

ชุดอุปกรณ์กำหนดความถี่ก้าวและระยะก้าว สำหรับการวิ่งโดยใช้แสงไฟและเสียง ในการนำวิ่งที่ความถี่ การก้าวและระยะก้าว

Pace and Stride Frequency Kit for Running, Utilizing Auditory and Visual Cues to Direct the Run at the Specified Frequency, Pace and Stride Length

ธีรศักดิ์ บุญวัง¹ และพิชชาภา คนธสิงห์^{1*}

Theerasak Boonwang¹ and Phitchapa Konthasing^{1*}

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

¹Department of Sports and Health Science, School of Health Science, Mae Fah Luang University

*Corresponding author: phitchapa.kon@mfu.ac.th

Received: May 20, 2025

Revised: August 16, 2025

Accepted: August 21, 2025

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) พัฒนาชุดอุปกรณ์กำหนดจังหวะและระยะก้าว (2) ทดสอบความแม่นยำของชุดอุปกรณ์จากความถี่ก้าวและค่าระยะก้าวโดยการทำงานของชุดอุปกรณ์จะใช้ข้อมูลการประมวลผลภาพ (Image Processing) จากภาพเคลื่อนไหวในขณะวิ่งของผู้วิ่งเพื่อนำมากำหนดใช้เป็นที่มีความสัมพันธ์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับนักวิ่ง ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย (1) ศึกษาความต้องการและลักษณะจำเพาะในการออกแบบ (2) กำหนดคุณลักษณะสำคัญ (3) การเลือกส่วนประกอบ (4) การออกแบบและการสร้างชุดอุปกรณ์สร้างแสงและเสียง (5) การทดสอบการทำงาน โดยใช้นาฬิกาจับเวลาความละเอียด 0.01 วินาทีในการวัดความแม่นยำ ที่ความถี่ก้าว 120 160 200 240 280 และ 320 ก้าวต่อนาที และใช้แถบวัดระยะ (สายวัดหน่วยมิลลิเมตร) ในการวัดระยะก้าวของชุดอุปกรณ์ ที่ระยะ 30 60 90 120 และ 180 เซนติเมตร โดยใช้ค่าร้อยละความแม่นยำ (% of accuracy) เป็นค่าบ่งบอกถึงประสิทธิภาพของอุปกรณ์โดยกำหนดความคลาดเคลื่อนไม่เกิน $\pm 5\%$ ผลการทดลองพบว่า (1) ค่าความแม่นยำความถี่การก้าวมากที่สุด 1.32% (2) ความแม่นยำของการแสดงผลระยะก้าวมากที่สุด คือ 1.62% ซึ่งทั้งความแม่นยำของความถี่การก้าวและระยะการก้าวเป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนดในงานวิจัยนี้ไว้ คือ ไม่เกิน 5% ซึ่งผลผลิตจากงานวิจัยนี้คือต้นแบบชุดอุปกรณ์ สำหรับกำหนดความถี่ก้าวและระยะก้าวที่สามารถนำไปใช้ในการศึกษาค่าการวิ่งประหยัดพลังงาน และใช้เป็นเครื่องมือในการฝึกซ้อมเพื่อหาค่าความถี่และระยะก้าวที่เหมาะสมกับนักวิ่งแต่ละบุคคลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ชุดอุปกรณ์กำหนดจังหวะและระยะก้าว ความถี่ก้าว ระยะก้าว ค่าการวิ่งประหยัดพลังงาน

Abstract

The aims of this research were to (1) create a pacing and stride length device and (2) evaluate the device's accuracy based on stride frequency and stride length measurements. The device analyzes picture data from the runner's movements to ascertain the optimal settings for the individual. The research approach encompassed (1) analyzing design needs and specifications, (2) delineating essential characteristics, (3) selecting components, (4) developing and constructing the light and sound device, and (5) evaluating the device's functionality. A stopwatch with a resolution of 0.01 seconds was employed to assess accuracy at stride frequencies of 120, 160, 200, 240, 280, and 320 strides per minute. A millimeter-scale measuring tape was employed to ascertain the stride length of the device at intervals of 30, 60, 90, 120, and 180 cm. The accuracy percentage (%) was utilized to denote the device's performance, with an acceptable margin of error not exceeding $\pm 5\%$. The experimental findings indicated that (1) the maximum accuracy for stride frequency was 1.32%, and (2) the maximum accuracy for stride length display was 1.62%. Both stride frequency and stride length precision achieved the predetermined aim established in this investigation, which was no greater than 5%. This research yields a prototype apparatus for measuring stride frequency and stride length, applicable for analyzing energy-efficient running metrics and functioning as a training instrument to identify the best frequency and stride length for individual runners.

Keywords: cadence and stride length regulation system, stride frequency, stride length, running economy



บทนำ

การออกกำลังกายเพื่อสุขภาพที่ดีถือว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญอันดับต้น ๆ ในปัจจุบัน การวิ่งเป็นการออกกำลังกายที่เป็นที่นิยมและแพร่หลายเป็นอย่างมากเนื่องจากไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ที่ยุ่งยาก หรือไม่มีข้อจำกัดด้านสถานที่เท่ากับกิจกรรมออกกำลังกายอื่น อย่างไรก็ตามการวิ่งออกกำลังกาย หรือเพื่อการแข่งขันจะมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นหากการวิ่งนั้นมีลักษณะของการเคลื่อนไหวของผู้วิ่งที่เหมาะสม เนื่องจากการวิ่งเป็นกิจกรรมที่มีความซับซ้อนและต้องการการประสานงานของกล้ามเนื้อและระบบต่าง ๆ ในร่างกายอย่างมีประสิทธิภาพ (Van Hooren & Meijer, 2024) หนึ่งในปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพการวิ่ง คือ ค่าการวิ่ง

ประหยัดพลังงาน (running economy) หมายถึงพลังงานที่ใช้ในการวิ่งที่ความเร็วคงที่ (Souza et al., 2022) จากผลการศึกษาและวิจัยพบว่า การมีค่าประหยัดพลังงานที่มีประสิทธิภาพจะสามารถช่วยให้ผู้วิ่ง วิ่งได้เร็ว และนานขึ้น โดยมีการใช้พลังงานที่น้อยลง (Leite et al., 2024) ซึ่งปัจจัยทางชีวกลศาสตร์ที่มีผลต่อค่าการวิ่งประหยัดพลังงานอย่างมาก ประกอบด้วยสองปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยที่หนึ่ง คือ ระยะก้าว (stride length) หมายถึงระยะทางครอบคลุมในแต่ละก้าว ซึ่งสามารถส่งผลต่อประสิทธิภาพการเคลื่อนไหวของผู้วิ่ง โดยระยะก้าวที่เหมาะสมจะมีความจำเพาะและแตกต่างกันในแต่ละบุคคล ซึ่งได้รับอิทธิพลจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น ชีวกลศาสตร์ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และ

ความยืดหยุ่นของร่างกาย โดยจะส่งผลลัพธ์ออกมาเป็นประสิทธิภาพการวิ่งของบุคคลในที่สุด และเป็นดัชนีสำคัญที่เป็นตัวกำหนดความสามารถในการวิ่งระยะไกลของนักวิ่งมาราธอนหรือมินิมาราธอนได้ ดังนั้นการเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างระยะก้าวและประสิทธิภาพการวิ่ง จึงเป็นสิ่งสำคัญสำหรับนักกีฬา และผู้ฝึกสอนหรือโค้ช ที่ต้องการการฝึกฝนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของนักกีฬา และลดความเสี่ยงในการได้รับบาดเจ็บ นอกจากนี้แล้วยังมีปัจจัยที่สองคือ ความถี่ก้าว (stride frequency) หมายถึง จำนวนก้าวที่ทำได้ในหนึ่งนาที ซึ่งความถี่ในการก้าวที่เหมาะสมก็จะเป็นส่วนลดการใช้พลังงานและเพิ่มประสิทธิภาพในการวิ่งได้เช่นกัน ซึ่งนักวิ่งที่มีประสบการณ์มักจะเลือกความถี่ของการก้าวที่ใกล้เคียงกับความถี่ที่เหมาะสมของตนเองได้ง่ายกว่านักวิ่งมือใหม่ อย่างไรก็ตาม นักวิ่งทั้งสองกลุ่มมักจะเลือกความถี่ของการก้าวที่ต่ำกว่าความถี่ที่เหมาะสมเล็กน้อย ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างระยะก้าวและความถี่ก้าว เมื่อวิ่งด้วยความเร็วคงที่ จะมีความสัมพันธ์แบบผกผัน กล่าวคือเมื่อความถี่ของการก้าวเพิ่มขึ้น ความยาวของการก้าวก็จะลดลง และในทางกลับกัน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นหากนักกีฬาหรือนักวิ่งสามารถมีวิธีการหรือเครื่องมือที่สามารถช่วยในการศึกษาและพัฒนาสมรรถนะระหว่างระยะก้าวและความถี่ก้าวของตนเองเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการวิ่ง โดยนักวิ่งที่มีระยะก้าวและความถี่ก้าวที่เหมาะสมจะสามารถวิ่งได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Watanabe, Kondo, Kakinoki, Fukusaki & Hatta, 2023)

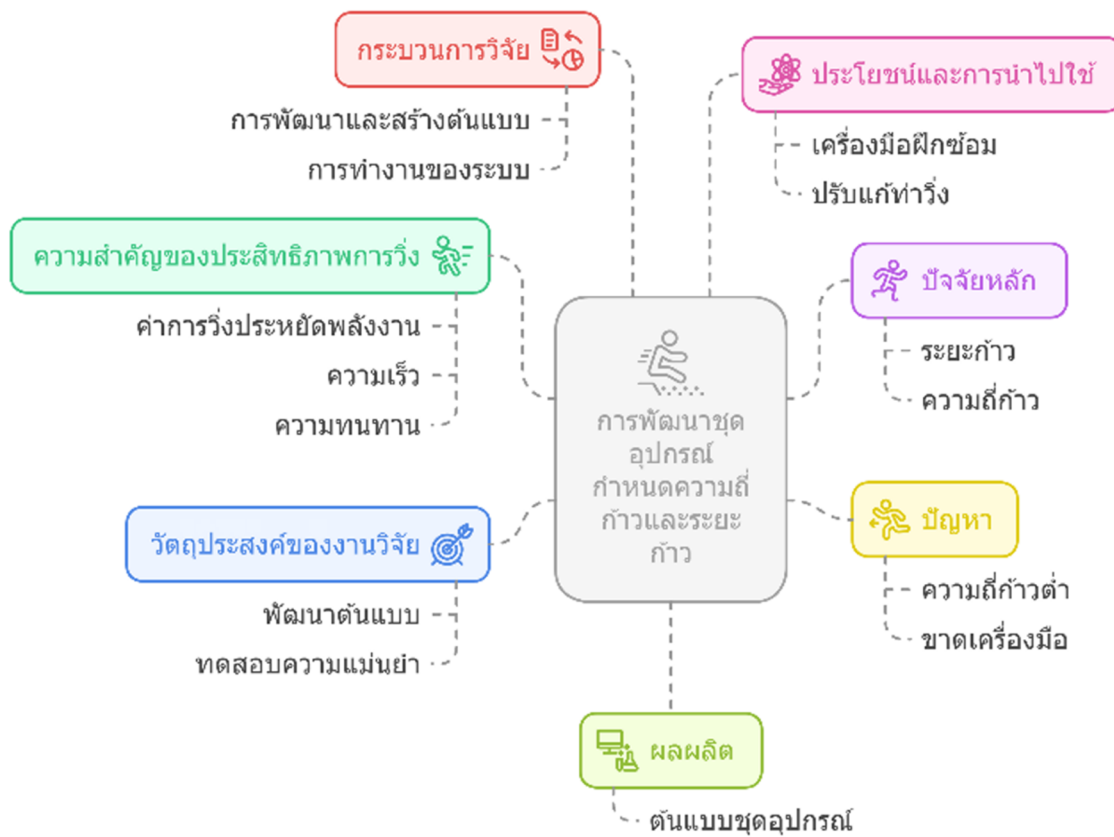
ปัจจุบันได้มีวิธีการฝึกฝนการวิ่งให้มีประสิทธิภาพโดยการกำหนดความเร็วในการวิ่งที่ต้องการฝึกฝน เพื่อให้ผู้วิ่งหรือนักกีฬาเกิดความคุ้นเคยกับการเคลื่อนไหว และความเร็วนั้น ๆ (Schubert, Kempf & Heiderscheit, 2013) โดยการฝึกฝนอาจเป็นการวิ่งบนลู่วิ่งสายพาน หรือเทคนิคการนำวิ่งโดยผู้วิ่งที่มีความชำนาญเป็นผู้กำหนดความเร็วในการวิ่ง (pacer) (Díaz, Fernández-Ozcorta & Santos-Concejero, 2018) หรือการใช้อุปกรณ์เครื่องมือนำวิ่งเพื่อให้ได้ความเร็วกำหนด เช่น การใช้รถกำหนด

จังหวะวิ่ง (Hoogkamer, Snyder & Arellano, 2019) การใช้แสงไฟนำวิ่ง (Sha et al., 2024) เป็นต้น โดยข้อดีของการนำอุปกรณ์นำวิ่งมาใช้ในการฝึกฝน คือ ความแม่นยำ ความคงที่ และการกำหนดตัวแปรในการฝึกฝนที่ซับซ้อนขึ้นได้ เช่น การกำหนดความถี่ก้าว และการกำหนดระยะก้าว (HoGberg, 1952) อย่างไรก็ตาม การศึกษาที่นำการวิเคราะห์ภาพมาใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการสร้างโปรแกรมและรูปแบบการฝึกวิ่งเฉพาะบุคคลยังมีจำนวนจำกัด ซึ่งการทดสอบหาลักษณะความเป็นธรรมชาติของการเคลื่อนไหวที่เหมาะสมของผู้รับการฝึก จะมีประโยชน์ต่อการวิ่งระยะที่พลังงานของนักวิ่งแต่ละคนเสีย ซึ่งจะเป็นการช่วยลดเวลาในการฝึกฝน ความล้า และลดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บระหว่างการฝึกฝนได้ (Barnes & Kilding, 2015)

วัตถุประสงค์การวิจัย

งานวิจัยและพัฒนามีเป้าหมายเพื่อพัฒนาอุปกรณ์และนำเสนอเทคนิควิธีการ เพื่อนำมาใช้ในการศึกษาและหาความสัมพันธ์ที่เหมาะสมระหว่างระยะก้าวและความถี่ก้าวของผู้วิ่งและนักกีฬา โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ (image processing) จากภาพเคลื่อนไหวในขณะวิ่งของผู้วิ่งออกมาเป็นค่าระยะก้าว และความถี่ก้าว นำมากำหนดใช้เป็นค่าเริ่มต้นในโปรแกรมควบคุมการกำหนดจังหวะการก้าวและระยะก้าวการวิ่งด้วยแสงและเสียง และให้ผู้วิ่งได้ทดลองวิ่งตามค่าตัวแปรที่กำหนดนั้น และทำการปรับค่าตัวแปรจนได้ความสัมพันธ์ที่เหมาะสมสำหรับนักวิ่งที่เหมาะสมที่สุด นอกจากนั้นชุดอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นนี้ยังสามารถใช้ในการฝึกฝนทักษะการวิ่ง และปรับการวิ่งของนักวิ่งให้คุ้นเคยกับกายภาพการวิ่งที่เหมาะสมที่สุดของตนเองได้ และสามารถใช้ในการวิเคราะห์ชีวกลศาสตร์ในการบรรลุประสิทธิภาพการวิ่งที่ดีที่สุดได้ด้วยกรอบแนวคิดของการวิจัยแสดงในภาพ 1

การพัฒนาชุดอุปกรณ์กำหนดความถี่ก้าวและระยะก้าว



ภาพ 1 กรอบแนวคิดงานวิจัย



ภาพ 2 หลักการทำงานและการใช้งานของชุดอุปกรณ์กำหนดความถี่ก้าวและระยะก้าว

วิธีการดำเนินวิจัย

ผู้วิจัยได้วางรูปแบบการใช้งานชุดอุปกรณ์ดังภาพ 2 โดยมีขั้นตอนการออกแบบและดำเนินการสร้างอุปกรณ์ต้นแบบตามขั้นตอนต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาความต้องการและลักษณะจำเพาะ

ในการออกแบบงานวิจัยนี้กำหนดขอบเขตวิจัยให้

อยู่ในช่วงการศึกษาการวิ่งความเร็วตั้งแต่ Pace 6 ขึ้นไป (มากกว่า 6 นาที ต่อกิโลเมตร) (Stöhr et al., 2021) และศึกษาเน้นเฉพาะรูปร่างคนไทย (Suwankan, Suwankan, Theanthong & Kemarat, 2024) โดยได้จำแนกลักษณะจำเพาะของตัวแปรต่าง ๆ ในการออกแบบชุดอุปกรณ์กำหนดจังหวะและระยะก้าว เป็นดังนี้

1.1. ระยะก้าว (stride length) ช่วง 60 ถึง 90

เซนติเมตร อ้างอิงจากนักวิ่งคนไทย โดยมีความแม่นยำของระยะก้าวเป็น ± 12 เซนติเมตร (Praditpod & Tantipoon, 2017)

1.2. ความถี่การก้าว (stride frequency) ช่วง 170 ถึง 190 ก้าวต่อนาที อ้างอิงจากนักวิ่งคนไทยความเร็ว Pace 6 โดยกำหนดความแม่นยำของความถี่การก้าวเป็น $\pm 10\%$ (Praditpod & Tantipoon, 2017)

1.3. ระยะเวลาฝึกฝน (training duration) ระยะเวลาที่ใช้ในการฝึกฝน 40 เมตร ในแนวเส้นตรง ซึ่งอ้างอิงจากระยะที่ทำให้ผู้ฝึกฝนเริ่มคุ้นชิน ไม่น้อยกว่า 20 เมตร (Lockie, Murphy, Schultz, Knight & De Jonge, 2011)

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดคุณลักษณะสำคัญของชุดอุปกรณ์กำหนดจังหวะและระยะก้าว

2.1 ระบบการจัดเก็บและประมวลผลภาพเคลื่อนไหว พัฒนาโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ ที่สามารถอัปโหลดคลิปหรือวิดีโอการวิ่งบนลู่วิ่งหรือลู่วิ่งไฟฟ้า เพื่อประมวลผลเป็นระยะก้าวและความถี่การก้าว ใช้สำหรับป้อนเป็นค่าเริ่มต้นในการฝึกฝนการวิ่งโดยใช้ชุดอุปกรณ์กำหนดจังหวะและระยะก้าว โดยสามารถลดเวลาการฝึกฝนลงได้ แสดงในภาพ 3

2.2 ระบบแสงนำก้าว ใช้เม็ดไฟ LED ความสว่างไม่น้อยกว่า 600 lux ลักษณะแสงสีขาว (white light) และแสงสีอื่นอย่างน้อย 1 สี ระยะห่างระหว่างเม็ด LED ไม่เกิน 6 เซนติเมตร (60 มิลลิเมตร) เรียงเป็นแนวเส้นตรงบนแถบลู่วิ่งทำจากวัสดุกันน้ำ รวมความยาวของแถบลู่วิ่ง 40 เมตร สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ควบคุมได้โดยผ่านขั้วต่อแบบขันล็อกได้ และสามารถต่อกับส่วนอุปกรณ์จ่ายกระแสไฟได้อย่างเหมาะสม แสดงในภาพ 4

2.3 ระบบเสียงนำก้าว สามารถส่งสัญญาณเสียงตรงกับความเร็วการก้าวได้โดยมีความดังของเสียงที่สามารถได้ยินได้ไกลจากแหล่งกำเนิดเสียงไม่น้อยกว่า 40 เมตร เมื่อทำการทดสอบในตู้อากาศที่เปิดโล่ง

2.4 ระบบควบคุมและการแสดงผล เป็นกล่องบรรจุแผงวงจรที่มีช่องต่อแถบลู่วิ่ง LED สำหรับจ่ายกระแสไฟฟ้า และควบคุมการทำงานของหลอดไฟ LED บนแถบ

ลู่วิ่ง ให้มีระยะก้าว และความถี่การก้าว ตามที่กำหนดได้ และมีอุปกรณ์ส่งสัญญาณเสียงนำก้าว โดยส่วนควบคุมนี้สามารถเชื่อมต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ทาง USB port เพื่อทำงานควบคู่ไปกับโปรแกรมแสดงผลและควบคุมที่พัฒนาขึ้น เพื่อที่ทำหน้าที่แสดงผลกำหนดระยะก้าวและความถี่การก้าว ในการ Training แสดงในภาพ 5 และภาพ 6

ขั้นตอนที่ 3 การเลือกส่วนประกอบ และชิ้นส่วน ในการพัฒนาชุดอุปกรณ์กำหนดจังหวะและระยะก้าว

3.1 แถบลู่วิ่ง ใช้เส้นแถบ LED ที่สามารถ แสดงแสงสีขาว เขียว และแดงได้ โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร มีระยะห่างระหว่างเม็ด LED 3 เซนติเมตร (30 มิลลิเมตร) ความสว่างไม่น้อยกว่า 600 lux มีความยาวของแถบ LED 40 เมตร ติดตั้งบนแถบผ้ากันน้ำ ความกว้าง 150 มิลลิเมตร ความยาว 45 เมตร โดยมีชุดสายสัญญาณ และสายจ่ายกระแสไฟ เชื่อมต่อเข้ากับกล่องควบคุมด้วยขั้วไฟ 4 pole แบบขันล็อกได้

3.2 กล่องควบคุมการทำงานของชุดอุปกรณ์กำหนดจังหวะและระยะก้าว ประกอบด้วย

3.2.1 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ NodeMCU ESP32

3.2.2 ชุดอุปกรณ์แปลงไฟฟ้า (switching) กระแสสลับ 220VAC เป็น ไฟฟ้ากระแสตรง 5 VDC 20A และ VDC 10A สำหรับเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้กับเส้นแถบ LED และบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ตามลำดับ

3.2.3 อุปกรณ์ส่งสัญญาณเสียง (passive buzzer) DC 5V >85dB

3.2.4 อุปกรณ์ระบายความร้อน พัดลม 5V ขนาด 50 มิลลิเมตร ติดตั้งบนกล่องควบคุม

3.2.5 ส่วนเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ เชื่อมต่อโดยใช้สาย micro USB to USB

3.3 โปรแกรมประมวลผลภาพเคลื่อนไหว YOLOv11 pose estimation ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลการวิ่งจากวิดีโอ โดยโปรแกรมนี้อาจจะสร้างจุดติดตามบนร่างกายของผู้ที่กำลังวิ่ง 3 จุด ได้แก่ ข้อเท้าซ้าย ข้อเท้าขวา และเอว โปรแกรมจะบันทึกตำแหน่งความสูงในแนวตั้งและระยะทางในแนวนอนของจุดติดตามเหล่านี้

และนำมาแสดงผลเป็นกราฟ เพื่อประมวลผลหาระยะก้าว โปรแกรมจะใช้ระดับความสูงของจุดที่เท้าเคลื่อนที่ โดยจุดที่เท้าเคลื่อนที่ต่ำที่สุดจะถูกกำหนดให้เป็นตำแหน่งที่เท้าวางบนพื้น จากนั้นจึงทำการวัดระยะทางโดยการประมวลผลภาพ ข้อมูลที่โปรแกรมสามารถประมวลผลได้ประกอบด้วย ระยะทางเคลื่อนที่ ระยะเวลายับที่กตั้งแต่เริ่มต้น จำนวนก้าว ความเร็ว ความสูงของการยกเท้า และระยะเวลาที่วิ่งได้ระยะ 1 กิโลเมตร (PACE)

3.4 โปรแกรมแสดงผลและควบคุมการทำงานของชุดอุปกรณ์กำหนดจังหวะและระยะก้าว โดยโปรแกรม

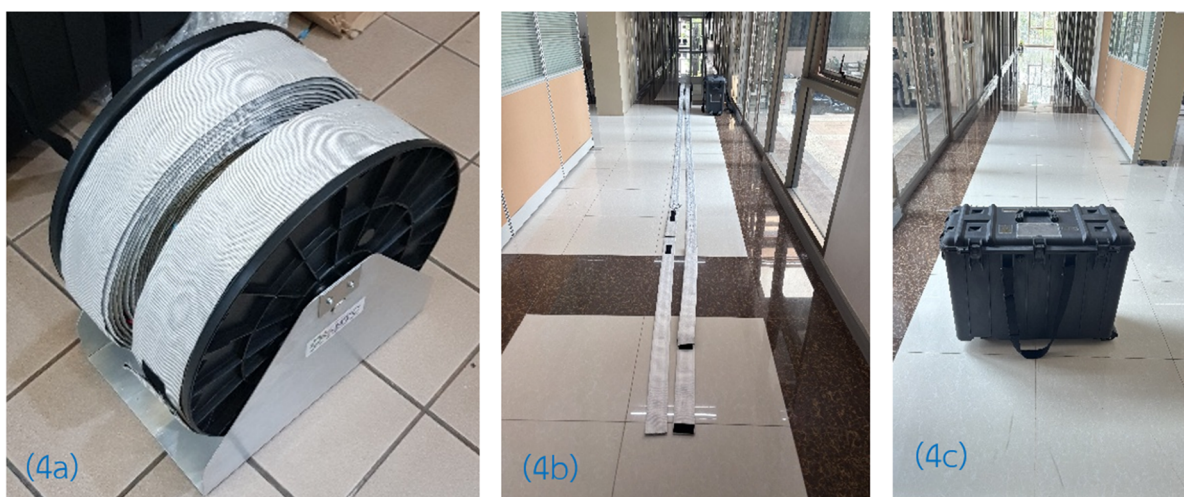
การแสดงผลและอินเทอร์เฟซพัฒนาขึ้นโดยใช้ Visual C และสั่งการผ่านการโปรแกรมด้วยชุดโค้ดคำสั่งใน Arduino UI

ขั้นตอนที่ 4 การออกแบบ และการสร้างชุดอุปกรณ์

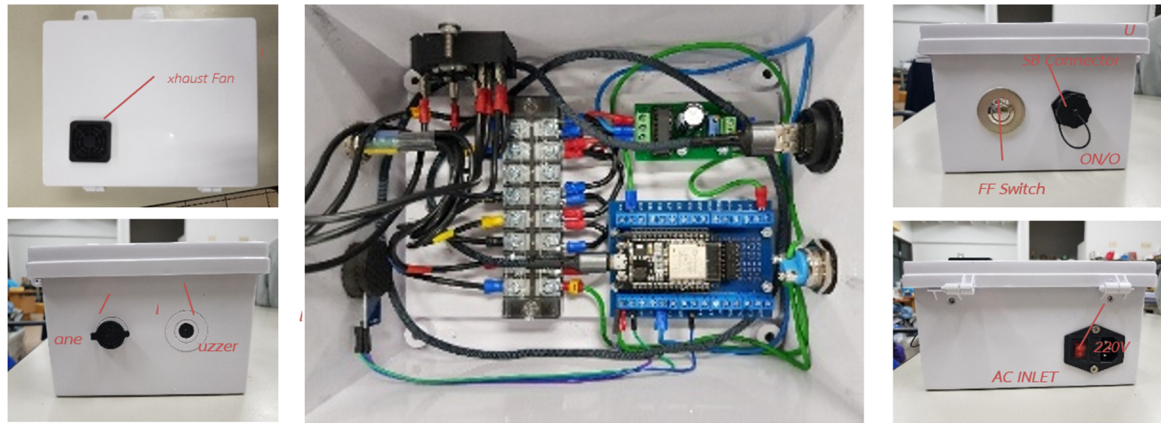
ชุดกำหนดจังหวะและระยะก้าว ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ แถบลู่วางด้วยแสง (LED running lane) กล้องควบคุม (controlling unit) และโปรแกรมแสดงผลควบคุม และวิเคราะห์การฝึกฝนการวิ่งบนคอมพิวเตอร์ (step training and processing program) โดยรายละเอียดของอุปกรณ์ในแต่ละส่วนประกอบหลัก และการเชื่อมต่อการทำงานจะแสดงในภาพ 7



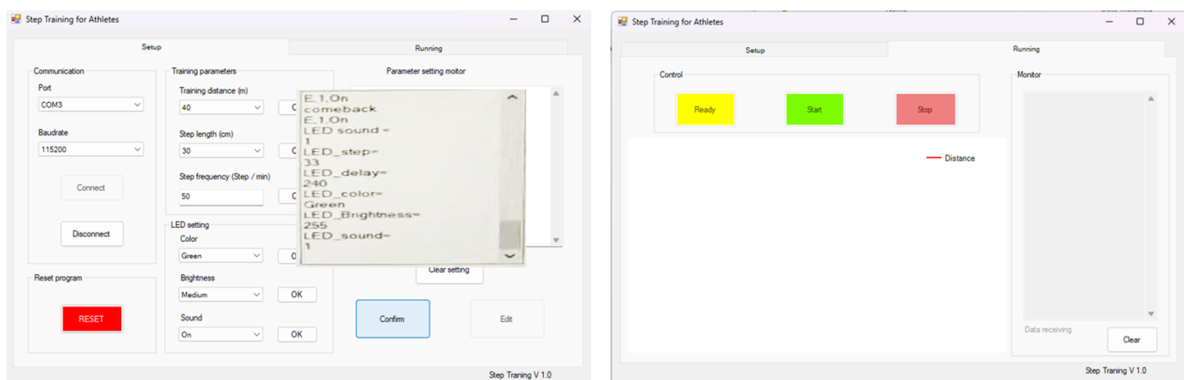
ภาพ 3 วิธีการประมวลผลภาพเคลื่อนไหวเป็นค่าความถี่ก้าวและระยะก้าว ด้วย yolov11 pose estimation และการทดสอบโปรแกรมกับภาพเคลื่อนไหวการวิ่ง



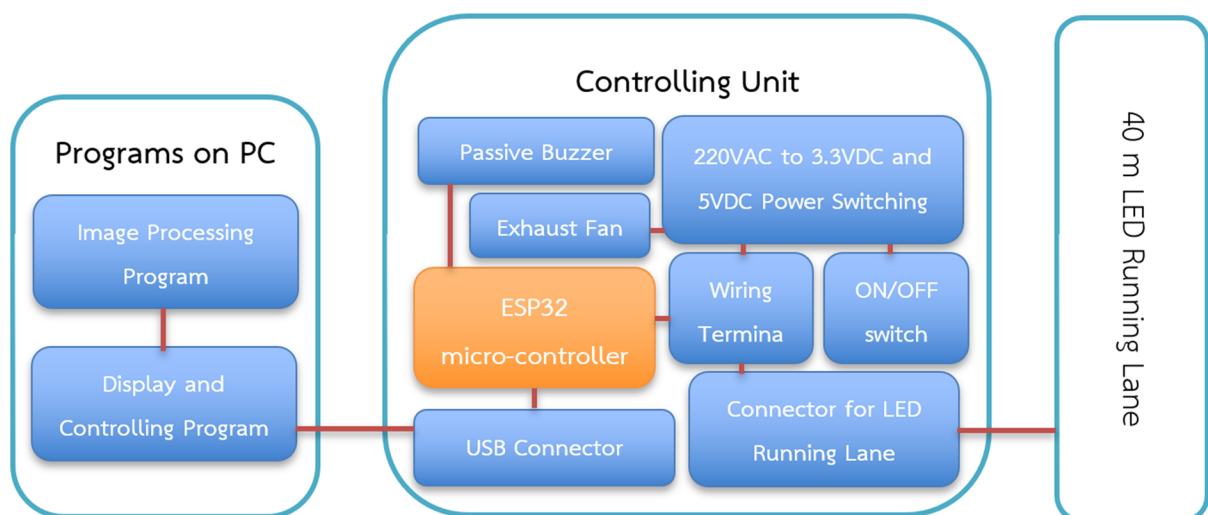
(4a) อุปกรณ์ม้วนเก็บแถบแสงนำวิ่ง (4b) แถบแสงนำวิ่ง ที่ความยาว 40 เมตร (4c) กล่องเก็บแถบแสงนำวิ่ง
ภาพ 4 ชุดอุปกรณ์แถบนำวิ่งด้วยแสงความยาว 40 เมตร



ภาพ 5 กล่องควบคุมการทำงานแถบไฟนำวิ่ง และสัญญาณเสียงกำหนดจังหวะ



ภาพ 6 อินเทอร์เฟซของซอฟต์แวร์แสดงผลและควบคุมการทำงานของชุดอุปกรณ์กำหนดจังหวะและระยะก้าว



ภาพ 7 ผังภาพส่วนประกอบและการสร้างชุดอุปกรณ์กำหนดจังหวะและระยะก้าว

ขั้นตอนที่ 5 การทดสอบการทำงานของชุดอุปกรณ์กำหนด จังหวะ และระยะก้าว

ทำการทดสอบการทำงานของชุดอุปกรณ์กำหนด จังหวะ และระยะก้าว เพื่อทราบว่ามีการทำงานและความแม่นยำ (accuracies) ได้ตามความต้องการ (requirements) และลักษณะเฉพาะที่กำหนด (specifications) หรือไม่ โดยการทดสอบความแม่นยำของการแสดงแสงไฟนำวิ่งตาม ความถี่ก้าว และระยะก้าวที่กำหนดโดยโปรแกรมควบคุม โดยกำหนดเป็นการทดสอบ 2 การทดสอบ คือ การทดสอบ ความแม่นยำของความถี่ก้าว และการทดสอบความแม่นยำ ของระยะก้าว โดยผู้วิจัยกำหนดความแม่นยำของความถี่ การก้าวเป็น $\pm 5\%$ และความแม่นยำของระยะก้าวเป็น $\pm 5\%$ ซึ่งมีวิธีการทดสอบแต่ละหัวข้อทดสอบดังนี้

5.1 การทดสอบความแม่นยำของความถี่ก้าว เป็นการทดสอบหาความแม่นยำการแสดงผลความถี่การ ก้าวของแสงบนแถบไฟนำวิ่ง จากการป้อนค่าความถี่การ ก้าวของชุดอุปกรณ์กำหนดจังหวะและระยะก้าว โดยมีขั้นตอน ดังนี้

5.1.1 ติดตั้งแถบไฟนำวิ่งบนพื้นเรียบในแนว เส้นตรงความยาว 40 เมตร และต่ออุปกรณ์ของชุดอุปกรณ์ กำหนดจังหวะก้าว และระยะก้าว โดยมีแถบวัดระยะ (สาย วัดหน่วยมิลลิเมตร) วางขนานไปกับแถบไฟนำวิ่ง

5.1.2 ตั้งค่าระยะก้าวคงที่ บนโปรแกรมควบคุม การทำงานแถบไฟนำวิ่งเป็นระยะก้าว 60 เซนติเมตร และ กำหนดความถี่ก้าว ทดสอบที่ 120 ก้าวต่อนาที (2 ก้าว ต่อวินาที)

5.1.3 เริ่มการทำงานของชุดอุปกรณ์กำหนด ระยะก้าว จับเวลาการแสดงผลของแสงนำวิ่งจากระยะที่ 0 เมตร จนถึง 40 เมตร ด้วยนาฬิกาจับเวลาความละเอียด 0.01 วินาที บันทึกเวลาในหน่วยวินาที โดยทำการทดสอบ ซ้ำ 6 ครั้ง ต่อการทดสอบ หาค่าเฉลี่ยเวลา และคำนวณ เป็นความถี่การก้าว หน่วยก้าวต่อนาที

5.1.4 ทำการทดสอบโดยเปลี่ยนค่าความถี่การ ก้าวทดสอบที่ 160 200 240 280 และ 320 ก้าวต่อนาที

ที่ระยะก้าวคงที่ 60 เซนติเมตร บันทึกผล และคำนวณเป็น ความถี่การก้าว หน่วยก้าวต่อนาที ตามข้อ 5.1.3

5.1.5 ทำการทดสอบที่ระยะก้าว 120 เซนติเมตร โดยทดสอบตามข้อ 5.12 ถึง 5.14

5.1.6 วิเคราะห์ผลการทดสอบ เป็นค่าร้อยละ ความแม่นยำ (% of accuracy)

5.2 การทดสอบความแม่นยำของระยะก้าว เป็นการทดสอบหาความคลาดเคลื่อนของการแสดงผล ระยะก้าวบนแถบไฟนำวิ่ง จากการป้อนค่าระยะก้าวของ ชุดอุปกรณ์กำหนดจังหวะและระยะก้าว โดยมีขั้นตอน ดังนี้

5.2.1 ติดตั้งแถบไฟนำวิ่งบนพื้นเรียบในแนวเส้น ตรง ความยาว 40 เมตร และต่ออุปกรณ์ของชุดอุปกรณ์ กำหนดจังหวะก้าว และระยะก้าว โดยมีแถบวัดระยะ (สาย วัดหน่วยมิลลิเมตร) วางขนานไปกับแถบไฟนำวิ่ง

5.2.2 ตั้งค่าระยะก้าวทดสอบ บนโปรแกรม ควบคุมการทำงานแถบไฟนำวิ่งเป็น 30 เซนติเมตร และ กำหนดค่าสั่งในโปรแกรมให้แสดงผลไฟนำวิ่งความถี่เท่ากับ ศูนย์ (ไฟนำวิ่งติดค้างที่ห่างกันทุกระยะ 30 เซนติเมตร)

5.2.3 วัดระยะความห่างของไฟนำวิ่งที่แสดงผล บนแถบไฟนำวิ่งทุกระยะ และ บันทึกผลในหน่วยเซนติเมตร

5.2.4 ทำการทดสอบซ้ำ โดยกำหนดค่าระยะ ก้าวทดสอบ เป็น 60 90 120 และ 180 เซนติเมตร และ ทดสอบตามข้อ 5.2.2 ถึง 5.2.3 จนครบ และเปลี่ยนการ กำหนดความถี่ก้าวทดสอบ

5.2.5 วิเคราะห์ผลการทดสอบ เป็นค่าร้อยละ ความแม่นยำ (% of accuracy) ด้วยสถิติเชิงพรรณนา ประกอบด้วย ค่าเฉลี่ย และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดย การคำนวณค่าร้อยละความแม่นยำ (% Accuracy) คำนวณจาก การเปรียบเทียบค่าระยะก้าวและความถี่ก้าวที่ได้จากการ ทดสอบกับค่าความถี่ก้าวที่ตั้งค่าไว้ เพื่อแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ ความคลาดเคลื่อนของระยะก้าวและความถี่ก้าวที่ได้จาก การทดสอบ

ผลการวิจัย

การประเมินประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์ ได้แก่ ความแม่นยำในการแสดงผลความถี่ก้าว และความแม่นยำในการแสดงผลระยะก้าว โดยมีเกณฑ์เป้าหมายของงานวิจัย คือ กำหนดให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ ไม่เกินร้อยละ 5 การทดสอบความแม่นยำด้านความถี่ก้าว เพื่อประเมินความแม่นยำของแถบแสงนำวิ่งในการแสดงผลตามค่าความถี่ก้าวที่กำหนดดำเนินการโดยตั้งค่าความถี่ก้าวเป้าหมาย ทั้งหมด 6 ระดับ ได้แก่ 120 160 200 240 280 และ 320 ก้าวต่อนาที ในการทดสอบแต่ละระดับความถี่ ได้กำหนดตัวแปรควบคุม คือ ระยะก้าว ให้มีค่าคงที่ 2 ค่า คือ 60 เซนติเมตร และ 120 เซนติเมตร จากผลการทดลองดังแสดงในตาราง 1 และตาราง 2 พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนที่ตรวจวัดได้จากความเป็นจริงมีค่าสูงสุด 1.32% ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนเป้าหมายที่กำหนดไว้

การทดสอบความแม่นยำด้านระยะก้าว เพื่อประเมินความแม่นยำของแถบแสงนำวิ่งในการแสดงผลตามค่าระยะก้าวที่กำหนด ดำเนินการทดสอบโดยกำหนดค่าระยะก้าวเป้าหมายทั้งหมด 5 ระดับ ได้แก่ 30 60 90 120 และ 180 เซนติเมตรผลการทดสอบพบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดในการแสดงผลระยะก้าวอยู่ที่ 1.62% ซึ่งผลลัพธ์ดังกล่าวอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยที่ไม่เกินร้อยละ 5 ผลการทดสอบทั้งสองส่วนยืนยันว่า ระบบแถบแสงนำวิ่งมีความแม่นยำในการแสดงผลทั้งด้านความถี่ก้าวและระยะก้าวเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยที่ตั้งไว้โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนด

ตาราง 1

ผลการทดสอบความแม่นยำของการแสดงผลความถี่ก้าว ที่ระยะก้าว 60 ซม.

ผลการทดสอบความแม่นยำของความถี่ก้าวที่กำหนด (ก้าวต่อนาที) ที่ระยะก้าว					60	cm
ความถี่ก้าวทดสอบ (ก้าว ต่อนาที)	120	160	200	240	280	320
เวลาจากการคำนวณ (วินาที)	33.00	24.75	19.80	16.50	14.14	12.38
การวัดซ้ำ	ระยะเวลาเริ่มจนจบของการแสดงไฟวิ่ง ระยะ 40 เมตร (วินาที)					
1	33.07	25.20	20.28	16.28	13.65	12.80
2	32.68	24.93	19.76	16.32	13.65	12.13
3	33.07	25.22	19.75	16.14	13.66	12.73
4	33.32	24.40	20.10	16.96	14.47	12.84
5	33.12	24.51	19.46	16.80	13.95	12.09
6	32.97	24.65	20.09	16.75	14.38	12.60
ค่าเฉลี่ย (วินาที)	33.04	24.82	19.91	16.54	13.96	12.53
SD (วินาที)	0.21	0.35	0.30	0.34	0.38	0.34
คิดเป็น (ก้าว/นาทีก)	119.86	159.54	198.92	239.39	283.68	316.02
ความแม่นยำ %	-0.12%	-0.28%	-0.54%	-0.25%	1.32%	-1.24%

ตาราง 2

ผลการทดสอบความแม่นยำของการแสดงผลความถี่ก๊าว ที่ระยะก๊าว 120 ซม.

ผลการทดสอบความแม่นยำของความถี่ก๊าวที่กำหนด (ก๊าวต่อนาที) ที่ระยะก๊าว					60	cm
ความถี่ก๊าวทดสอบ (ก๊าว ต่อนาที)	120	160	200	240	280	320
เวลาจากการคำนวณ (วินาที)	16.50	12.38	9.90	8.25	7.07	6.19
การวัดซ้ำ						
1	16.40	12.86	9.45	8.36	7.49	6.67
2	16.93	12.11	9.70	8.26	7.38	6.10
3	16.23	11.94	9.69	8.22	6.79	6.06
4	16.92	12.16	9.54	8.15	6.98	5.97
5	16.93	12.08	9.98	8.58	6.93	6.36
6	16.79	12.67	10.00	8.33	7.34	5.75
ค่าเฉลี่ย (วินาที)	16.70	12.30	9.73	8.32	7.15	6.15
SD (วินาที)	0.31	0.37	0.22	0.15	0.29	0.32
คิดเป็น (ก๊าว/นาที)	118.57	160.95	203.58	238.04	276.83	321.85
ความแม่นยำ %	-1.19%	0.60%	1.79%	-0.82%	-1.13%	0.58%

ตาราง 3

ผลการทดสอบความแม่นยำของการแสดงผลระยะก๊าวที่การตั้งค่าความถี่ก๊าวต่าง ๆ

ผลการทดสอบความแม่นยำของการแสดงผลระยะก๊าว					
ระยะก๊าวอ้างอิง (ซม.)	30	60	90	120	180
จำนวนก๊าว (ก๊าว)	133	66	44	33	22
ระยะทางรวม (เมตร)	39.90	39.60	39.60	39.60	39.60
ค่าเฉลี่ยวัดระยะก๊าว (ซม.)	30.5	60.5	90.5	120.5	180.0
ค่าความเบี่ยงเบน (ซม.)	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3
% ความแม่นยำ	1.62%	0.78%	0.50%	0.43%	0.01%

อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์กำหนดจังหวะและระยะก๊าวโดยมุ่งเน้นที่ความแม่นยำในการแสดงผลแสงไฟนำวิ่งให้สอดคล้องกับค่าความถี่ก๊าวและระยะก๊าวที่กำหนดผ่านโปรแกรมควบคุม จากผลการทดสอบพบว่าชุดอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานได้ตามข้อกำหนดที่ตั้งไว้ โดยเกณฑ์ความคลาด

เคลื่อนที่ยอมรับได้สำหรับความถี่ก๊าวและระยะก๊าวถูกกำหนดไว้ไม่เกิน $\pm 5\%$ ผลการทดลองพบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่เกิดขึ้นในการทดสอบความถี่ก๊าว คือ 1.79% (ที่ 200 ก๊าว/นาที ระยะก๊าว 120 ซม.) และค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดในการทดสอบระยะก๊าวคือ 1.62% (ที่ระยะก๊าว 30 ซม.) ซึ่งค่าทั้งสองนี้ ต่ำกว่าเกณฑ์เป้าหมายที่กำหนดไว้ ทำให้ชุดอุปกรณ์มีความแม่นยำสูงและน่าเชื่อถือ

ถือ ซึ่งในการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า การนำเทคโนโลยีไฟวิ่ง นำความเร็ว มีผลช่วยส่งเสริมสมรรถภาพของนักกีฬา โดย ทำให้นักกีฬาสถาบันรักษาความเร็วให้คงที่และแม่นยำได้ ง่ายขึ้น ซึ่งช่วยให้เข้าใกล้กลยุทธ์การวิ่งในอุดมคติซึ่งได้แก่ การคุมความเร็วที่สมบูรณ์แบบ (perfect pacing) มาก ขึ้น ซึ่งจะนำไปสู่การทำลายสถิติโลกและสถิติส่วนตัว ได้ ในอนาคต (Taylor, Atkinson & Best, 2021)

ข้อจำกัดของการวิจัย

การทดสอบนี้ดำเนินการในสภาวะควบคุมบนพื้น เรียบและเป็นเส้นตรง ซึ่งอาจไม่สะท้อนถึงการใช้งานจริง ที่อาจมีพื้นผิวไม่เรียบหรือทาง ในการศึกษาครั้งต่อไปควร ทดสอบภาคสนามเพื่อประเมินประสิทธิภาพของอุปกรณ์ ในสภาพแวดล้อมการฝึกซ้อมจริง ควรมีการทดสอบความ ทนทานและความแม่นยำในระยะยาว เพื่อให้มั่นใจใน คุณภาพของอุปกรณ์และทำการวิจัยเพิ่มเติมเพื่อประเมิน ผลกระทบของการใช้อุปกรณ์นี้ต่อการพัฒนาเทคนิคการ วิ่งและประสิทธิภาพของนักกีฬาโดยตรง

สรุปผลงานวิจัย

ผลผลิต (output) ได้จากงานวิจัยนี้ เป็น ต้นแบบ (prototype) ชุดอุปกรณ์กำหนดความถี่ก้าวและระยะก้าว สำหรับการวิ่งโดยใช้แสงไฟและเสียงในการนำวิ่งที่ความถี่ การก้าวและระยะตามที่กำหนดโดยซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้น

บนคอมพิวเตอร์ โดยมีผลลัพธ์ (outcome) เป็นการนำมา ใช้ในการศึกษาและวิจัยหาความถี่ก้าว และระยะก้าวที่ได้ ค่าการวิ่งประหยัดพลังงาน และความสัมพันธ์ของความถี่ ก้าวและระยะก้าวที่เหมาะสมที่สุดสำหรับนักวิ่งแต่ละคน โดยชุดอุปกรณ์ต้นแบบนี้มีความแม่นยำที่คลาดเคลื่อนจาก ความถี่ก้าว และระยะก้าวที่กำหนด ไม่เกิน 5% ซึ่งเป็นไป ตามความต้องการของการออกแบบ และเป้าหมายของงานวิจัย ชุดอุปกรณ์ต้นแบบกำหนดความถี่ก้าวและระยะก้าวนี้ สามารถนำไปต่อยอดในเชิงพาณิชย์ได้ หากมีการพัฒนา และผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ในอนาคต โดยมีความคาดหวังว่า จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการวิจัยและการฝึกฝนการวิ่ง ประหยัดพลังงานในด้านวิทยาศาสตร์การกีฬา

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณวิจัย จากมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์เฉลิมเกียรติ จิระรุ่งเสถียร และ ศูนย์เทคโนโลยีซ่อมบำรุงรักษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าธนบุรี สำหรับความร่วมมือและคำแนะนำ และเป็นพี่ปรึกษาทางด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี อันเป็นประโยชน์สำหรับการวิจัยในครั้งนี้



References

- Barnes, K. R., & Kilding, A. E. (2015). Running economy: measurement, norms, and determining factors. *Sports Medicine - Open*, 1(1), 8. <https://doi.org/10.1186/s40798-015-0007-y>
- Díaz, J. J., Fernández-Ozcorta, E. J., & Santos-Concejero, J. (2018). The influence of pacing strategy on marathon world records. *European Journal of Sport Science*, 18(6), 781–786. <https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1450899>
- dos Anjos Souza, V. R., Seffrin, A., da Cunha, R. A., Vivan, L., de Lira, C. A. B., Vancini, R. L., Weiss, K., Knechtel, B., & Andrade, M. S. (2023). Running economy in long-distance runners is positively affected by running experience and negatively by aging. *Physiology & Behavior*, 258, 114032. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2022.114032>

- Hoogkamer, W., Snyder, K. L., & Arellano, C. J. (2019). Reflecting on Eliud Kipchoge's marathon world record: an update to our model of cooperative drafting and its potential for a Sub-2-Hour performance. *Sports Medicine*, 49(2), 167–170. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01056-2>
- HoGberg, P. (1952). Length of stride, stride frequency, ?flight? period and maximum distance between the feet during running with different speeds. *European Journal of Applied Physiology*, 14(6), 431–436. <https://doi.org/10.1007/bf00934422>
- Lockie, R. G., Murphy, A. J., Schultz, A. B., Knight, T. J., & De Jonge, X. a. J. (2011). The effects of different speed training protocols on sprint acceleration kinematics and muscle strength and power in field sport athletes. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(6), 1539–1550. <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e318234e8a0>
- Praditpod, N., & Tantipoon, P. (2017). Effects of age and gender on reference value of kinematic gait parameters among healthy Thai adults aged 20-69 years. *Journal of Medical Technology*, 28(3), 308–315. Retrieved from <https://www.tci-thaijo.org/index.php/ams/article/download/76281/61326>
- Schubert, A. G., Kempf, J., & Heiderscheit, B. C. (2013). Influence of stride frequency and length on running mechanics. *Sports Health a Multidisciplinary Approach*, 6(3), 210–217. <https://doi.org/10.1177/1941738113508544>
- Sha, J., Yi, Q., Jiang, X., Wang, Z., Cao, H., & Jiang, S. (2024). Pacing Strategies in Marathons: A Systematic review. *Heliyon*, 10(17), e36760. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e36760>
- Souza, V. R. D. A., Seffrin, A., Da Cunha, R. A., Vivan, L., De Lira, C. a. B., Vancini, R. L., & Andrade, M. S. (2022). Running economy in long-distance runners is positively affected by running experience and negatively by aging. *Physiology & Behavior*, 258, 114032. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2022.114032>
- Stöhr, A., Nikolaidis, P. T., Villiger, E., Sousa, C. V., Scheer, V., Hill, L., & Knechtle, B. (2021). An analysis of participation and performance of 2067 100-km Ultra-Marathons worldwide. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(2), 362. <https://doi.org/10.3390/ijerph18020362>
- Suwankan, S., Suwankan, S., Theanthong, A., & Kemarat, S. (2024). Prediction of 10 km running time by physical and training characteristics in recreational runners. *Journal of Human Sport and Exercise*, 19(1). <https://doi.org/10.14198/jhse.2024.191.17>
- Taylor, J., Atkinson, G., & Best, R. (2021). Paced to perfection: Exploring the potential impact of WaveLight Technology in athletic. *The Sport and Exercise Scientist*, 68, 8-9. Retrieved from <https://bit.ly/4oXgbNT>
- Van Hooren, B., & Meijer, K. (2024). Dataset of running kinematics, kinetics and muscle activation at different speeds, surface gradients, cadences and with forward trunk lean. *Data in Brief*, 54, 110312. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2024.110312>
- Watanabe, T., Kondo, S., Kakinoki, K., Fukusaki, C., & Hatta, H. (2023). Stride-to-stride variability and fluctuations at intensities around lactate threshold in distance runners. *Heliyon*, 9(6), e17437. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17437>

