**แอปพลิเคชันฝึกหัดโขนด้วยตนเอง โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์**

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

**1. สาระสำคัญ**

โขนเป็นนาฏศิลป์ชั้นสูงของไทย ซึ่งเป็นการผสมผสานศาสตร์และศิลป์หลากแขนงเข้าไว้ด้วยกัน ในปัจจุบัน แม้ว่าโขนจะไม่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในไทย แต่บนเวทีโลก กระแสความนิยมในโขนนั้นพุ่งสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง สะท้อนให้เห็นถึงความสนใจและความชื่นชอบในศิลปะการแสดงโขนที่มีอยู่เป็นอย่างมาก มีการเรียนรู้และการฝึกอบรมโขน ทั้งในกลุ่มคนไทยและคนต่างชาติที่ให้ความสนใจ ซึ่งก็มีสถาบันฝึกสอนการแสดงโขนโดยอาจารย์ผู้เชี่ยวชาญโขนอยู่จำนวนหนึ่ง แต่หากจะฝึกด้วยตนเองก็เป็นไปได้ยาก เพราะมีความยากและซับซ้อนในแต่ละท่าทาง การรำโขนต้องการการฝึกซ้อมอย่างต่อเนื่อง และต้องได้รับการชี้แนะแก้ไขอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งผู้เรียนก็มีความต้องการในการฝึกฝน แต่ขาดเครื่องมือในการประเมินเบื้องต้น ถึงความถูกต้องในการปฏิบัติท่าทางแต่ละท่า ซึ่งกว่าตัวผู้เรียนจะกลับมาพบผู้สอน เวลาก็ผ่านไปนาน ส่งผลให้มีความก้าวหน้าน้อยและอาจมีการบาดเจ็บหากมีการฝึกฝนผิดวิธี ดังนั้นโครงการนี้จึงมีแนวคิดในการพัฒนาเครื่องมือประเมินท่ารำโขน โดยใช้กล้องโทรศัพท์เคลื่อนที่ หรือกล้องเว็บแคม ผ่านระบบเว็บแอปพลิเคชัน โดยการถ่ายวิดีโอ และแปลงข้อมูลเป็นโครงสร้างเสมือนที่ประกอบไปด้วยโหนด ผ่านซอฟต์แวร์ที่ให้บริการปัญญาประดิษฐ์ เพื่อแปลงจากภาพการเคลื่อนไหวเป็นจุดของข้อต่อเสมือน แล้วใช้ส่วนต่อประสานโปรแกรมประยุกต์ (API) ในการสื่อการกับเซิฟเวอร์เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูล สำหรับใช้ในการตรวจสอบท่าทางเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินการฝึกท่าทางของการรำแบบเบื้องต้น เพื่อให้เกิดการพัฒนาของผู้ฝึก แม้ว่าจะไม่ได้มีผู้สอนคอยแนะนำ อันจะทำให้ผู้ที่เรียนสามารถที่จะพัฒนาฝีมือให้ก้าวหน้าและทบทวนกับผู้สอนเมื่อถึงเวลาฝึกตัวต่อตัวตัว ซึ่งในเว็บแอปพลิเคชันนี้จะนำการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ซึ่งเป็นศาสตร์ของปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) เว็บแอปพลิเคชันนี้ โดยรับค่าข้อต่อเสมือน ที่ได้จากการตรวจจับการขยับส่วนของร่างกาย (Pose Estimation) ผ่าน MediaPipe จากนั้นนำไปเปรียบเทียบระหว่างครูฝึกสอนและผู้ใช้งาน จากนั้นประเมินความคล้ายคลึงของข้อต่อเสมือน ว่ามีการเปลี่ยนแปลงที่คล้ายคลึงกันหรือไม่ในแต่ละช่วงจังหวะ จากนั้น แสดงระดับความคล้ายคลึงที่ได้เป็นเปอร์เซ็นต์ ให้ผู้ใช้งานรับรู้ว่ามีความตรงกันมากเพียงใด โดยที่เว็บแอปพลิเคชันนี้จะมีผู้เชี่ยวชาญด้านโขน คอยให้คำปรึกษาและคำแนะนำ เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการพัฒนาทำเว็บแอปพลิเคชันนี้ และยังคอยกำกับระดับความถูกต้องของท่าทางการรำ 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 มีประวัติความเป็นมาตั้งแต่สมัยกรุงศรีอยุธยาจนถึงปัจจุบัน โขนมีเอกลักษณ์โดดเด่นผ่านท่ารำ บทพากย์ และเครื่องแต่งกาย รวมทั้งนาฏยศัพท์และภาษาท่า ซึ่งเปรียบได้ดังคำศัพท์และประโยค ถูกเรียงร้อยอย่างประณีตและแสดงออกผ่านการรำโขน สะท้อนภูมิปัญญา ความประณีต และความงดงามของวัฒนธรรมไทย เป็นมรดกทางวัฒนธรรมอันล้ำค่าของไทย ทว่า ในยุคโลกาภิวัฒน์ที่เทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทสำคัญ กระแสความทันสมัย และความบันเทิงหลากหลายรูปแบบ ส่งผลให้โขนเผชิญความท้าทาย คนรุ่นใหม่หันเหความสนใจไปสู่สิ่งใหม่ ๆ ควบคู่กับยุคที่เศรษฐกิจไม่มั่นคง การศึกษาโขนนั้นต้องใช้เวลาและมีรายจ่ายสูง โขนจึงกลายเป็นศิลปะที่เข้าถึงได้ยาก

สำหรับคนที่ต้องการเรียนรู้การรำโขน โดยส่วนใหญ่แล้ว มักจะไปเรียนรู้ตามสถาบันสอนโขนต่าง ๆ กับผู้เชี่ยวชาญโขน หลาย ๆ คนที่ได้เรียนไปอาจจะกลับมาทบทวนท่ารำต่าง ๆ ที่เรียนไป แต่อาจจะลืมการออกท่าไปบ้าง หรือทบทวนแล้วอาจมีการออกท่าที่ผิด สำหรับคนที่เรียนรู้ด้วยตนเอง อาจจะศึกษาท่ารำโขนต่าง ๆ ผ่านสื่อออนไลน์ แต่อาจจะไม่มีตัววัดระดับการออกท่า ว่าถูกต้องมากน้อยเพียงใด และอาจจะทำให้เกิดการเรียนรู้ท่ารำโขนแบบผิด ๆ ได้ อย่างไรก็ตาม ยุคนี้เป็นยุคที่เทคโนโลยีสามารถจับต้องได้ง่ายขึ้น ดังนั้นการเรียนรู้การรำโขนจึงไม่ใช่เรื่องยากอีกต่อไป ทางเราจึงคิดค้นการจัดทำเว็บแอปพลิเคชัน ฝึกสอนท่ารำโขนขึ้นมา สามารถเข้าถึงได้ง่ายผ่านช่องทางออนไลน์ ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ท่ารำโขนได้ทุกที่ทุกเวลา ผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ แท็บเล็ต หรือสมาร์ทโฟนก็ได้ โดยในเว็บแอปพลิเคชันที่จัดทำขึ้นมา จะเป็นการเรียนรู้การรำโขนด้วยท่ารำโขนระดับเบื้องต้น นาฏยศัพท์ และภาษาท่า เมื่อเรียนรู้การรำโขน ผ่านเว็บแอปพลิเคชันของเราแล้ว จะได้พื้นฐานท่ารำโขน ซึ่งสามารถนำไปต่อยอดการเรียนรู้การรำโขนในระดับที่สูงขึ้น และยังเป็นทางเลือกสำหรับคนที่ต้องการสร้างพื้นฐาน ไว้เตรียมตัวสำหรับการโขนกับผู้เชี่ยวชาญโขนได้ด้วย โดย ในเว็บแอปพลิเคชันดังกล่าวจะนำศาสตร์ของปัญญาประดิษฐ์ (Artificial intelligence) มาใช้ในการทำด้วย

การวิจัยงานปัญญาประดิษฐ์ในปัจจุบันสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานด้านต่าง ๆ เพื่อให้เกิดประโยชน์ในสังคม เช่น งานด้านการแพทย์ งานด้านการลงทุน งานด้านการศึกษา นอกจากนี้ ยังครอบคลุมถึงงานด้านศิลปะการแสดง ซึ่งเราได้เล็งเห็นการนำปัญญาประดิษฐ์มาประยุกต์ใช้กับการรำโขน จากที่กล่าวข้างต้น ดังนั้น เราจะนำปัญญาประดิษฐ์มาปรับใช้ในเว็บแอปพลิเคชันของเรา โดยให้ผู้ใช้งานเว็บแอปพลิเคชันนี้ท่า สามารถออกท่ารำ ต่าง ๆ ได้จริง ผ่านทางเว็บแอปพลิเคชันของเรา และนำการออกท่ารำโขนของผู้เรียนมาประมวลผลผ่านโมเดล ปัญญาประดิษฐ์ โดย เว็บแอปพลิเคชันนี้จะมีผู้เชี่ยวชาญด้านโขน คอยให้คำปรึกษา คำแนะนำ และให้ข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันนี้ ที่สำคัญ ผู้เชี่ยวชาญยังคอยกำกับระดับความถูกต้องของท่าทางการรำ ของผู้ใช้งาน ผ่านโมเดล ปัญญาประดิษฐ์

**3. วัตถุประสงค์**

3.1 เพื่อสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญปัญญาประดิษฐ์ สำหรับใช้ในการฝึกสอนโขน

**4. ปัญหาหรือประโยชน์ที่เป็นเหตุผลให้ควรพัฒนาซอฟต์แวร์**

4.1 บุคคลที่ผ่านการฝึกฝนการรำโขนจากสถาบันสอนโขน อาจประสบปัญหาหลงลืมท่ารำพื้นฐาน และมีความต้องการทบทวนท่ารำดังกล่าว แต่ไม่สามารถแสดงท่ารำได้อย่างถูกต้อง

4.2 บุคคลทั่วไปที่ต้องการเรียนรู้การรำโขนระดับพื้นฐานด้วยตนเอง แต่ขาดเครื่องมือตรวจสอบความถูกต้องของท่ารำระดับพื้นฐาน

4.3 เป็นการอนุรักษ์ และเผยแพร่ศิลปะการแสดงของไทย ผ่านตัวเว็บแอปพลิเคชันที่จัดทำขึ้น

4.4 เปิดโอกาสให้นักพัฒนาภายนอกนำผลงานไปต่อยอด 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]](#d29) 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) ท่าตบเข่า [[21]](#d21) |  |  |  |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **ชื่อท่า** | **ตั้งท่า** | **ขั้นที่ 1** | **ขั้นที่ 2** |
| 2) ท่าถองสะเอว [[21]](#d21) | A person sitting on the floor with his arms stretched out  Description automatically generated | A person sitting on the floor with his arms out  Description automatically generated | A person sitting on the floor with his arms out  Description automatically generated |
| 3) ท่าเต้นเสา [[21]](#d21) |  | A person in a white shirt and blue pants  Description automatically generated | A person in a white shirt and blue pants  Description automatically generated |

**ตารางที่ 2** ภาษาท่า

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **ชื่อท่า** | | | **ตั้งท่า** | | | **ขั้นที่ 1** | | | **ขั้นที่ 2** |
| 1) ท่าน [[2]](#YT_Channel_Trung_3) | | |  | | |  | | |  |
| 2) ตัวเรา  [[2]](#YT_Channel_Trung_3) | | | A person in a white shirt and blue skirt  Description automatically generated | | | A person in a white shirt and blue pants  Description automatically generated | | | A person posing for the camera  Description automatically generated |
| 3) ปฏิเสธ  [[2]](#YT_Channel_Trung_3) | | | A person posing for the camera  Description automatically generated | | | A person posing for the camera  Description automatically generated | | | A person in a white shirt and blue pants  Description automatically generated |
| 4) โกรธ  [[2]](#YT_Channel_Trung_3) | | |  | | | A person posing for the camera  Description automatically generated | | |  |
| **ชื่อท่า** | | **ตั้งท่า** | | **ขั้นที่ 1** | | | | **ขั้นที่ 2** | | |
| 5) เรียก  [[2]](#YT_Channel_Trung_3) | |  | |  | | | |  | | |
| 6) สั่ง [[20]](#d20) | | A person in a garment  Description automatically generated | | A person in a garment  Description automatically generated | | | |  | | |
| 7) ดีใจ  [[2]](#YT_Channel_Trung_3) | | A person posing for the camera  Description automatically generated | | A person in a white shirt and blue pants  Description automatically generated | | | | A person in a white shirt and blue pants  Description automatically generated | | |
| 8) รัก  [[2]](#YT_Channel_Trung_3) | | A person posing for the camera  Description automatically generated | | A person in a white shirt and blue pants  Description automatically generated | | | | A person in a white shirt and blue pants  Description automatically generated | | |
| 9) เสียใจ [[2]](#YT_Channel_Trung_3) | | A person posing for the camera  Description automatically generated | | A person in a white shirt and blue pants  Description automatically generated | | | | - | | |
| 10) ท่าร้องไห้ [[2]](#YT_Channel_Trung_3) | A person in a white shirt and blue pants  Description automatically generated | | | | A person in a white shirt and blue pants  Description automatically generated | | A person in a white shirt and blue pants  Description automatically generated | | | |
| 11) ท่าเกลียด [[20]](#d20) | A person in a garment  Description automatically generated | | | | A person in a garment  Description automatically generated | | A person in a garment  Description automatically generated | | | |

**ตารางที่ 3** นาฏยศัพท์

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **ชื่อท่า** | **ตั้งท่า** | **ขั้นที่ 1** | **ขั้นที่ 2** |
| 1) เอียงคอ [[3]](#Khon_เอียงศีรษะ_4) | A person with her hands on her hips  Description automatically generated | A person with her hands on her hips  Description automatically generated | A person with her hands on her hips  Description automatically generated |
| 2) ลักคอ [[2]](#YT_Channel_Trung_3) | A person with her hands on her hips  Description automatically generated | A person posing for a picture  Description automatically generated | A person posing for a picture  Description automatically generated |
| 3) กดไหล่ [[2]](#YT_Channel_Trung_3) |  |  |  |
| 4) ตั้งวงบน [[26]](#d26) |  |  | - |
| 5) ตั้งวงกลาง [[26]](#d26) |  |  | - |
| 6) ตั้งวงล่าง  [[26]](#d26) |  |  | - |
| 7) ตั้งวงหน้า [[26]](#d26) |  |  | - |
| **ชื่อท่า** | **ตั้งท่า** | **ขั้นที่ 1** | **ขั้นที่ 2** |
| 8) จีบหงาย [[26]](#d26) | A person's arm extended  Description automatically generated | A hand with fingers extended  Description automatically generated | - |
| 9) จีบคว่ำ [[26]](#d26) |  |  | - |
| 10) จีบส่งหลัง [[2]](#YT_Channel_Trung_3) |  |  |  |
| 11) จีบปรกหน้า [[26]](#d26) |  |  |  |
| 12) จีบปรกข้าง [[26]](#d26) |  |  |  |
| 13) ยกเท้า [[26]](#d26) |  |  |  |
| 14) ก้าวหน้า [[26]](#d26) |  |  |  |
| **ชื่อท่า** | **ตั้งท่า** | **ขั้นที่ 1** | **ขั้นที่ 2** |
| 15) ก้าวข้าง [[2]](#YT_Channel_Trung_3) | A person's legs in blue pants  Description automatically generated | A person's legs and feet  Description automatically generated | A person wearing blue pants  Description automatically generated |
| 16) กระทุ้ง [[26]](#d26) | A person wearing purple pants  Description automatically generated | A person wearing purple pants  Description automatically generated | A person wearing purple pants and holding a leg  Description automatically generated |

5.2 ผู้ใช้งานเว็บแอปพลิเคชันนี้สามารถฝึกท่าพื้นฐานของโขนแต่ละท่าได้ โดย ใช้โมเดล ปัญญาประดิษฐ์ที่ทางผู้จัดทำสร้างไว้เพื่อจำแนกความคล้ายคลึงกันระหว่างผู้ใช้งาน และครูฝึก เมื่อปัญญาประดิษฐ์ตรวจจจับท่าครบแล้ว จะแสดงค่าความคล้ายคลึงของท่าของแต่ละช่วง แล้วนำค่าที่ได้หาค่าเฉลี่ย และคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ เพื่อแสดงให้ผู้ใช้งานได้รับรู้

5.3 เว็บแอปพลิเคชันนี้ มีเป้าหมายเพื่อให้ผู้ใช้สามารถเรียนรู้พื้นฐานของโขนได้อย่างถูกต้อง สามารถนำระดับความคล้ายคลึงระหว่างท่าของผู้ใช้งาน พัฒนาการออกท่ารำของแต่ละท่าให้ดีขึ้น และสามารถใช้เป็นพื้นฐานในการเรียนรู้และแสดงโขนในระดับที่สูงขึ้น รวมไปถึงการเตรียมความพร้อมพื้นฐานก่อนไปเรียนรู้โขนจากผู้เชี่ยวชาญด้านนี้ต่อไป

**6. แบบจำลองรูปแบบของหน้าจอและเมนูต่างๆ**

A screenshot of a computer

Description automatically generated

ภาพที่ 1 แบบจำลอง UI/UX ของเว็บแอปพลิเคชัน

จากแบบจำลอง UI/UX ของเว็บแอปพลิเคชัน ในภาพที่ 1 แบ่งออกเป็นระดับตอนหลักจำนวน 6 ระดับตอน

1. ผู้ใช้เข้าสู่ระบบเพื่อใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน หากยังไม่มีบัญชี ผู้ใช้จำเป็นต้องลงทะเบียนก่อนจะเข้าสู่ระบบเพื่อใช้งานต่อไป

2. ผู้ใช้เลือกท่าที่ต้องการฝึก

3. ผู้ใช้งานเลือกวิธีการฝึก ด้วยการอัพโหลดวิดีโอที่ทำท่าฝึกรำโขน หรือ เลือกเปิดกล้องเพื่อทำท่าฝึกรำโขน

4. เมื่อผู้ใช้งานใส่วิดีโอเสร็จแล้ว ปัญญาประดิษฐ์จะประเมินความคล้ายคลึงกันระหว่างวิดีโอของผู้ใช้งาน และวิดีโอต้นฉบับจากผู้เขี่ยวชาญ

5. ระบบนำค่าความคล้ายคลึงมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย แล้วจึงแปลงเป็นเปอร์เซ็นต์เพื่อนำไปแสดงให้ผู้ใช้งานรับทราบต่อไป

6. ระบบจะแสดงผลระดับความคล้ายคลึงให้ผู้ใช้งานรับทราบ ซึ่งผู้ใช้งานสามารถบันทึกระดับความคล้ายคลึงของตนลงในระบบฐานข้อมูลได้

**7. เทคนิคหรือเทคโนโลยีที่ใช้**

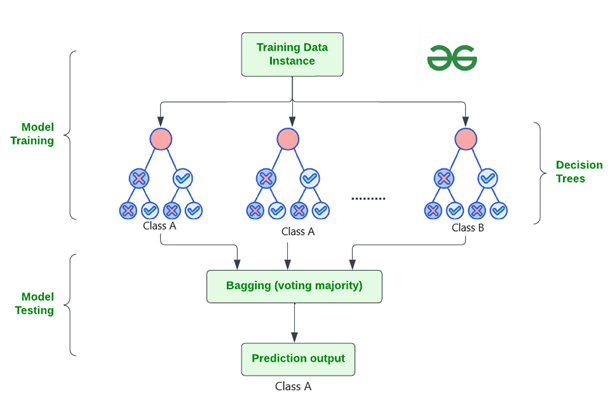
7.1 MediaPipe [[12]](#d12) [[27]](#d27)

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

ในโครงงานนี้เราจะนำ MediaPipe มาประยุกต์ใช้ในการตรวจจับข้อต่อเสมือน ของการรำโขนท่าต่าง ๆ เพื่อที่จะนำไปใช้ในการตรวจสอบความคล้ายคลึงของท่ารำโขน ระหว่างผู้ใช้งานและครูฝึก

7.2 Machine Learning Algorithm

เมื่อหาข้อต่อเสมือนของการทำท่ารำโขนที่สำคัญเสร็จสิ้น นำค่าข้อต่อเสมือนไปให้โมเดลปัญญาประดิษฐ์ ฝึกฝน ซึ่งจะใช้อัลกอริทึมของการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) มาช่วยในการฝึกฝน ให้มีความแม่นยำสูงขึ้นในการวัดระดับความคล้ายคลึง ในอัลกอรึทึมของการเรียนรู้ของเครื่องมีโมเดลให้เรียนรู้อยู่จำนวนมาก ซึ่งคณะผู้จัดทำได้เลือกใช้อัลกอริทึมของ Random forest ดังตัวอย่างในภาพที่ 2 [[7]](#Random_Forest_7) โดยจะนำโมเดลที่บอกชื่อท่า และวัดความคล้ายคลึงของแต่ละท่าที่แม่นยำที่สุด มาปรับใช้ในโครงการนี้



ภาพที่ 2 ตัวอย่าง Random forest algorithm

7.3 Representational State Transfer Application Programming Interface (REST API) [[16]](#d16)

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

ในโครงการนี้นำ RESTful API มาใช้ในการสื่อสารระหว่างเว็บแอปพลิเคชันฝั่งผู้ใช้บริการ (Client) กับเซิฟเวอร์ (Server) เพื่อส่งข้อมูลตำแหน่งข้อต่อเสมือนไปประมวลผลบนเซิฟเวอร์ และรับข้อมูลจากเซิฟเวอร์มาแสดงบนหน้าเว็บแอปพลิเคชันฝั่งผู้ใช้งาน

7.4 Progressive Web Application (PWA) [[4]](#PWA_5) [[22]](#d22)

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 เครื่องคอมพิวเตอร์หรือโน้ตบุ๊ค

8.2 เครื่องมือที่ใช้พัฒนาปัญญาประดิษฐ์

8.2.1 OpenCV เป็น Library สำหรับอ่านวิดีโอ ทั้งจากไฟล์และกล้องเว็บแคม [[24]](#d24)

8.2.2 MediaPipe เป็น Library ในภาษา Python ที่ใช้ในการตรวจจับรับรู้การขยับส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย [[12]](#d12)

8.2.3 NumPy คือ Library พื้นฐานของภาษา Python สำหรับการคำนวณทางวิทยาศาสตร์

ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ และเครื่องมือสำหรับการทำงานกับข้อมูลหลายมิติ [[9]](#d9)

8.2.4 Pandas คือ Library ที่เปิด Open Source เพื่อใช้สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล [[17]](#d17)

8.2.5 Scikit Learn เป็น Library ภาษา Python สำหรับการพัฒนา Machine Learning [[8]](#d8)

8.2.6 Machine Learning algorithm เป็น Random Forest classification เป็นหนึ่งในกลุ่มของโมเดลที่ เรียกว่า Ensemble learning ที่มีหลักการคือการฝึกฝนโมเดลที่เหมือนกันจำนวนหลายครั้ง บนข้อมูลชุดเดียวกัน โดยแต่ละครั้งของการฝึกฝน จะเลือกส่วนของข้อมูลที่ฝึกฝนไม่เหมือนกัน แล้วนำการตัดสินใจของโมเดลเหล่านั้นมาเลือกว่า Class ไหนถูกเลือกมากที่สุด [[1]](#Random_Forest_Algorithm_1)

8.3 เครื่องมือในการออกแบบเว็บแอปพลิเคชัน

8.3.1 Diagrams.net เป็นโปรแกรมออนไลน์ที่ใช้ในการวาดไดอะแกรมต่าง ๆ โดย ในโครงการนี้ ใช้ในการออกแบบ UML Diagram [[10]](#d10)

8.3.2 Figma เป็นเครื่องมือออกแบบอินเทอร์เฟซแบบทำงานร่วมกัน (The Collaborative Interface Design Tool) ซึ่งมีความสามารถในการทำงานร่วมกัน (Collaborative) ในโครงการนี้ คณะผู้จัดทำเลือกใช้ Figma ในการออกแบบ UX/UI [[11]](#d11)

8.4 ระบบเว็บแอปพลิเคชันส่วนผู้ใช้บริการ (Front-end)

HTML, CSS และ JavaScript เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้สำหรับการสร้างหน้าต่างเว็บแอปพลิเคชัน โดยภาษา HTML ใช้สำหรับการเขียนโครงสร้างของเว็บไซต์ [[14]](#d14) ภาษา CSS ใช้สำหรับการตกแต่งความสวยงามภายในเว็บไซต์ [[13]](#d13) และภาษา JavaScript ใช้สำหรับการเพิ่มการตอบสนองของผู้ใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน [[15]](#d15)

8.5 ระบบเว็บแอปพลิเคชันส่วนผู้ให้บริการ (Back-end)

FastAPI เป็นไลบรารี่ของภาษาไพธอนที่พัฒนาโครงสร้างภายในเชิงลึกสำหรับส่วนต่อประสานโปรแกรมประยุกต์ (API) โดยเฉพาะ โดยการรับคำขอ จากนั้นประมวลผลข้อมูลล่วงหน้า ก่อนที่จะนำข้อมูลไปประมวลผลด้วยปัญญาประดิษฐ์ ถัดไปดูและจัดการข้อมูลในฐานข้อมูล ก่อนที่จะนำข้อมูลที่ได้ไปแสดงผลลัพท์ที่ได้เพื่อให้ระบบเว็บแอปพลิเคชันส่วนผู้ใช้บริการนำข้อมูลไปแสดงผล [[29]](#d29)

8.6 การจัดการฐานข้อมูล

MySQL คือ ระบบจัดการฐานข้อมูลโดยใช้ภาษา SQL เขียนควบคุมการสร้างตารางข้อมูล การเพิ่มข้อมูล และการแก้ไขข้อมูลหรือการลบข้อมูล [[18]](#d18)

**9. รายละเอียดโปรแกรมที่จะพัฒนา (Software Specification)**

1) Input/Output Specification

Input: วิดีโอที่ทำท่าฝึกรำโขนแต่ละท่า ของผู้ใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน

Output: แสดงผลชื่อท่าจากวิดีโอที่ผู้ใช้งาน และเปอร์เซ็นต์ความคล้ายคลึงระหว่างวิดีโอของผู้ใช้งาน และท่าต้นแบบ

2) Functional Specification

2.1) มีการสร้างบัญชีผู้ใช้งานใหม่

2.2) อัดวิดีโอหรืออัพโหลดวิดีโอการรำโขน

2.3) มีการวัดความคล้ายคลึงระหว่างวิดีโอของผู้ใช้งานกับต้นแบบ โดยใช้ระบบปัญญาประดิษฐ์แบบ Machine Learning (ML) ในการเรียนรู้ โดยมีข้อมูลฝึกหัดเป็นคลิปการทำท่ารำโขนในท่าทางต่าง ๆ จากผู้เชี่ยวชาญด้านโขน

2.4) มีการบอกระดับเปอร์เซ็นต์ ของความคล้ายคลึงในการรำโขน

2.5) มีการบันทึกระดับความคล้ายคลึงของการรำโขนแต่ละรอบของผู้ใช้

3) โครงสร้างของซอฟต์แวร์ (Design)

การทำงานของซอฟต์แวร์ เป็นดังภาพที่ 3

A screenshot of a computer

Description automatically generated

ภาพที่ 3 โครงสร้างการทำงานของระบบเว็บแอปพลิเคชัน

ผู้ใช้เว็บแอปพลิเคชันนี้ ต้องสมัครสมาชิก เว็บแอปพลิเคชันส่งเสริมการเรียนรู้โขนโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ หลังจากสมัครสมาชิก ผู้ใช้งานต้องเข้าสู่ระบบ ถัดจากนั้นในหน้าแรก จะมีท่าฝึกการรำโขน 30 ท่า โดย ผู้ใช้จะต้องเลือกฝึกท่าใดท่าหนึ่ง ในลำดับถัดไป ให้ไปเปิดกล้องและรำตามท่าที่เลือก และอัพโหลดวิดีโอเข้าไปในเว็บแอปพลิเคชัน ตัวเว็บแอปพลิเคชันจะดึงชุดตำแหน่งของข้อต่อเสมือนด้วย MediaPipe และส่งคำขอไปที่เซิฟเวอร์พร้อมกับชุดค่าตำแหน่งข้อต่อเสมือน เพื่อนำไปให้โมเดลปัญญาประดิษฐ์ประมวลผล และแสดงผลความคล้ายระหว่างวิดีโอของผู้ใช้งานกับต้นแบบ โดย ใช้ระบบปัญญาประดิษฐ์แบบ Machine Learning (ML) ในการเรียนรู้ โดยมีข้อมูลฝึกหัดเป็นคลิปการทำท่ารำโขนในท่าทางต่าง ๆ จากผู้เชี่ยวชาญด้านโขน ในลำดับถัดไป นำข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลโดยปัญญาประดิษฐ์ มาจัดรูปและเก็บเป็นชุดข้อมูลใหม่ และตรวจสอบข้อมูลในระบบฐานข้อมูล ว่ามีข้อมูลของบัญชีนี้หรือไม่ หากมี ให้เพิ่มประวัติข้อมูลในการฝึกท่านี้ลงในระบบฐานข้อมูล โดยใช้บัญชีนี้อ้างอิง ในลำดับสุดท้าย ส่งผลลัพท์ที่ได้กลับไปที่ระบบเว็บแอปพลิเคชันฝั่งผู้ใช้บริการ ที่ส่งคำร้องขอมา และแสดงค่าความคล้ายของท่านั้น ๆ ที่ตรวจจับได้ แล้วแสดงผลเป็นเปอร์เซ็นต์ให้ผู้ใช้งานรับรู้ และนำไปปรับปรุงให้ดีขึ้น

**10. ขอบเขตและข้อจํากัดของโปรแกรมที่พัฒนา**

เว็บแอปพลิเคชันส่งเสริมการเรียนรู้โขนโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ เป็นโปรแกรมที่พัฒนาเว็บแอปพลิเค-ชัน ที่สามารถเข้าถึงได้จากระบบปฏิบัติการ 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]](#d29) โดยอัพโหลดวิดีโอฝึกรำโขนแต่ละท่าลงไปในเว็บแอปพลิเคชัน

ในเว็บแอปพลิเคชันนี้เป็นการฝึกการรำโขน เป็นพื้นฐานที่ใช้เรียนและแสดงโขนในระดับสูงขึ้น ท่าฝึกรำโขนระดับพื้นฐาน นาฏยศัพท์ และภาษาท่า มีทั้งหมด 75 ท่าโดยรวม โดยทางคณะผู้จัดทำคัดเลือกท่าต่าง ๆ ที่จำเป็น สามารถฝึกได้ด้วยตนเองและปลอดภัยในการฝึก ดังนั้นทางคณะผู้จัดทำจึงได้คัดเลือกมาทั้งหมดทั้งสิ้น 30 ท่า โดยมีวัดผลเป็นเปอร์เซ็นต์ความคล้ายคลึงเมื่อเทียบกับท่ารำต้นแบบที่ได้จากผู้ชำนาญการด้านโขน

ในเว็บแอปพลิเคชันนี้ใช้ปัญญาประดิษฐ์ของการฝึกรำโขน โดยใช้ท่าฝึกรำโขนจากผู้เชี่ยวชาญด้านโขนเป็นตัวเรียนรู้ เพื่อแสดงชื่อท่า และความคล้ายคลึงของท่าต้นฉบับนั้น ๆ ของผู้ใช้งาน โดยมีผู้เชี่ยวชาญโขนเป็นต้นแบบข้อมูลท่าฝึกรำโขนระดับพื้นฐานแต่ละท่า และให้คำปรึกษาในการฝึกท่าพื้นฐานของโขนต่าง ๆ และกำกับความคล้ายคลึงของการทำท่ารำโขนต่าง ๆ ให้กับโมเดลปัญญาประดิษฐ์ เพื่อใช้ในการเรียนรู้ของโมเดล ปัญญาประดิษฐ์ และแสดงผลเป็นชื่อท่า และค่าความคล้ายคลึงของท่านั้น ๆ แล้วนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย และจึงคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เพื่อแสดงให้ผู้ใช้งานรับทราบ และพัฒนาปรับปรุงต่อไป

เมื่อผู้ใช้รับรู้เปอร์เซ็นต์ความคล้ายคลึงของท่าฝึกรำโขนแต่ละท่าแล้ว หากต้องการบันทึกระดับความคล้ายคลึง เพื่อดูความก้าวหน้าในการฝึกของผู้ใช้งานสามารถบันทึกได้ ข้อมูลระดับความคล้ายคลึงของผู้ใช้งานจะถูกจัดเก็บไปยัง ระบบฐานข้อมูล นอกจากนี้ผู้ใช้งานสามารถรับทราบจุดที่ต้องแก้ไขของการฝึกรำโขนแต่ละท่าได้ นอกเหนือจากนี้ ในเว็บแอปพลิเคชันนี้ จะมีคลิปสอนการฝึกฝนโขนแต่ละท่าก่อนฝึกท่าจริงเพื่อทราบเปอร์เซ็นต์ ความคล้ายคลึงที่ได้ในเว็บแอปพลิเคชัน

**11. บรรณานุกรม**

[1] ชิตพงษ์ กิตตินราดร. (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] ปวริศิลป์. (2563, 7 เมษายน). เอียงศีรษะ ลักคอ กล่อมหน้า [Video]. YouTube.

https://www.youtube.com/watch?v=SmPUofjFPEI&t=67s

[4] รติกร ศรอำพล. (2566, 7 พฤษจิกายน). การใช้ Service Worker เพื่อสร้าง Progressive Web App

(PWA). borntodev. https://www.borntodev.com/2023/11/07/การใช้-service-worker-เพื่อ

สร้าง-progressive-web-app-pwa/

[5] วีระพงศ์ ทวีศักดิ์. (2552, 20 ตุลาคม). การฝึกหัดโขนเบื้องต้น. 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). ภาษาท่านาฏศิลป์ [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). สอนทำแอนิเมชั่นใน Draw.Io ง่ายๆ. borntoDev.

https://www.borntodev.com/2025/03/15/สอนทำแอนิเมชั่นใน-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 ด่านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**

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 เที่ยงเจริญ วันเกิด: 30 เม.ย. 2550

ที่อยู่: 136 หมู่ที่ 6 ต.ประชาธิปัตย์ อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี เบอร์โทร: 096-1759896

สถานศึกษา: โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย รังสิต กำลังศึกษาอยู่ในระดับชั้น: มัธยมศึกษาปีที่ 6

**13. รายละเอียดผลงานที่สงเข้าร่วมการแข่งขัน**

1) เป็นการต่อยอดพัฒนาผลงานหรือไม่

ต่อยอดจากผลงานเดิม

✓

✓✓A screenshot of a computer

Description automatically generated

พัฒนาใหม่

2) เป็นผลงานที่มีการพัฒนาเป้าหมายที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals - SDGs) ด้านใด

|  |  |
| --- | --- |
|  | No Poverty  ขจัดความยากจนทุกรูปแบบทุกสถานที่ |
|  | Zero Hunger  ขจัดความหิวโหย บรรลุความมั่นคงทางอาหาร ส่งเสริมเกษตรกรรมอย่างยั่งยืน |
|  | Good Health and well-being  รับรองการมีสุขภาพ และความเป็นอยู่ที่ดีของทุกคนทุกช่วงอายุ |
| ✓ | Quality Education  รับรองการศึกษาที่เท่าเทียมและทั่วถึง ส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิตแก่ทุกคน |
|  | Gender Equality  บรรลุความเท่าเทียมทางเพศ พัฒนาบทบาทสตรีและเด็กผู้หญิง |
|  | Clean Water and Sanitation  รับรองการมีน้ำใช้ การจัดการน้ำและสุขาภิบาลที่ยั่งยืน |
|  | Affordable and Clean Energy  รับรองการมีพลังงาน ที่ทุกคนเข้าถึงได้ เชื่อถือได้ยั่งยืน ทันสมัย |
|  | Decent Work and Economic Growth  ส่งเสริมการเติบโตทางเศรษฐกิจที่ต่อเนื่องครอบคลุมและยั่งยืน  การจ้างงานที่มีคุณค่า |
|  | Industry Innovation and Infrastructure  พัฒนาโครงสร้างพื้นฐานที่พร้อมรับการเปลี่ยนแปลง ส่งเสริมการปรับตัวให้เป็นอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืนทั่งถึง และสนับสนุนนวัตกรรม |
|  | Reduced Inequalities  ลดความเหลื่อมล้ำทั้งภายในและระหว่างประเทศ |

|  |  |
| --- | --- |
|  | Sustainable Cities and Communities  ทำให้เมืองและการตั้งถิ่นฐานของมนุษย์มีความปลอดภัยทั่วถึง พร้อมรับความเปลี่ยนแปลง และการพัฒนาอย่างยั่งยืน |
|  | Responsible Consumption and Production  รับรองแผนการบริโภค และการผลิตที่ยั่งยืน |
|  | Climate Action  ดำเนินมาตรการเร่งด่วนเพื่อรับมือการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและผลกระทบ |
|  | Life Below Water  อนุรักษ์และใช้ประโยชน์จากมหาสมุทรและทรัพยากรทางทะเล เพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน |
|  | Life on Land  ปกป้องฟื้นฟูและส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากระบบนิเวศทางบกอย่างยั่งยืน |
|  | Peace and Justice Strong Institutions  ส่งเสริมสังคมสงบสุข ยุติธรรม ไม่แบ่งแยกเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน |
|  | Partnerships for the Goals  สร้างพลังแห่งการเป็นหุ้นส่วน ความร่วมมือระดับสากลต่อการพัฒนาที่ยั่งยืน |

3) คาดว่าผลงานที่เข้าร่วมการแข่งขัน จะมีระดับความพร้อมของเทคโนโลยี (Technology Readiness: TRLs) อยู่ในระดับใด

|  |  |
| --- | --- |
| **ช่วงงานวิจัยพื้นฐาน (Basic research)** | |
| **TRL 1** | ระดับงานวิจัยพื้นฐาน (Scientific Research) |
| **TRL 2** | ระดับงานวิจัยประยุกต์ (Applied Research) |
| **TRL 3**  ✓ | ระดับการพิสูจน์แนวคิดของ เทคโนโลยี (Proof of Concept) |
| **ช่วงการพัฒนาต้นแบบ (Prototype development)** | |
| **TRL 4** | ระดับเทคโนโลยีมีความ เที่ยงตรง (Validation) |
| **TRL 5** | ระดับเทคโนโลยีเพื่อการใช้งาน (Application) |
| **TRL 6** | ระดับต้นแบบห้องปฏิบัติการ (Lab Test Prototype) |
| **TRL 7** | ระดับทดสอบกับ Lead User (Lead User Test) |
| **ช่วงการผลิตหรือการใช้งานต่อเนื่อง (Product on shelf)** | |
| **TRL 8** | ระดับการผลิตต้นแบบ (Pilot Production) |
| **TRL 9** | ระดับการผลิตเชิงอุตสาหกรรม (Mass Production) |

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

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

|  |  |
| --- | --- |
| **SRL 8** | เสนอแนวทางการพัฒนา การแก้ปัญหาในรูปแบบแผนการดำเนินงานที่สมบูรณ์และได้รับการยอมรับ (proposed solution(s) as well as a plan for societal adaptation complete and qualified) |
| **SRL 9** | แนวทางการพัฒนาและการแก้ปัญหาของโครงการได้รับการยอมรับและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับสิ่งแวดล้อมอื่นๆ (actual project solution (s) proven in relevant environment) |

5) มีการถ่ายทอดผลงานหรือทดลองใช้งานจริงกับกลุ่มเป้าหมายในพื้นที่เพื่อการใช้ประโยชน์หรือไม่

ไม่มี เนื่องจาก

✓

มี

นักเรียนโรงเรียนสวนกุหลายวิทยาลัย รังสิต ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น