รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาวิธีการแปลความหมายภาษามือไทยจากท่ามือนิ่งและท่าเคลื่อนไหวที่จำแนกแล้ว

Development of an Algorithm for Thai Sign Language Translation Using Classified Static and Dynamic Hand Gestures

ผู้วิจัย

รศ. ดร. นพพร โชติกกำธร

อรุณี จารุวนาวัฒน์

นายศิรเศรษฐ์ จิรภัทร์ชาญเดช

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2549

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รายละเอียดของโครงการวิจัย

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การพัฒนาวิธีการแปลความหมายภาษามือไทยจากท่ามือนิ่งและท่าเคลื่อนไหวที่จำแนกแล้ว

ชื่อโครงการ(ภาษาอังกฤษ) Development of an Algorithm for Thai Sign Language Translation Using Classified Static and Dynamic Hand Gestures.

แหล่งเงิน เงินรายได้ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สจล.

ประจำปีงบประมาณ 2549 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 100,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 3 ปี ตั้งแต่ ตุลาคม 2548 ถึง กันยายน 2551

ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ และผู้ร่วมโครงการวิจัยพร้อมระบุ หน่วยงานต้นสังกัดและ อีเมล์

1. รศ. ดร. นพพร โชติกกำธรคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สจล.
   email:nopporn@it.kmitl.ac.th
2. นางสาวอรุณี จารุวนาวัฒน์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สจล.
3. นายศิรเศรษฐ์ จิรภัทร์ชาญเดช คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สจล.

คำสำคัญ (Keywords): sign language translation; pattern recognition; virtual reality;hidden markov model

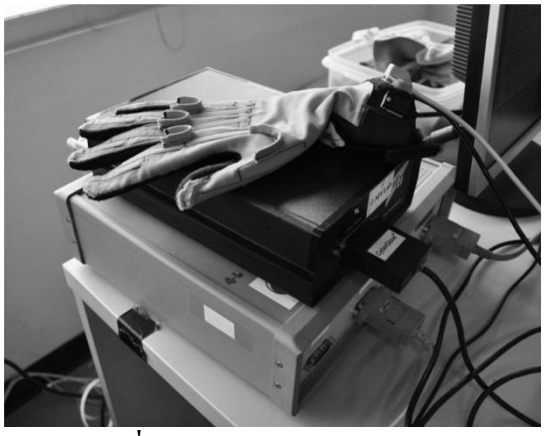
บทคัดย่อ

รายงานฉบับนี้นำเสนอเทคนิคการรู้จำภาษามือไทยแบบต่อเนื่องโดย ใช้แบบจำลองฮิดเดนมาร์คอฟ (Hidden Markov Model) ปัญหาหนึ่งที่พบในการรู้จำภาษามือไทยแบบต่อเนื่อง เกิดจากการเคลื่อนไหวของมือในช่วงการเปลี่ยนผ่านจากท่ามือหนึ่งไปสู่อีกท่ามือหนึ่ง ซึ่งท่ามือเคลื่อนไหวนี้เป็นท่ามือที่ไม่มีความหมายเรียกว่าท่าเคลื่อนไหวระหว่างมือ แต่มีความจำเป็นต้องมีการโมเดลท่าเคลื่อนไหวระหว่างมือ เพื่อให้ประสิทธิภาพในการรู้จำดีขึ้น ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอเทคนิคการสร้างโมเดลของท่าเคลื่อนไหวระหว่างมือด้วยวิธีการเชิงอัลกอริทึม เพื่อหลีกเลี่ยงความจำเป็นที่จะต้องจัดเก็บข้อมูลท่าเคลื่อนไหวระหว่างมือในการนำมาใช้เพื่อทำการสอนให้กับฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล ซึ่งวิธีการสร้างโมเดลท่าเคลื่อนไหวระหว่างมือด้วยวิธีการเชิงอัลกอริทึมนี้จะถูกนำไปใช้ร่วมกับฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลของข้อมูลในระดับคำ นอกจากจะลดความจำเป็นที่ต้องทำการสอนท่าเคลื่อนไหวระหว่างมือให้แก่ระบบแล้ว ยังเป็นการลดปริมาณพารามิเตอร์ของฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลที่ต้องจัดเก็บอยู่ในระบบ ซึ่งได้มีการทดสอบความถูกต้องในการรู้จำเปรียบเทียบกันระหว่างการใช้โมเดลท่าเคลื่อนไหวระหว่างมือที่ได้จากวิธีการเชิงอัลกอริทึม , การใช้โมเดลท่าเคลื่อนไหวระหว่างมือที่สร้างจากการทำท่ามือและการไม่ใช้โมเดลท่าเคลื่อนไหวระหว่างมือในการรู้จำ ผลความถูกต้องคือ 89.04%, 94.04% และ 62.69% ตามลำดับ

Abstract

This report presents a method for continuous thai sign language translation. One of the problems found in sign language translation is on segmenting a hand movement that is part of a transitional movement from one hand gesture to another. This transitional gesture conveys no meaning, but serves as a connecting period between two consecutive gestures. This research introduces an algorithmic hand movement modeling technique to avoid the necessity of collecting hand movement data for HMM training process in word level. This technique also decreases the number of collected HMM's parameter. The experiment was performed to compare the accuracy of recognition process between an algorithmic-based modeling method, a hand gesture-collected modeling method and a method without hand movement model. The accuracy result is 89.04%, 94.04% and 62.69% respectively.

รูปภาพผลงานวิจัย



รูปที่ 1 อุปกรณ์ในการเก็บข้อมูล

รูปที่ 2 สภาพแวดล้อมในการเก็บข้อมูล

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2549 คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

คณะผู้วิจัย

สารบัญ

หน้า

รายละเอียดของโครงการวิจัย.....I

บทคัดย่อภาษาไทย II

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ III

รูปภาพผลงานวิจัย IV

กิตติกรรมประกาศ..... V

สารบัญ VI

สารบัญตาราง VIII

สารบัญรูป IX

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา 1

1.3 ขอบเขตโครงการวิจัย.....1

1.4 ขั้นตอนของการศึกษา.....2

1.5 แผนการดำเนินงานโครงการวิจัย.....2

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....4

2.1 งานวิจัยด้านการแปลภาษามือ.....4

2.2 งานวิจัยด้านการแปลภาษามือไทย.....6

บทที่ 3 การรู้จำท่ามือแบบต่อเนื่องในภาษามือไทย 8

3.1 ระบบการแปลภาษามือไทย.....8

3.1.1 กระบวนการสอนฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล และการใช้งานฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล ..10

3.1.2 การใช้ฮิดเดนมาร์คอฟในการรู้จำท่าในภาษามือแบบไม่ต่อเนื่อง 11

3.2 วิธีการรู้จำภาษามือไทยชนิดต่อเนื่อง.....12

3.2.1 การเลือกจำนวนสเตทของฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล.....12

3.2.2 การสร้างโมเดลของการเคลื่อนไหวระหว่างท่ามือ 13

3.2.3 การรู้จำด้วย Viterbi algorithm.....15

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 อุปกรณ์และข้อมูลที่ใช้ในการทดลอง 17
4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล 17
4.2 ข้อมูลที่ใช้ในการทดลอง 17
4.2.1 สภาพแวดล้อมขณะเก็บข้อมูล 17
4.2.2 ท่ามือที่ใช้ในการทดลอง 17

บทที่ 5 การทดลอง 22
5.1 การทดลองเพื่อหาจำนวนสเตทของฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล 22
5.2 การทดสอบการรู้จำโดยสร้างโมเดลท่าเคลื่อนไหวระหว่างมือด้วยวิธีการคำนวณ 25
5.3 การทดสอบการรู้จำด้วยโมเดลท่าเคลื่อนไหวระหว่างมือที่สร้างจากการทำท่ามือ 28
5.4 การทดสอบการรู้จำโดยไม่ใช้โมเดลท่าเคลื่อนไหวระหว่างมือ 30

บทที่ 6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 34

เอกสารอ้างอิง 35

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 แผนการดำเนินงาน 2
4.1 แสดงข้อมูลท่ามือท่าเคลื่อนไหว.....18
4.2 แสดงข้อมูลท่านิ่ง 19
4.3 แสดงประโยคทั้งหมดที่ใช้ในการทดลอง.....19
5.1 ตารางแสดงการแบ่งกลุ่มที่ให้ค่าความถูกต้องสูงสุด 23
5.2 ตารางแสดงผลการทดลองเมื่อนำโมเดลท่าเคลื่อนไหวระหว่างมือด้วยการคำนวณมาใช้ในการรู้จำประโยค 25
5.3 ตารางแสดงผลการทดลองเมื่อนำโมเดลท่าเคลื่อนไหวระหว่างมือที่สร้างจากการทำท่ามือมาใช้ในการรู้จำประโยค 28
5.4 ตารางแสดงผลการทดลองเมื่อไม่ใช้โมเดลท่าเคลื่อนไหวระหว่างมือในการรู้จำประโยค 31

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ไดอะแกรมของ OP pre-searching.....5
3.1 การแบ่งแยกรูปแบบของการแสดงท่าทางในระบบภาษามือไทย 8
3.2 ระบบรู้จำภาษามือไทยชนิดต่อเนื่องอัตโนมัติ 9
3.3 กระบวนการสอนฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล 10
3.4 ตัวอย่างโทโปโลจีของแต่ละฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลแบบ 3 สเตทซึ่ง 1 โมเดลแทน 1 คำ.....11
3.5 การใช้งานฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล 12
3.6 ท่าเคลื่อนไหวระหว่างท่ามือซึ่งอยู่ระหว่างคำ A และ คำ B 13
3.7 แสดงการจำแนกของ $\overline{U}$ ออกเป็น 4 submatrice 15
3.8 แผนภาพแสดงการรู้จำด้วย Viterbi algorithm 16
5.1 แสดงการแบ่งกลุ่มของค่า Q ด้วย Threshold 22
5.2 กราฟแสดงผลการรู้จำโดยการสร้างโมเดลท่าเคลื่อนไหวระหว่างมือด้วยวิธีการคำนวณ 27
5.3 กราฟแสดงผลการรู้จำโดยการใช้โมเดลท่าเคลื่อนไหวระหว่างมือที่สร้างจากการทำท่ามือ 30
5.4 กราฟแสดงผลการรู้จำโดยไม่ใช้โมเดลท่าเคลื่อนไหวระหว่างมือ 33

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ตั้งแต่ในอดีตมาจนถึงปัจจุบันเมื่อผู้มีความพิการทางการได้ยินต้องการจะสื่อสารกันจะต้องรู้ภาษามือด้วยกันทั้งสองฝ่าย และผู้ที่ไม่รู้ภาษามือที่ต้องการจะสื่อสารกับคนเหล่านี้ก็ทำได้ลำบาก ปัจจุบันได้มีงานวิจัยและพัฒนาวิธีการต่างๆที่จะช่วงลดช่องว่างระหว่างผู้พิการและผู้ที่ไม่พิการเกิดขึ้นในหลายประเทศ เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกา ประเทศจีน เป็นต้น ซึ่งงานวิจัยเหล่านี้มีจุดประสงค์เพื่อให้ผู้พิการนั้นสามารถใช้ชีวิตและมีส่วนร่วมในสังคมได้เหมือนคนปกติ ผู้ที่มีความพิการทางการได้ยินนั้นจะไม่สามารถออกเสียงได้อย่างถูกต้องเพราะไม่สามารถได้ยินเสียงของคำแต่ละคำที่ถูกต้องได้ตั้งแต่ต้น ทำให้ไม่สามารถสื่อสารกับคนปกติได้ คนปกติจึงจำเป็นต้องมีการเรียนรู้ภาษามือหรือสื่อสารผ่านล่ามภาษามือ ระบบการรู้จำภาษามือ อัตโนมัติเป็นแนวทางหนึ่ง ที่ช่วยแก้ปัญหา ในการสื่อสาร ดังกล่าว ทำให้เกิด การพัฒนาระบบรู้จำภาษามือขึ้นมาโดยมีการประยุกต์ใช้เทคนิคต่างๆมาใช้งาน หากแต่งานวิจัยสำหรับภาษามือไทยยังคงมีจำกัด งานวิจัยฉบับนี้ได้นำเสนอการประยุกต์ใช้งานแบบจำลองการเคลื่อนไหวระหว่างมือเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการรู้จำภาษามือไทยแบบต่อเนื่องให้มีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษางานวิทยานิพนธ์นี้ เพื่อศึกษาและพัฒนาวิธีการรู้จำภาษามือไทยแบบต่อเนื่อง เพื่อใช้ในระบบการแปลภาษามือไทยอัตโนมัติ โดยนำงานวิจัยนี้ไปผสมผสานกับระบบเดิมในส่วนของการตรวจจับท่านิ่ง และใช้ฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลในการรู้จำท่าเคลื่อนไหวไม่ซ้ำ เพื่อใช้ในระบบการแปลภาษามือไทยอัตโนมัติ ซึ่งช่วยทำให้ระบบโดยรวมสามารถรู้จำและแปลภาษามือไทยอัตโนมัติได้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

1.3 ขอบเขตโครงการวิจัย

1. เป็นงานวิจัยแบบ (Signer Dependence) คือ ผู้ทำท่ามือเพียงคนเดียวในการเก็บข้อมูล เป็นการทำท่ามือแบบต่อเนื่องโดยที่ผู้ทำไม่มีความลังเลในการทำ
2. การเริ่มทำท่ามือจะต้องเริ่มด้วยท่ามือที่กำหนดไว้

3. ท่ามือที่เลือกใช้จะมาจากหนังสือภาษามือไทยเล่ม 1-6 [12] ซึ่งเลือกมาเฉพาะคำที่ใช้ท่ามือข้างขวาเพียงข้างเดียวในการทำท่ามือประมาณ 40 คำ
4. ภาษามือที่ใช้จะไม่รวมการแสดงออกทางสีหน้า (Single Hand)

1.4 ขั้นตอนของการศึกษา

1. ศึกษาทฤษฎีและหลักการพื้นฐานที่ใช้ในงานวิจัย
2. พัฒนาแนวทางการประยุกต์ใช้แบบจำลอง HMM สำหรับภาษามือไทย
3. พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ประกอบการทดลอง
4. ทำการทดลอง ปรับปรุงและสรุปผล

1.5 แผนการดำเนินงานโครงการวิจัย

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	**เดือนที่**											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง												
2. พัฒนาอัลกอริทึ่มและทดลองด้วยการจำลอง												
3. ทำการทดลองกับท่ามือพื้นฐานที่มีการจำแนกถูกต้อง												
4. ทำการทดลองกับท่ามือพื้นฐานที่ได้รับการจำแนกโดยระบบที่พัฒนาไว้ก่อนแล้ว												
5. สรุปผล และเผยแพร่ผลงาน												

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการรู้จำภาษามือไทยแบบต่อเนื่องและการสร้างโมเดลของการเคลื่อนไหวระหว่างท่ามือด้วยการคำนวณ ซึ่งเป็นการลดการจัดเก็บการเคลื่อนไหวระหว่างท่ามือลง

ในฐานข้อมูล การสร้างโมเดลของการเคลื่อนไหวระหว่างท่ามือนั้นเป็นการสร้างขึ้นมาใช้ชั่วคราวในหน่วยความจำในขณะที่โปรแกรมทำงานเท่านั้น ไม่ได้เป็นการจัดเก็บถาวร นอกจากนี้ยังเป็นการลดความซับซ้อนและความยุ่งยากในการสอนการเคลื่อนไหวระหว่างท่ามือให้แก่ระบบอีกด้วย และงานวิจัยนี้นำระบบงานวิจัยก่อนหน้าในส่วนของการตรวจจับท่านิ่งมาผสมผสาน เพื่อไม่ต้องใช้ฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลอย่างเดียวทั้งในการรู้จำท่านิ่งและท่าเคลื่อนไหว ซึ่งเป็นการลดการคำนวณและความซับซ้อนอีกทางหนึ่ง และจากระบบงานวิจัยก่อนหน้ายังไม่สามารถแยกและรู้จำท่าเคลื่อนไหวไม่ซ้ำได้

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

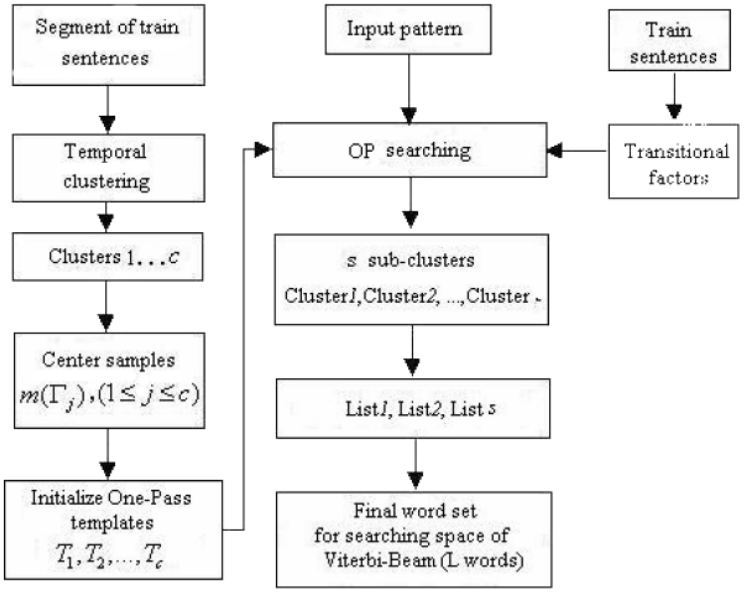
2.1 งานวิจัยด้านการแปลภาษามือ

งานวิจัยที่เกี่ยวกับการแปลภาษามือ มีอาทิ เช่น Gaolin Fang และ Wen Gao [1] ซึ่งได้ใช้อุปกรณ์ถุงมืออิเล็คทรอนิกส์ร่วมกับอุปกรณ์ตรวจวัดตำแหน่ง 6 แกน เพื่อทำการรู้จำท่ามือต่อเนื่องที่เป็นแบบ Signer-Independent วิธีที่ใช้คือ ได้ทำการ pre-segment ด้วย Simple Recurrent Network (SRN) เพื่อที่จะตัดการเคลื่อนไหวระหว่างท่ามือ (Transition Movement) ออกก่อนที่จะนำข้อมูลมารู้จำด้วย ฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล ทำให้ไม่ต้องสร้างโมเดลของ การเคลื่อนไหวระหว่างท่ามือ เพื่อที่จะทำให้ sequence สั้นลง ทำให้เวลาที่ใช้ Viterbi algorithm ในการค้นลำดับของคำที่ดีที่สุดก็จะสั้นลงด้วย ในการสร้างโมเดลนั้นสเตทของฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลอยู่ระหว่าง 1-4 สเตท ซึ่งขึ้นอยู่กับความยาวของข้อมูล ในการทดลอง มีการเก็บท่ามือจากผู้ทำท่ามือทั้งหมดจำนวน 7 คน ซึ่งกระทำท่านิ่ง 208 ท่าจำนวนท่าละ 3 ครั้ง สำหรับประโยคต่อเนื่องจำนวน 100 ประโยคจะประกอบไปด้วยท่า 208 ท่าดังกล่าว จากผลการทดลองนั้นทำให้ทราบได้ว่ารู้จำท่ามือจากผู้ใช้ 5 ใน 7 คน มีค่าเฉลี่ย 95.3% ปัญหาคือ ถ้า segment ผิดจะมีผลต่อเนื่องกันไป ซึ่งทำให้ความถูกต้องต่ำกว่าการใช้ฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลเพียงอย่างเดียว

Wen Gao, Gaolin Fang, Debin Zhao และ Yiqiang Chen [2][3] ได้นำเสนอการพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาคำศัพท์ที่มีจำนวนมากมายของท่าต่อเนื่อง ซึ่งเน้นการสร้างโมเดลของ การเคลื่อนไหวระหว่างท่ามือด้วยการ Segment ในส่วนของการเคลื่อนไหวระหว่างท่ามือก่อน แล้วนำมา Clustering การเคลื่อนไหวระหว่างท่ามือ ด้วย Dynamic Time Warping (DTW) เมื่อได้ข้อมูลที่ Cluster แล้วก็นำมา train ให้แก่ระบบ แล้วใช้ Transition Models ที่ได้มาใช้ในการ segment ประโยคที่ต่อเนื่อง ให้เป็นท่าย่อยๆ ซึ่งได้ทำการทดลอง 25,565 ท่าจากท่าเดี่ยว 5,113 ท่า โดยแต่ละท่าทำท่าละ 5 ครั้ง และเลือกข้อมูล 4 ชุดมาใช้ในกระบวนการสอนและอีกหนึ่งชุดที่เหลือใช้สำหรับการทดสอบ ซึ่งผลการทดลองมีความถูกต้อง 95.4% สำหรับท่าเดี่ยว 5,113 ท่า และสำหรับท่าระหว่างมือจาก 1,500 ประโยค (เก็บข้อมูล 750 ประโยคเป็นจำนวน 2 ครั้ง) โดยข้อมูลชุดแรกใช้ในกระบวนการสอน และอีกชุดใช้สำหรับการทดสอบ ในหนึ่งประโยคมีคำโดยเฉลี่ยคือ 6.6 คำ ซึ่งผลที่ได้คือมีความถูกต้อง 90.8% ซึ่งวิธีการนี้จะพบปัญหาคือ การ train ท่าเคลื่อนไหวระหว่างมือต้องใช้เวลา และต้อง train ให้ครอบคลุมจึงจะนำไปทำการ Cluster ได้

Jianjun Ye, Hongxun Yao และ Feng Jiang [4] ได้ใช้ฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลร่วมกับ SVM (Support Vector Machines) รวมเป็น 2 ส่วนในการรู้จำบน Confusable set และได้ใช้ฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลในการรู้จำท่าปกติ ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดขอบเขตของท่าที่ไม่สามารถแยกได้

(Confusability) ในตอนแรก และใช้ SVM ในการแก้ปัญหาความไม่แน่นอนหลังจากที่ใช้ฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลในการรู้จำ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้พบว่าหากมีท่าเป็นจำนวนมากๆ ก็จะมีบางท่าที่มีความคล้ายคลึงกัน ซึ่งจะทำให้การแบ่งแยกมีคุณภาพลดลง จึงนำฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลใช้ร่วมกับ SVM เพื่อให้การรู้จำมีประสิทธิภาพมากขึ้น หากมีข้อมูลของท่ามือเข้ามาก็จะทำการรู้จำด้วยฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล ถ้าข้อมูลไม่ได้อยู่ในกลุ่มของ Confusable set ก็จะพิจารณาว่าเป็นผลของการรู้จำได้เลย แต่ถ้าอยู่ในกลุ่มของ Confusable set ก็จะรู้จำท่ามือจาก Confusable sign ใน Confusable set ซึ่งได้ทำการทดลองกับ 4,942 ท่า ซึ่งกระทำโดยผู้ทำท่าจำนวน 6 คน (รวมเป็น 59,304 ท่า) โดยแบ่งข้อมูลจากผู้ทำท่าคนละ 2 ชุด ซึ่งจาก 12 ชุด จะใช้ 1 ชุดสำหรับการทดสอบ และ 11 ชุดสำหรับกระบวนการสอน ซึ่งได้ผลการรู้จำ 89.40% ซึ่งในงานวิจัยนี้ยังไม่ได้นำมาใช้กับท่ามือที่ต่อเนื่อง



รูปที่ 2.1 ไดอะแกรมของ OP pre-searching

Guilin Yao, Hongxun Yao, Xin Liu และ Feng Jiang [5] ได้นำเสนอถึงความเร็วในการรู้จำสำหรับจำนวนข้อมูลที่มีมากมาย ซึ่งจะมีการดีเลย์ของเวลาเป็นระยะเวลานาน ดังนั้นจึงได้ใช้วิธีการ One-Pass (OP) ในการ pre-searching (แสดงดังรูปที่ 2.1) เพื่อค้นหาแต่ละ Sub-Cluster ที่เป็นไปได้เท่านั้น คือแบ่งประโยคให้เป็นส่วนย่อยด้วยการ Cluster ท่ามือที่มีความคล้ายคลึงกันนั่นเอง ซึ่งได้ทำการหากึ่งกลางของคำระหว่าง 2 คำแล้วทำการ cluster จะพบว่าความเร็วในการรู้จำและความถูกต้องนั้นมีความสัมพันธ์กันกับจำนวน Cluster ที่ได้จาก Temporal Clustering Algorithm และซึ่งการทดลองได้กระทำกับฐานข้อมูลขนาดใหญ่ โดยใช้ท่าเดี่ยวจำนวน 4,942 ท่า โดยแต่ละท่าทำจำนวน 4 ครั้ง จากผู้ทำท่า 2 คน ซึ่งจะใช้ข้อมูลทั้งหมดในกระบวนการสอน และท่าต่อเนื่องจำนวน 543 ประโยค โดยกระทำประโยคละ 4 ครั้งเช่นกัน แล้วทำการเลือกข้อมูล 3 ชุดสำหรับการแบ่งกลุ่ม

และการ segment ด้วย Viterbi-beam และอีก 1 ชุดใช้ในการทดสอบ โดยแต่ละประโยคประกอบด้วยคำโดยเฉลี่ย 6.10 คำ ซึ่งผลการทดลองถ้ายิ่งแบ่งกลุ่มมากขึ้น ความเร็วในการรู้จำจะมีมากขึ้นแต่ความถูกต้องจะลดลง งานวิจัยนี้ได้พบว่ามีข้อจำกัดคือ ในการใช้ Center matching method บางการรู้จำจะผิดพลาดได้ และต้องไม่มีการเคลื่อนไหวระหว่างท่ามือระหว่าง Center และจากการใช้ Transition factor ในการ Classify ของ OP-searching จะมีข้อดีคือ ทำให้การรู้จำแบบ real time ดีกว่าการใช้ Viterbi-beam algorithm เพียงอย่างเดียว เนื่องจาก error อาจจะเกิดขึ้นในขั้นตอนแรกคือ การ Classify ผิด Cluster

2.2 งานวิจัยด้านการแปลภาษามือไทย

วุฒิชัย วิศาลคุณา [14] ได้นำเสนอการจดจำภาษามือไทยโดยใช้ฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลโดยใช้ถุงมืออิเล็กทรอนิคส์ร่วมกับอุปกรณ์ตรวจวัดตำแหน่ง 6 แกน เป็นตัวรับข้อมูล แล้วนำข้อมูลไปผ่านขั้นตอนประมวลผลเบื้องต้น เพื่อทำการแบ่งข้อมูลออกเป็นชุด คือ รูปแบบของมือ ตำแหน่งของมือ การหมุนของมือ และการเคลื่อนที่ของมือ เพื่อทำการหาจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของภาษามือท่านั้น ซึ่งจะเป็นการแบ่งแยกภาษามือที่เป็นท่านิ่งและท่าเคลื่อนไหว ซึ่งจะทำให้สามารถแบ่งแยกคำในการทำภาษามือที่ทำต่อเนื่องกันได้ แต่หากหาขอบเขตของภาษามือไม่ดี จะทำให้โมเดลภาษามือไทยที่ประมาณได้มีคุณภาพไม่ดี ในส่วนของฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลนั้น ได้นำข้อมูลจากขั้นตอนการประมวลผลเบื้องต้นมาทำการสอนให้ระบบแล้วจึงทำการจดจำข้อมูลภาษามือชุดนั้น หลังจากทำการสอนให้ระบบจดจำภาษามือแล้ว เมื่อผู้ใช้ทำภาษามือลักษณะเดียวกับแบบที่ทำการสอนระบบจะสามารถบอกได้ว่าผู้ใช้ทำภาษามือคำใด หลังจากหาภาษามือที่เหมาะสมกับข้อมูลในขณะเวลาดังกล่าวได้แล้ว จึงนำข้อมูลที่ที่ได้มาเรียงกันเป็นประโยคที่ถูกต้องตามหลักไวยากรณ์และความหมาย โดยใช้หลักการทางการประมวลผลภาษามือธรรมชาติ ซึ่งงานวิจัยนี้ไม่ได้วิจัยในส่วนของการเคลื่อนไหวระหว่างท่ามือและเป็นแบบ Signer dependence

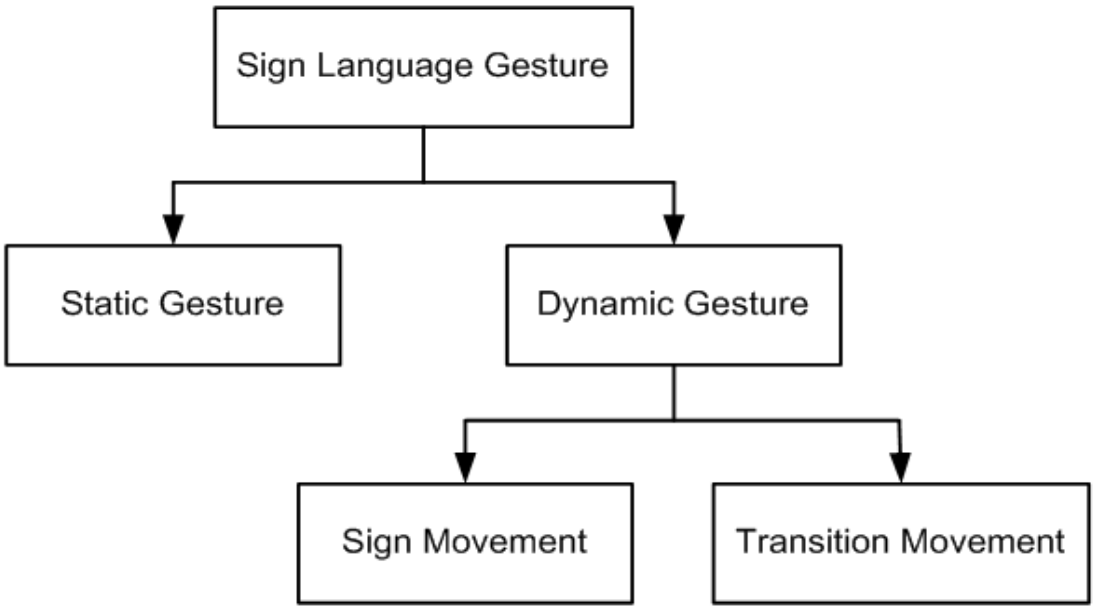
วรวิทย์ วีระพันธุ์ [6] ได้ทำการศึกษาท่ามือภาษาไทย ซึ่งท่ามือภาษาไทยนั้นแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นท่ามือนิ่ง (Static Gesture or Posture) และส่วนที่เป็นท่ามือที่มีการเคลื่อนไหวของมือ (Dynamic Gesture) ซึ่งปัญหาที่พบในการรู้จำท่ามือที่เป็นท่าต่อเนื่อง (Continuous Gesture) ก็คือ จะมีวิธีการอย่างไรที่จะสามารถแยกการเคลื่อนไหวของท่ามือซึ่งจะ ประกอบไปด้วยการเคลื่อนไหวของมือที่มีความหมาย (Meaningful Dynamic Gesture) และการเคลื่อนไหวของมือที่ไม่มีความหมายในตัวเอง (Transitional Gesture) นอกจากนั้นยังมีปัญหาเรื่องความเร็วในการทำท่ามือ, ตำแหน่งของท่ามือ และทิศทางการหันฝ่ามือ ซึ่งแต่ละคนจะมีการทำที่ไม่เหมือนกันหรือไม่เท่ากัน โดยใน งานวิจัยนี้ยังได้นำเสนอวิธีการในการแก้ไขปัญหาเหล่านี้ โดยยึดหลักที่ว่าท่ามือภาษาไทยและท่ามือภาษาอื่นการเคลื่อนไหวของมือที่มีความหมายนั้น จะเป็นการเคลื่อนที่แบบซ้ำๆ (Periodic) ดังนั้นการแยกท่ามือที่มีการเคลื่อนไหวของมือ (Dynamic Gesture) ออกจากการเคลื่อนที่ของมือที่ไม่มีความหมายได้

โดยใช้ Fourier Analysis กับข้อมูลในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งข้อมูลที่ได้โดยการใช้ถุงมืออิเล็กทรอนิกส์ที่เรียกว่า CyberGlove ในกรณีของท่ามือที่มีการเคลื่อนไหวของมือ (Dynamic Gesture) การประมาณค่าช่วงสัญญาณของค่ามือที่ได้จากการวิเคราะห์สามารถนำไปทำ Time Normalization ดังนั้น จึงสามารถลดความผิดพลาดเนื่องจากการทำท่ามือที่มีความเร็วไม่เท่ากันของแต่ละคนได้ การทดลองจะใช้ข้อมูลที่เป็นท่ามือนิ่งและท่ามือที่มีการเคลื่อนไหวอย่างละ 100 ท่า และใช้วิธีการรู้จำที่เรียกว่า Bayesian Estimator ซึ่งผลการทดลองที่ได้ปรากฏว่ามีความถูกต้องในการรู้จำถึง 100% แต่วิธีการในงานวิจัยนี้ยังไม่สามารถรู้จำท่าเคลื่อนไหวแบบไม่ซ้ำได้

บทที่ 3
การรู้จำท่ามือแบบต่อเนื่องในภาษามือไทย

3.1 ระบบการแปลภาษามือไทย

ภาษามือไทยจะประกอบไปด้วย รูปมือ ตำแหน่งของมือ การเคลื่อนไหว การหันของฝ่ามือ และการแสดงออกทางสีหน้า ซึ่งสามารถแบ่งส่วนประกอบของลักษณะการแสดงท่ามือได้ ดังต่อไปนี้



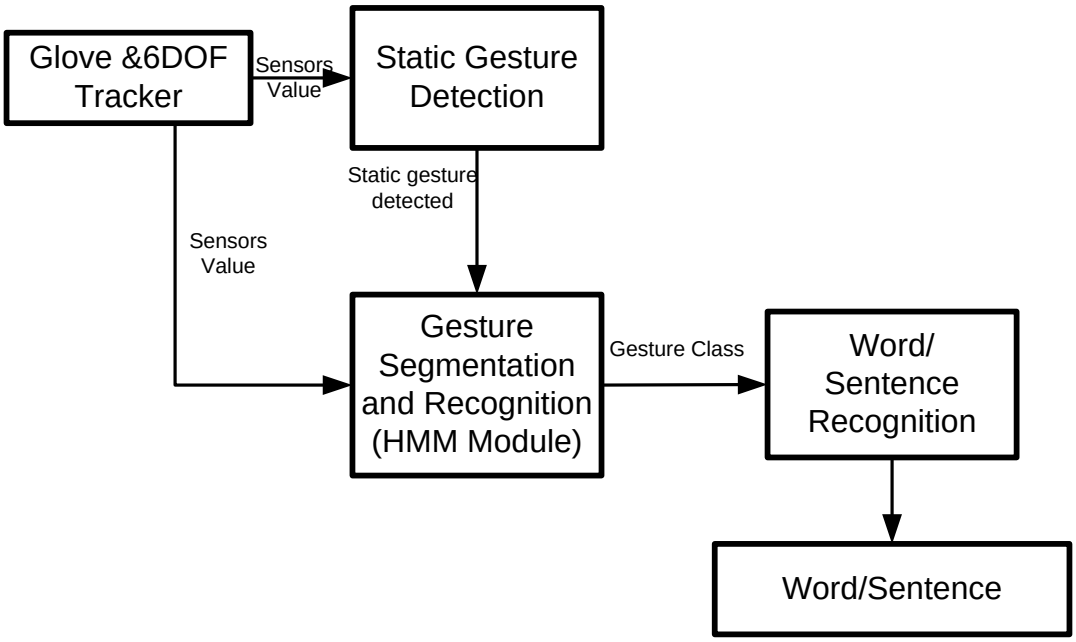
รูปที่ 3.1 การแบ่งแยกรูปแบบของการแสดงท่าทางในระบบภาษามือไทย

ท่านิ่ง (Static gesture, Posture) คือ การแสดงท่ามือที่ไม่มีการเคลื่อนไหว ของมือและตำแหน่งต่างๆ

ท่าเคลื่อนไหว (Dynamic gesture) คือ การแสดงท่ามือที่มีการเคลื่อนไหวมือ หรือตำแหน่งของมือ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้ คือ

- การเคลื่อนไหวที่มีความหมาย (Sign Movement) คือ การเคลื่อนไหวที่เป็นส่วนที่มีความหมายในภาษามือไทย
- การเคลื่อนไหวระหว่างท่ามือ (Transition Movement) คือ การเคลื่อนไหวในระหว่างการเปลี่ยนจากท่ามือหนึ่งไปสู่อีกท่าหนึ่ง

ซึ่งระบบการแปลภาษามืออัตโนมัติสามารถแสดงดังแผนภาพต่อไปนี้



รูปที่ 3.2 ระบบรู้จำภาษามือไทยชนิดต่อเนื่องอัตโนมัติ

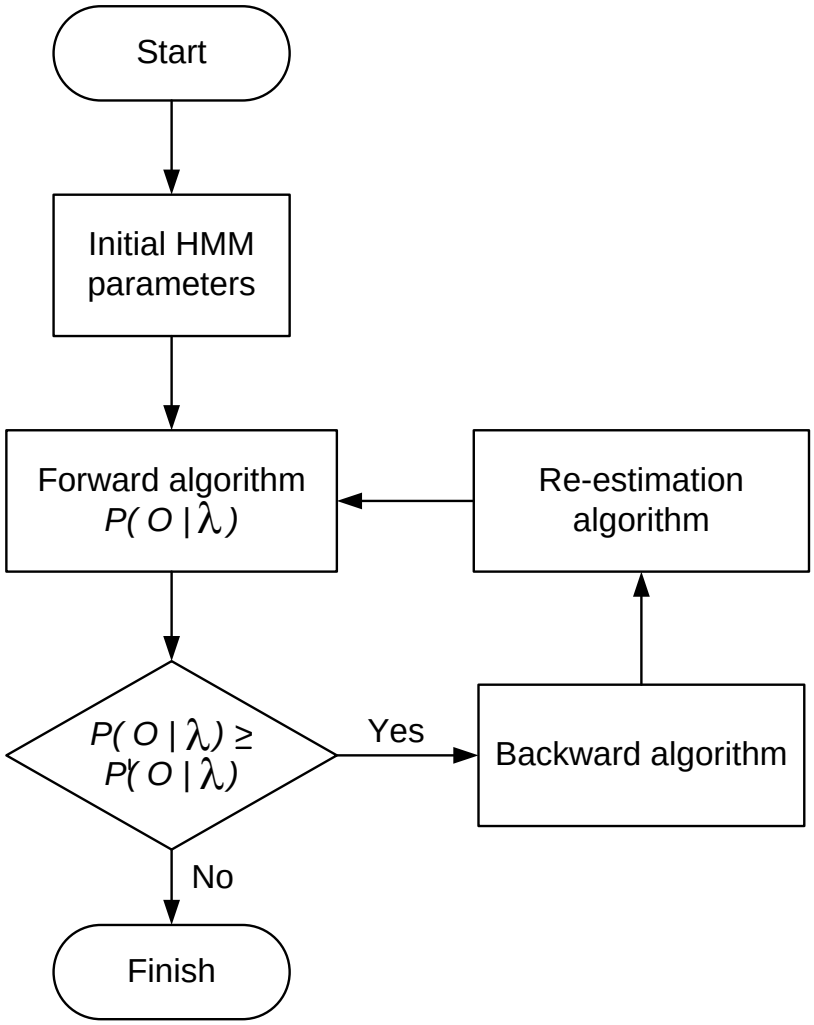
ระบบการรู้จำภาษามือไทยต่อเนื่องอัตโนมัติ ดังรูปที่ 3.2 ประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ 4 ส่วน คือ ส่วนแรกจะมีการรับข้อมูลจากถุงมืออิเลคทรอนิคส์และอุปกรณ์ตรวจวัดตำแหน่งแบบ 6 แกน ส่วนที่สอง คือ การตรวจจับท่านิ่ง ซึ่งผลจากส่วนนี้จะถูกนำมาใช้เพื่อช่วยให้ HMM recognizer สามารถลดเส้นทางในการหาเส้นด้วย Viterbi algorithm ได้ (เรียกว่าการ Pruning) ส่วนที่สาม คือ ส่วนของการรู้จำท่าทางด้วยฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลและส่วนสุดท้าย คือ การรวมส่วนประกอบต่างๆ เข้าด้วยกันเป็นคำหรือประโยค ซึ่ง ในส่วนของโมดูล Static Gesture Detection นั้นเป็นการดำเนินงานจากงานวิจัยก่อนหน้า [6] โดยกระบวนการทำงานของระบบ สามารถแยกออกเป็นส่วนการทำงานได้ดังต่อไปนี้

1. การรับข้อมูลจากถุงมืออิเลคทรอนิคส์และอุปกรณ์ตรวจวัดตำแหน่งแบบ 6 แกน (Glove & 6DOF Tracker) เป็นการรับข้อมูลจากเซนเซอร์ต่างๆที่ติดไว้ที่ถุงมืออิเลคทรอนิคส์ ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้เซนเซอร์จากถุงมือจำนวน 18 เซนเซอร์และจากอุปกรณ์ตรวจวัดตำแหน่งแบบ 6 แกนจำนวน 6 เซนเซอร์
2. การแบ่งแยกท่านิ่งจากท่าเคลื่อนไหว (Static Gesture Detection) กระบวนการนี้จะทำหน้าที่แยกท่านิ่งออกจากท่าเคลื่อนไหว จะใช้วิธีการของ Bayesian Estimator เนื่องจากเป็นวิธีการที่ดีที่สุดในเชิงสถิติสำหรับการรู้จำท่านิ่ง
3. การแบ่งแยกท่าเคลื่อนไหว (Gesture Segmentation and Recognition: HMM Module) เป็นกระบวนการรู้จำท่าเคลื่อนไหวที่มีความหมายออกจากการเคลื่อนไหวระหว่างท่ามือออกมาได้ โดยใช้ฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล

การรวมส่วนประกอบต่างๆ เข้าด้วยกันเป็นประโยค (Word/Sentence Recognition) เป็นการนำผลที่ได้จากการรู้จำในส่วนต่างๆมาประกอบกันเป็นประโยค

3.1.1 กระบวนการสอนฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล และการใช้งานฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล

ในหัวข้อนี้จะนำเสนอถึงกระบวนการสอนฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล และการใช้งานฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล ซึ่งในการสอนฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลให้รู้จำ หรือแบ่งแยกสัญญาณที่ไม่ทราบ ทำได้โดยการนำสัญญาณที่ไม่ทราบซึ่งอยู่ในรูปของลำดับของค่าที่ปรากฏ นำมาสอนให้แก่ฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล โดยกระทำตามขั้นตอนดังรูปที่ 3.3 โดยมีขั้นตอนในการสอนดังนี้



รูปที่ 3.3 กระบวนการสอนฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล

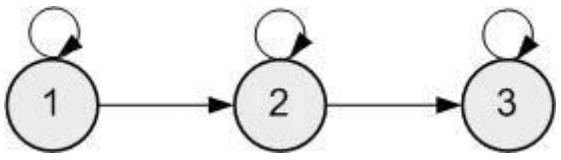
- เริ่มต้นด้วยการสุ่มค่าพารามิเตอร์ของฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล ได้แก่ A, B, π

- คำนวณหาค่าความน่าจะเป็น โดยใช้กระบวนการไปข้างหน้า ซึ่งจะได้ค่าความน่าจะเป็นของโมเดลออกมา
- พิจารณาค่าความน่าจะเป็นใหม่กับค่าความน่าจะเป็นก่อนหน้า จะทำการปรับค่าพารามิเตอร์ของฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล โดยใช้กระบวนการย้อนกลับ แล้วใช้ บาม-เวลส์อัลกอริทึม (Baum-Welch algorithm) ในการปรับค่าพารามิเตอร์ A, B, π ให้ได้ค่าที่เหมาะสม แล้วย้อนกลับไปทำกระบวนการไปข้างหน้าอีกครั้งเพื่อหาค่าความน่าจะเป็นของโมเดล แต่ถ้าค่าความน่าจะเป็นใหม่ที่ได้มีค่าลดลง หรือมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงเป็นระยะเวลานาน จึงจะหยุดวงจรการคำนวณ แล้วเก็บพารามิเตอร์ A, B, π โดยพารามิเตอร์เหล่านี้เป็นตัวแทนของลักษณะลำดับของค่าที่ปรากฏที่ไม่รู้จัก โดยวิธีการดังกล่าวแสดงดังรูปที่ 3.3

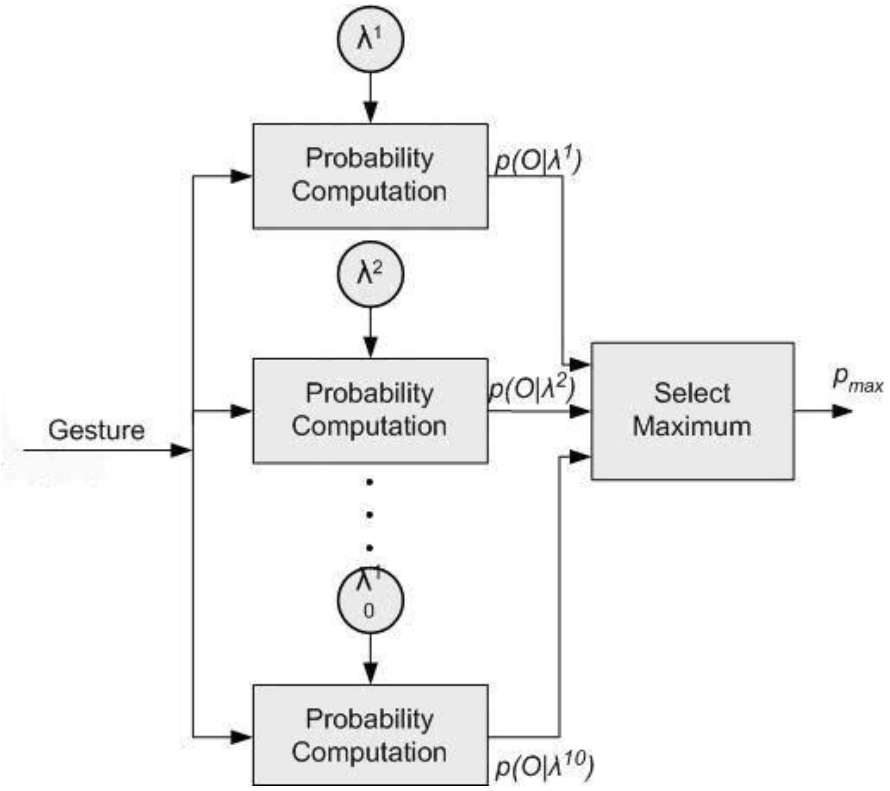
3.1.2 การใช้ฮิดเดนมาร์คอฟในการรู้จำท่าในภาษามือแบบไม่ต่อเนื่อง

ในการใช้ฮิดเดนมาร์คอฟในการรู้จำท่าในภาษามือแบบไม่ต่อเนื่อง (Isolated sign) สามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 3.5 ซึ่งจากรูปแต่ละบล็อคของ Probability Computation นั้นแทนฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล ซึ่งแต่ละโมเดลถูกสร้างจากท่ามือ 1 ท่า สำหรับโมเดลที่ i^{th} เราจะให้ λ^i แทน โมเดลของฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล ซึ่งมีพารามิเตอร์คือ A^i, B^i, π^i ซึ่ง A^i คือ เซตของ state transition probability , B^i คือเซตของ observation probability และ π^i คือเซตของ initial state probability โดยที่สเตทของการสอนฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลจะมีการประมาณค่าพารามิเตอร์ดังกล่าว โดยใช้บ าม-เวลส์อัลกอริทึม

ในกรณีของการจำแนก เซตของข้อมูลหรือที่เรียกว่า Observation data จะถูกคัดออกจากข้อมูลที่รับมาทั้งหมดโดยถุงมืออิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งจะเป็นข้อมูลเข้าในโมดูล Gesture Segmentation and Recognition (HMM Module) การประมาณค่าความน่าจะเป็นสูงสุดได้ใช้ Viterbi algorithm สำหรับแต่ละโมเดลที่ถูกเปรียบเทียบกับโมเดลอื่นๆ ค่าที่มีค่าสูงสุดแทนด้วย p_{max} จะถูกเลือก



รูปที่ 3.4 ตัวอย่างโทโปโลจีของแต่ละฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลแบบ 3 สเตทซึ่ง 1 โมเดลแทน 1 คำ



รูปที่ 3.5 การใช้งานฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล

3.2 วิธีการรู้จำภาษามือไทยชนิดต่อเนื่อง

3.2.1 การเลือกจำนวนสเตทของฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล

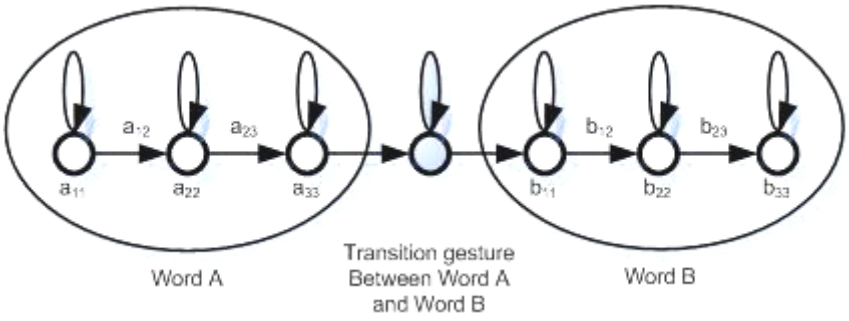
การเลือกจำนวนสเตทของฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลนั้น จะพบปัญหา 2 กรณี คือ หากมีจำนวนสเตทน้อยเกินไป จะทำให้การรู้จำท่าที่มีความคล้ายคลึงนั้นเกิดความรู้จำผิดพลาดได้ และ หากมีจำนวนสเตทมากเกินไป (Over fit) ก็จะทำให้การรู้จำท่าเดียวกันผิดพลาดได้ เนื่องจากการทำท่ามือในแต่ละครั้งในส่วนของการทำท่ามือ การหมุนมือ การเคลื่อนไหวของมืออาจจะไม่ได้เหมือนกันอย่างพอดีทุกครั้ง จากปัญหาดังกล่าวจึง ได้นำการแบ่งข้อมูลเค-มีน (K-means Clustering) มาประยุกต์ใช้ในการเลือกจำนวน สเตท การแบ่งข้อมูลเค-มีนนั้น จะต้องกำหนดจำนวนกลุ่ม (K) ไว้ล่วงหน้า ซึ่งในงานวิจัยนี้ ได้ทำการแบ่งกลุ่มข้อมูลในระดับคำ โดยแต่ละคำ จะนำข้อมูลมาทำการเลือกการแบ่งกลุ่มออกเป็น 2, 3 และ 4 ทำการหาคู่อันดับของระหว่าง 2 กลุ่มที่มีค่าที่ใกล้ที่สุดหรือระยะห่างน้อยที่สุด (Euclidean distance) แล้วนำมาหาระยะทางระหว่างจุดสองจุด หลังจากนั้นหารด้วยผลบวกของค่า Standard Deviation ระหว่างจุดของจุดข้างต้น ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$Q = \frac{d}{STD_1 + STD_2} \tag{3.1}$$

เมื่อได้ค่า Q ของแต่ละชุดของข้อมูลในการแบ่งกลุ่ม 2, 3 และ 4 กลุ่มแล้ว จึงนำค่าทั้งหมดมาทำการหา Threshold 2 ค่า เพื่อทำการแบ่งกลุ่มค่า Q ที่ได้นี้ออกเป็น 3 กลุ่ม หลังจากนั้นทำการทดสอบกับข้อมูลในระดับคำ เพื่อทดสอบว่ากลุ่มใดที่มีความถูกต้องมากที่สุด แล้วจึงนำกลุ่มที่มีความถูกต้องมากที่สุดนี้ ไปทำการทดสอบการรู้จำในระดับประโยคต่อไป

3.2.2 การสร้างโมเดลของการเคลื่อนไหวระหว่างท่ามือ

เนื่องจากการเคลื่อนไหวระหว่างท่ามือนั้นเป็นท่าที่ไม่มีความหมาย ซึ่งเป็นการเคลื่อนไหวของมือระหว่างท่าที่มีความหมาย 2 ท่า แสดงได้ดังรูปที่ 3.6 จากงานวิจัย [2] ต้องทำการเก็บข้อมูลของการเคลื่อนไหวระหว่างท่ามือลงในฐานข้อมูล แล้วทำการสอนให้กับระบบ ซึ่งทำให้ฐานข้อมูลมีขนาดใหญ่ขึ้น และคำนวณซับซ้อนขึ้นเนื่องจากต้องสอนให้กับระบบทุกๆท่าเคลื่อนไหวระหว่างมือ



รูปที่ 3.6 ท่าเคลื่อนไหวระหว่างท่ามือซึ่งอยู่ระหว่างคำ A และ คำ B

ซึ่งในงานวิจัยนี้จึงขอนำเสนอ วิธีในการสร้างฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล ของการเคลื่อนไหวระหว่างท่ามือ (Transition movement) ด้วยการคำนวณ โดยสร้างโมเดลแบบสเตทเดียว เพื่อการลดความจำเป็นในการที่ต้องเก็บข้อมูลลงในฐานข้อมูล ซึ่งทำให้ต้องเสียพื้นที่ในการจัดเก็บข้อมูล อีกทั้งการเก็บข้อมูลในแต่ละท่านั้นต้องใช้เวลาและต้องนำมาสอนให้แก่ระบบ หากโมเดลที่ได้นั้นยังไม่เหมาะสมก็ต้องทำการคำนวณใหม่ ซึ่งทำให้การคำนวณนั้นซับซ้อนมากขึ้น และการสร้างโมเดลจากการเก็บข้อมูลเข้าไปนั้น ข้อมูลที่สร้างจะอยู่ในฐานข้อมูลตลอดเวลา ซึ่งวิธีการที่งานวิจัยนี้ได้นำเสนอนั้น จะทำการสร้างโมเดลของการเคลื่อนไหวระหว่างท่าด้วยคำนวณ พารามิเตอร์จากสเตทสุดท้ายของท่าก่อนหน้าร่วมกับสเตทแรกของท่าถัดไป ซึ่งในขณะที่โปรแกรมทำงานก็จะทำการสร้างขึ้นเป็นการชั่วคราว เพื่อนำมาใช้ในการหาเส้นทางที่ดีที่สุดสำหรับการรู้จำภาษามือไทยชนิดต่อเนื่องอัตโนมัติ และหลังจากนั้นระบบก็จะทำการลบทิ้งไป ทำให้ประหยัดพื้นที่ในการเก็บข้อมูลและหน่วยความจำ

ซึ่งการสร้างโมเดลนั้นประกอบด้วยพารามิเตอร์ (π, A, μ, **U**) โดย π คือ ค่าเริ่มต้นของการเปลี่ยน สเตทจากจุดแรก, A คือ เมตริกซ์ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนสเตท, μ คือ เวกเตอร์เฉลี่ย และ **U** คือ เมตริกซ์ Covariance กำหนดให้ (π, A, μ, **U**) เป็นพารามิเตอร์ของฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลของคำก่อนหน้า, (π', A′, μ',**U**′) เป็นพารามิเตอร์ของฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลของคำถัดไป และ ($\overline{\pi}$, $\overline{A}$, $\bar{\mu}$, $\overline{U}$) เป็นพารามิเตอร์ของฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลของการเคลื่อนไหวระหว่างมือที่ได้จากการคำนวณ ซึ่งในการสร้างโมเดลของท่าเคลื่อนไหวระหว่างท่ามือจะกำหนดค่าต่างๆดังต่อไปนี้

ค่าเริ่มต้นของการเปลี่ยนสเตทจะได้

$$\overline{\pi} = 1 \tag{3.2}$$

เนื่องจากโมเดลเป็นแบบสเตทเดียวดังนั้นค่าความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนสเตทจะได้

$$\overline{A} = 1 \tag{3.3}$$

ค่าเวกเตอร์เฉลี่ยคำนวณจากค่าเวกเตอร์เฉลี่ยในสเตทสุดท้ายของคำก่อนหน้า บวกกับค่าเวกเตอร์เฉลี่ยในสเตทแรกของคำถัดไปแล้วหารด้วย 2 จะได้

$$\bar{\mu} = \frac{\mu_K + \mu'_1}{2} \tag{3.4}$$

$$\overline{U}_{11} = \frac{U_{K,11} + U'_{1,11}}{2} \tag{3.5}$$

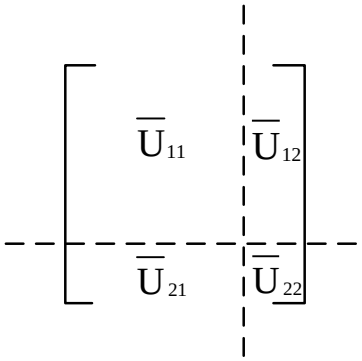
$$\overline{U}_{12} = \overline{U}_{21}^{T} = 0 \tag{3.6}$$

$$\overline{U}_{22} = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & & & \\ & \sigma_2^2 & & \\ & & \ddots & \\ & & & \sigma_L^2 \end{bmatrix} \tag{3.7}$$

จากสมการที่ 3.5 $\overline{U}_{11}$ คือ $M \times M$ top-left submatrix ของ $\overline{U}$ ซึ่ง M คือจำนวนข้อมูลซึ่งได้จากถุงมืออิเลคทรอนิคส์ในที่นี้คือ 18 ในทำนองเดียวกัน $U_{3,11}$ และ U'_1, คือ $M \times M$ top-left submatrix ของ U_3 และ U'_1 ตามลำดับ ในสมการที่ 3.6 และ 3.7 $\overline{U}_{12}$, $\overline{U}_{21}$, และ $\overline{U}_{22}$ คือ submatrice ที่เหลือของ $\overline{U}$ แสดงดังรูปที่ 3.7 ขนาด L ของ $\overline{U}_{22}$ นั้นเท่ากับจำนวนข้อมูลซึ่งได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดตำแหน่งแบบ 6 แกน ซึ่งในที่นี้คือ 6 และค่าความแปรปรวนในสมการที่ 3.7 สามารถแสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\sigma_i^{\,2} = \{\left|\mu_{3,M+i} - \mu'_{1,M+i}\right| / \alpha\}^2 \tag{3.8}$$

ซึ่ง $\mu_{3,M+i}$ คือ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในโมเดลซึ่งเป็นสเตทสุดท้ายของคำแรก เช่นเดียวกับข้อมูลลำดับที่ i^{th} ที่ได้จากเซนเซอร์ และ $\mu'_{1,M+i}$ ก็เช่นเดียวกัน

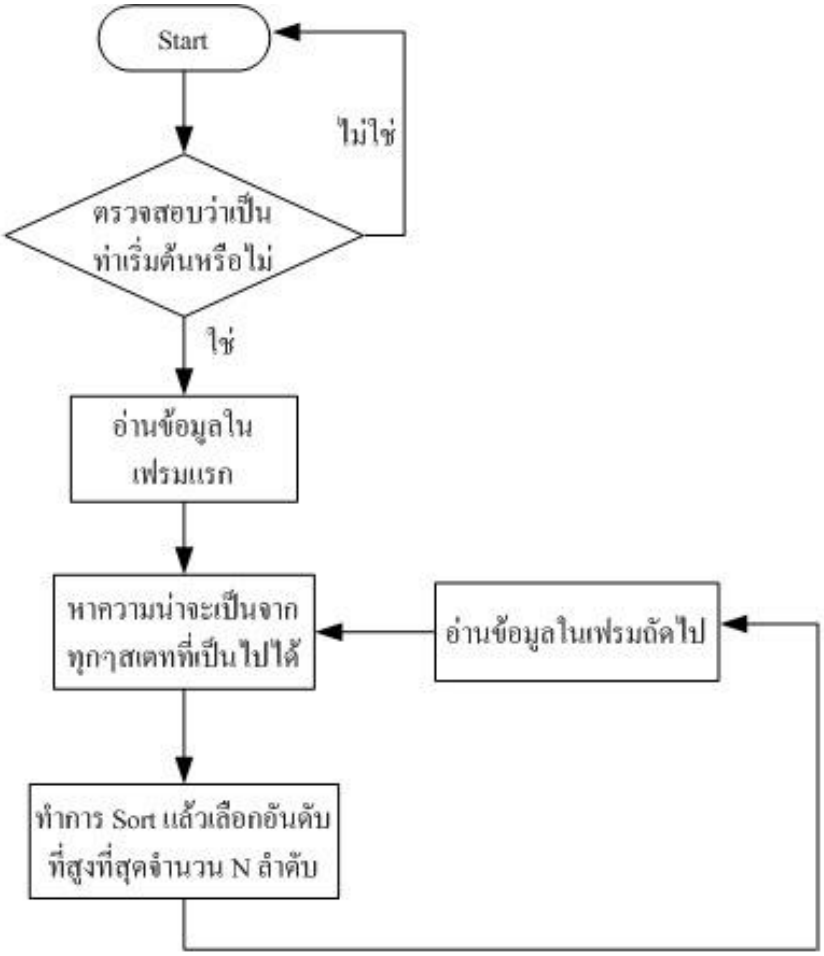


รูปที่ 3.7 แสดงการจำแนกของ $\overline{U}$ ออกเป็น 4 submatrice

3.2.3 การรู้จำด้วย Viterbi algorithm

การจดจำภาษามือนั้น เป็นการหาลำดับของภาษามือที่เหมาะสมกับข้อมูลภาษามือ โดยใช้ข้อมูลโมเดลที่ได้จากการประมาณจากขั้นตอนการสอน ซึ่งจะทำการหาลำดับของภาษามือที่มีความน่าจะเป็นที่สูงที่สุด ในการหาลำดับของภาษามือที่น่าจะเป็นไปได้ จะทำการหาได้โดยพิจารณาลำดับที่เป็นไปได้ของทุกสเตทและทุกโมเดล ซึ่งเป็นการทำให้การประมวลผลในขั้นตอนนี้มีจำนวนมาก และจะทำให้กระบวนการในรู้จำนั้นช้า ดังนั้นเพื่อที่จะทำการลดปัญหาจำนวนในการค้นหาจึงใช้ Viterbi algorithm ซึ่งเป็นหลักการพื้นฐานช่วยในการเลือกเส้นทางที่ดีที่สุด ทำให้ไม่ต้องค้นหาในทุกๆเส้นทางได้ ซึ่งขั้นตอนนั้นเริ่มแรกจะทำการพิจารณาข้อมูลภาษามือที่เวลา t=1 ว่ามีความน่าจะเป็นอยู่ในสเตทแรกของโมเดลภาษามือโมเดลใด ต่อไปจะทำการพิจารณาข้อมูลภาษามือที่เวลา t ต่อไป โดยคำนวณจนกระทั่งครบจำนวนข้อมูลภาษามือที่เวลา t_n โดยพิจารณาจากสเตทก่อนหน้า ซึ่งการทำแบบนี้จะมีลักษณะต่อเนื่องเป็นกราฟต้นไม้ (Tree graph) และเมื่อมาถึงเฟรมสุดท้าย ณ เวลา t_n ของการค้นหา จะทำการเลือกเส้นทางที่มีความน่าจะเป็นที่สูงที่สุด นอกจากนี้ Viterbi ยังลดเส้นทางด้วยการลบเส้นทางที่มีปลายทางเหมือนกันอีกด้วย โดยจะเลือกจากลำดับสเตทที่มีความน่าจะเป็นสูงที่สุด

รูปที่ 3.8 ได้แสดงการรู้จำด้วย Viterbi algorithm ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำการกำหนดจำนวนลำดับที่จะจัดเก็บลงในหน่วยความจำ โดยกำหนดให้ N แทนจำนวนลำดับดังกล่าว เพื่อช่วยในการลดการจัดเก็บในหน่วยความจำ โดยทำการหาความน่าจะเป็นจากทุกๆสเตทที่เป็นไปได้ในแต่ละเฟรม แล้วมาทำการจัดเรียง (Sort) และเลือกอันดับที่สูงที่สุด N ลำดับ แล้วจึงทำการ การอ่านข้อมูลในเฟรมถัดไป ทำเช่นนี้ไปจนหมดข้อมูล



รูปที่ 3.8 แผนภาพแสดงการรู้จำด้วย Viterbi algorithm

บทที่ 4
อุปกรณ์และข้อมูลที่ใช้ในการทดลอง

4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลประกอบด้วย

- เครื่องคอมพิวเตอร์ PC Intel Pentium IV 1.8 GHz
- ถุงมืออิเลคทรอนิคส์ของบริษัท Immersion Corporate แบบมือขวา 22 เซนเซอร์
- อุปกรณ์ตรวจวัดตำแหน่งแบบ 6 แกน รุ่น 3 SPACE® ISOTRAK II™ ของบริษัท Polhemus Inc. พร้อมเซนเซอร์ จำนวน 2 เซนเซอร์
- โปรแกรมจัดเก็บข้อมูลที่พัฒนาจากโปรแกรม Microsoft® Visual C++ 6.0 และใช้ไลบรารีของ Virtual Hand Library Version 2.4
- เก็บข้อมูลเข้าสู่ฐานข้อมูล Microsoft Access โดยผ่าน ODBC
- MatLab® Version 6.5 โดยดึงข้อมูลจากฐานข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูล

4.2 ข้อมูลที่ใช้ในการทดลอง

4.2.1 สภาพแวดล้อมขณะเก็บข้อมูล

ผู้เก็บท่ามือมีทั้งหมด 2 คน ซึ่งจะสวมใส่อุปกรณ์ถุงมืออิเลคทรอนิคส์เพียงข้างขวา ในขณะที่มีการเก็บข้อมูลจะมีผู้ควบคุมการทดลองเพื่อบอกถึงวิธีการแสดงท่ามือและการกำหนดการเริ่มต้นและสิ้นสุด รวมถึงการยกเลิกการเก็บเมื่อมีการทำท่ามือผิดพลาด และลักษณะการจัดวางของการทดลองจะกำหนดตำแหน่งของผู้เข้าเก็บข้อมูล และตัวส่งข้อมูลของอุปกรณ์ตรวจวัดตำแหน่งแบบ 6 แกน ให้อยู่ในตำแหน่งเดิมทุกครั้ง

4.2.2 ท่ามือที่ใช้ในการทดลอง

ท่ามือที่ใช้ในการทดลองสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทดังต่อไปนี้

- ท่ามือประเภทคำ เป็นท่ามือที่เป็นคำในภาษามือไทยที่คัดเลือกมาแล้วจากหนังสือภาษามือไทย เล่มที่ 1-6 ประกอบด้วยท่ามือทั้งหมด 106 คำ ซึ่งประกอบไปด้วย ท่ามือนิ่งจำนวน 7 คำ ท่ามือเคลื่อนไหวจำนวน 99 คำ โดยเก็บข้อมูลท่าละ 40 ครั้ง ในการเก็บข้อมูลจะต้องเริ่มจากตำแหน่งเริ่มต้นในการเก็บข้อมูล คือ ตำแหน่งชิดแนบข้างลำตัวและกำมือ โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน คือ ข้อมูลที่เป็นท่าเคลื่อนไหวจำนวน 99 คำ ดังตารางที่ 4.1 และท่านิ่งจำนวน 7 คำ ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 แสดงข้อมูลท่ามือท่าเคลื่อนไหว

ลำดับ	ท่ามือ	ลำดับ	ท่ามือ	ลำดับ	ท่ามือ
1	สบายดี	34	เปรี้ยว	67	ไข่ดาว
2	ไม่สบายใจ	35	จืด	68	ขนมจีน
3	ภาษามือ	36	ส้ม	69	เหงา
4	เรียน	37	มะม่วง	70	เมฆ
5	พบ	38	สับปะรด	71	ท้องฟ้า
6	สิบ	39	ชมพู่	72	ฟ้าแลบ
7	บ่าย	40	ทุเรียน	73	แม่น้ำ
8	ทั้งวันทั้งคืน	41	เชอรี่	74	บุรุษไปรษณีย์
9	วัน	42	แตงโม	75	ชาวนา
10	วันจันทร์	43	อ้อย	76	ชอบ
11	วันศุกร์	44	แพะ	77	คิดถึง
12	สัปดาห์	45	ช้าง	78	ฝัน
13	วันนี้	46	ยีราฟ	79	ยิ้ม
14	พรุ่งนี้	47	แมลงวัน	80	หิว
15	มะรืนนี้	48	หอยแครง	81	อิ่ม
16	เมื่อวาน	49	ผักคะน้า	82	มีความสุข
17	เมื่อวานซืน	50	เส้นหมี่	83	เสียใจ
18	กรกฎาคม	51	หน้า	84	สงสัย
19	อะไร	52	เสื้อกล้าม	85	เบื่อ
20	ทำไม	53	เสื้อเชิ้ต	86	เศร้า
21	เท่าไร	54	กางเกงขายาว	87	ยิมนาสติก
22	อย่างไร	55	ผ้าเช็ดหน้า	88	ว่ายน้ำ
23	พ่อ	56	ผ้าถุง	89	ยิงธนู
24	พี่น้อง	57	ผ้าห่ม	90	ฟิวเจอร์ปาร์ครังสิต
25	ลุง	58	โต๊ะ	91	เบลเยียม
26	หลาน	59	ขวด	92	เดนมาร์ก
27	สีดำ	60	เครื่องโทรสาร	93	ภาษาอังกฤษ
28	สีขาว	61	จักรยาน	94	กฎหมาย

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

ลำดับ	ท่ามือ	ลำดับ	ท่ามือ	ลำดับ	ท่ามือ
29	สีน้ำตาล	62	รถไฟฟ้า	95	บัญชี
30	สีชมพู	63	วัด	96	การออกแบบ
31	สีครีม	64	วิทยาลัย	97	เชิญ
32	หวาน	65	ไป	98	นั่ง
33	อร่อย	66	มา	99	กบ

ตารางที่ 4.2 แสดงข้อมูลท่ามือนิ่ง

ลำดับ	ท่ามือ
1	ท่าเริ่มต้น(กำมือแนบลำตัว)
2	ฉัน
3	คุณ
4	เขา
5	พักผ่อน
6	ใหญ่
7	กิน

- ประโยค โดยประโยคที่ใช้ในการทดลองนั้นเป็นการผสมกันระหว่างคำที่เลือกจากตารางที่ 4.1 และ 4.2 ซึ่งในที่นี้มีทั้งหมด 52 ประโยคดังตารางที่ 4.3 โดยแต่ละประโยคประกอบไปด้วยจำนวนคำ 2-4 คำ โดยแต่ละประโยคนั้นทำการเก็บประโยคละ 20 ครั้ง

ตารางที่ 4.3 แสดงประโยคทั้งหมดที่ใช้ในการทดลอง

ลำดับ	ประโยค	คำที่ประกอบในประโยค
1	ช้างตัวใหญ่	ช้าง - ใหญ่
2	ส้มมีรสชาติเปรี้ยว	ส้ม - เปรี้ยว
3	กบกินแมลงวัน	กบ - กิน - แมลงวัน
4	ชมพู่มีรสหวาน	ชมพู่ - หวาน
5	ฉันพบเขาที่เดนมาร์กเดือนกรกฎาคม	พบ - เขา - เดนมาร์ก - กรกฎาคม
6	เชิญนั่งสิ	เชิญ – นั่ง
7	พ่อสบายดีไหม	พ่อ - สบายดี

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

ลำดับ	ประโยค	คำที่ประกอบในประโยค
8	วันนี้วันจันทร์	วันนี้ - วันจันทร์
9	วันศุกร์ฉันพักผ่อน	ฉัน - พักผ่อน - วันศุกร์
10	ฉันมีพี่น้องสิบคน	พี่น้อง - ฉัน - สิบ
11	ฉันมีแพะสิบตัว	แพะ - ฉัน - สิบ
12	เรียนภาษาอังกฤษวันจันทร์	เรียน - ภาษาอังกฤษ - วันจันทร์
13	จะไปว่ายน้ำมะรืนนี้	ว่ายน้ำ - มะรืนนี้
14	ฉันเรียนภาษามือวันจันทร์ตอนบ่าย	เรียน - ภาษามือ - วันจันทร์ - บ่าย
15	ชอบวิชาอะไรระหว่างภาษาอังกฤษกับกฎหมาย	ภาษาอังกฤษ - กฎหมาย - ชอบ - อะไร
16	ชอบวิชาอะไรระหว่างบัญชีกับการออกแบบ	บัญชี - การออกแบบ - ชอบ - อะไร
17	ฉันเรียนที่ประเทศเบลเยียม	เรียน - เบลเยียม
18	คุณหน้าขาวจัง	หน้า - ขาว
19	เมื่อวานกินมะม่วงและสับปะรด	กิน - มะม่วง - สับปะรด - เมื่อวานนี้
20	เมื่อวานซืนกินทุเรียนและเชอรี่	กิน - ทุเรียน - เชอรี่ - เมื่อวานซืน
21	ช้างกินอ้อย	ช้าง - กิน - อ้อย
22	พรุ่งนี้จะไปวัดอย่างไร	ไป - วัด - พรุ่งนี้ - อย่างไร
23	จะไปโดยรถไฟฟ้าหรือจักรยาน	ไป - รถไฟฟ้า - จักรยาน - อะไร
24	ฉันชอบยิมนาสติกและว่ายน้ำ	ฉัน - ชอบ - ยิมนาสติก - ว่ายน้ำ
25	สงสัยว่ายิงธนูอย่างไร	สงสัย - ยิงธนู - อย่างไร
26	ยีราฟกินผักคะน้า	ยีราฟ - กิน - ผักคะน้า
27	คุณไปศูนย์การค้าฟิวเจอร์ปาร์ครังสิตทำไม	ไป - ศูนย์การค้าฟิวเจอร์ปาร์ครังสิต - ทำไม
28	ลุงไม่สบายใจทั้งวันทั้งคืน	ลุง - ไม่สบายใจ - ทั้งวันทั้งคืน
29	เรียนภาษามือสัปดาห์ละเท่าไหร่	เรียน - ภาษามือ - สัปดาห์ - เท่าไร
30	หลานเรียนที่วิทยาลัย	หลาน - เรียน - วิทยาลัย
31	ฉันเบื่อที่จะกินไข่ดาว	เบื่อ - กิน - ไข่ดาว
32	ฉันเศร้าและเสียใจทั้งวันทั้งคืน	ฉัน - เศร้า - เสียใจ - ทั้งวันทั้งคืน
33	แตงโมลูกนี้หวาน	แตงโม - หวาน
34	คุณยิ้มหวาน	คุณ - ยิ้ม - หวาน

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

ลำดับ	ประโยค	คำที่ประกอบในประโยค
35	มะม่วงลูกนี้อร่อย	มะม่วง - อร่อย
36	ฉันกินเส้นหมี่และหอยแครง	กิน - เส้นหมี่ - หอยแครง
37	เครื่องโทรสารสีดำ	เครื่องโทรสาร - สีดำ
38	ผ้าห่มสีขาวหรือสีน้ำตาล	ผ้าห่ม - ขาว - น้ำตาล - อะไร
39	โต๊ะสีน้ำตาล	โต๊ะ - สีน้ำตาล
40	ผ้าถุงและผ้าเช็ดหน้าราคาเท่าไร	ผ้าถุง - ผ้าเช็ดหน้า - เท่าไร
41	คุณมาที่วัดอย่างไร	คุณ - มา - วัด - อย่างไร
42	พรุ่งนี้ไปว่ายน้ำที่แม่น้ำ	ว่ายน้ำ - แม่น้ำ - พรุ่งนี้
43	เมฆและท้องฟ้าสีขาว	เมฆ - ท้องฟ้า - สีขาว
44	ฉันกินขนมจีนจนอิ่ม	กิน - ขนมจีน - อิ่ม
45	ลุงเป็นบุรุษไปรษณีย์หรือชาวนา	ลุง - บุรุษไปรษณีย์ - ชาวนา - อะไร
46	ฉันคิดถึงหลานทั้งวันทั้งคืน	คิดถึง - หลาน - ทั้งวันทั้งคืน
47	ขวดน้ำสีชมพู	ขวดน้ำ - สีชมพู
48	เสื้อกล้ามสีขาวเสื้อเชิ้ตสีครีม	เสื้อกล้าม - สีขาว - เสื้อเชิ้ต - สีครีม
49	กางเกงขายาวราคาเท่าไหร่	กางเกงขายาว - เท่าไร
50	เมื่อวานฟ้าแลบ	ฟ้าแลบ - เมื่อวาน
51	มะม่วงลูกนี้จืด	มะม่วง - จืด
52	ฉันฝันว่ามีความสุข	ฉัน - ฝัน - มีความสุข

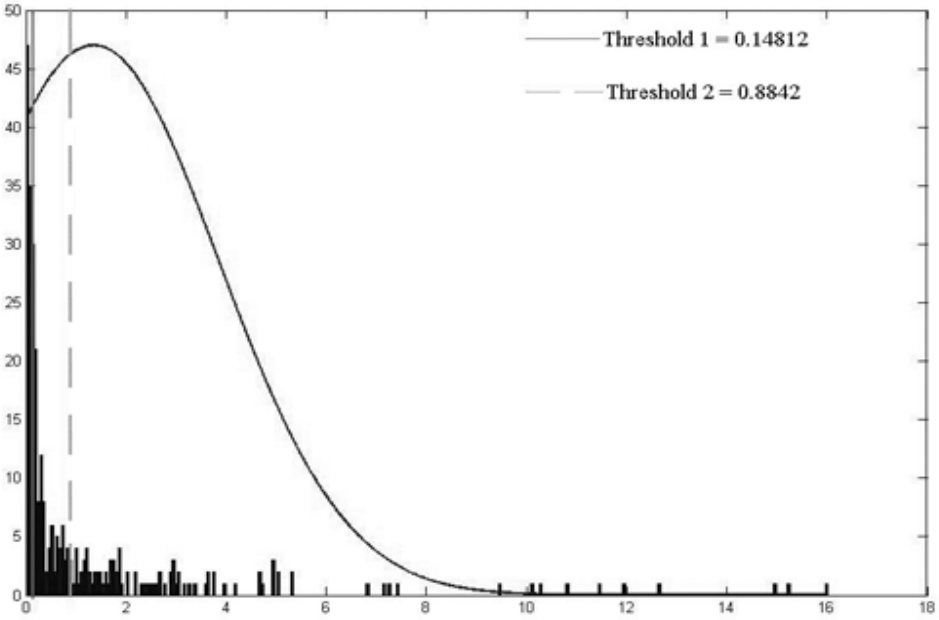
- การเคลื่อนไหวระหว่างมือ ซึ่งเป็นการเคลื่อนไหวระหว่างมือที่สัมพันธ์กับประโยคทั้ง 52 ประโยค เป็นจำนวน 178 ท่า

บทที่ 5
การทดลอง

ในการทดลองได้ทำการเลือกประโยคดังที่ได้กล่าวไปแล้วในบทที่ 4 โดยมีผู้จำท่ามือจำนวน 2 คนกระทำคนละจำนวน 52 ประโยค แต่ละประโยคประกอบไปด้วยคำ 2-4 คำต่อประโยค โดยเก็บประโยคละ 10 ครั้ง และสำหรับคำที่ประกอบอยู่แต่ละประโยคในที่นี้คือ 106 คำโดยแต่ละคำเก็บเป็นจำนวนคำละ 40 ครั้ง โดยแบ่งออกมาทำการสอนให้กับระบบเป็นจำนวน 30 และอีก 10 เอาไว้สำหรับทดสอบก่อนนำไปทดสอบกับการรู้จำท่ามือต่อเนื่อง

5.1 การทดลองเพื่อหาจำนวนสเตทของฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล

ในการทดลองนี้ได้ทำการทดลองเพื่อหาค่า Q (จากหัวข้อ 4.1) โดยนำแต่ละคำจากตารางที่ 5.1 ทำการแบ่งกลุ่มเค-มีนโดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 2, 3 และ 4 กลุ่ม แล้วทำการหาค่า Q หลังจากนั้นทำการหาค่า Threshold 2 ค่า เพื่อแบ่งกลุ่มของค่า Q ออกเป็น 3 กลุ่ม ซึ่งได้ค่า Threshold คือ 0.14812 และ 0.8842



รูปที่ 5.1 แสดงการแบ่งกลุ่มของค่า Q ด้วย Threshold

จากรูปที่ 5.1 เป็นการแสดงการแบ่งกลุ่มของค่า Q ด้วย Threshold ซึ่งกลุ่มของค่า Q ที่มีค่าน้อยกว่า Threshold 1 จะถูกจัดเป็นกลุ่มที่ 1, ค่า Q ที่มีค่ามากกว่า Threshold 1 แต่น้อนกว่า Threshold 2

จะถูกจัดเป็นกลุ่มที่ 2 และค่าที่มากกว่า Threshold 2 ถูกจัดเป็นกลุ่มที่ 3 หลังจากนั้นนำทั้ง 3 กลุ่มมาทำสอบกับการรู้จำระดับคำเพื่อหากลุ่มที่มีความถูกต้องมากที่สุด เพื่อหาจำนวนสเตทที่เหมาะ สม ซึ่งได้ผลการทดลองในการแบ่งกลุ่มที่ให้ค่าความถูกต้องสูงสุดดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 5.1 ตารางแสดงการแบ่งกลุ่มที่ให้ค่าความถูกต้องสูงสุด

ลำดับ	ท่ามือ	จำนวนกลุ่ม	ลำดับ	ท่ามือ	จำนวนกลุ่ม
1	สบายดี	2	51	หน้า	3
2	ไม่สบายใจ	3	52	เสื้อกล้าม	2
3	ภาษามือ	2	53	เสื้อเชิ้ต	2
4	เรียน	2	54	กางเกงขายาว	2
5	พบ	2	55	ผ้าเช็ดหน้า	4
6	สิบ	2	56	ผ้าถุง	3
7	บ่าย	2	57	ผ้าห่ม	2
8	ทั้งวันทั้งคืน	2	58	โต๊ะ	2
9	วัน	2	59	ขวด	4
10	วันจันทร์	2	60	เครื่องโทรสาร	2
11	วันศุกร์	2	61	จักรยาน	2
12	สัปดาห์	2	62	รถไฟฟ้า	2
13	วันนี้	3	63	วัด	2
14	พรุ่งนี้	2	64	วิทยาลัย	2
15	มะรืนนี้	2	65	ไป	3
16	เมื่อวาน	2	66	มา	3
17	เมื่อวานซืน	2	67	ไข่ดาว	4
18	กรกฎาคม	2	68	ขนมจีน	3
19	อะไร	2	69	เหงา	2
20	ทำไม	2	70	เมฆ	2
21	เท่าไร	2	71	ท้องฟ้า	2
22	อย่างไร	4	72	ฟ้าแลบ	2
23	พ่อ	2	73	แม่น้ำ	2
24	พี่น้อง	2	74	บุรุษไปรษณีย์	2
25	ลุง	2	75	ชาวนา	2

ตารางที่ 5.1 (ต่อ)

ลำดับ	ท่ามือ	จำนวนกลุ่ม	ลำดับ	ท่ามือ	จำนวนกลุ่ม
26	หลาน	2	76	ชอบ	2
27	สีดำ	2	77	คิดถึง	3
28	สีขาว	2	78	ฝัน	3
29	สีน้ำตาล	2	79	ยิ้ม	3
30	สีชมพู	2	80	หิว	2
31	สีครีม	2	81	อิ่ม	2
32	หวาน	2	82	มีความสุข	2
33	อร่อย	2	83	เสียใจ	2
34	เปรี้ยว	2	84	สงสัย	3
35	จืด	2	85	เบื่อ	3
36	ส้ม	2	86	เศร้า	4
37	มะม่วง	2	87	ยิมนาสติก	4
38	สับปะรด	2	88	ว่ายน้ำ	4
39	ชมพู่	3	89	ยิงธนู	3
40	ทุเรียน	3	90	ฟิวเจอร์ปาร์ครังสิต	3
41	เชอรี่	2	91	เบลเยียม	3
42	แตงโม	2	92	เดนมาร์ก	4
43	อ้อย	4	93	ภาษาอังกฤษ	2
44	แพะ	4	94	กฎหมาย	2
45	ช้าง	4	95	บัญชี	2
46	ยีราฟ	2	96	การออกแบบ	2
47	แมลงวัน	3	97	เชิญ	2
48	หอยแครง	2	98	นั่ง	2
49	ผักคะน้า	3	99	กบ	2
50	เส้นหมี่	2			

ในการทดลองนี้ได้นำโมเดลที่เป็นจำนวนสเตทที่เหมาะสมไปเปรียบเทียบกับการสอนแบบ 3 สเตทในทุกๆโมเดลโดยการนำไปรู้จำในระดับคำ เมื่อนำกลุ่มของโมเดลซึ่งได้จากผลการทดลองข้างต้นไปรู้จำในระดับคำจะได้ความถูกต้อง 98.57% และนำกลุ่มของโมเดลโดยการสร้างฮิดเดน

มาร์คอฟโมเดลแบบ 3 สเตท จะได้ความถูกต้อง 97.76% อนึ่งโดยอาศัยการกำหนดจำนวนสเตทตามตารางที่ 5.1 ได้จำนวนสเตทจริงจำนวนเท่ากับ 87.76%

5.2 การทดสอบการรู้จำโดยสร้างโมเดลท่าเคลื่อนไหวระหว่างมือด้วยวิธีการคำนวณ

ในการทดลองนี้ได้ทำการทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพ ในการสร้างโมเดลของท่าเคลื่อนไหวระหว่างมือแล้วนำมาใช้ในการรู้จำภาษามือแบบต่อเนื่อง ซึ่งได้ผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ 5.2 ตารางแสดงผลการทดลองเมื่อนำโมเดลท่าเคลื่อนไหวระหว่างมือด้วยการคำนวณมาใช้ในการรู้จำประโยค

ลำดับ	ประโยค	ความถูกต้องในการรู้จำ (%)	
		ผู้ทำท่า 1	ผู้ทำท่า 2
1	ช้างตัวใหญ่	70	80
2	ส้มมีรสชาติเปรี้ยว	90	90
3	กบกินแมลงวัน	90	80
4	ชมพู่มีรสหวาน	90	90
5	ฉันพบเขาที่เดนมาร์กเดือนกรกฎาคม	90	90
6	เชิญนั่งสิ	90	90
7	พ่อสบายดีไหม	90	90
8	วันนี้วันจันทร์	90	90
9	วันศุกร์ฉันพักผ่อน	90	90
10	ฉันมีพี่น้องสิบคน	90	90
11	ฉันมีแพะสิบตัว	100	90
12	เรียนภาษาอังกฤษวันจันทร์	90	90
13	จะไปว่ายน้ำมะรืนนี้	100	90
14	ฉันเรียนภาษามือวันจันทร์ตอนบ่าย	100	90
15	ชอบวิชาอะไรระหว่างภาษาอังกฤษกับกฎหมาย	90	100
16	ชอบวิชาอะไรระหว่างบัญชีกับการออกแบบ	80	80
17	ฉันเรียนที่ประเทศเบลเยียม	100	90
18	คุณหน้าขาวจัง	90	90
19	เมื่อวานกินมะม่วงและสับปะรด	100	90

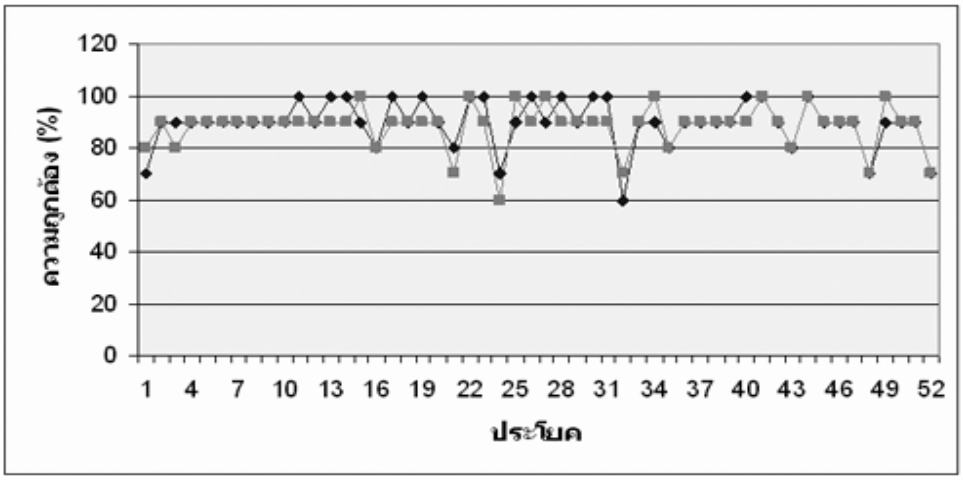
ตารางที่ 5.2 (ต่อ)

ลำดับ	ประโยค	ความถูกต้องในการรู้จำ (%)	
		ผู้ทำท่า 1	ผู้ทำท่า 2
20	เมื่อวานซืนกินทุเรียนและเชอรี่	90	90
21	ช้างกินอ้อย	80	70
22	พรุ่งนี้จะไปวัดอย่างไร	100	100
23	จะไปโดยรถไฟฟ้าหรือจักรยาน	100	90
24	ฉันชอบยิมนาสติกและว่ายน้ำ	70	60
25	สงสัยว่ายิงธนูอย่างไร	90	100
26	ยีราฟกินผักคะน้า	100	90
27	คุณไปศูนย์การค้าฟิวเจอร์ปาร์ครังสิตทำไม	90	100
28	ลุงไม่สบายใจทั้งวันทั้งคืน	100	90
29	เรียนภาษามือสัปดาห์ละเท่าไหร่	90	90
30	หลานเรียนที่วิทยาลัย	100	90
31	ฉันเบื่อที่จะกินไข่ดาว	100	90
32	ฉันเศร้าและเสียใจทั้งวันทั้งคืน	60	70
33	แตงโมลูกนี้หวาน	90	90
34	คุณยิ้มหวาน	90	100
35	มะม่วงลูกนี้อร่อย	80	80
36	ฉันกินเส้นหมี่และหอยแครง	90	90
37	เครื่องโทรสารสีดำ	90	90
38	ผ้าห่มสีขาวหรือสีน้ำตาล	90	90
39	โต๊ะสีน้ำตาล	90	90
40	ผ้าถุงและผ้าเช็ดหน้าราคาเท่าไร	100	90
41	คุณมาที่วัดอย่างไร	100	100
42	พรุ่งนี้ไปว่ายน้ำที่แม่น้ำ	90	90
43	เมฆและท้องฟ้าสีขาว	80	80
44	ฉันกินขนมจีนจนอิ่ม	100	100
45	ลุงเป็นบุรุษไปรษณีย์หรือชาวนา	90	90
46	ฉันคิดถึงหลานทั้งวันทั้งคืน	90	90

ตารางที่ 5.2 (ต่อ)

ลำดับ	ประโยค	ความถูกต้องในการรู้จำ (%)	
		ผู้ทำท่า 1	ผู้ทำท่า 2
47	ขวดน้ำสีชมพู	90	90
48	เสื้อกล้ามสีขาวเสื้อเชิ้ตสีครีม	70	70
49	กางเกงขายาวราคาเท่าไหร่	90	100
50	เมื่อวานฟ้าแลบ	90	90
51	มะม่วงลูกนี้จืด	90	90
52	ฉันฝันว่ามีความสุข	70	70

จากผลการทดลองในตารางข้างต้นสามารถสรุปเป็นกราฟได้ดังนี้



รูปที่ 5.2 กราฟแสดงผลการรู้จำโดยการสร้างโมเดลท่าเคลื่อนไหวระหว่างมือด้วยวิธีการคำนวณ

จากการทดลองนี้การรู้จำโดยการสร้างโมเดลท่าเคลื่อนไหวระหว่างมือด้วยวิธีการคำนวณ ซึ่งได้ความถูกต้องในการรู้จำรวมทั้ง 2 ผู้ทำท่ามือเท่ากับ 89.04%

5.3 การทดสอบการรู้จำด้วยโมเดลท่าเคลื่อนไหวระหว่างมือที่สร้างจากการทำท่ามือ

ในการทดลองนี้จะใช้โมเดลของท่าเคลื่อนไหวระหว่างมือที่ได้มีการเก็บข้อมูลของท่าเคลื่อนไหวระหว่างมือ จำนวน 178 ท่า แล้วจึงนำมาสร้างโมเดล ของท่าเคลื่อนไหวระหว่างมือ โดยกำหนดให้ 1 โมเดลมี 1 สเตท ซึ่งได้ผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ 5.3 ตารางแสดงผลการทดลองเมื่อนำโมเดลท่าเคลื่อนไหวระหว่างมือที่สร้างจากการทำท่ามือมาใช้ในการรู้จำประโยค

ลำดับ	ประโยค	ความถูกต้องในการรู้จำ (%)	
		ผู้ทำท่า 1	ผู้ทำท่า 2
1	ช้างตัวใหญ่	90	90
2	ส้มมีรสชาติเปรี้ยว	100	90
3	กบกินแมลงวัน	90	90
4	ชมพู่มีรสหวาน	90	90
5	ฉันพบเขาที่เดนมาร์กเดือนกรกฎาคม	100	90
6	เชิญนั่งสิ	100	100
7	พ่อสบายดีไหม	100	100
8	วันนี้วันจันทร์	90	90
9	วันศุกร์ฉันพักผ่อน	90	90
10	ฉันมีพี่น้องสิบคน	100	90
11	ฉันมีแพะสิบตัว	100	100
12	เรียนภาษาอังกฤษวันจันทร์	90	90
13	จะไปว่ายน้ำมะรืนนี้	100	100
14	ฉันเรียนภาษามือวันจันทร์ตอนบ่าย	100	100
15	ชอบวิชาอะไรระหว่างภาษาอังกฤษกับกฎหมาย	90	100
16	ชอบวิชาอะไรระหว่างบัญชีกับการออกแบบ	90	90
17	ฉันเรียนที่ประเทศเบลเยียม	100	90
18	คุณหน้าขาวจัง	100	100
19	เมื่อวานกินมะม่วงและสับปะรด	100	90
20	เมื่อวานซืนกินทุเรียนและเชอรี่	90	90
21	ช้างกินอ้อย	90	90
22	พรุ่งนี้จะไปวัดอย่างไร	100	100

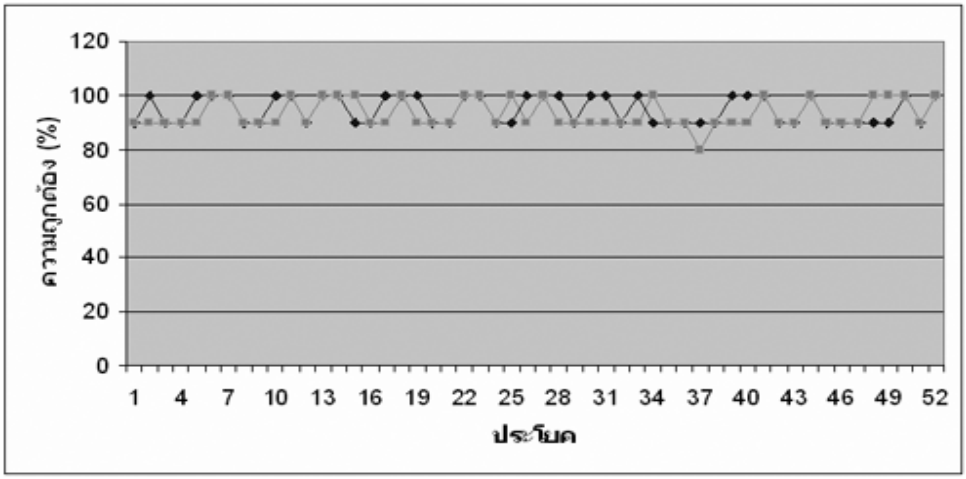
ตารางที่ 5.3 (ต่อ)

ลำดับ	ประโยค	ความถูกต้องในการรู้จำ (%)	
		ผู้ทำท่า 1	ผู้ทำท่า 2
23	จะไปโดยรถไฟฟ้าหรือจักรยาน	100	100
24	ฉันชอบยิมนาสติกและว่ายน้ำ	90	90
25	สงสัยว่ายิงธนูอย่างไร	90	100
26	ยีราฟกินผักคะน้า	100	90
27	คุณไปศูนย์การค้าฟิวเจอร์ปาร์ครังสิตทำไม	100	100
28	ลุงไม่สบายใจทั้งวันทั้งคืน	100	90
29	เรียนภาษามือสัปดาห์ละเท่าไหร่	90	90
30	หลานเรียนที่วิทยาลัย	100	90
31	ฉันเบื่อที่จะกินไข่ดาว	100	90
32	ฉันเศร้าและเสียใจทั้งวันทั้งคืน	90	90
33	แตงโมลูกนี้หวาน	100	90
34	คุณยิ้มหวาน	90	100
35	มะม่วงลูกนี้อร่อย	90	90
36	ฉันกินเส้นหมี่และหอยแครง	90	90
37	เครื่องโทรสารสีดำ	90	80
38	ผ้าห่มสีขาวหรือสีน้ำตาล	90	90
39	โต๊ะสีน้ำตาล	100	90
40	ผ้าถุงและผ้าเช็ดหน้าราคาเท่าไร	100	90
41	คุณมาที่วัดอย่างไร	100	100
42	พรุ่งนี้ไปว่ายน้ำที่แม่น้ำ	90	90
43	เมฆและท้องฟ้าสีขาว	90	90
44	ฉันกินขนมจีนจนอิ่ม	100	100
45	ลุงเป็นบุรุษไปรษณีย์หรือชาวนา	90	90
46	ฉันคิดถึงหลานทั้งวันทั้งคืน	90	90
47	ขวดน้ำสีชมพู	90	90
48	เสื้อกล้ามสีขาวเสื้อเชิ้ตสีครีม	90	100
49	กางเกงขายาวราคาเท่าไหร่	90	100

ตารางที่ 5.3 (ต่อ)

ลำดับ	ประโยค	ความถูกต้องในการรู้จำ (%)	
		ผู้ทำท่า 1	ผู้ทำท่า 2
50	เมื่อวานฟ้าแลบ	100	100
51	มะม่วงลูกนี้จืด	90	90
52	ฉันฝันว่ามีความสุข	100	100

จากผลการทดลองในตารางข้างต้นสามารถสรุปเป็นกราฟได้ดังนี้



รูปที่ 5.3 กราฟแสดงผลการรู้จำโดยการใช้โมเดลท่าเคลื่อนไหวระหว่างมือที่สร้างจากการทำท่ามือ

จากการทดลองนี้การรู้จำโดยนำโมเดลท่าเคลื่อนไหวระหว่างมือที่สร้างจากการทำท่ามือมาใช้ในการรู้จำประโยค ซึ่งได้ความถูกต้องในการรู้จำรวมทั้ง 2 ผู้ทำท่ามือเท่ากับ 94.04%

5.4 การทดสอบการรู้จำโดยไม่ใช้โมเดลท่าเคลื่อนไหวระหว่างมือ

ในการทดลองนี้จะเป็นการทดลองโดยไม่ใช้โมเดลของท่าเคลื่อนไหวระหว่างมือมาใช้ในการรู้จำ ซึ่งได้ผลการทดลองดังนี้

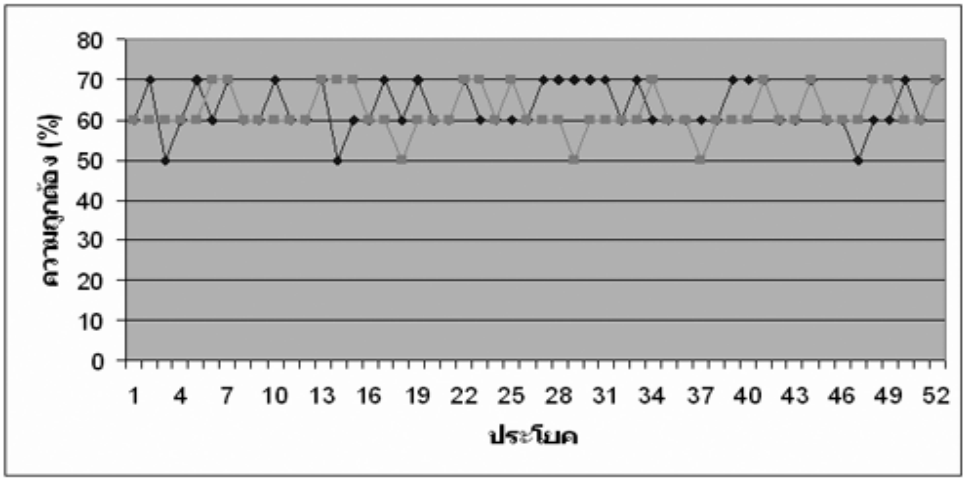
ตารางที่ 5.4 ตารางแสดงผลการทดลองเมื่อไม่ใช้โมเดลท่าเคลื่อนไหวระหว่างมือในการรู้จำประโยค

ลำดับ	ประโยค	ความถูกต้องในการรู้จำ (%)	
		ผู้ทำท่า 1	ผู้ทำท่า 2
1	ช้างตัวใหญ่	90	90
2	ส้มมีรสชาติเปรี้ยว	100	90
3	กบกินแมลงวัน	90	90
4	ชมพู่มีรสหวาน	90	90
5	ฉันพบเขาที่เดนมาร์กเดือนกรกฎาคม	100	90
6	เชิญนั่งสิ	100	100
7	พ่อสบายดีไหม	100	100
8	วันนี้วันจันทร์	90	90
9	วันศุกร์ฉันพักผ่อน	90	90
10	ฉันมีพี่น้องสิบคน	100	90
11	ฉันมีแพะสิบตัว	100	100
12	เรียนภาษาอังกฤษวันจันทร์	90	90
13	จะไปว่ายน้ำมะรืนนี้	100	100
14	ฉันเรียนภาษามือวันจันทร์ตอนบ่าย	100	100
15	ชอบวิชาอะไรระหว่างภาษาอังกฤษกับกฎหมาย	90	100
16	ชอบวิชาอะไรระหว่างบัญชีกับการออกแบบ	90	90
17	ฉันเรียนที่ประเทศเบลเยียม	100	90
18	คุณหน้าขาวจัง	100	100
19	เมื่อวานกินมะม่วงและสับปะรด	100	90
20	เมื่อวานซืนกินทุเรียนและเชอรี่	90	90
21	ช้างกินอ้อย	90	90
22	พรุ่งนี้จะไปวัดอย่างไร	100	100
23	จะไปโดยรถไฟฟ้าหรือจักรยาน	100	100
24	ฉันชอบยิมนาสติกและว่ายน้ำ	90	90
25	สงสัยว่ายิงธนูอย่างไร	90	100
26	ยีราฟกินผักคะน้า	100	90
27	คุณไปศูนย์การค้าฟิวเจอร์ปาร์ครังสิตทำไม	100	100

ตารางที่ 5.4 (ต่อ)

ลำดับ	ประโยค	ความถูกต้องในการรู้จำ (%)	
		ผู้ทำท่า 1	ผู้ทำท่า 2
28	ลุงไม่สบายใจทั้งวันทั้งคืน	100	90
29	เรียนภาษามือสัปดาห์ละเท่าไหร่	90	90
30	หลานเรียนที่วิทยาลัย	100	90
31	ฉันเบื่อที่จะกินไข่ดาว	100	90
32	ฉันเศร้าและเสียใจทั้งวันทั้งคืน	90	90
33	แตงโมลูกนี้หวาน	100	90
34	คุณยิ้มหวาน	90	100
35	มะม่วงลูกนี้อร่อย	90	90
36	ฉันกินเส้นหมี่และหอยแครง	90	90
37	เครื่องโทรสารสีดำ	90	80
38	ผ้าห่มสีขาวหรือสีน้ำตาล	90	90
39	โต๊ะสีน้ำตาล	100	90
40	ผ้าถุงและผ้าเช็ดหน้าราคาเท่าไร	100	90
41	คุณมาที่วัดอย่างไร	100	100
42	พรุ่งนี้ไปว่ายน้ำที่แม่น้ำ	90	90
43	เมฆและท้องฟ้าสีขาว	90	90
44	ฉันกินขนมจีนจนอิ่ม	100	100
45	ลุงเป็นบุรุษไปรษณีย์หรือชาวนา	90	90
46	ฉันคิดถึงหลานทั้งวันทั้งคืน	90	90
47	ขวดน้ำสีชมพู	90	90
48	เสื้อกล้ามสีขาวเสื้อเชิ้ตสีครีม	90	100
49	กางเกงขายาวราคาเท่าไหร่	90	100
50	เมื่อวานฟ้าแลบ	100	100
51	มะม่วงลูกนี้จืด	90	90
52	ฉันฝันว่ามีความสุข	100	100

จากผลการทดลองในตารางข้างต้นสามารถสรุปเป็นกราฟได้ดังนี้



รูปที่ 5.4 กราฟแสดงผลการรู้จำโดยไม่ใช้โมเดลท่าเคลื่อนไหวระหว่างมือ

จากการทดลองนี้ การรู้จำโดยไม่ใช้โมเดลท่าเคลื่อนไหวระหว่างมือ ซึ่งได้ความถูกต้องในการรู้จำรวมทั้ง 2 ผู้ทำท่ามือเท่ากับ 62.69%

บทที่ 6
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองในบทที่ 5 ผลการทดสอบ การรู้จำโดยการสร้างโมเดลท่าเคลื่อนไหวระหว่างมือด้วยวิธีการคำนวณ ได้ความถูกต้องในการรู้จำรวมทั้ง 2 ผู้ทำท่ามือเท่ากับ 89.04%, เมื่อนำโมเดลมาทดสอบการรู้จำ โดยการใช้โมเดลท่าเคลื่อนไหวระหว่างมือที่สร้างจากการทำท่ามือ นั้นได้ความถูกต้องเท่ากับ 94.04% และเมื่อทดสอบโดยไม่ใช้โมเดลท่าเคลื่อนไหวระหว่างมือในการรู้จำประโยค ได้ความถูกต้องเท่ากับ 62.69% ซึ่งสรุปได้ว่าการรู้จำโดยการสร้างโมเดลท่าเคลื่อนไหวระหว่างมือด้วยวิธีการคำนวณนั้น มีความถูกต้องใกล้เคียงกันกับการใช้โมเดลท่าเคลื่อนไหวระหว่างมือที่สร้างจากการทำท่ามือ โดยมีค่าความถูกต้องลดลงราว 5% การที่ ใช้โมเดลท่าเคลื่อนไหวระหว่างมือด้วยวิธีการคำนวณ ในการรู้จำ มีประสิทธิภาพน้อยกว่าการใช้โมเดลท่าเคลื่อนไหวระหว่างมือที่สร้างจากการทำท่ามือ เนื่องจากการสร้างโมเดลของการเคลื่อนไหวระหว่างมือนั้นเป็นการเฉลี่ยในแนวเส้นตรง (Linear Interpolation) แต่สรีระของคนเรานั้นบางครั้งไม่ได้มีการเคลื่อนไหวเป็นเส้นตรง ซึ่งในอนาคตอาจจะนำวิธีการแบบ Non-Linear Interpolation มาทำให้ระบบสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

นอกจากนี้การรู้จำภาษามือไทยแบบต่อเนื่อง โดยการสร้างโมเดลของการเคลื่อนไหวระหว่างท่ามือด้วยการคำนวณ เป็นการลดการจัดเก็บการเคลื่อนไหวระหว่างท่ามือลงในฐานข้อมูล อีกทั้งการสร้างโมเดลของการเคลื่อนไหวระหว่างท่ามือด้วยการคำนวณนั้นเป็นการสร้างขึ้นมาใช้ชั่วคราวในหน่วยความจำในขณะที่โปรแกรมทำงานเท่านั้น ไม่ได้เป็นการจัดเก็บถาวร นอกจากนี้ยังเป็นการลดความซับซ้อนและความยุ่งยากในการสอนการเคลื่อนไหวระหว่างท่ามือให้แก่ระบบอีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

[1] Gaolin F. and Wen G., "A SRN/HMM system for signer-independent continuous sign language recognition", Automatic Face and Gesture Recognition, 2002. Proceedings. Fifth IEEE International Conference on, 20-21 May 2002 Page(s): 297 -302

[2] Wen G., Gaolin F., Debin Z. and Yiqiang C., "Transition Movement Models for Large Vocabulary Continuous Sign Language Recognition", Automatic Face and Gesture Recognition, 2004. Proceedings. Sixth IEEE International Conference on, 17-19 May 2004 Page(s):553 – 558

[3] G. Fang, W. Gao and D. Zhao, "Large-Vocabulary Continuous Sign Language Recognition Based on Transition-Movement Models", Systems, Man and Cybernetics, Part A, IEEE Transactions on Volume 37, Issue 1, Jan. 2007 Page(s):1 – 9

[4] Jianjun Y., Hongxun Y. and Feng J., "Based on HMM and SVM Multilayer Architecture Classifier for Chinese Sign Language Recognition with Large Vocabulary", Image and Graphics, 2004. Proceedings. Third International Conference on, 18-20 Dec. 2004 Page(s):377 - 380

[5] Guilin Y., Hongxun Y., Xin L. and Feng J., "Real Time Large Vocabulary Continuous Sign Language Recognition Based on OP/Viterbi Algorithm", Pattern Recognition, 2006. ICPR 2006. 18th International Conference on, Volume 3, 20-24 Aug. 2006 Page(s):312 - 315

[6] วรวิทย์ วีระพันธุ์. (2548). *วิธีการแยกและการรู้จำรูปแบบท่าทางสำหรับการแปลภาษามือไทยอัตโนมัติ*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. ภาควิชาการเทคโนโลยีสารสนเทศ บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[7] องค์การศึกษาวิทยาศาสตร์และวัตนธรรมแห่งสหประชาชาติ. **หนังสือภาษามือ**" กรุงเทพมหานคร : มูลนิธิอนุเคราะห์คนหูหนวกในพระบรมราชินูปถัมภ์ 2526.

[8] สมาคมคนหูหนวกแห่งประเทศไทย. **ปทานุกรมภาษามือไทย ฉบับปรับปรุงและขยายเพิ่มเติม**. ไทยวัฒนาพานิช, 1990.

[9] J. LaViola., "A Survey of Hand Posture and Gesture Recognition Techniques and Technology", Technical Report CS-99-11, Brown University, Department of Computer Science, Providence RI, June, 1999.

10] Virtual Technologies, Inc. **VirtualHand® Software Library Reference Manual.** Aug. 5, 1998.

[11] Polhemus, Inc. **3SPACE® User's Manual**. May 1993.

[12] สมาคมคนหูหนวกแห่งประเทศไทย. **หนังสือภาษามือไทยเล่ม 1-6**. บพิธการพิมพ์, 2542.

[13] L. Rabiner, "A Tutorial on Hidden Markov Models and Select Applications in speech recognition.", Proceedings of IEEE, Vol 77, pp. 257-286, No.2, February 1989.

[14] วุฒิชัย วิศาลคุณา . (2548). *ระบบจดจำภาษามือไทยโดยใช้ฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล* . วิทยานิพนธ์วิ ศวกรรมศาสตร มหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าธนบุรี.