**บทความวิจัย**
การสร้างและหาประสิทธิภาพเครื่องยิงลูกตะกร้อแบบกึ่งอัตโนมัติ
THE BUILD AND THE EFFICIENCY OF THE SEMI-AUTOMATIC SEPAK-TAKRAW BALL SHOOTING MECHANISM FOR TRAINING

# การสร้างและหาประสิทธิภาพเครื่องยิงลูกตะกร้อแบบกึ่งอัตโนมัติ

**นันทวัน ทองพิทักษ์[1] โชคชัย ไตรยสุทธิ์[2*]**
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตศรีสะเกษ[1]
คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ[2*]
*Corresponding author
E-mail address: ts.chokchai@gmail.com

รับบทความ: 11 เมษายน 2567
แก้ไขบทความ: 21 มิถุนายน 2567
ตอบรับบทความ: 26 มิถุนายน 2567

## บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของเครื่องยิงตะกร้อแบบกึ่งอัตโนมัติ ใช้ทฤษฎีการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบโพรเจกไทล์ในการคำนวณการเคลื่อนที่ของลูกตะกร้อ การออกแบบระบบไฟฟ้าโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าที่มีขนาดขับ 10 แรงม้า กระแส 17 แอมแปร์ กระแสล็อกโรเตอร์ 50 แอมแปร์ ความเร็วรอบที่ 1,450 รอบต่อนาที ใช้การทดสายพานแบบชั้นเดียวเพื่อทำการขับมู่เล่ย์ตาม ขนาด 2,4,6,8,10 และ 12 นิ้ว ใช้ทดลองตามความเร็วรอบของเครื่องยิงลูกตะกร้อ โดยกำหนดเวลาการเคลื่อนที่ของลูกตะกร้อคงที่ 1 วินาที หลังจากนั้นทำการวัดระยะและหาประสิทธิภาพ

ผลการวิจัยพบว่า การยิงทดสอบทุกชุดการทดสอบสามารถผ่านเกณฑ์ประสิทธิภาพที่ตั้งไว้ โดยที่การยิงทดสอบชุดที่ 5 มีค่าประสิทธิภาพสูงสุดที่ร้อยละ 97.60 โดยที่ใช้มู่เล่ย์ตามขนาด 5 นิ้ว ความเร็วรอบมู่เลย์ตาม 19.27 เมตร ระยะการเคลื่อนที่ของลูกตะกร้อเฉลี่ย 18.81 เมตร จากการทดสอบและหาประสิทธิภาพพบว่า มีความเป็นไปได้ในการนำเครื่องยิงตระกร้อไปใช้สาธิต และการฝึกซ้อมทั้งในร่มและกลางแจ้ง

**คำสำคัญ:** เซปักตะกร้อ, ประสิทธิภาพ, การเคลื่อนที่วิถีโค้ง

# THE BUILD AND THE EFFICIENCY OF THE SEMI-AUTOMATIC SEPAK-TAKRAW BALL SHOOTING MECHANISM FOR TRAINING

**Nantawan Tongpitak[1] Chokchai Traiyasut[2*]**

Faculty of Education, Thailand National Sports University, Sisaket Campus[1]

Faculty of Liberal Art and Science, Sisaket Rajaphat University[2*]

*Corresponding author

E-mail address: ts.chokchai@gamail.com

Received: April 11, 2024
Revised: June 21, 2024
Accepted: June 26, 2024

**Abstract**

This research aimed to build and determine the efficiency of a semi-automatic Sepak-Trakraw ball. Use projectile object motion theory to calculate Takraw ball movement. The electrical design uses an electric motor with a drive capacity of 10 hp, a current of 17 amperes, and a rotor lock current of 50 amperes, no load speed at 1450 rpm, used single-layer belt reducers to drive pulleys according to the 2, 4, 6, 8, 10, and 12-inch sizes used to experiment with the speed of the Takraw ball by setting the Takraw ball traverse time at 1 second.

The results showed that every test shot met the set performance criteria. The fifth test shot had the highest efficiency of 97.60 %, using a 5-inch pulley, a pulley speed of 19.27 meters, and an average Takraw ball traverse distance of 18.81 meters. From testing and determining efficiency, it was found that there is potential for using the semi-automatic Sepak-Trakraw ball for demonstration and training, indoors and outdoors.

**Keywords:** Sepak-Takraw ball, Efficiency, Projectile

## บทนำ

กีฬาเซปักตะกร้อเป็นกีฬาที่สร้างชื่อเสียงให้กับประเทศไทยในการแข่งขันทุกระดับ ทั้งอาเซียน และระดับโลก กีฬาตะกร้อเป็นกีฬาที่เป็นศิลปะการเล่นพื้นบ้านประจำประเทศไทยมาเป็นเวลาช้านานตั้งแต่สมัยกรุงศรีอยุธยา การเล่นจะเล่นเป็นวงบนลานกว้างและมีผู้เล่นหลายคนไม่จำกัดจำนวน ใช้ลูกหวายลักษณะกลมเตะส่งกันไปมา บ้างก็เตะลอดห่วง การเล่นในสมัยนั้นเน้นที่ความสนุกสนานร่าเริงและเพื่อความสามัคคีระหว่างกลุ่มผู้เล่น ส่วนการเล่นแบบข้ามตาข่ายนั้นมีที่มาจากประเทศมาเลเซีย โดยพัฒนาขึ้นมาเพื่อการแข่งขันโดยมีผู้เล่นฝั่งละ 3 คน ปัจจุบันการแข่งขันตะกร้อในหลายประเทศให้ความสนใจฝึกฝนและพัฒนาเพื่อความสามารถในการแข่งขันในระดับอาเซียน และเอเชีย ซึ่งกีฬาเซปักตะกร้อได้ถูกบรรจุเข้าแข่งขันครั้งแรกในกีฬาเอเชี่ยนเกมส์ครั้งที่ 11 จัดขึ้นที่ปักกิ่ง สาธารณรัฐประชาชนจีน (Phaobang, Chobthamasakul, Hongsuwan, และ Yamngamleau, 2018)

ปัจจุบันกีฬาเซปักตะกร้อเป็นกีฬาที่ได้บรรจุไว้ในหลักสูตรการเรียนการสอนพลศึกษาหลาย ๆ โรงเรียน เพราะเป็นกีฬาที่มีพื้นฐานเชื่อมโยงกับวิถีชีวิตวัฒนธรรมท้องถิ่นและสังคมไทยสามารถเล่นได้ทั้งชายและหญิง เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้วิถีการดำเนินชีวิตของสังคมไทยและการอนุรักษ์กีฬาไทยให้คงอยู่คู่คนไทยต่อไป กีฬาเซปักตะกร้อเป็นกีฬาที่ได้รับความนิยมและได้รับความสนใจอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน และมีแนวโน้มแพร่หลายมากขึ้นในอนาคต ดังจะเห็นได้จากการส่งเสริมให้มีการเล่นและแข่งขัน ทั้งในส่วนกลางและส่วนภูมิภาค ในระดับนักเรียน นักศึกษา และประชาชนทั่วไป (Jirayukul, 1996) ดังเช่น Kat-thate (1988) ได้กล่าวว่าตะกร้อเป็นกีฬาศิลปะและวัฒนธรรมดั้งเดิมของไทยมาตั้งแต่โบราณกาล การเล่นตะกร้อเป็นการฝึกให้ผู้เล่นมีอารมณ์สุขุม เยือกเย็น รอบคอบ เพราะการเล่นหรือเตะตะกร้อในแต่ละครั้งจะต้องอาศัยความตั้งใจและมีสมาธิที่แน่วแน่สามารถรวมจิตใจไปสู่การกระทำอย่างดี ถ้าหากใจร้อน การเล่นหรือเตะตะกร้อในแต่ละครั้งก็จะเสียไปเช่นเดียวกับ Rangsarid (2000) กล่าวว่า การเล่นตะกร้อยังช่วยประสานหน้าที่ของอวัยวะในร่างกายให้มีระบบการทำงานดีขึ้น จะฝึกประสาทได้เป็นอย่างดี เพราะการเล่นลูกแต่ละครั้งต้องอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างประสาทและกล้ามเนื้อ เช่น ประสาทตากับการเคลื่อนไหวของเท้า ทำให้การเตะหรือการเล่นลูกนั้นเป็นไปอย่างราบรื่น ดังนั้น การซ้อมจึงเป็นเรื่องสำคัญที่นักกีฬาตะกร้อจำต้องมีการฝึกฝนให้เกิดความชำนาญ ทั้งการเรียนการสอนในระดับประถมศึกษาจนกระทั่งถึงมหาวิทยาลัย จึงเป็นส่วนหนึ่งของการเรียนรู้เรื่องของกีฬาตะกร้อให้เกิดความเข้าใจในศิลปะการเล่น กฎกติการวมถึงเทคนิคต่าง ๆ เพื่อให้เกิดความชำนาญและเกิดความท้าทายในการแข่งขันทั้งในระดับชาติ และนานาชาติ นอกจากนี้กีฬาเซปักตะกร้อยังเป็นกีฬาที่มีการพัฒนาด้านต่าง ๆ เพื่อให้ก้าวสู่สากลอย่างต่อเนื่องและได้รับการผลักดันให้มีการแข่งจนถึงระดับโลก เช่น ในรายการเซปักตะกร้อชิงแชมป์โลก อีสแทฟ เวิลด์คัพ 2011 ณ กรุงกัวลาลัมเปอร์ ประเทศมาเลเซีย ซึ่งถือได้ว่าเป็นรายการระดับโลกรายการแรก ที่เป็นอีกเส้นทางหนึ่งในการผลักดันกีฬาเซปักตะกร้อไปสู่ความเป็นสากลมากขึ้น รวมถึงเปิดโอกาสให้ชาติต่าง ๆ เข้ามามีส่วนร่วมมากขึ้นทั้งในเอเชียและยุโรป จะเห็นว่าประเทศต่าง ๆ มีการพัฒนาการเล่นกีฬาตะกร้อเพื่อการแข่งขันเป็นอย่างมาก (Chumkhotr & Tingsabhat, 2021) และเพื่อเป็นการรักษาวัฒนธรรมไทยและอนุรักษ์กีฬาประจำชาติ

การฝึกซ้อมและเทคนิคการเล่นตะกร้อมีหลายเทคนิคเพื่อให้ผู้เล่นได้ฝึกฝนให้ประสบผลสำเร็จ ผู้เล่นจะต้องมีทักษะพื้นฐานทั้งด้านร่างกายที่สมส่วน สมบูรณ์แข็งแรง พละกำลังที่จะต้องมีมากพอที่จะยืนระยะให้ได้ในแต่ละเซตการแข่งขัน โดยเฉพาะสมรรถภาพทางกายด้านความคล่องตัวในการเล่นกีฬาเซปักตะกร้อเพราะความคล่องตัวเป็นองค์ประกอบที่สำคัญเนื่องจากต้องมีความพร้อมที่จะเข้าเล่นในลักษณะต่าง ๆ อยู่ตลอดเวลา และการเคลื่อนไหวก็ต้องทำด้วยเท้าที่มีความรวดเร็วเพื่อให้ทันกับจังหวะของลูก (Noosuwan, 2014) ซึ่งผู้เล่นจะต้องฝึกทักษะพื้นฐานในการเล่นเซปักตะกร้อ ประกอบด้วย การเล่นลูกหลังเท้า ลูกข้างเท้า ลูกเข่าและลูกศีรษะ การเล่นเซปักตะกร้อในยุคแรกยังไม่มีรูปแบบการเล่นมากนัก ส่วนใหญ่จะเป็นการเล่นลูกโต้ข้ามตาข่ายด้วยศีรษะเป็นส่วนใหญ่ (Pranee, 1996) ในส่วนทักษะที่ใช้มากที่สุดในการเล่นกีฬาตะกร้อและการฝึกซ้อมคือ การเล่นลูกข้างเท้าด้านในหรือที่เรียกว่าลูกแป ผู้เล่นจะต้องทำการฝึกขั้นพื้นฐาน

จากการเล่นลูกนี้ให้เกิดความชำนาญ ในบางกลุ่มผู้ฝึกสอนอาจจะกล่าวได้ว่าการเล่นลูกข้างเท้าด้านในนั้นถือว่าเป็นครูของผู้เล่นตะกร้อทุกคน (Boonbaan, 2011) เหมาะสำหรับการเตะตั้งลูก พักลูก เดาะลูก หรือเตะส่งให้คู่โต้ ประโยชน์และความสำคัญของทักษะพื้นฐานหลักของกีพาเซปักตะกร้อ หากพิจารณาให้ละเอียดและลึกซึ้งแล้ว จะเห็นว่าทักษะการเล่นลูกด้วยข้างเท้าด้านในจะมีประโยชน์มากกว่าลูกหลังเท้าและลูกเข่า เนื่องจากเมื่อเข้าสู่กระบวนการเล่นเกมแล้ว การเล่นลูกด้วยข้างเท้าด้านในจะเป็นทักษะหลักในการใช้ประโยชน์มากที่สุด และรองลงมาจะเป็นการเล่นลูกด้วยศีรษะ (Ministry of Tourism & Sport, 2015)

กติกาในการแข่งขันเซปักตะกร้อแบบข้ามตาข่ายกำหนดโดยสหพันธ์เซปักตะกร้อนานาชาติ ในการแข่งขันจะกำหนดให้มีผู้เล่น 3 คนในสนาม ประกอบไปด้วย ตัวเสิร์ฟ ตัวชง และตัวทำ โดยนักกีพาแต่ละตำแหน่งมีหน้าที่ในการเล่นแตกต่างกันตามองค์ประกอบของการเล่นในแต่ละตำแหน่งที่สำคัญประกอบไปด้วย การโยน การเสิร์ฟ การรับลูก การตั้งหรือการชงลูก การรุก การสกัดกั้น และการรับลูกที่เกิดขึ้นจากการสกัดกั้นหรือการตั้งรับ (Supalak และ Charoenpanich, 2023) ในระหว่างการแข่งขันการรุกจะมีความรวดเร็วและรุนแรงมาก เนื่องจากเป็นจังหวะของการทำคะแนนให้ได้เปรียบคู่แข่ง เพื่อจะได้เล่นเกมรุกต่อไป ดังนั้นผู้เล่นจะต้องทำการฝึกให้เกิดทักษะที่ชำนาญสามารถรับลูกที่มีความรุนแรง รวดเร็ว พร้อมทั้งเปิดลูกให้เพื่อนร่วมทีมในตำแหน่งตัวชง เพื่อส่งต่อให้ตัวทำให้สามารถได้แต้มจากคู่แข่ง การเล่นกีพาตะกร้อด้วยข้างเท้าด้านใน หรือการเตะ การตั้ง การรับลูกตะกร้อด้วยข้างเท้าด้านในนั้น เป็นการปฏิบัติทักษะที่มีความสำคัญ และมีความจำเป็นที่ผู้เล่นกีพาตะกร้อทุกคนต้องสามารถปฏิบัติได้ และต้องปฏิบัติจนเกิดความชำนาญ (Kongmeechon, 2016)

จากความสำคัญของการฝึกซ้อมให้เกิดทักษะและความชำนาญของผู้เล่นตะกร้อผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการสร้างเครื่องมือในการเปิดลูกตะกร้อแบบกึ่งอัตโนมัติเพื่อใช้ในการฝึกซ้อมกีพาตะกร้อให้เกิดทักษะการรับและเปิดลูกได้อย่างชำนาญ ด้วยความเร็วและความแรงของเครื่องมือที่สามารถปรับให้สอดคล้องและใกล้เคียงกับการฝึกซ้อมและการแข่งขัน ทั้งยังจะช่วยลดการใช้ผู้ช่วยในการฝึกซ้อม โดยหนึ่งเครื่องจะสามารถใช้ฝึกซ้อมนักกีพาได้คราวละหลาย ๆ คน ผู้ฝึกสอนเกิดความสะดวกในการสังเกตทักษะผู้ฝึกซ้อม มีเวลาในการควบคุมการฝึกซ้อมและแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการซ้อมทำให้ผู้ฝึกสามารถแก้ไขและปรับเปลี่ยนทักษะได้หลากหลายจนเกิดเป็นความชำนาญ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการสร้าง และทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องยิงลูกตะกร้อแบบกึ่งอัตโนมัติ

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อสร้างเครื่องยิงลูกตะกร้อแบบกึ่งอัตโนมัติ
2. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องยิงลูกตะกร้อแบบกึ่งอัตโนมัติ

## วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการสร้าง และหาประสิทธิภาพเครื่องยิงลูกตะกร้อแบบกึ่งอัตโนมัติ โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

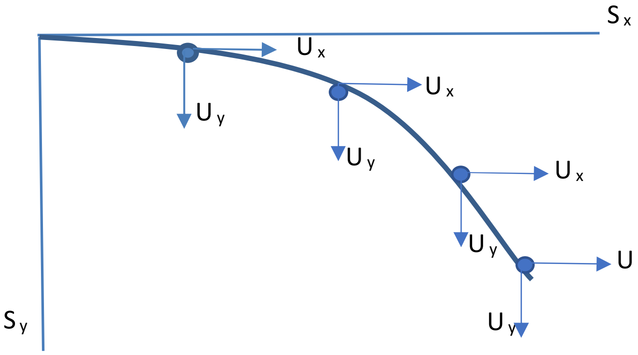
**การสร้างเครื่องยิงลูกตะกร้อ**

**ขั้นตอนที่ 1** การยิงลูกตะกร้อจากเครื่องยิงได้ทำการคำนวณจากทฤษฎีการเคลื่อนที่ของวัตถุในแนวโค้งแบบโพรเจกไทล์ (Projectile) (Alcazar, Cajipe, & Tolentino, 2018) โดยการคำนวณระยะในแนวราบของการยิงลูกตะกร้อ ซึ่งในการคำนวณกรณีของการขว้างวัตถุขึ้นไปในอากาศด้วยความเร็วต้นเท่ากับศูนย์ และทำมุม $\theta$ ใด ๆ กับแนวราบเราจะพิจารณาโดยถือว่าไม่มีแรงมากระทำต่อวัตถุในแนวราบ จึงพิจารณาการเคลื่อนที่นี้เช่นเดียวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุด้วยความเร็วคงที่ และใช้สมการคำนวณ ดังสมการที่ (1)

$$S = v\,x\,t \qquad (1)$$

เมื่อ $S$ คือ ระยะทาง
$v$ คือ ความเร็ว
$t$ คือ เวลา

การวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของลูกตะกร้อขณะยิงออกจากเครื่องยิงโดยใช้ผังวัตถุอิสระของการเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง การเปรียบเทียบระยะทางในแนวดิ่งของลูกตะกร้อที่มีการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งอย่างอิสระด้วยความเร็วต้นเท่ากับศูนย์ กับลูกตะกร้อที่มีการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ที่มีความเร็วต้นอยู่ในแนวระดับ ทำให้ความเร็วต้นในแนวดิ่งของลูกตะกร้อมีค่าเป็นศูนย์ โดยลูกตะกร้อเริ่มต้นเคลื่อนที่ เมื่อเวลาผ่านไป ระยะทางในแนวดิ่งของลูกตะกร้อทั้งในแนวดิ่งและแนวราบเท่ากัน ทั้งนี้การเคลื่อนที่ของลูกตะกร้อในแนวดิ่ง และการเคลื่อนแบบโพรเจกไทล์ต่างก็เป็นการเคลื่อนที่ภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก ดังในภาพที่ 1 จากการกำหนดมุม และความเร็วของลูกตะกร้อตามทฤษฎีการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์จะพบว่า สำหรับอัตราเร็วต้นค่าหนึ่ง ๆ ระยะทางในแนวราบของวัตถุมีค่าขึ้นกับ $sin2\theta$ ถ้าทิศทางของความเร็วต้นทำมุม 45° กับแนวราบจะได้การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ที่มีระยะทางในแนวราบมากที่สุด ในทางกลับกัน ถ้าต้องการให้ลูกตะกร้อเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ และให้ระยะทางในแนวราบของวัตถุมีค่าหนึ่ง ความเร็วต้นที่น้อยที่สุดที่ใช้ในการยิงลูกตะกร้อจะเกิดขึ้นเมื่อทิศทางของความเร็วต้นทำมุม 45° กับแนวราบ ซึ่งผังการเคลื่อนที่ของลูกตะกร้อตามทฤษฎีการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ แสดงได้ดังภาพที่ 1

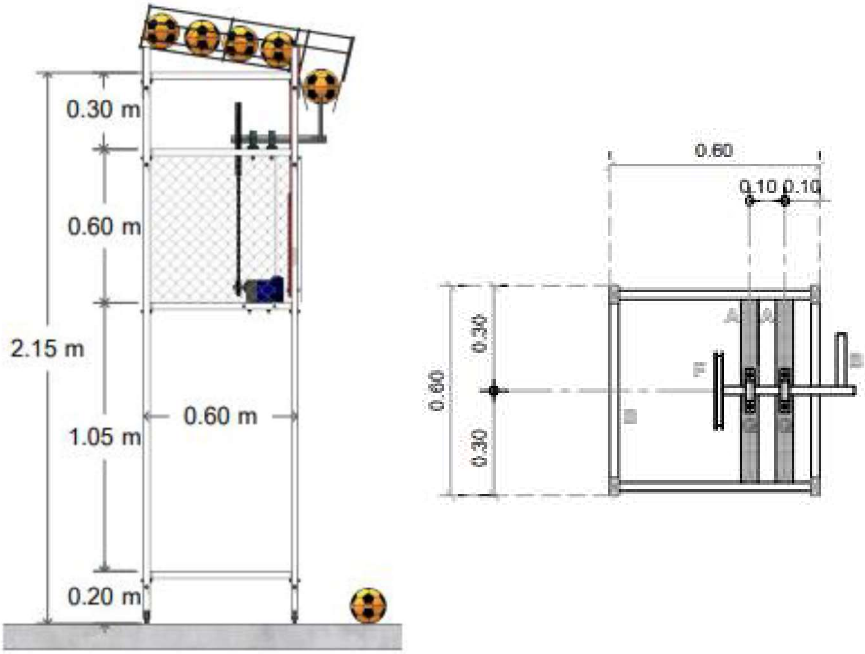



**ภาพที่** 1 ผังการเคลื่อนที่ในรูปแบบโพรเจกไทล์ของลูกตะกร้อในแนวราบและแนวดิ่ง

**ขั้นตอนที่ 2** หลังจากการกำหนดรูปแบบการเคลื่อนที่ของลูกตะกร้อตามทฤษฎีโพรเจกไทล์แล้ว ขั้นตอนต่อมาคือการออกแบบสถาปัตยกรรม โดยใช้ทั้งแผนภาพการออกแบบ 2 มิติ และการสร้างโมเดล 3 มิติ เพื่อให้สามารถเห็นภาพทางสถาปัตยกรรมและโครงสร้างของเครื่องยิงลูกตะกร้อที่เสมือนจริง สำหรับการออกแบบทางสถาปัตยกรรมโดยการเปรียบเทียบกับโมเดลมนุษย์ (Human scale) ซึ่งเป็นหลักการสำคัญในการออกแบบทางสถาปัตยกรรม และเพื่อให้เครื่องยิงตะกร้อที่ออกแบบสามารถใช้ฝึกซ้อมได้จริงกับนักกีฬาตะกร้อโดยเฉพาะนักกีฬาตะกร้อคนไทย ซึ่งการออกแบบทางด้านสถาปัตยกรรมสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 2

**ภาพที่ 2** การออกแบบทางด้านสถาปัตยกรรมของเครื่องยิงลูกตะกร้อ

**ขั้นตอนที่ 3** การออกแบบโครงสร้างของเครื่องยิงลูกตะกร้อในครั้งนี้ใช้โครงสร้างวัสดุที่เป็นเหล็กโดยเน้นความมั่นคงและแข็งแรง การออกแบบสามารถให้ถอดประกอบได้โดยการใช้น็อตในการเชื่อมแน่นชิ้นส่วนโครงสร้าง ที่ง่ายในการถอดประกอบและเคลื่อนย้าย เพื่ออำนวยความสะดวกในการฝึกซ้อมในสนาม และการเปลี่ยนสถานที่ใช้งาน โดยมิติของโครงสร้างและวัสดุที่ใช้แสดงดังภาพที่ 3




**ภาพที่ 3** การออกแบบทางด้านโครงสร้างและ มิติของเครื่องยิงลูกตะกร้อ

**ขั้นตอนที่ 4** การออกแบบระบบเครื่องยิงลูกตะกร้อ การออกแบบอ้างอิงมาตรฐานระบบไฟฟ้าและมอเตอร์ไฟฟ้าของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) การคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ตามมาตรฐานการติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย (The Engineering Institute of Thailand Under H.M. The King's Patronage, 2001) พร้อมกันนี้การออกแบบระบบไฟฟ้าสำหรับเครื่องยิงลูกตะกร้อยังออกแบบมาตรฐานการติดตั้งและการเชื่อมต่อระบบไฟฟ้า (Bosela, 2003) และการกำหนดโหลดไฟฟ้าให้มอเตอร์ไฟฟ้ามีกำลังมอเตอร์มีขนาด 10 แรงม้า กระแส 17 แอมแปร์ กระแสล็อกโรเตอร์ 50 แอมแปร์ การออกแบบคำนวณหาขนาดกระแสของสายไฟฟ้าสำหรับมอเตอร์แต่ละตัว $I_{C,M1....M3}$ และขนาดกระแสของสายป้อน $I_C$ โดยใช้ โปรแกรม PDES-M (Kham-klieang & Kongroung, 2014) การออกแบบระบบเฟืองและความเร็วรอบในการหมุนของมู่เล่ย์ที่ใช้ในการยิงลูกตะกร้อ โดยการทดความเร็วจากมอเตอร์ไฟฟ้าที่ได้ทำการออกแบบไว้ และให้สัมพันธ์กับจังหวะของการยิงลูกตะกร้อโดยการควบคุมกระแสไฟ และปรับเปลี่ยนแรงดันกระแสเพื่อขับมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้รีเลย์ ซึ่งเป็นสวิตซ์ที่ทำงานเปิดปิดวงจรคล้ายกับสวิตซ์ปกติซึ่งใช้สปริงหน้าคอนแทคจะเกิดกระแสเพียงเล็กน้อยเป็นมิลลิแอมป์โดยจะทำงานเพื่อดึงหน้าคอนแทคให้เปิดหรือปิดวงจร (Nate-Sanga, 2007) โดยที่ข้อดีของรีเลย์คือการเปิดหน้าคอนแทคที่มีความรวดเร็วเนื่องจากแรงดึงของคอยล์โดยอำนาจแม่เหล็กจะทำให้ลดประกายไฟที่หน้าคอนแทค (Patarajarakul & Haruanchep, 1994) ซึ่งระบบกลไกระหว่างมอเตอร์ไฟฟ้า สายพาน คันโยกบังคับ และมู่เล่ย์ แสดงรายละเอียดได้ดังภาพที่ 4

**ภาพที่ 4** การออกแบบระบบของเครื่องยิงลูกตะกร้อ

การออกแบบอัตราส่วนทดความเร็วรอบของมู่เล่ย์ขับต่อความเร็วรอบของมู่เล่ย์ตาม หรือที่เรียกว่า i ในการวิจัย (ภาพที่ 4) มีการทดอัตราส่งจากเพลาขับของมู่เล่ย์เพียงชั้นเดียวเพื่อทำการหาความเร็วและความแรงของลูกตะกร้อที่ยิงออกจากเครื่องยิงให้มีความใกล้เคียงกับการเปิดลูกตะกร้อจากนักกีฬาตะกร้อ เนื่องจากกำลังขับของมอเตอร์ไฟฟ้านั้นขึ้นอยู่กับความเร็วรอบในการหมุน ซึ่งต้องมีการคำนวณและทำการทดลองจริงให้เกิดความเหมาะสม โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้ (Katemak & Surin, 2012)

อัตราทดสายพานชั้นเดียว
$$i = \frac{d_2}{d_1} \tag{2}$$

เมื่อ $i$ คือ อัตราทดสายพานชั้นเดียว
$d_1$ คือ เส้นผ่าศูนย์กลางของมู่เล่ย์ขับ
$d_2$ คือ เส้นผ่าศูนย์กลางของมู่เล่ย์ตาม

**การทดสอบ และวัดประสิทธิภาพ**

จากการสร้างเครื่องยิงตะกร้อแล้ว หลังจากนั้นทำการทดสอบวัดประสิทธิภาพของเครื่องยิงตะกร้อ แบบ แผนการทดลองโดยการปรับขนาดมู่เล่ย์ตามและคำนวณความเร็วรอบของมู่เล่ย์ตาม โดยที่ความเร็วเครื่องยิงจะเท่ากับความเร็วรอบของมู่เลย์ตาม และเปรียบเทียบระยะการเคลื่อนที่ในแนวแกน X ($S_x$) ระหว่างการคำนวณจากทฤษฎีโพรเจกไทล์กับระยะที่เครื่องยิงลูกตะกร้อยิงได้จริง โดยกำหนดค่าความคลาดเคลื่อน (ประสิทธิภาพ) ที่ยอมรับได้ไม่เกิน ร้อยละ 5 โดยที่การคำนวณอัตราการทดสายพานขั้นเดียวระหว่างมู่เล่ย์ขับ และมู่เล่ย์ตาม คำนวณดังสมการที่ (2) และการคำนวณความเร็วรอบในการหมุนของมู่เล่ย์ตามเพื่อไปหมุนแกนเพลาเหล็กเพื่อยิงลูกตะกร้อคำนวณได้ดังสมการที่ (3) (Ponsri & Nattawut, 2023)

$$V = \frac{\pi d n}{1000x60} \quad (3)$$

เมื่อ $V$ คือ ความเร็วของมู่เล่ย์ตาม (เมตรต่อวินาที)
$\pi$ คือ ค่าคงที่ มีค่า 3.14
d คือ เส้นผ่าศูนย์กลางของมู่เล่ย์ (มม.)
n ความเร็วของมอเตอร์ 1450 (รอบต่อนาที)

การทดอัตราความเร็วรอบสำหรับการวิจัยในครั้งนี้ อัตราการทดระหว่างมู่เล่ย์ขับและมู่เล่ย์ตามจะผันแปรตามขนาดของมู่เล่ย์ทั้งสอง ทั้งยังส่งผลต่อความเร็วรอบของเครื่องยิงลูกตะกร้อในการวิจัย เพื่อทดสอบประสิทธิภาพที่เหมาะสมและใกล้เคียงกับการเปิดลูกตะกร้อโดยแผนแบบการทดลองแสดงดังตารางที่ 1

**ตารางที่ 1** แผนแบบการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องยิงตะกร้อ

| ลำดับชุดการทดสอบ | ความเร็วรอบของมอเตอร์ (รอบต่อนาที) | มู่เล่ย์ตาม (นิ้ว) | ความเร็วรอบมู่เล่ย์ตาม (เมตรต่อวินาที) | เวลาที่ใช้ในการทดลอง (วินาที) | ระยะทางจากการคำนวณ (เมตร) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1450 | 2 | 3.85 | 1 | 3.85 |
| 2 | 1450 | 4 | 7.71 | 1 | 7.71 |
| 3 | 1450 | 6 | 11.56 | 1 | 11.56 |
| 4 | 1450 | 8 | 15.42 | 1 | 15.42 |
| 5 | 1450 | 10 | 19.27 | 1 | 19.27 |
| 6 | 1450 | 12 | 23.13 | 1 | 23.13 |

## ผลการวิจัย

เครื่องยิงลูกตะกร้อแบบกึ่งอัตโนมัติที่ได้ทำการสร้างขึ้นในครั้งนี้ทำการทดลองยิงลูกตะกร้อจากเครื่องยิงที่ได้สร้างขึ้น โดยปรับเปลี่ยนมู่เลย์ตามขนาดที่แสดงในตารางที่ 1 สถานที่ทดสอบคือลานกีฬาในบริเวณมหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตศรีสะเกษ ทำการเปรียบเทียบกับระยะที่คำนวณได้กับระยะจริงที่เครื่องยิงตะกร้อยิงได้พร้อมทั้งดูความเหมาะสมของความเร็วและระยะทางของลูกตะกร้อ ผลจากการทดลองแสดงค่าดังตารางที่ 2

**ตารางที่ 2** ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องยิงลูกตะกร้อแบบกึ่งอัตโนมัติ

| ลำดับชุดการทดสอบ | ระยะทางจากการคำนวณ (เมตร) | **ระยะทางลูกตะกร้อจากเครื่องยิง (เมตร) | เฉลี่ย (เมตร) | ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่าเฉลี่ยระยะทาง | ร้อยละประสิทธิภาพ |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 3.44 | | | |
| 1 | 3.85 | 3.87 | 3.67 | 0.18 | 95.11 |
| | | 3.69 | | | |
| | | 7.32 | | | |
| 2 | 7.71 | 7.65 | 7.47 | 0.14 | 96.89 |
| | | 7.44 | | | |
| | | 11.35 | | | |
| 3 | 11.56 | 10.98 | 11.26 | 0.21 | 97.39 |
| | | 11.46 | | | |
| | | 14.39 | | | |
| 4 | 15.42 | 15.21 | 14.82 | 0.34 | 96.15 |
| | | 14.88 | | | |
| | | 18.44 | | | |
| 5 | 19.27 | 19.11 | 18.81 | 0.28 | 97.60 |
| | | 18.89 | | | |
| | | 22.34 | | | |
| 6 | 23.13 | 23.42 | 22.29 | 0.94 | 96.38 |
| | | 21.12 | | | |

**ยิงทดสอบจำนวน 3 ครั้งต่อ 1 ชุดการทดสอบ

ผลการทดสอบเครื่องยิงตะกร้อแบบกึ่งอัตโนมัติโดยการยิงทดสอบจากแผนแบบการทดลอง จากการคำนวณระยะทางที่ลูกตะกร้อเคลื่อนที่ได้เปรียบเทียบกับระยะยิงลูกตะกร้อจากเครื่องยิงแบบกึ่งอัตโนมัติที่ได้สร้างขึ้นในการทำวิจัยในครั้งนี้ โดยทำการปรับเปลี่ยนขนาดของมู่เล่ย์เพื่อทดสอบหาระยะยิงโดยกำหนดเวลาในการเคลื่อนที่ของลูกตะกร้อที่ออกจากเครื่องยิงที่ 1 วินาที แล้วทำการวัดระยะและคำนวณประสิทธิภาพของเครื่องยิงลูกตะกร้อ จากข้อมูลการทดสอบทั้ง 6 ชุด ซึ่งในแต่ละชุดการทดสอบจะทำการทดสอบซ้ำจำนวน 3 ครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่าเฉลี่ยระยะทาง แล้วนำมาหาค่าประสิทธิภาพของเครื่องยิงลูกตะกร้อ ดังแสดงในตารางที่ 2 ผลการทดสอบ พบว่า การทดสอบชุด

ที่ 1 ใช้มู่เล่ย์ตามขนาด 2 นิ้ว ความเร็วรอบ 3.85 เมตรต่อวินาที ได้ระยะทางการเคลื่อนที่ของลูกตะกร้อเฉลี่ย 3.67 เมตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่าเฉลี่ยระยะทางเท่ากับ 0.18 มีประสิทธิภาพการยิงร้อยละ 95.11 การทดสอบชุดที่ 2 ใช้มู่เล่ย์ตามขนาด 4 นิ้ว ความเร็วรอบ 7.11 เมตรต่อวินาที ได้ระยะทางการเคลื่อนที่ของลูกตะกร้อเฉลี่ย 7.47 เมตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่าเฉลี่ยระยะทางเท่ากับ 0.14 มีประสิทธิภาพการยิงร้อยละ 96.89 การทดสอบชุดที่ 3 ใช้มู่เล่ย์ตามขนาด 6 นิ้ว ความเร็วรอบ 11.56 เมตรต่อวินาที ได้ระยะทางการเคลื่อนที่ของลูกตะกร้อเฉลี่ย 11.26 เมตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่าเฉลี่ยระยะทางเท่ากับ 0.21 มีประสิทธิภาพการยิงร้อยละ 97.39 การทดสอบชุดที่ 4 ใช้มู่เล่ย์ตามขนาด 8 นิ้ว ความเร็วรอบ 15.42 เมตรต่อวินาที ได้ระยะทางการเคลื่อนที่ของลูกตะกร้อเฉลี่ย 14.82 เมตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่าเฉลี่ยระยะทางเท่ากับ 0.34 มีประสิทธิภาพการยิงร้อยละ 96.15 การทดสอบชุดที่ 5 ใช้มู่เล่ย์ตามขนาด 10 นิ้ว ความเร็วรอบ 19.27 เมตรต่อวินาที ได้ระยะทางการเคลื่อนที่ของลูกตะกร้อเฉลี่ย 18.81 เมตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่าเฉลี่ยระยะทางเท่ากับ 0.28 มีประสิทธิภาพการยิงร้อยละ 97.6 การทดสอบชุดที่ 6 ใช้มู่เล่ย์ตามขนาด 12 นิ้ว ความเร็วรอบ 23.13 เมตรต่อวินาที ได้ระยะทางการเคลื่อนที่ของลูกตะกร้อเฉลี่ย 14.82 เมตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่าเฉลี่ยระยะทางเท่ากับ 0.94 มีประสิทธิภาพการยิงร้อยละ 96.15 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาค่าประสิทธิภาพของเครื่องยิงลูกตะกร้อจากการยิงทั้ง 6 ชุดการทดสอบ พบว่า การยิงทดสอบชุดที่ 5 มีค่าประสิทธิภาพสูงสุดที่ร้อยละ 97.60 โดยที่ใช้มู่เล่ย์ตามขนาด 5 นิ้ว ความเร็วรอบมู่เลย์ตาม 19.27 เมตร ระยะการเคลื่อนที่ของลูกตะกร้อเฉลี่ย 18.81 เมตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่าเฉลี่ยระยะทางเท่ากับ 0.28 ดังนั้น เครื่องยิงลูกตะกร้อที่ได้สร้างขึ้นในครั้งนี้จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ตามความเหมาะในการฝึกซ้อมนักกีฬาตะกร้อ เนื่องจากอุปกรณ์และกลไกที่ใช้วิจัยและทดสอบตามตารางที่ 2 สามารถผ่านเกณฑ์ประสิทธิภาพที่ได้ตั้งไว้ทุกชุดการทดสอบ

**ตารางที่ 3** ผลการเปรียบเทียบระยะทางจากการคำนวณกับระยะทางลูกตะกร้อจากเครื่องยิง

| ตัวแปร | $n$ | $\bar{x}$ | $s.d.$ | $t-value$ | $df$ | $P-value$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ระยะทางจากการคำนวณ | 6 | 13.49 | 7.21 | 0.11 | 10 | 0.92 |
| ระยะทางลูกตะกร้อจากเครื่องยิง | 6 | 13.05 | 6.99 | | | |

จากตารางที่ 3 พบว่า ระยะทางจากการคำนวณกับระยะทางลูกตะกร้อจากเครื่องยิงไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 แสดงว่า เครื่องยิงลูกตะกร้อที่สร้างขึ้นมีระยะทางในการยิงเป็นไปตามหลักการของระยะทางในการยิงจากการคำนวณจากทฤษฎีการเคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์

## สรุปผลและอภิปรายผล

การสร้างและหาประสิทธิภาพเครื่องยิงตะกร้อแบบกึ่งอัตโนมัติในการวิจัยในครั้งนี้ สามารถสรุปได้ดังนี้

1. การสร้างเครื่องยิงตะกร้อแบบกึ่งอัตโนมัติโดยให้เครื่องยิงลูกตะกร้อให้เคลื่อนที่ตามแบบโพรเจกไทล์ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับการเปิดลูกตะกร้อจากนักกีฬา และใช้หลักการทดแรงจากมู่เล่ย์ขับและมู่เล่ย์ตาม เพื่อทดรอบความเร็วจากมอเตอร์ไฟฟ้า การใช้วัสดุเหล็กกล่องมีน้ำหนักเบาสามารถถอดประกอบและเคลื่อนย้ายได้ตามความเหมาะสมของพื้นที่ฝึกซ้อม ระบบไฟฟ้าใช้มอเตอร์ขนาดขับ 10 แรงม้า กระแส 17 แอมแปร์ กระแส ล็อกโรเตอร์ 50 แอมแปร์ ความเร็วรอบที่ 1450 รอบต่อนาที ซึ่งเป็นอุปกรณ์มาตรฐานที่มีขายในท้องตลาดทั่วไป ผู้ที่นำต้นแบบไปใช้งานสามารถปรับประยุกต์ได้ตามความเหมาะสม จากผลการวิจัยที่ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบระยะทางการยิงลูกตะกร้อจากเครื่องยิงกับระยะที่คำนวณจากทฤษฎีการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ โดยใช้วัสดุอุปกรณ์ที่จัดหาง่ายและต้นทุนไม่สูงมาก มีน้ำหนักเบา สามารถถอดประกอบและเคลื่อนย้ายได้ง่าย สะดวก สามารถนำไปใช้ฝึกซ้อมได้ในหลากหลายสถานที่ทั้งในร่มและกลางแจ้ง ซึ่ง

สอดคล้องกับงานวิจัยของ Thongkup et.al. (2013) ที่กล่าวว่าการสร้างเครื่องมือต่าง ๆ ควรทำได้ง่ายและสะดวกต่อการใช้งาน นอกจากนี้การสร้างเครื่องยิงตะกร้อแบบกึ่งอัตโนมัติ ยังต้องคำนึงถึงประโยชน์ต่อการใช้งาน และมีความปลอดภัย สะดวกต่อการซ่อมแซมและบำรุงรักษา (Thongkup et.al., 2020)

2. การหาประสิทธิภาพของเครื่องยิงตะกร้อแบบกึ่งอัตโนมัติในส่วนของการทดสอบทุกชุดการทดสอบสามารถผ่านเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของประสิทธิภาพที่ร้อยละ 5 การทดสอบที่มีค่าประสิทธิภาพสูงสุดที่ร้อยละ 97.60 โดยใช้มู่เล่ย์ตามขนาด 5 นิ้ว ความเร็วรอบมู่เลย์ตาม 19.27 เมตร ระยะการเคลื่อนที่ของลูกตะกร้อเฉลี่ย 18.81 เมตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่าเฉลี่ยระยะทางเท่ากับ 0.28 ซึ่งจากงานวิจัยจะมุ่งเน้นไปที่การเปิดลูกตะกร้อเนื่องจากเป็นพื้นฐานสำคัญของการฝึกซ้อมตะกร้อ ซึ่งสอดคล้องกับ Pakulanon & Kunta (2015) ซึ่งกล่าวว่าการฝึกเพื่อพัฒนาความแม่นยำและความชำนาญประกอบด้วยการฝึกสมรรถภาพทางด้านร่างกาย และทักษะการเปิดลูก ทั้งนี้ในการเปรียบเทียบระยะทางจากทฤษฎีและลูกตะกร้อจากเครื่องยิงไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 ดังนั้น เครื่องยิงลูกตะกร้อที่สร้างขึ้นมีระยะทางในการยิงเป็นไปตามหลักการของระยะทางในการยิงจากการคำนวณจากทฤษฎีการเคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์

## ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยในครั้งต่อไปมีดังนี้

1. ควรเพิ่มเติมอุปกรณ์ในระบบอัตโนมัติเพิ่มขึ้นเพื่อให้เครื่องยิงลูกตะกร้อสามารถทำงานได้ในระบบอัตโนมัติเต็มรูปแบบ เช่น ระบบรีโมทควบคุมจังหวะการหมุน ความแรงของลูกตะกร้อที่ยิงออกจากเครื่อง เป็นต้น

2. ควรออกแบบระบบไฟฟ้าสำหรับใช้กับมอเตอร์ร่วมกับระบบแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับการเก็บพลังงานในรูปแบตเตอรี่ เข้ามาช่วยเสริมกำลังไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ไฟฟ้าในกรณีการใช้เครื่องยิงตะกร้อสำหรับฝึกซ้อมทั้งในที่ร่มและกลางแจ้ง

3. การเลือกใช้วัสดุควรพิจารณาน้ำหนักของวัสดุที่เบามากขึ้นเพื่อความสะดวกในการขนย้ายและการจัดเก็บ แต่ต้องคำนึงถึงเสถียรภาพและความมั่นคงแข็งแรงของโครงสร้างเพื่อความปลอดภัยในการใช้งาน

4. ควรทำการทดสอบหาประสิทธิภาพและควรทดสอบในหลากหลายรูปแบบ เช่น การปรับมุมองศาในการยิงลูกตะกร้อ พร้อมทั้งทดสอบความแม่นยำ ความเร็ว ความแรง ของลูกตะกร้อ เปรียบเทียบกับการเปิดลูกตะกร้อจากนักกีฬาจริง

## กิตติกรรมประกาศ

การสร้างและหาประสิทธิภาพเครื่องยิงตะกร้อแบบกึ่งอัตโนมัติในครั้งนี้ได้รับการคัดเลือกให้เป็นตัวแทนนวัตกรรมทางการกีฬาของมหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ ในการเข้าร่วมการสาธิตการใช้ประโยชน์นวัตกรรมจากการวิจัยในงาน "มหกรรมงานวิจัยแห่งชาติ 2566 " (Thailand Research Expo 2023) ซึ่งจัดขึ้นระหว่างวันที่ 7 - 11 สิงหาคม 2566 ณ โรงแรมเซ็นทาราแกรนด์บางกอกคอนเวนชันเซ็นเตอร์ เซ็นทรัลเวิลด์ กรุงเทพ ฯ ดังแสดงในภาพที่ 5

**ภาพที่ 5** สาธิตการใช้งานในงาน มหกรรมวิจัยแห่งชาติ 2566

## เอกสารอ้างอิง

Alcazar, R. S., Cajipe, J., & Tolentino, C. (2018). Electro-Pneumatic Sepak Trakraw Ball Pitching Device. International Journal of Trend in Scientific Research and Development, 1015-1027.

Boonbaan, S. (2011). Basic Training of Sepak Trakraw. Bangkok: Odient Store.

Bosela, T. R. (2003). Electrical Systems Design. Hoboken, New Jersey, U.S.: Prentice Hall.

Chumkhotr, K., & Tingsabhat, S. (2021). Effects of Sepak Takraw based on Neo-Humanist Approach . An Online Journal of Education, 1-11.

Jirayukul, C. (1996). Effect of Sepaktrakraw Training on Chemical of Thailand Athelete. Bangkok: Thesis Chulalongkorn University.

Katemak, V., & Surin, P. (2012). Design amd Development of Lac Cracking Machine. Journal of Engineering Kasem Bundit University, 63-76.

Kat-thate, B. (1988). The Art of Sepaktrakraw. Bangkok: Odiantstore.

Kham-klieang, S., & Kongroung, P. (2014). Design of Electrical System on Motor Load for Thai Electrical Code 2013 by using MATLAB GUIs. Nontaburi: King's Mong Kutt of North Bangkok.

Kongmeechon, C. (2016). Effect of Nine square Training Program on agility of Sepaktakraw Athletes Rajhaphat Nakornprathom University. Suphanburi Distric: THesisi of Institue of Sport Education.

Ministry of Tourism & Sport. (2015). The Manual and Basic Training of Sepak Trakraw for Coaching. Bangkok: Ministry of Tourism & Sport.

Nate-Sanga, W. (2007). The Design and Development of Young Rice Planting Machine for Use In The Nort Eastern Part of Thailand. RMUTP Research Journal, 159-169.

Noosuwan, T. (2014). Effect of Nine square Training Program on agility of Male Sepaktakraw Athletes. Wicha Journal, 34-45.

Pakulanon, S., & Kunta, N. (2015). Effect of Music-Based Imagery in Combination with Serving Skill Training on the Accuracy of Serving in Sepak Trakraw Athletes of Mae Fah Luang University. Journal of Sport Science and Technology, 223-230.

Patarajarakul, B., & Haruanchep, P. (1994). Theory and Practice of Car Electric System. Bangkok: SE-ED .

Phaobang, M., Chobthamasakul, C., Hongsuwan, C., & Yamngamleau, W. (2018). The Desirable Competency of Sepak takraw Referee According to the Opinions of Team Managers and Players in Thailand National Games 45th “Shongkha Games”. Academic Journal Institute of Physical Education, 73-87.

Ponsri, S., & Nattawut, P. (2023). Build a Belt in Grinding and Finishing Work. Science ant Technology Journal of Sisaket Rajabhat University, 1-11.

Pranee, S. (1996). Basic Training Sepak Trakraw . Bangkok: Odient Store.

Rangsarid, B. (2000). Sepak trakraw and Takraw through the loop. Bangkok: Skybook.

Supalak, R., & Charoenpanich, N. (2023). A Comparison of Vertical Ground Reaction Force and Knee Joint Motion During Landing Between Half-Roll and Sunback Spikes in Female Sepak Takraw Player. Journal of Sports Science and Health, 67-77.

The Engineering Institute of Thailand Under H.M. The King’s Patronage. (2001). Standard Electric Installation for Thailand (EIT Standard 2001-56). Bangkok: Global Graphic.

Thongkup, W., Phomkeaw, K., Sarapap, S., & Wanriko, A. (2020). Construction and Efficientcy of Aluminum Cans Shredder Machine. Prince of Narathiwas University Journal, 124-136.

Thongkupt, V., Apichatbunluae, A., & Sukeswade, B. (2013). Construction of Simple Vibration Experiment Package. RMUTP Research Journal, 24-34.