

# การเปรียบเทียบการเคลื่อนไหวสำหรับช่วยฝึกซ้อมมวยไทยด้วย การเรียนรู้การมองเห็น

ณพงศ์ พิพัฒน์วรกุล<sup>1</sup> และ นวิน เวชสุวรรณ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

<sup>2</sup>คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

Emails: 63070219@it.kmitl.ac.th, 63070232@it.kmitl.ac.th

## บทคัดย่อ

การเปรียบเทียบท่าทางผู้เรียนและครูฝึกผ่านวิดีโอ โดยทำการสร้างโครงกระดูกเพื่อนำตำแหน่งข้อต่อมาเปรียบเทียบท่าทางระหว่างผู้เรียนและครูฝึก คำนวณคะแนนความเหมือน และจับคู่เฟรมด้วยไดนามิกไทม์วอร์ปิง โดยการเปรียบเทียบท่าทางระหว่างผู้เรียนและครูฝึกมีสองวิธี คือ การเปรียบเทียบด้วยมุมข้อพับและการเปรียบเทียบด้วยทิศทางของท่อนกระดูก การคำนวณคะแนนมีทั้งการไม่กำหนดค่าถ่วงน้ำหนัก กำหนดค่าถ่วงน้ำหนักแต่ละส่วนด้วยตนเอง การกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักอัตโนมัติและฟังก์ชันเพิ่มความต่างของคะแนน ส่วนการจับคู่เฟรมด้วยไดนามิกไทม์วอร์ปิงก็สามารถกำหนดเฟรมที่สำคัญได้ จากการทดลองพบว่าการเปรียบเทียบด้วยทิศทางของท่อนกระดูกร่วมกับการกำหนดเฟรมที่สำคัญ ซึ่งให้ความต่างระหว่างผู้เรียนที่ทำท่าเหมือนและไม่เหมือนมากที่สุดอยู่ที่ 10.89 %

คำสำคัญ – Pose estimation; Pose similarity; Pose tracking

## 1. บทนำ

มวยไทยเป็นศิลปะการต่อสู้แขนงหนึ่งของไทยที่มีการแพร่หลาย และยังได้รับความนิยมมากขึ้นเรื่อย ๆ ในปัจจุบัน ถ้าหากพิจารณาจากการสำรวจข้อมูลนักท่องเที่ยวต่างประเทศในปี 2559 พบว่ามีชาวต่างชาติเดินทางเพื่อมาเรียนมวยไทยกว่า 40,000 ราย [1] และจากสถิติพบว่าการสอนมวยไทยในสถานกีฬาเกือบ 4,000 แห่งใน 36 ประเทศ [2] ซึ่งสังเกตได้ว่ามวยไทยได้รับความนิยมจากต่างประเทศไม่ใช่เฉพาะในประเทศไทย และนอกจากมวยไทยจะเป็นศิลปะการต่อสู้ที่ใช้เพื่อการแข่งขันแล้ว มวยไทยยังเป็นที่นิยมในหมู่ของผู้ที่ชื่นชอบการออกกำลังกาย เนื่องจากมีการใช้หมัด เข่า ศอก และเท้า ซึ่งทำให้เกิดการเคลื่อนไหวมาก [3] ทำให้มวยไทยเป็นการออกกำลังกายรูปแบบหนึ่งที่ได้รับคามนิยมในปัจจุบัน ด้วยเหตุผลข้างต้นมวยไทยจึงเป็นที่ได้รับความนิยมอย่างกว้างขวางจึงทำให้ความต้องการของครูฝึกมีเพิ่มมากขึ้น

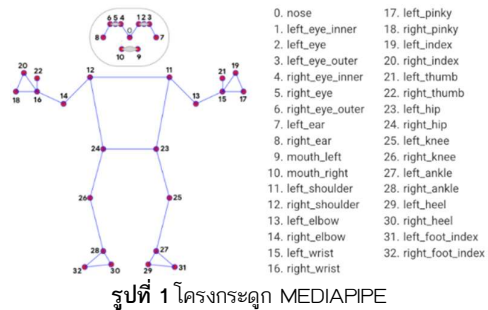
ในปัจจุบันการใช้คอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการตรวจจับการเคลื่อนไหวเป็นที่ได้รับความสนใจไม่น้อย โดยเฉพาะการตรวจจับการเคลื่อนไหวด้วยกล้อง จึงทำให้คณะผู้จัดทำมีความคิดในการพัฒนาอัลกอริทึมเพื่อตรวจจับการเคลื่อนไหวของผู้เรียนในท่าทางมวยไทยและให้คะแนนความเหมือนระหว่างผู้เรียนและครูฝึกพร้อมกับแสดงจุดที่ผิดพลาดให้ผู้เรียนได้ทราบ

## 2. การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

### 2.1. การสร้างโครงกระดูก

ปัจจุบันมีการศึกษาเกี่ยวกับการมองเห็นของคอมพิวเตอร์มากมาย หนึ่งในนั้นคือ MediaPipe [4] MediaPipe เป็นไลบรารีสำหรับภาษา Python ซึ่งมีชุดคำสั่งสำหรับนำไปใช้ร่วมกับแอปพลิเคชันที่ต้องการประมวลผลภาพและวิดีโอ โดยมีชุดคำสั่งสำหรับการตรวจจับวัตถุ ใบหน้า และท่าทาง ซึ่ง Mediapipe มีชุดคำสั่งที่สามารถตรวจจับและสร้างโครงกระดูกของมนุษย์ได้ โดย Mediapipe ใช้หลักการ Top-down approach ซึ่งจะหาบริเวณที่มีมนุษย์ภายในเฟรม

หลังจากนั้นจึงทำการหาพิกัดของข้อต่อโดยใช้ BlazePose [5] ซึ่งเป็นอัลกอริทึมที่ใช้โครงข่ายประสาทเทียมเพื่อประมาณการพิกัดของข้อต่อ ผลลัพธ์ที่ได้จาก MediaPipe คือ พิกัด 3 มิติของข้อต่อทั้งหมด 33 ข้อต่อ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 โครงกระดูก MEDIAPIPE

## 2.2. การเปรียบเทียบท่าทาง

การเปรียบเทียบท่าทางคือ การนำรูปภาพหรือวิดีโอที่มีการแสดงท่าทางไม่ว่าจะเป็นบุคคลเดียวกันหรือต่างกันมาคำนวณคะแนนความเหมือน ซึ่งทำให้มีการเปรียบเทียบท่าทางระหว่างรูปภาพ และการเปรียบเทียบระหว่างวิดีโอ

### 2.2.1. การเปรียบเทียบท่าทางระหว่างรูปภาพ

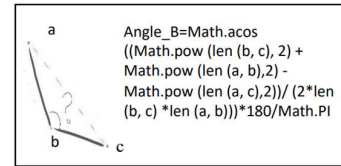
Romeo Sajina และ Marina Ivasic Kos [6] เสนอ Cosine Similarity [7] ซึ่งใช้คุณสมบัติของผลคูณเชิงสเกลาร์เพื่อหามุมระหว่าง 2 เวกเตอร์



รูปที่ 2 กรณีเวกเตอร์ชี้ไปในทิศทางเดียวกัน (ซ้าย) กรณีเวกเตอร์ชี้ไปคนละทิศทาง (ขวา)

ผลลัพธ์ของ Cosine Similarity จะได้ตั้งแต่ -1 ถึง 1 ซึ่ง -1 หมายถึงเวกเตอร์ชี้ไปคนละทิศทาง และ 1 หมายถึงเวกเตอร์ชี้ไปในทิศทางเดียวกัน

Pradnya Krishnanath Borkar, Marilyn Mathew Pulinthitha และ Ashwini Pansare [8] ได้พัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน MatchPose ที่ให้ผู้ใช้เลือกรูปภาพท่าทางที่ต้องการเปรียบเทียบ โดยจะนำรูปภาพที่ผู้ใช้เลือกมาเปรียบเทียบกับวิดีโอจากกล้อง Webcam โดยเปรียบเทียบจากมุมทั้งหมด 4 มุม ได้แก่ มุมข้อศอก มุมเข่า มุมสะโพก มุมหัวไหล่



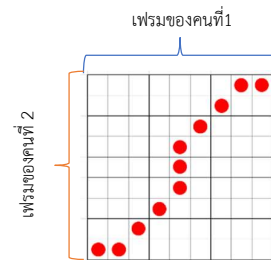
รูปที่ 3 วิธีคำนวณมุม

(ที่มา: Match Pose - A System for Comparing Pose [8])

โดยจะใช้พิกัดของข้อต่อที่เกี่ยวข้องในการหาตำแหน่งของท่อนแขนและท่อนขาควบคู่ไปด้วยเพื่อทราบทิศทางของแขนและขาว่าหมุนเข้าหรือหมุนออกจากลำตัว

### 2.2.2. การเปรียบเทียบท่าทางระหว่างวิดีโอ

การเปรียบเทียบท่าทางระหว่างคนสองคนที่ เป็นวิดีโอหรือลำดับภาพที่มีความยาวไม่เท่ากัน ทำให้ท่าทางที่ต้องการเปรียบเทียบอยู่ในลำดับเวลาที่แตกต่างกัน Romeo Sajina และ Marina Ivasic Kos [6] กับ เบญจรัตน์ ฉันทะประเสริฐ และเมธิมพงศ์ ชุ่มชื่น [9] ได้เสนอไดนามิกไทม์วอร์ปิง (Dynamic Time Warping) หรือ DTW ร่วมกับ Cosine Similarity เพื่อเป็นการเปรียบเทียบเฉพาะส่วนที่คล้ายกันมากที่สุดในวิดีโอ



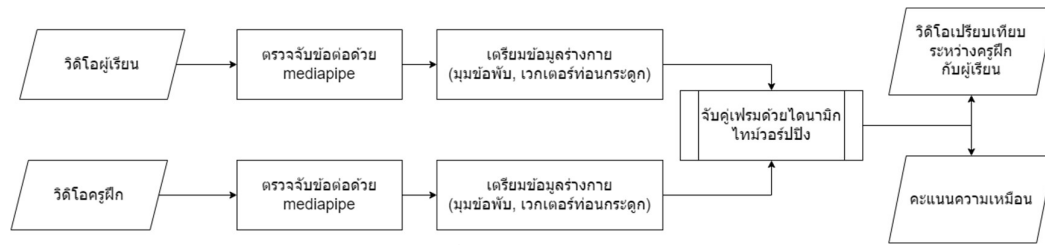
รูปที่ 4 ตัวอย่างไดนามิกไทม์วอร์ปิง

โดยแต่ละช่องคือ การเปรียบเทียบท่าทางรูปภาพกับรูปภาพของเฟรมของคนที่ 1 และคนที่ 2 และจุดสีแดงหมายถึง เฟรมของคนที่ 1 และคนที่ 2 มีความแตกต่างกันน้อยที่สุด

## 3. วิธีการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานทั้งหมดตั้งแต่การรับวิดีโอของครูฝึกและผู้เรียน จนกระทั่งแสดงรูปภาพเปรียบเทียบท่าทางระหว่างครูฝึกและผู้เรียน

### 3.1. ภาพรวมของระบบ



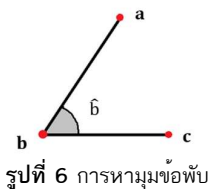
รูปที่ 5 ภาพรวมของระบบ

### 3.2. การเตรียมข้อมูลร่างกาย

การนำพิกัดข้อต่อทั้งหมดที่ตรวจจับด้วย Mediapipe มาคำนวณเพื่อให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถนำไปคำนวณคะแนนความเหมือนระหว่างครูฝึกและผู้เรียน โดยการเตรียมข้อมูลร่างกายแบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ การคำนวณมุมข้อพับและเวกเตอร์ท่อนกระดูก

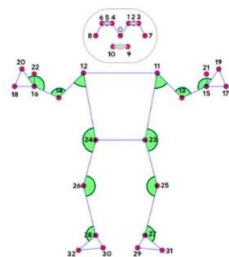
#### 3.2.1. การคำนวณมุมข้อพับ

การคำนวณมุมข้อพับจะอาศัยพิกัดข้อต่อ 3 ข้อต่อเพื่อคำนวณมุมข้อพับ โดยมุมที่ได้จะเป็นมุมของข้อต่อที่ 2



รูปที่ 6 การหามุมข้อพับ

ซึ่งการคำนวณมุมข้อพับจะต้องคำนวณทั้ง 12 ข้อพับดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 มุมข้อพับทั้งหมด 12 ข้อพับ

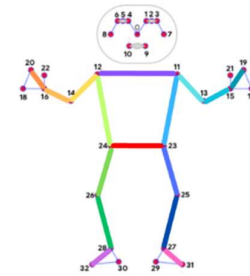
#### 3.2.2. การคำนวณเวกเตอร์ท่อนกระดูก

การคำนวณเวกเตอร์ท่อนกระดูกจะอาศัยพิกัดข้อต่อ 2 ข้อต่อที่เป็นส่วนต้นของท่อนกระดูกและส่วนปลายของท่อนกระดูก ดังรูปที่ 8



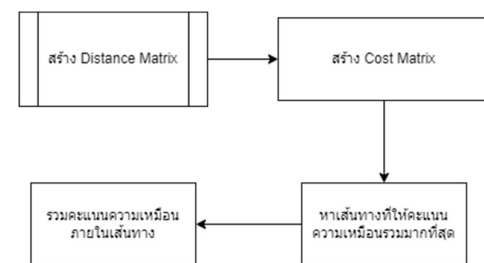
รูปที่ 8 การหาเวกเตอร์ท่อนกระดูก

ซึ่งการคำนวณเวกเตอร์ท่อนกระดูกจะต้องคำนวณทั้ง 16 ท่อนกระดูกดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 ท่อนกระดูกทั้งหมด 16 ท่อน

### 3.3. การจับคู่เฟรมด้วยไดนามิกไทม์วอร์ปิง



รูปที่ 10 ภาพรวมไดนามิกไทม์วอร์ปิง

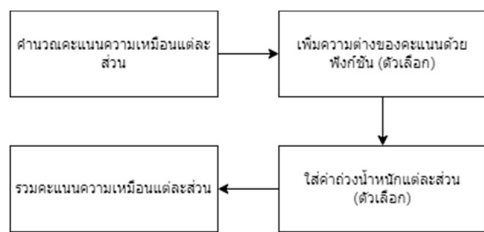
#### 3.3.1. สร้าง Distance Matrix

Distance Matrix หรือเมทริกซ์ระยะทาง คือ เมทริกซ์ที่เก็บคะแนนความเหมือนของเฟรมผู้เรียนและครูฝึกเอาไว้ ดังตารางตัวอย่างที่ 1 โดยแถวแทนเฟรมครูฝึกและหลักแทนเฟรมผู้เรียน

ตารางที่ 1 ตัวอย่าง Distance Matrix

	X <sub>0</sub>	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>
y <sub>0</sub>	0.30988	0.36656	0.20919	0.20960
y <sub>1</sub>	0.20634	0.24807	0.30059	0.35681
y <sub>2</sub>	0.38870	0.25578	0.33571	0.34635

โดยคะแนนความเหมือนแต่ละเซลล์คือคะแนนความเหมือนทั้งร่างกาย ซึ่งจะต้องผ่านการคำนวณคะแนนความเหมือนแต่ละส่วน เพิ่มความต่างของคะแนนด้วยฟังก์ชัน (ตัวเลือก) ใส่ค่าถ่วงน้ำหนัก (ตัวเลือก) และรวมคะแนนแต่ละส่วนเข้าด้วยกัน ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 ภาพรวมการสร้าง Distance Matrix

- i. การคำนวณคะแนนความเหมือนแต่ละส่วน  
การนำมูมข้อพับหรือท่อนกระดูกของครูฝึกและผู้เรียนที่เป็นส่วนเดียวกันมาเปรียบเทียบกับกัน เพื่อหาคะแนนความเหมือน โดยมูมข้อพับจะให้คะแนนความเหมือนด้วยการวัดความเหมือนของมูมและเวกเตอร์ท่อนกระดูกจะให้คะแนนความเหมือนด้วย Cosine Similarity โดยมีอัลฟา ( $\alpha$ ) เป็นความต่างของมูมที่ยอมรับได้

$$\gamma_{ab} = \frac{\alpha - |a-b|}{\alpha} \quad (1)$$

สมการที่ 1 แสดงวิธีการคำนวณความเหมือนของมูมครูฝึกและผู้เรียน โดยที่  $\gamma_{ab}$  คือ คะแนนความเหมือนของมูมข้อพับครูฝึกกับผู้เรียน  $\hat{a}$  คือ มูมข้อพับของครูฝึก  $\hat{b}$  คือ มูมข้อพับของผู้เรียนและ  $\alpha$  คือ ความต่างของมูมที่ยอมรับได้

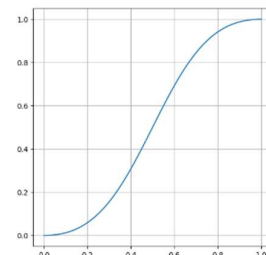
$$\delta_{ab} = \frac{a \cdot b}{\|a\| \|b\|} \cos(\alpha) \quad (2)$$

สมการที่ 2 แสดงวิธีการคำนวณ Cosine Similarity เพื่อเปรียบเทียบทิศทางท่อนกระดูกของผู้เรียนและครูฝึก

โดยที่  $\delta_{ab}$  คือ คะแนนความเหมือนของท่อนกระดูกครูฝึกกับผู้เรียน  $a$  คือ เวกเตอร์ท่อนกระดูกของครูฝึก  $b$  คือ เวกเตอร์ท่อนกระดูกของผู้เรียน  $\|a\|$  คือ ขนาดของเวกเตอร์ท่อนกระดูกของครูฝึก  $\|b\|$  คือ ขนาดของเวกเตอร์ท่อนกระดูกของผู้เรียน และ  $\alpha$  คือ ความต่างของมูมที่ยอมรับได้

- ii. ฟังก์ชันเพิ่มความต่าง

การกำหนดฟังก์ชันที่ใช้เพิ่มความต่างของคะแนนหลังจากที่เปรียบเทียบแต่ละส่วนของผู้เรียนกับครูฝึก เพื่อเพิ่มคะแนนความเหมือนของส่วนที่มีความเหมือนมาก และลดคะแนนความเหมือนของส่วนที่มีความเหมือนน้อย ทำให้เพิ่มส่วนต่างของคะแนนระหว่างท่าทางที่ทำเหมือนกับไม่เหมือนให้มากขึ้น



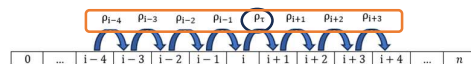
รูปที่ 12 ลักษณะฟังก์ชันเพิ่มความต่าง

- iii. กำหนดค่าถ่วงน้ำหนัก

ผู้ใช้งานกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักแต่ละส่วนได้ด้วยตนเอง โดยสามารถกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักได้ตามมูมข้อพับที่แสดงบนรูปที่ 7 สำหรับความเหมือนของมูมและท่อนกระดูกบนรูปที่ 9 สำหรับ Cosine Similarity ซึ่งจะนำค่าถ่วงน้ำหนักที่กำหนดแต่ละส่วนไปคูณกับคะแนนที่ได้เปรียบเทียบแล้วในส่วนนั้น ๆ การถ่วงน้ำหนักจะทำหลังจากฟังก์ชันเพิ่มคะแนนความต่าง โดยค่าเริ่มต้นคือ 1 ถ้าหากไม่ได้กำหนดค่าถ่วงน้ำหนัก

- iv. ค่าถ่วงน้ำหนักอัตโนมัติ

การหาค่าถ่วงน้ำหนักจากค่าเฉลี่ยความแตกต่างของแต่ละส่วนที่อยู่ภายในเฟรมรอบข้างของครูฝึก โดยผู้ใช้จะต้องกำหนดช่วงหรือ Window ที่ต้องการนำมาคำนวณ



รูปที่ 13 วิธีการคำนวณค่าถ่วงน้ำหนักอัตโนมัติ

v. การคำนวณคะแนนความเหมือนทั้งร่างกาย การรวมคะแนนความเหมือนแต่ละส่วนที่ผ่านการเพิ่มความต่างด้วยฟังก์ชันและถ่วงน้ำหนักแล้ว โดยจะหารด้วยค่าถ่วงน้ำหนักรวม เพื่อเป็นคะแนนรวมทั้งร่างกาย

### 3.3.2. สร้าง Cost Matrix

Cost Matrix หรือเมทริกซ์ต้นทุน คือ ผลรวมคะแนนความเหมือนจาก Distance Matrix ของคู่อันดับก่อนหน้าเข้ากับคู่อันดับปัจจุบัน โดยตารางที่ 2 แสดงตัวอย่างที่กำลังรวมคะแนนของ  $(y_1, x_2)$  โดยคำนวณจากตารางที่ 1 ซึ่งจะพิจารณาเฟรมก่อนดังที่ได้ไฮไลต์สีฟ้าไว้ โดยจะเลือกคะแนนความเหมือนที่มากที่สุดมาทำการรวมกับคะแนนที่ได้จาก Distance Matrix (สีแดง)

ตารางที่ 2 ตัวอย่างการรวมคะแนนของ  $(y_1, x_2)$

	X <sub>0</sub>	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>
y <sub>0</sub>	0.30988	0.67644	0.88563	1.09523
y <sub>1</sub>	0.51622	0.92451	0.30059	
y <sub>2</sub>				

จากตารางที่ 2 จะได้ว่า  $0.92451 + 0.30059 = 1.2251$  และทำการคำนวณอย่างนี้ไปจนกระทั่งเฟรมสุดท้ายของผู้เรียนและครูฝึก จะได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตัวอย่าง Cost Matrix

	X <sub>0</sub>	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>
y <sub>0</sub>	0.30988	0.67644	0.88563	1.09523
y <sub>1</sub>	0.51622	0.92451	1.2251	1.58191
y <sub>2</sub>	0.90492	1.18029	1.56081	1.92826

### 3.3.3 หาเส้นทางที่ให้คะแนนความเหมือนรวมมากที่สุด

การหาเส้นทางที่ให้คะแนนความเหมือนรวมมากที่สุดจะทำการหาคะแนนความเหมือนแต่ละเซลล์จาก Cost Matrix โดยเริ่มจาก  $(y_M, x_N)$  จนถึง  $(y_0, x_0)$  ตารางที่ 4 ตัวอย่างการหาเส้นทางที่ให้คะแนนความเหมือนรวมมากที่สุดโดยไฮไลต์สีเหลืองคือคู่เฟรมที่อยู่ภายในเส้นทาง และไฮไลต์สีฟ้าคือคู่เฟรมที่นำมาพิจารณา โดยจะเลือกคู่เฟรมที่มีคะแนนความเหมือนมากที่สุด

ตารางที่ 4 ตัวอย่างการหาเส้นทางไดนามิกไทม์วอร์ปิง

	X <sub>0</sub>	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>
y <sub>0</sub>	0.30988	0.67644	0.88563	1.09523
y <sub>1</sub>	0.51622	0.92451	1.2251	1.58191
y <sub>2</sub>	0.90492	1.18029	1.56081	1.92826

ตารางที่ 5 ตัวอย่างเส้นทางไดนามิกไทม์วอร์ปิง

	X <sub>0</sub>	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>
y <sub>0</sub>	0.30988	0.67644	0.88563	1.09523
y <sub>1</sub>	0.51622	0.92451	1.2251	1.58191
y <sub>2</sub>	0.90492	1.18029	1.56081	1.92826

### 3.3.4. รวมคะแนนความเหมือนภายในเส้นทาง

จากตารางที่ 5 การเปรียบเทียบนี้จะได้คะแนนความเหมือนที่ผ่านการ Normalize แล้วเท่ากับคู่เฟรมสุดท้ายของผู้เรียนและครูฝึกหารกับจำนวนคู่เฟรมภายในเส้นทางหรือก็คือ  $1.92826 / 6 = 0.3214$

## 3.4. ไดนามิกไทม์วอร์ปิงร่วมกับเฟรมที่สำคัญ

การหาเส้นทางของไดนามิกไทม์วอร์ปิงจะเป็นการหาเส้นทางที่มีคะแนนความเหมือนมากที่สุดจากเมทริกซ์ต้นทุน ดังนั้นหากมีเฟรมที่ทำท่าทางแตกต่างกันมากแต่ได้รับผลกระทบจากการรวมคะแนนจากเฟรมก่อนหน้าทำให้คะแนนความเหมือนมีมากกว่าที่ควร อาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการจับคู่เฟรมได้ การทำไดนามิกไทม์วอร์ปิงร่วมกับเฟรมที่สำคัญจะเสมือนบังคับให้คู่เฟรมที่สำคัญอยู่ในเส้นทาง โดยผู้ใช้งานจะกำหนดเฟรมที่สำคัญของครูฝึก และระบบจะทำการจับคู่เฟรมของผู้เรียนที่ตรงกับเฟรมที่สำคัญของครูฝึกจากเมทริกซ์ระยะทาง หลังจากนั้นจึงหาเส้นทางและเฉลี่ยคะแนนความเหมือนจากเมทริกซ์ย่อยเหล่านั้น

## 4. ผลการศึกษา

เป็นการนำเสนอผลการศึกษการเปรียบเทียบความเหมือนทั้งสองวิธีร่วมกับการคำนวณคะแนนแบบกำหนดค่าถ่วงน้ำหนัก ค่าถ่วงน้ำหนักอัตโนมัติ ฟังก์ชันเพิ่มความต่าง และเฟรมที่สำคัญ

#### 4.1. เงื่อนไขการทดลอง

ในการทดลองจะมีการกำหนดความต่างของมุมที่ยอมรับได้ ( $\alpha$ ) เท่ากับ 180 90 และ 45 องศา โดยแต่ละขนาดจะมีคะแนนดังตารางที่ 6 และ 7

ตารางที่ 6 คะแนนเฉลี่ยแต่ละความต่างของมุมที่ยอมรับได้ (ความเหมือนมุม)

	เท่าเดียวกัน	คนละท่า	ความต่าง
180 องศา	0.9448	0.9356	0.0092
90 องศา	0.9448	0.9252	0.0196
45 องศา	0.9448	0.8999	0.0449

ตารางที่ 7 คะแนนเฉลี่ยแต่ละความต่างของมุมที่ยอมรับได้ (Cosine Similarity)

	เท่าเดียวกัน	คนละท่า	ความต่าง
180 องศา	0.9602	0.944	0.0162
90 องศา	0.9602	0.9264	0.033805
45 องศา	0.9602	0.8153	0.144894

จากการทดลองกำหนดความต่างของมุมที่ยอมรับได้ที่ 180 90 และ 45 องศาจะเห็นว่า 45 องศาให้ความแตกต่างระหว่างท่าเท่าเดียวกันกับคนละท่ามากที่สุด

#### 4.2. วิดีโอผู้เรียนและครูฝึก

วิดีโอครูฝึกได้นำมาจากชุดการออกกำลังกายด้วยยูทิลิตี้มวยไทย ของโครงการศิลปวัฒนธรรมไทย ซึ่งเน้นไปที่การใช้อาวุธทั่วไป โดยนำบางส่วนของวิดีโอที่ถ่ายเห็นครูฝึกท่วงท่าร่างกายตั้งแต่หัวจรดเท้า ไม่มีการเปลี่ยนมุมมองระหว่างการเคลื่อนไหวมาเป็นวิดีโอครูฝึกส่วนท่าทางที่นำมาทดลองได้แก่ เข้าตรงหลัง เข้าน้อยหน้า เตะเฉียงหน้า สกอกเฉียงตีขึ้นหน้าและหมัดกระแทกหน้า โดยท่าทางทั้งหมดอยู่ในท่าจรดมวยด้วยเหลี่ยมขวา ซึ่งท่าทางที่ลงท้ายด้วย “หลัง” คือ การออกท่าทางด้วยแขนหรือขาที่อยู่ด้านหลัง (ข้างขวา) และท่าทางที่ลงท้ายด้วย “หน้า” คือ การออกท่าทางด้วยแขนหรือขาที่อยู่ด้านหน้า (ข้างซ้าย)

วิดีโอผู้เรียนได้จากการถ่ายทำ ด้วยกล้องโทรศัพท์มือถือ ที่มีความละเอียด 1280 x 720 30 เฟรมต่อวินาที ถ่ายทำแนวนอน ผู้ถ่ายทำอยู่ห่างจากตัวกล้อง

ประมาณ 2 เมตร และเห็นทั่วทั้งร่างกาย โดยมีทั้งหมด 30 วิดีโอ

ตารางที่ 8 จำนวนวิดีโอผู้เรียนแต่ละท่าทาง

ชื่อท่า	จำนวนผู้เรียนทั้งหมด	จำนวนวิดีโอทั้งหมด
เข้าตรงหลัง	5	6
เข้าน้อยหน้า	3	4
เตะเฉียงหน้า	5	6
สกอกเฉียงตีขึ้นหน้า	6	8
หมัดกระแทกหน้า	5	6

#### 4.3. การเปรียบเทียบท่าทางผู้เรียนกับครูฝึก

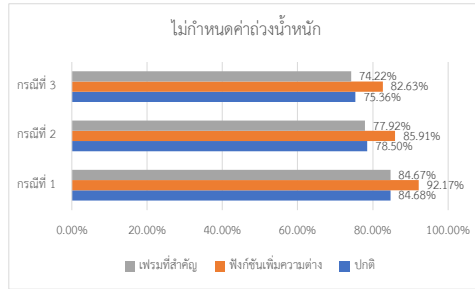
เปรียบเทียบท่าทางระหว่างครูฝึกกับผู้เรียนด้วย ความเหมือนของมุมและ Cosine Similarity พร้อมกับกำหนดค่าถ่วงน้ำหนัก เพิ่มความต่างด้วยฟังก์ชัน และเฟรมที่สำคัญ โดยกำหนดขนาดของมุมที่คาดว่าจะแตกต่างกันที่สุด ( $\alpha$ ) อยู่ที่ 45 องศา (เนื่องจากทำให้เห็นความต่างของคะแนนระหว่างผู้เรียนที่ทำท่าทางเหมือนกับไม่เหมือนครูฝึกมากที่สุด) โดยจะจำแนกการเปรียบเทียบเป็น 3 กรณี (case) ดังนี้ กรณีที่ 1 คือ การเปรียบเทียบผู้เรียนที่ทำท่าทางครั้งเดียวกัน แต่มุมกล้องแตกต่างกัน กรณีที่ 2 คือ การเปรียบเทียบผู้เรียนที่แสดงท่าทางเดียวกันกับครูฝึก และกรณีที่ 3 คือ การเปรียบเทียบผู้เรียนที่ทำท่าทางแตกต่างกับครูฝึก

ตารางที่ 9 จำนวนวิดีโอแต่ละกรณี

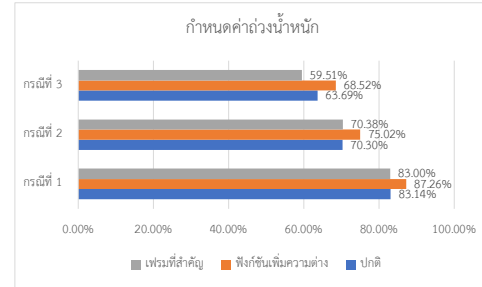
กรณี	จำนวนคลิป
กรณีที่ 1	7
กรณีที่ 2	30
กรณีที่ 3	120

##### 4.3.1. ความเหมือนของมุม

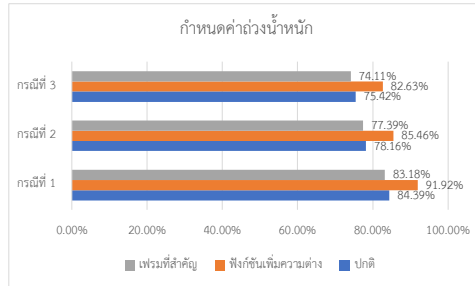
เปรียบเทียบด้วยวิธีการเปรียบเทียบความเหมือนด้วยความเหมือนของมุม และวิธีการให้คะแนนแบบ ไม่กำหนดค่าถ่วงน้ำหนัก กำหนดค่าถ่วงน้ำหนัก และค่าถ่วงน้ำหนักอัตโนมัติ โดยแต่ละแบบจะมีการเพิ่มความต่างด้วยฟังก์ชัน และการกำหนดเฟรมที่สำคัญ



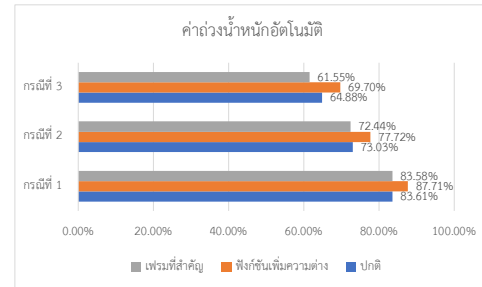
รูปที่ 14 คะแนนความเหมือนเฉลี่ย ไม่มีการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนัก



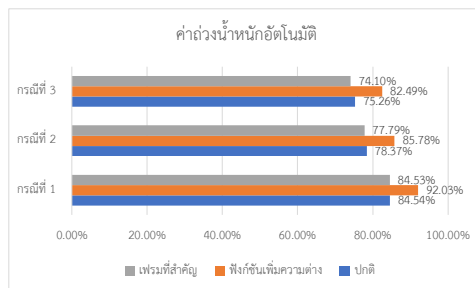
รูปที่ 18 คะแนนความเหมือนเฉลี่ย มีการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนัก



รูปที่ 15 คะแนนความเหมือนเฉลี่ย มีการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนัก



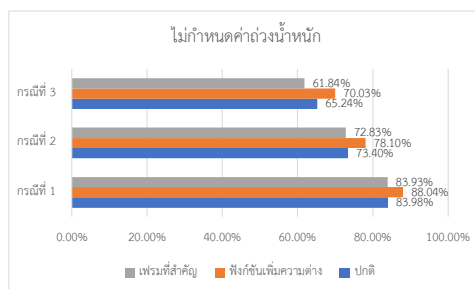
รูปที่ 19 คะแนนความเหมือนเฉลี่ย มีค่าถ่วงน้ำหนักอัตโนมัติ



รูปที่ 16 คะแนนความเหมือนเฉลี่ย มีค่าถ่วงน้ำหนักอัตโนมัติ

#### 4.3.2. Cosine Similarity

เปรียบเทียบกับวิธีการเปรียบเทียบความเหมือนด้วย Cosine Similarity และวิธีการให้คะแนนแบบ ไม่กำหนดค่าถ่วงน้ำหนัก กำหนดค่าถ่วงน้ำหนัก และค่าถ่วงน้ำหนักอัตโนมัติ โดยแต่ละแบบจะมีการเพิ่มความต่างด้วยฟังก์ชัน และการกำหนดเฟรมที่สำคัญ



รูปที่ 17 คะแนนความเหมือนเฉลี่ย ไม่มีการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนัก

## 5. บทสรุป

### 5.1. สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองด้วยการทำไดนามิกไทม์วอร์ปปีง โดยใช้ Cosine Similarity และความเหมือนของมุมในการให้คะแนนแต่ละส่วน พบว่า Cosine Similarity เหมาะกับท่าทางที่ต้องการความละเอียดในการออกท่าทาง เช่น ต้องการดูแยกทั้งทิศทางปลายแขนกับต้นแขนว่าเหมือนครูฝึกหรือไม่ ส่วนความเหมือนของมุมจะเหมาะกับท่าทางที่ต้องการสังเกตบริเวณนั้น เช่น ครูฝึกต้องการให้งอแขน โดยทั้ง 2 วิธีดังกล่าวสามารถใส่กำหนดค่าถ่วงน้ำหนักเฉพาะส่วน ฟังก์ชันเพิ่มความต่าง คะแนน และเฟรมที่สำคัญได้ ซึ่งแต่ละวิธีการก็มีข้อดีและข้อจำกัดแตกต่างกันไป

ตารางที่ 10 ข้อดีและข้อจำกัดของแต่ละวิธี

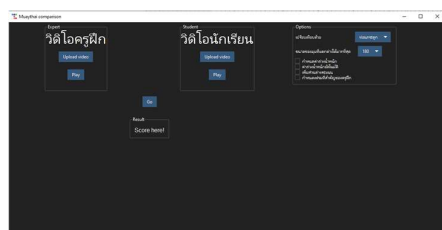
ชื่อวิธีการ	ข้อดี	ข้อจำกัด
การกำหนดค่าถ่วงน้ำหนัก	ให้ความสำคัญกับส่วนที่ต้องการ	ต้องทราบส่วนที่สำคัญของท่าทาง

ตารางที่ 10 (ต่อ) ข้อดีและข้อจำกัดของแต่ละวิธี

การกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักโดยอัตโนมัติ	ให้ความสำคัญกับส่วนที่มีการเคลื่อนไหวมาก	หากส่วนที่ไม่สำคัญเคลื่อนไหวมากจะทำให้ให้ความสำคัญกับส่วนนั้นด้วย
การเพิ่มความต่างของคะแนนด้วยฟังก์ชัน	ทำให้เห็นคะแนนความเหมือนชัดเจนขึ้น	เพิ่มหรือลดคะแนนมากเกินไปจนความเป็นจริง
การกำหนดเฟรมที่สำคัญ	ลดความผิดพลาดของการจับคู่เฟรมที่คล้ายคลึงกันแต่ไม่ใช่คู่เฟรมที่ถูกต้องให้น้อยลง	ต้องทำการเลือกเฟรมที่สำคัญให้มีความเป็นเอกลักษณ์ไม่ซ้ำกับท่าทางอื่น ๆ

## 5.2. การนำไปใช้งาน

ทางผู้จัดทำได้ทำโปรแกรมอย่างง่ายมาเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับวิดีโอของครูฝึกและผู้เรียน ดังรูปที่ 20



รูปที่ 20 โปรแกรมอย่างง่าย

## เอกสารอ้างอิง

- [1] “วิว ไทยแลนด์!!! เผย 10 อันดับชาวต่างชาติที่นิยมเดินทางมาเรียนมวยไทยมากที่สุด,” MGR Online, 16 June 2017. [Online]. Available: <https://mgronline.com/travel/detail/9600000061556>. [Accessed 28 March 2023].
- [2] P. Katchwattana, “‘ธุรกิจ มวยไทย4.0’ ต้นแบบธุรกิจกีฬาเพื่อหนุนธุรกิจท่องเที่ยว

- ขับเคลื่อนเศรษฐกิจไทยให้ไปไกลกว่าเดิม,” salika, 3 January 2019. [Online]. Available: <https://www.salika.co/2019/01/03/thailand-boxing-business-4-0/>. [Accessed 28 March 2023].
- [3] Glimmergirl, “มาต่อกันใหม่!?!8 ประโยชน์เร่ๆจากการชกมวย,” trueplookpanya, 15 January 2018. [Online]. Available: <https://www.trueplookpanya.com/blog/content/65038-bwomhea-bwom->. [Accessed 28 March 2023].
- [4] "MediaPipe Pose," [Online]. Available: <https://google.github.io/mediapipe/solutions/pose.html>. [Accessed 2 April 2023].
- [5] V. Bazarevsky, I. Grishchenko, K. Raveendran, T. Zhu, F. Zhang, and M. Grundmann, “BlazePose: On-device Real-time Body Pose tracking”, CoRR, vol. abs/2006.10204, 2020.
- [6] R. Sajina and M. Ivasic Kos. “Pose estimation, tracking and comparison.” [Online]. Available: [https://www.inf.uniri.hr/images/studiji/poslijediplomski/kvalifikacijski/Sajina\\_kvalifikacijski.pdf](https://www.inf.uniri.hr/images/studiji/poslijediplomski/kvalifikacijski/Sajina_kvalifikacijski.pdf)
- [7] S. Prabhakaran, "Cosine Similarity – Understanding the math and how it works (with python codes)," machinelearningplus, 22 October 2018. [Online]. Available: <https://www.machinelearningplus.com/nlp/cosine-similarity/>. [Accessed 1 April 2023].
- [8] P. Krishnanath Borkar , M. Mathew Pulinithitha and A.Pansare, 2019, Match Pose – A System for Comparing Poses, INTERNATIONAL JOURNAL OF ENGINEERING RESEARCH & TECHNOLOGY (IJERT) Volume 08, Issue 10 (October 2019).
- [9] B. Chantaprasert and P. Phadermpong., " Muay Thai Training System.," King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, 2019.