การประยุกต์ใช้ TRIZ และวิศวกรรมปัจจัยมนุษย์ในการปรับปรุงที่นั่งชิงช้า
Application of TRIZ and Human Factors Engineering in Swing Seat Improvement

พรศิริ จงกล[1] ภาคิน อัตตวิริยะสุวร[1] มนัญชยา ถาวรสวัสดิ์[1] รชนีกร พลปัถพี[1] และสุภารัตน์ ค้างสันเทียะ[2]*
Pornsiri Jongkol[1], Phakin Attawiri Yasuworn[1], Mananchaya Thawonsawat[1],
Rachaneekorn Polpattapee[1] and Suparat Khangsantia[2]*
[1]สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
[1]Institute of Engineering, Suranaree University of Technology
[2]คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
[2]Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Rattanakosin
*Corresponding author: KangsantiaBT@hotmail.com
Received: March 1, 2024
Revised: May 1, 2024
Accepted: May 8, 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ ดังนี้ (1) เพื่อวิเคราะห์ลักษณะการเกิดอุบัติเหตุและอาการบาดเจ็บของเด็กที่เกิดจากการเล่นชิงช้า (2) เพื่อศึกษาความคิดเห็นของเด็กเกี่ยวกับที่นั่งชิงช้า และ (3) เพื่อเสนอแนวทางการปรับปรุงที่นั่งชิงช้าโดยใช้ TRIZ และวิศวกรรมปัจจัยมนุษย์ กรณีศึกษาของงานวิจัยนี้เป็นโรงเรียนประถมศึกษาแห่งหนึ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างของประเทศไทย เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยคือ แบบสอบถาม และ TRIZ แบบสอบถามมี 2 ส่วน ส่วนที่ 1 คือ ข้อมูลส่วนบุคคล เช่น อายุ เพศ ชั้นเรียน ส่วนที่ 2 ข้อมูลการเกี่ยวกับการเล่นชิงช้า เช่น การเกิดอุบัติเหตุ อาการบาดเจ็บ เป็นต้น ผู้ตอบแบบสอบถามเป็นเด็กนักเรียนอายุ 7-12 ขวบ สถิติที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ค่ามากที่สุด ค่าน้อยที่สุด ค่าร้อยละ จากผลการวิเคราะห์การเกิดอุบัติเหตุพบว่า เด็กที่เคยเกิดอุบัติเหตุในการเล่นชิงช้ามีร้อยละ 41.1 โดยเป็นการพลักตกจากชิงช้าจำนวนร้อยละ 27.7 ลักษณะการบาดเจ็บที่มากที่สุด คือ แผลถลอกคิดเป็นร้อยละ 16.0 เด็กได้แสดงความคิดเห็นของเกี่ยวกับที่นั่งชิงช้าดังนี้ ที่นั่งต่ำเกินไปร้อยละ 30.0 ที่นั่งสูงเกินไปร้อยละ 16.6 ที่นั่งลื่นร้อยละ 15.3 และที่นั่งแคบร้อยละ 6.8 ส่วนผลการใช้ TRIZ ในการแก้ไขปัญหาที่นั่งลื่นพบว่า หลักการในการแก้ปัญหา คือ การเปลี่ยนวัสดุที่ใช้ในการทำที่นั่งจากวัสดุเดิมเป็นเหล็กเปลี่ยนเป็นยางพาราธรรมชาติหล่อขึ้นรูป ที่นั่งมีผิวเรียบ ขอบและมุมโค้งมน ส่วนผลการใช้วิศวกรรมปัจจัยมนุษย์ในการออกแบบที่นั่งชิงช้า พบว่า การออกแบบความกว้างของที่นั่งชิงช้าพิจารณาจากค่าเปอร์เซนไทล์ที่ 95 ของค่าความกว้างของสะโพกขณะนั่ง ส่วนการออกแบบความลึกของที่นั่งชิงช้าพิจารณาค่าเปอร์เซนไทล์ที่ 5 ของระยะจากสะโพกถึงข้อพับเข่าด้านใน

คำสำคัญ: ชิงช้า การออกแบบ วิศวกรรมปัจจัยมนุษย์ ทริซ

Abstract

The objectives of this research were: (1) to analyze accident types and injuries of children during using swing; (2) to study student opinion regarding swing seats; and (3) to propose guidelines for improving swing seats using TRIZ and human factors engineering. A case study was a primary school in north-east Thailand. Tools used were a set of questionnaires and TRIZ. There were two parts to the questionnaire. The first part was personal data such as age, gender, and class. The second part was data regarding playing swing, such as accidents and injuries. Subjects were 7–12 years old. The statistics used were descriptive statistics such as frequency, maximum, minimum, and percentage. Data analysis showed that 41.1% of subjects experienced accidents while playing swing, and 27.7% of them fell off swing seats. The most common pattern of injury was abrasion, which accounted for 16.0%. According to children's opinions related to the swing seat problem, low swing seats accounted for 30.0%, high swing seats accounted for 16.6%, slippery swing seats accounted for 15.3%, and small in width accounted for 6.8%. Using TRIZ to solve a problem of slippery swing seats, the steel used to make swing seats was changed to natural molded rubber with a smooth surface and no sharp point or edge. Using human factors engineering to design dimensions of the swing seat, the 95th percentile of hip breadth (sitting) was used to design seat width, and the 5th percentile of buttock to popliteal was used to design seat depth.

Keywords: swing, design, human factors, TRIZ

บทนำ

วัยเด็กเป็นวัยที่สำคัญเนื่องจากเป็นวัยที่มีพัฒนาการทั้งทางร่างกาย สังคม อารมณ์ รวมทั้งสติปัญญา หากเด็กได้รับการกระตุ้น ส่งเสริมการเข้าถึงหนังสือ สื่อการเรียนรู้ การดูแลเอาใจใส่ อยู่ในสภาพแวดล้อมที่ดี จะนำไปสู่พัฒนาการที่ดีและเป็นรากฐานของชีวิตที่ดีต่อไป การเล่นมีความสำคัญเพราะการเล่นคือกระบวนการสร้างการเรียนรู้ ทำให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ทางสมอง รวมถึงการสร้างทักษะที่ส่งผลกับชีวิตในระยะยาว ได้แก่ ทักษะในการกำกับความคิด อารมณ์ การกระทำ ซึ่งช่วยให้เด็กสามารถบริหารจัดการชีวิตได้อย่างเหมาะสม จะช่วยเด็กเจริญเติบโตไปเป็นผู้ใหญ่ที่มีคุณภาพ สนามเด็กเล่นเป็นสถานที่สำคัญสำหรับการจัดกิจกรรมกลางแจ้งที่ช่วยส่งเสริมพัฒนาการสำหรับเด็ก เนื่องจากเป็นสถานที่ที่ให้เด็กได้ออกกำลังกายเพื่อให้เกิดพัฒนาการทุกด้าน อย่างไรก็ตาม คุณภาพของอุปกรณ์ในสนามเด็กเล่นอาจนำมาซึ่งความเสี่ยงที่เป็นไปได้จากการศึกษาของภาควิชากุมารเวชศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดีที่ตรวจสอบการบาดเจ็บที่เกิดขึ้นจากอุปกรณ์ในสนามเด็กเล่น แล้วพบว่า การบาดเจ็บเหล่านี้มีสัดส่วนเท่ากับร้อยละ 1.47 ของการบาดเจ็บทั้งหมดในเด็กที่มีอายุน้อยกว่า 15 ปีที่ได้รับการรักษาในห้องฉุกเฉิน การศึกษาดังกล่าวได้ประเมินไว้ว่าในแต่ละปีจะมีเด็กประมาณ 34,075 รายที่ได้รับบาดเจ็บจากอุปกรณ์ในสนามเด็กเล่น ส่วนใหญ่มีผลต่อแขน ขา ใบหน้า และศีรษะ การบาดเจ็บรุนแรงที่พบบ่อย คือ กระดูกหักที่แขนหรือข้อมือและการบาดเจ็บที่ศีรษะ สาเหตุสำคัญอื่น ๆ ได้แก่การพลัดตก การชนกระแทกกับเครื่องเล่นที่เคลื่อนไหว การวิ่งชนเครื่องเล่น และการติดค้างหรือถูกหนีบโดยเครื่องเล่น (Bunma et al., 2017; Junthepa & Nathapindhu, 2012) ความเสี่ยงสูงสุดในการเกิดอุบัติเหตุในสนามเด็กเล่นของเด็กประถมอายุ 7-12 ปี เป็นความเสี่ยงที่เกิดจากการพลัดตกจากชิงช้า (Chongjaroenjai et al., 2023) อุบัติเหตุในสนามเด็กเล่น

ทำให้เกิดการสูญเสียค่าใช้จ่ายที่สูงมากในแต่ละปี อีกทั้งเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบร้ายแรงต่อเด็กผู้เสียชีวิตในปัจจุบัน จึงควรป้องกันอุบัติเหตุให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (Shupmahasan & Sirisuwan, 2020)

การลดความเสี่ยงและป้องกันอุบัติเหตุของเด็กที่อาจเกิดในขณะเล่นจำเป็นต้องสร้างสภาพแวดล้อมที่ปลอดภัย (Saenbudda, 2017) ซึ่งทำได้โดยการสร้างสนามเด็กเล่นให้สอดคล้องตามหลักการออกแบบสนามเด็กเล่นดังปรากฏในคู่มือสนามเด็กเล่นปลอดภัย (Sub-Committee on Protection of Playground and Its Equipment and Devices, 2008) ในการศึกษาของ Chongjaroenjai et al. (2023) พบว่า ชิงช้าเป็นเครื่องเล่นที่มีอุบัติเหตุมากที่สุด จึงควรมีการศึกษาสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุดังกล่าว รวมถึงองค์ประกอบอื่นเพิ่มเติม เช่น ความแข็งแรงของเด็ก ลักษณะของชิงช้า งานวิจัยนี้ได้พิจารณาความคิดเห็นของเด็กเกี่ยวกับที่นั่งของชิงช้า และนำ วิศวกรรมปัจจัยมนุษย์และTRIZ ซึ่งเป็นหลักการที่นิยมใช้ในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ในเชิงวิศวกรรมมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบที่นั่งชิงช้าเพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อเด็ก โดยใช้กรณีศึกษาเป็นโรงเรียนประถมศึกษาแห่งหนึ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างของประเทศไทย

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์ลักษณะการเกิดอุบัติเหตุและอาการบาดเจ็บของเด็กที่เกิดจากการเล่นชิงช้า

2. เพื่อศึกษาความคิดเห็นของเด็กเกี่ยวกับที่นั่งชิงช้า

3. เพื่อเสนอแนะแนวทางการออกแบบเพื่อปรับปรุงที่นั่งชิงช้าโดยใช้หลัก TRIZและวิศวกรรมปัจจัยมนุษย์

แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้คือมาตรฐานความปลอดภัยชิงช้า วิศวกรรมปัจจัยมนุษย์ และหลักการ TRIZ

มาตรฐานความปลอดภัยชิงช้า

คณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้กำหนดให้ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเครื่องเล่นสนามสาธารณะประเภทชิงช้า ต้องเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเครื่องเล่นสนามสาธารณะเล่ม 1 ชิงช้า ข้อกำหนดเฉพาะเพิ่มเติมด้านความปลอดภัยและวิธีทดสอบ มาตรฐานเลขที่ มอก. 3000 เล่ม 1-2562 นอกจากนี้คณะอนุกรรมการวิชาการคุ้มครองความปลอดภัยของสนามเด็กเล่นอุปกรณ์เครื่องเล่นสนามและอุปกรณ์ออกกำลังกายสนามได้จัดทำคู่มือสนามเด็กเล่นปลอดภัย เพื่อกำหนดความปลอดภัยของสนามเด็กเล่นและอุปกรณ์เครื่องเล่น เช่น ชิงช้าแกว่งหน้าหลัง (to-fro single axis swing) ซึ่งมีเนื้อหาโดยสรุป ดังนี้ ตำแหน่งที่ตั้ง (placement) จะต้องตั้งในตำแหน่งที่ห่างจากเครื่องเล่นอื่นและทางสัญจร (circulation area) และจะต้องไม่เชื่อมติดกับโครงสร้างเครื่องเล่นรวม การออกแบบโครงสร้างรองรับ (support structure) ต้องไม่ทำให้ปีนป่ายได้และต้องไม่มีผิวพื้นตกแต่ง (designated play area) ในส่วนของที่นั่ง (seat) นั้น กำหนดให้ช่องระหว่างเสาค้ำชิงช้า (swing bay) ในหนึ่งช่อง มีที่นั่งได้ไม่เกิน 2 ที่นั่ง แต่ไม่จำกัดจำนวนช่องระหว่างเสาค้ำชิงช้าในโครงสร้างหนึ่ง โดยมีที่นั่งหนึ่งที่ต่อผู้เล่นหนึ่งคน ที่นั่งจะต้องมีผิวราบเรียบและขอบโค้งมน ไม่ควรใช้ที่นั่งแบบแข็งและมีน้ำหนัก เช่น วัสดุที่ทำจากไม้หรือโลหะ

วิศวกรรมปัจจัยมนุษย์ (human factors engineering)

วิศวกรรมปัจจัยมนุษย์ คือ การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคนกับสิ่งแวดล้อมในสภาพการทำงาน โดยการประยุกต์หลักการทางกายภาพและสรีรวิทยาของมนุษย์มาประสานเข้ากับองค์ความรู้ทางด้านวิศวกรรมเพื่อนำมาออกแบบและจัดสภาพการปฏิบัติงานให้เกิดความเหมาะสมกับความสามารถและข้อจำกัดของร่างกายผู้ปฏิบัติงาน ในปัจจุบันได้มีการนำเอาความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับมนุษย์มาประยุกต์ใช้กับการออกแบบสิ่งต่าง ๆ ที่มนุษย์มีปฏิสัมพันธ์ด้วยให้เกิดความเหมาะสมระหว่างมนุษย์และสิ่งต่าง ๆ รอบตัวเหล่านั้น เช่น การออกแบบโต๊ะทำงาน สถานีงาน เครื่องมือกล เป็นต้น Sanders and McCormick (1993) ได้แนะนำหลักการออกแบบโดยใช้สัดส่วนร่างกายของมนุษย์3ประการคือ ประการที่ 1 การออกแบบโดยใช้ค่าเฉลี่ย (design for average) เป็นการใช้ค่าเฉลี่ยของสัดส่วนร่างกายของมนุษย์ในการออกแบบ ซึ่งเป็นวิธีการที่ง่าย แต่มีข้อเสียคืออุปกรณ์หรือสิ่งของที่ออกแบบอาจไม่รองรับกับผู้ใช้งานส่วนใหญ่ ประการที่ 2 การออกแบบโดย

ใช้ค่าพิสัย (design for range) ซึ่งส่วนใหญ่ใช้ในการออกแบบอุปกรณ์หรือสิ่งของที่ทำให้ผู้ใช้งานสามารถปรับให้เหมาะสมกับตนเองได้ เช่น เก้าอี้ปรับความสูงได้ และประการที่ 3 การออกแบบโดยใช้ค่าสูงสุดหรือต่ำสุด (design for extremes) ซึ่งเป็นการออกแบบเพื่อรองรับผู้ใช้งานส่วนใหญ่โดยใช้ค่าเปอร์เซนไทล์ที่มาก เช่น ค่าเปอร์เซนไทล์ที่ 95 หรือค่าเปอร์เซนไทล์ที่น้อย เช่น ค่าเปอร์เซนไทล์ที่ 5

TRIZ

TRIZ--Theory of Inventive Problem Solving ถูกคิดค้นในปี ค.ศ. 1946 ซึ่งเป็นช่วงสงครามโลกครั้งที่ 2 โดยนักวิทยาศาสตร์ชาวรัสเซียชื่อ Genrich Altshuller เพื่อใช้เป็นเครื่องมือและฐานความรู้ต่าง ๆ ในการแก้ปัญหาทางเทคนิคและเชิงประดิษฐ์คิดค้น ทำให้ได้คำตอบในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นทั้งในกระบวนการผลิตหรือในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ประกอบด้วย คุณสมบัติมาตรฐานของปัญหาทางเทคนิค 39 ประการ และหลักการในการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น 40 ประการ

คุณสมบัติมาตรฐาน 39 ประการ ของ Altshuller มี ดังนี้ (1) น้ำหนักของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่ (2) น้ำหนักของวัตถุซึ่งหยุดนิ่ง (3) ความยาวของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่ (4) ความยาวของวัตถุหยุดนิ่ง (5) พื้นที่ของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่ (6) พื้นที่ของวัตถุซึ่งหยุดนิ่ง (7) ปริมาตรของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่ (8) ปริมาตรของวัตถุซึ่งหยุดนิ่ง (9) ความเร็ว (10) แรง (11) ความดัน (12) รูปร่าง (13) เสถียรภาพขององค์ประกอบ (14) ความแข็งแรง (15) ความทนทานของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่ (16) ความทนทานของวัตถุซึ่งหยุดนิ่ง (17) อุณหภูมิ (18) ความสว่าง (19) พลังงานที่ใช้ไปโดยวัตถุซึ่งเคลื่อนที่ (20) พลังงานที่ใช้ไปโดยวัตถุซึ่งหยุดนิ่ง (21) กำลัง (22) การสูญเสียพลังงาน (23) การสูญเสียสสาร (24) การสูญเสียข้อมูลข่าวสาร (25) การสูญเสียเวลา (26) จำนวนสสาร (27) ความน่าเชื่อถือ (28) ความแม่นยำในการวัด (29) ความแม่นยำในการผลิต (30) ปัจจัยอันตรายซึ่งกระทำต่อวัตถุภายนอก (31) ปัจจัยอันตรายซึ่งวัตถุสร้างขึ้น (32) ความสามารถในการผลิต (33) ความสะดวกในการใช้ (34) ความสามารถในการซ่อมแซมได้ (35) ความสามารถในการปรับใช้ได้ (36) ความซับซ้อนของอุปกรณ์ (37) ความซับซ้อนในการควบคุม (38) ระดับของความอัตโนมัติ และ (39) กำลังการผลิต

หลักการในการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น 40 ประการ มีดังนี้ (1) การแบ่งส่วน (2) การสกัดออก/แยกออก (3) ลักษณะเฉพาะ (4) การไม่สมมาตร (5) ควบรวมกัน (6) ทำให้อเนกประสงค์ (7) ซ้อนทับกัน (8) ต่อต้านน้ำหนัก (9) ต่อต้านไว้ก่อน (10) การกระทำก่อน (11) ป้องกันไว้ก่อน (12) ศักยภาพสมดุลเท่ากัน (13) ทำตรงกันข้าม (14) ส่วนโค้งทรงกลม (15) พลวัต (16) ทำบางส่วนหรือทำเกิน (17) เปลี่ยนสู่มิติอื่น (18) การสั่นเชิงกล (19) การกระทำเป็นจังหวะ (20) ทำประโยชน์อย่างต่อเนื่อง (21) ข้ามกระโดด/รีบทำ (22) ใช้วิกฤติให้เป็นประโยชน์ (23) ป้อนกลับ (24) ตัวกลาง (25) บริการตัวเอง (26) เลียนแบบ (27) ใช้แล้วทิ้ง (28) แทนระบบเชิงกล (29) ระบบไฮดรอลิคและนิวแมติค (30) เยื่อยืดหยุ่นหรือฟิล์มบาง (31) วัสดุรูพรุน (32) เปลี่ยนสี (33) เป็นเนื้อเดียวกัน (34) ใช้ชิ้นส่วนที่สลายและเกิดใหม่ (35) เปลี่ยนคุณลักษณะหรือคุณสมบัติ (36) แปลงสถานะ (37) ขยายตัวด้วยความร้อน (38) เร่งออกซิเดชัน (39) บรรยากาศเฉื่อย (40) วัสดุคอมโพสิท

การทบทวนวรรณกรรม

Kittivorakan and Payoongpan (2009) ได้ปรับปรุงเครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์ โดยเริ่มจากวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาที่ทำให้เกิดการแตกหักของเมล็ดข้าว ซึ่งพบว่า ส่วนที่ทำให้เมล็ดข้าวแตกเสียหายได้มากที่สุด คือ (1) จานหว่าน (2) ใบกวน และ (3) ครีบหว่าน ซึ่งในการแก้ไขปัญหามักพบว่า เมื่อต้องการปรับปรุงคุณสมบัติอย่างหนึ่งให้ดีขึ้นอาจจะส่งผลให้คุณสมบัติอีกอย่างด้อยลง ในการแก้ปัญหาคู่ความขัดแย้งนี้ ได้ใช้ TRIZ ในการสร้างตารางเมตริกซ์ความขัดแย้งเชิงเทคนิคและหลักการ 40 ข้อ ในการแก้ปัญหาซึ่งนำไปสู่คำตอบที่ต้องนำไปพัฒนาต่อเพื่อนำมาใช้งานจริงได้ต่อไป Phongpaew (2012) ได้ศึกษาแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการผลิตเลนส์สายตาที่ทำจากพลาสติกชนิดโพลีคาร์บอเนต เนื่องจากกำลังการผลิตเดิมไม่สามารถตอบสนองต่อการพยากรณ์ยอดขายในอนาคตได้ จากการศึกษากรรมวิธีการผลิตพบว่า ขั้นตอนที่ต้องปรับปรุง คือ ขั้นตอนที่เลนส์ใช้เวลาในการหล่อเย็นในแม่พิมพ์เพื่อให้พลาสติกเหลวแข็งตัวเป็นเลนส์ ซึ่งคิดเป็น 78.3 % ของรอบเวลาการผลิต ดังนั้นแนวทางในการแก้ไข

คือ การประยุกต์ใช้หลักการของ Unified Structured Inventive Thinking ซึ่งเป็นหนึ่งในแนวคิดของการแก้ปัญหาเชิงนวัตกรรม (TRIZ) โดยปัญหาที่มีลักษณะขัดแย้งกันที่ต้องเลือกระหว่างระยะเวลาการหล่อเย็นเลนส์กับคุณภาพของเลนส์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ จากการวิเคราะห์พบว่า สามารถสร้างแนวคิดในการพัฒนาระบบเพื่อให้มีกำลังการผลิตที่สูงขึ้นและตอบสนองต่อนโยบายการดำเนินงานของบริษัทในอนาคต

Kulem et al. (2014) ศึกษาเปรียบเทียบร้อยละความสอดคล้องของขนาดโต๊ะและเก้าอี้กับขนาดสัดส่วนร่างกายของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาในจังหวัดสงขลา จำนวน 360 คน แบ่งเป็นชาย 175 คน หญิง 185 คน โดยวัดขนาดสัดส่วนร่างกายของนักเรียนทั้งหมด 8 สัดส่วน ตัวอย่างสัดส่วนร่างกายแสดงในตาราง 1 และวัดขนาดสัดส่วนโต๊ะ เก้าอี้ ทั้งหมด 6 สัดส่วน จากนั้นนำข้อมูลขนาดสัดส่วนร่างกายและสัดส่วนของโต๊ะเก้าอี้ที่วัดได้มาเปรียบเทียบตามสมการทางวิศวกรรมปัจจัยมนุษย์เพื่อวิเคราะห์ความสอดคล้อง ซึ่งพบว่า ค่าความสูงของที่นั่ง ระยะระหว่างที่นั่งกับความสูงของโต๊ะ ความลึกของที่นั่ง ระยะขอบบนของพนักพิง ระยะระหว่างที่นั่งกับขอบล่างสุดของโต๊ะ และความกว้างของที่นั่งมีระดับความสอดคล้องกับขนาดสัดส่วนของร่างกายนักเรียนเป็น 3.61% 5.57% 15.56% 36.72% 81.02% และ 98.08% ตามลำดับ ดังนั้นจึงทำการปรับสัดส่วนโต๊ะเก้าอี้ตามหลักวิศวกรรมปัจจัยมนุษย์ เพื่อทำให้ได้ค่าระดับความสอดคล้องที่เพิ่มมากขึ้น ผลที่ได้พบว่า ระดับความสอดคล้องของ ความสูงของที่นั่ง ระยะระหว่างที่นั่งกับความสูงของโต๊ะ ความลึกของที่นั่ง ระยะขอบบนของพนักพิง ระยะระหว่างที่นั่งกับขอบล่างสุดของโต๊ะและความกว้างของที่นั่ง เพิ่มขึ้นเป็น 66.48% 65.64% 62.68% 100% 98.52% และ 99.52% ตามลำดับ จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าขนาดสัดส่วนโต๊ะเก้าอี้ของนักเรียนที่ใช้ในปัจจุบันควรจะมีการปรับโดยใช้หลักการทางวิศวกรรมปัจจัยมนุษย์เพื่อลดระดับความไม่สอดคล้องของสัดส่วนดังกล่าว

Jongkol and Chatmuangpak (2012) ใช้หลักวิศวกรรมปัจจัยมนุษย์ในการศึกษาการทำงานของคนงานในสถานประกอบการก่อสร้างอาคารจำนวน 20 คน โดยงานคอนกรีตแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ งานตักส่วนผสมคอนกรีต งานลำเลียงส่งคอนกรีต และงานเทส่วนผสมคอนกรีต งานลำเลียงส่งคอนกรีตและงานเทส่วนผสมคอนกรีตเป็นงานที่มีการเคลื่อนย้ายคอนกรีตทั้งในแนวนอนและแนวตั้ง เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่ ดัชนีความเครียดในงาน (job strain index) ใช้เพื่อประเมินความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บ OVAKO Working Posture Analysis System--OWAS ใช้เพื่อประเมินภาระงานที่เกิดจากการทรงตัวในท่าทางการทำงานต่าง ๆ นอกจากนี้ยังใช้แบบสอบถามมาตรฐานของนอร์ดิกเพื่อประเมินอาการของโรคกล้ามเนื้อและกระดูกของคนงาน ในการเปรียบเทียบภาระงานทางกายภาพของการขนย้ายคอนกรีตในทิศทางต่าง ๆ งานวิจัยนี้ได้วัดและวิเคราะห์อัตราการเต้นของหัวใจ ผลการศึกษาพบว่า ดัชนีความเครียดในงานมีค่าเท่ากับ 3 หรือต่ำกว่า ซึ่งบ่งชี้ว่างานคอนกรีตในงานวิจัยดังกล่าวนี้มีความปลอดภัย

ตาราง 1

สัดส่วนร่างกายของตัวอย่างเด็กไทยในช่วงอายุ 7-12 ปีในจังหวัดสงขลา (หน่วย:เซนติเมตร)

สัดส่วนร่างกาย	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เปอร์เซนไทล์ที่ 5	เปอร์เซนไทล์ที่ 95
ความกว้างสะโพก	29.32	4.22	23.97	36.68
ระยะจากสะโพกถึงข้อพับเข่าด้านใน	38.30	3.51	32.24	43.83
ความสูงของข้อพับเข่าด้านใน	37.20	2.80	32.29	41.10

Note. From Match between dimensions of classroom desk and chair and anthropometric data of primary school students: A case study of a school in Songkhla by R. Kulem, K. Pochana and A. Sungkhapong, 2014, *KKU Engineering Journal, 41*(4), pp. 463-471 Copyright by Khon Kean University

กรอบแนวคิดการวิจัย

กรอบแนวคิดของงานวิจัยนี้ คือ การวิเคราะห์ความคิดเห็นของเด็กเกี่ยวกับที่นั่งชิงช้าและใช้หลักการวิศวกรรมปัจจัยมนุษย์และTRIZ ในการนำเสนอแนวทางการปรับปรุงที่นั่งของชิงช้า ข้อจำกัดในงานวิจัยนี้ คือ การขาดข้อมูลสัดส่วนร่างกายของเด็กวัย 7-12 ปี บางรายการที่จำเป็นต้องใช้ในการออกแบบ งานวิจัยนี้จึงใช้ข้อมูลสัดส่วนร่างกายของเด็กวัย 7-12 ปี ในงานวิจัยของ Kulem et al. (2014) ในการออกแบบขนาดของที่นั่งชิงช้า

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ติดต่อโรงเรียนกรณีศึกษาเพื่อทำการขออนุญาตเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามให้เด็กตอบและการสอบถามทางวาจา

2. เก็บข้อมูลเบื้องต้นของเครื่องเล่นชิงช้า ได้แก่ ขนาดของชิงช้า ขนาดที่นั่ง วัสดุที่ใช้ในการทำที่นั่งของชิงช้า พื้นบริเวณชิงช้า รวมถึง บันทึกภาพของชิงช้า

3. อธิบายวัตถุประสงค์ของงานวิจัยและวิธีการวิจัยให้เด็กทราบ จากนั้นให้เด็กตอบแบบสอบถามและตอบทางวาจา นำผลจากการตอบแบบสอบถามและผลจากการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นมาวิเคราะห์ปัญหาของที่นั่งชิงช้า

4. จัดทำข้อเสนอแนะในการปรับปรุงที่นั่งของชิงช้า โดยใช้TRIZและวิศวกรรมปัจจัยมนุษย์

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในงานวิจัยนี้ คือ เด็กอายุตั้งแต่ 7-12 ปี ที่เรียนอยู่ในโรงเรียนกรณีศึกษาจำนวน 163 คน และใช้จำนวนตัวอย่างเท่ากับจำนวนประชากร เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมการวิจัย (inclusion criteria) คือ กลุ่มอาสาสมัครต้องเป็นเด็กอายุ 7-12 ปี ทั้งเพศชายและเพศหญิง โดยให้จำนวนอาสาสมัครในแต่ละเพศมีความใกล้เคียงกัน เท่าที่จะเป็นไปได้ และ เกณฑ์การคัดออกผู้เข้าร่วมการวิจัย (exclusion criteria) คือ กลุ่มเด็กที่ป่วย เช่น ปวดศีรษะเป็นไข้ ท้องเสีย มีโรคประจำตัว

การเก็บรวบรวมข้อมูล

งานวิจัยนี้รวบรวมข้อมูลในช่วงเดือนมกราคม 2565 โดยใช้ข้อมูลจากโรงเรียนกรณีศึกษาที่อนุญาตให้เข้าพื้นที่โรงเรียนในช่วงสถานการณ์โรคระบาด COVID19 โรงเรียนดังกล่าวเปิดสอนระดับอนุบาล 1 ถึง ระดับประถมศึกษาชั้นปีที่ 6 มีเด็กนักเรียนจำนวน 196 คนแบ่งเป็นนักเรียนชั้นอนุบาล 33 คน และนักเรียนประถมศึกษา 163 คน งานวิจัยนี้ได้ผ่านการขอรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ รหัสโครงการ EC-65-0005 เด็กที่เข้าร่วมงานวิจัยได้รับทราบถึงวัตถุประสงค์ของงานวิจัยและวิธีการดำเนินการวิจัยแล้วลงชื่อในหนังสือแสดงเจตนายินยอม จากนั้นจึงได้ตอบแบบสอบถามในเรื่องข้อมูลส่วนบุคคล ข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุในการใช้งานชิงช้า และข้อคิดเห็นเกี่ยวกับการใช้งานชิงช้า ตามลำดับ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยมี ดังนี้

1. แบบสอบถาม แบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 คือ ข้อมูลส่วนบุคคล เช่น อายุ เพศ ชั้นเรียน ส่วนที่ 2 ข้อมูลการเกี่ยวกับการเล่นชิงช้า เช่น การเกิดอุบัติเหตุ อาการบาดเจ็บ เป็นต้น

2. TRIZ เครื่องมือและฐานความรู้ต่าง ๆ ในการแก้ปัญหาทางเทคนิคและเชิงประดิษฐ์คิดค้น ทำให้ได้คำตอบในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น

3. เทปวัดระยะ

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่และค่าร้อยละ ใช้ในการนับจำนวนการเกิดอุบัติเหตุและอาการบาดเจ็บของเด็กที่เกิดจากการเล่นชิงช้า ส่วนค่ามากที่สุดและค่าน้อยที่สุดใช้ในการวิเคราะห์ลักษณะของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นมากที่สุดและน้อยที่สุด

ผลการศึกษา

ผลการสำรวจลักษณะการเกิดอุบัติเหตุและอาการบาดเจ็บของเด็กที่เกิดจากการเล่นชิงช้า

นักเรียนจากโรงเรียนกรณีศึกษาที่มีอายุ 7-12 ปี มีจำนวน 163 คนแบ่งตามอายุได้ดังตาราง 2 นักเรียนอายุ 11 ปี มีจำนวนมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 23.3 ส่วนนักเรียนอายุ 12 ปี มีจำนวนน้อยที่สุดคิดเป็นร้อยละ 9.2 จำนวนนักเรียนเพศชายและหญิงใกล้เคียงกันคือ 82 และ 81 คน ตามลำดับ

ผลการสำรวจการเกิดอุบัติเหตุของนักเรียนแสดงในตาราง 3 พบว่า มีเด็กที่ไม่เคยเกิดอุบัติเหตุจากการเล่นชิงช้าจำนวน 96 คนหรือร้อยละ 58.9 ส่วนเด็กที่เคยเกิดอุบัติเหตุมีจำนวน 67 คน หรือร้อยละ 41.1 แบ่งเป็นเด็กอายุ 7 ขวบจำนวน 12 คน เด็กอายุ 8 ขวบจำนวน 11 คน เด็กอายุ 9 ขวบจำนวน 10 คน เด็กอายุ 10 ขวบจำนวน 9 คน เด็กอายุ 11 ขวบ จำนวน 19 คน และเด็กอายุ 12 ขวบ จำนวน 6 คน

เมื่อพิจารณาลักษณะการเกิดอุบัติเหตุในตาราง 4 พบว่า ลักษณะของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นมากที่สุด คือ การพลัดตกจากชิงช้า โดยมีเด็กพลัดตกจากชิงช้าจำนวน 45 คน แบ่งเป็นเด็กอายุ 7 ขวบ จำนวน 6 คน เด็กอายุ 8 ขวบ จำนวน 9 คน เด็กอายุ 9 ขวบ จำนวน 7 คน เด็กอายุ 10 ขวบ จำนวน 5 คน เด็กอายุ 11 ขวบ จำนวน 13 คน และเด็กอายุ 12 ขวบ จำนวน 5 คน ลักษณะของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นน้อยที่สุด คือ เครื่องเล่นชำรุด ส่วนอุบัติเหตุอื่น ๆ ได้แก่ ถูกขอบที่นั่งขูดผิวหนัง

ผลการสอบถามเกี่ยวกับลักษณะอาการบาดเจ็บ (ตาราง 5) พบว่า ส่วนใหญ่ไม่มีบาดแผลจากการเล่นชิงช้า ในขณะที่เด็กที่มีแผลฟกช้ำ จำนวน 7 คน เด็กที่มีแผลถลอก จำนวน 26 คน และเด็กที่มีแผลฉีกขาด จำนวน 6 คน

ตาราง 2

จำนวนเด็กที่เคยได้รับอุบัติเหตุจากการเล่นชิงช้าจำแนกตามอายุและเพศ

เพศ	**อายุ (ปี)**						
	7	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**รวม (คน)**
ชาย	13	18	14	13	17	7	82
หญิง	20	10	9	13	21	8	81
รวม (คน)	33	28	23	26	38	15	163
ร้อยละ	20.2	17.2	14.1	16.0	23.3	9.2	100

ตาราง 3

จำนวนครั้งของการเกิดอุบัติเหตุจากการเล่นชิงช้าจำแนกตามอายุ

จำนวนการเกิดอุบัติเหตุ (ครั้ง)	อายุ (ปี)							
	7	8	9	10	11	12	รวม (คน)	ร้อยละ
ไม่เคยเกิดอุบัติเหตุ	21	17	13	17	19	9	96	58.9
เคยเกิดอุบัติเหตุ	12	11	10	9	19	6	67	41.1
1	9	8	6	5	10	1	39	23.9
2	-	3	3	2	5	-	13	8.0
3	3	-	-	2	3	4	12	7.4
มากกว่า 3	-	-	1	-	1	1	3	1.8
รวม	33	28	23	26	38	15	163	100

ตาราง 4

ลักษณะการเกิดอุบัติเหตุ

ลักษณะการเกิดอุบัติเหตุ	อายุ (ปี)							
	7	8	9	10	11	12	รวม (คน)	ร้อยละ
ไม่เคยเกิดอุบัติเหตุ	21	17	13	17	19	9	96	58.9
พลัดตก	6	9	7	5	13	5	45	27.7
ชน/กระแทก	6	2	3	2	3	-	16	9.8
อื่น ๆ	-	-	-	1	1	1	3	1.8
เครื่องเล่นชำรุด	-	-	-	1	2	-	3	1.8
รวม	33	28	23	26	38	15	163	100

ตาราง 5

ลักษณะอาการบาดเจ็บ

ลักษณะอาการบาดเจ็บ	อายุ (ปี)							
	7	8	9	10	11	12	รวม (คน)	ร้อยละ
ไม่มีบาดแผล	30	19	19	20	26	9	123	75.4
แผลฟกช้ำ	1	3	-	1	-	2	7	4.3
แผลถลอก	1	4	2	4	11	4	26	16.0
แผลฉีกขาด	1	2	2	1	-	-	6	3.7
อื่น ๆ	-	-	-	-	1	-	1	0.6
รวม	33	28	23	26	38	15	163	100

ผลการศึกษาความคิดเห็นของเด็กเกี่ยวกับที่นั่งชิงช้า

จากการสอบถามความคิดเห็นของเด็กเกี่ยวกับที่นั่งชิงช้า (ตาราง 6) พบว่า เด็กส่วนใหญ่มีปัญหาเกี่ยวกับความสูงของชิงช้า เช่น ที่นั่งชิงช้าต่ำเกินไป 49 คน ที่นั่งชิงช้าสูง จำนวน 27 คน ส่วนเด็กที่พบว่า ที่นั่งลื่นมี จำนวน 25 คน และที่นั่งแคบไป 11 คน ดังแสดงในตาราง 6

แนวทางการออกแบบความสูงและขนาดของที่นั่งชิงช้า

จากการสำรวจความสูงและความกว้างของที่นั่งชิงช้าของเดิม พบว่า ความสูงของที่นั่งชิงช้าของเดิมเท่ากับ 34.3 เซนติเมตร ความกว้างของที่นั่งชิงช้าของเดิมเท่ากับ 14.7 เซนติเมตร และความลึกของที่นั่งชิงช้าของเดิมเท่ากับ 40.1 เซนติเมตร วัสดุที่ใช้ทำที่นั่งชิงช้าคือเหล็ก ดังภาพ 1

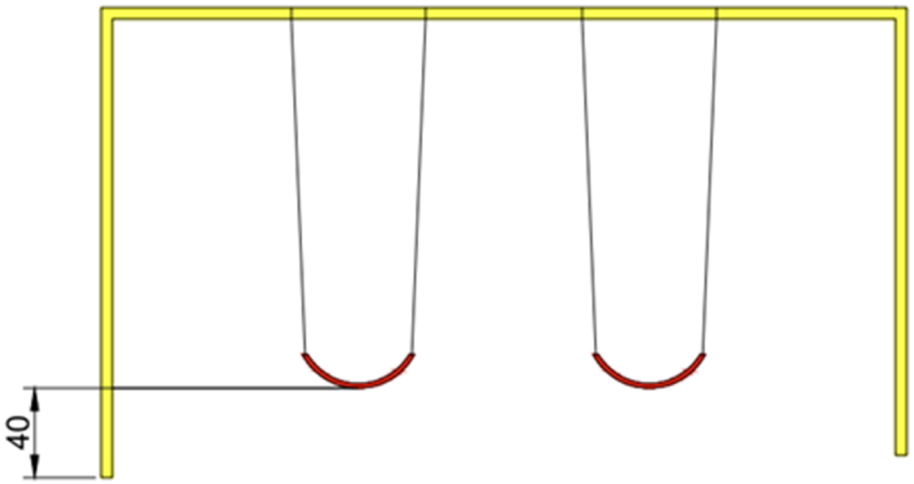
การออกแบบความสูงของที่นั่งชิงช้าของงานวิจัยนี้ใช้หลักการออกแบบเพื่อความปลอดภัยตามคำแนะนำของ U.S. Consumer Product Safety Commission (2015) ซึ่งกำหนดให้ระยะจากพื้นถึงชิงช้าอย่างน้อยเท่ากับ 16 นิ้ว หรือ 40 เซนติเมตร สำหรับเด็กชั้นประถม เพื่อให้เด็กสามารถนั่งลงบนที่นั่งได้ ดังภาพ 2 หากระยะจากพื้นถึงที่นั่งของชิงช้าน้อยเกินไป อาจทำให้ขาของเด็กลากไปตามพื้นขณะชิงช้าแกว่งและเกิดการบาดเจ็บได้

ตาราง 6

ความคิดเห็นของเด็กเกี่ยวกับที่นั่งชิงช้า

ปัญหาที่พบมากที่สุด	อายุ (ปี)							
	7	8	9	10	11	12	รวม (คน)	ร้อยละ
ไม่พบปัญหา	12	9	5	8	12	5	51	31.3
ที่นั่งชิงช้าต่ำเกินไป	8	9	6	8	12	6	49	30.0
ที่นั่งชิงช้าสูง	4	3	8	7	4	1	27	16.6
ที่นั่งลื่น	7	6	3	2	7	-	25	15.3
ที่นั่งแคบ	2	1	1	1	3	3	11	6.8
รวม	33	28	23	26	38	15	163	100

ภาพ 1 ที่นั่งชิงช้าของเดิม



ภาพ 2 ระยะจากพื้นถึงที่นั่งชิงช้าตามคำแนะนำของ

Note. From *Handbook for Public Playground Safety, Pub. No. 325. Maryland* by U.S. Consumer Product Safety Commission, 2015, retrieved from https://www.cpsc.gov/s3fs-public/325.pdf

การออกแบบขนาดของที่นั่งชิงช้าในงานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลสัดส่วนร่างกายของ Kulem et al. (2014) (ตาราง 6) ในการออกแบบความกว้างของที่นั่งชิงช้าด้วยหลักการวิศวกรรมปัจจัยมนุษย์ โดยพิจารณาจากค่าเปอร์เซนไทล์ที่ 95 ของค่าความกว้างของสะโพกขณะนั่ง (hip breadth) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 36.68 เซนติเมตร เพื่อให้เด็กที่มีสะโพกกว้างสามารถนั่งบนที่นั่งได้ ส่วนการออกแบบความลึกของที่นั่งชิงช้าพิจารณาจากหลักการของ Goonetilleke and Feizhou (2001) ที่ได้ให้คำแนะนำว่าถ้าความลึกของที่นั่งมากเกินไปจะทำให้ผู้ใช้งานรู้สึกไม่สบายเพิ่มขึ้น จึงพิจารณาค่าเปอร์เซนไทล์ที่ 5 ของระยะจากสะโพกถึงข้อพับเข่าด้านใน (buttock-popliteal distance) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 32.24 เซนติเมตร นอกจากนี้ควรมีระยะห่างระหว่างขาพับใต้เข่ากับขอบที่นั่งด้านหน้าประมาณ 10 เซนติเมตร เพื่อให้เด็กสามารถพับขาไปด้านหลังได้ ดังนั้นความลึกของที่นั่งจึงไม่ควรเกิน 22.24 เซนติเมตร เมื่อพิจารณาหลักการออกแบบทางวิศวกรรมที่กำหนดมิติต่าง ๆ เป็นเลขจำนวนเต็มแล้ว งานวิจัยนี้จึงเสนอความกว้างของที่นั่งชิงช้ามีค่าอย่างน้อย 40.0 เซนติเมตร ส่วนความลึกของที่นั่งชิงช้ามีค่าไม่เกิน 22.0 เซนติเมตร

การเสนอแนวทางการปรับปรุงเครื่องเล่นชิงช้าโดยใช้ TRIZ

การวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางการปรับปรุงมีวิธีการตามลำดับ ดังนี้

ปัญหาที่พบ คือ 1. ที่นั่งลื่น

การวิเคราะห์ปัญหา: สาเหตุของที่นั่งลื่นคือที่นั่งทำจากเหล็ก อันตรายที่อาจเกิดขึ้น คือ หากที่นั่งกระแทกเด็กอาจทำให้เด็กบาดเจ็บรุนแรงได้ เพื่อปรับปรุงความปลอดภัยของเด็กในขณะเล่นชิงช้าจึงจำเป็นต้องปรับปรุงที่นั่งของชิงช้า จึงสามารถเลือกคุณสมบัติมาตรฐานของปัญหาทางเทคนิคที่จะปรับปรุงและคุณสมบัติมาตรฐานของปัญหาทางเทคนิคที่จะด้อยลงที่สอดคล้องกับความปลอดภัยของเด็กและกำหนดให้เป็นคู่ความขัดแย้งที่ 1

คู่ความขัดแย้งที่ 1 มีองค์ประกอบ ดังนี้

คุณสมบัติมาตรฐานของปัญหาทางเทคนิคที่จะปรับปรุง: การปรับปรุงที่นั่งให้ไม่ลื่นเพื่อไม่ให้เด็กพลัดตกจากชิงช้า (ข้อ 30 ปัจจัยอันตรายซึ่งกระทำต่อวัตถุภายนอก)

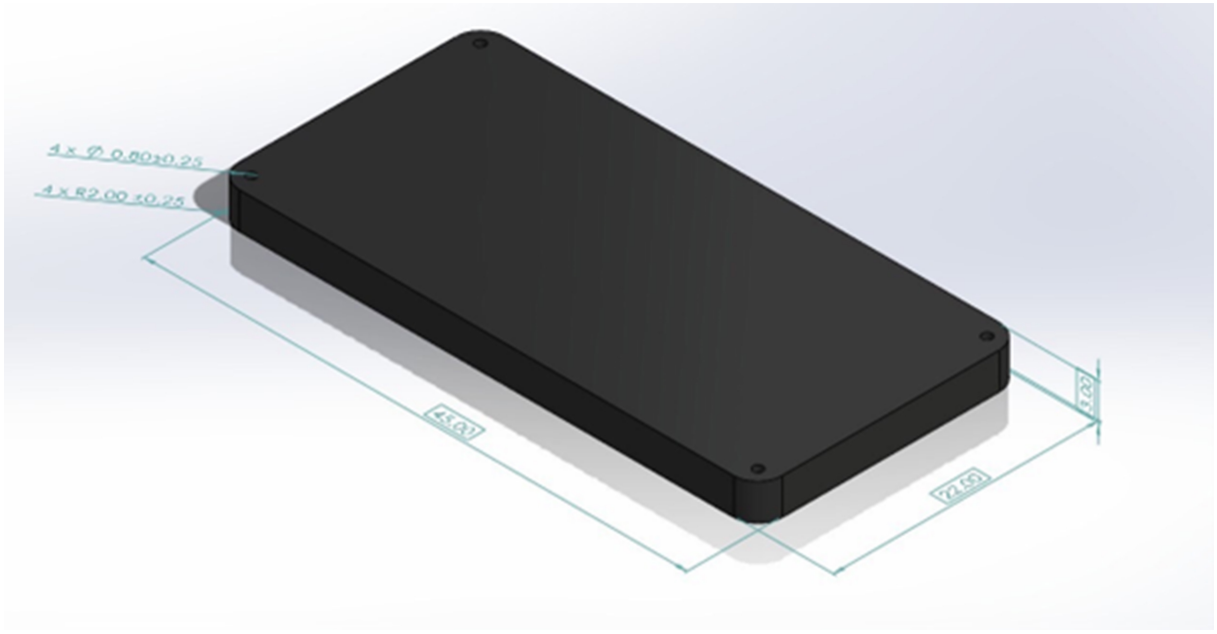
คุณสมบัติมาตรฐานของปัญหาทางเทคนิคที่จะด้อยลง: ความแข็งแรงทนทานของที่นั่ง (ข้อ 14 ความแข็งแรง)

วิธีแก้ไขความขัดแย้งที่ 1 จากตาราง 6 หลักการในการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้นที่นำมาพิจารณาความเป็นไปได้ คือ หลักการที่ 40 เปลี่ยนวัสดุ ดังแสดงในภาพ 3

การพัฒนาคำตอบจากคู่ความขัดแย้ง คือ การเปลี่ยนวัสดุที่ใช้ในการทำที่นั่งจากวัสดุเดิมเป็นเหล็กเปลี่ยนเป็นยางพาราธรรมชาติหล่อขึ้นรูป ที่นั่งมีผิวเรียบ ขอบ และมุมโค้งมน ดังภาพ 4 ซึ่งแสดงขนาด (dimensions) ของที่นั่งที่วางในที่ราบ แต่เมื่อแขวนที่นั่งกับชิงช้าก็จะทำให้ที่นั่งเป็นรูปโค้งเนื่องจากวัสดุเป็นยางและมีความยืดหยุ่น งานวิจัยนี้กำหนดให้มีระยะเผื่อสำหรับการเชื่อมต่อกับสายแขวนด้านละ 2.5 เซนติเมตร ทำให้ความกว้างของชิงช้าโดยรวมเท่ากับ 45 เซนติเมตร และความลึกเท่ากับ 22 เซนติเมตร

	คุณสมบัติมาตรฐานของปัญหาทางเทคนิคที่จะด้อยลง
คุณสมบัติมาตรฐานของปัญหาทางเทคนิคที่จะปรับปรุง	(14, ความแข็งแรง)
(30, ปัจจัยอันตรายซึ่งกระทำต่อวัตถุภายนอก)	(40, เปลี่ยนวัสดุ)

ภาพ 3 ตารางแก้ปัญหาความขัดแย้งทางเทคนิค



ภาพ 4 การออกแบบขนาดที่นั่ง

สรุปผลการวิจัย

ผลการดำเนินงานวิจัยสามารถสรุปผลได้ ดังนี้

1. จากผลการวิเคราะห์การเกิดอุบัติเหตุพบว่า เด็กที่เคยเกิดอุบัติเหตุในการเล่นชิงช้ามีร้อยละ 41.1 โดยเป็นการพลัดตกจากชิงช้าจำนวนร้อยละ 27.7 ลักษณะการบาดเจ็บที่มากที่สุด คือ แผลถลอกคิดเป็นร้อยละ 16.0

2. เด็กได้แสดงความคิดเห็นของเกี่ยวกับที่นั่งชิงช้าดังนี้ ที่นั่งต่ำเกินไปร้อยละ 30.0 ที่นั่งสูงเกินไปร้อยละ 16.6 ที่นั่งลื่นร้อยละ 15.3 และที่นั่งแคบร้อยละ 6.8

3. ผลการใช้ TRIZ ในการแก้ไขปัญหาที่นั่งลื่นพบว่า หลักการในการแก้ปัญหา คือ การเปลี่ยนวัสดุที่ใช้ในการทำที่นั่งจากวัสดุเดิมเป็นเหล็กเปลี่ยนเป็นยางพาราธรรมชาติหล่อขึ้นรูป ที่นั่งมีผิวเรียบ ขอบและมุมโค้งมน ส่วนผลการใช้วิศวกรรมปัจจัยมนุษย์ในการออกแบบที่นั่งชิงช้า พบว่า การออกแบบความกว้างของที่นั่งชิงช้าพิจารณาจากค่าเปอร์เซนไทล์ที่ 95 ของค่าความกว้างของสะโพกขณะนั่ง ส่วนการออกแบบความลึกของที่นั่งชิงช้าพิจารณาค่าเปอร์เซนไทล์ที่ 5 ของระยะจากสะโพกถึงข้อพับเข่าด้านใน

อภิปรายผล

ผลการศึกษาครั้งนี้พบว่า เด็กส่วนใหญ่ (ร้อยละ 68.7) มีความคิดเห็นเกี่ยวกับความสูง ขนาด และความลื่นของที่นั่งชิงช้า ในการปรับปรุงขนาดของที่นั่งชิงช้าให้เหมาะสมกับเด็กซึ่งเป็นผู้ใช้งาน งานวิจัยนี้ออกแบบความกว้างของที่นั่งชิงช้าด้วยหลักการวิศวกรรมปัจจัยมนุษย์ โดยพิจารณาจากค่าเปอร์เซนไทล์ที่ 95 ของค่าความกว้างของสะโพกขณะนั่ง ส่วนการออกแบบความลึกของที่นั่งชิงช้าโดยพิจารณาจากค่าเปอร์เซนไทล์ที่ 95 ของระยะจากสะโพกถึงข้อพับเข่าด้านใน เพื่อรองรับน้ำหนักตัวของร่างกายส่วนบน รวมทั้งสะโพกและขาส่วนบนของเด็กนักเรียนได้อย่างเพียงพอ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kulem et al. (2014) ออกแบบความกว้างของที่นั่งโดยใช้ค่าเปอร์เซนไทล์ที่ 95 ของความกว้างของสะโพกขณะนั่ง

ส่วนการปรับปรุงเรื่องที่นั่งลื่นโดยใช้ TRIZ ผลปรากฏว่า คุณสมบัติมาตรฐานของปัญหาทางเทคนิคที่จะปรับปรุง คือ การปรับปรุงที่นั่งให้ไม่ลื่นเพื่อไม่ให้เด็กพลัดตกจากชิงช้า ในขณะที่คุณสมบัติมาตรฐานของปัญหาทางเทคนิคที่จะด้อยลง คือ ความแข็งแรงทนทานของที่นั่ง วิธีการแก้ไขความขัดแย้ง คือ การเปลี่ยนวัสดุที่ใช้ทำที่นั่ง งานวิจัยของ Rattanasupa and Keawwattana (2007) ได้เสนอแนะว่า คุณสมบัติของยาง คือ มีความยืดหยุ่นและป้องกันการลื่นไถลได้ ยางอีพีดีเอ็มมีคุณสมบัติเชิงกลที่เหมาะสมแก่การใช้งานกลางแจ้ง ได้แก่ ความแข็ง การทนต่อแรงดึง ความสามารถในการยืด แต่มีราคาสูงมาก จึงมีการผลิตยางผสมระหว่างยางธรรมชาติกับยางอีพีดีเอ็มเพื่อให้ราคาลดลง ส่วนยางธรรมชาติจะมีราคาต่ำที่สุด เมื่อพิจารณาราคาของที่นั่งชิงช้าที่ทำจากยางพาราธรรมชาติหล่อขึ้นรูปซึ่งมีขนาดกว้าง 40.0 เซนติเมตร และลึก 30.0 เซนติเมตร ประมาณ 1,200-2,200 บาท ในขณะที่ราคาของที่นั่งชิงช้าที่ทำจากสายพานผ้าใบมีขนาดกว้าง 40.0 เซนติเมตรและลึก 30.0 เซนติเมตร ประมาณ 1,500-1,900 บาท ซึ่งทางโรงเรียนสามารถเลือกใช้วัสดุให้เหมาะสมกับงบประมาณของโรงเรียนที่มีอยู่ได้

ข้อเสนอแนะ

1. ในการประยุกต์ใช้วิศวกรรมปัจจัยมนุษย์ในการปรับปรุงเครื่องเล่นชิงช้าควรมีการเก็บข้อมูลเพิ่มเติม เช่น สัดส่วนร่างกายของเด็กทุกช่วงอายุ เพื่อเป็นประโยชน์ในการออกแบบขนาดของเครื่องเล่นให้เหมาะสมกับช่วงอายุของเด็ก

2. ในการศึกษาสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุของเด็กควรเก็บข้อมูลลักษณะของชิงช้าและความแข็งแรงของเด็กมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม และกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (รหัสโครงการ 160343)

References

Bunma, M., Lawanvadeekul, S., Hunyala, J., Yimlamai, W., & Samuttalak, K. (2017). Environmentand safety of outdoor. *Playground Equipment for Pre-School Child, 11*(2), 146-162. (in Thai)

Chongjaroenjai, P., Attawiriyasuworn, P., & Jongkol, P. (2023). Study of accidents from playing swing of primary students in Nakhon Ratchasima Province. *EAU Heritage Journal Science and Technology, 17*(2), 212-213. (in Thai)

Goonetilleke, R., & Feizhou, S. (2001). A methodology to determine the optimum seat depth. *International Journal of Industrial Ergonomics, 27*, 207-217. doi: 10.1016/S0169-8141(00)00051-2.

Jongkol, P., & Chatmuangpak, A. (2012). Evaluation of concrete work strain in buildings construction. *2012 Southeast Asian Network of Ergonomics Societies Conference (SEANES), Langkawi, Malaysia, 2012* (pp. 1-6). Langkawi, Malaysia: SEANES. doi: 10.1109/SEANES.2012.6299564.

Junthepa, P., & Nathapindhu, G. (2012). Environment and safety of playgrounds at child care centers supervised by local administrative organizations and primary schools, Thabo District, Nongkhai Province. *KKU Journal for Public Health Research, 5*, 1-12. (in Thai)

Kittivorakan, N., & Payoongpan, P. (2009). *Application of TRIZ in modification of centrifugal broadcaster* (Bachelor's project). Naresuan University. Phitsanulok (in Thai)

Kulem, R., Pochana, K., & Sungkhapong, A. (2014). Match between dimensions of classroom desk and chair and anthropometric data of primary school students: A case study of a school in Songkhla. *KKU Engineering Journal, 41*(4), 463-471. (in Thai)

Phongpaew, W. (2012). Production capability improvement by applying TRIZ: A case study of plastic injection molding of Polycarbonate optical lenses. *TNI Journal of Business Administration and Languages, 1*(1), 1-5. (in Thai)

Rattanasupa, B., & Keawwattana, W. (2007). The development of rubber compound based on Natural Rubber (NR) and Ethylene-Propylene-Diene-Monomer (EPDM) Rubber for playground rubber mat. *Agriculture and Natural Resources, 41*(5), 239-47. (in Thai)

Sanbudda, W. (2017). The study of playground context and play behavior of early childhood: Case study Ram Wittaya Prachanusorn School, Sikhio, Nakhonratchasima. *National Conference Home Bhumi No. 3: Wisdom to the Future Faculty of Architecture Khon Kaen University 15-16 June 2017* (pp. 277-290). Khon Kaen: Khon Kaen University (in Thai)

Sanders, M. S., & McCormick, E. J. (1993). *Human factors in engineering and design* (7th ed.). New York: Mcgraw-Hill Book Company.

Shupmahasan, S., & Sirisuwan, P. (2020). Factors contributing to accidents in the performance of the operation team technicians installing the company's cable: A case study. *EAU Heritage Journal Science and Technology, 14*(2), 278–289. (in Thai)

Sub-Committee on Protection of Playground and its Equipment and Devices. (2008). *Handbook of safe child playground*. Bangkok: Consumer Protection Board. (in Thai)

U.S. Consumer Product Safety Commission. (2015). *Handbook for public playground safety, pub. no. 325 Maryland*. Retrieved from https://www.cpsc.gov/s3fs-public/325.pdf