

## 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

#### 3.1. การศึกษาหลักการทฤษฎีและงานวิจัยรวมถึงเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง

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

##### 3.1.1. การศึกษาด้านทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

###### 1. ศึกษาลักษณะการปริวรรตอักษรภาษาสันสกฤตแบบอักษรโรมันเป็นอักษรไทย

เป็นการศึกษารวบรวมและสรุปแนวทางการปริวรรตอักษรภาษาสันสกฤตเป็นอักษรไทยในลักษณะต่างๆ จากตัวอย่างที่เกี่ยวกับการปริวรรตหรือภาษาสันสกฤตในงานวิจัยและเอกสารออนไลน์ อีกทั้ง

จากตัวอย่างที่ใช้กันในสังคมออนไลน์ที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับภาษาสันสกฤต และจากการสอบถามผู้เชี่ยวชาญด้านภาษาสันสกฤตอย่างไรก็ตามหลักการยังไม่เป็นกฎเกณฑ์ที่แน่นอนตายตัวบางตำราบางอาจารย์อาจจะแตกต่างกันไป หรือมีการปรับเปลี่ยนกันเล็กน้อย หรืออาจจะต้องอาศัยหลักการปริวรรตอักษรจากกลุ่มภาษาเดียวกันมีการปริวรรตที่เป็นแบบแผนและมาตรฐานอยู่แล้ว เช่น ภาษาบาลี ภาษาสันสกฤต และสามารถสรุปลักษณะการปริวรรตจากการศึกษาได้ดังนี้

1. การปริวรรตอักษรแบบคงรูป หรือ แบบแผน คือการปริวรรตอักษรแบบตรงตามรูปศัพท์เดิม โดยใช้เครื่องหมายพินทุด้วย เพื่อให้ถอดกลับเป็นอักษรโรมันหรืออักษรเทวนาครีได้ถูกต้อง และได้ลักษณะอักษรวิธีได้ใกล้เคียงกับคำเดิม
2. การปริวรรตอักษรแบบปรับรูป หรือ แบบทั่วไป คือหมายถึงการปริวรรตอักษรโดยปรับให้เข้ากับอักษรวิธีไทย เช่น โดยไม่ใช้พินทุ และเพิ่มวิสรรชนีย์หรือใส่เครื่องหมายทัณฑฆาต เพื่อให้อ่านได้ง่ายขึ้นและรูปคำกลมกลืนกับภาษาไทย จึงนิยมใช้การทับศัพท์อย่างง่าย

## 2. ศึกษาด้านทฤษฎีแนวทางการพัฒนาการปริวรรตอักษร

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

## 3. ศึกษางานวิจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง

ศึกษาทางด้านเทคนิคการปริวรรต หรือกระบวนการที่ใกล้เคียงกันในงานวิจัยที่ผ่านมา เพื่อหาวิธีที่เหมาะสมต่อการพัฒนาและสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับโครงการฉบับนี้

### 3.1.2. การศึกษาด้านเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง

ผู้จัดทำได้ทำการศึกษาและทำความเข้าใจเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ เครื่องมือพัฒนา ซอฟต์แวร์ ภาษาโปรแกรม ชุดไลบรารี ฟังก์ชัน เฟรมเวิร์ค ที่ช่วยพัฒนาส่วนเสริมการปริวรรตและสำหรับการทดสอบโดยมีรายละเอียดต่อไป

### 1. ไลบรารีการปริวรรตชุดอักษรอินเดียเป็นอักษรโรมันมาตรฐานต่างๆ

เพื่อเพิ่มความสามารถให้ระบบเพื่อรองรับอักษรต้นฉบับภาษาสันสกฤตให้หลากหลายยิ่งขึ้น ผู้จัดทำได้ค้นหาไลบรารีการปริวรรตชุดอักษรอินเดียเป็นอักษรโรมันมาตรฐานต่างๆ เนื่องจากมีซอฟต์แวร์และชุดไลบรารีอยู่หลายชุด โดยผู้ศึกษาจะเลือกได้เลือกชุดไลบรารี ที่เป็นโอเพนซอร์ส โดยสามารถทำการปริวรรตอักษรภาษาสันสกฤต อักษรอินเดียให้เป็นอักษรโรมันมาตรฐานต่างๆ และสามารถแปลงไปกลับได้ (Forward And Backward Transliteration) และทำการศึกษาวิธีใช้งานชุดไลบรารีนั้น

### 2. ซอฟต์แวร์สำหรับการเปรียบเทียบข้อความ

ในการทดสอบความถูกต้องของการแปลนั้น มีส่วนการเปรียบเทียบผลลัพธ์จากระบบ นั้นต้องเปรียบเทียบกับตัวอย่างการปริวรรตซึ่งมีข้อความอยู่เป็นจำนวนมาก ดังนั้นผู้จัดทำจึงต้องค้นหาซอฟต์แวร์สำหรับการเปรียบเทียบข้อความที่สามารถบอกความแตกต่างในระดับตัวอักษรได้

## 3.2. การจัดเตรียมแหล่งข้อมูลไว้สำหรับการศึกษาและการทดสอบระบบ

ผู้จัดทำได้ทำการจัดเตรียม จัดหาแหล่งข้อมูลและเก็บรวบรวมข้อมูลไว้สำหรับการศึกษาและการทดสอบระบบ ได้แก่ ตัวอย่างสำเนาเอกสารต้นฉบับภาษาสันสกฤต ตัวอย่างการปริวรรตอักษรภาษาสันสกฤตเป็นไทย โดยมีรายละเอียดต่อไปนี้

### 3.2.1. แหล่งข้อมูลตัวอย่างสำเนาเอกสารต้นฉบับภาษาสันสกฤต

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

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

DSBC [24] ทำงานอยู่บนอินเทอร์เน็ตที่เว็บไซต์ [www.dsbcproject.org](http://www.dsbcproject.org) โดยเป็นคลังเก็บข้อมูลเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ที่เกี่ยวกับพระพุทธศาสนาในภาษาสันสกฤตและปรากฤต โดยที่ DSBC เป็นโครงการที่ทำการถอดความภาษาสันสกฤตหรือปรากฤตจากต้นฉบับตัวเขียน (Manuscript) และจัดเก็บเป็นข้อมูล

อิเล็กทรอนิกส์ชนิด TEXT เป็นตัวอักษรเทวนาครีและตัวอักษรโรมันแบบ IAST โครงการ DSBC เป็นโครงการของมหาวิทยาลัยออฟ-เดอะเวสต์ (University of the West) รัฐแคลิฟอร์เนีย สหรัฐอเมริกา

## 2. Göttingen Register of Electronic Texts in Indian Languages (GRETIL)

GRETIL [25] ทำงานอยู่บนอินเทอร์เน็ตที่เว็บไซต์ [gretil.sub.uni-goettingen.de](http://gretil.sub.uni-goettingen.de) โดยเป็นคลังเก็บข้อมูลเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ในสาขาการศรัทธา (Indology) โดยมีเอกสารทั้งภาษาสันสกฤต ปรากฤตและภาษาอินเดียอื่นๆ จากแหล่งข้อมูลจากในอินเดีย เอเชียกลาง และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ GRETIL เป็นโครงการของห้องสมุดกลางแห่งรัฐนีเดอร์ซัคเซินและมหาวิทยาลัยเกิททิงเงิน\* สหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี

\*หมายเหตุ ห้องสมุดกลางแห่งรัฐนีเดอร์ซัคเซินและมหาวิทยาลัยเกิททิงเงิน ใช้ชื่อภาษาอังกฤษ:

*Göttingen State and University Library ภาษาเยอรมัน: Niedersächsische Staats- und*

*Universitätsbibliothek Göttingen หรือเรียกโดยย่อว่า SUB Göttingen*

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

### 3.2.2. ตัวอย่างการปริวรรตอักษรภาษาสันสกฤตเป็นไทย

ผู้จัดทำได้รวบรวมตัวอย่างการปริวรรตอักษรภาษาสันสกฤตเป็นอักษรไทย เพื่อไว้ทำการศึกษาเปรียบเทียบ ถอดกฎการปริวรรต และทดสอบระบบเพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ ตัวอย่างการปริวรรตส่วนหนึ่งมาจากภาคผนวกของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในด้านภาษาสันสกฤตและจากแหล่งข้อมูลออนไลน์ โดยมากเป็นงานที่ปริวรรตมาจากต้นฉบับอักษรเทวนาครี บางส่วนนั้นไม่แสดงข้อความต้นฉบับ ผู้จัดทำจำเป็นต้องหาต้นฉบับในแหล่งข้อมูลข้างต้น ตัวอย่างการปริวรรตอักษรภาษาสันสกฤตเป็นไทยที่ผู้จัดทำนำมาเป็นแนวทางหลักแบ่งเป็น 2 ประเภทได้แก่

#### 1. ตัวอย่างการปริวรรตอักษรภาษาสันสกฤตเป็นไทยแบบคงรูปหรือแบบแผน

ผู้จัดทำใช้ตัวอย่างการปริวรรตอักษรภาษาสันสกฤตเป็นไทยแบบคงรูปหรือแบบแผน จาก 5 คัมภีร์เป็นแนวทางหลัก แต่ละคัมภีร์มีที่มาดังต่อไปนี้

### 1. คัมภีร์มูลสรวาสติวาทวินยวัสดู จีวรวัสดูและกรรมวัสดู

จากภาคผนวก ก ปรีวรรตอักษรไทยของจีวรวัสดูและกรรมวัสดู ในวิทยานิพนธ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร ปี 2552 เรื่องการศึกษาเปรียบเทียบคัมภีร์มูลสรวาสติวาทวินยวัสดูกับพระวินัยปิฎก ศึกษาเฉพาะกรณีจีวรวัสดูและกรรมวัสดู โดย พระมหาจักร ชัยมูลสาร [26]

### 2. คัมภีร์ทิวาทาน

จากภาคผนวก ข บทปรีวรรตทิวาทาน ในวิทยานิพนธ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากรปี 2556 เรื่องการศึกษาวิเคราะห์คัมภีร์ทิวาทานเรื่องที่ 1-19 โดย นางสาวปัทมา นาควรรณ [27]

### 3. คัมภีร์โพธิจรรยาวดาร

จากภาคผนวก ก คัมภีร์โพธิจรรยาวดาร ฉบับปรีวรรต ในวิทยานิพนธ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร ปี 2549 เรื่อง การศึกษาเชิงวิเคราะห์คัมภีร์โพธิจรรยาวดาร โดย พระมหาวิชาญ กำเนิดกลับ [28]

### 4. คัมภีร์มูลมัธยมกการิกา

จากภาคผนวก ก คัมภีร์มูลมัธยมกการิกา ฉบับปรีวรรต ในวิทยานิพนธ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปี 2554 เรื่อง การศึกษาเชิงวิเคราะห์การใช้เหตุผลแบบวิภาษวิธีในคัมภีร์มูลมัธยมกการิกา โดย นายกฤษฎา ภูมิศิริรักษ์ [29]

### 5. คัมภีร์ภควัทคีตา

จากหนังสือภควัทคีตา(ฉบับโสลก )เกียรติขจร ชัยเชียร [30]

### 6. คัมภีร์วัชรเจตทิปปรัชญาปารมิตาสูตร ฉบับอักษรไทย

จาก Internet Archive: Digital Library โดย กรกิจ ดิษฐาน [31]

## 2. ตัวอย่างการปรีวรรตอักษรภาษาสันสกฤตเป็นไทยแบบปรับรูปหรือแบบทั่วไป

เนื่องจากเอกสารประเภทนี้มีอยู่น้อยมาก และไม่ค่อยแพร่หลายเนื่องจากมีผู้ปรีวรรตน้อยมาก ไม่ได้มีความนิยมเท่าภาษาบาลีที่มีผู้ปรีวรรตเป็นบทสวดมนต์สำหรับบุคคลทั่วไปอยู่เป็นจำนวนมาก หรือหากพบก็พบเป็นข้อความหรือบทสั้นๆ ที่บุคคลทั่วๆไปที่สนใจปรีวรรตกันขึ้นเองซึ่งปรากฏในสังคมออนไลน์และเว็บบอร์ดในกลุ่มที่สนใจในภาษาและวรรณคดีสันสกฤต กลุ่มที่สนใจหรือนับถือศาสนาพราหมณ์-ฮินดูและกลุ่มที่สนใจ ศาสนาพุทธแบบมหายาน ซึ่งส่วนมากก็เป็นในลักษณะการถอดเสียงไม่ใช่การปรีวรรตอักษร ดังนั้นผู้จัดทำจึงใช้วิธีการ ใช้เอกสารที่เป็นบทสวดมนต์ภาษาบาลีที่มีอยู่ทั่วไปประกอบเข้าบางส่วนแต่ในที่นี้จะไม่กล่าวถึง

ส่วนเอกสารการปริวรรตประเภทนี้ที่ผู้จัดทำนำมาเป็นตัวอย่างเปรียบเทียบนั้นเป็นเอกสารที่เป็นผลงานการปริวรรตของคุณ กรกิจ ดิษฐาน ผู้ช่วยบรรณาธิการต่างประเทศและกีฬา หนังสือพิมพ์ M2F(2559) [32] ที่เผยแพร่ในอินเทอร์เน็ต ผู้จัดทำใช้ตัวอย่างการปริวรรตอักษรภาษาสันสกฤตเป็นไทยแบบปรับปรุงหรือแบบทั่วไป 3 ตัวอย่างดังต่อไปนี้

1. **คัมภีร์ลิลิตวิস্তระ อธิบายที่ 26 ขรรจกัรประวรรตสูตร**

จากห้องสมุดเสรีออนไลน์ วิกีซอร์ซ โดย กรกิจ ดิษฐาน [33]

2. **คัมภีร์วัชรเจตทิปปรัชญาปารมิตาสูต ฉบับคำอ่านอักษรไทย**

จาก Internet Archive: Digital Library โดย กรกิจ ดิษฐาน [34]

3. **คัมภีร์ปรัชญาปารมิตาหฤทัยสูตร**

จากสารานุกรมเสรีออนไลน์ วิกีพีเดีย โดย กรกิจ ดิษฐาน [35]

### 3.3. การวิเคราะห์ข้อมูล กำหนดภาพรวมของงาน เลือกรูปแบบการพัฒนา

ผู้จัดทำได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาได้และกำหนดภาพรวมของงาน นำข้อมูลที่วิเคราะห์ได้มาเลือกรูปแบบการพัฒนาและเทคโนโลยี ให้เหมาะสม โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### 3.3.1. สรุปวิธีการปริวรรตอักษรที่จะนำมาพัฒนา

เนื่องจากกฎการปริวรรตอักษรภาษาสันสกฤตแบบอักษรโรมันเป็นอักษรไทยที่รวบรวมมานั้น บางส่วนมีความแตกต่างในการปริวรรตอยู่มาก อาจมีกฎอื่นๆที่ใช้กันแต่ผู้จัดทำยังรวบรวมมาไม่หมด หรือไม่กฎเหล่านั้นก็ยังคงคลุมเครืออยู่ยังไม่มีแนวทางหลักในการปริวรรตโดยเฉพาะการปริวรรตแบบปรับปรุงมีปัญหามากที่สุด และเพื่อการพัฒนาให้เหมาะสมกับข้อจำกัดทางเวลา ผู้จัดทำจัดเป็นไปได้ยากที่จะจัดทำได้ครบทุกกฎ ดังนั้นจึงเลือกกฎจากทฤษฎีการปริวรรตอักษรภาษาสันสกฤตแบบอักษรโรมันเป็นอักษรไทยดังสรุปได้ต่อไปนี้

#### วิธีการปริวรรตเป็นอักษรไทยแบบคงรูป หรือ แบบแผน

1. การถอดรูปพยัญชนะ สระ เครื่องหมาย ตัวเลข หากมีวิธีเดียวให้ใช้ให้ใช้วิธีนั้น (อ้างอิงในบทที่ 2)

2. ในกรณีถอดรูปพยัญชนะอักษรโรมันที่ประสมด้วยสระ ṛ ṛī ṛī (ฤ ฤา ฤา) มี 2 วิธี ให้ใช้แบบไม่ใส่พินทุ

3. รูปเครื่องหมายจันทรพินทุหรืออนุนาสิกะ มี 3 วิธี ให้ใช้ แบบไม้หันอากาศและมีนิกหิต
4. รูปเครื่องหมายวิสรรคะ มี 2 วิธี ให้ใช้ แบบวิสรรชนีย์ (๕)
5. รูปเครื่องหมายอวครหะ ไม่ถอดใช้ตามเดิม
6. รูปเครื่องหมาย ทัณฑะและทวิทัณฑะ ถอดเป็น ๗ (อังกั่นเดี่ยว) ๗ (อังกั่นคู่)
7. การถอดรูปพยัญชนะสังโยค หรือ พยัญชนะสังยุคต์ ถอดเฉพาะชุดพยัญชนะอักษรโรมัน ที่เป็นพยัญชนะสังโยคซ้อนหรือควบพยัญชนะโรมัน r (รูปพยัญชนะ ร)

### วิธีการปริวรรตเป็นอักษรไทยแบบปรับปรุง หรือ แบบทั่วไป

1. การถอดรูปพยัญชนะ สระ เครื่องหมาย ตัวเลข หากมีวิธีเดียวให้ใช้ให้ใช้วิธีนั้น (อ้างอิงในบทที่ 2)
2. กรณิ ร-ระผะ (รฺ) คือพยัญชนะอักษรโรมันประสมกับสระ a (รูปสระ อะ) ตามด้วยพยัญชนะอักษรโรมันตัว r ที่ไม่มีสระอักษรโรมันกำกับหรือตามมา (ar) มี 2 วิธี ให้ใช้ แบบ ร- หัน
3. กรณิพยัญชนะอักษรโรมันประสมกับสระ a (รูปสระ อะ) ตามด้วยพยัญชนะอักษรโรมันตัว v ที่ไม่มีสระอักษรโรมันกำกับหรือตามมา (av) มี 2 วิธี ให้ใช้ แบบ วิสรรชนีย์
4. กรณิพยัญชนะอักษรโรมันประสมกับสระ a (รูปสระ อะ) ตามด้วยพยัญชนะอักษรโรมันตัว h ที่ไม่มีสระอักษรโรมันกำกับหรือตามมา (ah) มี 2 วิธี ให้ใช้ แบบ ตัดทิ้ง
5. ถอดรูปเครื่องหมายอนุสวาระและเครื่องหมายจันทรพินทุ พยัญชนะวรรคโรมันตามติมา ให้ใช้ แบบมีการสนธิ
6. ถอดรูปเครื่องหมายอนุสวาระและเครื่องหมายจันทรพินทุและมีพยัญชนะอวรรคโรมันที่เป็นอุษมะ ได้แก่ ś ṣ s h ตามติมา ให้ใช้ แบบไม่มีการสนธิ
7. รูปเครื่องหมายวิสรรคะ แบบ ห ไล่ทัณฑฆาต
8. รูปเครื่องหมาย ทัณฑะและทวิทัณฑะ ถอดเป็น ๗ (อังกั่นเดี่ยว) ๗ (อังกั่นคู่)
9. การถอดรูปพยัญชนะสังโยค หรือ พยัญชนะสังยุคต์ ที่ประสมกับรูปสระ e ai o au (รูปสระ เอ ไอ โอ เอา) ไม่มีแบบแน่นอน แต่ผู้จัดทำเห็นว่าสมควรว่าใช้แบบคงรูปคือ ถอดเฉพาะชุดพยัญชนะอักษรโรมัน ที่เป็นพยัญชนะสังโยคซ้อนหรือควบพยัญชนะโรมัน r (รูปพยัญชนะ ร)

### 3.3.2. สรุปแนวทางและโมเดลที่จะนำมาพัฒนา

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

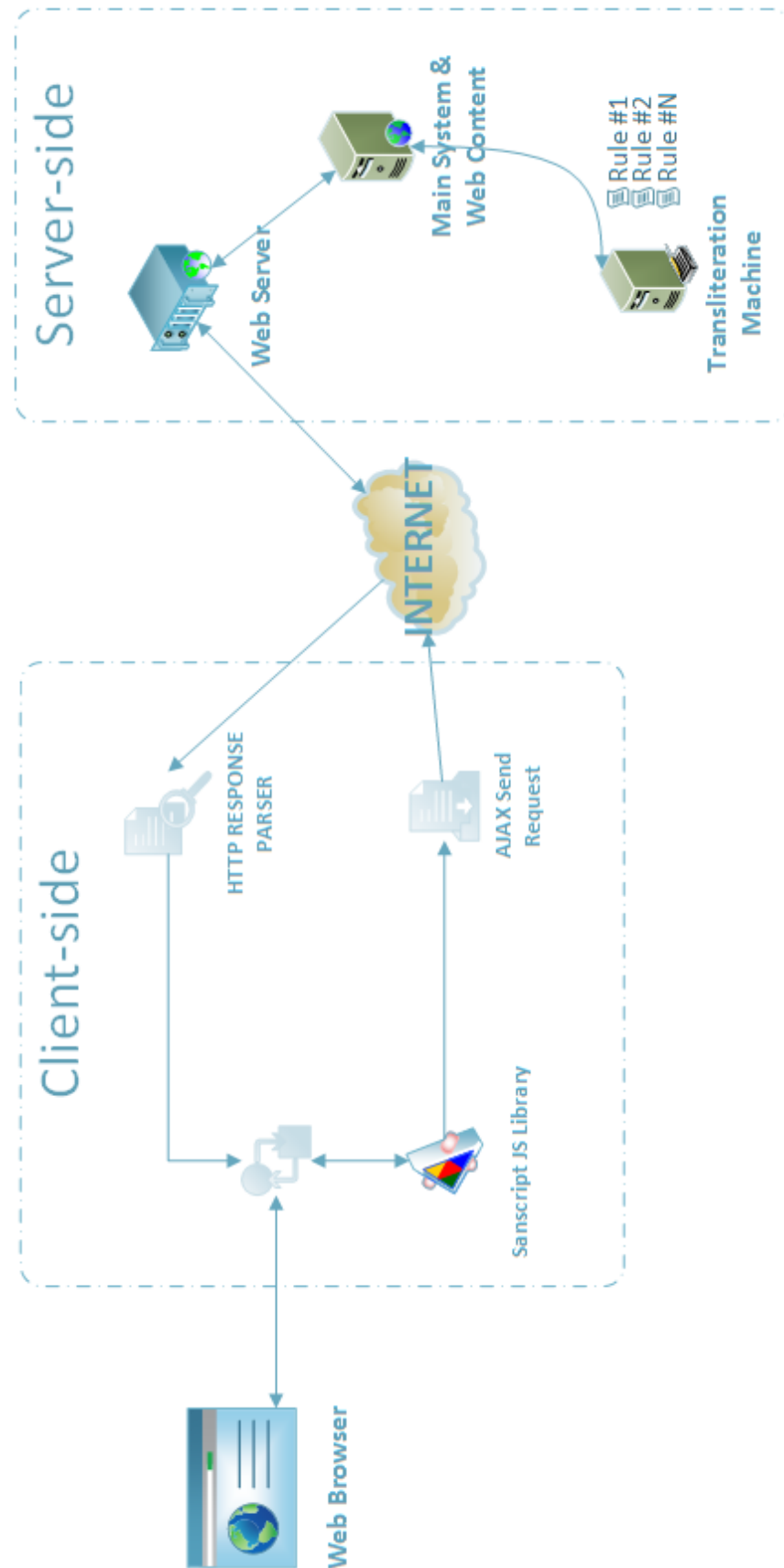
### 3.3.3. สรุปเทคโนโลยีที่ช่วยพัฒนาส่วนเสริมการปริวรรตและการทดสอบ

ไลบรารีการปริวรรตชุดอักษรอินเดียเป็นอักษรโรมันมาตรฐานต่างๆ นั้นผู้จัดทำเลือกไลบรารี Sanscript [10],[11] เป็นไลบรารีจาวาสคริปต์ที่สามารถทำการปริวรรตอักษรภาษาสันสกฤต อักษรอินเดียหลากหลายตัวอักษรให้เป็นอักษรโรมันมาตรฐานต่างๆ และสามารถแปลงไปกลับได้(Forward And Backward Transliteration) แม้ว่า Sanscript มุ่งเน้นการปริวรรตอักษรในภาษาสันสกฤต แต่ก็ยังสนับสนุนการปริวรรตสำหรับภาษาอินเดียอื่น ๆ อีกด้วยและยังสามารถติดตั้งและเรียกใช้งานโดยง่าย สำหรับซอฟต์แวร์สำหรับการเปรียบเทียบข้อความ ผู้จัดทำเลือก Pretty Diff v2.0.0 []ที่สามารถเปรียบเทียบข้อความเป็นจำนวนมากได้และสามารถเปรียบเทียบข้อความที่สามารถบอกความแตกต่างในระดับตัวอักษร พร้อมทั้งออกรายงานได้



### 3.3.4. สรุปภาพรวมของงาน

สรุปภาพรวมของงานระบบจะทำงานในลักษณะ Server-Client โดยทำงานบนเว็บเบราว์เซอร์ โดยกระบวนการฝั่ง Client และการส่ง Request นั้น จะทำโดยผู้ใช้สามารถป้อนข้อความภาษาสันสกฤต โดยการเลือกชนิดตัวอักษรจากนั้น ไลบรารี Sanscript จะทำการป้อนอักขรชนิดต่าง ๆ และแสดงบนเว็บเบราว์เซอร์ได้ทันทีเนื่องจากเป็นไลบรารีจาวาสคริปต์ที่จะทำงานในฝั่ง Client แต่หากจะต้องการป้อนอักขรชนิดอื่น ๆ เป็นภาษาไทยข้อความจะถูกส่งให้ไลบรารี Sanscript และป้อนอักขรชนิดตัวอักษรเหล่านั้นให้เป็นอักษรโรมันมาตรฐาน IAST แล้วส่งไปให้ Server โดยวิธีการ AJAX (Asynchronous JavaScript and XML) เมื่อระบบหลัก(Main System)รับคำขอดังกล่าวแล้วจะส่งข้อความให้กับ Transliteration Machine เพื่อทำการประมวลผลต่อไป ส่วนกระบวนการทางฝั่ง Server และ Response นั้น เมื่อ Transliteration Machine ได้ทำการประมวลผลจะนำข้อความไปผ่านกระบวนการตามกฎที่ได้กำหนดไว้และคืนค่าเป็นผลการป้อนแบบคงรูปหรือแบบแผนและแบบปรับรูปหรือแบบทั่วไป โดยออกมาในรูปแบบ JSON (JavaScript Object Notation) จากนั้นก็ส่งต่อให้ระบบหลัก และส่งกลับไปยัง Client โดยมีตัวแปลง Response โดยจะทำหน้าที่แปลง JSON ที่ได้รับมาแปลงให้เป็นตารางเปรียบเทียบข้อความตามชนิดตัวอักษร และแสดงผลการป้อนบนเว็บเบราว์เซอร์



รูปที่ 3.1 สรุปภาพรวมของงาน

### 3.4. การออกแบบและกำหนด กฎ (Rule-based) ขั้นตอนวิธี (Algorithm)

ผู้จัดทำได้ทำการออกแบบและกำหนด กฎ (Rule-based) ขั้นตอนวิธี (Algorithm) ในการปริวรรตอักษร ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

#### 3.4.1. สัญลักษณ์ประกอบขั้นตอนวิธีของกฎการปริวรรต

โดยมีการกำหนดสัญลักษณ์เพื่อประกอบขั้นตอนวิธีของกฎการปริวรรต และในการกำหนดสัญลักษณ์ในที่นี้ให้ถือว่า อนุสวาระ จันทรพินทุ วิสรรคะ อวกรหะ(m,m,h,') เป็นพยัญชนะด้วย ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

ตารางที่ 3.1 สัญลักษณ์ประกอบขั้นตอนวิธีของกฎการปริวรรต

สัญลักษณ์	ชุดข้อมูลหรืออธิบายการทำงาน
TA	พยัญชนะและสระอักษรไทยใด ๆ
TS	อักษรไทยใด ๆ ที่ไม่ใช่พยัญชนะและสระ
TC	พยัญชนะอักษรไทยใด ๆ
TV	สระอักษรไทยใด ๆ
RNP	ชุดตัวเลขและเครื่องหมายวรรคตอนอักษรโรมันได้แก่ {0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,  , }
TNP	ชุดตัวเลขและเครื่องหมายวรรคตอนอักษรไทยได้แก่ {๐,๑,๒,๓,๔,๕,๖,๗,๘,๙, }
RMC	ชุดพยัญชนะอักษรโรมันประกอบกัน 2 ตัวอักษรได้แก่ { kh,ch,th,ph,gh,jh,dh,bh }
TMC	ชุดพยัญชนะอักษรไทยที่แปลงมาจาก RMC ได้แก่ {ข,ฃ,ฅ,ฆ,ง,จ,ฉ,ช,ซ}
RMV	ชุดสระอักษรโรมันประกอบกัน 2 ตัวอักษรได้แก่ {ai,au}
TMV	ชุดสระอักษรไทยที่แปลงมาจาก RMV ได้แก่{ไ,เอ}
RSC	ชุดพยัญชนะอักษรโรมันที่ตัวอักษรเดียวได้แก่ {k,g,n,c,j,t,d,n,p,b,m,y,r,l,v,l,s,s,h,m,m,h,'}
TSC	ชุดพยัญชนะอักษรไทยที่แปลงมาจาก RSC ได้แก่ {ก,ค,ง,จ,ช,ญ,ฎ,ฏ,ณ,ต,ท,น,ป,พ,ม,ย,ร,ล,ว,ฬ,ศ,ษ,ฮ,ั,็,ะ,}

<b>TSC2</b>	ชุดพยัญชนะอักษรไทยที่มาจาก <b>TSC</b> ใช้ในแบบปรับปรุง แตกต่างที่ตำแหน่งวิสรรคะ(ห์){ก,ค,ง,จ,ช,ญ,ฎ,ท,ณ,ต,ท,น,ป,พ,ม,ย,ร,ล,ว,ฬ,ศ,ษ,ศ,ห,ั,็,์,}
<b>RSV</b>	ชุดสระอักษรโรมันที่เป็นตัวอักษรเดี่ยวได้แก่ { a,ā,i,ī,u,ū,r,ṛ,l,Ī,e,o }
<b>TSV</b>	ชุดสระอักษรไทยที่แปลงมาจาก <b>RSV</b> ใช้ในแบบคงรูป ได้แก่ { a,า,ิ,ี,ึ,ู,ุ,ฤ,ฦ,ภ,ภ,ภ,เ,โ }
<b>TSV2</b>	ชุดสระอักษรไทยที่มาจาก <b>TSV</b> ใช้ในแบบปรับปรุง แตกต่างที่ตำแหน่งแรกได้แก่{ะ,า,ิ,ี,ึ,ู,ุ,ฤ,ฦ,ภ,ภ,ภ,เ,โ }
<b>TIF</b>	ชุดสระอักษรไทยเมื่ออยู่ต้นคำต้องทำการเปลี่ยนแปลง ใช้ในแบบแบบคงรูปได้แก่{ A ,า,ิ,ี,ึ,ู,ุ,เ,โ, }
<b>TIFR</b>	ชุดสระอักษรไทยเมื่ออยู่ต้นคำเมื่อเปลี่ยนแปลงแล้ว ใช้ในแบบแบบคงรูปได้แก่ {อ, อา, อิ, อี, อุ, อู, เอ, โอ, ไอ}
<b>TIF2</b>	ชุดสระอักษรไทยชุดเดียวกันกับ <b>TIF-F</b> แต่ใช้ในแบบปรับปรุง แตกต่างที่รูปตำแหน่งแรก ได้แก่ {ะ,า,ิ,ี,ึ,ู,ุ,เ,โ, }
<b>TIFR2</b>	ชุดสระอักษรไทยชุดเดียวกันกับ <b>TIFR-F</b> แต่ใช้ในแบบปรับปรุง แตกต่างที่รูปตำแหน่งแรก ได้แก่ {อะ,อา,อิ,อี,อุ,อู,เอ,โอ,ไอ}
<b>KVARGA</b>	ชุดพยัญชนะอักษรไทย วรรณค ก{ก, ข, ค, ฅ, ง }
<b>CVARGA</b>	ชุดพยัญชนะอักษรไทย วรรณค จ{จ, ฉ, ช, ฌ, ญ }
<b>THVARGA</b>	ชุดพยัญชนะอักษรไทย วรรณค ฎ{ ฎ, ฐ, ท, ฒ, ณ }
<b>TVARGA</b>	ชุดพยัญชนะอักษรไทย วรรณค ต{ต, ถ, ท, ฑ, น }
<b>PVARGA</b>	ชุดพยัญชนะอักษรไทย วรรณค ต{ป, ผ, พ, ภ, ม }
<b>F-RS(X,Y,Z)</b> Replace String Function	X คือค่าพารามิเตอร์ที่เป็นตัวอักษรที่จะเปลี่ยน Y คือค่าพารามิเตอร์ที่เป็นตัวอักษรที่ไปแทนที่ Z คือค่าพารามิเตอร์ที่เป็นข้อความ <b>F-RS()</b> คือฟังก์ชันการการแทนที่ตัวอักษร X ในข้อความ Z ทั้งหมดด้วยตัวอักษร Y เช่น X = C , Y = R , Z = CAT ดังนั้น RS(X,Y,Z) = RAT
<b>F-RSA (X,Y,Z)</b>	X คือค่าพารามิเตอร์ที่เป็นชุดตัวอักษรที่จะเปลี่ยน Y คือค่าพารามิเตอร์ที่เป็นชุดตัวอักษรที่ไปแทนที่ X และ Y ต้องมีสมาชิกจำนวนเท่ากัน

Replace String with Array Function	<p>Z คือค่าพารามิเตอร์ที่เป็นข้อความ</p> <p><b>F-RSA()</b> คือฟังก์ชันการแทนที่ชุดตัวอักษร X ในข้อความ Z ทั้งหมดด้วยชุดตัวอักษร Y</p> <p>X = {A,B} , Y = {APP,L} , Z = ABE เช่น</p> <p>ดังนั้น RSA(X,Y,Z) = APPLE</p>
--	---

### 3.4.2. กำหนดกฎการปริวรรตอักษรไทยแบบคงรูป

ผู้จัดทำได้ทำการออกแบบและกำหนดกฎการปริวรรตอักษรไทยแบบคงรูป โดยแต่ละกฎจะทำงานตามลำดับเมื่อกฎสุดท้ายทำงานเสร็จจะได้ผลลัพธ์ ดังมีรายละเอียดกฎต่อไปนี้

ตารางที่ 3.2 กำหนดกฎการปริวรรตอักษรไทยแบบคงรูป

ลำดับ	ชื่อกฎ	หน้าที่
1.	RomanChandrabinuToSingle	เปลี่ยนเครื่องหมายจันทรพินทุให้เป็นแบบตัวเดียว
2.	RomanNumberAndPunctuate	เปลี่ยนตัวเลขและเครื่องหมายวรรคตอน
3.	RomanMixConsonant	เปลี่ยนพยัญชนะโรมันแบบตัวผสม
4.	RomanMixVowel	เปลี่ยนสระโรมันแบบตัวผสม
5.	RomanSingleConsonant	เปลี่ยนพยัญชนะโรมันแบบตัวเดียว
6.	RomanSingleVowel	เปลี่ยนสระโรมันแบบตัวเดียว
7.	Bindu	ใส่จุดพินทุให้พยัญชนะไทย
8.	ThaiVowelInFist	เปลี่ยนสระกรณีอยู่ต้นคำ โดยการเติมรูปพยัญชนะ อผสมเข้าไป
9.	ThaiVowelPrefix	เลื่อนสระที่เป็นสระหน้าไปหน้าพยัญชนะ
10.	ARemove	ลบสระ A
11.	SwapAnusvaraAndChandrabinu	เลื่อนเครื่องหมายอนุสวาระอักษรไทยและจันทรพินทุอักษรโรมันไปข้างหน้ากรณีอยู่หลัง ลากข้าง(า)
12.	Chandrabinu	แปลงเครื่องหมายจันทรพินทุ
13.	ThaiAAInFist	เปลี่ยนลากข้าง(า) โดยผสมรูปพยัญชนะ อ กรณีอยู่ถัดรูปสระอื่น ซึ่งเป็นสระตัวสุดท้ายที่จะแปลง เนื่องจากต้องแปลงรูปสระเอา ก่อน

### 3.4.3. กำหนดกฎการปริวรรตอักษรไทยแบบปรับปรุง

ผู้จัดทำได้ทำการออกแบบและกำหนดกฎการปริวรรตอักษรไทยแบบปรับปรุง โดยแต่ละกฎจะทำงานตามลำดับเมื่อกฎสุดท้ายทำงานเสร็จจะได้ผลลัพธ์ ดังมีรายละเอียดกฎต่อไปนี้

ตารางที่ 3.3 กำหนดกฎการปริวรรตอักษรไทยแบบปรับปรุง

ลำดับ	ชื่อกฎ	หน้าที่
1.	AvagahaRemove	ลบอวกระหะ
2.	RomanChandrabinduToSingle	เปลี่ยนเครื่องหมายจันทรพินทุให้เป็นแบบตัวเดียว
3.	RomanNumberAndPunctuate	เปลี่ยนตัวเลขและเครื่องหมายวรรคตอน
4.	RomanMixConsonant	เปลี่ยนพยัญชนะโรมันแบบตัวผสม
5.	RomanMixVowel	เปลี่ยนสระโรมันแบบตัวผสม
6.	RomanSingleConsonant	เปลี่ยนพยัญชนะโรมันแบบตัวเดียว
7.	RomanSingleVowel	เปลี่ยนสระโรมันแบบตัวเดียว
8.	AnusvaraAndChandrabindu	เข้าสนธิอนุสวาระและจันทรพินทุ
9.	ThaiVowelInFist	เปลี่ยนสระกรณีอยู่ต้นคำ โดยการเติมรูปพยัญชนะ อ ผสมเข้าไป
10.	ThaiVisarga	เปลี่ยนจัดการข้อความที่เป็นวิสรรชนีย์และไม้หันอากาศ
11.	ThaiVowelPrefix	เลื่อนสระที่เป็นสระหน้าไปหน้าพยัญชนะ
12.	ThaiAAInFist	เปลี่ยนลากข้าง(า) โดยผสมรูปพยัญชนะ อ กรณีอยู่ถัดรูปสระอื่น
13.	convertAE	เลื่อนสระที่เป็นสระ เ ไปหน้าพยัญชนะหากตัวอักษร ก่อนหน้าถูกแปลงเป็นไม้หันอากาศแล้วต้องแปลงกลับเป็นวิสรรชนีย์(ะ)
14.	convertAO	เลื่อนสระที่เป็นสระ โ ไปหน้าพยัญชนะหากตัวอักษร ก่อนหน้าถูกแปลงเป็นไม้หันอากาศแล้วต้องแปลงกลับเป็นวิสรรชนีย์(ะ)

### 3.4.4. ขั้นตอนวิธีของกฎการปริวรรตอักษรไทยที่ใช้ร่วมกัน(กฎกลาง)

ในขั้นตอนวิธีของกฎการปริวรรตอักษรไทยนั้นมีกฎที่ใช้ร่วมกันอยู่ 9 กฎแต่อาจมีข้อมูลบางส่วนที่เป็นข้อมูลคนละชุดกัน เรียกว่า กฎกลาง ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

#### กฎที่ 1. RomanChandrabinduToSingle

กฎนี้ทำหน้าที่เปลี่ยนเครื่องหมายจันทรพิณ จากการเขียนด้วยตัวอักษร m และเครื่องหมาย Dot Moon ที่อยู่ด้านบน(ฅ)ให้เป็นเครื่องหมายจันทรพิณแบบตัวอักษรเดี่ยวคือ m ออกแบบไว้เพื่อรองรับไว้สำหรับการใช้เครื่องหมายจันทรพิณโรมันทั้งสองแบบ และเตรียมไว้สำหรับการแปลงต่อไปโดยมีขั้นตอนวิธีดังนี้

1. START
2. READ input
3. output = **F-RS**('ฅ' , 'm', input)
4. RETURN output
5. END

#### กฎที่ 2. RomanNumberAndPunctuate

กฎนี้ทำหน้าที่เปลี่ยนตัวเลขและเครื่องหมายวรรคตอนอักษรโรมันให้เป็นตัวเลขและเครื่องหมายวรรคตอนอักษรไทย โดยมีขั้นตอนวิธีดังนี้

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

#### กฎที่ 3. RomanMixConsonant

กฎนี้ทำหน้าที่เปลี่ยนชุดพยัญชนะอักษรโรมันที่มีลักษณะอักษรที่เป็นคู่ ให้เป็นชุดพยัญชนะอักษรไทย โดยมีขั้นตอนวิธีดังนี้

1. START
2. READ input
3. output = **F-RSA**(RMC, TMC, input)
4. RETURN output
5. END

#### กฎที่ 4. RomanMixVowel

กฎนี้ทำหน้าที่เปลี่ยนชุดสระอักษรโรมันที่มีลักษณะอักษรที่เป็นคู่ให้เป็นชุดสระอักษรไทย โดยมีขั้นตอนวิธีดังนี้

1. START
2. READ input
3. output = **F-RSA(RMV, RMV, input)**
4. RETURN output
5. END

#### กฎที่ 5. RomanSingleConsonant

กฎนี้ทำหน้าที่เปลี่ยนชุดพยัญชนะอักษรโรมันที่เป็นอักษรเดี่ยว ให้เป็นชุดพยัญชนะอักษรไทย ในชุด **TSC** หากเป็นการปริวรรตแบบปรับรูปหรือแบบทั่วไปจะใช้ชุดข้อมูล **TSC2** และมีกรณีพิเศษคือ เครื่องหมายจันทรพิน แบบตัวอักษรเดี่ยวคือ **m̄** จะถูกแปลงเป็น Moon dot ( ̣ ) ก่อนเพื่อเตรียมประมวลผลในขั้นตอนต่อไป โดยมีขั้นตอนวิธีดังนี้

1. START
2. READ input
3. sc = **TSC**
4. IF thai general transliterate THEN
5.       sc = **TSC2**
6. ENDIF
7. output = **F-RSA(RSC, sc, input)**
8. RETURN output
9. END

#### กฎที่ 6. RomanSingleVowel

กฎนี้ทำหน้าที่เปลี่ยนชุดสระอักษรโรมันที่เป็นอักษรเดี่ยว ให้เป็นชุดสระอักษรไทย ในชุด **TSV** หากเป็นการปริวรรตแบบปรับรูปหรือแบบทั่วไปจะใช้ชุดข้อมูล **TSV2** โดยมีขั้นตอนวิธีดังนี้

1. START
2. READ input
3. sv = **TSC**
4. IF thai general transliterate THEN
5.       sv = **TSC2**
6. ENDIF
7. output = **F-RSA(RSV, sv, input)**
8. RETURN output
9. END



### กฎที่ 7. ThaiVowelInFist

กฎนี้ทำหน้าที่เปลี่ยนเพิ่มรูปพยัญชนะ อ เข้าไปในกรณีสระอักษรไทยอยู่ต้นคำแต่จะละเว้นไว้รูปสระอา ไว้ก่อน เพื่อประกอบรูปสระ เอา ก่อนแล้วจะพิจารณารูปสระ อา ในกฎสุดท้าย หากเป็นการปริวรรตแบบปรับรูปหรือแบบทั่วไปจะใช้ชุดข้อมูล **TIF2, TIFR2** โดยมีขั้นตอนวิธีดังนี้

```

1.  START
2.  READ  input
3.  IF =TIF, IFR = TIFR
4.  IF thai general transliterate THEN
5.      IF =TIF2, IFR = TIFR2
6.  ENDIF
7.  FOR each character of the input
8.      current character = character
9.      previous character = input[current index -1]
10.     next character = input[current index +1]
11.     main condition = [
12.         Previous character NOT IN TV And
13.         current character IN IF
14.     ]
15.     condition 1 = [
16.         current character NOT IN {เ,ร}
17.     ]
18.     condition 2 = [
19.         current character ≠ 'ไ' And next character ≠ 'า'
20.     ]
21.     condition 3 = [
22.         current character ≠ 'า' And previous character ≠ 'ไ'
23.     ]
24.     IF main condition AND condition 1 THEN
25.         character = F-RSA(IF, IFR, input)
26.     ELSE IF main condition AND condition 2 THEN
27.         character = F-RSA(IF, IFR, input)
28.     ELSE IF main condition AND condition 3 THEN
29.         character = F-RSA(IF, IFR, input)
30.     ENDIF
31.     output = output Concatenated character
32. ENDFOR
33. RETURN output
34. END

```

### กฎที่ 8. ThaiVowelPrefix

กฎนี้ทำหน้าที่ทำการสลับที่สระอักษรไทยที่เป็นสระ โดยการเลื่อนจากหลังพยัญชนะ ไปไว้หน้าพยัญชนะหากพยัญชนะตัวหน้าเป็นรูปอักษร ร ให้ตรวจสอบดูว่าพยัญชนะที่ถัดจาก อักษร ร นั้นเป็นพยัญชนะหรือสระหากเป็นพยัญชนะ ให้เลื่อนสลับอักษรไทยที่เป็นสระหน้าไปไว้หน้าพยัญชนะตัวนั้น หากเป็นการปริวรรตแบบคงรูป จะมีการพิจารณาเครื่องหมายพินทุรร่วมด้วย โดยมีขั้นตอนวิธีดังนี้

```

1. # bindu เครื่องหมายพินทุ( ◌ )
2. START
3. READ input
4. ADD 4 space before input #Prevent Index Out of Bound
5. FOR each character of the input
6.     current character = character
7.     IF current character IN {'เ','โ','ใ'} THEN
8.         previous character 1 = input[current index -1]
9.         previous character 2= input[current index -2]
10.        previous character 3= input[current index -3]
11.        previous character 4 = input[current index-4 ]
12.        conjunct r condition = [
13.            previous character 1 = "ร" AND
14.            previous character 2 = bindu AND
15.            previous character 3 IN TC AND
16.            previous character 4 ≠ "เ" AND
17.            previous character 4 ≠ "โ" AND
18.            previous character 4 ≠ "ใ"
19.        ]
20.        conjunct r thai general condition = [
21.            previous character 1 = "ร" AND
22.            previous character 2 IN TC AND
23.            previous character 3 ≠ "เ" AND
24.            previous character 3 ≠ "โ" AND
25.            previous character 3 ≠ "ใ"
26.        ]
27.        normal condition = [
28.            previous character 1 IN TC
29.        ]
30.        IF conjunct r condition THEN
31.            SWAP value in current index TO current index -3
32.        ELSE IF conjunct r thai general condition THEN
33.            SWAP value in current index TO current index -2
34.        ELSE IF normal condition THEN
35.            SWAP value in current index TO current index -1
36.        ENDIF
37.        output = output Merge character
38.    ENDFOR
39. RETURN output
40. END

```

### กฎที่ 9. ThaiAAInFist

กฎนี้ทำหน้าที่เปลี่ยนลากข้าง(า) โดยผสมรูปพยัญชนะ อ กรณียุ่ดรูปสระอื่น ซึ่งเป็นสระตัวสุดท้ายที่จะแปลง เนื่องจากต้องแปลงรูปสระเอา ก่อน โดยมีขั้นตอนวิธีดังนี้

```

1.  START
2.  READ  input
3.  FOR each character of the input
4.      current character = character
5.      previous character = input[current index -1]
6.      IF previous character NOT IN TV AND character = "า" THEN
7.          character = "อา"
8.      ENDIF
9.      output = output Concatenated character
10. ENDFOR
11. RETURN output

```

### 3.4.5. ขั้นตอนวิธีของกฎการปริวรรตอักษรไทยแบบคงรูป

ขั้นตอนวิธีของกฎการปริวรรตอักษรไทยแบบคงรูป เมื่อถูกเรียกใช้งานจาก Transliteration Machine จะส่งข้อความลงไปประมวลผล ตามลำดับกฎดังต่อไปนี้

#### กฎที่ 1. RomanChandrabinduToSingle

เรียกใช้การทำงานที่กฎกลาง เมื่อประมวลผลเสร็จส่งผลลัพธ์ไปที่กฎถัดไป

#### กฎที่ 2. RomanNumberAndPunctuate

เรียกใช้การทำงานที่กฎกลาง เมื่อประมวลผลเสร็จส่งผลลัพธ์ไปที่กฎถัดไป

#### กฎที่ 3. RomanMixConsonant

เรียกใช้การทำงานที่กฎกลาง เมื่อประมวลผลเสร็จส่งผลลัพธ์ไปที่กฎถัดไป

#### กฎที่ 4. RomanMixVowel

เรียกใช้การทำงานที่กฎกลาง เมื่อประมวลผลเสร็จส่งผลลัพธ์ไปที่กฎถัดไป

#### กฎที่ 5. RomanSingleConsonant

เรียกใช้การทำงานที่กฎกลาง เมื่อประมวลผลเสร็จส่งผลลัพธ์ไปที่กฎถัดไป

#### กฎที่ 6. RomanSingleVowel

เรียกใช้การทำงานที่กฎกลาง เมื่อประมวลผลเสร็จส่งผลลัพธ์ไปที่กฎถัดไป

### กฎที่ 7. Bindu

กฎนี้ทำหน้าที่เติมเครื่องหมายพินทุในพยัญชนะอักษรไทยที่ไม่มีสระกำกับ และยกเว้น 4 เครื่องหมายที่แสดงในกฎ โดยมีขั้นตอนวิธีดังนี้

```

1. # anusvara เครื่องหมายนิคหิต
2. # chandrabindu เครื่องหมาย Moon dot
3. # avagaraha เครื่องหมาย apostrophe
4. # bindu เครื่องหมายพินทุ
5. # ThaiVisarga เครื่องหมายวิสรรชนีย์
6. START
7. READ input
8. FOR each character of the input
9.     current character = character
10.    next character = input[current index +1]
11.    condition = [
12.        current character NOT IN TC And
13.        current character ≠ anusvara And
14.        current character ≠ chandrabindu And
15.        current character ≠ ThaiVisarga And
16.        current character ≠ Avagaraha And
17.        next character ≠ "a" And
18.        next character NOT IN TV
19.    ]
20.    IF condition THEN
21.        character = character Concatenated bindu
22.    ENDIF
23.    output = output Concatenated character
24. ENDFOR
25. RETURN output
26. END

```

### กฎที่ 8. ThaiVowelInFist

เรียกใช้การทำงานที่กฎกลาง เมื่อประมวลผลเสร็จส่งผลลัพธ์ไปที่กฎถัดไป

### กฎที่ 9. ThaiVowelPrefix

เรียกใช้การทำงานที่กฎกลาง เมื่อประมวลผลเสร็จส่งผลลัพธ์ไปที่กฎถัดไป

### กฎที่ 10. ARemove

กฎนี้ทำหน้าที่ทำการลบสระอักษร โรมัน A ออกจากข้อความทั้งหมด โดยมีขั้นตอนวิธีดังนี้

```

1. START
2. READ input
3. output = F-RS('A', empty value, input)
4. RETURN output
5. END

```

### กฎที่ 11. SwapAnusvaraAndChandrabindu

กฎนี้ทำหน้าที่เปลี่ยนเครื่องหมายอนุสวาระอักษรไทยและ Moon Dot ไปข้างหน้ากรณีอยู่หลัง ลากข้าง(า)โดยมีขั้นตอนวิธีดังนี้

1. #anusvara เครื่องหมายนิคหิต( ํ )
2. #chandrabindu เครื่องหมาย Moon dot( ั )
3. START
4. READ input
5. output = F-RS(" ํ ", " ั " , input)
6. output = F-RS(" ั ", " ํ " , input)
7. RETURN output
8. END

### กฎที่ 12. Chandrabindu

กฎนี้ทำหน้าที่แปลงเครื่องหมาย Moon Dot โดยใช้ไม้หันอากาศและนิคหิตแทนโดยมีขั้นตอนวิธีดังนี้

1. START
2. READ input
3. output = F-RS(Moon Dot, " ั ํ ", input)
4. RETURN output
5. END

### กฎที่ 13. ThaiAAInFist

เรียกใช้การทำงานที่กฎกลาง เมื่อประมวลผลเสร็จส่งผลลัพธ์ไปที่ Transliteration Machine จบการทำงาน

### 3.4.6. ขั้นตอนวิธีของกฎการปรัวรรณอักษรไทยแบบปรับปรุง

ขั้นตอนวิธีของกฎการปรัวรรณอักษรไทยแบบปรับปรุง เมื่อถูกเรียกใช้งานจาก Transliteration Machine จะส่งข้อความลงไปประมวลผล ตามลำดับกฎดังต่อไปนี้

#### กฎที่ 1. AvagarahaRemove

กฎนี้ทำหน้าที่ลบอวครหะออก (Apostrophe) โดยมีขั้นตอนวิธีดังนี้

1. #avagaraha เครื่องหมาย ' (apostrophe)
2. START
3. READ input
4. output = **F-RSA**(avagaraha , empty value, input)
5. RETURN output
6. END

#### กฎที่ 2. RomanChandrabinduToSingle

เรียกใช้การทำงานที่กฎกลาง เมื่อประมวลผลเสร็จส่งผลลัพธ์ไปที่กฎถัดไป

#### กฎที่ 3. RomanNumberAndPunctuate

เรียกใช้การทำงานที่กฎกลาง เมื่อประมวลผลเสร็จส่งผลลัพธ์ไปที่กฎถัดไป

#### กฎที่ 4. RomanMixConsonant

เรียกใช้การทำงานที่กฎกลาง เมื่อประมวลผลเสร็จส่งผลลัพธ์ไปที่กฎถัดไป

#### กฎที่ 5. RomanMixVowel

เรียกใช้การทำงานที่กฎกลาง เมื่อประมวลผลเสร็จส่งผลลัพธ์ไปที่กฎถัดไป

#### กฎที่ 6. RomanSingleConsonant

เรียกใช้การทำงานที่กฎกลาง เมื่อประมวลผลเสร็จส่งผลลัพธ์ไปที่กฎถัดไป

#### กฎที่ 7. RomanSingleVowel

เรียกใช้การทำงานที่กฎกลาง เมื่อประมวลผลเสร็จส่งผลลัพธ์ไปที่กฎถัดไป

### กฎที่ 8. AnusvaraAndChandrabindu

กฎนี้ทำหน้าที่แปลงและเข้าสนธิ เครื่องหมายอนุสวาระและจันทรพินทุ มีพยัญชนะที่เป็นพยัญชนะวรรคตามติดมา เครื่องหมายอนุสวาระและจันทรพินทุ ให้ถอดเป็นพยัญชนะนาสิก(อนุนาสิกะ)ในวรรคของตัวที่ตามมา อยู่กับสระใดให้เป็นตัวสะกดสระนั้น หากเป็นพยัญชนะอวรรค ให้ใช้อักษร ม แทน โดยมีขั้นตอนวิธีดังนี้

```

1. # anusvara เครื่องหมายนิคหิต
2. # chandrabindu เครื่องหมาย Moon dot
3. START
4. READ input
5. FOR each character of the input
6.   current character = character
7.   next character = input[current index +1]
8.   IF current character = anusvara OR chandrabindu THEN
9.     IF next character IN KVARGA THEN
10.      character = ง
11.     ELSE IF next character IN CVARGA THEN
12.      character = ญ
13.     ELSE IF next character IN THVARGA THEN
14.      character = ณ
15.     ELSE IF next character IN TVARGA THEN
16.      character = น
17.     ELSE IF next character IN PVARGA THEN
18.      character = ม
19.     ELSE
20.      character = ม
21.   ENDIF
22.   output = output Concatenated character
23. ENDIF
24. ENDFOR
25. RETURN output
26. END

```

### กฎที่ 9. ThaiVowelInFist

เรียกใช้การทำงานที่กฎกลาง เมื่อประมวลผลเสร็จส่งผลลัพธ์ไปที่กฎถัดไป

### กฎที่ 10. ThaiVisarga

กฎนี้ทำหน้าที่จัดการกับเครื่องหมายวิสรรชนีย์และไม้หันอากาศ โดยจะละเว้นไม่พิจารณาเครื่องหมายวิสรรชนีย์กรณีที่มี อักษร ว ตามมา (av) เช่น ตะวยา จะคงรูปเดิมไม่แปลงเป็น ตัวยา โดยมีกฎย่อยอีก 3 กฎ โดยมีขั้นตอนวิธีดังนี้

```

1.  START
2.  READ  input
3.  ADD space 4 before input # reserve for condition
4.  ADD space 6 after input # reserve for condition
5.  FOR each character of the input
6.    current character = character
7.    next character = input[current index +1]
8.    IF current character = ๕ And next character ≠ ๖ THEN
9.      output = AH_RULE(input, current index)
10.     output = AR_RULE(output, current index )
11.     output = A_AFTER_RULE(output, current index )
12.   ENDIF
13. ENDFOR
14. RETURN output
15. END

```

กฎย่อยที่ 10.1 AH\_RULE กฎนี้ทำหน้าที่เปลี่ยนเครื่องหมายวิสรรชนีย์ที่อยู่หน้าอักษร ห จะตัดเครื่องหมายวิสรรชนีย์ออก เช่น พระหมะ เป็น พรหมะ แต่ยกเว้นเครื่องหมายวิสรรณะ (หฺ ) ไว้ โดยมีขั้นตอนวิธีดังนี้

```

1.  START
2.  READ  input and index #input is array
3.  character = input[index ]
4.  next character 1 = input[current index +1]
5.  next character 2= input[current index +2]
6.  condition = [
7.    character = ๕ And
8.    next character 1 = IN TC
9.    next character 2 NOT IN TV
10.   next character 1 = ห
11.   next character 2 ≠ "๕" #ไม่ทัณฑฆาต
12. ]
13. IF condition THEN
14.   character = empty value
15. ENDIF
16. RETURN output
17. END

```



กฎย่อยที่ 10.2 AR\_RULE กฎนี้ทำหน้าที่เปลี่ยนเครื่องหมายวิสรรชนีย์ที่อยู่หน้าอักษร ร (กรณี ร-เร ผะ)จะตัด เครื่องหมายวิสรรชนีย์ออก ใช้ ร-หัน แทน เช่น ธรรมะ เป็น ธรรมะ

```

1.  START
2.  READ  input and index #input is array
3.  previous character = input[current index -1]
4.  character = input[index ]
5.  next character 1 = input[current index +1]
6.  next character 2= input[current index +2]
7.  condition = [
8.  character = ะ And
9.  previous character IN TC And
10. next character 1 = ร
11. next character 2 NOT IN TV
12. ]
13. IF condition THEN
14.     character = ร
15. ENDIF
16. RETURN output
17. END

```

กฎย่อยที่ 10.1 A\_AFTER\_RULE กฎนี้ทำหน้าที่เปลี่ยนเครื่องหมายวิสรรชนีย์ที่อยู่หลังพยัญชนะ โดยมีตัวสะกดตามมา ให้เป็นไม้หันอากาศ หากเครื่องหมายวิสรรชนีย์ที่อยู่หน้าสุดให้เปลี่ยนเป็น อ และ ไม้หันอากาศ เช่น ะนกะ เป็น อันกะ โดยมีขั้นตอนวิธีดังนี้

```

1.  START
2.  READ  input and index #input is array
3.  character = input[index ]
4.  previous character 1 = input[current index -1]
5.  previous character 2 = input[current index -2]
6.  next character 1 = input[current index +1]
7.  next character 2= input[current index +2]
8.  condition = [
9.  character = ะ And
10. previous character 1 IN TC And
11. previous character 2 = NOT IN TV
12. next character 1 = IN TC And
13. next character 2 NOT IN TV
14. ]
15. IF condition THEN
16.     character = "ั" #ไม้หันอากาศ
17. ELSE IF condition And previous character 1 = empty value THEN
18.     character = ั
19. ENDIF
20. RETURN output
21. END

```

### กฎที่ 11. ThaiVowelPrefix

เรียกใช้การทำงานที่กฎกลาง เมื่อประมวลผลเสร็จส่งผลลัพธ์ไปที่กฎถัดไป

### กฎที่ 12. ThaiAAInFist

เรียกใช้การทำงานที่กฎกลาง เมื่อประมวลผลเสร็จส่งผลลัพธ์ไปที่กฎถัดไป

### กฎที่ 13. convertAE

เลื่อนสระที่เป็นสระ ะ ไปหน้าพยัญชนะหากตัวอักษรก่อนหน้าถูกแปลงเป็นไม้หันอากาศแล้วต้องแปลงกลับเป็นวิสรรชนีย์(ะ) โดยมีขั้นตอนวิธีดังนี้

1. START
2. READ input
3. output = F-RS(" ั", "ะ", input)
4. RETURN output
5. END

### กฎที่ 14. convertAO

เลื่อนสระที่เป็นสระ โ ไปหน้าพยัญชนะหากตัวอักษรก่อนหน้าถูกแปลงเป็นไม้หันอากาศแล้วต้องแปลงกลับเป็นวิสรรชนีย์(ะ) เมื่อประมวลผลเสร็จส่งผลลัพธ์ไปที่ Transliteration Machine จบการทำงาน โดยมีขั้นตอนวิธีดังนี้

1. START
2. READ input
3. output = F-RS(" ั", "ะ", input)
4. RETURN output
5. END

### 3.4.7. ขั้นตอนวิธี (Algorithm) ในการปรัวรรตอักษร

เนื่องจากการทำงานปรัวรรตนั้นต้องทำกับข้อความจำนวนมากและโปรแกรมทำงานแบบ Server-Client หากการทำงานใช้เวลามากเกินไปจะเกิดปัญหา Time Out ใน Web Browser ได้ เพื่อให้การปรัวรรตได้ราบรื่น และให้ได้ลักษณะการส่งข้อความไปประมวลผลให้เหมาะกับกฎที่ออกแบบไว้ ที่มี Loop อยู่เป็นจำนวนมาก ผู้จัดทำจึงได้ออกแบบ ขั้นตอนวิธีในการปรัวรรตอักษรไว้ 3 วิธี

วิธีที่ 1. รับตัวอักษรต้นฉบับอักษรโรมันทำการปรัวรรณทั้งข้อความ

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

วิธีที่ 2. รับตัวอักษรต้นฉบับอักษรโรมันทำการปรัวรรณทีละบรรทัด

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

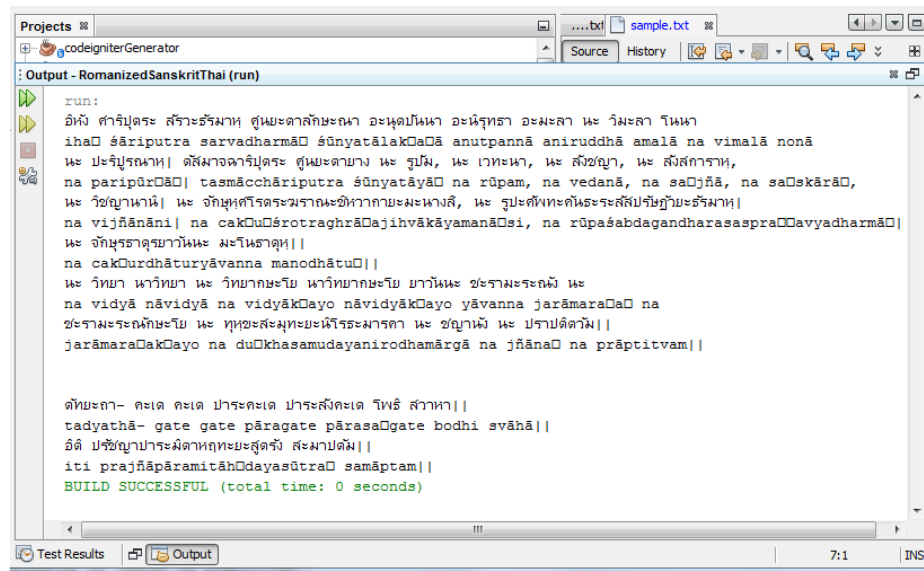
วิธีที่ 3. รับตัวอักษรต้นฉบับอักษรโรมันทำการปรัวรรณทีละคำในแต่ละบรรทัด

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

### 3.5. การพัฒนาตัวต้นแบบการปรัวรรณอักษร (Prototype)

ผู้จัดทำได้ทำการพัฒนาตัวต้นแบบการปรัวรรณอักษร (Prototype) เพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้และการพิสูจน์แนวคิดของการพัฒนาส่วนตัวปรัวรรณอักษร(POC: Proof-of-Concept) ว่าระบบจะสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องและตรงความต้องการหรือไม่ โดยผู้จัดทำได้ทำการพัฒนาโดยใช้ภาษา JAVA ทำการโปรแกรมให้ผลลัพธ์ออกมาในรูปแบบ Console Command โดยเลือกทำเฉพาะส่วนที่ประเมินว่ามีความยากในการพัฒนามากที่สุดคือ การปรัวรรณอักษรแบบปรับรูป หรือ แบบทั่วไป

โดยทดสอบใช้กฎ 6 กฎ ได้แก่ RomanMixConsonant, RomanMixVowel RomanSingleConsonant, RomanSingleVowel, ThaiVowelInFist, ThaiVowelPrefix อีกทั้งการทำตัวต้นแบบนี้ยังเพื่อพิสูจน์ขั้นตอนวิธี (Algorithm) ในการปริวรรตอักษร 3 วิธีที่ออกแบบไว้ก่อนหน้านี้ว่า ขั้นตอนวิธีใดมีประสิทธิภาพมากที่สุด เพื่อเลือกเอาไปพัฒนาต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ผลลัพธ์หลังจากการพัฒนาตัวต้นแบบการปริวรรตอักษร (Prototype)

หลังจากพิสูจน์ขั้นตอนวิธี (Algorithm) ในการปริวรรตอักษร 3 วิธีที่ออกแบบไว้ โดยทดสอบกับตัวอักษรโรมันต้นฉบับ จำนวน 34,769 ตัวอักษร ขั้นตอนวิธีที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด คือ วิธีที่ 2. การปริวรรตที่ละบรรทัด มีเวลาที่ใช้โดยเฉลี่ยจากการ execute 5 ครั้งที่น้อยที่สุด ผลลัพธ์ตามตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 การพิสูจน์ขั้นตอนวิธี (Algorithm) ในการปริวรรตอักษร 3 วิธี

ขั้นตอนวิธีในการปริวรรตอักษร	เวลาที่ใช้โดยเฉลี่ย(วินาที)
วิธีที่ 1. ทำการปริวรรตทั้งข้อความ	9.86
วิธีที่ 2. ทำการปริวรรตที่ละบรรทัด	0.61
วิธีที่ 3. ทำการปริวรรตทีละคำในแต่ละบรรทัด	0.76

### 3.6. การพัฒนาส่วนตัวปริวรรตอักษร(Transliteration Machine)

ผู้จัดทำได้ทำการพัฒนาส่วนตัวปริวรรตอักษร(Transliteration Machine) ให้สามารถทำงานได้ตามกฎ (Rule-based) และขั้นตอนวิธี (Algorithm) ที่ได้ออกแบบไว้ อีกทั้งทำการทดสอบ ตรวจสอบผลลัพธ์ ภายใต้คำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญภาษาสันสกฤต โดยการพัฒนาพัฒนาโดยใช้ภาษา PHP พัฒนาเป็นแบบ Object Oriented Programming ประกอบไปด้วยคลาส 3 Class ได้แก่ MachineTransliteration Class InfromRule Class และ GeneralRule Class

MachineTransliteration Class จะทำหน้าที่เป็น API สำหรับเชื่อมต่อกับระบบอื่นภายนอก InfromRule Class จะทำหน้าที่ปริวรรตข้อความให้เป็นอักษรไทยแบบคงรูปหรือแบบแผน และGeneralRule Class จะทำหน้าที่ การปริวรรตข้อความให้เป็นอักษรไทยแบบปรับรูปหรือแบบทั่วไป ส่วนการทำงานนั้น หากมีการส่งข้อความเข้ามา MachineTransliteration Class จะรับเอาข้อความเข้ามา แล้วนำไปประมวลผลโดยจะแบ่งข้อความแบบที่ละบรรทัด ตามที่ได้ออกแบบไว้และส่งบรรทัดข้อความนั้น ๆ ไปให้ทั้งสอง Class โดยเรียกใช้ฟังก์ชัน transliterate() จากคลาส InfromRule และ GeneralRule ทำการประมวลผล ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ทั้งแบบคงรูปและแบบปรับรูปเมื่อเสร็จจะส่งผลลัพธ์กลับไปยังที่ MachineTransliteration Class ทำการสะสมค่าผลลัพธ์เอาไว้ เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการทุกบรรทัดในข้อความแล้ว MachineTransliteration Class จะนำผลลัพธ์ที่ได้มาประมวลผลแล้วส่งออกเป็น JSON Object ให้กับระบบอื่นภายนอก ดังมีโครงสร้างใน class diagram ดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 โครงสร้างใน class diagram

### 3.7. การพัฒนาส่วนต่อผู้ใช้งาน(User Interface)

ผู้จัดทำได้ทำการพัฒนาส่วนต่อผู้ใช้งาน(User Interface) ที่ไว้สำหรับสำหรับการป้อนอักขรต้นฉบับจากผู้ใช้ เพื่อส่งไปยังส่วนตัวปริวรรตอักษร(Transliteration Machine) เพื่อทำประมวลให้ได้ผลลัพธ์ออกมาแสดงและส่วนการแสดงผลการเปรียบเทียบตรวจสอบจากอักขรต้นฉบับกับอักขรผลลัพธ์จากการปริวรรต การพัฒนาส่วนต่อผู้ใช้งาน(User Interface) โดยมีหน้าจอไว้สำหรับรับข้อมูลจากผู้ใช้ โดยลักษณะหน้าจอจะมี select box สำหรับเลือกตัวอักษรต้นฉบับ select box ตัวที่ 2 ใช้สำหรับเลือกอักขรชนิดอื่น ๆ ในการเปรียบเทียบหากผู้ใช้เลือกอักขรต้นฉบับและอักขรเปรียบเทียบ

ตัวที่ 2 แล้ว จะปรากฏตารางเปรียบเทียบตัวอักษรที่ด้านล่างสุด ถัดลงมาด้านล่างจะเป็น text area ช่องแรกไว้สำหรับข้อความต้นฉบับช่องที่ 2 เป็นผลลัพธ์จากการปริวรรตอักษรอื่น ๆ ด้านล่างจะมีปุ่มไว้สำหรับการปริวรรตอักษรเป็นอักษรไทย

หากผู้ใช้กรอกตัวอักษรต้นฉบับและกดปุ่ม การปริวรรตเป็นอักษรไทยแล้ว จะมีผลลัพธ์ผลการปริวรรตเป็นอักษรไทยแบบคงรูป และแบบปรับรูป ออกแสดงที่ตารางเปรียบเทียบผลการปริวรรต โดยสามารถเลือกการเปรียบเทียบได้มากที่สุดถึง 4 ชนิดตัวอักษรและยังสามารถซ่อนหรือแสดงตารางเปรียบเทียบตัวใดตัวหนึ่งได้ อีกทั้งยังสามารถทำการเปรียบเทียบโดยการไฮไลท์ที่คำในแต่ละบรรทัด ระบบจะทำการไฮไลท์ข้อความจากทุกๆตัวอักษร

รูปที่ 3.4 ส่วนต่อผู้ใช้งาน(User Interface) ส่วนบน

รูปที่ 3.5 ส่วนต่อผู้ใช้งาน(User Interface) ส่วนล่าง

### 3.8. การทดสอบและประเมินผลการใช้งานจากผู้เชี่ยวชาญภาษาสันสกฤต

เพื่อให้ผลการทดสอบสามารถประเมินผลการดำเนินโครงการ ให้ความถูกต้องตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาโครงการเฉพาะเรื่อง จึงมีการกำหนดขอบเขตและออกแบบวิธีการทดสอบและประเมินผลดังต่อไปนี้

#### 3.8.1. การทดสอบการตัวปริวรรตอักษร

การทดสอบการตัวปริวรรตอักษรเป็นขั้นตอนการทดสอบความถูกต้องของส่วนตัวปริวรรตอักษร ประกอบด้วย ชุดข้อมูลของการทดสอบ และวิธีการทดสอบ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

##### 1. ชุดข้อมูลของการทดสอบ

- 1.1. กรณีที่ใช้ในการทดสอบ (Test Case) โดยเป็นชุดข้อความผลลัพธ์ที่ถูกต้องและสามารถครอบคลุมกฎทั้งกรณีการปริวรรตแบบคงรูปและปรับรูป จำนวนอย่างละ 59 กรณี รวมเป็น 118 กรณี
- 1.2. ตัวอย่างตัวอย่างการปริวรรต ผู้จัดทำได้เลือกหนึ่งในตัวอย่างการปริวรรตที่ กล่าวมาก่อนแล้ว โดยเลือกที่มีเนื้อหาไม่มากไม่น้อยจนเกินไป และมีต้นฉบับที่เก็บอยู่ในรูปแบบ TEXT โดยตัวอย่างการปริวรรต ผู้จัดทำได้เลือกคือ
  - 1.2.1. ตัวอย่างการปริวรรตแบบคงรูป ใช้ คัมภีร์วัชรเจตทิปปรัชญาปารมิตาสูตร ฉบับอักษรไทย ขนาด 31,436 ตัวอักษร
  - 1.2.2. ตัวอย่างการปริวรรตแบบปรับรูป ใช้ คัมภีร์วัชรเจตทิปปรัชญาปารมิตาสูตร ฉบับคำอ่านอักษรไทย ขนาด 34,117 ตัวอักษร
- 1.3. ตัวอย่างต้นฉบับ คัมภีร์วัชรเจตทิปปรัชญาปารมิตา อักษรโรมัน จากโครงการ DSBC ([www.dsbcproject.org](http://www.dsbcproject.org))



## 2. วิธีการทดสอบความถูกต้อง

วิธีการทดสอบความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้มาจาก ส่วนตัวปริวรรตอักษร มี 2 วิธีดังนี้

### 2.1. การทดสอบแบบแยกส่วน (Unit Testing)

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

### 2.2. การทดสอบโดยการเปรียบเทียบกับตัวอย่างการปริวรรต

การทดสอบโดยการเปรียบเทียบกับตัวอย่างการปริวรรต มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 2.2.1. ใช้ตัวอย่างต้นฉบับ คัมภีร์วัชรเจตึกปรัชญาปารมิตา อักษรโรมัน ทำการปริวรรตเป็นอักษรไทยแบบคงรูปและปรับรูป
- 2.2.2. นำผลลัพธ์การปริวรรตอักษรไทยแบบคงรูป ไปเปรียบเทียบกับ คัมภีร์วัชรเจตึกปรัชญาปารมิตาสูตร ฉบับอักษรไทย และ ผลลัพธ์การปริวรรตอักษรไทยแบบปรับรูป ไปเปรียบเทียบกับ คัมภีร์วัชรเจตึกปรัชญาปารมิตาสูตร ฉบับคำอ่านอักษรไทย โดยใช้โปรแกรม Pretty Diff v2.0.0 เป็นโปรแกรมเปรียบเทียบเพื่อคำนวณหาอัตราความถูกต้องของส่วนตัวปริวรรตอักษร

### 3.8.2. ประเมินผลการใช้งานจากผู้เชี่ยวชาญภาษาสันสกฤต

การประเมินผลการใช้งานประเมินผลโดยผู้เชี่ยวชาญด้านภาษาสันสกฤต โดยมี ข้อคิดเห็นจากผู้ประเมินพร้อมหัวข้อแบบประเมิน การประเมินผลการใช้งานประเมินผล แบ่งหัวข้อได้ดังต่อไปนี้

#### 1. แบบประเมินผลการใช้งานระบบ ด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันงานของระบบ (Function)

โดยจะประเมิน ความถูกต้องของการผลลัพธ์ ความรวดเร็วในการประมวลผล ความครอบคลุมของงาน ความสามารถป้องกันข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น และความน่าเชื่อถือได้ของระบบ โดยมีงานที่จะประเมินดังนี้

1. การปริวรรตจากอักษรโรมันเป็นอักษรไทยแบบคงรูป
2. การปริวรรตจากอักษรโรมันเป็นอักษรไทยแบบปรับรูป

3. ตารางการเปรียบเทียบผลการปรัวรรต
4. ตารางการเปรียบเทียบอักษร

## 2. แบบประเมินผลการใช้งานระบบ ด้านความง่ายต่อการใช้งานระบบ (Usability)

โดยจะประเมินจากส่วนต่อผู้ใช้งาน(User Interface)แบ่งหัวข้อได้ดังต่อไปนี้

1. ความง่ายต่อการใช้งานของระบบ
2. ความเหมาะสมในการเลือกใช้นิตตัวอักษรบนจอภาพ
3. ความเหมาะสมในการใช้สีของตัวอักษรและรูปภาพ
4. ความเหมาะสมในการใช้ข้อความเพื่ออธิบายสื่อความหมาย
5. ความเหมาะสมในการใช้สัญลักษณ์หรือรูปภาพในการสื่อความหมาย
6. ความเป็นมาตรฐานเดียวกันในการออกแบบหน้าจอภาพ
7. ความเหมาะสมในการปฏิสัมพันธ์โต้ตอบกับผู้ใช้
8. ความเหมาะสมในการวางตำแหน่งของส่วนประกอบบนจอภาพ
9. คำศัพท์ที่ประกอบใช้ผู้ใช้มีความคุ้นเคยและสามารถปฏิบัติตามได้โดยง่าย

### 3.8.3. เกณฑ์ประเมินผล

การประเมินผลการใช้งานประเมินผลโดยผู้เชี่ยวชาญด้านภาษาสันสกฤต โดยมี ข้อคิดเห็นจากผู้ประเมินพร้อมหัวข้อแบบประเมิน

#### 1. ระดับความเหมาะสม/ความพึงพอใจ

โดยในแบบการประเมิน จะมีตัวเลขของระดับความเหมาะสม/ความพึงพอใจในแต่ละด้านมีความหมายดังนี้

- 5 หมายถึง ระดับมากที่สุด
- 4 หมายถึง ระดับมาก
- 3 หมายถึง ระดับปานกลาง
- 2 หมายถึง ระดับน้อย
- 1 หมายถึง ระดับน้อยที่สุด

## 2. การเกณฑ์การวัดระดับความเหมาะสม/ความพึงพอใจ

สำหรับการเกณฑ์การวัดระดับความเหมาะสม/ความพึงพอใจในโดยรวมของแต่ละด้าน โดยคิดจากค่าเฉลี่ย มีความหมายดังนี้มีดังนี้

- 5.0 หมายถึง ระดับมากที่สุด
- 4.5 ถึง 4.9 หมายถึง ระดับมากก่อนไปทางมากที่สุด
- 4.0 ถึง 4.4 หมายถึง ระดับมาก
- 3.5 ถึง 3.9 หมายถึง ระดับปานกลางก่อนไปทางมาก
- 3.0 ถึง 3.4 หมายถึง ระดับปานกลาง
- 2.5 ถึง 2.9 หมายถึง ระดับน้อยก่อนไปทางปานกลาง
- 2.0 ถึง 2.4 หมายถึง ระดับน้อย
- 1.5 ถึง 1.9 หมายถึง ระดับน้อยก่อนไปทางน้อยที่สุด
- 1.0 ถึง 1.4 หมายถึง ระดับน้อยที่สุด