัยได้ค้นหารายชื่อบริษัทผู้จัดจำหน่ายอุปกรณ์ประกอบเก้าอี้พบเพียงรายเดียวที่มีอุปกรณ์ครบทุกรายการที่ต้องใช้ ผู้วิจัยจึงคัดเลือกอุปกรณ์ประกอบเก้าอี้ถูกส่งให้ผู้ออกแบบพร้อมคำแนะนำด้านขนาดมิติของเก้าอี้จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Math et al., 2019) ประกอบด้วย ความสูงเบาะนั่ง (450 mm) ความลึกเบาะนั่ง (406 mm) ความหนาเบาะนั่ง (50 mm) ความกว้างเบาะนั่ง (508 mm) ความสูงที่พนักแขน (200 mm) ความกว้างที่พนักแขน (490 mm) ความสูงพนักพิงหลัง (690 mm) มุมเอนพนักพิงหลัง (96 องศา) โดยผู้ออกแบบสามารถปรับเปลี่ยนค่าได้ตามสมควร เมื่อผ่านไป 1 สัปดาห์ผู้ออกแบบทั้งสามคนส่งแบบร่างกลับมา (ภาพ 4) ผู้วิจัยนำแบบร่างทั้งสามไปให้ผู้ใช้งานทั้ง 12 คนลงคะแนนเลือก ได้คะแนนตามดังนี้ แบบที่ 2 (6 คะแนน) แบบที่ 3 (5 คะแนน) และแบบที่ 1 (1 คะแนน) ตามลำดับ ผู้วิจัยจึงเลือกเก้าอี้การยศาสตร์แบบที่ 2 เพื่อสร้างแบบสามมิติและวิเคราะห์ความแข็งแรงทางวิศวกรรมต่อไป



(ก) แบบที่ 1

(ข) แบบที่ 2

(ค) แบบที่ 3

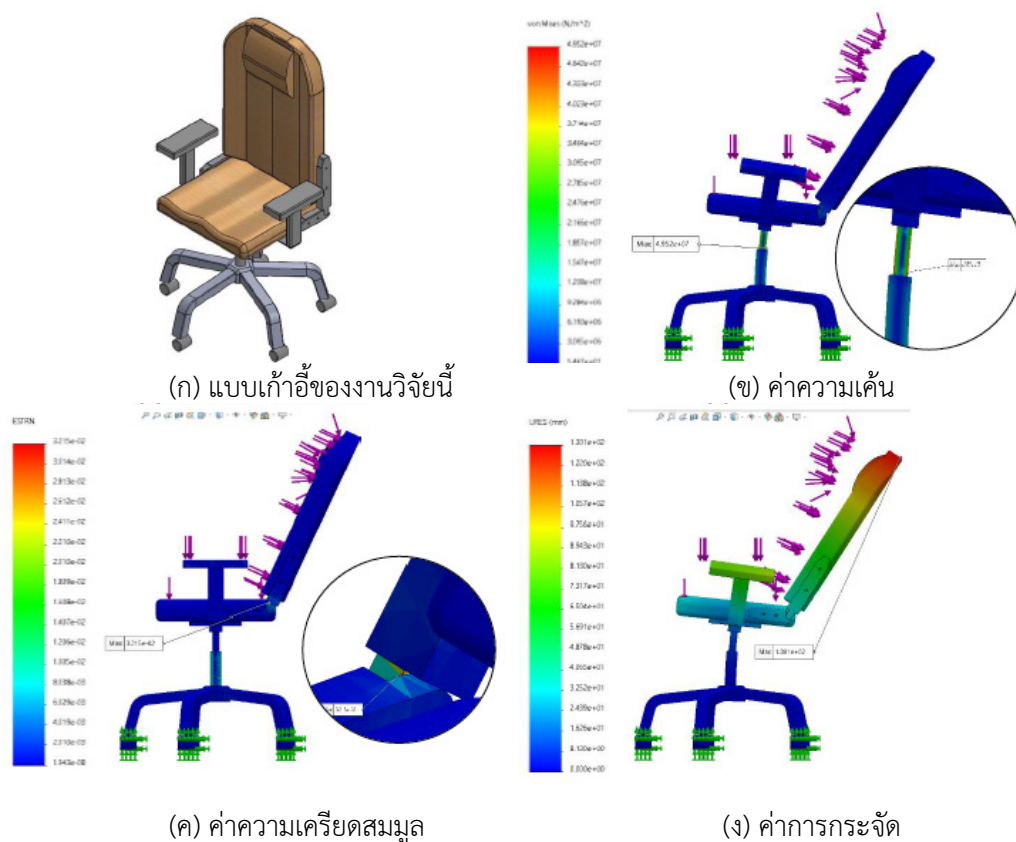
ภาพ 4 แบบร่างจากผู้ออกแบบ

ที่มา: ผู้ออกแบบจำนวน 3 คน

3.3 การวิเคราะห์ทางวิศวกรรม

ผู้วิจัยเขียนแบบสามมิติของเก้าอี้ดังภาพ 5(ก) และวิเคราะห์ความแข็งแรงของเก้าอี้ด้วยโปรแกรม SolidWork โดยมีรายละเอียด ดังนี้ (1) กำหนดจุดยึดที่พื้นผิวของล้อที่ขาเก้าอี้ (2) กำหนดน้ำหนักคนนั่ง 200 กิโลกรัม (1,962 นิวตัน) (W. Shen, Parenteau, Roychoudhury, & Robbins, 1999) (3) กำหนดอัตราส่วนการกระจายน้ำหนักที่เบาะ 80% (1,569.6 นิวตัน) พนักพิง 15% (294.3 นิวตัน) และที่วางแขน 5% (98.1 นิวตัน) โดยประมาณจากการทดสอบกรณีที่พนักพิงทำมุม 24 องศาและเบาะเอียงทำมุม 8 องศา (Nag et al., 2008; W. Shen et al., 1999) (4) การกำหนดแรงกระทำเป็นแบบกระจาย โดยมีทิศทางตั้งฉากกับพื้นผิวเบาะ พนักพิง และที่วางแขน (5) ขั้นตอนการสร้างโครงข่ายในการคำนวณเลือกใช้แบบอัตโนมัติ โดยมีขนาดของเอลิเมนต์เท่ากับ 16.06 มิลลิเมตร จำนวนโหนดเท่ากับ 161,713 จุด จำนวนเอลิเมนต์รวมเท่ากับ 104,221 ชิ้นส่วน ความคลาดเคลื่อนที่กำหนดเท่ากับ 0.0001 การวิเคราะห์จำนวนรอบในการคำนวณเท่ากับ 319 รอบและใช้เวลาคำนวณเท่ากับ 8 นาที 37 วินาที

ผลการวิเคราะห์ความแข็งแรงทางวิศวกรรมดังภาพ 5 (ข) ถึง 5 (ง) แสดงให้เห็นว่า ค่าความเค้นสูงสุด (von Mises stress) เท่ากับ 4.952×10^7 นิวตันต่อตารางเมตร เกิดขึ้นที่ขาเก้าอี้ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าความแข็งแรงของสแตนเลส AISI 304 ซึ่งมีค่าความแข็งแรงเท่ากับ 2.15×10^8 นิวตันต่อตารางเมตร คิดเป็นค่าแฟกเตอร์ความปลอดภัย 4.34 เท่าจึงสรุปว่าวัสดุสามารถรับแรงได้โดยไม่มีการเสียรูป (Math et al., 2019) ค่าความเครียดสมมูลสูงสุด (Equivalent strain: ESTRN) เท่ากับ 3.215×10^{-2} เกิดขึ้นที่ชิ้นส่วนข้อต่อระหว่างเบาะกับพนักพิง ค่าการกระจัดสูงสุด (Displacement: URES) เท่ากับ 1.301×10^2 มิลลิเมตรเกิดขึ้นที่ปลายสุดของพนักพิงเก้าอี้



ภาพ 5 การออกแบบและผลการวิเคราะห์ทางวิศวกรรม

หมายเหตุ: von Mises คือ ค่าความเค้น ESTRN คือ ค่าความเครียดสมมูล และ URES คือ ค่าการกระจัด

ที่มา: ผู้เขียนสร้างเอง

4. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อวิเคราะห์คุณลักษณะของเก้าอี้การยศาสตร์ด้วยคาโนโมเดล ออกแบบเก้าอี้การยศาสตร์โดยอ้างอิงจากผลการวิเคราะห์คาโนโมเดลและวิเคราะห์ทางวิศวกรรมเพื่อพิจารณาความแข็งแรงของเก้าอี้ โดยมีขั้นตอนการทำงาน 6 ขั้นตอน (1) การสัมภาษณ์ผู้ใช้งานเก้าอี้จำนวน 12 คน ด้วยคำถามที่เกี่ยวกับการใช้งานเก้าอี้ทำให้ทราบได้ถึงคุณลักษณะของเก้าอี้ที่ส่งผลต่อการเลือกซื้อ (2) การเก็บข้อมูลจากผู้ใช้งานด้วยวิธีแบบคาโนโมเดลทำให้ทราบว่าเข้ากับสรีระเป็นคุณลักษณะที่ต้องมี รูปลักษณ์ และปรับความสูงเป็นคุณลักษณะที่ไม่มีผลกับความพึงพอใจ วัสดุแข็งแรง ปรับเอนหลัง มีที่วางแขน หมอนรองคอ วัสดุระบายอากาศ รับน้ำหนักได้มาก และวัสดุทำความสะอาดง่ายเป็นคุณลักษณะที่ส่งผลกับ ความพึงพอใจ (3) การสำรวจเก้าอี้ตามท้องตลาดทำให้ผู้วิจัยสามารถกำหนดตำแหน่งของผลิตภัณฑ์เป็นการออกแบบเก้าอี้การยศาสตร์ให้มีคะแนนคาโนมากกว่า 6 คะแนน มีช่วงราคาระหว่าง 8,000 ถึง 12,000 บาท สามารถรองรับน้ำหนักสูงสุดมากกว่า 150 กิโลกรัม (4) กำหนดตำแหน่งทางตลาด ผู้วิจัยได้กำหนดตำแหน่งของเก้าอี้ (product positioning) ให้เก้าอี้ที่ออกแบบมีคะแนนคาโนมากกว่า 6 คะแนน เพราะจะมีคุณลักษณะเพียงพอต่อการใช้งาน มีช่วงราคาระหว่าง 8,000 ถึง 12,000 บาท เพราะเป็นราคาปานกลางตามที่อยู่ในท้องตลาด (5) งานวิจัยได้ขอให้ผู้ออกแบบจำนวน 3 คน ช่วยออกแบบเก้าอี้ในด้านความสวยงามให้โดยใช้รายละเอียดอุปกรณ์ประกอบเก้าอี้และขนาดมิติของเก้าอี้จากผู้วิจัยได้กำหนดเอาไว้แล้ว แล้วให้ผู้ใช้งานจำนวน 8 คนลงคะแนนจึงได้แบบเก้าอี้การยศาสตร์สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ (6) การเขียนแบบสามมิติและวิเคราะห์ทางวิศวกรรมช่วยยืนยันความแข็งแรงและความปลอดภัยในการใช้งาน

งานวิจัยนี้มีประโยชน์ในเชิงทฤษฎี คือ ผู้อ่านสามารถนำขั้นตอนการทำวิจัยไปปรับใช้ในการออกแบบชิ้นงานอื่นได้ เนื่องจากการใช้คาโนโมเดลจะทำให้เรารู้ได้ถึงคุณลักษณะที่ผู้ใช้งานพึงพอใจแล้วจึงนำคุณลักษณะที่ได้ไปใช้ในการออกแบบและวิเคราะห์ทางวิศวกรรมต่อไป สำหรับประโยชน์ในเชิงการใช้งานบริษัทหรือผู้ออกแบบสามารถนำคุณลักษณะของเก้าอี้การยศาสตร์ไปต่อยอดในการออกแบบเก้าอี้ได้โดยอาจพิจารณาสัมภาษณ์ผู้ใช้งานเพิ่มเพื่อให้ได้ข้อมูลและความคิดเห็นที่ครอบคลุมมากขึ้น ท้ายที่สุด งานวิจัยนี้มีประโยชน์เชิงสังคมตามกรอบแนวคิดของเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน ข้อ 3 การมีสุขภาพและการเป็นอยู่ที่ดี ข้อย่อย 3.C โดยการลงทุนเพื่อจัดการเก้าอี้การยศาสตร์ให้แก่คนทำงานเป็นการลดความเสี่ยงต่ออาการออฟฟิศซินโดรมได้และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน

5. ข้อเสนอแนะในการวิจัย

งานวิจัยนี้มีข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต 2 ข้อ ได้แก่ (1) ควรวิเคราะห์เรื่องต้นทุนของเก้าอี้เพิ่มเติมเพื่อช่วยให้ตั้งราคาได้เหมาะสม และ (2) ควรสร้างต้นแบบเพื่อให้รู้ถึงปัญหาในการนำไปใช้งานจริงเพื่อจะได้นำไปพัฒนาในรุ่นต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย 3 ส่วน ได้แก่ (1) ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 12 คนที่ให้ผู้วิจัยสัมภาษณ์ในขั้นตอนการวิเคราะห์คาโนโมเดล (2) ผู้ออกแบบทั้งสามคนที่ช่วยออกแบบด้านความสวยงามของเก้าอี้ให้ และ (3) ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร ที่สนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้ให้สำเร็จ ล่วงไปได้ด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

- นคร ดวงแก้ว, นัทธพงศ์ ฉุนตู และพงศกร สุรินทร์. (2558). การออกแบบและสร้างเก้าอี้การยศาสตร์สำหรับห้องเรียนบรรยาย. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต.
- นงคณูช กลิ่นพิกุล. (2555). เก้าอี้การยศาสตร์. วารสารวิชาการ ศิลปะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 3(2), 156-165.
- บุตรี กาเต็น, ศุภลักษณ์ สุวรรณ และวุฒิชัย ปวงมณี. (2565). การพัฒนาเก้าอี้นั่งเรียนสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี โดยประยุกต์ใช้หลักการยศาสตร์. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่.
- บรรจงศักดิ์ พิมพ์ทอง. (2565). การออกแบบและพัฒนาเก้าอี้ไม้สัก (นส.) พบได้ สำหรับที่อยู่อาศัยขนาด 28-40 ตร.ม. เพื่อส่งเสริมงานไม้และเฟอร์นิเจอร์ของวิสาหกิจชุมชนขนาดเล็ก : กรณีศึกษา กลุ่มวิสาหกิจชุมชน บ้านดอนมูล จังหวัดแพร่. วารสารวิชาการคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สจล., 34(1), 65-81.
- ประภัสสร เสงสันและกันต์ฤทัย สิริวรกุลศักดิ์. (2562). การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงท่าทางและความรู้สึกไม่สบายของร่างกายขณะนั่งเรียนด้วยโต๊ะและเก้าอี้ 2 รูปแบบ. วารสารมหาวิทยาลัยคริสเตียน, 25(4), 56-66.
- พงศ์เทพ วีระพงศ์. (2558). การพัฒนานวัตกรรมเก้าอี้ฟิกซ์แอนด์เฟล็กซ์ (Fix & Flex) ตามหลักการยศาสตร์สำหรับกลุ่มทำเครื่องเรือนจังหวัดนครศรีธรรมราช. วารสารวิชา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช, 34(1), 38-52.
- วรวิทย์ จงจิตต์. (2555). การออกแบบเก้าอี้นั่งเล่นจากใยปาล์มทอแผ่นและยางพารา. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- สุรสิทธิ์ ระวังวงศ์ และคณะ. (2564). การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ของระดับตกแต่งจากกระจูดโดยการประยุกต์ใช้เทคนิควิศวกรรมคั่นเชร่วมกับแบบจำลองคาโน. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.
- สุรสิทธิ์ ระวังวงศ์ และคณะ. (2565). การประยุกต์ใช้เทคนิควิศวกรรมคั่นเชร่วมกับแบบจำลองคาโนเพื่อการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์โคมไฟจากกระจูดจักสาน. วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, 18(3), 161-178.
- Ahn, B.-G., Kim, T.-y., Sain, M., & Jeong, D.-U. (2015). Implemented of posture discriminate system through the seat weight distribution. Paper presented at the 2015 IEEE Conference on Wireless Sensors (ICWiSe).
- Al-Hinai, N., Al-Kindi, M., & Shamsuzzoha, A. (2018). An ergonomic student chair design and engineering for classroom environment. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, 7(5), 534-543.
- Ansari, S., Nikpay, A., & Varmazyar, S. (2018). Design and development of an ergonomic chair for students in educational settings. *Health scope*, 7(4). 1-9.
- Baba, E. I., Baba, D. D., & Oborah, J. O. (2021). Effect of office ergonomics on office workers' productivity in the Polytechnics, Nigeria. *Journal of Education and Practice*, 12(3), 67-75.
- Chen, S., Chen, M., Lyu, J., & Li, S. (2020). *Comfort evaluation and application of office chair based on FAHP*. Paper presented at the Journal of Physics: Conference Series.
- Hashim, A. M., & Dawal, S. Z. M. (2012). Kano model and QFD integration approach for ergonomic design improvement. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 57, 22-32.
- Hitka, M., Joščák, P., Langová, N., Krišťák, L., & Blašková, S. (2018). Load-carrying capacity and the size of chair joints determined for users with a higher body weight. *Bioresources*, 13(3), 6428-6443.
- Jané, A. C., & Domínguez, S. M. (2003). Citizens' role in health services: satisfaction behavior: Kano's model, Part 2. *Quality Management in Health Care*, 12(1), 72-80.

- Kapurja, T. K., Rahman, M., & Doss, D. A. (2020). Users' satisfaction attributes analysis toward betterment of classroom furniture design for Bangladeshi university students. *Journal of The Institution of Engineers (India): Series C*, 101, 175-184.
- Mahantesh, M. M., Rao, K. R., & Mandal, J. (2021). *Human digital modeling and RULA analysis for an office chair user in computer work environment—a case study in Indian context*. Paper presented at the AIP conference proceedings.
- Math, M. M., KVS, R. R., & LJ, K. (2019). *Analysis of ergonomic office chair for information technology work environment-a case study in Indian context*. Paper presented at the Proceedings of International Conference on Sustainable Computing in Science, Technology and Management (SUSCOM), Amity University Rajasthan, Jaipur-India.
- Math, M. M., KVS, R. R., Shivaraj, B., AC, P. C., & DP, G. (2021). Modelling of office chair for laptop users from ergonomics perspective. *International Journal of Mechanical Engineering*, 6, 1409-1417.
- Matzler, K., & Hinterhuber, H. H. (1998). How to make product development projects more successful by integrating Kano's model of customer satisfaction into quality function deployment. *Technovation*, 18(1), 25-38. doi:10.1016/S0166-4972(97)00072-2
- Nag, P., Pal, S., Kotadiya, S., Nag, A., & Gosai, K. (2008). Human-seat interface analysis of upper and lower body weight distribution. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 38(5-6), 539-545.
- Shen, W., Parenteau, C., Roychoudhury, R., & Robbins, J. (1999). *Seated weight distribution of adults and children in normal and non-normal positions*. Paper presented at the Annual Proceedings/Association for the Advancement of Automotive Medicine.
- Shen, X. X., Tan, K. C., & Xie, M. (2000). An integrated approach to innovative product development using Kano's model and QFD. *European Journal of Innovation Management*, 3(2), 91-99. doi:10.1108/14601060010298435
- Sun, X., Houssin, R., Renaud, J., & Gardoni, M. (2019). A review of methodologies for integrating human factors and ergonomics in engineering design. *International Journal of Production Research*, 57(15-16), 4961-4976.
- Taifa, I. W., & Desai, D. A. (2015). Quality function deployment integration with Kano model for ergonomic product improvement (classroom furniture)-a review. *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology (JMEST)*, 2(9), 2484-2491.
- Triglav, J., Howe, E., Cheema, J., Dube, B., Fenske, M. J., Strzalkowski, N., & Bent, L. (2019). Physiological and cognitive measures during prolonged sitting: comparisons between a standard and multi-axial office chair. *Applied ergonomics*, 78, 176-183.
- Yuan, Y., & Guan, T. (2014). Design of individualized wheelchairs using AHP and Kano model. *Advances in Mechanical Engineering*, 2014. doi:10.1155/2014/242034



8. ภาคผนวก

ตาราง 5

ประเมินคะแนนเก้าอี้ที่มีขายด้วยผลคาโน

ID	B	M	คุณสมบัติของเก้าอี้											W	P	ID	B	M	คุณสมบัติของเก้าอี้											W	P
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11						12	13	14	15	16	17	18	19	20				
1	A	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	6	90	8,900	51		5	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	5	120	5,490	
2		2	1	1	1	1	1	1	0	1	1	7	180	17,900	52		6	0	0	1	0	1	0	1	1	1	4	120	2,990		
3		3	1	1	1	1	1	1	0	1	1	7	180	10,900	53		7	0	0	1	1	1	0	1	1	1	5	120	3,490		
4		4	1	1	1	1	1	1	0	1	1	7	180	12,900	54		8	0	0	1	0	1	0	1	0	3	120	3,490			
5		5	1	1	1	1	1	1	0	1	1	7	150	11,900	55		9	1	0	1	0	1	1	0	0	4	100	1,990			
6		6	1	1	1	1	1	1	0	1	1	7	180	12,900	56		10	1	0	0	0	1	0	0	0	2	100	1,990			
7		7	1	1	1	1	1	1	0	1	1	7	180	10,900	57		11	0	0	1	0	1	0	1	1	4	135	3,590			
8		8	1	1	1	1	1	1	0	1	1	7	200	15,900	58		12	1	0	1	1	1	0	1	1	6	135	4,590			
9		9	1	1	1	1	1	1	0	1	1	7	180	10,900	59		13	0	0	1	0	1	1	0	0	3	100	3,690			
10		10	1	1	1	1	1	1	0	1	1	7	200	14,900	60		14	0	0	1	0	1	1	1	0	4	135	2,390			
11		11	1	1	1	1	1	1	0	1	1	7	120	16,900	61		15	0	0	1	0	1	0	1	1	4	135	3,290			
12		12	1	1	1	1	1	1	0	1	1	7	120	16,900	62		16	0	0	1	0	1	1	1	0	4	120	1,390			
13		13	1	1	1	1	1	1	0	0	1	6	90	8,900	63		17	1	0	1	0	1	0	1	1	5	120	4,990			
14		14	1	1	1	1	1	1	0	1	1	7	180	13,900	64		18	0	1	1	0	1	0	1	1	5	120	3,990			
15	B	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	7	150	7,990	65		19	1	0	1	0	1	0	0	1	4	100	2,990			
16		2	1	1	1	1	1	1	0	1	1	7	150	4,790	66		20	1	0	1	0	1	1	0	0	4	100	2,890			
17		3	1	1	1	1	1	1	0	1	1	7	150	6,990	67		21	1	0	1	0	1	0	0	1	4	100	2,390			
18	C	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	7	150	14,900	68		22	0	0	1	0	1	1	0	0	3	100	1,690			
19		2	1	1	1	0	1	1	1	0	6	150	5,990	69		23	1	0	1	0	1	0	0	1	4	100	12,900				
20	D	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	7	120	4,190	70		24	1	0	1	0	1	0	0	1	4	100	5,990			
21		2	1	1	1	1	1	1	0	1	1	7	120	3,990	71		25	1	0	1	0	1	1	0	0	4	100	6,990			
22		3	1	1	1	1	1	1	0	1	1	7	120	4,390	72		26	0	0	1	0	1	1	0	0	3	100	3,990			
23		4	1	1	1	1	1	1	0	1	1	7	120	4,590	73		27	1	0	1	0	1	1	0	0	4	100	5,990			
24		5	1	1	1	1	1	1	0	1	1	7	120	3,790	74		28	0	0	1	0	1	1	0	0	3	100	3,590			
25	E	1	1	0	1	0	1	0	0	1	4	113	2,200	75		29	1	0	1	0	0	1	0	0	3	100	3,290				
26		2	1	0	1	0	1	1	0	0	4	113	1,990	76		30	1	0	1	0	0	1	0	0	3	100	2,690				
27	F	1	1	1	1	0	1	1	0	0	5	110	4,990	77		31	1	0	1	0	0	0	0	0	1	3	100	2,790			
28		2	1	1	1	0	1	1	0	0	5	110	2,290	78		32	1	0	1	0	1	0	1	1	5	120	11,900				
29		3	1	1	0	0	1	1	0	0	4	110	2,590	79		33	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2	100	5,350			
30		4	1	0	0	0	1	0	0	0	2	110	4,990	80	H	1	1	0	1	0	1	0	1	1	5	150	3,790				
31		5	1	0	1	0	1	0	0	1	4	110	1,990	81	I	1	1	1	1	1	1	0	1	1	7	150	4,990				
32		6	1	0	1	0	1	0	0	1	4	110	3,290	82		2	1	1	1	0	1	0	1	1	6	150	2,990				
33		7	1	1	1	0	1	1	0	0	5	110	4,990	83		3	1	1	1	1	1	0	1	1	7	150	6,290				

ID	B	M	คุณสมบัติของเก้าอี้											W	P	ID	B	M	คุณสมบัติของเก้าอี้											W	P
			1	2	3	4	5	6	7	8	S	1	2						3	4	5	6	7	8	S						
34		8	1	1	1	0	1	1	0	0	5	110	7,990		84		4	1	1	1	1	1	0	1	1	7	150	6,490			
35		9	1	1	1	0	1	0	0	0	4	110	9,990		85		5	1	1	1	1	1	0	1	1	7	150	5,290			
36		10	1	1	1	0	1	0	0	0	4	110	9,990		86		6	1	1	1	1	1	0	1	1	7	150	4,990			
37		11	1	0	0	0	1	0	0	1	3	110	4,590		87		7	1	1	1	1	1	0	1	1	7	150	4,590			
38		12	1	0	0	0	1	0	0	0	2	110	1,489		88	J	1	1	1	1	1	1	0	1	1	7	125	5,990			
39		13	1	0	0	0	1	0	0	1	3	110	890		89		2	1	1	1	0	1	1	1	1	7	150	5,990			
40		14	1	0	0	0	1	1	0	0	3	110	1,290		90	K	1	1	1	1	1	1	0	1	1	7	150	5,990			
41		15	1	0	0	0	1	0	0	1	3	110	1,590		91	L	1	1	1	1	1	1	0	1	1	7	120	3,990			
42		16	1	0	0	0	1	0	0	1	3	110	1,990		92		2	1	1	1	1	1	0	1	1	7	150	7,900			
43		17	1	1	1	0	1	0	0	1	5	110	9,990		93		3	1	1	1	1	1	0	1	1	7	150	7,900			
44		18	1	1	1	1	1	1	0	0	6	110	8,990		94		4	1	1	1	0	1	0	1	1	6	120	5,990			
45		19	1	1	1	0	1	0	0	1	5	110	2,990		95	M	1	1	1	1	1	1	0	1	1	7	150	4,690			
46		20	1	0	0	0	1	0	0	0	2	110	5,590		96		2	1	1	1	1	1	0	1	1	7	150	4,590			
47	G	1	1	1	1	0	1	1	1	1	7	120	2,990		97		3	1	1	1	1	1	0	1	1	7	150	5,990			
48		2	0	0	0	0	0	0	1	0	1	120	1,190		98		4	1	1	1	1	1	0	1	1	7	150	4,590			
49		3	1	0	1	0	1	0	1	1	5	120	3,590		99		5	1	1	1	0	1	0	1	1	6	150	5,390			
50		4	1	0	0	0	1	0	1	1	4	120	4,490		100		6	1	1	1	1	1	0	1	1	7	150	5,990			

หมายเหตุ: B คือ ยี่ห้อเก้าอี้ M คือ รุ่นเก้าอี้ คุณสมบัติของเก้าอี้ ได้แก่ (1) วัสดุแข็งแรง (2) ปรับเอนหลังได้ (3) มีที่พักแขน (4) มีหมอนรองคอ (5) ปรับความสูงเบาะได้ (6) ใช้วัสดุระบายอากาศดี (7) รับน้ำหนักได้มาก และ (8) ใช้วัสดุทำความสะอาดง่าย W คือ น้ำหนักที่รองรับได้ (กิโลกรัม) P คือ ราคา (บาท)

ที่มา: ผู้เขียนสร้างเอง