

## โปรแกรมคอมพิวเตอร์วิทัศน์เพื่อการตรวจสอบความถูกต้อง ของท่าออกกำลังกายสควอช

### A Computer Vision Application for Appropriateness Verification of Squat Exercise Posture

นนทรัฐ บำรุงเกียรติ<sup>1\*</sup> และพีรญา เต้าทอง<sup>2</sup>

Nontarat Bumrungrat<sup>1\*</sup> and Pheeraya Taothong<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ถนนนารายณ์มหาราช

ตำบลทะเลชุบศร อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี 15000 Email: nontarat.b@lawasri.tru.ac.th

<sup>1,2</sup>Faculty of Industrial Technology, Thepsatri Rajabhat University,

Naraimaharat Road, Talaechubsorn, Muang, Lopburi, 15000 Email: nontarat.b@lawasri.tru.ac.th

วันที่รับบทความ 29 พฤษภาคม 2564

Received: May. 29, 2021

วันที่รับแก้ไขบทความ 25 พฤศจิกายน 2564

Revised: Nov. 25, 2021

วันที่ตอบรับบทความ 8 ธันวาคม 2564

Accepted: Dec. 8, 2021

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอนวัตกรรมในรูปแบบของการสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์วิทัศน์เพื่อใช้ตรวจสอบความถูกต้องของท่าออกกำลังกายสควอชผ่านกล้องวิดีโอ โดยอาศัยหลักการประมวลผลภาพดิจิทัล โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ นักกีฬา ผู้ฝึกสอน นักกีฬาหรือบุคคลทั่วไป ใช้ประกอบท่าออกกำลังกายสควอชได้อย่างถูกต้อง ไม่ได้รับอันตรายหรือเกิดการบาดเจ็บ โดยผู้วิจัยได้ศึกษาเกี่ยวกับเงื่อนไขของการออกกำลังกายท่าสควอชที่ถูกต้อง ร่วมกับการศึกษาถึงหลักการประมวลผลภาพดิจิทัล นำมาออกแบบและสร้างโปรแกรมที่ทำงานร่วมกับกล้องวิดีโอ เพื่อทำหน้าที่ตรวจสอบการแสดงท่าทางการสควอชที่ถูกต้อง ลดอาการบาดเจ็บจากการใช้สายตามนุษย์และสร้างความสนุกสนานในการออกกำลังกายอีกด้วย ผลการออกแบบและสร้างโปรแกรมนี้อาจตรวจสอบความถูกต้องของการออกกำลังกายท่าสควอชจากผู้ทดสอบจำนวน 5 คน ผู้ทดสอบแต่ละคนทำท่าทางสควอชจำนวน 20 ครั้ง เก็บผลการทดลองโปรแกรมแต่ละครั้ง พบว่ามีความถูกต้องร้อยละ 93 ซึ่งสาเหตุของความผิดพลาดนั้นเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสภาวะแสงในบริเวณที่ทดสอบอย่างกะทันหันหรือจังหวะการทำท่าสควอชไม่เป็นธรรมชาติ เช่น มีการเคลื่อนไหวเร็วหรือช้ากว่าอัตราเฟรมปกติ นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากผลการประเมินความพึงพอใจจากผู้เชี่ยวชาญด้านกีฬา นักกีฬาและบุคคลทั่วไปจำนวน 5 ท่าน พบว่าผลการประเมินการใช้งานโปรแกรมอยู่ในระดับดี มีคะแนนเฉลี่ย 4.06

**คำสำคัญ:** ออกกำลังกาย, สควอช, คอมพิวเตอร์วิทัศน์, การประมวลผลภาพดิจิทัล

#### Abstract

This research focused on the innovation of a computer vision program for appropriateness verification of the squat exercise posture using a video camera and the principle of digital image processing. The purpose of this research was to provide gesture checking of the squat position during exercise for athletes' trainers, athletes,

or other individuals in order to promote the correct posture, decrease injuries and allow users to have more comfort and fun when exercising. The result of designing and creating this program, done by 5 testers each performing 20 squats, achieved an accuracy of 93%. The cause of the error may have been a sudden change in lighting conditions in the test area or an unnatural squat rhythm, such as faster or slower than the normal frame rate. The assessment of satisfaction from the sport experts, athletes and normal users found that overall satisfaction with use of the program was good, with an average rating of 4.06/5.

**Keywords:** Exercise, Squat, Computer Vision, Digital Image Processing

## 1. บทนำ

ปัจจุบันแนวโน้มการรักษาสุขภาพและการออกกำลังกายกำลังได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก ท่ามกลางสภาพสังคมที่มีความเป็นเมืองมากขึ้น การออกกำลังกายภายในบ้านด้วยตนเองได้รับความนิยมมากขึ้น เนื่องมาจากภาวะการแพร่ระบาดของไวรัสโควิด-19 ที่ไม่สามารถออกกำลังกายกลางแจ้งหรือใช้บริการสถานบริการออกกำลังกายกับคนหมู่มากได้ การออกกำลังกายยุคนี้ จึงมาเน้นที่องค์รวมของร่างกายเพื่อความเป็นอยู่ที่ดี ทั้งนี้นอกจากจะสามารถป้องกันหรือลดอันตรายที่อาจเกิดจากเหตุการณ์ไม่คาดฝัน เช่น การลื่นไถล การเสียการทรงตัว แล้วยังเพื่อการมีบุคลิกที่ดี การมีร่างกายแข็งแรง จะช่วยในการผ่อนคลายความตึงเครียดของอวัยวะและจิตใจ รวมไปถึงการที่สามารถรักษาน้ำหนักตัวที่เหมาะสมอีกด้วย การออกกำลังกายให้เกิดประโยชน์แก่สุขภาพ คือ การจัดลักษณะของความหนัก ความนาน และความบ่อยของการออกกำลังกายให้เหมาะสมกับเพศวัย สภาพร่างกาย สภาพแวดล้อม ดังนั้น ท่าทางการออกกำลังกายที่ถูกต้องจึงเป็นสิ่งสำคัญ โดยการออกกำลังกายท่าสควอช (Squat) ถือว่าเป็นท่าหลักที่คนออกกำลังกายทุกคนทำเพื่อเพิ่มความกระชับของกล้ามเนื้อและความแข็งแรงของช่วงล่างของร่างกาย เช่น เอว ต้นขา และน่อง ซึ่งกล้ามเนื้อบริเวณนี้ถือเป็นกลุ่มของกล้ามเนื้อมัดใหญ่ สามารถเผาผลาญพลังงานได้อย่างรวดเร็ว เหมาะสมต่อการนำไปเป็นวิธีการออกกำลังกายเพื่อการลดน้ำหนัก นอกจากนี้ท่าสควอชยังสามารถปรับบุคลิกภาพและช่วยให้สามารถทำกิจวัตรประจำวันให้ดีขึ้นด้วย แต่หากการแสดงท่าทางการออกกำลังกายท่าสควอชไม่ถูกต้อง ผิดตามหลักการวิทยาศาสตร์การกีฬา อาจส่งผลให้เกิดอาการบาดเจ็บแก่ผู้ออกกำลังกายได้ ทั้งในระยะสั้นและระยะยาว

เทคโนโลยีการประมวลผลภาพดิจิทัล (Digital Image Processing Technology) การนำภาพมาประมวลผลหรือคิดคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เราต้องการทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ โดยมีขั้นตอนต่าง ๆ ที่สำคัญ คือ การทำให้ภาพมีความคมชัดมากขึ้น การกำจัดสัญญาณรบกวนออกจากภาพ การแบ่งส่วนของวัตถุที่เราสนใจออกมาจากภาพ เพื่อนำภาพวัตถุที่ได้ไปวิเคราะห์หาข้อมูลเชิงปริมาณ เช่น ขนาด รูปร่าง และทิศทางการเคลื่อนของวัตถุในภาพ จากนั้นเราสามารถนำข้อมูลเชิงปริมาณเหล่านี้ไปวิเคราะห์ และสร้างเป็นระบบ จึงมีประโยชน์อย่างมากในการเพิ่มประสิทธิภาพการประมวลผลภาพและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากภาพในระบบต่าง ๆ

ปัจจุบันจึงมีการนำเทคโนโลยีการประมวลผลภาพดิจิทัลมาใช้ประโยชน์เพื่อกิจกรรมต่าง ๆ ที่สำคัญต่อการดำเนินชีวิตมากมาย

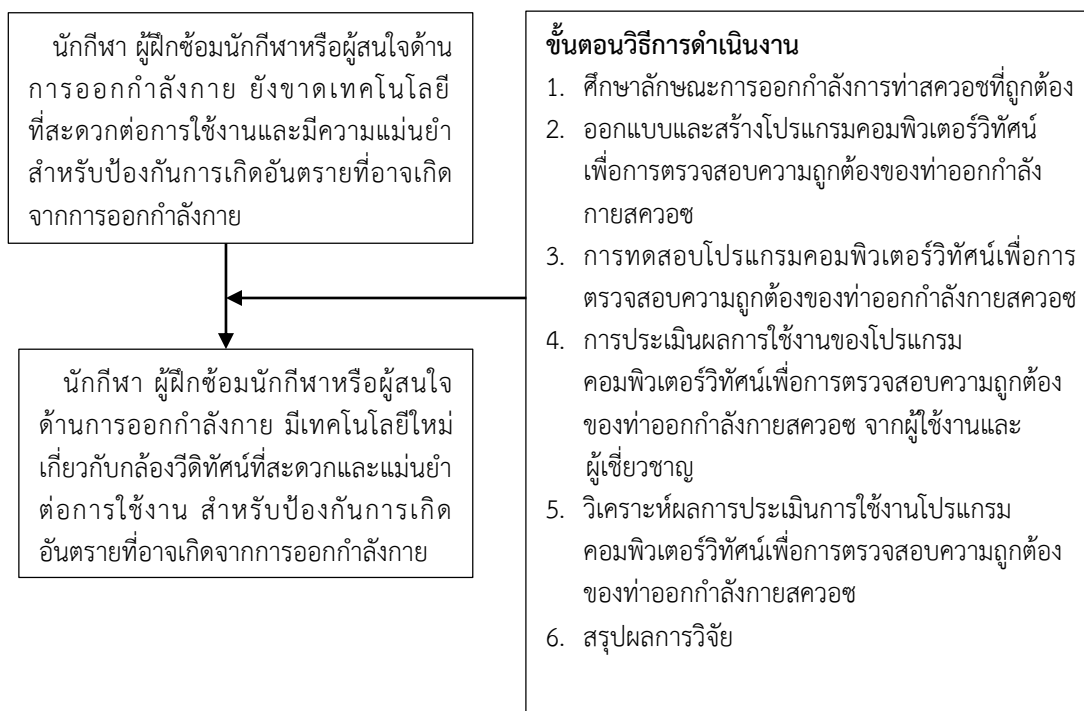
จากปัญหาและการศึกษาข้อมูลทีกล่าวนำข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดในการศึกษาหลักการในส่วนนี้ โดยได้ศึกษาเกี่ยวกับหลักการประมวลผลภาพดิจิทัลรวมถึงการประมวลผลภาพวีดิทัศน์เพื่อสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์วิทัศน์ เพื่อการตรวจสอบความถูกต้องของท่าออกกำลังกายสควอชขึ้นในการวิจัยนี้ อาศัยกล้องวีดิทัศน์ในการตรวจสอบแทนที่การตรวจสอบท่าทางการสควอชที่ถูกต้องด้วยสายตาของมนุษย์ โดยมีจุดประสงค์เพื่อความสะดวกสบายในการฝึกฝนการทำท่าทางการออกกำลังกายสควอชสำหรับการออกกำลังกายที่ถูกต้อง ส่งผลให้เกิดอาการบาดเจ็บน้อยลงและยังทำให้ผู้ใช้งานเกิดความสนุกสนานกับการออกกำลังกายมากขึ้นด้วย

## 2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อออกแบบและสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์วิทัศน์ เพื่อการตรวจสอบความถูกต้องของท่าออกกำลังกายสควอชโดยอาศัยหลักการประมวลผลภาพดิจิทัล

## 3. วิธีดำเนินการวิจัย

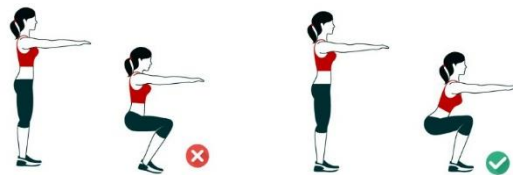
ผู้วิจัยมีขั้นตอนวิธีการดำเนินการวิจัย เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยตามลำดับตามกรอบแนวคิดการวิจัยดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิด

### 3.1 ลักษณะการออกกำลังการทำสควอชที่ถูกต้อง

นนท์ อัลภาชน์ ณ ป้อมเพชร์ (Thairath. online, 2019) ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์การกีฬา กล่าวว่า การสควอช (Squat) ถือว่าเป็นท่าหลักที่คนออกกำลังกายทุกคนทำเพื่อเพิ่มกล้ามเนื้อและความแข็งแรงของช่วงล่างของร่างกาย เช่น เอว ก้น ต้นขาและน่อง นอกจากนั้นแล้วสควอชยังสามารถช่วยให้สามารถทำกิจกรรมประจำวันได้ดีขึ้นด้วย เช่น เวลาจะนั่งและลุกหรือนั่งลงหยิบของ แม้กระทั่งนั่งส้วมยอง เพราะกิจกรรมเหล่านี้มีท่าทางคล้ายกับการสควอชการเล่นสควอช สำหรับการออกกำลังกายท่าสควอชในแต่ละครั้ง สามารถใช้กล้ามเนื้อได้หลายมัดและยังเป็นท่าที่ปลอดภัยสำหรับคนที่เพิ่งรักษา ผ่าหัวเข้าหรือผู้ที่กำลังกายภาพบำบัด เป็นต้น



ภาพที่ 2 ตัวอย่างการออกกำลังกายท่าสควอชที่ถูกต้อง (Siriraj Hospital. online, 2019)

การสควอชนั้นมีวิธีการออกกำลังกาย โดยเริ่มจากการยืนตรงวางเท้ากว้างประมาณไหล่ เปิดปลายเท้าออกประมาณ 5 องศา จากนั้นก้มลงโดยดันเอวและก้นไปข้างหลัง โดยพยายามให้หลังและลำตัวตรงให้มากที่สุด และลงลึกเท่าที่ลงได้โดยให้หลังและตัวยังตรงอยู่ เชิดอก เข้าตามปลายเท้า แต่ไม่เลยปลายเท้า ซึ่งหากออกกำลังกายท่าสควอชผิดท่าทางจะเกิดอันตรายต่อเอ็นไขว้หน้าและเอ็นไขว้หลังและถ้าแรงอัดที่เยื่อหุ้มกระดูกจะเป็นอันตรายต่อหมอนรองกระดูก เอ็นไขว้หน้าและเอ็นไขว้หลังด้วย ซึ่งจากภาพที่ 2 (Siriraj Hospital, 2019) นั้นเห็นได้ว่า การออกกำลังกายท่าสควอชที่ผิดท่าทางรูปแบบหนึ่ง คือ การย่อตัวโดยที่หัวเข่าของผู้สควอชนั้นมีลักษณะเกินจากปลายเท้าซึ่งอาจเกิดอันตรายได้ ด้วยเหตุนี้ทางคณะผู้จัดทำจึงนำเอาเงื่อนไขดังกล่าวเป็นเงื่อนไขสำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของท่าทางการออกกำลังกายท่าสควอชที่ถูกต้องเพื่อลดการเกิดอันตรายจากการออกกำลังกายประเภทนี้นั่นเอง

### 3.2 ขอบเขตของการใช้งานโปรแกรมฯ

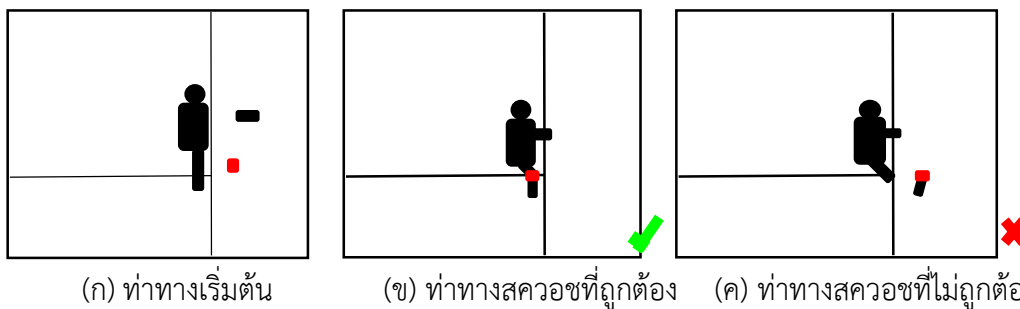
1) โปรแกรมที่สร้างขึ้นนี้ อาศัยโปรแกรมจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เป็นซอฟต์แวร์ที่ไม่มีลิขสิทธิ์

2) การใช้งานโปรแกรมนี้นี้ต้องถูกติดตั้งในสถานะแสงที่เหมาะสม นั่นคือ สามารถใช้งานโปรแกรมในบริเวณที่กล้องวิดีโอสามารถแยกแยะสีต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจน ผู้ออกกำลังกายท่าสควอชสวมใส่ผ้าพันหัวเข่าสีแดงก่อนการใช้งาน ยืน ณ ตำแหน่งที่กำหนดไว้ซึ่งจะปรากฏตำแหน่งยืนนี้ในกล้องวิดีโอ

3) รูปแบบลักษณะของท่าสควอชที่ถูกต้องอยู่ในลักษณะที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้น โดยอ้างอิงจากข้อมูลออนไลน์ (Siriraj Hospital, 2019)

4) โปรแกรมจะแสดงผลการตรวจสอบความถูกต้องของท่าทางการออกกำลังกายท่าสควอช ซึ่งจากภาพที่ 3 แสดงถึงเงื่อนไขการใช้งานโปรแกรมฯ ที่นำเสนอสำหรับท่าทางสควอชรูปแบบต่าง ๆ

โดยการใช้งานเริ่มต้น ด้วยการกำหนดให้ผู้ใช้งานยืน ณ ตำแหน่งที่กำหนดขึ้น ภาพที่ 3 (ก) เมื่อเริ่มออกกำลังกายท่าทางสควอช โปรแกรมคอมพิวเตอร์วิทัศน์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของท่าออกกำลังกายสควอชจะตรวจสอบการท่าทางที่ถูกต้องก่อนการตรวจสอบ หากท่าทางของการสควอชถูกต้อง แสดงดังภาพที่ 3 (ข) โปรแกรมฯ จึงแสดงผลความถูกต้องของท่าทางการออกกำลังกายท่าสควอช แต่หากท่าทางการออกกำลังกายท่าสควอชไม่ถูกต้อง แสดงดังภาพที่ 3 (ค) โปรแกรมฯ จะแสดงผลความไม่ถูกต้องผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์



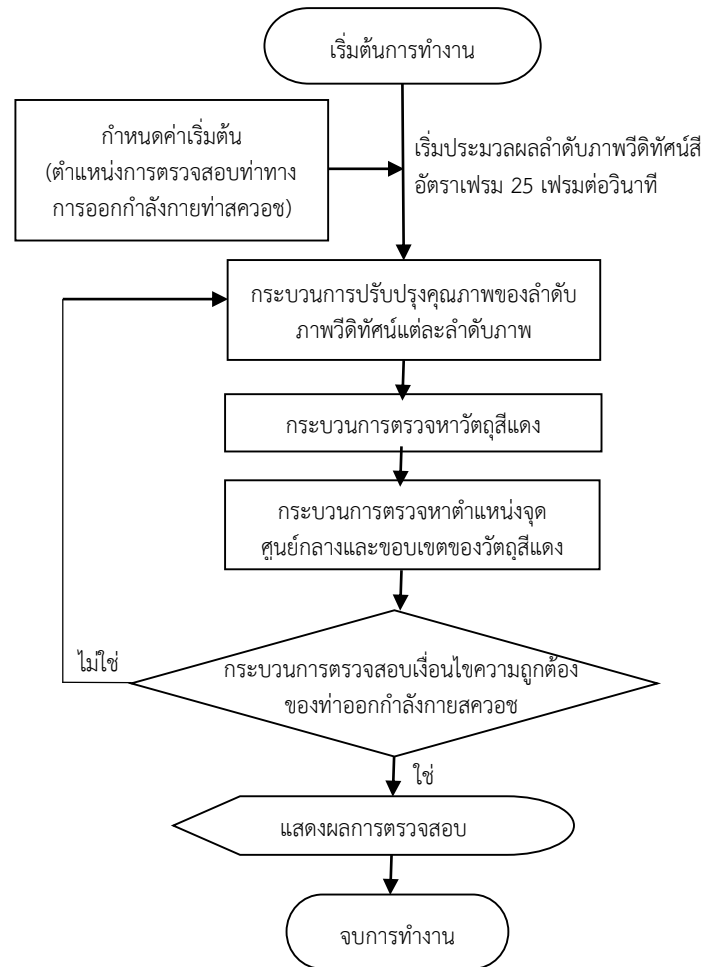
ภาพที่ 3 ลักษณะการตรวจสอบเงื่อนไขที่ถูกต้องของท่าทางการออกกำลังกายท่าสควอช

3.3 ขั้นตอนวิธีการออกแบบและสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์วิทัศน์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของท่าออกกำลังกายสควอช

ขั้นตอนวิธีการออกแบบและสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์วิทัศน์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของท่าออกกำลังกายสควอชนี้ อาศัยหลักการพื้นฐานทางด้านคอมพิวเตอร์วิทัศน์ (Computer Vision) ร่วมกับการประมวลผลภาพดิจิทัลและการประมวลผลภาพวิทัศน์ ซึ่งขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมนั้น มีลำดับการทำงานแสดงดังภาพที่ 4 ซึ่งอธิบายรายละเอียดแต่ละขั้นตอนได้ ดังนี้

1) เริ่มต้นการทำงาน เปิดกล้องรับภาพเข้าจากกล้องวิทัศน์ที่มีความละเอียด (Resolution) 640 x 480 จุดภาพ (Pixels)

2) กำหนดค่าเริ่มต้นตำแหน่งของการตรวจความถูกต้องท่าออกกำลังกายสควอช โดยผู้ที่ต้องการใช้งานสามารถกำหนดตำแหน่งเส้นตรงแนวตั้ง (Vertical Line) เส้นตรงแนวนอน (Horizontal Line) และเส้นตรงตำแหน่งจุดยืน (Standing Line) ได้ก่อนการประมวลผล หากผู้ใช้งานกำหนดทั้งสามตำแหน่งดังกล่าวไว้แล้วโปรแกรมจะสามารถดำเนินการตามสถานการณ์ที่ผู้กำหนดได้ตามต้องการได้อย่างอัตโนมัติ แสดงตัวแปรต่าง ๆ ดังภาพที่ 5



**ภาพที่ 4** แผนภาพขั้นตอนวิธีขั้นตอนวิธีการออกแบบและสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์วิทัศน์ เพื่อการตรวจสอบความถูกต้องของท่าออกกำลังกายสควอช

3) กระบวนการปรับปรุงคุณภาพของภาพดิจิทัล เป็นขั้นตอนการประมวลผลภาพดิจิทัลเบื้องต้น (Pre-Processing) เพื่อให้ลำดับภาพวิดีโอรับเข้าแต่ละลำดับภาพเหมาะสมสำหรับนำไปประมวลผลในขั้นตอนต่อ ๆ ไป ซึ่งขั้นตอนวิธีการกระบวนการปรับปรุงคุณภาพของภาพดิจิทัลประกอบด้วย

(1) การแปลงภาพสีเป็นภาพระดับเทาด้วยการประมวลผลภาพดิจิทัลช่องสัญญาณภาพสีแดง

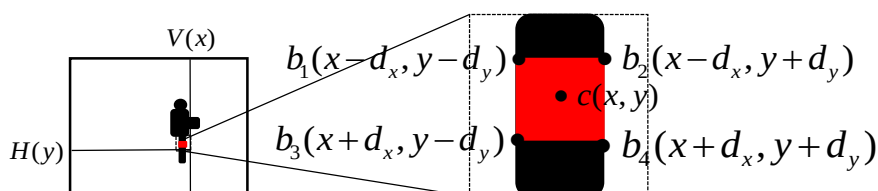
(2) การแปลงภาพระดับเทาเป็นภาพระดับขาวดำ

(3) การปรับเรียบภาพดิจิทัลด้วยตัวกรอง (Filter)

(4) การกำจัดสัญญาณรบกวนที่มีขนาดเล็ก

4) กระบวนการตรวจหาวัตถุสีแดง (Red Object Detection) เป็นขั้นตอนวิธีในการตรวจหาตำแหน่งวัตถุสีแดง (วัตถุสีแดง คือ ผ้าพันหัวเข้าสีแดงที่เป็นตำแหน่งอ้างอิงสำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของท่าทางการออกกำลังกายท่าสควอชที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้น)

5) กระบวนการตรวจหาตำแหน่งจุดศูนย์กลางและขอบวัตถุสีแดง เป็นขั้นตอนตรวจหา และการจัดเก็บตัวแปรในรูปแบบของพิกัดจุดภาพกึ่งกลางของวัตถุสีแดง  $c(x,y)$  และขอบเขตของ วัตถุสีแดงที่ปรากฏในลำดับภาพวิดีโอที่บันทึกทั้ง 4 จุด ได้แก่  $b_n(x \pm d_x, y \pm d_y)$  เมื่อ  $b_n$  คือ จุดภาพที่ แสดงถึงขอบเขตของวัตถุสีแดงทั้งสี่จุด โดย  $b_1$  ถึง  $b_4$  คือ จุดพิกัดบนซ้าย จุดพิกัดบนขวา จุดพิกัด ล่างซ้ายและจุดพิกัดล่างขวา ตามลำดับ ระยะ  $d_x$  คือ ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางกับขอบเขต ตามแนวแกน  $x$  และระยะ  $d_y$  คือ ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางกับขอบเขตตามแนวแกน  $y$  เนื่องจากการตัดสินใจเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของท่าทางการออกกำลังกายท่าสควอชนั้น จะอาศัยตัวแปรสามตัว ได้แก่  $c(x,y)$  ,  $b_2$  และ  $b_4$



ภาพที่ 5 ตำแหน่งจุดกึ่งกลางและบริเวณขอบของวัตถุสีแดงที่ใช้ในการตัดสินใจ เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ของท่าออกกำลังกายสควอช

6) กระบวนการตรวจสอบเงื่อนไขเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของท่าออกกำลังกาย สควอช เป็นขั้นตอนสุดท้ายสำหรับการตัดสินใจว่าลักษณะการออกกำลังกายท่าสควอชแต่ละครั้งนั้น มีความถูกต้องตรงกับที่ผู้วิจัยออกแบบไว้หรือไม่ กำหนดสมการเงื่อนไขสำหรับการตัดสินใจนี้ ดังสมการที่ 1

$$Check = \begin{cases} 1, & (b_2(x,y) \text{ and } b_4(x,y)) < V(x) \text{ and } c(x,y) = H(y) \\ 0, & (b_2(x,y) \text{ and } b_4(x,y)) \geq V(x) \text{ and } c(x,y) \neq H(y) \end{cases} \quad (1)$$

โดยที่ ตัวแปร  $Check$  คือ ตัวแปรแสดงผลที่ได้จากการตรวจสอบความถูกต้อง ของท่าทางการออกกำลังกายท่าสควอชที่ถูกต้องตรงตามเงื่อนไขที่ผู้วิจัยกำหนด ตัวอย่างเช่น ซึ่งหากค่าของตัวแปร  $Check$  เท่ากับหนึ่ง หมายความว่า ขอบของวัตถุสีแดง ได้แก่ จุด  $b_2$  และ  $b_4$  มีค่าน้อยกว่าตำแหน่งเส้นตรงแนวตั้ง  $V(x)$  และจุดกึ่งกลางของวัตถุ ได้แก่ จุด  $c(x,y)$  มีค่าเท่ากับ ตำแหน่งเส้นตรงแนวนอน  $H(y)$  (ตำแหน่งตัวแปร  $V(x)$  และ  $H(y)$  แสดงดังภาพที่ 5) แสดงว่า ท่าออกกำลังกายสควอชนั้นถูกต้องตรงตามเงื่อนไขที่ผู้วิจัยกำหนด แต่ถ้าไม่ถูกต้องตามเงื่อนไข ที่กำหนด ค่าของตัวแปร  $Check$  จะมีค่าเท่ากับศูนย์

3.4 การประเมินประสิทธิภาพของการตรวจจับวัตถุอ้างอิงสำหรับการตรวจสอบความ ถูกต้องของท่าออกกำลังกายสควอชด้วย Confusion Matrix สำหรับการวัดประสิทธิภาพ ของโปรแกรมคอมพิวเตอร์วิทัศน์เพื่อการตรวจสอบความถูกต้องของท่าออกกำลังกายสควอช

คณะผู้วิจัยอาศัยการพิจารณาจากการตรวจจับวัตถุอ้างอิง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของท่าออกกำลังกายสควอชเป็นสำคัญ โดยอาศัยหลักการการวัดประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีหรือแบบจำลองด้วยการใช้ Confusion Matrix แสดงตัวแปร สัญลักษณ์และการคำนวณต่าง ๆ ของการประเมินประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีสำหรับการตรวจจับวัตถุอ้างอิงดังตารางที่ 1

**ตารางที่ 1** ตัวแปรการ สัญลักษณ์ และการคำนวณสำหรับการประเมินประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีสำหรับการตรวจจับวัตถุอ้างอิงของโปรแกรมคอมพิวเตอร์วิทัศน์ เพื่อการตรวจสอบความถูกต้องของท่าออกกำลังกายสควอช

| ตัวแปร         | สัญลักษณ์ | การคำนวณ                                                 |
|----------------|-----------|----------------------------------------------------------|
| True Positive  | TP        | -                                                        |
| False Positive | FP        | -                                                        |
| True Negative  | TN        | -                                                        |
| False Negative | FN        | -                                                        |
| Accuracy       | Acc       | $\frac{TP+TN}{TP+FP+TN+FN}$                              |
| Precision      | Pre       | $\frac{TP}{TP+FP}$                                       |
| Recall         | Rec       | $\frac{TP}{TP+FN}$                                       |
| F1-Score       | F1        | $2 \times \left( \frac{Pre \times Rec}{Pre+Rec} \right)$ |

การประเมินประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีสำหรับการตรวจจับวัตถุอ้างอิงของโปรแกรมคอมพิวเตอร์วิทัศน์เพื่อการตรวจสอบความถูกต้องของท่าออกกำลังกายสควอชของงานวิจัยนี้อาศัยตัวแปร 4 ตัวแปร ได้แก่ ค่าความถูกต้องรวม (Accuracy) ค่าความแม่นยำ (Precision) ค่าความถูกต้อง (Recall) และค่า F1-Score เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแม่นยำและค่าความถูกต้อง โดยทั้ง 4 ตัวแปรนี้ พิจารณาการคำนวณจากค่าต่าง ๆ นั่นคือ ค่า True Positive (TP) คือ ร้อยละของจุดภาพบริเวณวัตถุอ้างอิงที่โปรแกรมตรวจจับได้ตรงกับจุดภาพบริเวณวัตถุอ้างอิงจริง True Negative (TN) คือ ร้อยละของจุดภาพบริเวณวัตถุอ้างอิงที่โปรแกรมตรวจจับไม่ได้และไม่ตรงกับจุดภาพบริเวณวัตถุอ้างอิงจริง False Positive (FP) คือ ร้อยละของจุดภาพบริเวณวัตถุอ้างอิงที่โปรแกรมตรวจจับได้แต่ไม่ตรงกับจุดภาพบริเวณวัตถุอ้างอิงจริง และ False Negative (FN) คือ ร้อยละของจุดภาพที่ไม่ใช่บริเวณวัตถุอ้างอิงที่โปรแกรมตรวจจับแต่ตรงกับจุดภาพบริเวณวัตถุอ้างอิงจริง

3.5 การประเมินผลการใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์วิทัศน์เพื่อการตรวจสอบความถูกต้องของท่าออกกำลังกายสควอช

#### 1) ขั้นตอนการสร้างแบบประเมิน

(1) ศึกษาเอกสารแนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อกำหนดขอบเขตของการสร้างแบบประเมินให้ครอบคลุมความมุ่งหมายของงานวิจัย

(2) ศึกษาและปรับปรุงแบบประเมินจากงานวิจัยหนึ่ง (Charoenngan, T., 2011) เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจในการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์วิทัศน์เพื่อการตรวจสอบความถูกต้องของท่าออกกำลังกายสควอช



## 2) แบบประเมินที่ใช้ในงานวิจัย

แบบประเมินโปรแกรมคอมพิวเตอร์วิทัศน์เพื่อการตรวจสอบความถูกต้องของท่าออกกำลังกายสควอชแบ่งออกเป็น 2 ตอน ได้แก่

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามโดยลักษณะข้อคำถามเป็นแบบเลือกตอบ

ตอนที่ 2 แบบประเมินโปรแกรมคอมพิวเตอร์วิทัศน์เพื่อการตรวจสอบความถูกต้องของท่าออกกำลังกายสควอช มาตราส่วนประมาณค่ามี 5 ระดับดังนี้ การตรวจให้คะแนนเป็นรายข้อตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ดังนี้

|                              |         |
|------------------------------|---------|
| มีระดับความพึงพอใจดีมาก      | 5 คะแนน |
| มีระดับความพึงพอใจดี         | 4 คะแนน |
| มีระดับความพึงพอใจปานกลาง    | 3 คะแนน |
| มีระดับความพึงพอใจน้อย       | 2 คะแนน |
| มีระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด | 1 คะแนน |

เกณฑ์เฉลี่ยระดับผลการประเมินโดยกำหนดเกณฑ์ในการแปลความหมายดังนี้

|                              |                                        |
|------------------------------|----------------------------------------|
| ค่าเฉลี่ยระหว่าง 4.50 - 5.00 | หมายถึง ผลประเมินอยู่ในระดับดีมาก      |
| ค่าเฉลี่ยระหว่าง 3.50 - 4.49 | หมายถึง ผลประเมินอยู่ในระดับดี         |
| ค่าเฉลี่ยระหว่าง 2.50 - 3.49 | หมายถึง ผลประเมินอยู่ในระดับปานกลาง    |
| ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.50 - 2.49 | หมายถึง ผลประเมินอยู่ในระดับน้อย       |
| ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.00 - 1.49 | หมายถึง ผลประเมินอยู่ในระดับน้อยที่สุด |

ตอนที่ 3 แสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเป็นแบบปลายเปิด

## 3) การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลจากผู้ประเมินจำนวน 5 ท่าน โดยประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน นักกีฬา 1 ท่าน และคนทั่วไป 1 ท่าน โดยแบบประเมินที่สร้างขึ้นนี้ได้ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญแล้วจำนวน 3 ท่าน

## 4) การใช้สถิติวิเคราะห์ข้อมูล

การใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้สถิติโดยพิจารณาถึงวัตถุประสงค์และความหมายของข้อมูลดังนี้

จากการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบประเมินแล้วนำมาวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติการหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) หรือใช้ค่าสัญลักษณ์  $\bar{X}$  โดยใช้ดั่งสมการที่ 2 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ใช้ดั่งสมการที่ 3 (Srisard. B., 2002)

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{N} \quad (2)$$

โดยที่

 $\bar{X}$  คือ ค่าเฉลี่ย $\Sigma x$  คือ ผลรวมข้อมูลทั้งหมด $N$  คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

$$S.D = \frac{\sqrt{n \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}}{n(n-1)} \quad (3)$$

โดยที่

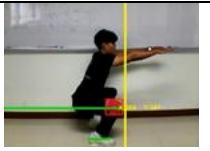
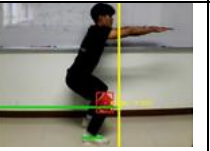
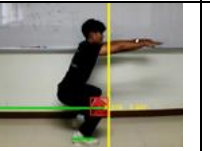
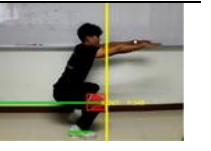
 $x$  คือ คะแนนแต่ละตัว $n$  คือ จำนวนคะแนนในกลุ่ม $\Sigma x$  คือ ผลรวมของคะแนนทั้งหมดในกลุ่ม

#### 4. ผลการทดสอบโปรแกรมคอมพิวเตอร์วิทัศน์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของท่าออกกำลังกายสควอช

4.1 ผลการทดสอบขั้นตอนวิธีการทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์วิทัศน์ เพื่อการตรวจสอบความถูกต้องของท่าออกกำลังกายสควอช

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบโปรแกรมคอมพิวเตอร์วิทัศน์เพื่อการตรวจสอบความถูกต้องของท่าออกกำลังกายสควอชด้วยการกำหนดให้ผู้ทดสอบจำนวน 5 คน แต่ละคนทำท่าทางออกกำลังกายสควอชจำนวน 20 ครั้ง และตรวจสอบความถูกต้องของการทำท่าทางออกกำลังกายสควอชด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์วิทัศน์เพื่อการตรวจสอบความถูกต้องของท่าออกกำลังกายสควอชที่สร้างขึ้น พบว่า โปรแกรมสามารถตรวจหาข้อผิดพลาดและตรวจสอบความถูกต้องของการทำท่าทางสควอชที่ตรงตามเงื่อนไขที่ผู้วิจัยกำหนดได้โดยมีความถูกต้องร้อยละ 93 ซึ่งสาเหตุของความผิดพลาดนั้นเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสภาวะแสงในบริเวณที่ทดสอบอย่างกะทันหัน หรือจังหวะการทำท่าสควอชไม่เป็นธรรมชาติ มีความเร็วหรือช้ากว่าอัตราเฟรมปกติ แสดงตัวอย่างตัวอย่างผลการทดสอบและร้อยละของความถูกต้องดังตารางที่ 2 และตารางที่ 3

ตารางที่ 2 ตัวอย่างผลการทดสอบโปรแกรมคอมพิวเตอร์วิทัศน์ เพื่อการตรวจสอบความถูกต้องของท่าออกกำลังกายสควอช

| ครั้งที่ 1                                                                          | ครั้งที่ 2                                                                          | ครั้งที่ 3                                                                          | ครั้งที่ 4                                                                           | ครั้งที่ 5                                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |  |  |
| ถูกต้อง                                                                             | ถูกต้อง                                                                             | ถูกต้อง                                                                             | ถูกต้อง                                                                              | ถูกต้อง                                                                               |

**ตารางที่ 3** ผลการทดสอบโปรแกรมคอมพิวเตอร์วิทัศน์ เพื่อการตรวจสอบความถูกต้องของท่าออกกำลังกายสควอช

| ครั้งที่                | ผู้ทดสอบคนที่ 1 | ผู้ทดสอบคนที่ 2 | ผู้ทดสอบคนที่ 3 | ผู้ทดสอบคนที่ 4 | ผู้ทดสอบคนที่ 5 |
|-------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1                       | ✓               | ✓               | ✓               | ✓               | ✓               |
| 2                       | ✓               | ✓               | ✓               | ✓               | ✓               |
| 3                       | ✓               | ✓               | ✓               | ✓               | ✓               |
| 4                       | ✓               | ✓               | ✓               | ✓               | ✓               |
| 5                       | ✓               | ✓               | ✓               | ✓               | ✓               |
| 6                       | ✓               | ✓               | ✓               | ✓               | ✓               |
| 7                       | ✓               | ✓               | ✓               | x               | ✓               |
| 8                       | ✓               | ✓               | ✓               | ✓               | x               |
| 9                       | ✓               | x               | ✓               | ✓               | ✓               |
| 10                      | x               | x               | x               | ✓               | ✓               |
| 11                      | ✓               | ✓               | ✓               | ✓               | ✓               |
| 12                      | ✓               | ✓               | ✓               | ✓               | ✓               |
| 13                      | ✓               | ✓               | ✓               | ✓               | ✓               |
| 14                      | ✓               | ✓               | ✓               | ✓               | ✓               |
| 15                      | ✓               | x               | x               | ✓               | ✓               |
| 16                      | ✓               | ✓               | ✓               | ✓               | ✓               |
| 17                      | ✓               | ✓               | ✓               | ✓               | ✓               |
| 18                      | ✓               | ✓               | ✓               | ✓               | ✓               |
| 19                      | ✓               | ✓               | ✓               | ✓               | ✓               |
| 20                      | ✓               | ✓               | ✓               | ✓               | ✓               |
| เฉลี่ย                  | 95%             | 85%             | 95%             | 95%             | 95%             |
| ค่าเฉลี่ยความถูกต้องรวม | 93%             |                 |                 |                 |                 |

4.2 ผลการประเมินประสิทธิภาพของการตรวจจับวัตถุอ้างอิงสำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของท่าออกกำลังกายสควอชด้วย Confusion Matrix

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบโปรแกรมคอมพิวเตอร์วิทัศน์ เพื่อการตรวจสอบความถูกต้องของท่าออกกำลังกายสควอช ในส่วนการประเมินประสิทธิภาพของการตรวจจับวัตถุอ้างอิงสำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของท่าออกกำลังกายสควอชนั้น กำหนดภาพที่ใช้ในการประเมินจำนวน 100 ภาพแบบสุ่ม จากการทดสอบจำนวน 5 คน แต่ละคนทำท่าทางออกกำลังกายสควอชจำนวน 20 ครั้ง ทำการหาค่าตัวแปรต่าง ๆ ของ Confusion Matrix แสดงผลการคำนวณได้ดังตารางที่ 4

**ตารางที่ 4** ผลการประเมินประสิทธิภาพของการตรวจจับวัตถุอ้างอิงสำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของท่าออกกำลังกายสควอชด้วย Confusion Matrix

| ตัวแปร         | สัญลักษณ์ | ค่าเฉลี่ย                                                                                                              | ร้อยละ |
|----------------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| True Positive  | TP        | 0.92                                                                                                                   | 92     |
| False Positive | FP        | 0.14                                                                                                                   | 84     |
| True Negative  | TN        | 0.88                                                                                                                   | 8      |
| False Negative | FN        | 0.16                                                                                                                   | 16     |
| Accuracy       | Acc       | $\frac{0.92+0.88}{0.92+0.14+0.88+0.16} = \frac{1.80}{2.10} = 0.857$                                                    | 85.7   |
| Precision      | Pre       | $\frac{0.92}{0.92+0.14} = \frac{0.92}{1.06} = 0.868$                                                                   | 86.8   |
| Recall         | Rec       | $\frac{0.92}{0.92+0.16} = \frac{0.92}{1.08} = 0.851$                                                                   | 85.1   |
| F1-Score       | F1        | $2 \times \left( \frac{0.868 \times 0.851}{0.868+0.851} \right) = 2 \times \left( \frac{0.739}{1.719} \right) = 0.859$ | 85.9   |

4.3 ผลการประเมินการใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์วิทัศน์ เพื่อการตรวจสอบความถูกต้องของท่าออกกำลังกายสควอช

ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการออกแบบและสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์วิทัศน์ เพื่อการตรวจสอบความถูกต้องของท่าออกกำลังกายสควอชจากผู้เชี่ยวชาญ นักกีฬา และคนทั่วไป จำนวน 5 ท่าน จำแนกตามค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แสดงดังตารางที่ 5 – 6

**ตารางที่ 5** ข้อมูลค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระดับความพึงพอใจต่อการออกแบบและสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์วิทัศน์ เพื่อการตรวจสอบความถูกต้องของท่าออกกำลังกายสควอช

| รายการประเมิน                 | $\bar{X}$ | S.D. | แปลความหมาย |
|-------------------------------|-----------|------|-------------|
| ด้านการใช้งานทั่วไป           | 4.80      | 1.50 | ดีมาก       |
| ด้านความถูกต้องและการประมวลผล | 4.60      | 0.50 | ดีมาก       |
| ด้านการออกแบบ                 | 4.80      | 1.50 | ดีมาก       |
| ด้านความปลอดภัยในการใช้งาน    | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| เฉลี่ยโดยรวม                  | 4.80      | 0.87 | ดีมาก       |

จากตารางที่ 5 พบว่าผู้ทดลองใช้งานมีความเห็นเกี่ยวกับการออกแบบและสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์วิทัศน์เพื่อการตรวจสอบความถูกต้องของท่าออกกำลังกายสควอช เฉลี่ยโดยรวมอยู่ในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.80 สำหรับการพิจารณารายข้อ ปรากฏว่ามีคะแนนอยู่ระหว่าง 4.60 – 5.00 ซึ่งสามารถเรียงค่าเฉลี่ยจากมากไปหาน้อยได้ดังนี้

ลำดับที่ 1 ด้านการออกแบบ ( $\bar{X} = 5.00$ )

ลำดับที่ 2 ด้านความถูกต้องและการประมวลผล ( $\bar{X} = 4.80$ )

และด้านการใช้งานทั่วไป ( $\bar{X} = 4.80$ )

ลำดับที่ 3 ด้านความปลอดภัยในการใช้งานของระบบ ( $\bar{X} = 4.60$ )

**ตารางที่ 6** ข้อมูลค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความพึงพอใจต่อการออกแบบและสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์วิทัศน์ เพื่อการตรวจสอบความถูกต้องของท่าออกกำลังกายสควอช โดยแบ่งเป็น 4 ด้าน

| รายการประเมิน                                          | $\bar{X}$ | S.D. | แปลความหมาย |
|--------------------------------------------------------|-----------|------|-------------|
| <b>1. ด้านการใช้งานทั่วไป</b>                          |           |      |             |
| การเข้าสู่ระบบเพื่อเริ่มต้นทำงานมีความสะดวกในการใช้งาน | 4.00      | 0.90 | ดี          |
| ความรวดเร็วในการแสดงผลข้อมูล                           | 4.20      | 1.50 | ดี          |
| โปรแกรมฯ ช่วยให้การงานรวดเร็วขึ้น                      | 4.80      | 1.50 | ดีมาก       |
| รวม                                                    | 4.33      | 1.31 | ดี          |
| <b>2. ด้านความถูกต้องและการประมวลผล</b>                |           |      |             |
| ความถูกต้องของการเพิ่ม/ลด/แก้ไขข้อมูล                  | 4.40      | 0.94 | ดี          |
| ความถูกต้องในการแสดงผลข้อมูลจากการสืบค้น               | 4.60      | 0.50 | ดีมาก       |

**ตารางที่ 6** ข้อมูลค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความพึงพอใจต่อการออกแบบและสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์วิทัศน์ เพื่อการตรวจสอบความถูกต้องของท่าออกกำลังกายสควอช โดยแบ่งเป็น 4 ด้าน (ต่อ)

| รายการประเมิน                                                       | $\bar{X}$   | S.D.        | แปลความหมาย |
|---------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| ภาษาที่ใช้ในโปรแกรมเป็นทางการ ตรงประเด็น และสื่อความหมายชัดเจน      | 4.80        | 1.50        | ดีมาก       |
| รวม                                                                 | 4.60        | 0.98        | ดีมาก       |
| <b>3. ด้านการออกแบบ</b>                                             |             |             |             |
| การจัดวางตำแหน่งของข้อความ รูปภาพ และเมนูง่ายต่อการทำความเข้าใจ     | 3.80        | 0.94        | ดี          |
| ความสวยงาม และความน่าสนใจ                                           | 3.20        | 0.47        | ดี          |
| ขนาดตัวอักษรและรูปแบบตัวอักษร อ่านได้ง่าย                           | 3.60        | 0.50        | ดี          |
| รวม                                                                 | 3.53        | 0.63        | ดี          |
| <b>4. ด้านความปลอดภัยในการใช้งานของระบบ</b>                         |             |             |             |
| การจัดการรักษาความปลอดภัย และกำหนดสิทธิ์ในการเข้าถึงข้อมูลผู้ใช้งาน | 3.80        | 1.50        | ดี          |
| การตรวจสอบสิทธิ์ในการใช้งานโดยใช้ชื่อผู้ใช้และรหัสผ่านเหมาะสม       | 3.80        | 0.47        | ดี          |
| รวม                                                                 | 3.80        | 0.98        | ดี          |
| <b>เฉลี่ยโดยรวม</b>                                                 | <b>4.06</b> | <b>0.97</b> | <b>ดี</b>   |

จากตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์การออกแบบและสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์วิทัศน์ เพื่อการตรวจสอบความถูกต้องของท่าออกกำลังกายสควอช พบว่าผู้เชี่ยวชาญ นักกีฬา และคนทั่วไป จำนวน 5 ท่าน มีความพึงพอใจโดยเฉลี่ยรวมอยู่ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.06 ซึ่งค่าเฉลี่ยมากที่สุด ได้แก่ ด้านความถูกต้องและการประมวลผล  $\bar{X} = 4.80$  รองลงมา คือ ด้านการใช้งานทั่วไป  $\bar{X} = 4.60$  ด้านความปลอดภัยในการใช้งานของระบบ  $\bar{X} = 3.80$  และด้านการออกแบบ  $\bar{X} = 3.53$  ตามลำดับ

## 5. สรุปและอภิปรายผล

โปรแกรมคอมพิวเตอร์วิทัศน์ เพื่อการตรวจสอบความถูกต้องของท่าออกกำลังกายสควอช ที่ผู้วิจัยออกแบบและสร้างขึ้นนี้ ถูกกำหนดให้ใช้งานติดตั้งในสถานะแสงที่เหมาะสม ผู้ทดสอบสวมใส่ผ้าพันหัวเข้าสีแดงก่อนการใช้งานและยืน ณ ตำแหน่งที่กำหนดไว้ ซึ่งจะปรากฏตำแหน่งในกล้องวิทัศน์ โดยรูปแบบลักษณะของท่าสควอชที่ถูกต้อง ต้องอยู่ในลักษณะที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้น และแสดงผลการตรวจสอบความถูกต้องของท่าทางการออกกำลังกายท่าสควอชผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ จากผลการทดลองได้ทำการทดสอบโปรแกรมฯ จำนวนผู้ทดสอบจำนวน 5 คน คนละ 20 ครั้ง พบว่า โปรแกรมฯ สามารถตรวจหาและติดตามวัตถุสีแดงและสามารถแสดงผลความถูกต้องของท่าทางการออกกำลังกายท่าสควอชที่ถูกต้องตรงตามเงื่อนไขที่ผู้วิจัยกำหนด โดยมีร้อยละความถูกต้องร้อยละ 93 ซึ่งสาเหตุของความผิดพลาดนั้นเกิดจากการเปลี่ยนแปลง

ของสภาวะแสงในบริเวณที่ทดสอบอย่างกะทันหันหรือจังหวะการทำงานทำสควอชไม่เป็นธรรมชาติ เช่น มีการเคลื่อนที่เร็วหรือช้ากว่าอัตราเฟรมที่กำหนด

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำการประเมินความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญ นักกีฬา และคนทั่วไป จำนวน 5 ท่าน ผลการวิจัยพบว่ามีความพึงพอใจในการทดลองใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์วิทัศน์เพื่อการตรวจสอบความถูกต้องของท่าออกกำลังกายสควอชอยู่ในระดับดีมาก ซึ่งมีค่าเฉลี่ย  $\bar{X} = 4.80$  และความพึงพอใจต่อการออกแบบและสร้างโปรแกรมฯ โดยแบ่งเป็น 4 ด้าน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.06 อยู่ในระดับดี หรือเรียงตามลำดับจากมากไปน้อย ได้แก่ ด้านความถูกต้องและการประมวลผล  $\bar{X} = 4.80$  รองลงมา คือ ด้านการใช้งานทั่วไป  $\bar{X} = 4.60$  ด้านความปลอดภัยในการใช้งานของระบบ  $\bar{X} = 3.80$  และด้านการออกแบบ  $\bar{X} = 3.53$  ตามลำดับ

งานวิจัยของคณะผู้วิจัยที่ผ่านมาจะอาศัยหลักการประมวลผลภาพดิจิทัลและการประมวลผลภาพดิจิทัล มาออกแบบและสร้างโปรแกรมให้เกิดประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เช่น ประโยชน์ทางการกีฬา ผู้สูงอายุและผู้พิการ รวมถึงด้านระบบรักษาความปลอดภัย เป็นต้น ซึ่งพบว่า การวิจัยในลักษณะนี้ สิ่งที่ทำทลายคือการแก้ไขปัญหาทางด้านปัจจัยทางแสงสว่าง ซึ่งมักก่อให้เกิดความผิดพลาดในการวิจัยลักษณะนี้เป็นอย่างมาก ซึ่งในอนาคตนั้นอาจนำการเทคนิคตรวจจับสีผิว หรือการตรวจจับโครงสร้างการเปลี่ยนแปลงของขาและข้อต่อของมนุษย์ แทนการใช้วัตถุอ้างอิงหรือมาร์คเกอร์ที่ผู้วิจัยใช้ แต่ข้อเสียอาจจากผลกระทบทางแสงสว่างอาจทำให้การตรวจสอบท่าออกกำลังกายสควอชนั้นผิดพลาดรุนแรงมากกว่าการใช้วัตถุอ้างอิงหรือมาร์คเกอร์ก็เป็นได้ และสามารถเพิ่มเติมการแจ้งเตือนทางเสียงหากผู้ใช้งานแสดงท่าออกกำลังกายสควอชที่ผิด

## 6. เอกสารอ้างอิง

- Charoenngan, T. (2011). **Factors affecting health officers' satisfaction toward the use of java health center information system (JHCIS) of health promotiong tambon hospital and primary care unit: a case study of Phangaga**. Master's Thesis, Information Systems Major, Faculty of Business Administration, Rajamangala University of Technology Thanyaburi. (in Thai).
- Gong Cheng Junwei Han. (2016). **A survey on object detection in optical remote sensing images**. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. Volume 117. July 2016. pp. 11-28.
- Kai Kang, et al. (2016). **Object detection from video tubelets with convolutional neural networks**. Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). pp. 817-825.
- Paulo Rodrigo Cavalin. (2018). **Confusion matrix-based building of hierarchical classification**, The 23<sup>rd</sup> Iberoamerican Congress (CIAR2018). Spain. 19-22 November 2018. pp. 271-278.

Siriraj Hospital. (2019). **How to squash properly.** [online], Available:

<http://www.siphhospital.com/th/news/article/share/866/Squat>. Access on October 1, 2019. (in Thai).

Srisa-ard, B. (2002). **Statistical methods for research.** 3<sup>rd</sup> ed., Bangkok: Suwiriyasan. (in Thai).

Thairath Online. (2019). **How to do the best squash exercises in the right way.**

[online], Available: <https://www.thairath.co.th/lifestyle/woman/502379>. Access on October 1, 2019. (in Thai).