**บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินโครงการ**

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการออกแบบและขั้นตอนการพัฒนาการ การปริวรรตอักษรด้วยเครื่องสำหรับภาษาสันสกฤตแบบอักษรโรมันเป็นอักษรไทย โดยมีวิธีการดำเนินโครงการดังต่อไปนี้

1. ศึกษาหลักการทฤษฎีและงานวิจัยรวมถึงเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง
2. จัดเตรียมแหล่งข้อมูลไว้สำหรับการศึกษาและการทดสอบระบบ
3. วิเคราะห์ข้อมูล กำหนดภาพรวมของงาน เลือกรูปแบบการพัฒนา
4. ออกแบบและกำหนด กฎ (Rule-based) ขั้นตอนวิธี (Algorithm)
5. พัฒนาตัวต้นแบบการปริวรรตอักษร (Prototype)
6. พัฒนาส่วนตัวปริวรรตอักษร(Transliteration Machine)
7. พัฒนาส่วนต่อผู้ใช้งาน(User Interface)
8. ทดสอบและประเมินผลการใช้งานจากผู้เชี่ยวชาญภาษาสันสกฤต
   1. **การศึกษาหลักการทฤษฎีและงานวิจัยรวมถึงเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง**

ผู้จัดทำได้ทำการศึกษาและทำความเข้าใจหลักการทฤษฎีและงานวิจัยรวมถึงเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ หลักการปริวรรตภาษาสันสกฤตแบบอักษรโรมันเป็นอักษรไทย ตัวอย่างงานวิจัยการปริวรรตอักษรด้วยเครื่อง และเทคโนโลยีที่ใช้ในการพัฒนาทั้งที่เป็น เครื่องมือพัฒนา ภาษาโปรแกรม ชุดไลบรารี่ ฟังก์ชัน เฟรมเวิร์ค เพื่อให้ทราบถึงการทำงาน และแนวทางในการพัฒนาการปริวรรตอักษรด้วยเครื่อง โดยมีรายละเอียดต่อไปนี้

* + 1. **การศึกษาด้านทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

1. **ศึกษาลักษณะการปริวรรตอักษรภาษาสันสกฤตแบบอักษรโรมันเป็นอักษรไทย**

เป็นการศึกษารวบรวมและสรุปแนวทางการปริวรรตอักษรภาษาสันสกฤตเป็นอักษรไทยในลักษณะต่างๆ จากตัวอย่างที่เกี่ยวกับการปริวรรตหรือภาษาสันสกฤตในงานวิจัยและเอกสารออนไลน์ อีกทั้งจากตัวอย่างที่ใช้กันในสังคมออนไลน์ที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับภาษาสันสกฤต และจากการสอบถามผู้เชี่ยวชาญด้านภาษาสันสกฤตอย่างไรก็ตามหลักการยังไม่เป็นกฎเกณฑ์ที่แน่นอนตายตัวบางตำราบางอาจารย์อาจจะแตกต่างไป หรือมีการปรับเปลี่ยนกันเล็กน้อย หรืออาจจะต้องอาศัยหลักการปริวรรตอักษรจากกลุ่มภาษาเดียวกันมีการปริวรรตที่เป็นแบบแผนและมาตรฐานอยู่แล้ว เช่น ภาษาบาลี ภาษาฮินดี และสามารถสรุปลักษณะการปริวรรตจากการศึกษาได้ดังนี้

1. การปริวรรตอักษรแบบคงรูป หรือ แบบแผน คือการปริวรรตอักษรแบบตรงตามรูปศัพท์เดิมโดยใช้เครื่องหมายพินทุด้วย เพื่อให้ถอดกลับเป็นอักษรโรมันหรืออักษรเทวนาครีได้ถูกต้องและได้ลักษณะอักขรวิธีได้ใกล้เคียงกับคำเดิม

2. การปริวรรตอักษรแบบปรับรูป หรือ แบบทั่วไป คือหมายถึงการปริวรรตอักษรโดยปรับให้เข้ากับอักขรวิธีไทย เช่น โดยไม่ใช้พินทุ และเพิ่มวิสรรชนีย์หรือใส่เครื่องหมายทัณฑฆาต เพื่อให้อ่านได้ง่ายขึ้นและรูปคำกลมกลืนกับภาษาไทย จึงนิยมใช้การทับศัพท์อย่างง่าย

1. **ศึกษาด้านทฤษฎีแนวทางการพัฒนาการปริวรรตอักษร**

เป็นการศึกษาทฤษฎีทางเทคโนโลยีสารสนเทศที่เกี่ยวกับการปริวรรตอักษรว่ามีลักษณะการพัฒนาอย่างไรหลักการและแนวทางมีอะไรเพื่อใช้เป็นหลักในการพัฒนาที่เหมาะสมกับ การปริวรรตอักษรภาษาสันสกฤตแบบอักษรโรมันเป็นอักษรไทย ได้ทำการศึกษาแนวทางการปริวรรตอักษร(Machine Transliteration Approaches) และโมเดลปริวรรตอักษรด้วยเครื่อง (Machine Transliteration Models)

1. **ศึกษางานวิจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง**

ศึกษาทางด้านเทคนิคการปริวรรต หรือกระบวนการที่ใกล้เคียงกันในงานวิจัยที่ผ่านมา เพื่อหาวิธีที่เหมาะสมต่อการพัฒนาและสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับโครงการฉบับนี้

* + 1. **การศึกษาด้านเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง**

ผู้จัดทำได้ทำการศึกษาและทำความเข้าใจเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ เครื่องมือพัฒนา ซอฟแวร์ ภาษาโปรแกรม ชุดไลบรารี่ ฟังก์ชัน เฟรมเวิร์ค ที่ช่วยพัฒนาส่วนเสริมการปริวรรตและสำหรับการทดสอบโดยมีรายละเอียดต่อไป

1. **ไลบรารี่การปริวรรตชุดอักษรอินเดียเป็นอักษรโรมันมาตรฐานต่างๆ**

เพื่อเพิ่มความสามารถให้ระบบเพื่อรองรับอักษรต้นฉบับภาษาสันสกฤตให้หลากหลายยิ่งขึ้น ผู้จัดทำได้ค้นหาไลบรารี่การปริวรรตชุดอักษรอินเดียเป็นอักษรโรมันมาตรฐานต่างๆ เนื่องจากมีซอฟแวร์และชุดไลบรารี่อยู่หลายชุด โดยผู้ศึกษาจะเลือกได้เลือกชุดไลบรารี่ ที่เป็นโอเพนซอร์ส โดยสามารถทำการปริวรรตอักษรภาษาสันสกฤต อักษรอินเดียให้เป็นอักษรโรมันมาตรฐานต่างๆ และสามารถแปลงไปกลับได้(Forward And Backward Transliteration) และทำการศึกษาวิธีใช้งานชุดไลบรารี่นั้น

1. **ซอฟแวร์สำหรับการเปรียบเทียบข้อความ**

ในการทดสอบความถูกต้องของการแปลนั้น มีส่วนการเปรียบเทียบผลลัพธ์จากระบบ นั้นต้องเปรียบเทียบกับตัวอย่างการปริวรรตซึ่งมีข้อความอยู่เป็นจำนวนมาก ดังนั้นผู้จัดทำจึงต้องค้นหา ซอฟแวร์สำหรับการเปรียบเทียบข้อความที่สามารถบอกความแตกต่างในระดับตัวอักษรได้

* 1. **การจัดเตรียมแหล่งข้อมูลไว้สำหรับการศึกษาและการทดสอบระบบ**

ผู้จัดทำได้ทำการจัดเตรียม จัดหาแหล่งข้อมูลและเก็บรวบรวมข้อมูลไว้สำหรับการศึกษาและการทดสอบระบบ ได้แก่ ตัวอย่างสำเนาเอกสารต้นฉบับภาษาสันสกฤต ตัวอย่างการปริวรรตอักษรภาษาสันสกฤตเป็นไทย โดยมีรายละเอียดต่อไป

* + 1. **แหล่งข้อมูลตัวอย่างสำเนาเอกสารต้นฉบับภาษาสันสกฤต**

ผู้จัดทำได้ทำการสืบค้นหาและเลือกแหล่งข้อมูลตัวอย่างสำเนาเอกสารต้นฉบับภาษาสันสกฤต เพื่อใช้ทดสอบการปริวรรต และใช้ประกอบการศึกษา โดยมีเงื่อนไขคือ เป็นข้อมูล ที่จัดเก็บเป็นข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ชนิด TEXT มีข้อมูลจัดเรียงกันเป็นหมวดหมู่และมีเอกสารอยู่หลากหลายชนิด โดยผู้จัดทำได้เลือกใช้แหล่งข้อมูลตัวอย่างสำเนาเอกสารต้นฉบับภาษาสันสกฤต จาก 2 แหล่ง เป็นแหล่งข้อมูลหลักในการศึกษาค้นคว้า ได้แก่

1. **Digital Sanskrit Buddhist Canon(DSBC)**

DSBC [1] ทำงานอยู่บนอินเตอร์เน็ตที่เว็บไซต์ www.dsbcproject.org โดยเป็นคลังเก็บข้อมูลเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ที่เกี่ยวกับพระพุทธศาสนาในภาษาสันสกฤตหรือปรากฤต โดยที่ DSBC เป็นโครงการที่ทำการถอดความภาษาสันสกฤตหรือปรากฤตจากต้นฉบับตัวเขียน (Manuscript) และจัดเก็บเป็นข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ชนิด TEXT เป็นตัวอักษรเทวนาครีและตัวอักษรโรมันแบบ IAST โครงการ DSBC เป็นโครงการของมหาวิทยาลัยออฟเดอะเวสต์ (University of the West) รัฐแคลิฟอร์เนีย สหรัฐอเมริกา

1. **Göttingen Register of Electronic Texts in Indian Languages(GRETIL)**

GRETIL [1] ทำงานอยู่บนอินเตอร์เน็ตที่เว็บไซต์ gretil.sub.uni-goettingen.de โดยเป็นคลังเก็บข้อมูลเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ในสาขาภารตวิทยา (Indology) โดยมีเอกสารทั้งภาษาสันสกฤต ปรากฤตและภาษาอินเดียอื่นๆ จากแหล่งข้อมูลจากในอินเดีย เอเชียกลาง และเอเชียตะออกเฉียงใต้ GRETIL เป็นโครงการของห้องสมุดกลางแห่งรัฐนีเดอร์ซัคเซินและมหาวิทยาลัยเกิททิงเงิน\* สหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี

*\*หมายเหตุ ห้องสมุดกลางแห่งรัฐนีเดอร์ซัคเซินและมหาวิทยาลัยเกิททิงเงิน ใช้ชื่อภาษาอังกฤษ: Göttingen State and University Library ภาษาเยอรมัน: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen หรือเรียกโดยย่อว่า SUB Göttingen[2]*

*มหาวิทยาลัยเกิททิงเงิน ใช้ชื่อในภาษาอังกฤษ : University of Göttingen ภาษาเยอรมัน :* *Georg-August-Universität Göttingen[3]*

* + 1. **ตัวอย่างการปริวรรตอักษรภาษาสันสกฤตเป็นไทย**

ผู้จัดทำได้รวบรวมตัวอย่างการปริวรรตอักษรภาษาสันสกฤตเป็นอักษรไทย เพื่อไว้ทำการศึกษาเปรียบเทียบ ถอดกฎการปริวรรต และทดสอบระบบเพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ ตัวอย่างการปริวรรตส่วนหนึ่งมาจากภาคผนวกของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในด้านภาษาสันสกฤตและจากแหล่งข้อมูลออนไลน์ โดยมากเป็นงานที่ปริวรรตมาจากต้นฉบับอักษรเทวนาครี บางส่วนนั้นไม่แสดงข้อความต้นฉบับ ผู้จัดทำจำเป็นต้องหาต้นฉบับในแหล่งข้อมูลข้างต้น ตัวอย่างการปริวรรตอักษรภาษาสันสกฤตเป็นไทยที่ผู้จัดทำนำมาเป็นแนวทางหลักแบ่งเป็น 2 ประเภทได้แก่

1. **ตัวอย่างการปริวรรตอักษรภาษาสันสกฤตเป็นไทยแบบคงรูปหรือแบบแผน**

ผู้จัดทำใช้ตัวอย่างการปริวรรตอักษรภาษาสันสกฤตเป็นไทยแบบคงรูปหรือแบบแผน จาก 5 คัมภีร์เป็นแนวทางหลัก แต่ละคัมภีร์มีที่มาดังต่อไปนี้

* 1. **คัมภีร์มูลสรวาสติวาทวินยวัสตุ จีวรวัสตุและกรรมวัสตุ**

จากภาคผนวก ก ปริวรรตอักษรไทยของจีวรวสฺตุและกรฺมวสฺต ในวิทยานิพนธ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร ปี 2552 เรื่องการศึกษาเปรียบเทียบคัมภีร์มูลสรวาสติวาทวินยวัสตุกับพระวินัยปิฎก ศึกษาเฉพาะกรณีจีวรวัสตุและกรรมวัสตุ โดย พระมหาฉัตร ชัยมูลสาร[]

* 1. **คัมภีร์ทิวยาวทาน**

จากภาคผนวก ข บทปริวรรตทิวยาวทาน ในวิทยานิพนธ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากรปี 2556 เรื่องการศึกษาวิเคราะห์คัมภีร์ทิวยาวทานเรื่องที่ 1-19 โดย นางสาวปัทมา นาควรรณ[1]

* 1. **คัมภีร์โพธิจรรยาวตาร**

จากภาคผนวก ก คัมภีร์โพธิจรรยาวตาร ฉบับปริวรรต ในวิทยานิพนธ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร ปี 2549 เรื่อง การศึกษาเชิงวิเคราะห์คัมภีร์โพธิจรรยาวตาร โดย พระมหาวิชาญ กำเหนิดกลับ[2]

* 1. **คัมภีร์มูลมัธยมกการิกา**

จากภาคผนวก ก คัมภีร์มูลมัธยมกการิกา ฉบับปริวรรต ในวิทยานิพนธ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปี 2554 เรื่อง การศึกษาเชิงวิเคราะห์การใช้เหตุผลแบบวิภาษวิธีในคัมภีร์มูลมัธยมกการิกา โดย นายกฤษฎา ภูมิศิริรักษ์[3]

* 1. **คัมภีร์ภควัทคีตา**

จากหนังสือภควัทคีตา(ฉบับโศลก )เกียรติขจร ชัยเธียร[4]

* 1. **คัมภีร์วัชรเฉทิกปรัชญาปารมิตาสูตร ฉบับอักษรไทย**

จาก Internet Archive: Digital Library โดย กรกิจ ดิษฐาน []

1. **ตัวอย่างการปริวรรตอักษรภาษาสันสกฤตเป็นไทยแบบปรับรูปหรือแบบทั่วไป**

เนื่องจากเอกสารประเภทนี้มีอยู่น้อยมาก และไม่ค่อยแพร่หลายเนื่องจากมีผู้ปริวรรตน้อยมาก ไม่ได้รับความนิยมเท่าภาษาบาลีที่มีผู้ปริวรรตเป็นบทสวดมนต์สำหรับบุคคลทั่วไปอยู่เป็นจำนวนมาก หรือหากพบก็พบเป็นข้อความหรือบทสั้นๆ ที่บุคคลทั่วที่สนใจปริวรรตกันขึ้นเองซึ่งปรากฏในสังคมออนไลน์และเว็บบอร์ดในกลุ่มที่สนใจในภาษาและวรรณคดีสันสกฤต กลุ่มที่สนใจหรือนับถือศาสนาพราหมณ์-ฮินดูและกลุ่มที่สนใจ ศาสนาพุทธแบบมหายาน ซึ่งส่วนมากก็เป็นในลักษณะการถอดเสียงไม่ใช่การปริวรรตอักษร ดังนั้นผู้จัดทำจึงใช้วิธีการ ใช้เอกสารที่เป็นบทสวดมนต์ภาษาบาลีที่มีอยู่ทั่วไปประกอบเข้าบางส่วนแต่ในที่นี้จะไม่กล่าวถึง

ส่วนเอกสารการปริวรรตประเภทนี้ที่ผู้จัดทำนำมาเป็นตัวอย่างเปรียบเทียบนั้นเป็นเอกสารที่เป็นผลงานการปริวรรตของคุณ กรกิจ ดิษฐาน ผู้ช่วยบรรณาธิการต่างประเทศและกีฬา หนังสือพิมพ์ M2F(2559) [] ที่เผยแพร่ในอินเตอร์เน็ต ผู้จัดทำใช้ตัวอย่างการปริวรรตอักษรภาษาสันสกฤตเป็นไทยแบบปรับรูปหรือแบบทั่วไป 3 ตัวอย่างดังต่อไปนี้

* 1. **คัมภีร์ลลิตวิสตระ อัธยายที่ 26 ธรรมจักรประวรรตนสูตร**

จากห้องสมุดเสรีออนไลน์ วิกิซอร์ซ โดย กรกิจ ดิษฐาน []

* 1. **คัมภีร์วัชรเฉทิกปรัชญาปารมิตาสูตร ฉบับคำอ่านอักษรไทย**

จาก Internet Archive: Digital Library โดย กรกิจ ดิษฐาน []

* 1. **คัมภีร์ปรัชญาปารมิตาหฤทัยสูตร**

จากสารานุกรมเสรีออนไลน์ วิกิพีเดีย โดย กรกิจ ดิษฐาน []

* 1. **การวิเคราะห์ข้อมูล กำหนดภาพรวมของงาน เลือกรูปแบบการพัฒนา**

ผู้จัดทำได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาได้และกำหนดภาพรวมของงาน นำข้อมูลที่วิเคราะห์ได้มา เลือกรูปแบบการพัฒนาและเทคโนโลยี ให้เหมาะสม โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

* + 1. **สรุปวิธีการปริวรรตอักษรที่จะนำมาพัฒนา**

เนื่องจากกฎการปริวรรตอักษรภาษาสันสกฤตแบบอักษรโรมันเป็นอักษรไทยที่รวบรวมมานั้นบางส่วนมีความแตกต่างในการปริวรรตอยู่มาก อาจมีกฎอื่นๆที่ใช้กันแต่ผู้จัดทำยังรวบรวมมาไม่หมด หรือไม่กฎเหล่านั้นก็ยังคลุมเครืออยู่ยังไม่มีแนวทางหลักในการปริวรรตโดยเฉพาะการปริวรรตแบบปรับรูปมีปัญหามากที่สุด และเพื่อการพัฒนาให้เหมาะสมกับข้อจำกัดทางเวลา ผู้จัดทำจัดเป็นไปได้ยากที่จะจัดทำได้ครบทุกกฎ ดังนั้นจึงเลือกกฎจากทฤษฎีการปริวรรตอักษรภาษาสันสกฤตแบบอักษรโรมันเป็นอักษรไทยดังสรุปได้ต่อไปนี้

**วิธีการปริวรรตเป็นอักษรไทยแบบคงรูป หรือ แบบแผน**

* 1. การถอดรูปพยัญชนะ สระ เครื่องหมาย ตัวเลข หากมีวิธีเดียวให้ใช้ให้ใช้วิธีนั้น(อ้างอิงในบทที่ 2)
  2. ในกรณีถอดรูปพยัญชนะอักษรโรมันที่ประสมด้วยสระ ṛ ṝ ḷ ḹ (ฤ ฤๅ ฦ ฦๅ) มี 2 วิธี ให้ใช้ แบบไม่ใส่พินทุ
  3. รูปเครื่องหมายจันทรพินทุหรืออนุนาสิกะ มี 3 วิธี ให้ใช้ แบบไม้หันอากาศและมีนิคหิตข้างบน
  4. รูปเครื่องหมายวิสรรคะ มี 2 วิธี ให้ใช้ แบบวิสรรชนีย์ (ะ)
  5. รูปเครื่องหมายอวครหะ ไม่ถอดใช้ตามเดิม
  6. รูปเครื่องหมาย ทัณฑะและทวิทัณฑะ ถอดเป็น ฯ (อังคั่นเดี่ยว) ๚ (อังคั่นคู่)
  7. การถอดรูปพยัญชนะสังโยค หรือ พยัญชนะสังยุกต์ ถอดเฉพาะชุดพยัญชนะอักษรโรมัน ที่เป็นพยัญชนะสังโยคซ้อนหรือควบพยัญชนะโรมัน r (รูปพยัญชนะ ร)

**วิธีการปริวรรตเป็นอักษรไทยแบบปรับรูป หรือ แบบทั่วไป**

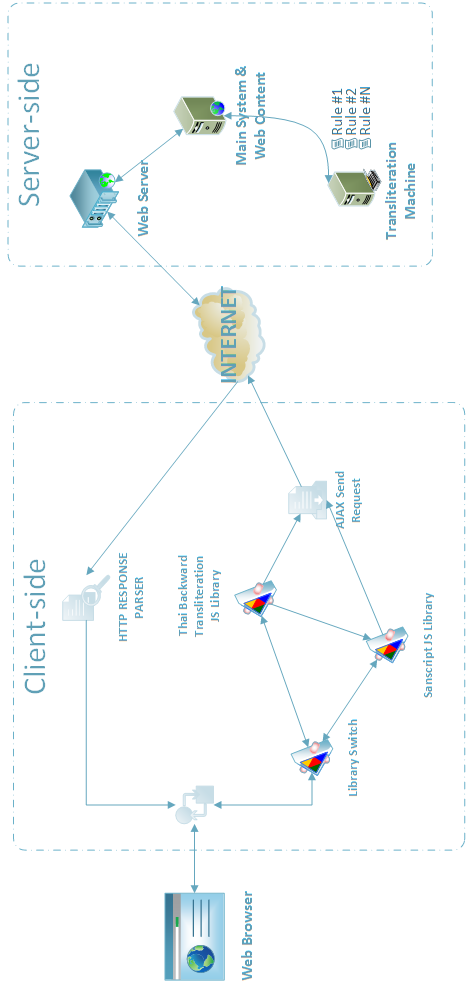
* 1. การถอดรูปพยัญชนะ สระ เครื่องหมาย ตัวเลข หากมีวิธีเดียวให้ใช้ให้ใช้วิธีนั้น(อ้างอิงในบทที่ 2)
  2. กรณี ร-เรผะ (รฺ) คือพยัญชนะอักษรโรมันประสมกับสระ a (รูปสระ อะ) ตามด้วยพยัญชนะอักษรโรมันตัว r ที่ไม่มีสระอักษรโรมันกำกับหรือตามมา (ar) มี 2 วิธี ให้ใช้ แบบ ร- หัน
  3. กรณีพยัญชนะอักษรโรมันประสมกับสระ a (รูปสระ อะ) ตามด้วยพยัญชนะอักษรโรมันตัว v ที่ไม่มีสระอักษรโรมันกำกับหรือตามมา (av) มี 2 วิธี ให้ใช้ แบบ วิสรรชนีย์
  4. กรณีพยัญชนะอักษรโรมันประสมกับสระ a (รูปสระ อะ) ตามด้วยพยัญชนะอักษรโรมันตัว h ที่ไม่มีสระอักษรโรมันกำกับหรือตามมา (ah) มี 2 วิธี ให้ใช้ แบบ ตัดทิ้ง
  5. ถอดรูปเครื่องหมายอนุสวาระและเครื่องหมายจันทรพินทุ พยัญชนะวรรคโรมันตามติดมา ให้ใช้ แบบมีการสนธิ
  6. ถอดรูปเครื่องหมายอนุสวาระและเครื่องหมายจันทรพินทุและมีพยัญชนะอวรรคโรมันที่เป็นอูษมะ ได้แก่ ś ṣ s h ตามติดมา ให้ใช้ แบบไม่มีการสนธิ
  7. รูปเครื่องหมายวิสรรคะ แบบ ห ใส่ทัณฑฆาต
  8. รูปเครื่องหมาย ทัณฑะและทวิทัณฑะ ถอดเป็น ฯ (อังคั่นเดี่ยว) ๚ (อังคั่นคู่)
  9. การถอดรูปพยัญชนะสังโยค หรือ พยัญชนะสังยุกต์ ที่ประสมกับรูปสระ e ai o au (รูปสระ เอ ไอ โอ เอา) ไม่มีแบบแน่นอน แต่ผู้จัดทำเห็นว่าสมควรว่าใช้แบบคงรูปคือ ถอดเฉพาะชุดพยัญชนะอักษรโรมัน ที่เป็นพยัญชนะสังโยคซ้อนหรือควบพยัญชนะโรมัน r (รูปพยัญชนะ ร)
     1. **สรุปแนวทางและโมเดลที่จะนำมาพัฒนา**

ในการเลือกแนวทางการปริวรรตอักษร(Machine Transliteration Approaches)เนื่องการศึกษาค้นคว้าจนได้รูปแบบกฎเกณฑ์การปริวรรต ผู้จัดทำจึงเลือกการปริวรรตอักษรด้วยเครื่องแบบใช้ฐานกฎ (Rule-based Approach)และในการเลือกโมเดลการปริวรรตอักษรด้วยเครื่อง (Machine Transliteration Models) ผู้จัดทำได้พิจารณาเห็นว่า ตัวอักษรโรมันแบบ IAST กับอักษรไทยนั้นครบคู่กัน อาจจะมาจากสาเหตุที่ไทยได้รับอิทธิพลภาษาสันสกฤตอย่างมาก ถึงแม้ว่าอักษรไทยบางตัวออกเสียงไม่เหมือนเสียทีเดียว แต่มองในรูปศัพท์แล้วจะให้ความหมายเดียวกัน ผู้จัดทำจึงเลือก โมเดลแบบใช้ตัวอักษร (Grapheme Based Model) ในการพัฒนา

* + 1. **สรุปเทคโนโลยีที่ช่วยพัฒนาส่วนเสริมการปริวรรตและการทดสอบ**

ไลบรารี่การปริวรรตชุดอักษรอินเดียเป็นอักษรโรมันมาตรฐานต่างๆ นั้นผู้จัดทำเลือกไลบรารี่ Sanscript [10],[11] เป็นไลบรารี่จาวาสคริปท์ที่สามารถทำการปริวรรตอักษรภาษาสันสกฤต อักษรอินเดียหลากหลายตัวอักษรให้เป็นอักษรโรมันมาตรฐานต่างๆ และสามารถแปลงไปกลับได้(Forward And Backward Transliteration) แม้ว่า Sanscript มุ่งเน้นการปริวรรตอักอักษรในภาษาสันสกฤต แต่ก็ยังสนับสนุนการปริวรรตสำหรับภาษาอินเดียอื่น ๆ อีกด้วยและยังสามารถติดตั้งและเรียกใช้งานโดยง่าย สำหรับซอฟแวร์สำหรับการเปรียบเทียบข้อความ ผู้จัดทำเลือก Pretty Diff v2.0.0 []ที่สามารถเปรียบเทียบข้อความเป็นจำนวนมากได้และสามารถเปรียบเทียบข้อความที่สามารถบอกความแตกต่างในระดับตัวอักษร พร้อมทั้งออกรายงานได้

* + 1. **สรุปภาพรวมของงาน**



* 1. **การออกแบบและกำหนด กฎ (Rule-based) ขั้นตอนวิธี (Algorithm)**

ผู้จัดทำได้ทำการออกแบบและกำหนด กฎ (Rule-based) ขั้นตอนวิธี (Algorithm) ในการปริวรรตอักษรกฎ (Rule-based) วิธีการปริวรรตเป็นอักษรไทยแบบคงรูป หรือ แบบแผน

* + 1. **กำหนดกฎการปริวรรตอักษรไทยแบบคงรูป**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **ลำดับ** | **ชื่อกฎ** | **หน้าที่** |
| 1. | RomanChandrabinduToSingle | เปลี่ยนเครื่องหมายจันทรพินทุให้เป็นแบบตัวเดียว |
| 2. | RomanNumberAndPunctuate | เปลี่ยนตัวเลขและเครื่องหมายวรรคตอน |
| 3. | RomanMixConsonant | เปลี่ยนพยัญชนะโรมันแบบตัวผสม |
| 4. | RomanMixVowel | เปลี่ยนสระโรมันแบบตัวผสม |
| 5. | RomanSingleConsonant | เปลี่ยนพยัญชนะโรมันแบบตัวเดี่ยว |
| 6. | RomanSingleVowel | เปลี่ยนสระโรมันแบบตัวเดี่ยว |
| 7. | Bindu | ใส่จุดพินทุให้พยัญชนะไทย |
| 8. | ThaiVowelInFist | เปลี่ยนสระกรณีอยู่ต้นคำ โดยการเติมรูปพยัญชนะ อ ผสมเข้าไป |
| 9. | ThaiVowelPrefix | เลื่อนสระที่เป็นสระหน้าไปหน้าพยัญชนะ |
| 10. | ARemove | ลบสระ A |
| 11. | SwapAnusvaraAndChandrabindu | เลื่อนเครื่องหมายอนุสาวระอักษรไทยและจันทรพินทุอักษรโรมันไปข้างหน้ากรณีอยู่หลัง ลากข้าง(า) |
| 12. | Chandrabindu | แปลงเครื่องหมายจันทรพินทุ |
| 13. | ThaiAAInFist |  |

* + 1. **ขั้นตอนวิธีของกฎการปริวรรตอักษรไทยแบบคงรูป**

ขั้นตอนวิธีของกฎการปริวรรตอักษรไทยแบบคงรูป มีข้อกำหนดสัญลักษณ์ดังนี้

|  |  |
| --- | --- |
| **สัญลักษณ์** | **ชุดข้อมูลหรือการทำงาน** |
| **RNP**(Roman Number and Punctuate) | {0,1 ,2 ,3 ,4 ,5 ,6 ,7 ,8 ,9 ,॥,।} |
| **TNP**(Thai Number and Punctuate) | {๐, ๑, ๒, ๓, ๔, ๕, ๖, ๗, ๘, ๙, ๚, ฯ} |
|  |  |
| **RS**(X,Y,Z)  Replace String | X คือค่าพารามิเตอร์ที่เป็นตัวอักษรที่จะเปลี่ยน Y คือค่าพารามิเตอร์ที่เป็นตัวอักษรที่ไปแทนที่  Z คือค่าพารามิเตอร์ที่เป็นข้อความ  RT() คือฟังก์ชั่นการการแทนที่ตัวอักษร X ในข้อความ Zทั้งหมดด้วยตัวอักษร Y เช่น  X = C , Y = R , Z = CAT ดังนั้น RS(X,Y,Z) = RAT |
| **RSA** (X,Y,Z)  Replace String with Array | X คือค่าพารามิเตอร์ที่เป็นชุดตัวอักษรที่จะเปลี่ยน  Y คือค่าพารามิเตอร์ที่เป็นชุดตัวอักษรที่ไปแทนที่  X และ Y ต้องมีสมาชิกจำนวนเท่ากัน  Z คือค่าพารามิเตอร์ที่เป็นข้อความ  RCA() คือฟังก์ชั่นการการแทนที่ชุดตัวอักษร X ในข้อความ Z ทั้งหมดด้วยชุดตัวอักษร Y เช่น X คือพารามิเตอร์ของชุดข้อมูลที่จะ  X = {A,B} , Y = {APP,L} , Z = ABE เช่น ดังนั้น RSA(X,Y,Z) = APPLE |

กฎที่ 1. RomanChandrabinduToSingle

รับข้อความมา

1. START
2. READ input
3. output = RS(‘m̐’ , ‘ṁ', input)
4. RETURN output
5. END

กฎที่ 2. RomanNumberAndPunctuate

1. START
2. READ input
3. output = **RSA**(**RNP** , **TNP**, input)
4. RETURN output
5. END

กฎที่ 3. RomanMixConsonant

1. START
2. READ input
3. output = **RSA**(**RNP** , **TNP**, input)
4. RETURN output
5. END

กฎที่ 4. RomanMixVowel

1. START
2. READ input
3. output = **RSA**(**RNP** , **TNP**, input)
4. RETURN output
5. END

กฎที่ 5. RomanSingleConsonant

1. START
2. READ input
3. output = **RSA**(**RNP** , **TNP**, input)
4. RETURN output
5. END

กฎที่ 6. RomanSingleVowel

1. START
2. READ input
3. output = **RSA**(**RNP** , **TNP**, input)
4. RETURN output
5. END

กฎที่ 7. Bindu

1. START
2. READ input
3. output = **RSA**(**RNP** , **TNP**, input)
4. RETURN output
5. END

กฎที่ 8. ThaiVowelInFist

1. START
2. READ input
3. output = **RSA**(**RNP** , **TNP**, input)
4. RETURN output
5. END

กฎที่ 9. ThaiVowelPrefix

1. START
2. READ input
3. output = **RSA**(**RNP** , **TNP**, input)
4. RETURN output
5. END

กฎที่ 10. ARemove

1. START
2. READ input
3. output = **RSA**(**RNP** , **TNP**, input)
4. RETURN output
5. END

กฎที่ 11. SwapAnusvaraAndChandrabindu

1. START
2. READ input
3. output = **RSA**(**RNP** , **TNP**, input)
4. RETURN output
5. END

กฎที่ 12. Chandrabindu

1. START
2. READ input
3. output = **RSA**(**RNP** , **TNP**, input)
4. RETURN output
5. END

กฎที่ 13. ThaiAAInFist

1. START
2. READ input
3. output = **RSA**(**RNP** , **TNP**, input)
4. RETURN output
5. END
   * 1. **กำหนดกฎการปริวรรตอักษรไทยแบบปรับรูป**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **ลำดับ** | **ชื่อกฎ** | **หน้าที่** |
| 1. | AvagarahaRemove |  |
| 2. | RomanChandrabinduToSingle |  |
| 3. | Number |  |
| 4. | RomanizeMixConsonant |  |
| 5. | RomanizeMixVowel |  |
| 6. | RomanizeSingleConsonant |  |
| 7. | RomanizeSingleVowel |  |
| 8. | AnusvaraAndChandrabindu |  |
| 9. | ThaiVowelInFist |  |
| 10. | ThaiVisarga |  |
| 11. | ThaiVowelPrefix |  |
| 12. | ThaiAAInFist |  |
| 13. | convertAE |  |
| 14. | convertAO |  |

* + 1. **ขั้นตอนวิธีของกฎการปริวรรตอักษรไทยแบบปรับรูป**

ขั้นตอนวิธี (Algorithm) ในการปริวรรตอักษร ผู้จัดทำได้ออกแบบไว้ 3 วิธี

วิธีที่ 1. รับตัวอักษรต้นฉบับอักษรโรมันทำการปริวรรตทั้งข้อความ

1. START
2. READ roman text
3. thai text = TRANSLITERATION (roman text)
4. RETURN thai text
5. END

ขั้นตอนวิธี (Algorithm) ในการปริวรรตอักษร ผู้จัดทำได้ออกแบบไว้ 3 วิธี

วิธีที่ 1. รับตัวอักษรต้นฉบับอักษรโรมันทำการปริวรรตทั้งข้อความ

1. START
2. READ roman text
3. thai text = TRANSLITERATION (roman text)
4. RETURN thai text
5. END

ขั้นตอนวิธี (Algorithm) ในการปริวรรตอักษร ผู้จัดทำได้ออกแบบไว้ 3 วิธี

วิธีที่ 1. รับตัวอักษรต้นฉบับอักษรโรมันทำการปริวรรตทั้งข้อความ

1. START
2. READ roman text
3. thai text = TRANSLITERATION (roman text)
4. RETURN thai text
5. END

ขั้นตอนวิธี (Algorithm) ในการปริวรรตอักษร ผู้จัดทำได้ออกแบบไว้ 3 วิธี

วิธีที่ 1. รับตัวอักษรต้นฉบับอักษรโรมันทำการปริวรรตทั้งข้อความ

1. START
2. READ roman text
3. thai text = TRANSLITERATION (roman text)
4. RETURN thai text
5. END

ขั้นตอนวิธี (Algorithm) ในการปริวรรตอักษร ผู้จัดทำได้ออกแบบไว้ 3 วิธี

วิธีที่ 1. รับตัวอักษรต้นฉบับอักษรโรมันทำการปริวรรตทั้งข้อความ

1. START
2. READ roman text
3. thai text = TRANSLITERATION (roman text)
4. RETURN thai text
5. END

ขั้นตอนวิธี (Algorithm) ในการปริวรรตอักษร ผู้จัดทำได้ออกแบบไว้ 3 วิธี

วิธีที่ 1. รับตัวอักษรต้นฉบับอักษรโรมันทำการปริวรรตทั้งข้อความ

1. START
2. READ roman text
3. thai text = TRANSLITERATION (roman text)
4. RETURN thai text
5. END

ขั้นตอนวิธี (Algorithm) ในการปริวรรตอักษร ผู้จัดทำได้ออกแบบไว้ 3 วิธี

วิธีที่ 1. รับตัวอักษรต้นฉบับอักษรโรมันทำการปริวรรตทั้งข้อความ

1. START
2. READ roman text
3. thai text = TRANSLITERATION (roman text)
4. RETURN thai text
5. END

ขั้นตอนวิธี (Algorithm) ในการปริวรรตอักษร ผู้จัดทำได้ออกแบบไว้ 3 วิธี

วิธีที่ 1. รับตัวอักษรต้นฉบับอักษรโรมันทำการปริวรรตทั้งข้อความ

1. START
2. READ roman text
3. thai text = TRANSLITERATION (roman text)
4. RETURN thai text
5. END

ขั้นตอนวิธี (Algorithm) ในการปริวรรตอักษร ผู้จัดทำได้ออกแบบไว้ 3 วิธี

วิธีที่ 1. รับตัวอักษรต้นฉบับอักษรโรมันทำการปริวรรตทั้งข้อความ

1. START
2. READ roman text
3. thai text = TRANSLITERATION (roman text)
4. RETURN thai text
5. END

ขั้นตอนวิธี (Algorithm) ในการปริวรรตอักษร ผู้จัดทำได้ออกแบบไว้ 3 วิธี

วิธีที่ 1. รับตัวอักษรต้นฉบับอักษรโรมันทำการปริวรรตทั้งข้อความ

1. START
2. READ roman text
3. thai text = TRANSLITERATION (roman text)
4. RETURN thai text
5. END

ขั้นตอนวิธี (Algorithm) ในการปริวรรตอักษร ผู้จัดทำได้ออกแบบไว้ 3 วิธี

วิธีที่ 1. รับตัวอักษรต้นฉบับอักษรโรมันทำการปริวรรตทั้งข้อความ

1. START
2. READ roman text
3. thai text = TRANSLITERATION (roman text)
4. RETURN thai text
5. END

ขั้นตอนวิธี (Algorithm) ในการปริวรรตอักษร ผู้จัดทำได้ออกแบบไว้ 3 วิธี

วิธีที่ 1. รับตัวอักษรต้นฉบับอักษรโรมันทำการปริวรรตทั้งข้อความ

1. START
2. READ roman text
3. thai text = TRANSLITERATION (roman text)
4. RETURN thai text
5. END

ขั้นตอนวิธี (Algorithm) ในการปริวรรตอักษร ผู้จัดทำได้ออกแบบไว้ 3 วิธี

วิธีที่ 1. รับตัวอักษรต้นฉบับอักษรโรมันทำการปริวรรตทั้งข้อความ

1. START
2. READ roman text
3. thai text = TRANSLITERATION (roman text)
4. RETURN thai text
5. END

ขั้นตอนวิธี (Algorithm) ในการปริวรรตอักษร ผู้จัดทำได้ออกแบบไว้ 3 วิธี

วิธีที่ 1. รับตัวอักษรต้นฉบับอักษรโรมันทำการปริวรรตทั้งข้อความ

1. START
2. READ roman text
3. thai text = TRANSLITERATION (roman text)
4. RETURN thai text
5. END

ขั้นตอนวิธี (Algorithm) ในการปริวรรตอักษร ผู้จัดทำได้ออกแบบไว้ 3 วิธี

วิธีที่ 1. รับตัวอักษรต้นฉบับอักษรโรมันทำการปริวรรตทั้งข้อความ

1. START
2. READ roman text
3. thai text = TRANSLITERATION (roman text)
4. RETURN thai text
5. END

วิธีที่ 2. รับตัวอักษรต้นฉบับอักษรโรมันทำการปริวรรตที่ละบรรทัด

1. START
2. READ roman text
3. FOR each line of the roman text
4. thai text = thai text + TRANSLITERATION (line)
5. ENDFOR
6. RETURN thai text
7. END

วิธีที่ 3. รับตัวอักษรต้นฉบับอักษรโรมันทำการปริวรรตที่ละคำในแต่ละบรรทัด

1. START
2. READ roman text
3. FOR each line of the roman text
4. FOR each word of the line
5. thai text = thai text + TRANSLITERATION (word)
6. ENDFOR
7. ENDFOR
8. RETURN thai text
9. END
   1. **การพัฒนาตัวต้นแบบการปริวรรตอักษร (Prototype)**

ผู้จัดทำได้ทำการพัฒนาตัวต้นแบบการปริวรรตอักษร (Prototype) เพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้และการพิสูจน์แนวคิดของการพัฒนาส่วนตัวปริวรรตอักษร(POC: Proof-of-Concept) ว่าระบบจะสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องและตรงความต้องการหรือไม่ โดยผู้จัดทำได้ทำการพัฒนาโดยใช้ภาษา JAVA ทำการโปรแกรมให้ผลลัพธ์ออกมาในรูปแบบ Console Command โดยเลือกทำเฉพาะส่วนที่ประเมินว่ามีความยากในการพัฒนามากที่สุดคือ การปริวรรตอักษรแบบปรับรูป หรือ แบบทั่วไป โดยทดสอบใช้กฎ 7 กฎ อีกทั้งการทำตัวต้นแบบนี้ยังเพื่อพิสูจน์ขั้นตอนวิธี (Algorithm) ในการปริวรรตอักษร 3 วิธีที่ออกแบบไว้ก่อนหน้าว่า ขั้นตอนวิธีใดมีประสิทธิภาพมากที่สุด เพื่อเลือกเอาไปพัฒนาต่อไป

รูปที่ 2.5 ผลลัพธ์หลังจากการพัฒนาตัวต้นแบบการปริวรรตอักษร (Prototype)

หลังจากการพัฒนาตัวต้นแบบการปริวรรตอักษร (Prototype) ผลคือมีความเป็นไปได้ในการพัฒนา และเห็นแนวทางการพัฒนาในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 2.2 การเปรียบเทียบรูปพยัญชนะวรรค

|  |  |
| --- | --- |
| **ขั้นตอนวิธีในการปริวรรตอักษร** | **เวลาที่ใช้โดยเฉลี่ย(วินาที)** |
| วิธีที่ 1. ทำการปริวรรตทั้งข้อความ | 9.86 |
| วิธีที่ 2. ทำการปริวรรตที่ละบรรทัด | 0.61 |
| วิธีที่ 3. ทำการปริวรรตที่ละคำในแต่ละบรรทัด | 0.76 |



รูปที่ 2.5 ผลลัพธ์หลังจากการพัฒนาตัวต้นแบบการปริวรรตอักษร (Prototype)

หลังจากพิสูจน์ขั้นตอนวิธี (Algorithm) ในการปริวรรตอักษร 3 วิธีที่ออกแบบไว้ โดยทดสอบกับตัวอักษรโรมันต้นฉบับ จำนวน 34,769 ตัวอักษร ขั้นตอนวิธีมีประสิทธิภาพมากที่สุด คือ วิธีที่ 2. การปริวรรตที่ละบรรทัด มีเวลาที่ใช้โดยเฉลี่ยจากการ execute 5 ครั้งที่น้อยที่สุด ผลลัพธ์ตามตารางที่

ตารางที่ 2.2 การเปรียบเทียบรูปพยัญชนะวรรค

|  |  |
| --- | --- |
| **ขั้นตอนวิธีในการปริวรรตอักษร** | **เวลาที่ใช้โดยเฉลี่ย(วินาที)** |
| วิธีที่ 1. ทำการปริวรรตทั้งข้อความ | 9.86 |
| วิธีที่ 2. ทำการปริวรรตที่ละบรรทัด | 0.61 |
| วิธีที่ 3. ทำการปริวรรตที่ละคำในแต่ละบรรทัด | 0.76 |

* 1. **การพัฒนาส่วนตัวปริวรรตอักษร(Transliteration Machine)**

ผู้จัดทำได้ทำการพัฒนาส่วนตัวปริวรรตอักษร(Transliteration Machine) ให้สามารถทำงานได้ตามกฎ (Rule-based) และขั้นตอนวิธี (Algorithm) ที่ได้ออกแบบไว้ อีกทั้งทำการทดสอบ ตรวจสอบผลลัพธ์ ภายใต้คำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญภาษาสันสกฤต

* 1. **การพัฒนาส่วนต่อผู้ใช้งาน(User Interface)**

ผู้จัดทำได้ทำการพัฒนาส่วนต่อผู้ใช้งาน(User Interface) ที่ไว้สำหรับสำหรับในการป้อนอักษรต้นฉบับจากผู้ใช้ เพื่อส่งไปยังส่วนตัวปริวรรตอักษร(Transliteration Machine) เพื่อทำประมวลให้ได้ผลลัพธ์ออกมาแสดงและส่วนการแสดงการเปรียบเทียบตรวจสอบจากอักษรต้นฉบับกับอักษรผลลัพธ์จากการปริวรรต การพัฒนาส่วนต่อผู้ใช้งาน(User Interface) มีดังต่อไปนี้

1. **การทดสอบแบบแยกส่วน (Unit Testing)**

การออกแบบส่วนเชื่อมโยงกบผัู้ใช้ (User Interface)

การออกแบบส่วนเชื่อมโยงกับผูใช้ ้ คือ การออกแบบหน้าจอเพื่อรับขอม้ ูลและหน้าจอ

สาหรํ ับนาขํ อม้ ูลออกแสดงหรือออกรายงาน ซ่ึงมีรายละเอียดดงนั ้ี

การออกแบบ Screen Flow

การออกแบบ Screen Flow ของระบบสารสนเทศเพื่อการรับจองงานเครื่องเสียง สามารถ

แบ่งเป็นเมนูยอยได่ ด้ งนั ้ี





* 1. **การทดสอบและประเมินผลการใช้งานจากผู้เชี่ยวชาญภาษาสันสกฤต**

เพื่อให้ผลการทดสอบสามารถประเมินผลการดำเนินโครงการ ให้ความถูกต้องตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาโครงการเฉพาะเรื่อง จึงมีการกำหนดขอบเขตและออกแบบวิธีการทดสอบและประเมินผล ดังต่อไปนี้

* + 1. **การทดสอบการตัวปริวรรตอักษร**

การทดสอบการตัวปริวรรตอักษรเป็นขั้นตอนการทดสอบความถูกต้องของส่วนตัวปริวรรตอักษร ประกอบด้วย ชุดข้อมูลของการทดสอบ และวิธีการทดสอบ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. **ชุดข้อมูลของการทดสอบ**
   1. กรณีที่ใช้ในการทดสอบ(Test Case) โดยเป็นชุดข้อความผลลัพธ์ที่ถูกต้องและสามารถครอบคลุมกฎทั้งกรณีการปริวรรตแบบคงรูปและปรับรูป จำนวนอย่างละ 59 กรณี รวมเป็น 118 กรณี
   2. ตัวอย่างตัวอย่างการปริวรรต ผู้จัดทำได้เลือกหนึ่งในตัวอย่างการปริวรรตที่กล่าวมาก่อนแล้ว โดยเลือกที่มีเนื้อหาไม่มากไม่น้อยจนเกินไป และมีต้นฉบับที่เก็บอยู่ในรูปแบบ TEXT โดยตัวอย่างการปริวรรต ผู้จัดทำได้เลือกคือ
      1. ตัวอย่างการปริวรรตแบบคงรูป ใช้ คัมภีร์วัชรเฉทิกปรัชญาปารมิตาสูตร ฉบับอักษรไทย ขนาด 31,436 ตัวอักษร
      2. ตัวอย่างการปริวรรตแบบปรับรูป ใช้ คัมภีร์วัชรเฉทิกปรัชญาปารมิตาสูตร ฉบับคำอ่านอักษรไทย ขนาด 34,117 ตัวอักษร
   3. ตัวอย่างต้นฉบับ คัมภีร์วัชรเฉทิกปรัชญาปารมิตา อักษรโรมัน จากโครงการ DSBC (www.dsbcproject.org )
2. **วิธีการทดสอบความถูกต้อง**

วิธีการทดสอบความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้มาจาก ส่วนตัวปริวรรตอักษร มี 2 วิธีดังนี้

* 1. **การทดสอบแบบแยกส่วน (Unit Testing)**

การทดสอบแบบแยกส่วนนั้นจะใช้ PHPUnit (PHP Testing Framework) เป็นเครื่องมือในการตรวจสอบและทดสอบกฎ โดยใช้ชุดคำเป็นกรณีที่ใช้ทดสอบ(Test Case) 118 กรณี เพื่อทดสอบการทำงานของส่วนการปริวรรตว่า ผลลัพธ์ที่ออกมาตรงกับชุดคำดังกล่าวหรือไม่

* 1. **การทดสอบโดยการเปรียบเทียบกับตัวอย่างการปริวรรต**

การทดสอบโดยการเปรียบเทียบกับตัวอย่างการปริวรรต มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

* + 1. ใช้ตัวอย่างต้นฉบับ คัมภีร์วัชรเฉทิกปรัชญาปารมิตา อักษรโรมัน ทำการปริวรรตเป็นอักษรไทยแบบคงรูปและปรับรูป
    2. นำผลลัพธ์การปริวรรตอักษรไทยแบบคงรูป ไปเปรียบเทียบกับ คัมภีร์วัชรเฉทิกปรัชญาปารมิตาสูตร ฉบับอักษรไทย และ ผลลัพธ์การปริวรรตอักษรไทยแบบปรับรูป ไปเปรียบเทียบกับ คัมภีร์วัชรเฉทิกปรัชญาปารมิตาสูตร ฉบับคำอ่านอักษรไทย โดยใช้โปรแกรม Pretty Diff v2.0.0 เป็นโปรแกรมเปรียบเทียบเพื่อคำนวณหาอัตราความถูกต้องของส่วนตัวปริวรรตอักษร
    3. **ประเมินผลการใช้งานจากผู้เชี่ยวชาญภาษาสันสกฤต**