

แอปพลิเคชันฝึกหัดโขนด้วยตนเอง โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์

(Self-practice Khon Application using artificial intelligence: SKAAI)

1. สารสำคัญ

โขนเป็นนาฏศิลป์ชั้นสูงของไทย ซึ่งเป็นการผสมผสานศาสตร์และศิลป์หลากหลายแขนงเข้าไว้ด้วยกัน ในปัจจุบัน แม้ว่าโขนจะไม่ได้ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในไทย แต่บนเวทีโลก กระแสความนิยมในโขนนั้นพุ่งสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง สะท้อนให้เห็นถึงความสนใจและความชื่นชอบในศิลปะการแสดงโขนที่มีอยู่เป็นอย่างมาก มีการเรียนรู้และการฝึกอบรมโขน ทั้งในกลุ่มคนไทยและคนต่างชาติที่ให้ความสนใจ ซึ่งก็มีสถาบันฝึกสอนการแสดงโขนโดยอาจารย์ผู้เชี่ยวชาญโขนอยู่จำนวนหนึ่ง แต่หากจะฝึกด้วยตนเองก็เป็นไปได้ยาก เพราะมีความยากและซับซ้อนในแต่ละท่าทาง การรำโขนต้องการการฝึกซ้อมอย่างต่อเนื่อง และต้องได้รับการชี้แนะแก้ไขอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งผู้เรียนก็มีความต้องการในการฝึกฝน แต่ขาดเครื่องมือในการประเมินเบื้องต้น ถึงความถูกต้องในการปฏิบัติท่าทางแต่ละท่า ซึ่งกว่าตัวผู้เรียนจะกลับมาพบผู้สอน เวลาที่ผ่านไปนาน ส่งผลให้มีความก้าวหน้าน้อยและอาจมีการบาดเจ็บหากมีการฝึกฝนผิดวิธี ดังนั้นโครงการนี้จึงมีแนวคิดในการพัฒนาเครื่องมือประเมินท่ารำโขน โดยใช้กล้องโทรศัพท์เคลื่อนที่ หรือกล้องเว็บแคม ผ่านระบบเว็บแอปพลิเคชัน โดยการถ่ายวิดีโอ และแปลงข้อมูลเป็นโครงสร้างเสมือนที่ประกอบไปด้วยโหนด ผ่านซอฟต์แวร์ที่ให้บริการปัญญาประดิษฐ์ เพื่อแปลงจากภาพการเคลื่อนไหวเป็นจุดของข้อต่อเสมือน แล้วใช้ส่วนต่อประสานโปรแกรมประยุกต์ (API) ในการสื่อสารกับเซิร์ฟเวอร์เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูล สำหรับใช้ในการตรวจสอบท่าทางเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินการฝึกท่าทางของการรำแบบเบื้องต้น เพื่อให้เกิดการพัฒนาของผู้ฝึก แม้ว่าจะไม่ได้มีผู้สอนคอยแนะนำ อันจะทำให้ผู้ที่เรียนสามารถที่จะพัฒนาฝีมือให้ก้าวหน้าและทบทวนกับผู้สอนเมื่อถึงเวลาฝึกตัวต่อตัว ซึ่งในเว็บแอปพลิเคชันนี้จะนำการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ซึ่งเป็นศาสตร์ของปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) เว็บแอปพลิเคชันนี้ โดยรับค่าข้อต่อเสมือน ที่ได้จากการตรวจจับการขยับส่วนของร่างกาย (Pose Estimation) ผ่าน MediaPipe จากนั้นนำไปเปรียบเทียบระหว่างครูฝึกสอนและผู้ใช้งาน จากนั้นประเมินความคล้ายคลึงของข้อต่อเสมือน ว่ามีการเปลี่ยนแปลงที่คล้ายคลึงกันหรือไม่ในแต่ละช่วงจังหวะ จากนั้น แสดงระดับความคล้ายคลึงที่ได้เป็นเปอร์เซ็นต์ ให้ผู้ใช้งานรับรู้ว่ามีตรงกันมากเพียงใด โดยที่เว็บแอปพลิเคชันนี้จะมีผู้เชี่ยวชาญด้านโขน คอยให้คำปรึกษาและคำแนะนำ เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการพัฒนาท่าเว็บแอปพลิเคชันนี้ และยังคงเกี่ยวกับระดับความถูกต้องของท่าทางการรำ ของผู้ใช้งาน ผ่านโมเดล ปัญญาประดิษฐ์

คำสำคัญ: โขน, ปัญญาประดิษฐ์, การเรียนรู้ของเครื่อง, การตรวจจับรับรู้การขยับส่วนของร่างกาย, มีเดียไปป์

Keyword: Khon, Artificial Intelligence, Machine Learning, Pose Estimation, MediaPipe

2. หลักการและเหตุผล

โขนเป็นนาฏศิลป์ชั้นสูงของไทย ซึ่งเป็นการผสมผสานศาสตร์และศิลป์หลากแขนง อันเกี่ยวข้องกับ วรรณกรรม ดนตรี นาฏศิลป์ ศิลปะการต่อสู้ นาฏยศัพท์ ฯลฯ โดยแสดงออกผ่านท่ารำและภาษาท่า มีประวัติความเป็นมาตั้งแต่ สมัยกรุงศรีอยุธยาจนถึงปัจจุบัน โขนมีเอกลักษณ์โดดเด่นผ่านท่ารำ บทพากย์ และเครื่องแต่งกาย รวมทั้งนาฏยศัพท์และภาษาท่า ซึ่งเปรียบได้ดั่งคำศัพท์และประโยค ถูกเรียงร้อยอย่างประณีตและแสดงออกผ่านการรำโขน สะท้อนภูมิปัญญา ความประณีต และความงดงามของวัฒนธรรมไทย เป็นมรดกทางวัฒนธรรมอันล้ำค่าของไทย ทว่า ในยุคโลกาภิวัตน์ที่เทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทสำคัญ กระแสความทันสมัย และความบันเทิงหลากหลายรูปแบบ ส่งผลให้โขนเผชิญความท้าทาย คนรุ่นใหม่หันเหความสนใจไปสู่สิ่งใหม่ ๆ ควบคู่กับยุคที่เศรษฐกิจไม่มั่นคง การศึกษาโขนนั้นต้องใช้เวลาและมีรายจ่ายสูง โขนจึงกลายเป็นศิลปะที่เข้าถึงได้ยาก

สำหรับคนที่ต้องการเรียนรู้การรำโขน โดยส่วนใหญ่แล้ว มักจะไปเรียนรู้ตามสถาบันสอนโขนต่าง ๆ กับ ผู้เชี่ยวชาญโขน หลาย ๆ คนที่ได้เรียนไปอาจจะกลับมาทบทวนท่ารำต่าง ๆ ที่เรียนไป แต่อาจจะลืมการออกไปบ้าง หรือทบทวนแล้วอาจมีการออกท่าที่ผิด สำหรับคนที่เรียนรู้ด้วยตนเอง อาจจะศึกษาท่ารำโขนต่าง ๆ ผ่านสื่อออนไลน์ แต่อาจจะไม่มีตัววัดระดับการออกท่า ว่าถูกต้องมากน้อยเพียงใด และอาจจะทำให้เกิดการเรียนรู้ท่ารำโขนแบบผิด ๆ ได้ อย่างไรก็ตาม ยุคนี้เป็นยุคที่เทคโนโลยีสามารถจับต้องได้ง่ายขึ้น ดังนั้นการเรียนรู้การรำโขนจึงไม่ใช่เรื่องยากอีกต่อไป ทางเราจึงคิดค้นการจัดทำเว็บแอปพลิเคชัน ผูกสอนท่ารำโขนขึ้นมา สามารถเข้าถึงได้ง่ายผ่านช่องทางออนไลน์ ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ท่ารำโขนได้ทุกที่ทุกเวลา ผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ แท็บเล็ต หรือสมาร์ทโฟนก็ได้ โดยในเว็บแอปพลิเคชันที่จัดทำขึ้นมา จะเป็นการเรียนรู้การรำโขนด้วยท่ารำโขนระดับเบื้องต้น นาฏยศัพท์ และภาษาท่า เมื่อเรียนรู้การรำโขน ผ่านเว็บแอปพลิเคชันของเราแล้ว จะได้พื้นฐานท่ารำโขน ซึ่งสามารถนำไปต่อยอดการเรียนรู้การรำโขนในระดับที่สูงขึ้น และยังเป็นทางเลือกสำหรับคนที่ต้องการสร้างพื้นฐานไว้เตรียมตัวสำหรับการโขนกับผู้เชี่ยวชาญโขนได้ด้วย โดย ในเว็บแอปพลิเคชันดังกล่าวจะนำศาสตร์ของ ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial intelligence) มาใช้ในการทำด้วย

การวิจัยงานปัญญาประดิษฐ์ในปัจจุบันสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานด้านต่าง ๆ เพื่อให้เกิดประโยชน์ในสังคม เช่น งานด้านการแพทย์ งานด้านการลงทุน งานด้านการศึกษา นอกจากนี้ ยังครอบคลุมถึงงานด้านศิลปะการแสดง ซึ่งเราได้เล็งเห็นการนำปัญญาประดิษฐ์มาประยุกต์ใช้กับการรำโขน จากที่กล่าวข้างต้น ดังนั้น เราจะนำปัญญาประดิษฐ์มาปรับใช้ในเว็บแอปพลิเคชันของเรา โดยให้ผู้ใช้งานเว็บแอปพลิเคชันนี้ทำ สามารถออกท่ารำต่าง ๆ ได้จริง ผ่านทางเว็บแอปพลิเคชันของเรา และนำการออกท่ารำโขนของผู้เรียนมาประมวลผลผ่านโมเดลปัญญาประดิษฐ์ โดย เว็บแอปพลิเคชันนี้จะมีผู้เชี่ยวชาญด้านโขน คอยให้คำปรึกษา คำแนะนำ และให้ข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันนี้ ที่สำคัญ ผู้เชี่ยวชาญยังคอยกำกับระดับความถูกต้องของท่าทางการรำ ของผู้ใช้งาน ผ่านโมเดล ปัญญาประดิษฐ์

3. วัตถุประสงค์

3.1 เพื่อสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญปัญญาประดิษฐ์ สำหรับใช้ในการฝึกสอนโขน

4. ปัญหาหรือประโยชน์ที่เป็นเหตุผลให้การพัฒนาซอฟต์แวร์

4.1 บุคคลที่ผ่านการฝึกฝนการรำโขนจากสถาบันสอนโขน อาจประสบปัญหาหลงลืมท่ารำพื้นฐาน และมีความต้องการทบทวนท่ารำดังกล่าว แต่ไม่สามารถแสดงท่ารำได้อย่างถูกต้อง

4.2 บุคคลทั่วไปที่ต้องการเรียนรู้การรำโขนระดับพื้นฐานด้วยตนเอง แต่ขาดเครื่องมือตรวจสอบความถูกต้องของท่ารำระดับพื้นฐาน

4.3 เป็นการอนุรักษ์ และเผยแพร่ศิลปะการแสดงของไทย ผ่านตัวเว็บแอปพลิเคชันที่จัดทำขึ้น




4.4 เปิดโอกาสให้นักพัฒนากายนอกนำผลงานไปต่อยอด พัฒนาสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ ๆ เพิ่มเติมได้

5. เป้าหมายและขอบเขตของโครงการ

5.1 เว็บแอปพลิเคชันส่งเสริมการเรียนรู้โขนโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ จัดทำขึ้นเป็นระบบเว็บแอปพลิเคชัน โดยสามารถเข้าถึงได้จากระบบปฏิบัติการ Window นับตั้งแต่ Window 10 เวอร์ชัน 20H2 เป็นต้นไป และ macOS เวอร์ชัน 13 เป็นต้นไป และสามารถเข้าถึงได้จากเว็บเบราว์เซอร์ Chrome 105 เป็นต้นไป, Microsoft Edge 105 เป็นต้นไป และ Firefox 125.0.3 เป็นต้นไป [29] ในการฝึกการรำโขน ท่าฝึกรำโขนระดับพื้นฐานจะมีจำนวนทั้งหมด 6 ท่า นาฏยศัพท์และภาษาท่าจำนวน 69 ท่าโดยรวม แต่ในเว็บนี้เราคัดเลือกท่าฝึกรำโขนระดับพื้นฐาน นาฏยศัพท์ และภาษาท่าที่จำเป็น สามารถฝึกได้ไม่ยากและปลอดภัยในการฝึกฝนด้วยตนเอง ซึ่งมีจำนวนทั้งหมดทั้งสิ้น 30 ท่า จำแนกออกเป็นท่าฝึกรำโขนระดับพื้นฐานจำนวน 6 ท่า ภาษาท่าจำนวน 11 ท่า และนาฏยศัพท์จำนวน 16 ท่า ดังตารางที่ 1 ตารางที่ 2 และตารางที่ 3













ตารางที่ 1 ท่าฝึกรำโขนระดับพื้นฐาน

ชื่อท่า	ตั้งท่า	ขั้นที่ 1	ขั้นที่ 2
1) ท่าตบเข้า [21]			







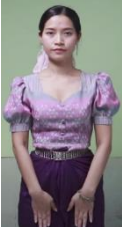




ชื่อท่า	ตั้งท่า	ขั้นที่ 1	ขั้นที่ 2
2) ท่าทองสะเวย [21]			
3) ท่าเต้านเสา [21]			



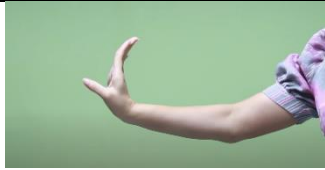




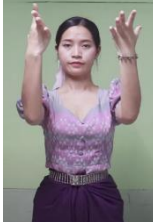




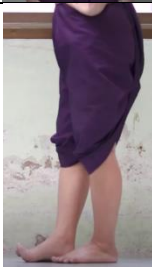
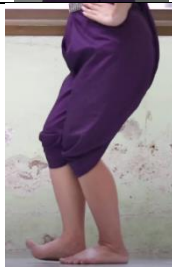

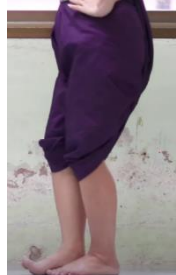


ตารางที่ 2 ภาษาท่า

ชื่อท่า	ตั้งท่า	ขั้นที่ 1	ขั้นที่ 2
1) ท่าน [2]			
2) ตัวเรา [2]			
3) ปฏิเสธ [2]			
4) โกรธ [2]			

ชื่อท่า	ตั้งท่า	ขั้นที่ 1	ขั้นที่ 2
5) เรียว [2]			
6) สั่ง [20]			
7) ดีใจ [2]			
8) รัก [2]			
9) เสียใจ [2]			-
10) ท่า ร้องไห้ [2]			
11) ท่า เกลียด [20]			

ตารางที่ 3 นาฏยศัพท์

ชื่อท่า	ตั้งท่า	ขั้นที่ 1	ขั้นที่ 2
1) เอียง คอ [3]			
2) ลัก คอ [2]			
3) กด ไหล่ [2]			
4) ตั้งวง บน [26]			-
5) ตั้งวง กลาง [26]			-
6) ตั้งวง ล่าง [26]			-
7) ตั้งวง หน้า [26]			-

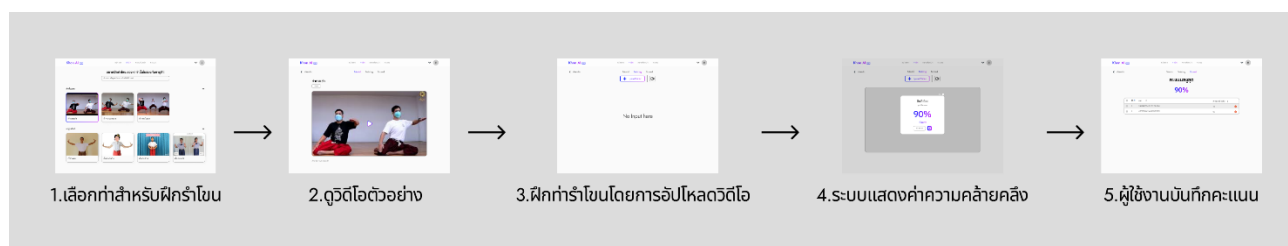
ชื่อท่า	ตั้งท่า	ขั้นที่ 1	ขั้นที่ 2
8) จีบ หาง [26]			-
9) จีบ คว่ำ [26]			-
10) จีบ ส่งหลัง [2]			
11) จีบ ปรก หน้า [26]			
12) จีบ ปรกข้าง [26]			
13) ยก เท้า [26]			
14) ก้าวหน้า [26]			

ชื่อท่า	ตั้งท่า	ขั้นที่ 1	ขั้นที่ 2
15) ก้าวข้าง [2]			
16) กระทั่ง [26]			

5.2 ผู้ใช้งานเว็บแอปพลิเคชันนี้สามารถฝึกท่าพื้นฐานของโยนแต่ละท่าได้ โดยใช้โมเดล ปัญญาประดิษฐ์ที่ทางผู้จัดทำสร้างไว้เพื่อจำแนกความคล้ายคลึงกันระหว่างผู้ใช้งาน และครูฝึก เมื่อปัญญาประดิษฐ์ตรวจจับท่าครบแล้ว จะแสดงค่าความคล้ายคลึงของท่าของแต่ละช่วง แล้วนำค่าที่ได้หาค่าเฉลี่ย และคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ เพื่อแสดงให้ผู้ใช้งานได้รับรู้

5.3 เว็บแอปพลิเคชันนี้ มีเป้าหมายเพื่อให้ผู้ใช้สามารถเรียนรู้พื้นฐานของโยนได้อย่างถูกต้อง สามารถนำระดับความคล้ายคลึงระหว่างท่าของผู้ใช้งาน พัฒนาการออกท่าร่ายของแต่ละท่าให้ดีขึ้น และสามารถใช้เป็นพื้นฐานในการเรียนรู้และแสดงโยนในระดับที่สูงขึ้น รวมไปถึงการเตรียมความพร้อมพื้นฐานก่อนไปเรียนรู้โยนจากผู้เชี่ยวชาญด้านนี้ต่อไป

6. แบบจำลองรูปแบบของหน้าจอและเมนูต่างๆ



ภาพที่ 1 แบบจำลอง UI/UX ของเว็บแอปพลิเคชัน

จากแบบจำลอง UI/UX ของเว็บแอปพลิเคชัน ในภาพที่ 1 แบ่งออกเป็นระดับตอนหลักจำนวน 6 ระดับตอน

1. ผู้ใช้เข้าสู่ระบบเพื่อใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน หากยังไม่มีบัญชี ผู้ใช้จำเป็นต้องลงทะเบียนก่อนจะเข้าสู่ระบบเพื่อใช้งานต่อไป
2. ผู้ใช้เลือกท่าที่ต้องการฝึก
3. ผู้ใช้งานเลือกวิธีการฝึก ด้วยการอัปโหลดวิดีโอที่ทำท่าฝึกท่าโยน หรือ เลือกเปิดกล้องเพื่อทำท่าฝึกท่าโยน
4. เมื่อผู้ใช้งานใส่วิดีโอเสร็จแล้ว ปัญญาประดิษฐ์จะประเมินความคล้ายคลึงกันระหว่างวิดีโอของผู้ใช้งาน และวิดีโอต้นฉบับจากผู้เชี่ยวชาญ
5. ระบบนำค่าความคล้ายคลึงมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย แล้วจึงแปลงเป็นเปอร์เซ็นต์เพื่อนำไปแสดงให้ผู้ใช้งานรับทราบต่อไป
6. ระบบจะแสดงผลระดับความคล้ายคลึงให้ผู้ใช้งานรับทราบ ซึ่งผู้ใช้งานสามารถบันทึกระดับความคล้ายคลึงของตนลงในระบบฐานข้อมูลได้

7. เทคนิคหรือเทคโนโลยีที่ใช้

7.1 MediaPipe [\[12\]](#) [\[27\]](#)

เป็นแพลตฟอร์มปัญญาประดิษฐ์ที่สามารถใช้ในการตรวจจับการขยับส่วนต่างๆ ของร่างกาย (Pose Estimation) แบ่งเป็นข้อต่อเสมือนที่ระบุตำแหน่งของร่างกายได้ 33 จุดเป็นหลัก และสามารถระบุพิกัดข้อต่อเสมือนแต่ละจุดของร่างกายได้ เป็น 2 มิติ และ 3 มิติ

ในโครงงานนี้เราจะนำ MediaPipe มาประยุกต์ใช้ในการตรวจจับข้อต่อเสมือน ของการท่าโยนท่าต่าง ๆ เพื่อที่จะนำไปใช้ในการตรวจสอบความคล้ายคลึงของท่าโยน ระหว่างผู้ใช้งานและครูฝึก

7.2 Machine Learning Algorithm

เมื่อหาข้อต่อเสมือนของการท่าโยนที่สำคัญเสร็จสิ้น นำค่าข้อต่อเสมือนไปให้โมเดลปัญญาประดิษฐ์ฝึกฝน ซึ่งจะใช้อัลกอริทึมของการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) มาช่วยในการฝึกฝน ให้มีความแม่นยำสูงขึ้นในการวัดระดับความคล้ายคลึง ในอัลกอริทึมของการเรียนรู้ของเครื่องมีโมเดลให้เรียนรู้อยู่จำนวนมาก ซึ่งคณะผู้จัดทำได้เลือกใช้อัลกอริทึมของ Random forest ดังตัวอย่างในภาพที่ 2 [\[7\]](#) โดยจะนำโมเดลที่บอกชื่อท่า และวัดความคล้ายคลึงของแต่ละท่าที่แม่นยำที่สุด มาปรับใช้ในโครงการนี้



ภาพที่ 2 ตัวอย่าง Random forest algorithm

7.3 Representational State Transfer Application Programming Interface (REST API) [\[16\]](#)

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

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

7.4 Progressive Web Application (PWA) [\[4\]](#) [\[22\]](#)

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

8. เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา

8.1 เครื่องคอมพิวเตอร์หรือโน้ตบุ๊ก

8.2 เครื่องมือที่ใช้พัฒนาปัญญาประดิษฐ์

8.2.1 OpenCV เป็น Library สำหรับอ่านวิดีโอ ทั้งจากไฟล์และกล้องเว็บแคม [\[24\]](#)

8.2.2 MediaPipe เป็น Library ในภาษา Python ที่ใช้ในการตรวจจับรับรู้การขยับส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย [\[12\]](#)

8.2.3 NumPy คือ Library พื้นฐานของภาษา Python สำหรับการคำนวณทางวิทยาศาสตร์ ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ และเครื่องมือสำหรับการทำงานกับข้อมูลหลายมิติ [\[9\]](#)

8.2.4 Pandas คือ Library ที่เปิด Open Source เพื่อใช้สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล [\[17\]](#)

8.2.5 Scikit Learn เป็น Library ภาษา Python สำหรับการพัฒนา Machine Learning [\[8\]](#)

8.2.6 Machine Learning algorithm เป็น Random Forest classification เป็นหนึ่งในกลุ่มของโมเดลที่เรียกว่า Ensemble Learning ที่มีหลักการคือการฝึกฝนโมเดลที่เหมือนกันจำนวนหลายครั้ง บนข้อมูลชุดเดียวกัน โดยแต่ละครั้งของการฝึกฝน จะเลือกส่วนของข้อมูลที่ฝึกฝนไม่เหมือนกัน แล้วนำการตัดสินใจของโมเดลเหล่านั้นมาเลือกกว่า Class ไหนถูกเลือกมากที่สุด [\[1\]](#)

8.3 เครื่องมือในการออกแบบเว็บแอปพลิเคชัน

8.3.1 Diagrams.net เป็นโปรแกรมออนไลน์ที่ใช้ในการวาดไดอะแกรมต่าง ๆ โดย ในโครงการนี้ ใช้ในการออกแบบ UML Diagram [\[10\]](#)

8.3.2 Figma เป็นเครื่องมือออกแบบอินเทอร์เฟซแบบทำงานร่วมกัน (The Collaborative Interface Design Tool) ซึ่งมีความสามารถในการทำงานร่วมกัน (Collaborative) ในโครงการนี้ คณะผู้จัดทำเลือกใช้ Figma ในการออกแบบ UX/UI [\[11\]](#)

8.4 ระบบเว็บแอปพลิเคชันส่วนผู้ให้บริการ (Front-end)

HTML, CSS และ JavaScript เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้สำหรับการสร้างหน้าตาเว็บแอปพลิเคชัน โดยภาษา HTML ใช้สำหรับการเขียนโครงสร้างของเว็บไซต์ [\[14\]](#) ภาษา CSS ใช้สำหรับการตกแต่งความสวยงามภายในเว็บไซต์ [\[13\]](#) และภาษา JavaScript ใช้สำหรับการเพิ่มการตอบสนองของผู้ใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน [\[15\]](#)

8.5 ระบบเว็บแอปพลิเคชันส่วนผู้ให้บริการ (Back-end)

FastAPI เป็นไลบรารีของภาษาไพธอนที่พัฒนาโครงสร้างภายในเชิงลึกสำหรับส่วนต่อประสานโปรแกรมประยุกต์ (API) โดยเฉพาะ โดยการรับคำขอ จากนั้นประมวลผลข้อมูลล่วงหน้า ก่อนที่จะนำข้อมูลไปประมวลผลด้วยปัญญาประดิษฐ์ ถัดไปดูแลจัดการข้อมูลในฐานข้อมูล ก่อนที่จะนำข้อมูลที่ได้ไปแสดงผลลัพธ์ที่ได้เพื่อให้ระบบเว็บแอปพลิเคชันส่วนผู้ให้บริการนำข้อมูลไปแสดงผล [\[29\]](#)

8.6 การจัดการฐานข้อมูล

MySQL คือ ระบบจัดการฐานข้อมูลที่ใช้ภาษา SQL เขียนควบคุมการสร้างตารางข้อมูล การเพิ่มข้อมูล และการแก้ไขข้อมูลหรือการลบข้อมูล [\[18\]](#)

9. รายละเอียดโปรแกรมที่จะพัฒนา (Software Specification)

1) Input/Output Specification

Input: วิดีโอที่ทำท่าพิการำโยนแต่ละท่า ของผู้ใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน

Output: แสดงผลชื่อท่าจากวิดีโอที่ผู้ใช้งาน และเปอร์เซ็นต์ความคล้ายคลึงระหว่างวิดีโอของผู้ใช้งาน และท่าต้นแบบ

2) Functional Specification

2.1) มีการสร้างบัญชีผู้ใช้งานใหม่

2.2) อัปเดตวิดีโอหรืออัปโหลดวิดีโอการรำโยน

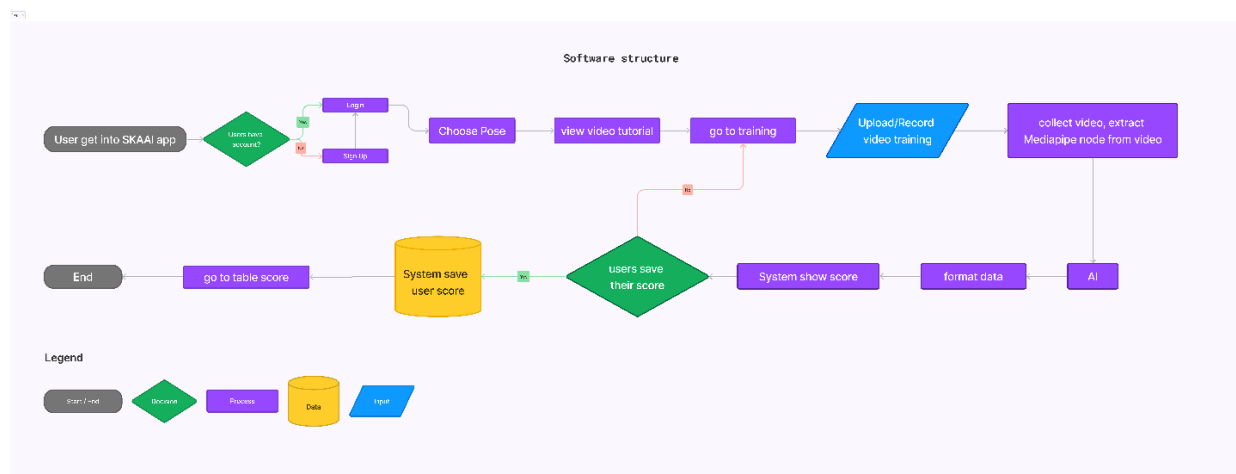
2.3) มีการวัดความคล้ายคลึงระหว่างวิดีโอของผู้ใช้งานกับต้นแบบ โดยใช้ระบบปัญญาประดิษฐ์แบบ Machine Learning (ML) ในการเรียนรู้ โดยมีข้อมูลฝึกหัดเป็นคลิปการทำท่ารำโยนในท่าทางต่าง ๆ จากผู้เชี่ยวชาญด้านโยน

2.4) มีการบอกระดับเปอร์เซ็นต์ ของความคล้ายคลึงในการรำโยน

2.5) มีการบันทึกระดับความคล้ายคลึงของการรำโยนแต่ละรอบของผู้ใช้

3) โครงสร้างของซอฟต์แวร์ (Design)

การทำงานของซอฟต์แวร์ เป็นดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 โครงสร้างการทำงานของระบบเว็บแอปพลิเคชัน

ผู้ใช้เว็บแอปพลิเคชันนี้ ต้องสมัครสมาชิก เว็บแอปพลิเคชันส่งเสริมการเรียนรู้โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ หลังจากสมัครสมาชิก ผู้ใช้งานต้องเข้าสู่ระบบ ถัดจากนั้นในหน้าแรก จะมีท่าฝึกการรำโชน 30 ท่า โดย ผู้ใช้จะต้องเลือกฝึกท่าใดท่าหนึ่งในลำดับถัดไป ให้ไปเปิดกล้องและรำตามท่าที่เลือก และอัปโหลดวิดีโอเข้าไปในเว็บแอปพลิเคชัน ตัวเว็บแอปพลิเคชันจะดึงชุดตำแหน่งของข้อต่อเสมือนด้วย MediaPipe และส่งคำขอไปที่เซิร์ฟเวอร์พร้อมกับชุดค่าตำแหน่งข้อต่อเสมือน เพื่อนำไปให้โมเดลปัญญาประดิษฐ์ประมวลผล และแสดงผลความคล้ายระหว่างวิดีโอของผู้ใช้งานกับต้นแบบ โดยใช้ระบบปัญญาประดิษฐ์แบบ Machine Learning (ML) ในการเรียนรู้ โดยมีข้อมูลฝึกหัดเป็นคลิปการทำท่ารำโชนในท่าทางต่าง ๆ จากผู้เชี่ยวชาญด้านโชน ในลำดับถัดไป นำข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลโดยปัญญาประดิษฐ์ มาจัดรูปและเก็บเป็นชุดข้อมูลใหม่ และตรวจสอบข้อมูลในระบบฐานข้อมูล ว่ามีข้อมูลของบัญชีนี้หรือไม่ หากมี ให้เพิ่มประวัติข้อมูลในการฝึกทำนี้ลงในระบบฐานข้อมูล โดยใช้บัญชีนี้อ้างอิง ในลำดับสุดท้าย ส่งผลลัพธ์ที่ได้กลับไปในระบบเว็บแอปพลิเคชันฝั่งผู้ใช้บริการ ที่ส่งคำร้องขอมา และแสดงค่าความคล้ายของท่านั้น ๆ ที่ตรวจจับได้ แล้วแสดงผลเป็นเปอร์เซ็นต์ให้ผู้ใช้งานรับรู้ และนำไปปรับปรุงให้ดีขึ้น

10. ขอบเขตและข้อจำกัดของโปรแกรมที่พัฒนา

เว็บแอปพลิเคชันส่งเสริมการเรียนรู้โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ เป็นโปรแกรมที่พัฒนาเว็บแอปพลิเคชันที่สามารถเข้าถึงได้จากระบบปฏิบัติการ Window นับตั้งแต่ Window 10 เวอร์ชัน 20H2 เป็นต้นไป และ macOS เวอร์ชัน 13 เป็นต้นไป และสามารถเข้าถึงได้จากเว็บเบราว์เซอร์ Chrome 105 เป็นต้นไป, Microsoft Edge 105 เป็นต้นไป และ Firefox 125.0.3 เป็นต้นไป [29] โดยอัปโหลดวิดีโอฝึกจำโอนแต่ละท่าลงไปในเว็บแอปพลิเคชัน

ในเว็บแอปพลิเคชันนี้เป็นการฝึกการจำโอน เป็นพื้นฐานที่ใช้เรียนและแสดงโอนในระดับสูงขึ้น ท่าฝึกจำโอนระดับพื้นฐาน นาฏยศัพท์ และภาษาท่า มีทั้งหมด 75 ท่าโดยรวม โดยทางคณะผู้จัดทำคัดเลือกท่าต่าง ๆ ที่จำเป็นสามารถฝึกได้ด้วยตนเองและปลอดภัยในการฝึก ดังนั้นทางคณะผู้จัดทำจึงได้คัดเลือกมาทั้งหมดทั้งสิ้น 30 ท่า โดยมีวัตถุประสงค์ความคล้ายคลึงเมื่อเทียบกับท่าเริ่มต้นแบบที่ได้จากผู้ชำนาญการด้านโอน

ในเว็บแอปพลิเคชันนี้ใช้ปัญญาประดิษฐ์ของการฝึกจำโอน โดยใช้ท่าฝึกจำโอนจากผู้เชี่ยวชาญด้านโอนเป็นตัวเรียนรู้ เพื่อแสดงชื่อท่า และความคล้ายคลึงของท่าต้นฉบับนั้น ๆ ของผู้ใช้งาน โดยมีผู้เชี่ยวชาญโอนเป็นต้นแบบข้อมูลท่าฝึกจำโอนระดับพื้นฐานแต่ละท่า และให้คำปรึกษาในการฝึกท่าพื้นฐานของโอนต่าง ๆ และกำกับความคล้ายคลึงของการทำท่าโอนต่าง ๆ ให้กับโมเดลปัญญาประดิษฐ์ เพื่อใช้ในการเรียนรู้ของโมเดล ปัญญาประดิษฐ์และแสดงผลเป็นชื่อท่า และค่าความคล้ายคลึงของท่านั้น ๆ แล้วนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย และจึงคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เพื่อแสดงให้ผู้ใช้งานรับทราบ และพัฒนาปรับปรุงต่อไป

เมื่อผู้รับรู้เปอร์เซ็นต์ความคล้ายคลึงของท่าฝึกจำโอนแต่ละท่าแล้ว หากต้องการบันทึกที่ระดับความคล้ายคลึงเพื่อดูความก้าวหน้าในการฝึกของผู้ใช้งานสามารถบันทึกได้ ข้อมูลระดับความคล้ายคลึงของผู้ใช้งานจะถูกจัดเก็บไปยังระบบฐานข้อมูล นอกจากนี้ผู้ใช้งานสามารถรับทราบจุดที่ต้องแก้ไขของการฝึกท่าโอนแต่ละท่าได้ นอกเหนือจากนี้ ในเว็บแอปพลิเคชันนี้ จะมีคลิปสอนการฝึกฝนโอนแต่ละท่าก่อนฝึกท่าจริงเพื่อทราบเปอร์เซ็นต์ ความคล้ายคลึงที่ได้ในเว็บแอปพลิเคชัน

11. บรรณานุกรม

- [1] ชิตพงษ์ กิตตินราทร. (2563, มกราคม). Random Forest. GitHub. <https://guopai.github.io/ml-blog10.html>
- [2] นาฏศิลป์ไทย โรงเรียนสภาราชินี จังหวัดตรัง. (2564, 20 มิถุนายน). Home [YouTube channel]. YouTube. <https://www.youtube.com/channel/UCgjBKno7i5c8at4YYRtxaVg>
- [3] ปวีร์ศิลป์. (2563, 7 เมษายน). เอียงศีรษะ ลักคอก กล่อมหน้า [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=SmPUofjFPEI&t=67s>
- [4] 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/>
- [5] วีระพงศ์ ทวีศักดิ์. (2552, 20 ตุลาคม). การฝึกหัดโชนเบื้องต้น. GotoKnow. <https://www.gotoknow.org/posts/307039>
- [6] หทัยกานต์ เลขานุกิจ. (2562, 29 เมษายน). การฝึกหัดนาฏศิลป์ไทยเบื้องต้น เรื่อง "ภาษาท่า" [Video]. YouTube. <https://youtu.be/GQYPWeeKyyE>
- [7] Bhakta, S. S. (Creator). (n.d.). Random Forest Algorithm in Machine Learning. GeeksforGeeks. <https://www.geeksforgeeks.org/random-forest-algorithm-in-machine-learning/>
- [8] Developer. (n.d.). 5 เครื่องมือที่คุณต้องรู้ สำหรับงาน Data Science ด้วย Python. borntoDev. <https://www.borntodev.com/2020/02/18/5-เครื่องมือ-datascience/>
- [9] Developer. (n.d.). พื้นฐานการใช้ NumPy ใน Python 3. borntoDev. <https://www.borntodev.com/2020/04/16/พื้นฐานการใช้-numpy-ใน-python-3/>
- [10] ETS. (n.d.). Draw.io เครื่องมือสร้าง Diagram หรือแผนภาพออนไลน์อย่างง่าย ๆ. <https://techintegration.ets.kmutt.ac.th/content/tech-review/drawio>
- [11] Figma. (n.d.). <https://www.figma.com/>
- [12] Google. (n.d.). Pose landmark detection guide for Web. Google for Developers https://developers.google.com/mediapipe/solutions/vision/pose_landmarker/web_js

- [13] Mozilla. (n.d.). CSS: Cascading Style Sheets. MDN. <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/CSS>
- [14] Mozilla. (n.d.). HTML basics. MDN. https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Learn/Getting_started_with_the_web/HTML_basics
- [15] Mozilla. (n.d.). JavaScript. MDN. <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/JavaScript>
- [16] Mozilla. (n.d.). REST. MDN. <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Glossary/REST>
- [17] Mindphp. (n.d.). Pandas คืออะไร?. <https://www.mindphp.com/บทเรียนออนไลน์/83-python/8493-what-is-the-pandas.html>
- [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] Pholboon. (2560, 14 สิงหาคม). จรดเท้า [Video]. YouTube. <https://youtu.be/pCmbXbUrYVA>
- [20] Queen Sirikit Museum of Textiles. (2563, 22 มิถุนายน). ภาษาทอานาฏศิลป์ [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=kWkJWbVLePo&t=28s>
- [21] RMUTT Channel. (2558, 19 สิงหาคม). e_RMUTT การฝึกหัดนาฏศิลป์ไทยระดับช่วงชั้นที่ 1 ตอนที่ 2/6 [Video]. <https://youtu.be/IN4eNaKZrkE>
- [22] Ratanon. (2023, September 7). PWA คืออะไร. <https://ratanon.com/posts/pwa>
- [23] Ramkhamhaeng University. (n.d.). Unified Modeling Language. http://instructor.ru.ac.th/urai/int3103/INT3103_3.pdf
- [24] Sirasit Boonklang. (n.d.). ตรวจจับใบหน้าน้องเหมียวด้วย OpenCV. borntoDev. <https://www.borntodev.com/2021/09/10/ตรวจจับใบหน้าน้องแมว/>
- [25] Sirasit Boonklang. (2567, 15 มีนาคม). สอนทำแอนิเมชันใน Draw.io ง่ายๆ. borntoDev. <https://www.borntodev.com/2025/03/15/สอนทำแอนิเมชันใน-draw-io-ง่าย/>
- [26] Somruethai Khiewkham. (2564, 3 เมษายน). Ep.2 สื่อการเรียนรู้ นาฏยศัพท์เบื้องต้น [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=r9DWjkOBASo>

[27] Stebusse. (2022, November 22). mediapipe-plot-pose-live. GitHub.

<https://github.com/stebusse/mediapipe-plot-pose-live>

[28] Skooldio. (2022, November 28). Progressive Web Apps คืออะไร?.

<https://blog.skooldio.com/what-is-progressive-web-apps/>

[29] 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/>

[30] W3C. (n.d.). Feature Extensions. Webassembly. <https://webassembly.org/features/>

12. ประวัติและผลงานวิจัยดีเด่น ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

12.1 หัวหน้าโครงการ

ชื่อ: นาย ธนดล พุ่มโกสุม วันเกิด: 19 ม.ค. 2552
 ที่อยู่: 29/1038 หมู่ที่ 2 ต.คลองสาม อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี เบอร์โทร: 080-817-6968
 สถานศึกษา: โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย รังสิต กำลังศึกษาอยู่ในระดับชั้น: มัธยมศึกษาปีที่ 4

12.2 สมาชิกคนที่ 1

ชื่อ: นาย ศุภโชค เรือนสม วันเกิด: 9 พ.ย. 2549
 ที่อยู่: 97/519 หมู่ที่ 1 ต.บึงยี่โถ อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี เบอร์โทร: 084-224-3165
 สถานศึกษา: โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย รังสิต กำลังศึกษาอยู่ในระดับชั้น: มัธยมศึกษาปีที่ 6

12.3 สมาชิกคนที่ 2

ชื่อ: นาย ณฐมน เทียงเจริญ วันเกิด: 30 เม.ย. 2550
 ที่อยู่: 136 หมู่ที่ 6 ต.ประชาธิปไตย อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี เบอร์โทร: 096-1759896
 สถานศึกษา: โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย รังสิต กำลังศึกษาอยู่ในระดับชั้น: มัธยมศึกษาปีที่ 6

13. 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 ทนสมัย
<input type="checkbox"/>	Decent Work and Economic Growth ส่งเสริมการเติบโตทางเศรษฐกิจที่ต่อเนื่องครอบคลุมและยั่งยืน การจ้างงานที่มีคุณค่า
<input type="checkbox"/>	Industry Innovation and Infrastructure พัฒนาโครงสร้างพื้นฐานที่พร้อมรับการเปลี่ยนแปลง ส่งเสริมการปรับตัวให้เป็นอุตสาหกรรม อย่างยั่งยืนทั่วถึง 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 ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น