การทดสอบเครื่องยิงลูกเทนนิสสำหรับการฝึกซ้อม

Testing a Tennis Ball Shooter Machine for Training

ธีรศาสตร์ คณาศรี[1] สิทธเดชหมอกมีชัย เอกบดินทร์ กลิ่นเกษร[1] สันติ นรากุลนันท์[1]
กันตภณ พรหมนิกร[1] ปาริชาติ ประเสริฐสังข์[1]
สุกสันต์ มุสิกา[2] และศิริอาภา ภาพนอก[2]

[1]อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และอาจารย์สาขาวิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด
อีเมล :Teerasad@windowslive.com
[2]นิสิตปริญญาตรีสาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด
อีเมล :Surasak-wiset@hotmail.com

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้เพื่อทดสอบเครื่องยิงลูกเทนนิสสำหรับการฝึกซ้อมกีฬาเทนนิสขั้นพื้นฐาน และเพื่อศึกษาการควบคุมมอเตอร์ด้วยวงจรไมโครคอนโทรเลอร์ การยิงลูกเทนนิสจากการหน่วงระยะเวลาได้จำนวนไม่น้อยกว่า 10 ลูกต่อนาที และสามารถปรับการปล่อยลูกยิงลูกทำมุมเงย 30 45 และ 60 องศา บังคับการส่ายแบบคงที่สองด้านซ้ายขวามุม 45 องศา จากมอเตอร์กระแสตรง จำนวน 2 ตัว ความเร็ว 7,000 รอบต่อนาที ใช้แหล่งจ่ายไฟจากแบตเตอรี่แรงดัน 12 V และกระแส 7.5 A ควบคุมความเร็วมอเตอร์ด้วยวงจรพัลส์แบบทรานซิสเตอร์ และต่อเข้ากับชุดควบคุมการทำงานจากวงจรขับรีเลย์ พบว่าการทดสอบปล่อยลูกยิง แบบบังคับทำมุมเงย 45 และ 60 องศา มีอัตราการปล่อยลูกยิงไกลสม่ำเสมอในทิศทางที่กำหนด มีความผิดพลาดร้อยละ 5 และ 10 ตามลำดับ

คำสำคัญ: เครื่องยิงลูก ไมโครคอนโทรเลอร์ มอเตอร์

Abstract

The objectives of this research were to design and construct a tennis ball shooter machine as a tool to support test tennis training in various skills. The study achieved its study of motor control microcontrollers. The evaluation of the shooting capability of the tennis ball shooter shows that the tennis ball shooter passed all the criteria, which are shooting more than 10 ball of minute controlling the shooting of the ball up and down from 30 45 and 60 degrees. The other parts are tennis ball container, tennis ball shooter passer the second of 45 degrees by two dc motor currents 7.5 A 7000 rpm, from the power supply of battery voltage 12 V. The relay driver circuit and a transistor circuit. Results found that a test shot at 45 and 60 degree angles to the ball consistently accurate shot 95 and 90 percent respectively.

Keywords: Ball shooter, Microcontrollers, Motor

1. บทนำ

กีฬาเทนนิสเป็นกีฬาที่ได้รับความนิยมและมีการจัดการแข่งขันตั้งแต่ในระดับท้องถิ่นจนถึงระดับนานาชาติ (ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และ กันยา ปาละวิวัธน์, 2536) ซึ่งในการฝึกฝนกีฬาประเภทนี้ผู้หัดเล่นจะต้องมีผู้เล่นฝ่ายตรงข้ามส่งลูกเล่น และโต้ตอบไปมาโดยส่วนใหญ่ผู้เล่นที่เริ่มฝึกหัดเล่นกีฬาเทนนิสจะไม่มีทักษะพื้นฐาน ความแน่นอนในการตีลูก การรับส่งลูกเสิร์ฟและการวางลูกไปยังทิศทางตำแหน่งต่างๆ โดยผู้เริ่มหัดเล่นกีฬาเทนนิสเกิดปัญหาในการฝึกซ้อมกีฬาเทนนิส ซึ่งจะทำได้ก็ต่อเมื่อมีผู้เล่นมากกว่า 1 คนขึ้นไป (อบรม สินภิบาล และพีระ พระพัธนา, 2552) ซึ่งทักษะพื้นฐานเหล่านี้เป็นสิ่งที่ต้องใช้สำหรับนักเทนนิสทุกระดับ สำหรับผู้ที่กำลังหัดเล่นกีฬาเทนนิส ส่วนใหญ่จะฝึกซ้อมด้วยวิธีการตีลูกกระทบกำแพง (น๊อคบอร์ด) ซึ่งผู้หัดเล่นเทนนิสต้องซ้อมการยืนและตีลูกให้กระทบกำแพงกลับมาในจังหวะเดียวแต่เนื่องจากแรงตีไม่แน่นอน อาจจะควบคุมจังหวะลูกเทนนิสได้ยากหรือทำให้เกิดทิศทางในการรับและส่งลูกเทนนิสเกิดจังหวะผิดพลาด (ศุภฤกษ์ มั่นใจตน, 2536)

จากการศึกษางานวิจัย พบว่าการสร้างเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการฝึกซ้อมมีไม่มากนักและส่วนใหญ่จะเน้นที่การยิงในแบบต่างๆ ของเครื่องยิงส่งลูก ดังที่ อนันต์ ว่องวิไล และ อมรฤทธิ์ พุทธิพิพัฒน์ขจร (2553) จึงได้สร้างเครื่องยิงลูกเทนนิสอัจฉริยะ ซึ่งเป็นเครื่องมือช่วยเหลือนักกีฬาเทนนิสในด้านการพัฒนาทักษะในการเล่นกีฬาเทนนิสให้กับนักกีฬา และผู้ที่สนใจเล่นกีฬาเทนนิส การใช้เครื่องยิงลูกเทนนิสนั้นจะทำการตั้งค่าให้กับตัวเครื่องมือต้องการยิงไปในทิศทางใด การกำหนดจำนวนลูก และลักษณะการสปินของลูกส่งค่าให้ไมโครคอนโทลเลอร์ เพื่อบังคับเครื่องยิงลูกเทนนิส

และส่งลูกไปในทิศทางที่ตั้งไว้ข้างต้น โดยใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวตำแหน่งของผู้เล่นว่าอยู่ตำแหน่งใดแล้วส่งผลเข้าไมโครคอนโทลเลอร์ เพื่อนำมาคำนวณและสั่งให้เครื่องยิงลูกเทนนิส แล้วส่งลูกไปในทิศทางที่ต้องการโดยให้ผลการทดสอบในภาพรวมของระบบมีความถูกต้องโดยความคลาดเคลื่อนของลูกยิงจากจุดที่กำหนดโดยเฉลี่ย 11.28 เซนติเมตร (กิตติ อินทรานนท์, 2532) ดังนั้นคณะผู้จัดทำการวิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาเครื่องยิงลูกเทนนิส แก้ปัญหาดังกล่าวจนเพิ่มความแม่นยำในการปล่อยยิง และใช้เป็นอุปกรณ์ช่วยการฝึกซ้อมกีฬาเทนนิสได้ต่อไป

2. วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบเครื่องยิงลูกเทนนิสสำหรับการฝึกซ้อมกีฬาเทนนิสขั้นพื้นฐาน โดยศึกษาการระยะการยิงจากแนวระนาบแบบโปรเจกไตล์ และหามุมเงยที่เหมาะสม

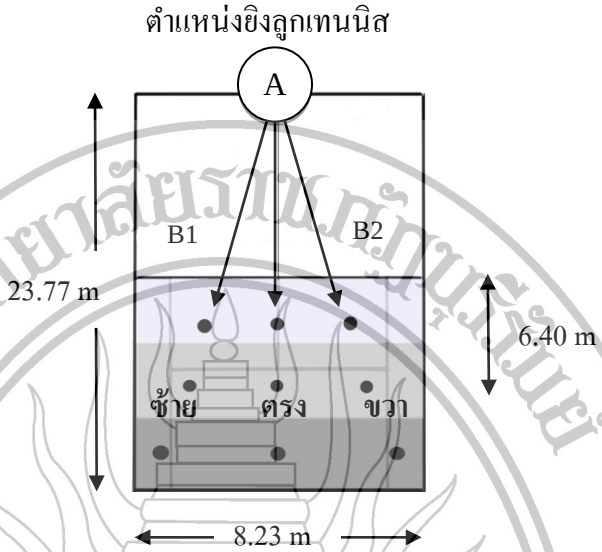
3. วิธีดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินงานวิจัยการทดสอบเครื่องยิงลูกเทนนิสเพื่อการฝึกซ้อม จึงออกแบบและสร้างเครื่องยิงลูกเทนนิสที่สามารถปรับการบังคับมุมส่ายการปล่อยลูกยิงแบบซ้าย และขวา เลียนแบบผู้เล่นเทนนิส บนสนามเทนนิสมีความกว้าง 8.23 เมตรและความยาว 23.77 เมตร (มาตรฐานสนามกีฬาเทนนิส)

3.1 การทดลองหาประสิทธิภาพการยิงในตำแหน่งที่กำหนด 2 ทิศทาง มีรายละเอียดดังนี้

ทดสอบปล่อยยิงลูกเทนนิสในแนวเส้นตรง ตำแหน่ง A ทำเงยมุม 30 45 และ 60 องศา จำนวน 10 ลูก ทำการยิงลูกแบบต่อเนื่องจนกว่าสิ้นสุดโปรแกรม

ทดสอบปล่อยยิงลูกเทนนิสในตำแหน่ง A ไปยังจุด B1 และ B2 ปรับเปลี่ยนการบังคับทิศทางส่ายด้านซ้าย และขวา มุม 45 องศา ทำเงยมุม 30 45 และ 60 องศา ดังภาพประกอบ 1



ภาพที่ 1 ทิศทางการยิง และจุดตกลูกเทนนิส

3.2 การคำนวณระยะจุดตกต้องพิจารณาการเคลื่อนที่ลูกเทนนิสเป็นเส้นโค้งทำมุมกับผิวโลก เรียกการเคลื่อนที่แบบโปรเจกไตล์ ประกอบด้วย 2 แนว ประกอบกัน คือ พิจารณาในแนวดิ่งโดยมีการเร่ง (g) และแนวราบด้วยความเร็วขณะใดๆ ของการเคลื่อนที่คงที่ (v) โดยไม่พิจารณาแรงต้านอากาศ หาระยะพิสัยการตกของลูกเทนนิสในแนวระนาบและระยะสูงสุดได้จาก จากสมการ 1 และ 2 (ภูชิต ภูชำนิ, 2550)

$$h = \frac{Vi^2 \sin^2 \theta i}{2g} \quad (1)$$

$$R = \frac{Vi^2 \sin 2\theta i}{2g} \quad (2)$$

เมื่อ

h = ระยะสูงสุดของวัตถุจากจุดเริ่มต้น (เมตร)

R = ระยะทางในแนวราบที่วัตถุเคลื่อนที่ไปได้ไกลที่สุด (เมตร)

v = ความเร็ว (เมตรต่อวินาที)

g = ความเร่งจากแรงโน้มถ่วงของโลก (10 เมตรต่อวินาที)

θ = มุมการยิง (องศา)

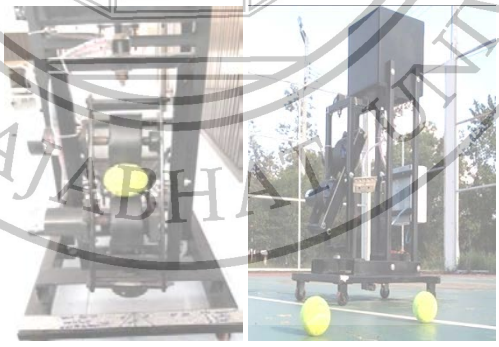
ภาพที่ 2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduinouno r3

ที่มา: www.arduino.in.th

3.3 การทดสอบหลักการทำงานโปรแกรมประกอบด้วย ฟังก์ชั่นแบบบังคับด้วยมือ (Manual) และอัตโนมัติ (Automatic) โดยใช้เป็นบอร์ดควบคุมการทำงานรวมถึงประมวลผลเป็นบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source การทำงานวงจร และโปรแกรมที่ใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduinouno ดังภาพประกอบ 2 การทำงานของชุดคำสั่งจะใช้โปรแกรมจากคำสั่งการเขียน Code ในการหน่วงเวลาในระบบเครื่องปล่อยยิงลูกเทนนิส

4. ผลการวิจัย

จากแนวคิดการสร้างเครื่องยิงลูกเทนนิสสำหรับการฝึกซ้อม ดังภาพประกอบ 3 ได้พิจารณาถึงหลักการควบคุมของมอเตอร์กระแสตรงติดตั้งด้านบนและล่างกับล้อจำนวน 2 ตัว โดยด้านบนและล่างมีระยะห่างของล้อยาง 6 เซนติเมตร อาศัยหลักการหนีบลูกเทนนิสสร้างแรงผลักให้พุ่งออกตามความเร็วมอเตอร์ ซึ่งสามารถเลื่อนปรับตำแหน่งระดับล้อยางเพื่อเพิ่มระยะการตกของลูกอย่างต่อเนื่องจากการป้อนลำเลียงลูกแบบกะบะหมุนซึ่งบรรจุลูกเทนนิสอย่างน้อยประมาณ 20 ลูก ใช้แหล่งพลังงานแบตเตอรี่ 2 ส่วน คือ 1) มอเตอร์ และ 2) วงจรควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์



ภาพที่ 3 เครื่องยิงลูกเทนนิส

ผลการทดลองการปล่อยยิงลูกเทนนิส

ตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ในตารางที่ 1 ผลการทดลองเมื่อกำหนดค่าความเร็วสูงสุดตามการหมุนแกนความเร็วมอเตอร์ พบว่า ระยะจุดตกของลูกเทนนิสจะมีระยะการตกไกลตามมุมเงยที่กำหนด ผลการทดสอบในแนวระนาบเส้นตรง พบว่า เงยมุม 30 องศา เป็นมุมต่ำจึงทำให้ลูกเทนนิสไม่ข้ามตาข่ายที่มีความสูง 0.91 เมตร มีจุดตกลูกเทนนิสระยะทาง 4.5 เมตร เมื่อเปรียบเทียบกับลูกยิงที่ปรับมุมเงย 45 และ 60 องศา มีจุดตกลูกเทนนิสระยะทาง 19.0 และ 15.8 เมตร นอกจากนี้ยังพบว่า การตั้งฉากของลูกกับเส้นขอบตาข่ายจะมีระยะห่าง 0.3 - 1.0 และ 1.0 - 2.0 เมตร ตามลำดับ สอดคล้องกับรายงาย ภูชิต ภูชำนิ (2550) กับรายงานการทดสอบยิงลูกด้วยเครื่องยิงด้วยความเร็ว 50 เมตรต่อวนาที พบว่า จากการคำนวณโปรเจกไตล์ลูกเทนนิสที่ยิงด้วยมุมเงย 45 องศา จะได้ระยะทางไกลมากสุด นอกจากนี้มุมเงย 60 องศา ยังเป็นจุดบริเวณพื้นที่เหมือนการตกลูกเสิร์ฟของผู้เล่นจะมีระยะห่างตาข่ายไม่เกิน 6.40 เมตร มีผลรายงานการศึกษาวิเคราะห์เกมการแข่งขันว่าลูกเสิร์ฟเป็นการตีลูกที่ทำให้ผู้เล่นได้เปรียบผู้เล่นฝ่ายตรงกันข้าม (ศิลปชัย สุวรรณธาดา, 2552)

ตารางที่ 1

ผลการทดลองปล่อยยิงลูกเทนนิสในแนวระนาบตรง

มุมเงย (องศา)	ระยะทางจุดตก (เมตร)	การคำนวณจุดตก (เมตร)	ระยะขอบตาข่าย (เมตร)
30	11.4	11.2	ไม่ข้ามตาข่าย
45	19.0	20.2	0.3 - 1.0
60	15.3	15.8	1.0 - 2.0

ตารางที่ 2 จากการทดลองหาค่าระยะการยิงลูกเทนนิส ผลทดสอบประสิทธิภาพการปล่อยยิงลูกเทนนิสจำนวน 10 ลูก ในตำแหน่ง A ไปยังจุด B1 และ B2 ปรับเปลี่ยนหมุนทิศทางมุมซ้าย 45 องศา และขวามุม 135 องศา พบว่า การปล่อยลูกยิงมุมเงย 30 45 และ 60 องศา ของการทดลองระยะทางการปล่อยยิงลูกเทนนิสตกกระทบลงบนพื้นสนามคิดเป็นร้อยละ 80 95 และ90 ตามลำดับ

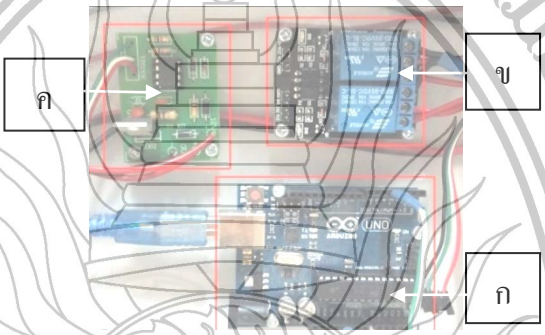
ตารางที่ 2

ผลการทดลองปล่อยยิงลูกเทนนิสในแนวระนาบส่ายทิศทางแบบคงที่ด้านซ้ายและขวา

มุมส่าย (องศา)	ระยะจุดตก (เมตร)	การคำนวณจุดตก (เมตร)	ระยะขอบตาข่าย (เมตร)
45	15.2	12.5	1.0 - 1.5
90	18.3	14.2	0.5 - 1.0
135	15.3	12.8	1.0 - 1.5

ผลการทดลองวงจรควบคุมการทำงาน

ผลการทดลองวงจรควบคุมการทำงาน ดังภาพประกอบที่ 4 มีการออกแบบวงจรสำหรับควบคุมเครื่องยิงลูกเทนนิสโดยวัดค่ากระแสที่โหลด และแรงดันที่จ่ายไฟเข้าภายในวงจร การทำงานอย่างต่อเนื่องในช่วงการยิง ลำดับที่ 1-10 ลูก เพื่อเปรียบเทียบสภาวะการทำงานของวงจร 3 วงจร คือ ก) วงจรขับรีเลย์เป็นชุดควบคุมการทำงาน ข) วงจรหมุนกลับมอเตอร์แบบทรานซิสเตอร์ และ ค) วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยมีแหล่งจ่ายไฟจากแบตเตอรี่แรงดัน 12 V กระแส 7.5 A



ภาพที่ 4 วงจรสำหรับควบคุมเครื่องยิงลูกเทนนิส
ก) แผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ ข) แผงวงจรรีเลย์ และ ค) แผงวงจรทรานซิสเตอร์

ผลการทดลอง พบว่า เมื่อเปรียบเทียบกับแรงดันและกระแสทางด้านอินพุต วงจรรีเลย์มีแรงดันและกระแส มีค่าเฉลี่ยเอาต์พุตโหลดในวงจรเท่ากับแรงดัน 10 V และกระแส 6.5 A มีการเปลี่ยนแปลงคิดเป็นร้อยละ 1.5 เนื่องจากเป็นสภาวะเริ่มต้นการทำงานทำให้อุปกรณ์รีเลย์ใช้กระแสมากเพื่อปิดเปิดวงจรในการสลับจังหวะเมื่อเปรียบเทียบกับอุปกรณ์ทรานซิสเตอร์

ผลการทดลองวงจรหมุนกลับมอเตอร์แบบทรานซิสเตอร์ พบว่า วงจรสามรถปิดเปิดได้อย่างเหมาะสมวงจรมีค่าโหลดการเปลี่ยนแปลงคิดเป็นร้อยละ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยเอาต์พุตโหลดในวงจรทรานซิสเตอร์เพิ่มเท่ากับแรงดัน 10.5 V และกระแส 7.1 A

สำหรับโมดูล Pulse Width Modulation (PWM) ของ Arduino ซึ่งมีความละเอียด 8 bit หรือสามารถปรับได้ 255 ระดับ ดังนั้นค่าสัญญาณ 0 โวลต์ถึง 5 โวลต์ จะถูกแสดงเป็นสัญญาณแบบดิจิตอล จะได้ 0 ถึง 255 เมื่อ PWM มีความกว้างของ Duty Cycle มากมอเตอร์ก็จะหมุนเร็วมากขึ้น (อัมพร กุญชรรัตน์, ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ โอภาส สุขหวาน, 2554) แต่จากผลการทดลองวงจรรีเลย์และวงจรทรานซิสเตอร์ ซึ่งใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้า จึงมีการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดัน และกระแสที่ป้อนเข้าไปในวงจรลดลงทำให้ PWM ไม่คงที่จึงอาจส่งผลต่อการปล่อยยิงลูกในช่วงตั้งแต่ลำดับที่ 6-10 ขึ้นไปช้าลง

การทดลองยิงในโหมด Manual โดยใช้ควบคุมมอเตอร์ แบบรีเลย์ และทรานซิสเตอร์ซึ่งแรงยิงเกิดการผิดพลาด พบว่า จุดตกของลูกเทนนิสใน มีความถูกต้องในทิศทางการยิง และการสปินปล่อยลูกมีความแม่นยำพอสมควรแต่มีความผิดพลาดในจุดที่ลูกตก และความสม่ำเสมอในการยิงลูกมีความขัดข้องอาจมีลูกค้างอยู่จึงทำให้ยิงออกมาเร็วเกินไปผลการทดลองพบว่าใน ระยะจุดตกของลูกอยู่ในช่วง 18.5 เมตร ความผิดพลาด 1.5 เปอร์เซ็นต์ ค่าความแม่นยำ 80 เปอร์เซ็นต์ ผลจากการทดลองยิงในโหมด Auto พบว่า ในการยิงลูกเทนนิสแต่ละครั้งอาจจะทำให้มีความล้าช้า เนื่องจากต้องรอให้ลูกหมุนไปในทิศทางให้สุดรอบก่อน ทำให้ลูกเทนนิสเกิดการตกค้างอาจมีการตอบสนองล่าช้าต่อการหมุน ขึ้นอยู่กับโปรแกรมที่ตั้งไว้ในแต่ละคำสั่งทำให้ไม่มีความแม่นยำลดลงตามตำแหน่งที่กำหนดเอาไว้เมื่อเปรียบเทียบกับแนวยิงระนาบตรง มีระยะจุดตกของลูกอยู่ในช่วง 16.2 เมตร ความผิดพลาด 3.1 เปอร์เซ็นต์

5. การอภิปรายผล

สำหรับเครื่องยิงลูกเทนนิสเป็นอุปกรณ์การฝึกซ้อมสำหรับผู้เล่นกีฬาเทนนิส ในการทดลองหาประสิทธิภาพการปล่อยยิงลูกเทนนิสจากระยะลูกเทนนิสตกกระทบลงพื้นในการปล่อยยิงลูกเทนนิสแนวระนาบด้วยมุมเงย 3 ระดับ พบว่า มุมเงย 45 และ 60 องศา มีระยะการปล่อยยิงลูกเทนนิสเหมาะสำหรับผู้เล่นกีฬาเทนนิส แต่จากการทดลองกับผู้เล่นเพื่อการฝึกซ้อมที่ต้องการลูกโด่งข้ามตาข่าย และมีระยะการตีที่ไม่กระชั้นชิดสามารถจับจังหวะตีลูกให้กระทบไม้ตี นอกจากนี้การควบคุมวงจรหน่วงเวลาสำหรับการจ่ายลูกเทนนิส ประมาณ 10 วินาที เป็นช่วงเวลาให้ผู้ตีมีความพร้อมในการตีครั้งต่อไปสำหรับความเร็วของลูกเทนนิสอาจใช้การเลื่อนระยะการหนีบลูกของล้อยาง หรือเปลี่ยนตำแหน่งวางเครื่องยิงลูกเทนนิส

6. สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาเครื่องยิงลูกเทนนิสเพื่อการฝึกซ้อม โดยการออกแบบ และสร้างเครื่องยิงลูกเทนนิส ที่มีขนาดความกว้าง × สูง เท่ากับ 40 และ 98 เซนติเมตร ใช้แหล่งไฟจากแบตเตอรี่จำนวน 2 ลูกขนาดแรงดัน 12 V กระแส 7.5 A ใช้ล้อยางในการหนีบลูกเทนนิสเพื่อให้ลูกเทนนิสพุ่งออกมาด้วยมอเตอร์กระแสตรง 12 V ความเร็ว 7,000 รอบต่อนาที ผลทดลองระยะทางการปล่อยยิงลูกเทนนิสตกกระทบบนพื้นสนามในระนาบตรง และการปล่อยลูกยิงมุมเงย 45 และ 60 องศา มีระยะไกลมีความแม่นยำมาก มีความผิดพลาดร้อยละ 5 และ 10 ตามลำดับ

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 การใช้เทคโนโลยีในการพัฒนาอุปกรณ์ทางกีฬาแต่ละชนิด ต้องอาศัยทักษะผู้เล่นกีฬาช่วยเหลือให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

7.2 พัฒนาเครื่องปล่อยยิงลูกเทนนิสให้มีน้ำหนักลดน้อยลงเพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้าย

เอกสารอ้างอิง

กิตติ อินทรานนท์. (2532). *รายงานผลการวิจัยเรื่องการพัฒนาเครื่องมือเพื่อใช้ทดสอบลักษณะมนุษย์*. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และ กันยา ปาละวิวัธน์. (2536). *สรีรวิทยาของการออกกำลังกาย*: กรุงเทพฯ.

ภูชิต ภูชำนิ. (2550). *การประยุกต์ คณิตศาสตร์ และระบบฝังตัวกรณีศึกษาเครื่องส่งลูกเทนนิส วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ภาควิชาคณิตศาสตร์*, มหาวิทยาลัยศิลปกร.

ศิลปชัย สุวรรณธาดา. (2552). *การศึกษาปัจจัยความสำเร็จของชนิดกีฬาที่เป็นความหวังของประเทศไทยในกีฬา เทนนิส รายงานการวิจัย. กรุงเทพ: การกีฬาแห่งประเทศไทย ร่วมกับสำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา*. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศุภฤกษ์ มั่นใจตน. (2536). *"เทนนิส" สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*. กรุงเทพ.

อนันต์ ว่องวิไล และ อมรฤทธิ์ พุทธิพิพัฒน์ขจร. (2546). *เครื่องยิงลูกเทเบิลเทนนิสอัจฉริยะ. ปริญญานิพนธ์ สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน*, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

อัมพร กุญชรรัตน์ ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ โอภาส สุขหวาน. (2554). *การออกแบบและสร้างเครื่องยิงลูกเทนนิส. วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา ปีที่ 5 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์*, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

อบรม สินภิบาล และพีระ พระพัธนา. (2552). *เทนนิส. สกายบุกส์*. กรุงเทพฯ.