

แอปพลิเคชันฝึกหัดข้อด้วยตนเอง โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์  
โปรแกรมเพื่อส่งเสริมทักษะการเรียนรู้

รายงานฉบับสมบูรณ์

เสนอต่อ

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ  
กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

ได้รับทุนอุดหนุนโครงการวิจัย พัฒนาและวิศวกรรม  
โครงการแข่งขันพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 26  
ประจำปีงบประมาณ 2567

โดย

นายธนดล พุ่มโกสุม

นายศุภโชค เรือนสม

นายณฐมน เทียงเจริญ

นายณัฐพล บัวอูไร

โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย รังสิต

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของความร่วมมือทางวิชาการระหว่างโรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย รังสิต กับ ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เราขอขอบคุณศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) และสำนักงานพัฒนา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (NSTDA) ที่ได้มอบทุนอุดหนุนในการพัฒนาโครงการ "แอปพลิเคชันฝึกหัด โขนด้วยตนเอง โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ (Self-practice Khon Application using Artificial Intelligence: SKAAI)"

เราขอขอบพระคุณท่านผู้อำนวยการชาลี วัฒนเขจร ผู้อำนวยการโรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย รังสิต สำหรับการสนับสนุนและกำลังใจตลอดการดำเนินโครงการ ขอขอบคุณเป็นพิเศษถึงครุณัฐพล บัวอุไร ที่ปรึกษา ประจำโครงการ ที่ให้คำปรึกษา ถ่ายทอดความรู้และแนวทางต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์ต่อการทำโครงการครั้งนี้มา ตลอด

ขอขอบคุณอาจารย์สมโชค เรืองอิทธินันท์ จากภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน สำหรับการสนับสนุนข้อมูลและการอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ในการดำเนินโครงการ

เราขอขอบคุณครุอนันท์ วงษ์แสง จากกลุ่มสาระการเรียนรู้ ศิลปะ โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย รังสิต สำหรับการสนับสนุน คำปรึกษา และข้อมูลที่มีคุณค่าในการดำเนินโครงการจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นอกจากนี้ เรายังขอขอบคุณเพื่อน ๆ และพี่น้องที่โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย รังสิต ที่ได้ให้คำแนะนำ กำลังใจที่ดี และความร่วมมือต่าง ๆ ในการดำเนินโครงการ

สุดท้ายนี้ คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวสำหรับกำลังใจและการสนับสนุน ที่มีมาอย่างต่อเนื่อง ทำให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คณะผู้จัดทำ

## บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับฝึกสอนท่ารำโชน โดยใช้กล้องโทรศัพท์มือถือหรือกล้องเว็บแคมในการบันทึกวิดีโอ จากนั้นแปลงข้อมูลเป็นโครงสร้างเสมือนผ่านระบบปัญญาประดิษฐ์ (AI) โดยใช้การเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) และการตรวจจับรับรู้การขยับส่วนของร่างกาย (Pose Estimation) ผ่าน MediaPipe ในการตรวจจับการเคลื่อนไหวและสร้างโครงข้อต่อเสมือน แอปพลิเคชันนี้จะประเมินความคล้ายคลึงของท่ารำระหว่างผู้เรียนและครูฝึก โดยแสดงผลเป็นเปอร์เซ็นต์เพื่อให้ผู้ใช้งานทราบถึงระดับความตรงกันของท่ารำ

การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันนี้ได้รับคำปรึกษาจากผู้เชี่ยวชาญด้านโชนเพื่อให้การตรวจสอบท่าทางมีความแม่นยำและถูกต้องมากยิ่งขึ้น โดยนำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์มาใช้ในการวิเคราะห์และประเมินท่ารำ ช่วยให้ผู้เรียนสามารถฝึกฝนท่ารำโชนได้ทุกที่ทุกเวลา ผ่านคอมพิวเตอร์ แท็บเล็ต หรือสมาร์ทโฟน ทั้งนี้ แอปพลิเคชันจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาทักษะการรำโชนได้อย่างต่อเนื่อง แม้ไม่มีครูสอนคอยให้คำแนะนำ และสามารถทบทวนการเรียนรู้และฝึกฝนท่ารำโชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

โครงการนี้ใช้เครื่องมือและเทคโนโลยีหลายอย่าง ได้แก่ MediaPipe สำหรับตรวจจับข้อต่อเสมือน, OpenCV สำหรับอ่านวิดีโอ, NumPy และ Pandas สำหรับจัดการ, คำนวณ และวิเคราะห์ข้อมูล, Tensorflow สำหรับพัฒนา Deep Learning โดยใช้อัลกอริทึม LSTM (Long Short-Term Memory) ในการฝึกฝนโมเดล, FastAPI สำหรับสร้าง API, HTML, CSS และ JavaScript สำหรับสร้างและตกแต่งเว็บไซต์, Figma และ Diagrams.net สำหรับออกแบบ UX/UI, และ MySQL สำหรับจัดการฐานข้อมูล

**คำสำคัญ:** โชน, ปัญญาประดิษฐ์, การเรียนรู้เชิงลึก, การตรวจจับรับรู้การขยับส่วนของร่างกาย, มีเดียไปป์

## Abstract

This project aims to develop a web application for teaching Khon dance postures using a mobile phone camera or webcam to record videos. The recorded videos are then converted into a virtual structure through an artificial intelligence (AI) system, using deep learning and body movement detection (pose estimation) via MediaPipe to detect movements and create virtual joint structures. This application will evaluate the similarity of dance postures between students and trainers, displaying results as a percentage to let users know the matching level of dance postures.

The development of this web application received consultation from Khon experts to enhance the accuracy and correctness of posture checking. By utilizing artificial intelligence technology to analyze and evaluate dance postures, the application allows students to practice Khon dance postures anytime and anywhere, via computers, tablets, or smartphones. This ensures that students can continuously develop their Khon dance skills without a teacher's guidance, as they can review and practice the dance postures effectively.

This project employs various tools and technologies, including MediaPipe for detecting virtual joints, OpenCV for reading videos, NumPy and Pandas for data manipulation, computation, and analysis, TensorFlow for developing deep learning models using the Long Short-Term Memory (LSTM) algorithm, FastAPI for creating APIs, and HTML, CSS, and JavaScript for building and styling the website. Additionally, Figma and Diagrams.net are used for UX/UI design, and MySQL is used for database management.

**Keyword:** Khon, Artificial Intelligence, Deep Learning, Pose Estimation, MediaPipe

## สารบัญ

เรื่อง	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญ	1
วัตถุประสงค์และเป้าหมาย	1
รายละเอียดของการพัฒนา	2
1. แบบจำลองรูปแบบของหน้าจอและเมนูต่าง ๆ	2
2. เทคนิคหรือเทคโนโลยีที่ใช้	3
2.1 MediaPipe	3
2.2 Training model	4
2.3 Deep Learning	4
2.4 Evaluation Metrics	6
2.5 Representational State Transfer Application Programming Interface (REST API)	8
2.6 Progressive Web Application (PWA)	8
2.7 Early Stopping	8
2.8 Single-Page Application	9
3. เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา	9
3.1 เครื่องคอมพิวเตอร์หรือโน้ตบุ๊ก	9
3.2 เครื่องมือที่ใช้พัฒนาปัญญาประดิษฐ์	9
3.3 เครื่องมือในการออกแบบเว็บแอปพลิเคชัน	9
3.4 ระบบเว็บแอปพลิเคชันส่วนผู้ใช้บริการ (Front-end)	10
3.5 ระบบเว็บแอปพลิเคชันส่วนผู้ให้บริการ (Back-end)	10
4. รายละเอียดโปรแกรมที่ได้พัฒนา (Software Specification)	10
5. ขอบเขตและข้อจำกัดของโปรแกรมที่พัฒนา	12

## สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
กลุ่มผู้ใช้โปรแกรม	13
สรุปผลการประเมิน	13
อุปสรรคในการพัฒนาโปรแกรม	14
แนวทางในการพัฒนาและประยุกต์ใช้ร่วมกับงานอื่น ๆ ในขั้นต่อไป	14
ข้อเสนอแนะ	15
เอกสารอ้างอิง	16
ข้อมูลและช่องทางติดต่อ	19
ภาคผนวก	

## บทนำ

### ความเป็นมาและความสำคัญ

โขนเป็นนาฏศิลป์ชั้นสูงของไทย ซึ่งเป็นการผสมผสานศาสตร์และศิลป์หลากหลายแขนงเข้าไว้ด้วยกัน ในปัจจุบัน แม้ว่าโขนจะไม่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในไทย แต่บนเวทีโลก กระแสความนิยมในโขนนั้นพุ่งสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง สะท้อนให้เห็นถึงความสนใจและความชื่นชอบในศิลปะการแสดงโขนที่มีอยู่เป็นอย่างมาก มีการเรียนรู้และการฝึกอบรมโขน ทั้งในกลุ่มคนไทยและคนต่างชาติที่ให้ความสนใจ ซึ่งก็มีสถาบันฝึกสอนการแสดงโขนโดยอาจารย์ผู้เชี่ยวชาญโขนอยู่จำนวนหนึ่ง แต่หากจะฝึกด้วยตนเองก็เป็นไปได้ยาก เพราะมีความยากและซับซ้อนในแต่ละท่าทาง การรำโขนต้องการการฝึกซ้อมอย่างต่อเนื่อง และต้องได้รับการชี้แนะแก้ไขอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งผู้เรียนก็มีความต้องการในการฝึกฝน แต่ขาดเครื่องมือในการประเมินเบื้องต้น ถึงความถูกต้องในการปฏิบัติท่าทางแต่ละท่า ซึ่งกว่าตัวผู้เรียนจะกลับมาพบผู้สอน เวลาที่ผ่านมาผ่านไปนาน ส่งผลให้มีความก้าวหน้าน้อยและอาจมีการบาดเจ็บหากมีการฝึกฝนผิดวิธี

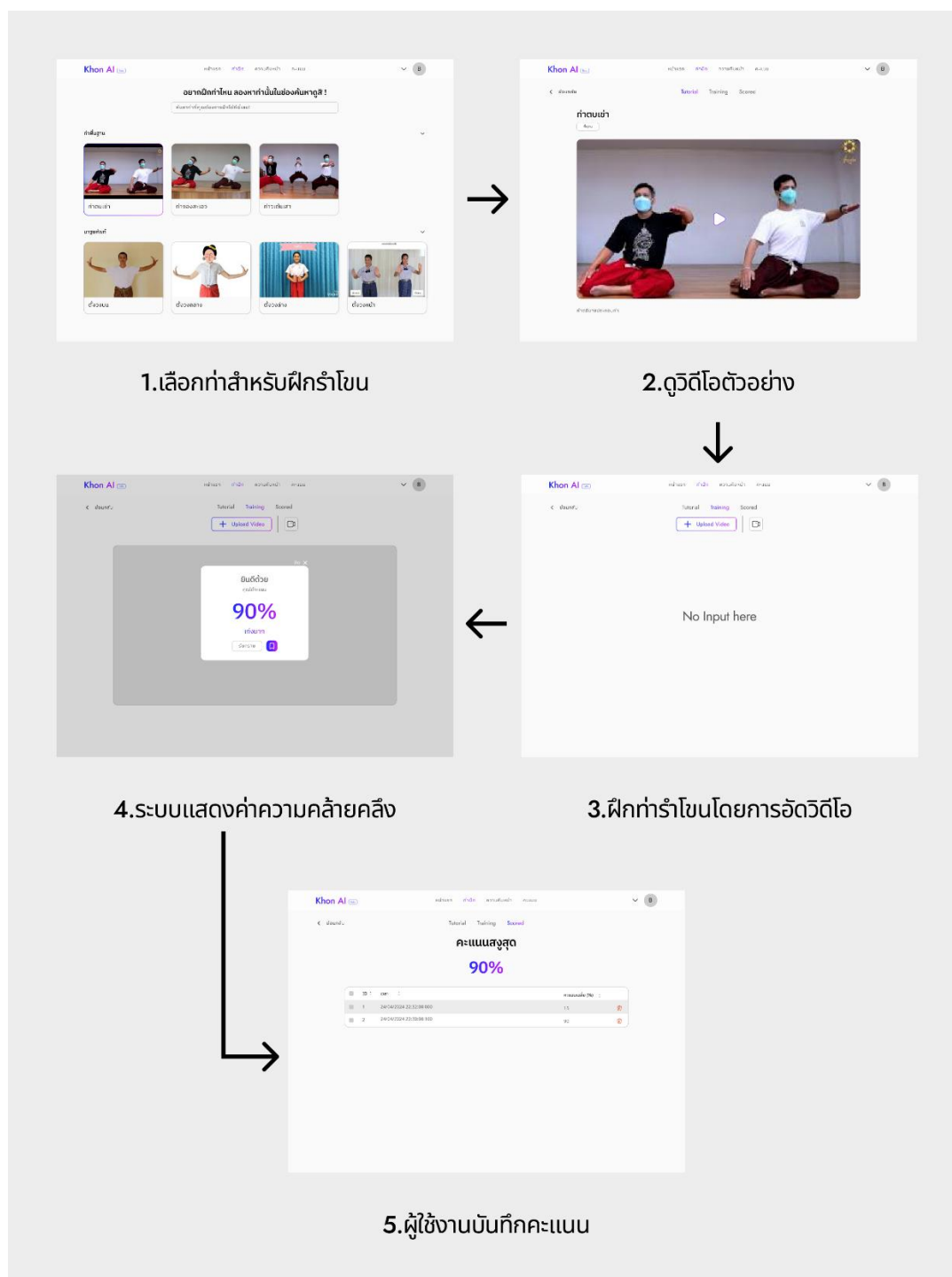
ดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงมีแนวคิดในการพัฒนาเครื่องมือประเมินท่ารำโขน โดยใช้กล้องโทรศัพท์เคลื่อนที่หรือกล้องเว็บแคม ผ่านระบบเว็บแอปพลิเคชัน โดยการถ่ายวิดีโอ และแปลงข้อมูลเป็นโครงสร้างเสมือนที่ประกอบไปด้วยโหนด ผ่านซอฟต์แวร์ที่ให้บริการปัญญาประดิษฐ์ เพื่อแปลงจากภาพการเคลื่อนไหวเป็นจุดของข้อต่อเสมือน แล้วใช้ส่วนต่อประสานโปรแกรมประยุกต์ (API) ในการสื่อสารกับเซิร์ฟเวอร์เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูล สำหรับใช้ในการตรวจสอบท่าทางเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินการฝึกท่าทางของการรำแบบเบื้องต้น เพื่อให้เกิดการพัฒนาของผู้ฝึก แม้ว่าจะไม่ได้มีผู้สอนคอยแนะนำ อันจะทำให้ผู้ที่เรียนสามารถที่จะพัฒนาฝีมือให้ก้าวหน้าและทบทวนกับผู้สอนเมื่อถึงเวลาฝึกตัวต่อตัว ซึ่งในเว็บแอปพลิเคชันนี้จะนำการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) ซึ่งเป็นศาสตร์ของปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) เว็บแอปพลิเคชันนี้ โดยรับค่าข้อต่อเสมือน ที่ได้จากการตรวจจับการขยับส่วนของร่างกาย (Pose Estimation) ผ่าน MediaPipe จากนั้นนำไปเปรียบเทียบระหว่างครูฝึกสอนและผู้ใช้งาน จากนั้นประเมินความคล้ายคลึงของข้อต่อเสมือน ว่ามีการเปลี่ยนแปลงที่คล้ายคลึงกันหรือไม่ในแต่ละช่วงจังหวะ จากนั้น แสดงระดับความคล้ายคลึงที่ได้เป็นเปอร์เซ็นต์ ให้ผู้ใช้งานรับรู้ว่ามีตรงกันมากเพียงใด โดยที่เว็บแอปพลิเคชันนี้จะมีผู้เชี่ยวชาญด้านโขน คอยให้คำปรึกษาและคำแนะนำ เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการพัฒนาท่าเว็บแอปพลิเคชันนี้ และยังคงยกย่องกับระดับความถูกต้องของท่าทางการรำ ของผู้ใช้งาน ผ่านโมเดล ปัญญาประดิษฐ์

### วัตถุประสงค์และเป้าหมาย

1. เพื่อสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญปัญญาประดิษฐ์ สำหรับใช้ในการฝึกสอนโขน

## รายละเอียดของการพัฒนา

### 1. แบบจำลองรูปแบบของหน้าจอและเมนูต่าง ๆ



ภาพที่ 1 แบบจำลอง UI/UX ของเว็บแอปพลิเคชัน SKAAI



จากแบบจำลอง UI/UX ของเว็บแอปพลิเคชัน ในภาพที่ 1 แบ่งออกเป็นระดับตอนหลักจำนวน 6 ระดับตอน

- 1) ผู้ใช้เข้าสู่ระบบเพื่อใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน หากยังไม่มีบัญชี ผู้ใช้จำเป็นต้องลงทะเบียนก่อนจะเข้าสู่ระบบเพื่อใช้งานต่อไป
- 2) ผู้ใช้เลือกท่าที่ต้องการฝึก
- 3) ผู้ใช้งานเลือกวิธีการฝึก ด้วยการเปิดกล้องเพื่อฝึกท่าโยน
- 4) เมื่อผู้ใช้งานใส่วิดีโอเสร็จแล้ว ปัญญาประดิษฐ์จะประเมินความคล้ายคลึงกันระหว่างวิดีโอของผู้ใช้งาน และวิดีโอต้นฉบับจากผู้เชี่ยวชาญ
- 5) ระบบนำค่าความคล้ายคลึงมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย แล้วจึงแปลงเป็นเปอร์เซ็นต์เพื่อนำไปแสดงให้ผู้ใช้งานรับทราบต่อไป
- 6) ระบบจะแสดงผลระดับความคล้ายคลึงให้ผู้ใช้งานรับทราบ ซึ่งผู้ใช้งานสามารถบันทึกระดับความคล้ายคลึงของตนลงในระบบฐานข้อมูลได้

## 2. เทคนิคหรือเทคโนโลยีที่ใช้

### 2.1 MediaPipe

เป็นแพลตฟอร์มปัญญาประดิษฐ์ที่สามารถใช้ในการตรวจจับการขยับส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย (Pose Estimation) แบ่งเป็นข้อต่อเสมือนที่ระบุตำแหน่งของร่างกายได้ 33 จุดเป็นหลัก และสามารถระบุทิศทางข้อต่อเสมือนแต่ละจุดของร่างกายได้ เป็น 2 มิติ และ 3 มิติ

ในโครงการนี้เราจะนำ MediaPipe มาประยุกต์ใช้ในการตรวจจับข้อต่อเสมือน ของการท่าโยนท่าต่าง ๆ เพื่อที่จะนำไปใช้ในการตรวจสอบความคล้ายคลึงของท่าโยน ระหว่างผู้ใช้งานและครูฝึก

## 2.2 Training model

การฝึกฝนโมเดล จะดำเนินการ โดย การรวบรวมข้อมูลวิดีโอท่ารำโขน ที่มีความถูกต้องจากอินเทอร์เน็ต โดยผ่านการประเมินความถูกต้องโดยผู้เชี่ยวชาญด้านโขน โดยจะเก็บข้อมูลท่ารำละ 2 วิดีโอเป็นอย่างต่ำ โดยจะแยกโฟลเดอร์ไว้ตามท่ารำนั้น ๆ จากนั้นนำวิดีโอที่รวบรวมมาแยกเป็นภาพทั้งหมด 30 ภาพ แล้วจึงนำเข้า MediaPipe เพื่อทำนายค่าข้อต่อเสมือนของร่างกายจากทั้ง 30 ภาพ แล้วจึงบันทึกค่าข้อต่อเสมือนที่ได้จากแต่ละภาพ โดยค่าที่ได้จาก 1 ภาพ จะถูกนับเป็น 1 เฟรมของท่านั้น ๆ แล้วจึงบันทึกค่าลงไฟล์ Numpy (.npy) จากนั้นนำข้อมูลทั้งหมด แบ่งสำหรับการทดสอบและประเมินผลโมเดล ก่อนจะนำข้อมูลไปฝึกฝนโมเดลในลำดับถัดไป

## 2.3 Deep Learning

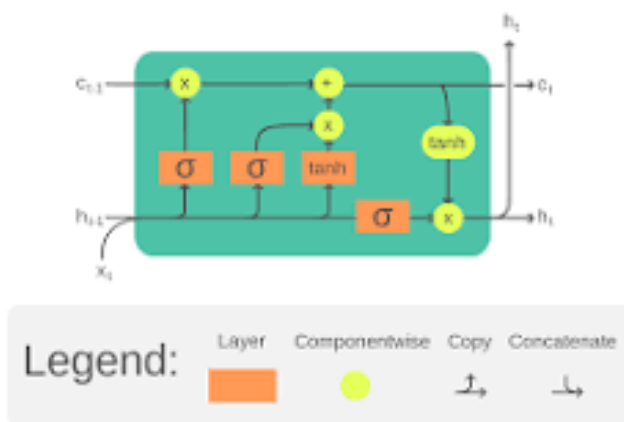
เป็นเทคโนโลยีที่พัฒนาต่อยอดมาจาก Machine Learning โดย Deep Learning จะเรียนรู้ประมวลผลและตัดสินใจจากข้อมูลที่ได้รับ แต่ไม่ต้องอาศัยการแทรกแซงจากมนุษย์ เพราะ Deep Learning สามารถปรับปรุงผลลัพธ์การตัดสินใจได้ด้วยตัวเอง โดยอาศัยสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ที่เรียกว่า Neural Network หรือโครงข่ายประสาทเทียมที่ได้รับแรงบันดาลใจมาจากโครงสร้างระบบประสาทของมนุษย์ ซึ่งอัลกอริทึมของ Neural Network จะมีลักษณะเป็น Node เรียงกัน 4 ชั้น คือ Input Layer, Hidden Layer, Output Layer และ Prediction โดยที่

- Input Layer คือ ชั้นข้อมูลขาเข้า อาจเป็นข้อมูลที่มีโครงสร้างหรือไม่มีโครงสร้างก็ได้ โดยข้อมูลเหล่านี้จะถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปแบบตัวแปรที่ต่างกัน
- Hidden Layer คือ ชั้นประมวลผล โดยใน Hidden Layer จะมีชั้นของหน่วยประมวลผลอยู่มากกว่า 1 ชั้น ขึ้นอยู่กับโครงสร้าง (Network Architecture)
- Output Layer คือ ชั้นที่นำผลลัพธ์จาก Hidden Layer มาประมวลใน Activation Function อีกรอบหนึ่ง
- Prediction คือ ชั้นที่นำเอาผลลัพธ์จาก Output Layer มาตัดสินใจใน Decision Function

ทั้งหมดนี้เรียกว่า Forward Propagation ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการทำ Forward Propagation คือ ค่าพยากรณ์ โดยจะต้องนำค่าพยากรณ์มาผ่าน Cost Function ในกระบวนการ Backward Propagation เพื่อหาความต่างระหว่างค่าพยากรณ์กับค่าจริง เมื่อทำซ้ำกระบวนการเหล่านี้ไปเรื่อย ๆ จะส่งผลให้อัลกอริทึมการทำงานของ Neural Network แม่นยำมากยิ่งขึ้น โดยอัลกอริทึม Neural Network มีจุดเด่น คือ ทรงพลังกว่าอัลกอริทึมของ Machine Learning ทั่วไป เพราะอัลกอริทึมของ Machine Learning ทั่วไปมีขั้นตอนการทำงานเพียงขั้นเดียว ส่งผลให้ไม่สามารถรองรับข้อมูลปริมาณมากที่มีความซับซ้อนสูงได้ เนื่องจากอัลกอริทึมจะพยายามสร้างผลลัพธ์ใหม่ที่ใกล้เคียงกับผลลัพธ์เดิมที่รู้อยู่แล้ว ดังนั้นจึงมีความสามารถในการสร้างสรรค์สิ่งใหม่น้อยกว่า เมื่อเทียบกับอัลกอริทึมของ Neural Network อย่างไรก็ตาม Deep Learning มีข้อเสีย คือ ต้องอาศัยทรัพยากรคอมพิวเตอร์ประสิทธิภาพสูงและชุดข้อมูลปริมาณมาก โดยในโครงการนี้ได้นำมาใช้ คือ LSTM

### 2.3.1 TensorFlow LSTM (Long Short-Term Memory)

LSTM ถือเป็นประเภทหนึ่งของสถาปัตยกรรมแบบ Recurrent Neural Network (RNN) ในการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) ถูกออกแบบให้จดจำรูปแบบ ในช่วงเวลานาน ๆ ให้มีประสิทธิภาพสำหรับปัญหาการทำนายที่เป็นข้อมูลอนุกรมเวลา (time-series data) เนื่องจากสามารถเก็บข้อมูลก่อนหน้าและนำมาร่วมใช้ในการประมวลผลได้ สามารถแก้ปัญหา Long-term Dependency ได้ สามารถใช้โมเดลได้ทั้ง Long-term และ Short-term Temporal Sequences



ภาพที่ 2 หลักการทำงาน LSTM (Long Short-Term Memory)

โดยในโครงการนี้จะใช้การฝึกฝนโมเดล โดยใช้ layer 1 เป็น LSTM layer 32 units input\_shape=(60,258), layer 2 เป็น LSTM 64 units และมีการ return\_sequence และ layer 3 เป็น LSTM 64 units ซึ่งจากที่กล่าวมาทั้ง 3 layer เป็น Input Layer ต่อมาเป็น Dense layer 64 units และ 32 units ตามลำดับ ซึ่งเป็น Hidden Layer มี Output Layer ใน layer สุดท้าย และได้ตั้งค่าการฝึกฝนโมเดลนี้เป็น epoch=2000, optimizer="Adam", loss='categorical\_crossentropy' และ metrics='categorical\_accuracy' และใช้ Activation Function 2 แบบ คือ

2.3.1.1 Relu Function คือ ฟังก์ชันเส้นตรงที่ถูกปรับแก้ Rectified ไม่ได้เป็นรูปตัว S เหมือน Sigmoid Function เป็นฟังก์ชันที่เรียบง่ายกว่าทุก Activation Function ที่ผ่านมา แต่ทรงพลัง เนื่องจาก ถ้า Input เป็นบวก Slope จะเท่ากับ 1 ตลอด ทำให้ Gradient ไม่หาย (ไม่เกิด Vanishing Gradient) ส่งผลให้ ฝึกฝนโมเดลได้เร็วมากขึ้น ซึ่งถูกใช้ใน Activation Function ใน Input Layer และ Hidden Layer เขียนเป็น สมการได้ คือ

$$f(x) = \max(0, x) = f(x) = \begin{cases} 0 & \text{for } x \leq 0 \\ x & \text{for } x > 0 \end{cases}$$

2.3.1.2 SoftMax Function หรือ Soft-Argmax Function หรือ Normalized Exponential Function คือ ฟังก์ชันที่รับ Input เป็น Vector ของ Logit จำนวนจริง แล้ว Normalize ออกมาเป็นความน่าจะเป็น Probability ที่ผลรวมเท่ากับ 1 SoftMax มักถูกนำไปไว้ Layer สุดท้าย ของ Neural Network เพื่อให้ Output ออกมาเป็น Probability ไปคำนวณ Negative Log Likelihood เป็น Cross Entropy Loss เขียนสมการได้ คือ

$$\sigma(z)_i = \frac{e^{z_i}}{\sum_{j=1}^K e^{z_j}} \text{ for } i = 1, \dots, K \text{ and } z = (z_1, \dots, z_K) \in R^K$$

## 2.4 Evaluation Metrics

ใช้สำหรับวัดประสิทธิภาพของโมเดล Deep Learning ว่าทำงานได้ดีแค่ไหนตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ โดยจะมีหลาย ๆ ตัว บอกค่าประสิทธิภาพของโมเดลที่แตกต่างกันไปตามประเภทของงานหรือโมเดลที่ใช้ โดยการวัดประสิทธิภาพ (Evaluation Metrics) สำหรับการจำแนกประเภท (Classification) มีดังนี้

2.4.1 Accuracy (ความแม่นยำ) หมายถึง จำนวนของตัวอย่างที่ได้ตอบถูกเป็นเปอร์เซ็นต์ของตัวอย่างทั้งหมดในชุดข้อมูล นับตั้งแต่คำตอบที่ได้ตรงกับคำตอบจริงถึงคำตอบที่ได้ตรงกับคำตอบผิด สูตรคำนวณ คือ

$$Accuracy = (\text{จำนวนตัวอย่างที่ตอบถูก} / \text{จำนวนตัวอย่างทั้งหมด}) \times 100\%$$

2.4.2 Precision (ความแม่นยำทางเชิงบวก) หมายถึง ความสามารถในการตอบถูกที่เป็นบวก (Positive) เมื่อโมเดลทำนายว่าเป็นบวก สูตรคำนวณคือ

$$Precision = (\text{True Positive} / \text{จำนวนที่ทำนายว่าเป็น Positive}) \times 100\%$$

2.4.3 Recall (ความสามารถในการตอบถูกที่เป็นบวกทั้งหมด) หมายถึง ความสามารถในการตอบถูกที่เป็นบวกทั้งหมด (ที่มีในชุดข้อมูล) เมื่อโมเดลทำนายว่าเป็นบวก สูตรคำนวณคือ

$$Recall = (\text{จำนวน True Positive} / \text{จำนวนที่เป็น Positive จริงๆ}) \times 100\%$$

2.4.4 F1-Score เป็นค่าเฉลี่ยความสอดคล้องของค่า Precision และ Recall ซึ่งจะให้ค่าดีเมื่อทั้ง Precision และ Recall มีค่าสูงเท่ากัน สูตรคำนวณคือ

$$F1-Score = 2 \times (\text{Precision} \times \text{Recall}) / (\text{Precision} + \text{Recall})$$

2.4.5 Confusion Matrix (เมทริกซ์การสับเปลี่ยน) เป็นเมทริกซ์ที่แสดงผลการทำนายของโมเดล โดยแบ่งเป็น 4 ช่อง ได้แก่ True Positive (TP), False Positive (FP), False Negative (FN), และ True Negative (TN) โดยที่

2.4.5.1 True Positive (TP) คือ จำนวนที่โมเดลทำนายว่าเป็น Positive และเป็น Positive จริง

2.4.5.2 False Positive (FP) คือ จำนวนที่โมเดลทำนายว่าเป็น Positive แต่เป็น Negative จริง

2.4.5.3 False Negative (FN) คือ จำนวนที่โมเดลทำนายว่าเป็น Negative แต่เป็น Positive จริง

2.4.5.4 True Negative (TN) คือ จำนวนที่โมเดลทำนายว่าเป็น Negative และเป็น Negative จริง

โดยการใช้ Confusion Matrix จะช่วยในการวิเคราะห์ปัญหาและปรับปรุงโมเดลให้ดีขึ้นได้ ซึ่งสามารถนำมาคำนวณเป็น Precision, Recall, และ Accuracy ได้ดังนี้

$$\text{Accuracy} = (TP + TN) / (TP + FP + FN + TN)$$

$$\text{Precision} = TP / (TP + FP)$$

$$\text{Recall} = TP / (TP + FN)$$

## 2.5 Representational State Transfer Application Programming Interface (REST API)

RESTful API คือ ช่องทางการเชื่อมต่อระหว่างแอปพลิเคชันหนึ่ง ไปยังอีกแอปพลิเคชันหนึ่ง หรือเป็นการเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้งานกับ Server หรือจาก Server เชื่อมต่อไปยัง Server ซึ่ง API เปรียบได้กับภาษาคอมพิวเตอร์ที่ทำให้คอมพิวเตอร์สามารถสื่อสาร และแลกเปลี่ยนข้อมูลซึ่งกันและกันได้อย่างอิสระ

ในโครงการนี้ นำ RESTful API มาใช้ในการสื่อสารระหว่างเว็บแอปพลิเคชันฝั่งผู้ให้บริการ (Client) กับเซิร์ฟเวอร์ (Server) เพื่อส่งข้อมูลตำแหน่งข้อต่อเสมือนไปประมวลผลบนเซิร์ฟเวอร์ และรับข้อมูลจากเซิร์ฟเวอร์มาแสดงบนหน้าเว็บแอปพลิเคชันฝั่งผู้ใช้งาน

## 2.6 Progressive Web Application (PWA)

Progressive Web App หรือ PWA คือแอปพลิเคชันเว็บที่ใช้เทคโนโลยีและมาตรฐานเว็บทันสมัย เพื่อให้ผู้ใช้ได้รับประสบการณ์ที่ใกล้เคียงกับแอปพลิเคชันแบบ Native บนอุปกรณ์มือถือ โดยไม่จำเป็นต้องติดตั้งผ่าน App Store หรือ Play Store โดย PWA ให้ประสบการณ์การใช้งานที่ดีแก่ผู้ใช้ โดยไม่จำเป็นต้องผ่านกระบวนการติดตั้งแอปพลิเคชันแบบดั้งเดิม และยังช่วยลดความยุ่งยากในการพัฒนา และรักษาแอปพลิเคชันบนแพลตฟอร์มต่าง ๆ

## 2.7 Early Stopping

เทคนิคในการฝึกโมเดลของเครื่องมือการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine learning) ที่ใช้เพื่อหยุดกระบวนการฝึกโมเดลก่อนที่จะเกิด Overfitting (การเรียนรู้เกินพอ) โดยหลักการคือการตรวจสอบผลการทดลอง โดยการใช้ชุดข้อมูลทดสอบ (validation set) และหยุดกระบวนการฝึกโมเดลเมื่อประสิทธิภาพบนชุดข้อมูลทดสอบไม่ดีขึ้นต่อเนื่อง (ไม่เพิ่มขึ้นหรือลดลง) เทียบกับค่าก่อนหน้านั้น ซึ่งช่วยป้องกันไม่ให้โมเดลที่ฝึกมากเกินไปทำให้เกิด Overfitting ซึ่งอาจทำให้ประสิทธิภาพของโมเดลลดลงเมื่อนำไปใช้กับข้อมูลที่ไม่เคยเห็นมาก่อน

## 2.8 Single-Page Application

Single Page Application (SPA) คือรูปแบบการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันที่โหลดเพียงครั้งเดียว และมีการปรับปรุงข้อมูลในหน้าเดียวกันโดยไม่ต้องโหลดหน้าใหม่ทั้งหมดเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเนื้อหาหรือข้อมูล ผู้ใช้สามารถใช้งานเว็บแอปพลิเคชันได้อย่างราบรื่นเหมือนแอปพลิเคชันบนมือถือ ทำให้สามารถดึงข้อมูลจาก เซิร์ฟเวอร์มาแสดงผลได้โดยไม่ต้องรีเฟรชหน้าเว็บทั้งหมด

## 3. เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา

### 3.1 เครื่องคอมพิวเตอร์หรือโน้ตบุ๊ก

### 3.2 เครื่องมือที่ใช้พัฒนาปัญญาประดิษฐ์

3.2.1 OpenCV เป็น Library สำหรับอ่านวิดีโอ ทั้งจากไฟล์และกล้องเว็บแคม

3.2.2 MediaPipe เป็น Library ในภาษา Python ที่ใช้ในการตรวจจับรับรู้การขยับส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย

3.2.3 NumPy คือ Library พื้นฐานของภาษา Python สำหรับการคำนวณทางวิทยาศาสตร์ ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ และเครื่องมือสำหรับการทำงานกับข้อมูลหลายมิติ

3.2.4 Pandas คือ Library ที่เปิด Open Source เพื่อใช้สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล

3.2.5 Scikit-learn เป็นชุดคำสั่งเสริมของภาษาไพธอน สำหรับทำงานด้านการเรียนรู้เครื่อง (Machine Learning)

3.2.6 TensorFlow คือ ตัวโปรแกรมที่ช่วยในการเขียนและพัฒนาโมเดล Machine Learning และ Deep Learning ซึ่งพัฒนาโดย Google Brain Team โดยเป็น Open-Source Library ที่ใช้ ภาษา Python ในการเขียนโค้ด

### 3.3 เครื่องมือในการออกแบบเว็บแอปพลิเคชัน

3.3.1 Diagrams.net เป็นโปรแกรมออนไลน์ที่ใช้ในการวาดไดอะแกรมต่าง ๆ โดย ในโครงการนี้ ใช้ในการออกแบบ UML Diagram

3.3.2 Figma เป็นเครื่องมือออกแบบอินเทอร์เฟซแบบทำงานร่วมกัน (The Collaborative Interface Design Tool) ซึ่งมีความสามารถในการทำงานร่วมกัน (Collaborative) ในโครงการนี้ คณะผู้จัดทำเลือกใช้ Figma ในการออกแบบ UX/UI

### 3.4 ระบบเว็บแอปพลิเคชันส่วนผู้ให้บริการ (Front-end)

HTML, CSS และ JavaScript เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้สำหรับการสร้างหน้าต่างเว็บแอปพลิเคชัน โดยภาษา HTML ใช้สำหรับการเขียนโครงสร้างของเว็บไซต์ ภาษา CSS ใช้สำหรับการตกแต่งความสวยงามภายในเว็บไซต์ และภาษา JavaScript ใช้สำหรับการเพิ่มการตอบสนองของผู้ใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน

### 3.5 ระบบเว็บแอปพลิเคชันส่วนผู้ให้บริการ (Back-end)

FastAPI เป็นไลบรารีของภาษาไพธอนที่พัฒนาโครงสร้างภายในเชิงลึกสำหรับส่วนต่อประสานโปรแกรมประยุกต์ (API) โดยเฉพาะ โดยการรับคำขอ จากนั้นประมวลผลข้อมูลล่วงหน้า ก่อนที่จะนำข้อมูลไปประมวลผลด้วยปัญญาประดิษฐ์ ถัดไปดูแลจัดการข้อมูลในฐานข้อมูล ก่อนที่จะนำข้อมูลที่ได้ไปแสดงผลลัพธ์ที่ได้เพื่อให้ระบบเว็บแอปพลิเคชันส่วนผู้ให้บริการนำข้อมูลไปแสดงผล

### 3.6 การจัดการฐานข้อมูล

MySQL คือ ระบบจัดการฐานข้อมูลโดยใช้ภาษา SQL เขียนควบคุมการสร้างตารางข้อมูล การเพิ่มข้อมูล และการแก้ไขข้อมูลหรือการลบข้อมูล

## 4. รายละเอียดโปรแกรมที่ได้พัฒนา (Software Specification)

ทางคณะผู้จัดทำได้พัฒนาตัวหน้าเว็บแอปพลิเคชัน "แอปพลิเคชันฝึกหัดโซนด้วยตนเอง โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ (Self-practice Khon Application using Artificial Intelligence: SKAAI)" ขึ้นมาเอง ซึ่งสามารถเข้าถึงได้ที่ URL ต่อไปนี้: <https://skaai.mocuse.com> โดยรวมถึงการออกแบบและพัฒนา API, UX/UI และฟังก์ชันการทำงานต่าง ๆ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงและใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในโครงการนี้ คณะผู้จัดทำได้ดำเนินการพัฒนาทั้งส่วนของ API ที่ใช้สำหรับการสื่อสารระหว่างฝั่งผู้ให้บริการและเซิร์ฟเวอร์ รวมถึงการออกแบบประสบการณ์ผู้ใช้ (UX) และส่วนต่อประสานผู้ใช้ (UI) ที่ทำให้เว็บแอปพลิเคชันมีความใช้งานง่ายและมีประสิทธิภาพสูงสุด

#### 1) Input/Output Specification

Input: วิดีโอที่ทำท่าฝึกท่าโยนแต่ละท่า ของผู้ใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน

Output: แสดงผลชื่อท่าจากวิดีโอที่ผู้ใช้งาน และเปอร์เซ็นต์ความคล้ายคลึงระหว่างวิดีโอของผู้ใช้งาน และท่าต้นแบบ

#### 2) Functional Specification

##### 2.1) มีการสร้างบัญชีผู้ใช้งานใหม่



2.2) บันทึกวิดีโอการรำไท้

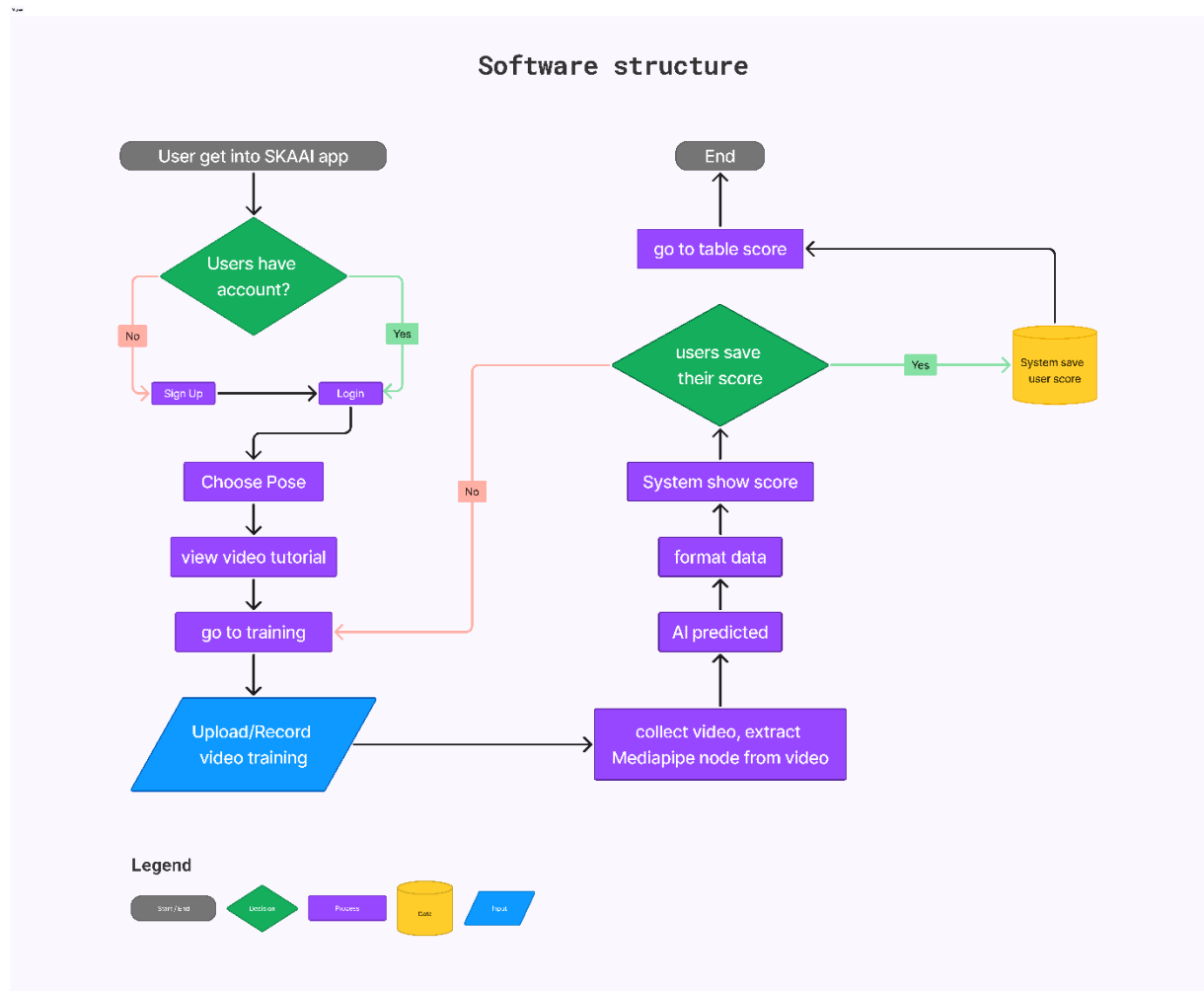
2.3) มีการวัดความคล้ายคลึงระหว่างวิดีโอของผู้ใช้งานกับต้นแบบ โดยใช้ระบบปัญญาประดิษฐ์แบบ Machine Learning (ML) ในการเรียนรู้ โดยมีข้อมูลฝึกหัดเป็นคลิปการทำท่ารำไท้ในท่าทางต่าง ๆ จากผู้เชี่ยวชาญด้านไท้

2.4) มีการบอกระดับเปอร์เซ็นต์ ของความคล้ายคลึงในการรำไท้

2.5) มีการบันทึกระดับความคล้ายคลึงของการรำไท้แต่ละรอบของผู้ใช้

3) โครงสร้างของซอฟต์แวร์ (Design)

การทำงานของซอฟต์แวร์ เป็นดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 โครงสร้างการทำงานของระบบเว็บแอปพลิเคชัน

ผู้ใช้เว็บแอปพลิเคชันนี้ ต้องสมัครสมาชิก เว็บแอปพลิเคชันส่งเสริมการเรียนรู้โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ หลังจากสมัครสมาชิก ผู้ใช้งานต้องเข้าสู่ระบบ ถัดจากนั้นในหน้าแรก จะมีท่าฝึกการรำโชน 30 ท่า โดย ผู้ใช้จะต้องเลือกฝึกท่าใดท่าหนึ่งใน ลำดับถัดไป ให้ไปเปิดกล้องและรำตามท่าที่เลือก ตัวเว็บแอปพลิเคชันจะดึงชุดตำแหน่งของข้อต่อเสมือนด้วย MediaPipe และส่งค่าข้อต่อไปให้เซิร์ฟเวอร์พร้อมกับชุดค่าตำแหน่งข้อต่อเสมือน เพื่อนำไปให้โมเดลปัญญาประดิษฐ์ประมวลผล และแสดงผลความคล้ายระหว่างวิดีโอของผู้ใช้งานกับต้นแบบ โดยใช้ระบบปัญญาประดิษฐ์แบบ Machine Learning (ML) ในการเรียนรู้ โดยมีข้อมูลฝึกหัดเป็นคลิปการทำท่ารำโชนในท่าทางต่าง ๆ จากผู้เชี่ยวชาญด้านโชน ในลำดับถัดไป นำข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลโดยปัญญาประดิษฐ์ มาจัดรูปและเก็บเป็นชุดข้อมูลใหม่ และตรวจสอบข้อมูลในระบบฐานข้อมูล ว่ามีข้อมูลของบัญชีนี้หรือไม่ หากมี ให้เพิ่มประวัติข้อมูลในการฝึกทำโชนลงในระบบฐานข้อมูล โดยใช้บัญชีนี้อ้างอิง ในลำดับสุดท้าย ส่งผลลัพธ์ที่ได้กลับไปให้ระบบเว็บแอปพลิเคชันฝั่งผู้ใช้บริการ ที่ส่งคำร้องขอมา และแสดงค่าความคล้ายของท่านั้น ๆ ที่ตรวจจับได้ แล้วแสดงผลเป็นเปอร์เซ็นต์ให้ผู้ใช้งานรับรู้ และนำไปปรับปรุงให้ดีขึ้น

## 5. ขอบเขตและข้อจำกัดของโปรแกรมที่พัฒนา

เว็บแอปพลิเคชันส่งเสริมการเรียนรู้โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ เป็นโปรแกรมที่พัฒนาเว็บแอปพลิเคชันที่สามารถเข้าถึงได้จากระบบปฏิบัติการ Windows และ MacOS โดยใช้เบราว์เซอร์ Chrome เวอร์ชัน 70 ขึ้นไป, Edge เวอร์ชัน 79 ขึ้นไป, และ Firefox เวอร์ชัน 79 ขึ้นไป ระบบปฏิบัติการ Android โดยใช้เบราว์เซอร์ Chrome เวอร์ชัน 70 ขึ้นไป, Edge เวอร์ชัน 79 ขึ้นไป, และ Firefox เวอร์ชัน 79 ขึ้นไป และระบบปฏิบัติการ iOS โดยใช้เบราว์เซอร์ Safari เวอร์ชัน 11.3 ขึ้นไป โดยบันทึกวิดีโอรำโชน

ในเว็บแอปพลิเคชันนี้เป็นการฝึกการรำโชน เป็นพื้นฐานที่ใช้เรียนและแสดงโชนในระดับสูงขึ้น ท่าฝึกรำโชนระดับพื้นฐาน นาฏยศัพท์ และภาษาท่า มีทั้งหมด 75 ท่าโดยรวม โดยทางคณะผู้จัดทำคัดเลือกท่าต่าง ๆ ที่จำเป็น สามารถฝึกได้ด้วยตนเองและปลอดภัยในการฝึก ดังนั้นทางคณะผู้จัดทำจึงได้คัดเลือกมาทั้งหมดทั้งสิ้น 30 ท่า โดยมีวัตถุประสงค์ความคล้ายคลึงเมื่อเทียบกับท่ารำต้นแบบที่ได้จากผู้ชำนาญการด้านโชน

ในเว็บแอปพลิเคชันนี้ใช้ปัญญาประดิษฐ์ของการฝึกรำโชน โดยใช้ท่าฝึกรำโชนจากผู้เชี่ยวชาญด้านโชนเป็นตัวเรียนรู้ เพื่อแสดงชื่อท่า และความคล้ายคลึงของท่าต้นฉบับนั้น ๆ ของผู้ใช้งาน โดยมีผู้เชี่ยวชาญโชนเป็นต้นแบบข้อมูลท่าฝึกรำโชนระดับพื้นฐานแต่ละท่า และให้คำปรึกษาในการฝึกท่าพื้นฐานของโชนต่าง ๆ และกำกับความคล้ายคลึงของการทำท่ารำโชนต่าง ๆ ให้กับโมเดลปัญญาประดิษฐ์ เพื่อใช้ในการเรียนรู้ของโมเดล

ปัญญาประดิษฐ์ และแสดงผลเป็นข้อๆ และค่าความคล้ายคลึงของทำนั้น ๆ แล้วนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย และจึงคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เพื่อแสดงให้เห็นให้ผู้ใช้งานรับทราบ และพัฒนาปรับปรุงต่อไป

เมื่อผู้ได้รับรู้เปอร์เซ็นต์ความคล้ายคลึงของทำฝึกจำเอนแต่ละทำแล้ว หากต้องการบันทึกระดับความคล้ายคลึง เพื่อดูความก้าวหน้าในการฝึกของผู้ใช้งานสามารถบันทึกได้ ข้อมูลระดับความคล้ายคลึงของผู้ใช้งานจะถูกจัดเก็บไปยัง ระบบฐานข้อมูล นอกจากนี้ผู้ใช้งานสามารถรับทราบจุดที่ต้องแก้ไขของการฝึกจำเอนแต่ละทำได้ นอกเหนือจากนี้ ในเว็บแอปพลิเคชันนี้ จะมีคลิปสอนการฝึกฝนเอนแต่ละทำก่อนฝึกทำจริงเพื่อทราบเปอร์เซ็นต์ความคล้ายคลึงที่ได้ในเว็บแอปพลิเคชัน

### กลุ่มผู้ใช้โปรแกรม

1. นักเรียนโรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย รังสิต ในชุมนุม โขนหรรษา
2. นักเรียนโรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย รังสิต ในชุมนุม นาฏศิลป์พาเพลิน
3. บุคคลที่ต้องการทบทวนหรือเรียนรู้ทำร่ำทำ่าง ๆ แต่ขาดเครื่องมือตรวจสอบความถูกต้อง

### สรุปผลการประเมิน

ตารางที่ 1 ผลการประเมินจากแบบสอบถามการใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน SKAAI เป็นร้อยละ

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ				
	ดีมาก	ดี	ปานกลาง	น้อย	น้อยมาก
1. ความน่าใช้งานของโปรแกรม	68.89	31.11	0	0	0
2. ความสะดวกในการใช้งานโปรแกรม	62.22	24.45	13.33	0	0
3. เวลาที่ใช้ในการใช้งานโปรแกรม	46.67	51.11	2.22	0	0
4. การนำโปรแกรมไปประยุกต์ใช้งาน	66.67	31.11	2.22	0	0
5. ประโยชน์ของโปรแกรม	66.67	24.44	8.89	0	0

หลังจากการนำเว็บแอปพลิเคชันไปให้นักเรียนโรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย รังสิต ชุมนุมโขนหรรษา ทดลองใช้จริง และทำการประเมินผลผ่าน “แบบสอบถามการใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน SKAAI” พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ มีระดับความพึงพอใจในด้านความน่าใช้งานของโปรแกรม คิดเป็นร้อยละ 68.89 ซึ่งอยู่ในระดับดีมาก ด้านความสะดวกในการใช้งานโปรแกรม คิดเป็นร้อยละ 62.22 ซึ่งอยู่ในระดับดีมาก ด้านเวลาที่ใช้ในการใช้งานโปรแกรม คิดเป็นร้อยละ 51.11 ซึ่งอยู่ในระดับดี ด้านการนำโปรแกรมไปประยุกต์ใช้งาน คิดเป็นร้อยละ 66.67 ซึ่งอยู่ในระดับดีมาก และด้านประโยชน์ของโปรแกรม คิดเป็นร้อยละ 66.67 ซึ่งอยู่ในระดับดีมาก

ตารางที่ 2 ผลการประเมินคุณภาพซอฟต์แวร์ฝั่ง User ด้วย PageSpeed Insights

รายการหน้าที่ประเมิน	หัวข้อการประเมิน							
	Performance		Accessibility		Best Practices		SEO	
	Mobile	Desktop	Mobile	Desktop	Mobile	Desktop	Mobile	Desktop
หน้าเข้าสู่ระบบ	93	99	100	93	100	100	100	100
หน้าลงทะเบียนบัญชีผู้ใช้งานใหม่	93	99	100	93	96	96	100	100
หน้ารายการทำราโชน	67	96	96	89	96	96	100	100
หน้าบทช่วยสอน	93	99	91	91	96	96	100	100
หน้าฝึกฝนราโชน	93	99	92	92	96	96	100	100
หน้าผลลัพธ์ทั้งหมดที่ผ่านมา	93	99	100	91	96	96	100	100
หน้าการตั้งค่า	97	99	97	99	97	98	100	100
หน้าช่องทางการติดต่อผู้พัฒนา	93	99	91	91	96	96	100	100

ตารางที่ 3 ผลการประเมินคุณภาพโดยเฉลี่ยของการประมวลผลข้อมูลและโมเดลปัญญาประดิษฐ์

รายการประเมิน	ผลลัพธ์ (ต่อคำขอ)	ระดับการประเมิน		
		ปรับปรุง	พอใช้	ดี
ความแม่นยำ	78%		✓	
ความเร็วในการประมวลผล	210ms	✓		
หน่วยความจำที่ใช้ในการประมวลผล	12MB		✓	

### อุปสรรคในการพัฒนาโปรแกรม

- ทรัพยากรฝั่งผู้ใช้งานมีอยู่อย่างจำกัด ส่งผลให้ผู้พัฒนาต้องปรับโครงสร้างซอฟต์แวร์ใหม่
- ปัญญาประดิษฐ์ใช้ทรัพยากรเซิร์ฟเวอร์ในการประมวลผลค่อนข้างสูง

## แนวทางในการพัฒนาและประยุกต์ใช้ร่วมกับงานอื่น ๆ ในขั้นต่อไป

1. การเปิด Open Source API ให้ผู้พัฒนาภายนอกสามารถนำระบบไปประยุกต์ใช้ในระบบของตนเอง โดยไม่ต้องทำการติดตั้งมากมายให้ยุ่งยาก
2. การเปิด Open Source Dataset สำหรับผู้ที่ต้องการทำข้อมูลไปฝึกปัญญาประดิษฐ์ของตน
3. การเปิด Open Source Code เพื่อให้ผู้พัฒนาภายนอกนำไปศึกษา หรือประยุกต์ใช้กับนวัตกรรมอื่น ๆ

## ข้อเสนอแนะ

1. ควรเพิ่มระดับความแม่นยำของโมเดลปัญญาประดิษฐ์ให้สูงกว่าร้อยละ 80 ในทุก ๆ ท่า
2. โปรแกรมมีความน่าใช้งาน มีประสิทธิภาพค่อนข้างสูง
3. โปรแกรมใช้งานง่าย เหมาะสำหรับบุคคลทั่วไป

## เอกสารอ้างอิง

- [1] กิตติเมศศักดิ์ ในจิต. (ม.ป.ป.). การวัดประสิทธิภาพ (Evaluation Metrics) สำหรับโมเดล Deep Learning. kittimasak. <https://kittimasak.com/evaluation-metrics-deep-learning/>
- [2] รติกร ศรีอำพล. (2566, 7 พฤษภาคม). การใช้ Service Worker เพื่อสร้าง Progressive Web App (PWA). borntodev. <https://www.borntodev.com/2023/11/07/การใช้-service-worker-เพื่อสร้าง-progressive-web-app-pwa/>
- [3] Aakarshachug. (2024, June 10). What is LSTM – Long Short Term Memory?. GeeksForGeeks. <https://www.geeksforgeeks.org/deep-learning-introduction-to-long-short-term-memory/>
- [4] Aoo Pattana-anurak. (2023, March 20). TensorFlow คืออะไร?. thaiconfig. <https://thaiconfig.com/artificial-intelligence-ai/what-is-tensorflow/>
- [5] Developer. (n.d.). 5 เครื่องมือที่คุณต้องรู้ สำหรับงาน Data Science ด้วย Python. borntoDev. <https://www.borntodev.com/2020/02/18/5-เครื่องมือ-datascience/>
- [6] Developer. (n.d.). พื้นฐานการใช้ NumPy ใน Python 3. borntoDev. <https://www.borntodev.com/2020/04/16/พื้นฐานการใช้-numpy-ใน-python-3/>
- [7] ETS. (n.d.). Draw.io เครื่องมือสร้าง Diagram หรือแผนภาพออนไลน์อย่างง่าย ๆ. <https://techintegration.ets.kmutt.ac.th/content/tech-review/drawio>
- [8] Figma. (n.d.). <https://www.figma.com/>
- [9] Google. (n.d.). Pose landmark detection guide for Web. Google for Developers [https://developers.google.com/mediapipe/solutions/vision/pose\\_landmarker/web\\_js](https://developers.google.com/mediapipe/solutions/vision/pose_landmarker/web_js)
- [10] Irene Casmir. (2023, Sep 21). Regularization by Early Stopping. GeeksForGeeks. <https://www.geeksforgeeks.org/regularization-by-early-stopping/>
- [11] Mozilla. (n.d.). CSS: Cascading Style Sheets. MDN. <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/CSS>
- [12] Mozilla. (n.d.). HTML basics. MDN. [https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Learn/Getting\\_started\\_with\\_the\\_web/HTML\\_basics](https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Learn/Getting_started_with_the_web/HTML_basics)

- [13] Mozilla. (n.d.). JavaScript. MDN. <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/JavaScript>
- [14] Mozilla. (n.d.). REST. MDN. <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Glossary/REST>
- [15] Mozilla. (2024, July 8). SPA (Single-page application). MDN. <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Glossary/SPA>
- [16] Mindphp. (n.d.). Pandas คืออะไร?. <https://www.mindphp.com/บทเรียนออนไลน์/83-python/8493-what-is-the-pandas.html>
- [17] Narut Soontranon. (2023, October 13). หลักการทำงาน LSTM (Long Short-Term Memory). [Image]. [https://www.nerd-data.com/deep\\_learning\\_lstm/](https://www.nerd-data.com/deep_learning_lstm/)
- [18] Oracle. (n.d.). 1.2.1 What is MySQL?. MySQL. <https://dev.mysql.com/doc/refman/8.0/en/what-is-mysql.html>
- [19] Ratanon. (2023, September 7). PWA คืออะไร. <https://ratanon.com/posts/pwa>
- [20] Ramkhamhaeng University. (n.d.). Unified Modeling Language. [http://instructor.ru.ac.th/urai/int3103/INT3103\\_3.pdf](http://instructor.ru.ac.th/urai/int3103/INT3103_3.pdf)
- [21] SCB TechX Admin. (2567, 20 กุมภาพันธ์). พามาทำความรู้จัก Machine Learning และ Deep Learning. SCB Tech X. <https://scbtechx.io/th/blogs/machine-learning-and-deep-learn/>
- [22] Sirasit Boonklang. (n.d.). ตรวจจับใบหน้าน้องเหมียวด้วย OpenCV. borntoDev. <https://www.borntodev.com/2021/09/10/ตรวจจับใบหน้าน้องแมว/>
- [23] Sirasit Boonklang. (2567, 15 มีนาคม). สอนทำแอนิเมชันใน Draw.io ง่ายๆ. borntoDev. <https://www.borntodev.com/2025/03/15/สอนทำแอนิเมชันใน-draw-io-ง่าย/>
- [24] Stebusse. (2022, November 22). mediapipe-plot-pose-live. GitHub. <https://github.com/stebusse/mediapipe-plot-pose-live>
- [25] Skooldio. (2022, November 28). Progressive Web Apps คืออะไร?. <https://blog.skooldio.com/what-is-progressive-web-apps/>

- [26] Waris Limtoprasert, Nuutthapachr Sethasathien. (2564, 30 กันยายน). เริ่มต้นสร้าง API ง่าย ๆ ด้วย FastAPI Framework. Big Data Institute. <https://bdi.or.th/big-data-101/data-engineering/fastapi-framework-101/>



## ข้อมูลและช่องทางติดต่อ

### 1. หัวหน้าโครงการ:

นาย ธนดล พุ่มโกสุม

- โทรศัพท์มือถือ: 0808176968

- จดหมายอิเล็กทรอนิกส์: [contact@skr.ac.th](mailto:contact@skr.ac.th)

### 2. ผู้ร่วมโครงการ:

นาย ศุภโชค เรือนสม

- โทรศัพท์มือถือ: 0842243165

- จดหมายอิเล็กทรอนิกส์: [contact@skr.ac.th](mailto:contact@skr.ac.th)

นาย ณฐมน เทียงเจริญ

- โทรศัพท์มือถือ: 0961759896

- จดหมายอิเล็กทรอนิกส์: [contact@skr.ac.th](mailto:contact@skr.ac.th)

### 3. อาจารย์ที่ปรึกษา:

นาย ณัฐพล บัวอูไร

- โทรศัพท์: 0-2107-0981-3

- จดหมายอิเล็กทรอนิกส์: [contact@skr.ac.th](mailto:contact@skr.ac.th)

### ที่อยู่สำหรับการติดต่อทางไปรษณีย์:

โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย รังสิต

เลขที่ 2/617 ม.1 ต.คลองสาน อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120

ภาคผนวก

## คู่มือการติดตั้งและคู่มือการใช้งาน

### 1. คู่มือการติดตั้ง

#### 1.1 ระบบปฏิบัติการ Android

- 1) กดที่ปุ่มเมนู (สามจุด) ที่มุมบนขวาของเบราว์เซอร์
- 2) เลือก "Add to Home screen" หรือ "ติดตั้ง" (Install)
- 3) ยืนยันการติดตั้ง แอปจะถูกเพิ่มไปยังหน้าจอหลักของอุปกรณ์

#### 1.2 ระบบปฏิบัติการ iOS

- 1) กดที่ปุ่มแชร์ (สี่เหลี่ยมพร้อมลูกศรขึ้น) ที่ด้านล่างของหน้าจอ
- 2) เลือก "Add to Home Screen" หรือ "เพิ่มไปยังหน้าจอหลัก"
- 3) ยืนยันการติดตั้ง แอปจะถูกเพิ่มไปยังหน้าจอหลักของอุปกรณ์

#### 1.3 ระบบปฏิบัติการ MacOS

- 1) กดที่ไอคอน "ติดตั้ง" (Install) ที่ด้านขวาของแถบที่อยู่ หรือกดที่ปุ่มเมนู (สามจุด) แล้วเลือก "Install SKAAI 1.0"

- 2) ยืนยันการติดตั้ง แอปจะถูกเพิ่มไปยังแอปพลิเคชันในเครื่อง

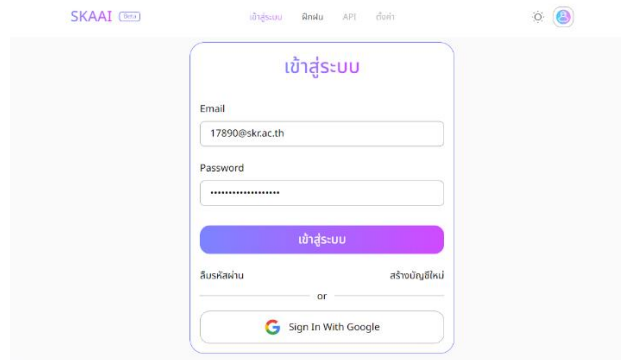
#### 1.4 ระบบปฏิบัติการ Windows

- 1) กดที่ไอคอน "ติดตั้ง" (Install) ที่ด้านขวาของแถบที่อยู่ หรือกดที่ปุ่มเมนู (สามจุด) แล้วเลือก "Install SKAAI 1.0"

- 2) ยืนยันการติดตั้ง แอปจะถูกเพิ่มไปยังแอปพลิเคชันในเครื่อง

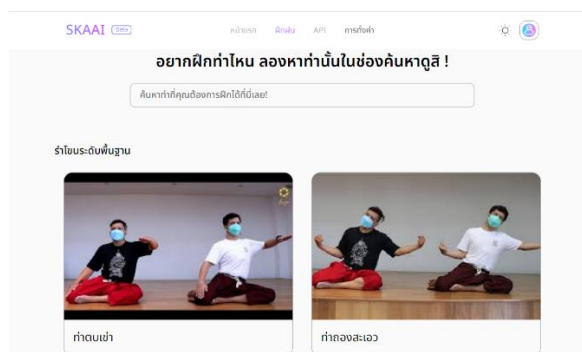
## 2. คู่มือการใช้งาน

- 1) เข้าเว็บไซต์หรือแอปพลิเคชัน หากเข้าผ่านเว็บไซต์ ให้เข้าลิงค์ <https://skaai.mocuse.com/>
- 2) เข้าสู่ระบบหรือสมัครบัญชีผู้ใช้งานใหม่



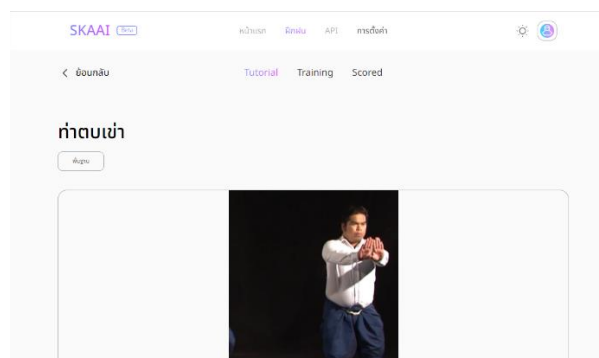
ภาพที่ 4 หน้าเข้าสู่ระบบหรือสมัครบัญชีผู้ใช้งานใหม่

## 3) เลือกท่าที่ต้องการฝึกฝน



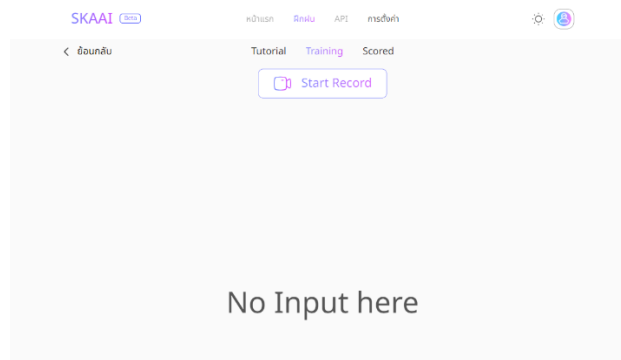
ภาพที่ 5 หน้าเลือกท่ารำโยคะ

## 4) เรียนรู้วิธีการรำของท่านั้น ๆ



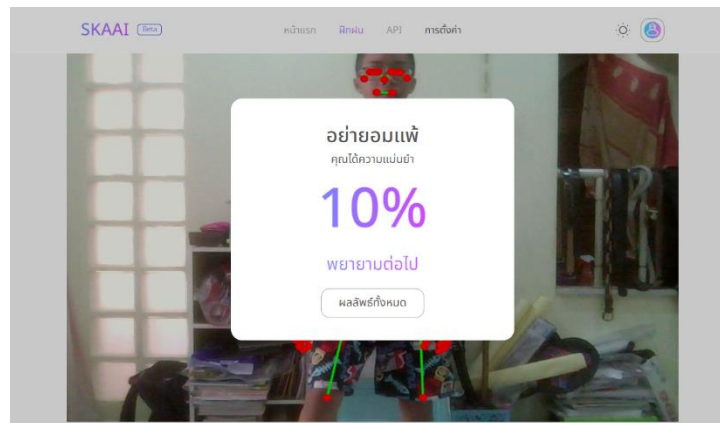
ภาพที่ 6 หน้าบทช่วยสอน

5) บันทึกวิดีโอการฝึกท่าโยน (ให้กล้องเห็นร่างกายทุกส่วนอย่างชัดเจน)



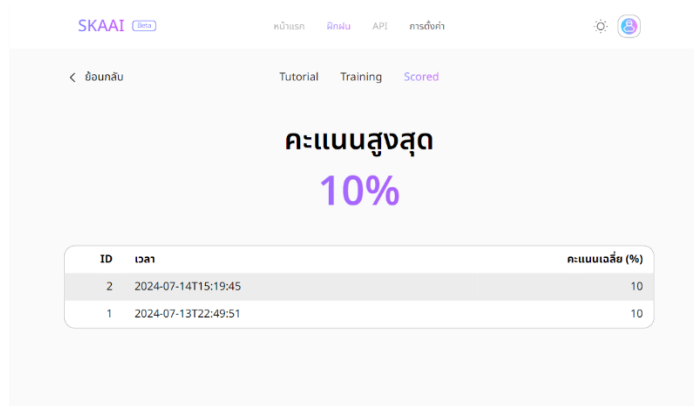
ภาพที่ 7 หน้าฝึกฝน

6) ตรวจสอบความแม่นยำของการฝึก



ภาพที่ 8 ผลลัพธ์จากการฝึกฝน

7) ดูผลลัพธ์การฝึกฝนที่ผ่านมา



ภาพที่ 9 ผลลัพธ์จากการฝึกฝนทั้งหมด

## ข้อตกลงในการใช้ซอฟต์แวร์(Software Disclaimer)

### 1. ข้อตกลงและเงื่อนไขในการใช้บริการ

#### 1.1 การยอมรับข้อตกลง

การใช้แอปพลิเคชันฝึกหัดโจนด้วยตนเองที่พัฒนาโดยนายธนดล พุ่มโกสุม, นายณฐมน เทียงเจริญ, และนายศุภโชค เรือนสม โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย รังสิต ภายใต้การดูแลของ นายณัฐพล บัวอุไร จะถือว่าคุณยอมรับข้อตกลงและเงื่อนไขดังกล่าว หาก你不ยอมรับ อย่าใช้บริการ

#### 1.2 การใช้บริการ

1.2.1 ผู้ใช้ต้องมีอายุอย่างน้อย 13 ปี หรือได้รับอนุญาตจากผู้ปกครอง

1.2.2 ผู้ใช้สามารถสมัครและยกเลิกบัญชีได้ทุกเมื่อ หากทำผิดข้อตกลงและเงื่อนไข ผู้พัฒนามีสิทธิลบบัญชีโดยไม่ต้องแจ้งล่วงหน้า

1.2.3 ผู้ใช้งาน ใช้งานเพื่อฝึกหัดโจนเพื่อการศึกษาและพัฒนาต่อยอดโดยอ้างอิงจากโครงการนี้

#### 1.3 สิทธิ์ของผู้ให้บริการ

ผู้พัฒนาสามารถปรับปรุง แก้ไข หรือหยุดให้บริการได้โดยไม่ต้องแจ้งล่วงหน้า

#### 1.4 การป้องกันและข้อจำกัดความรับผิดชอบ

ผู้พัฒนาไม่รับประกันความถูกต้องหรือประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์ และไม่รับผิดชอบต่อความเสียหายที่เกิดจากการใช้ซอฟต์แวร์ทุกประการ

#### 1.5 การแก้ไขข้อพิพาท

ข้อพิพาทที่เกิดจากการใช้บริการนี้จะต้องแก้ไขโดยการเจรจา หากไม่สามารถตกลงกันได้ จะดำเนินการตามกฎหมายที่เกี่ยวข้อง

### 2. นโยบายความเป็นส่วนตัว

#### 2.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

##### 2.1.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลส่วนบุคคล ดังนี้

- ชื่อจริง นามสกุล
- อีเมล
- รหัสผ่าน (ทำการแฮชเพื่อป้องกัน)

##### 2.1.2 การบันทึกการเข้าถึง ดังนี้

- ที่อยู่ IP และตัวระบุอุปกรณ์
- วันที่/เวลาของคำขอ

- หน้าเว็บที่เรียกดู
- ขนาดข้อมูลที่ส่ง
- User agent
- บันทึกข้อผิดพลาด

## 2.2 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

เรารวบรวมข้อมูลผ่านการลงทะเบียน การเข้าสู่ระบบด้วย Google OAuth2 และข้อมูลที่ได้รับจากบุคคลหรือองค์กรที่ให้ข้อมูลแก่เรา

## 2.3 วัตถุประสงค์ในการใช้ข้อมูล

ข้อมูลที่รวบรวมมีจุดประสงค์ในการใช้งาน ดังนี้

- ปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้งาน
- เก็บสถิติเพื่อวิเคราะห์และรายงานผล
- ตรวจสอบการปฏิบัติตามข้อตกลงและเงื่อนไข
- ตรวจสอบและรักษาความปลอดภัยของระบบ

## 2.4 การเปิดเผยข้อมูล

เราจะเปิดเผยข้อมูลให้ผู้พัฒนา ผู้ดูแล และหน่วยงานราชการในประเทศไทยเท่านั้น

## 2.5 การคุ้มครองข้อมูล

เราจะไม่เผยแพร่ข้อมูลบัญชีต่อบุคคลภายนอก มีเพียงผู้พัฒนา ผู้ดูแล และหน่วยงานราชการในประเทศไทยเท่านั้นที่สามารถเข้าถึงข้อมูล รหัสผ่านจะถูกแฮชเพื่อป้องกันการเข้าถึงโดยไม่ได้รับอนุญาต

## 2.6 สิทธิของผู้ใช้

ผู้ใช้สามารถขอเข้าถึง แก้ไข และลบข้อมูลส่วนตัวได้โดยการติดต่อผู้พัฒนา ใช้เวลาดำเนินการไม่เกิน 7 วันทำการ นับจากวันที่ได้รับคำร้อง

## 2.7 ข้อมูลการติดต่อ

นายธนดล พุ่มโกสุม (หัวหน้าโครงการ)

- โทรศัพท์มือถือ: +66 80 817 6968

- อีเมล: thanadon.poomkosum@gmail.com

- สถานที่ติดต่อ: โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย รังสิต 2/617 หมู่บ้านศุภาลย์บุรี ต.คลองสี่ อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120

## 3. ข้อจำกัดความรับผิดชอบ (Disclaimer)

ซอฟต์แวร์นี้พัฒนาโดย นายธนดล พุ่มโกสุม, นายณฐมน เทียะเจริญ, และนายศุภโชค เรือนสม จากโรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย รังสิต ภายใต้การดูแลของ นายณัฐพล บัวอุไร ในโครงการแอปพลิเคชันฝึกหัด

โจนด้วยตนเองโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ โดยได้รับการสนับสนุนจากศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) ซอฟต์แวร์นี้พัฒนาขึ้นเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้และพัฒนาทักษะในการพัฒนาซอฟต์แวร์ ลิขสิทธิ์เป็นของผู้พัฒนา และ NECTEC ได้รับอนุญาตให้เผยแพร่ซอฟต์แวร์ตามต้นฉบับ โดยไม่มีการแก้ไข เพื่อให้บุคคลทั่วไปใช้ประโยชน์ส่วนบุคคลหรือการศึกษาโดยไม่คิดค่าตอบแทน ดังนั้น NECTEC ไม่มีหน้าที่ดูแล บำรุงรักษา หรือพัฒนาประสิทธิภาพซอฟต์แวร์ รวมทั้งไม่รับประกันความถูกต้องหรือประสิทธิภาพ และไม่รับผิดชอบความเสียหายจากการใช้ซอฟต์แวร์นี้



# Introduce SKAAI 1.0

แอปพลิเคชันฝึกหัดโขนด้วยตนเอง โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์  
ในการช่วยประเมินความถูกต้องที่มีความแม่นยำสูงสุด



ระบบฝึกโขนผ่านการบันทึกวิดีโอ  
โดยมีท่ากว่า 30 ท่าให้เลือกฝึก



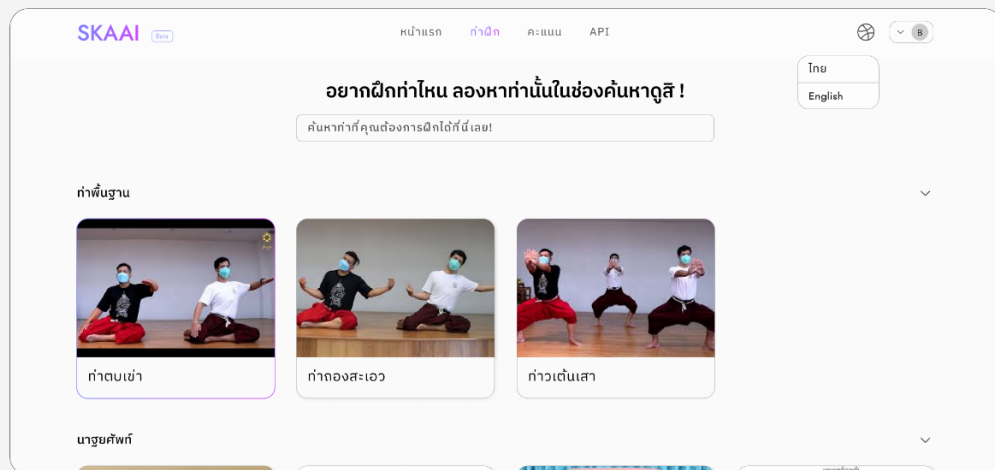
แหล่งชุดข้อมูล  
Open Source ทำรำโขน



มีบริการ Open API



มีการ Open Source Code  
และ AI model



<https://skaai.mocuse.com/>

## รายละเอียดผลงานที่ส่งเข้าร่วมการแข่งขัน

1) เป็นการต่อยอดพัฒนาผลงานหรือไม่

☐ ต่อยอดจากผลงานเดิม

☒ พัฒนาใหม่

2) เป็นผลงานที่มีการพัฒนาเป้าหมายที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals - SDGs) ด้านใด

<input type="checkbox"/>	No Poverty ขจัดความยากจนทุกรูปแบบทุกสถานที่
<input type="checkbox"/>	Zero Hunger ขจัดความหิวโหย บรรลุความมั่นคงทางอาหาร ส่งเสริมเกษตรกรรมอย่างยั่งยืน
<input type="checkbox"/>	Good Health and well-being รับรองการมีสุขภาพ และความเป็นอยู่ที่ดีของทุกคนทุกช่วงอายุ
<input checked="" type="checkbox"/>	Quality Education รับรองการศึกษาที่เท่าเทียมและทั่วถึง ส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิตแก่ทุกคน
<input type="checkbox"/>	Gender Equality บรรลุความเท่าเทียมทางเพศ พัฒนาศักยภาพสตรีและเด็กผู้หญิง
<input type="checkbox"/>	Clean Water and Sanitation รับรองการมีน้ำใช้ การจัดการน้ำและสุขาภิบาลที่ยั่งยืน
<input type="checkbox"/>	Affordable and Clean Energy รับรองการมีพลังงาน ที่ทุกคนเข้าถึงได้ เชื่อถือได้ยั่งยืน ปลอดภัย
<input type="checkbox"/>	Decent Work and Economic Growth ส่งเสริมการเติบโตทางเศรษฐกิจที่ต่อเนื่องครอบคลุมและยั่งยืน การจ้างงานที่มีคุณค่า
<input type="checkbox"/>	Industry Innovation and Infrastructure พัฒนาโครงสร้างพื้นฐานที่พร้อมรับการเปลี่ยนแปลง ส่งเสริมการปรับตัวให้เป็นอุตสาหกรรม อย่างยั่งยืนทั้งถึง และสนับสนุนนวัตกรรม
<input type="checkbox"/>	Reduced Inequalities ลดความเหลื่อมล้ำทั้งภายในและระหว่างประเทศ

<input type="checkbox"/>	Sustainable Cities and Communities ทำให้เมืองและการตั้งถิ่นฐานของมนุษย์มีความปลอดภัยทั่วถึง พร้อมรับความเปลี่ยนแปลงและการพัฒนาอย่างยั่งยืน
<input type="checkbox"/>	Responsible Consumption and Production รับรองแผนการบริโภค และการผลิตที่ยั่งยืน
<input type="checkbox"/>	Climate Action ดำเนินมาตรการเร่งด่วนเพื่อรับมือการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและผลกระทบ
<input type="checkbox"/>	Life Below Water อนุรักษ์และใช้ประโยชน์จากมหาสมุทรและทรัพยากรทางทะเล เพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน
<input type="checkbox"/>	Life on Land ปกป้องฟื้นฟูและส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากระบบนิเวศทางบกอย่างยั่งยืน
<input type="checkbox"/>	Peace and Justice Strong Institutions ส่งเสริมสังคมสงบสุข ยุติธรรม ไม่แบ่งแยกเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน
<input type="checkbox"/>	Partnerships for the Goals สร้างพลังแห่งการเป็นหุ้นส่วน ความร่วมมือระดับสากลต่อการพัฒนาที่ยั่งยืน

3) คาดว่าผลงานที่เข้าร่วมการแข่งขัน จะมีระดับความพร้อมของเทคโนโลยี (Technology Readiness: TRLs) อยู่ในระดับใด

ช่วงงานวิจัยพื้นฐาน (Basic research)	
<input type="checkbox"/> TRL 1	ระดับงานวิจัยพื้นฐาน (Scientific Research)
<input checked="" type="checkbox"/> TRL 2	ระดับงานวิจัยประยุกต์ (Applied Research)
<input type="checkbox"/> TRL 3	ระดับการพิสูจน์แนวคิดของ เทคโนโลยี (Proof of Concept)
ช่วงการพัฒนาต้นแบบ (Prototype development)	
<input type="checkbox"/> TRL 4	ระดับเทคโนโลยีมีความ เที่ยงตรง (Validation)
<input type="checkbox"/> TRL 5	ระดับเทคโนโลยีเพื่อการใช้งาน (Application)
<input type="checkbox"/> TRL 6	ระดับต้นแบบห้องปฏิบัติการ (Lab Test Prototype)
<input type="checkbox"/> TRL 7	ระดับทดสอบกับ Lead User (Lead User Test)
ช่วงการผลิตหรือการใช้งานต่อเนื่อง (Product on shelf)	
<input type="checkbox"/> TRL 8	ระดับการผลิตต้นแบบ (Pilot Production)
<input type="checkbox"/> TRL 9	ระดับการผลิตเชิงอุตสาหกรรม (Mass Production)

4) คาดว่าผลงานที่เข้าร่วมการแข่งขัน จะมีระดับความพร้อมทางสังคม (Societal Readiness Level: SRLs) อยู่ในระดับใด

<input type="checkbox"/> SRL 1	การวิเคราะห์ปัญหาและกำหนดความพร้อมของความรู้ และเทคโนโลยีทางด้านสังคมที่มี - (identifying problem and identifying societal readiness)
<input type="checkbox"/> SRL 2	การกำหนดปัญหา การเสนอแนวคิดในการพัฒนาหรือการแก้ปัญหาและคาดการณ์ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น และระบุผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้องในโครงการ (formulation of problem, proposed solution(s) and potential impact, expected societal readiness; identifying relevant stakeholders for the project)
<input checked="" type="checkbox"/> SRL 3	ศึกษา วิจัย ทดสอบแนวทางการพัฒนาหรือแก้ปัญหาที่ กำหนดขึ้นร่วมกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้อง (initial testing of proposed solution(s) together with relevant stakeholders)
<input type="checkbox"/> SRL 4	ตรวจสอบแนวทางการแก้ปัญหาโดยการทดสอบในพื้นที่นำร่องเพื่อยืนยันผลกระทบตามที่คาดว่าจะเกิดขึ้น และดูความพร้อมขององค์ความรู้และเทคโนโลยี (problem validated through pilot testing in relevant environment to substantiate proposed impact and societal readiness)
<input type="checkbox"/> SRL 5	แนวทางการแก้ปัญหาได้รับการตรวจสอบ ถูกนำเสนอแก่ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้อง area (proposed solution(s) validated, now by relevant stakeholders in the area)
<input type="checkbox"/> SRL 6	ผลการศึกษานำไปประยุกต์ใช้ในสิ่งแวดล้อมอื่น และดำเนินการกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ได้ข้อเสนอแนะเบื้องต้นเพื่อให้เกิดผลกระทบที่เป็นไปได้ (solution (s) demonstrated in relevant environment and in co-operation with relevant stakeholders to gain initial feedback on potential impact)
<input type="checkbox"/> SRL 7	การปรับปรุงโครงการและ/หรือการแนวทางการพัฒนาการแก้ปัญหา รวมถึงการทดสอบการแนวทางการพัฒนาการแก้ปัญหาใหม่ในสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (refinement of project and/or solution and, if needed, retesting in relevant environment with relevant stakeholders)

<input type="checkbox"/> SRL 8	เสนอแนวทางการพัฒนา การแก้ปัญหาในรูปแบบแผนการดำเนินงานที่สมบูรณ์และได้รับการยอมรับ (proposed solution(s) as well as a plan for societal adaptation complete and qualified)
<input type="checkbox"/> SRL 9	แนวทางการพัฒนาและการแก้ปัญหาของโครงการได้รับการยอมรับและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับสิ่งแวดล้อมอื่นๆ (actual project solution (s) proven in relevant environment)

5) มีการถ่ายทอดผลงานหรือทดลองใช้งานจริงกับกลุ่มเป้าหมายในพื้นที่เพื่อการใช้ประโยชน์หรือไม่

☐ ไม่มี เนื่องจาก

☒ มี

นักเรียนโรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย รังสิต ชุมนุมโขงธรรมชาติ และนักเรียนโรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย รังสิต ชุมนุมนาฏศิลป์พาเพลิน