**บทที่ 4**

**ผลการดำเนินงาน**

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการดำเนินงาน การทดสอบ และการประเมินการใช้งานระบบโดยผู้เชียวชาญด้านภาษาสันสกฤต การปริวรรตอักษรด้วยเครื่องสำหรับภาษาสันสกฤตแบบอักษรโรมันเป็นอักษรไทย โดยรายละเอียดดังต่อไปนี้

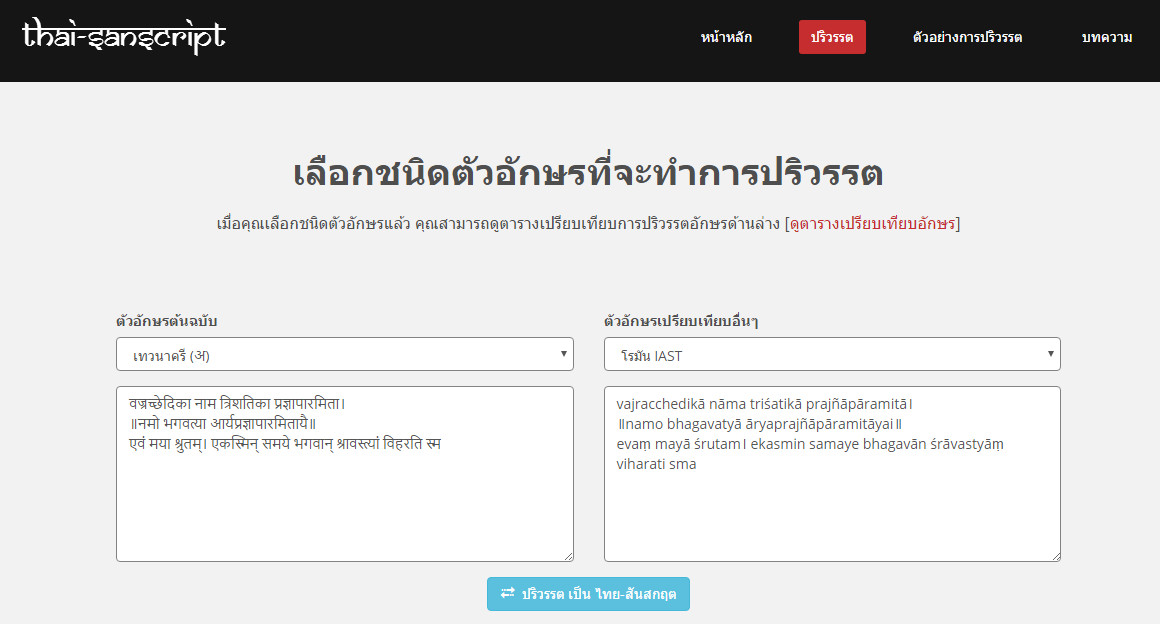
* 1. **ผลการดำเนินงาน**

หลังจากที่ได้ศึกษาวิเคราะห์ ออกแบบและพัฒนา การปริวรรตอักษรด้วยเครื่องสำหรับภาษาสันสกฤตแบบอักษรโรมันเป็นอักษรไทย จนเสร็จสมบูรณ์แล้ว ตัวระบบจะทำงานอยู่บนอินเตอร์เน็ตที่ www.thai-sanscript.com โดยมีหน้าหลัก ดังตัวอย่างในรูปที่ 4.1



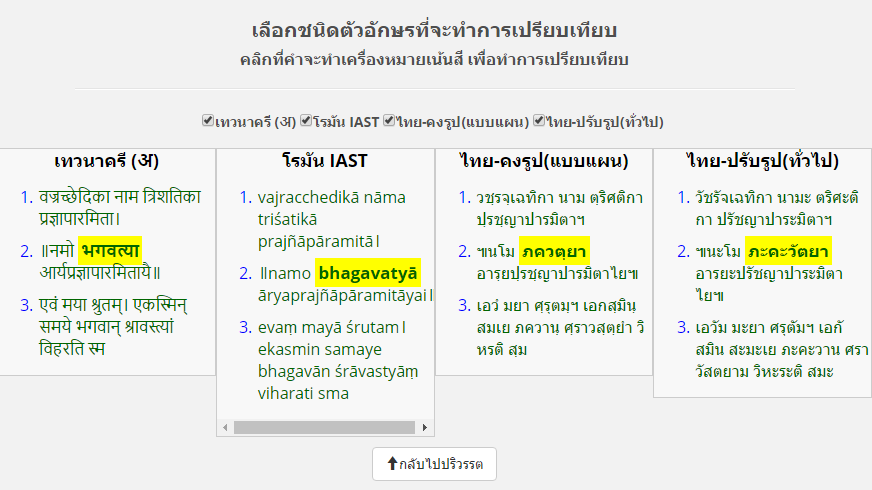
รูปที่ 4.1 หน้าแรกของตัวระบบ

ในเมนู ปริวรรต จะมีหน้าจอไว้สำหรับรับข้อมูลจากผู้ใช้ โดยหน้าจอจะมี Select Box สำหรับเลือกตัวอักษรต้นฉบับ Select Box ตัวที่ 2 ใช้สำหรับเลือกอักษรชนิดอื่น ๆ ถัดลงมาด้านล่างจะเป็น Text Area ช่องแรกไว้สำหรับข้อความต้นฉบับช่องที่ 2 เป็นผลลัพธ์จากการปริวรรตอักษรอื่น ๆ ด้านล่างจะมีปุ่มไว้สำหรับทำการปริวรรตอักษรเป็นอักษรไทย ตัวอย่างในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 หน้าปริวรรตอักษรส่วนฟอร์มรับข้อมูล

โดยผลลัพธ์การปริวรรตเป็นอักษรไทยแบบคงรูปและแบบปรับรูป จะออกแสดงที่ตารางเปรียบเทียบ โดยสามารถเลือกการเปรียบเทียบได้มากที่สุดถึง 4 ชนิดตัวอักษรและยังสามารถซ่อนหรือแสดงตารางเปรียบเทียบตัวใดตัวหนึ่งได้ อีกทั้งยังสามารถทำการเปรียบเทียบโดยการไฮไลท์ที่คำในแต่ละบรรทัดระบบจะทำการไฮไลท์ข้อความจากทุกๆตัวอักษร ตัวอย่างในรูปที่ 4.3



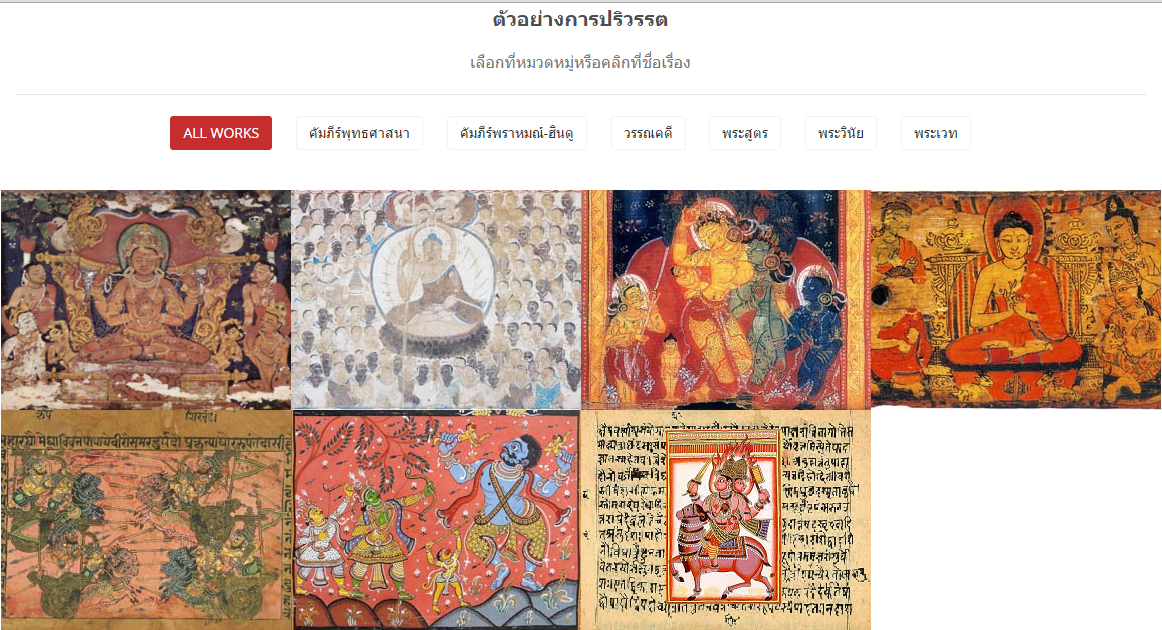
รูปที่ 4.3 หน้าปริวรรตอักษรส่วนตารางเปรียบเทียบผลการปริวรรต

ในการเปรียบเทียบหากผู้ใช้เลือกอักษรต้นฉบับและอักษรเปรียบเทียบตัวที่ 2 แล้ว จะปรากฏตารางเปรียบเทียบตัวอักษรที่ด้านล่างสุด ตัวอย่างในรูปที่ 4.3

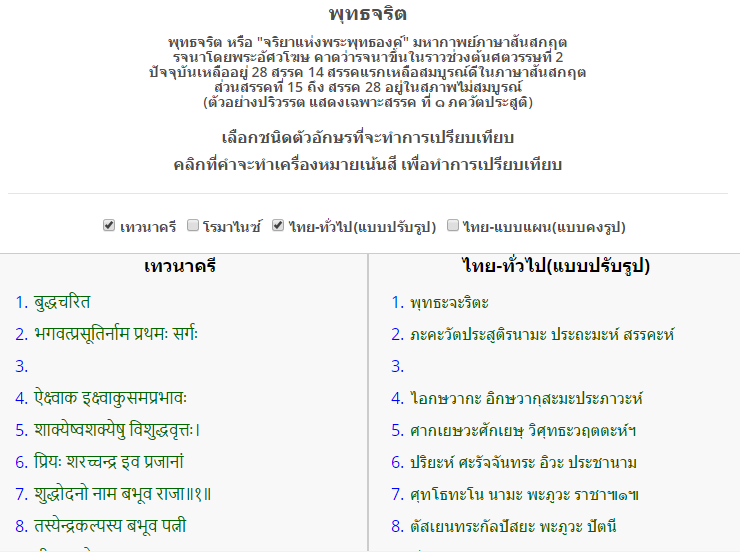


รูปที่ 4.4 หน้าปริวรรตอักษรส่วนตารางเปรียบเทียบตัวอักษร

และจะมีตัวอย่างการปริวรรตแยกไว้เป็นหมวดหมู่ ตัวอย่างในรูปที่ 4.5 , 4.6



รูปที่ 4.5 หน้าหลักตัวอย่างการปริวรรตอักษร



รูปที่ 4.6 หน้าตัวอย่างการปริวรรต

* 1. **ผลการทดสอบการตัวปริวรรตอักษร**

หลังจากทำการทดสอบการตัวปริวรรตอักษรเพื่อทดสอบความถูกต้องของส่วนตัวปริวรรตอักษร โดยทำการทดสอบกับชุดข้อมูลของการทดสอบ และวิธีการทดสอบ ที่กำหนดไว้ ผลการทดสอบมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

* + 1. **ผลการทดสอบแบบแยกส่วน (Unit Testing)**

หลังจากทำการทดสอบ Unit Testing โดยใช้ PHPUnit (PHP Testing Framework) เป็นเครื่องมือในการตรวจสอบและทดสอบกฎ กับ Test Case โดยเป็นชุดข้อความผลลัพธ์ที่ถูกต้องและสามารถครอบคลุมกฎทั้งกรณีการปริวรรตแบบคงรูปและปรับรูป จำนวนอย่างละ 59 กรณี รวมเป็น 118 กรณี ได้ผลทดสอบดังต่อไปนี้ ตามตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบแบบแยกส่วน (Unit Testing)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **แบบการปริวรรต** | **จำนวน Test Case** | **Test Case ที่ผ่าน** | **ความถูกต้อง** |
| แบบคงรูป | 59 | 59 | 100% |
| แบบปรับรูป | 59 | 59 | 100% |

* + 1. **ผลการทดสอบโดยการเปรียบเทียบกับตัวอย่างการปริวรรต**

หลังจากทำการทดสอบ โดยการเปรียบเทียบกับตัวอย่างการปริวรรต ใช้ตัวอย่างต้นฉบับ คัมภีร์วัชรเฉทิกปรัชญาปารมิตา อักษรโรมัน ทำการปริวรรตเป็นอักษรไทยแบบคงรูปและปรับรูป นำผลลัพธ์การปริวรรตอักษรไทยแบบคงรูป ไปเปรียบเทียบกับ คัมภีร์วัชรเฉทิกปรัชญาปารมิตาสูตร ฉบับอักษรไทย และ ผลลัพธ์การปริวรรตอักษรไทยแบบปรับรูป ไปเปรียบเทียบกับ คัมภีร์วัชรเฉทิกปรัชญาปารมิตาสูตร ฉบับคำอ่านอักษรไทย โดยใช้โปรแกรม Pretty Diff v2.0.0 เป็นโปรแกรมเปรียบเทียบเพื่อคำนวณหาอัตราความถูกต้องของส่วนตัวปริวรรตอักษร ได้ผลทดสอบที่มีรายละเอียดต่อไปนี้

1. **การทดสอบโดยการเปรียบเทียบกับตัวอย่างการปริวรรตแบบคงรูป**

ต้นฉบับตัวอย่าง คือ คัมภีร์วัชรเฉทิกปรัชญาปารมิตาสูตร ฉบับอักษรไทย จำนวน มีจำนวนอักษร 31,436 ตัวอักษร หากไม่พิจารณาการเว้นวรรคและเครื่องวรรคตอนมี 27,440 ตัวอักษร ผลลัพธ์การปริวรรตจากเครื่อง คือการปริวรรตคัมภีร์วัชรเฉทิกปรัชญาปารมิตา ฉบับอักษรโรมัน เป็นอักษรไทยแบบคงรูป มีจำนวนอักษร 31,326 ตัวอักษร หากไม่พิจารณาการเว้นวรรคและเครื่องวรรคตอนมี 27,467 ตัวอักษร

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างโดยไม่พิจารณาการเว้นวรรคและเครื่องวรรคตอนพบว่า มีจุดแตกต่าง 503 ตัวอักษร ดังสรุปได้ในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบโดยการเปรียบเทียบกับตัวอย่างการปริวรรตแบบคงรูป

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **ผลลัพธ์การปริวรรตจากเครื่อง** | **ต้นฉบับตัวอย่าง**  **(ตัวอักษร)** | **จุดแตกต่าง (ตัวอักษร)** | **ความถูกต้อง** |
| แบบคงรูป | 27,440 | 503 | 98.16 % |

ผลลัพธ์ จากตารางที่ 4.2 โดยภาพรวมมีความใกล้เคียงกันมากถึง 98.16 % และจากการสังเกตในส่วนที่มีความแตกต่าง พบว่าต้นฉบับใช้การปริวรรต แบบใส่พินทุใต้พยัญชนะที่ประสมด้วยสระ ฤ ฤๅ ฦ ฦๅ และการถอดพยัญชนะสังโยค กับ รูปสระ เอ ไอ โอ เอา นั้นต้นฉบับ ใช้แบบถอดรูปสระและพยัญชนะแบบปกติทั้งหมด ละเว้นพยัญชนะสังโยค

1. **การทดสอบโดยการเปรียบเทียบกับตัวอย่างการปริวรรตแบบปรับรูป**

ต้นฉบับตัวอย่าง คือ คัมภีร์วัชรเฉทิกปรัชญาปารมิตาสูตร ฉบับคำอ่านอักษรไทย มีจำนวนอักษร 34,117 ตัวอักษร หากไม่พิจารณาการเว้นวรรคและเครื่องวรรคตอนมี 30,049 ตัวอักษร ผลลัพธ์การปริวรรตจากเครื่อง คือการปริวรรตคัมภีร์วัชรเฉทิกปรัชญาปารมิตา ฉบับอักษรโรมัน เป็นอักษรไทยแบบปรับรูป มีจำนวนอักษร 34,064 ตัวอักษร หากไม่พิจารณาการเว้นวรรคและเครื่องวรรคตอนมี 30,268 ตัวอักษร เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างโดยไม่พิจารณาการเว้นวรรคและเครื่องวรรคตอนพบว่า มีจุดแตกต่าง 1,256 ตัวอักษร ดังสรุปได้ในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบโดยการเปรียบเทียบกับตัวอย่างการปริวรรตแบบปรับรูป

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **ผลลัพธ์การปริวรรตจากเครื่อง** | **ต้นฉบับตัวอย่าง**  **(ตัวอักษร)** | **จุดแตกต่าง (ตัวอักษร)** | **ความถูกต้อง** |
| แบบปรับรูป | 30,049 | 1,256 | 95.82 % |

ผลลัพธ์ จากตารางที่ 4.3 โดยภาพรวมมีความใกล้เคียงกันถึง 95.82 % ความถูกต้องลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับการการปริวรรตแบบคงรูป เนื่องจากการปริวรรตแบบนี้มีหลักการอย่างกว้าง ๆ ยังไม่มีหลักที่แน่ชัด แต่อย่างไรก็ตามเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องอยู่ในระดับสูงที่รับได้ และจากการสังเกตในส่วนที่มีความแตกต่าง พบว่าต้นฉบับใช้การปริวรรต ในการถอดอนุสวาระและจันทรพินทุ เป็นแบบใช้ ง โดยไม่เข้าสนธิ ซึ่งเป็นจุดที่แตกต่างส่วนมาก การถอด ร-เรผะ (รฺ) ต้นฉบับใช้การใช้แบบ ร-หันและ แบบ ร ตัวเดียว ผสมกันไป ซึ่งอาจจะเป็นแบบที่ให้ใกล้เคียงคำที่ใช้ในภาษาไทย เช่น อรหันตะ , ธรรมะ ผลลัพธ์จากระบบได้   
อรรหันตะ , ธรรมะ การถอดพยัญชนะสังโยค กับ รูปสระ เอ ไอ โอ เอา นั้นต้นฉบับ ใช้แบบถอดรูปสระและพยัญชนะแบบปกติทั้งหมด ละเว้นพยัญชนะสังโยค และการแปลง   
วิสรรชณีย์และไม้หันอากาศมีจุดแตกต่างอยู่หลายที่เช่นกัน

* + 1. **ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบ**

หลังจากพิสูจน์ขั้นตอนวิธีในการปริวรรตอักษร 3 วิธีที่ออกแบบไว้ โดยทดสอบกับตัวอักษรโรมันต้นฉบับ จำนวน 34,769 ตัวอักษร ขั้นตอนวิธีมีประสิทธิภาพมากที่สุด คือ วิธีที่ 2. การปริวรรตที่ละบรรทัด มีเวลาที่ใช้โดยเฉลี่ยจากการ execute 5 ครั้งที่น้อยที่สุด เมื่อพัฒนาระบบจนมีกฎครบทุกกฎแล้ว ทำการทดสอบอีกครั้ง ได้ผลลัพธ์ตามตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบ

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **ขั้นตอนวิธีในการปริวรรตอักษร** | **เวลาที่ใช้โดยเฉลี่ย(วินาที)** | **เวลาที่เพิ่มขึ้นจากเดิม** |
| วิธีที่ 1. ทำการปริวรรตทั้งข้อความ | 20.72 | 52.41 % |
| วิธีที่ 2. ทำการปริวรรตที่ละบรรทัด | 1.24 | 50.80 % |
| วิธีที่ 3. ทำการปริวรรตที่ละคำในแต่ละบรรทัด | 1.55 | 50.96 % |

* 1. **ผลการประเมินผลการใช้งานจากผู้เชี่ยวชาญภาษาสันสกฤต**

แบบประเมินผลการใช้งาน เพื่อใช้ประเมินผลการใช้งานและสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับการใช้งานระบบ มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินหาระดับความพึงพอใจของ การปริวรรตอักษรด้วยเครื่องสำหรับภาษาสันสกฤตแบบอักษรโรมันเป็นอักษรไทย ที่ได้พัฒนาขึ้น ทำการประเมินโดย ท่านอาจารย์ธวัชชัย ดุลยสุจริต เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านภาษาสันสกฤต ได้ทดสอบใช้ระบบระบบและประเมิน ซึ่งแบบประเมินผลการใช้งานได้แบ่งออกเป็น 3 ตอน ประกอบด้วย

1. แบบประเมินผล ด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันงานของระบบ (Function)
2. แบบประเมินผล ด้านความง่ายต่อการใช้งานระบบ (Usability)
3. แบบประเมินผล ส่วนความเห็นและข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ

โดยสรุปผลการประเมินผลการใช้งานจากผู้เชี่ยวชาญภาษาสันสกฤต ได้ดังต่อไปนี้

* + 1. **ผลการประเมิน ด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันงานของระบบ (Function)**

โดยจะประเมิน ความถูกต้องของการผลลัพธ์ ความรวดเร็วในการประมวลผล ความครอบคลุมของงาน ความสามารถป้องกันข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น และความน่าเชื่อถือได้ของระบบ โดยมีงานที่จะประเมินดังนี้

1. การปริวรรตจากอักษรโรมันเป็นอักษรไทยแบบคงรูป
2. การปริวรรตจากอักษรโรมันเป็นอักษรไทยแบบปรับรูป
3. ตารางการเปรียบเทียบผลการปริวรรต
4. ตารางการเปรียบเทียบอักษร

โดยมีผลการประเมิน ตามตารางที่ 4.5, 4.6, 4.7, 4.8

ตารางที่ 4.5 ผลการประเมินการปริวรรตจากอักษรโรมันเป็นอักษรไทยแบบคงรูป

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **รายการประเมิน** | **ระดับความพึงพอใจ** | **คะแนน** |
| ความถูกต้องของการผลลัพธ์ | ระดับมากที่สุด | 5 |
| ความรวดเร็วในการประมวลผล | ระดับมากที่สุด | 5 |
| ความครอบคลุมของงาน | ระดับมากที่สุด | 5 |
| ความสามารถป้องกันข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น | ระดับมากที่สุด | 5 |
| ความน่าเชื่อถือได้ของระบบ | ระดับมากที่สุด | 5 |
| ระดับความพึงพอใจโดยรวมอยู่ใน ระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 5.00 ) คิดเป็น 100.00% | | |

ตารางที่ 4.6 ผลการประเมินการปริวรรตจากอักษรโรมันเป็นอักษรไทยแบบปรับรูป

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **รายการประเมิน** | **ระดับความพึงพอใจ** | **คะแนน** |
| ความถูกต้องของการผลลัพธ์ | ระดับมากที่สุด | 5 |
| ความรวดเร็วในการประมวลผล | ระดับมากที่สุด | 5 |
| ความครอบคลุมของงาน | ระดับมาก | 4 |
| ความสามารถป้องกันข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น | ระดับมาก | 4 |
| ความน่าเชื่อถือได้ของระบบ | ระดับมากที่สุด | 5 |
| ระดับความพึงพอใจโดยรวมอยู่ใน ระดับมากค่อนไปทางมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.60 ) คิดเป็น 92.00% | | |

ตารางที่ 4.7 ผลการประเมินตารางการเปรียบเทียบผลการปริวรรต

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **รายการประเมิน** | **ระดับความพึงพอใจ** | **คะแนน** |
| ความถูกต้องของการผลลัพธ์ | ระดับมากที่สุด | 5 |
| ความรวดเร็วในการประมวลผล | ระดับมากที่สุด | 5 |
| ความครอบคลุมของงาน | ระดับมากที่สุด | 5 |
| ความสามารถป้องกันข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น | ระดับมาก | 4 |
| ความน่าเชื่อถือได้ของระบบ | ระดับมากที่สุด | 5 |
| ระดับความพึงพอใจโดยรวมอยู่ใน ระดับมากค่อนไปทางมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.80 ) คิดเป็น 96.00% | | |

ตารางที่ 4.8 ผลการประเมินตารางการเปรียบเทียบอักษร

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **รายการประเมิน** | **ระดับความพึงพอใจ** | **คะแนน** |
| ความถูกต้องของการผลลัพธ์ | ระดับมากที่สุด | 5 |
| ความรวดเร็วในการประมวลผล | ระดับมากที่สุด | 5 |
| ความครอบคลุมของงาน | ระดับมากที่สุด | 5 |
| ความสามารถป้องกันข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น | ระดับมาก | 4 |
| ความน่าเชื่อถือได้ของระบบ | ระดับมากที่สุด | 5 |
| ระดับความพึงพอใจโดยรวมอยู่ใน ระดับมากค่อนไปทางมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.80 ) คิดเป็น 96.00% | | |

* + 1. **แบบประเมินผล ด้านความง่ายต่อการใช้งานระบบ (Usability)**

โดยจะประเมินจากส่วนต่อผู้ใช้งาน(User Interface) ผลการประเมิน ตามตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ผลการประเมินด้านความง่ายต่อการใช้งานระบบ (Usability)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **รายการประเมิน** | **ระดับความพึงพอใจ** | **คะแนน** |
| ความง่ายต่อการใช้งานของระบบ | ระดับมาก | 4 |
| ความเหมาะสมในการเลือกใช้ชนิดตัวอักษรบนจอภาพ | ระดับมากที่สุด | 5 |
| ความเหมาะสมในการใช้สีของตัวอักษรและรูปภาพ | ระดับมากที่สุด | 5 |
| ความเหมาะสมในการใช้ข้อความเพื่ออธิบายสื่อความหมาย | ระดับมากที่สุด | 5 |
| ความเหมาะสมในการใช้สัญลักษณ์หรือรูปภาพในการสื่อความหมาย | ระดับมากที่สุด | 5 |
| ความเป็นมาตรฐานเดียวกันในการออกแบบหน้าจอภาพ | ระดับมากที่สุด | 5 |
| ความเหมาะสมในการปฏิสัมพันธ์โต้ตอบกับผู้ใช้ | ระดับมากที่สุด | 5 |
| ความเหมาะสมในการวางตำแหน่งของส่วนประกอบบนจอภาพ | ระดับมาก | 4 |
| คำศัพท์ที่ประกอบใช้ผู้ใช้มีความคุ้นเคยและสามารถปฏิบัติตามได้โดยง่าย | ระดับมากที่สุด | 5 |
| ระดับความพึงพอใจโดยรวมอยู่ใน ระดับมากค่อนไปทางมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.77 ) คิดเป็น 96.55% | | |

* + 1. **แบบประเมินผลส่วน ส่วนความเห็นและข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ**

ผู้เชี่ยวชาญภาษาสันสกฤตได้ให้ความเห็นและข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

โปรแกรมนี้สามารถใช้งานปริวรรตอักษรภาษาสันสกฤตได้เป็นอย่างดี ตามความจำเป็นในการศึกษาภาษาสันสกฤต ช่วยให้ประหยัดเวลาในการปริวรรตได้อย่างมาก การปรับปรุง อาจจัดเนื้อหาให้กะทัดรัดมากขึ้นในหน้าจอเดียว เพื่อความสะดวกในการอ่าน ในอนาคต หากปริวรรตอักษรกลุ่ม Indic Scripts ได้กว้างขวางขึ้น ครอบคลุมอักษรในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (เช่น มอญ พม่า ลาว เขมร อักษรธรรม ฯลฯ) จะเป็นเครื่องมือช่วยในการศึกษาภาษาและวรรณกรรมได้สะดวกยิ่งขึ้น