



สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การพัฒนาเครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์เพื่อช่วยในการสื่อสาร
ทางเลือกสำหรับผู้บกพร่องทางการพูดแบบไม่เป็นความ

(The development of computer-based apparatus and software
for alternative communication in dysarthria)

โดย

ดร.สะการะ ตันโสภณ คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ดร.สุเมธ เหมะวัฒนะชัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ผศ.นพ.ชินภัทร์ จิระวรพงศ์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

นางสมจิต รวมสุข ศูนย์สิทธิบัตรเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพทางการแพทย์แห่งชาติ

สนับสนุนโดย

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และสถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข (สวรส.)

ความเห็นและข้อเสนอแนะที่ปรากฏในเอกสารนี้เป็นของผู้วิจัย มิใช่ความเห็นของวช.และสวรส.



สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การพัฒนาเครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์เพื่อช่วยในการสื่อสาร
ทางเลือกสำหรับผู้บกพร่องทางการพูดแบบไม่เป็นความ

(The development of computer-based apparatus and software
for alternative communication in dysarthria)

โดย

ดร.สะการะ ตันโสภณ คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ดร.สุเมธ เหมะวัฒนะชัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ผศ.นพ.ชินภัทร์ จิระวรพงศ์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

นางสมจิต รวมสุข ศูนย์สิทธิบัตรเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพทางการแพทย์แห่งชาติ

สนับสนุนโดย

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และสถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข (สวรส.)

ความเห็นและข้อเสนอแนะที่ปรากฏในเอกสารนี้เป็นของผู้วิจัย มิใช่ความเห็นของวช.และสวรส.

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	6
บทคัดย่อ	7
Abstract	8
บทสรุปผู้บริหาร	9
บทที่ 1 บทนำ	11
รูปที่ 1 แสดงหลักการทำงานของเครื่องต้นแบบ	13
บทที่ 2 วัตถุประสงค์	15
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย	16
รูปที่ 2 ตัวอย่างการนับสัญญาณในแต่ละโหมด	18
รูปที่ 3 ตัวอย่างหลักการจัดกลุ่มค่าต่างๆเพื่อแสดงที่หน้าจอด้านผู้ป่วย	18
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	23
รูปที่ 4 หน้าจอโปรแกรมหลักสำหรับช่วยในการสื่อสารที่พัฒนาขึ้น	24
รูปที่ 5 แสดงตัวอย่างการทดลองในการพัฒนาระบบควบคุมแสงสว่าง	25
รูปที่ 6 แสดงตัวอย่างการทดลองเปรียบเทียบค่าความสว่างที่สร้างและวัดจากระบบเทียบกับมิเตอร์วัดแสงมาตรฐาน	26
รูปที่ 7 แสดงขั้นตอนหลักของการตรวจจับสถานะดวงตา	27
รูปที่ 8 การทดลองการตรวจจับสถานะดวงตา	27
รูปที่ 9 แสดงภาพชุดทดลองการสื่อสารระหว่างโมดูลภาพกับโปรแกรมหลัก	28
รูปที่ 10 แสดงภาพจากโปรแกรมตรวจจับสถานะปาก	29
รูปที่ 11 การทดลองเปรียบเทียบสัญญาณเสียงระหว่าง background noise กับการเปล่งเสียงอา	30
รูปที่ 12 เครื่องต้นแบบเพื่อช่วยในการสื่อสารทางเลือกสำหรับผู้บกพร่องทางการพูดแบบไม่เป็นความ	31
รูปที่ 13 แสดงการประชุมร่วมกับที่ปรึกษาโครงการวิจัยและสาธิตการใช้เครื่องต้นแบบ	32
รูปที่ 14 หน้าจอโปรแกรมหลักสำหรับช่วยในการสื่อสาร (แบบเก่า)	36
รูปที่ 15 หน้าจอโปรแกรมหลักสำหรับช่วยในการสื่อสาร เมนูหลัก (แบบใหม่)	36
รูปที่ 16 ขั้นตอนที่ 1 การเลือกหมวดคำ (แบบใหม่)	37
รูปที่ 17 ขั้นตอนที่ 2 การเลือกประโยค (แบบใหม่)	37

รูปที่ 18 ขั้นตอนที่ 3 การยืนยันการส่งข้อความ (แบบใหม่)	38
รูปที่ 19 แสดงการ train คอมพิวเตอร์ให้จำหน้าผู้ใช้ด้วยการจับรูปแบบตา	39
โดยผู้วิจัยเป็นผู้บันทึกข้อมูล	
รูปที่ 20 แสดงการ train คอมพิวเตอร์ให้จำหน้าผู้ใช้ด้วยการจับรูปแบบปาก	39
อา อี อุโดยผู้วิจัยเป็นผู้บันทึกข้อมูล	
รูปที่ 21 แสดงการ train คอมพิวเตอร์ให้จำหน้าผู้ใช้ด้วยการจับรูปแบบตา	39
โดยการใช้โปรแกรมอัตโนมัติ	
รูปที่ 22 แสดงคลิปวิดีโอสาธิตการใช้งานเครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์	40
ในโหมดต่าง ๆ	
รูปที่ 23A แสดงผลเปรียบเทียบความพึงพอใจต่อเครื่องต้นแบบใน	41
อาสาสมัครปกติ ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2	
รูปที่ 23B แสดงผลเปรียบเทียบความพึงพอใจต่อฟังก์ชันการทำงาน	42
ของซอฟต์แวร์ในอาสาสมัครปกติ ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2	
รูปที่ 23C แสดงผลเปรียบเทียบความพึงพอใจต่อการใช้งานของซอฟต์แวร์	42
ในอาสาสมัครปกติ ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2	
รูปที่ 23D แสดงผลเปรียบเทียบความพึงพอใจต่อระบบความปลอดภัย	43
ของข้อมูลในอาสาสมัครปกติ ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2	
ตารางที่ 1 ผลการทดลองการใช้เครื่องต้นแบบกับอาสาสมัครปกติ (20 ปีขึ้นไป)	44
และผู้สูงอายุ (60 ปีขึ้นไป)	
ตารางที่ 2 ผลการทดสอบความถูกต้องของระบบตรวจจับสถานะตาและปาก	45
รูปที่ 24 แสดงการทดลองระบบการตรวจจับสถานะตาที่ตำแหน่งต่าง ๆ	45
ตารางที่ 3 ผลการทดลองการใช้เครื่องต้นแบบกับผู้ป่วยและผู้ดูแลครั้งที่ 1 และ 2	47
รูปที่ 25A แสดงผลเปรียบเทียบความพึงพอใจต่อเครื่องต้นแบบในผู้ป่วย	48
ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2	
รูปที่ 25B แสดงผลเปรียบเทียบความพึงพอใจของผู้ป่วยต่อฟังก์ชันการทำงาน	48
ของซอฟต์แวร์ ระหว่างการประเมินครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2	
รูปที่ 25C แสดงผลเปรียบเทียบความพึงพอใจของผู้ป่วยต่อการใช้งานซอฟต์แวร์	49
ระหว่างการประเมินครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2	
รูปที่ 25D แสดงผลเปรียบเทียบความพึงพอใจของผู้ป่วยที่มีต่อความปลอดภัย	49
ของข้อมูล ระหว่างการประเมินครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2	

เรื่อง	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	51
รูปที่ 26 แผนการวิจัยและการต่อยอด	52
รูปที่ 27 หลักการสร้างระบบเครือข่ายและศูนย์ประสานงานด้านข้อมูล การฟื้นฟูสมรรถภาพการพูด (เฟส3)	53
เอกสารอ้างอิง	54
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก สรุปผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานเครื่องต้นแบบ และซอฟต์แวร์ โดยนักวิชาการ	56
ภาคผนวก ข สรุปผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานเครื่องต้นแบบ และซอฟต์แวร์ โดยอาสาสมัครปกติ ครั้งที่ 1	58
ภาคผนวก ค สรุปผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานเครื่องต้นแบบ และซอฟต์แวร์ โดยอาสาสมัครปกติ ครั้งที่ 2	60
ภาคผนวก ง สรุปผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานเครื่องต้นแบบ และซอฟต์แวร์ โดยผู้ป่วย ครั้งที่ 1	62
ภาคผนวก จ สรุปผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานเครื่องต้นแบบ และซอฟต์แวร์ โดยผู้ป่วย ครั้งที่ 2	64

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข (สวรส.) สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และผู้ทรงคุณวุฒิที่ให้ข้อเสนอแนะและจัดสรรงบประมาณปีพ.ศ. 2557 และ 2558 เพื่อทำวิจัยในโครงการ การพัฒนาเครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์เพื่อช่วยในการสื่อสารทางเลือกสำหรับผู้บกพร่องทางการพูดแบบไม่เป็นความ (The development of computer-based apparatus and software for alternative communication in dysarthria)

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณอาสาสมัคร ผู้ป่วย ผู้ดูแลและนักเวชศาสตร์การสื่อสารจากศูนย์สรีนทรเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพทางการแพทย์แห่งชาติ ที่ให้ความร่วมมือในการเป็นอาสาสมัครประเมินการใช้เครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์ และขอขอบคุณสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ สำหรับข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในด้านการทดสอบอุปกรณ์

นอกจากนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ รศ.ดร.สุมาลี ดีจงกิจ ผศ.ดร.ศรัวิมล มโนเชี่ยวพินิจ และ นพ.เมธา อภิวัฒนากุล ในการเป็นที่ปรึกษาโครงการวิจัย ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่าง ๆ สุดท้ายนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ทุกท่านที่ทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

คณะผู้วิจัย

พฤษภาคม 2559

บทคัดย่อ

บทนำ: การพัฒนาเครื่องมือที่ช่วยในการสื่อสารเป็นสิ่งที่น่าสนใจ เนื่องจากผู้ป่วยที่ไม่สามารถสื่อสารได้ เช่น ผู้ป่วยอัมพาต มีความบกพร่องในการเคลื่อนไหวส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ทำให้ไม่สามารถบอกความคิด ความรู้สึกหรือความต้องการของตนเองได้ ส่งผลกระทบต่อสภาพจิตใจและอารมณ์ของผู้ป่วยรวมทั้งคนรอบข้าง

วัตถุประสงค์: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องมือที่สามารถจับสถานะ การเคลื่อนไหวของดวงตาหรือปากของผู้พิการ เพื่อใช้ในการพัฒนาต่อเนื่องเป็นเครื่องช่วยเหลือผู้พิการด้านต่างๆ

วิธีการวิจัย: เครื่องต้นแบบนี้ จะมีองค์ประกอบของตัวเครื่องที่ต่อกับกล้องเพื่อจับภาพ และโปรแกรมที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นจากโดยใช้เทคโนโลยีด้าน machine vision เพื่อใช้ในการตรวจจับสถานะของดวงตา (เปิดหรือปิด) หรือสถานะของปาก (อา อี อุ) ซึ่งโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถจับภาพและวิเคราะห์สถานะแบบ real time โดยใช้ KNN classification technique จากนั้นนำไปทดสอบความถูกต้องในการตรวจจับสถานะตาและปากที่ระยะใกล้ ระยะกลางและระยะไกล หลังจากนั้น นำเครื่องและโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น ไปทดสอบการใช้งานจริงกับอาสาสมัครปกติ จำนวน 20 คน รวมทั้ง ผู้บกพร่องทางการพูดแบบไม่เป็นความและผู้ดูแลอีกจำนวน 20 คน

ผลการทดลอง: จากผลการทดลองความถูกต้องในการตรวจจับสถานะดวงตา พบว่า ที่ระยะใกล้ให้ผลการตรวจจับที่ถูกต้องมากกว่า 96% ส่วนระยะกลางมีความถูกต้องมากกว่า 98% และระยะไกลมีความถูกต้องมากกว่า 94% สำหรับระบบตรวจจับปากนั้น แบ่งเป็นสี่ลักษณะคือ ปากปกติ ปากอา ปากอี และปากอุ ให้ผลการตรวจจับที่ถูกต้องมากกว่า 89.5% ที่ระยะใกล้ ส่วนระยะกลางมีความถูกต้องมากกว่า 93.8% และระยะไกลมีความถูกต้องมากกว่า 84% ระยะที่ให้ผลดีที่สุดคือ ที่ระยะกลาง คือผู้ใช้อยู่ห่างจากกล้องประมาณ 140 ซม. นอกจากนี้ ผลการประเมินความพึงพอใจของการใช้งานเครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์ พบว่า คะแนนรวมความพึงพอใจต่อเครื่องต้นแบบมีค่า 4.02 ในอาสาสมัครปกติและ 4.12 ในผู้ป่วย จากคะแนนเต็ม 5 ในขณะที่ คะแนนรวมความพึงพอใจต่อการทำงานได้ตามฟังก์ชันของซอฟต์แวร์ มีค่า 3.91, 4.14; คะแนนรวมความพึงพอใจต่อการใช้งานของซอฟต์แวร์ มีค่า 3.83, 4.09 และคะแนนรวมความพึงพอใจต่อความปลอดภัยของข้อมูลในระบบมีค่า 4.18, 4.28 ในอาสาสมัครปกติและผู้ป่วยตามลำดับ

สรุปผลการทดลอง: เครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นมีความถูกต้องและความพึงพอใจในประสิทธิภาพการใช้งานสูง จึงมีศักยภาพในการนำไปพัฒนาเป็นเครื่องช่วยผู้ป่วยได้ต่อไป

คำสำคัญ: เครื่องมือสื่อสารทางเลือก ระบบตรวจจับสถานะดวงตา ระบบตรวจจับสถานะปาก

ABSTRACT

Background: The idea of developing communication assistive device for disable persons who have lost their motor functions and cannot communicate is challenging. Some paralyzed persons are aware of themselves and environments but cannot move their body parts except their eyes. With the use of an assistive device that can detect an eye or mouth status, these people can partially interact with the surrounding environments.

Objective: The purpose of this present study was to develop a machine vision based system for a real-time eye or mouth status detection which can be further applied to be used as assistive controlling or communication device for patients.

Material and method: This system composed of a web camera connected to a computer running with the developed software to detect the status of eye or mouth. The software prototype was developed in C++ on an MS Windows 7 PC using OpenCV and Dlib libraries and KNN classification technique.

Result: The result showed that the accuracy of eye detection was at the highest accuracy (98%) at the middle distance (140cm), whereas the same distance result also observed with the mouth detection (94%). The results from the satisfaction questionnaire demonstrated that all users-healthy volunteers (n=20), dysarthric patients and caregivers (n=20) satisfied with the developed apparatus and software. The satisfaction score in the using of developed equipments was 4.02 (healthy subjects) and 4.21 (patients) from the highest score of 5. The satisfaction score in software using were 3.91, 4.14 (function test); 3.83, 4.09 (usability test) and 4.18, 4.28 (security test) in healthy subjects and patients, respectively.

Summary: In conclusion, our developed system can be efficiently used for further development of a communication or controlling assistive device for disable persons.

Keywords: alternative communication device, eye detection, mouth detection

บทสรุปผู้บริหาร

บทนำ ความบกพร่องทางการพูด เป็นความผิดปกติที่พบได้จากหลายสาเหตุ เช่น ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง (stroke), ผู้ที่ได้รับบาดเจ็บที่ศีรษะ (brain injury) และผู้ป่วยจากโรคทางสมองอื่น ๆ การที่ผู้ป่วยมีความบกพร่องทางการพูดไม่สามารถบอกความคิด ความรู้สึกหรือความต้องการของตนเองได้ ทำให้เกิดผลกระทบต่อสภาพจิตใจและอารมณ์ของผู้ป่วยรวมทั้งครอบครัว เกิดภาวะซึมเศร้า รู้สึกถูกทอดทิ้งเมื่อไม่ได้รับการตอบสนองทั้งทางร่างกายและจิตใจ และส่งผลกระทบต่อความสัมพันธ์ของคนในครอบครัว วิธีการรักษาโดยทั่วไปจะใช้วิธีการฟื้นฟูสมรรถภาพผู้ป่วย ทั้งด้านร่างกาย จิตใจและสังคมร่วมกัน

จากความสำคัญของการฟื้นฟูสมรรถภาพผู้ป่วยโดยเฉพาะด้านการสื่อสาร เพื่อให้ผู้ป่วยมีคุณภาพชีวิตที่ดีและสามารถใช้ชีวิตประจำวันได้อย่างปกติมากที่สุด ผู้วิจัยจึงได้คิดพัฒนาเครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์ที่ช่วยในการสื่อสารสำหรับผู้ที่มีความบกพร่องทางการพูด การพัฒนาเครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์ดังกล่าวทำได้โดยการนำเอาเทคโนโลยี Machine Vision มาประยุกต์ใช้ร่วมกับ Voice processing เพื่อใช้ในการตรวจจับการส่งสัญญาณ เช่นการกระพริบตา การขยับของปากและการเปล่งเสียงของผู้ป่วยตามรหัสที่ตั้งไว้ แล้วนำสัญญาณที่ได้ไปควบคุมโปรแกรม ซึ่งโปรแกรมนี้อาจทำการประมวลผลและนำข้อความที่ผู้ป่วยเลือก ไปแสดงที่หน้าจอแสดงผลเพื่อให้แพทย์ นักบำบัดหรือผู้ดูแลได้ทราบข้อมูลดังกล่าว นอกจากนี้เครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์ดังกล่าวยังสามารถพัฒนาให้มีฟังก์ชันการทำงานที่หลากหลาย สามารถเพิ่มข้อมูลคำศัพท์ใหม่เข้าไปในฐานข้อมูลได้ มีระบบการตรวจจับสัญญาณได้หลายรูปแบบและให้ผู้ป่วยใช้งานได้ง่าย สามารถปรับการใช้งานให้เหมาะสมกับผู้ป่วยแต่ละคน ทั้งนี้โปรแกรมนี้อาจนำไปใช้ได้ทั้งในผู้ที่เริ่มต้นฟื้นฟูสมรรถภาพการพูดและในผู้ป่วยที่ไม่สามารถติดต่อสื่อสารด้วยการพูดได้เลย

วัตถุประสงค์ ของโครงการวิจัยนี้คือพัฒนาเครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์ที่ช่วยในการติดต่อสื่อสารทางเลือกสำหรับผู้ที่มีความบกพร่องทางการพูดแบบไม่เป็นความ (dysarthria) รวมทั้งทดสอบการทำงานและความพึงพอใจต่อประสิทธิภาพการสื่อสารผ่านการใช้งานของเครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์ในอาสาสมัครปกติและผู้ที่มีความบกพร่องทางการพูด

ผลการทดลอง ในการดำเนินงานในปีที่ 1 คณะผู้วิจัยได้มีการจัดทำโครงสร้างของเครื่องต้นแบบและพัฒนาซอฟต์แวร์การตรวจจับการเคลื่อนไหวของดวงตา ซอฟต์แวร์การตรวจจับรูปแบบปากและซอฟต์แวร์การจับเสียง ซอฟต์แวร์และระบบควบคุมแสงสว่าง และได้มีการทดสอบระบบและความเชื่อมต่อของโปรแกรมต่าง ๆ ให้สามารถส่งรับสัญญาณกับหน่วยประมวลผลหลักได้อย่างถูกต้อง นอกจากนี้ผู้วิจัยได้พัฒนา โปรแกรมเก็บฐานข้อมูลและฐานข้อมูลประโยคที่ได้จากการรวบรวมประโยคจากผู้ดูแล ผู้ป่วยและนักแก้ไขการพูด และนำข้อมูลที่ได้ไปคีย์ข้อมูลลงในโปรแกรมฐานข้อมูล เพื่อใช้ในการแสดงคำและประโยคที่ผู้ป่วยต้องการสื่อสารในหมวดต่าง ๆ ซึ่งการดำเนินงานเป็นไปตามแผนการวิจัยและสามารถนำไปใช้ในการศึกษา ความพึงพอใจต่อประสิทธิภาพในการสื่อสารผ่านการใช้เครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์ในผู้ป่วยที่มีความบกพร่องทางการพูด ในปีที่ 2

ผลการทดลองในปีที่ 2 คณะผู้วิจัยได้นำเครื่องและซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้ในอาสาสมัครปกติและผู้ป่วยเพื่อประเมินความพึงพอใจที่มีต่อเครื่องและซอฟต์แวร์ โดยแบ่งการประเมินเป็น 4 ด้าน คือ 1. การประเมินความพึงพอใจที่มีต่อเครื่องต้นแบบ 2. ความพึงพอใจต่อการทำงานตามฟังก์ชันของซอฟต์แวร์ 3. ความ

พึงพอใจต่อการใช้งานของซอฟต์แวร์ 4. ความพึงพอใจต่อการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลในระบบ จากผลการทดลองเปรียบเทียบในการใช้ในอาสาสมัครปกติ ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 พบค่าความพึงพอใจต่อการใช้งานทั้ง 4 ด้านเพิ่มขึ้นจากการใช้งานในครั้งที่ 2 เมื่อเปรียบเทียบกับครั้งที่ 1

ในขณะที่ ผลการประเมินความพึงพอใจจากการทดลองใช้เครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์ในผู้ป่วยเปรียบเทียบระหว่างครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 พบว่าค่าความพึงพอใจต่อการใช้งานทั้ง 4 ด้านเพิ่มสูงขึ้นในทุกหัวข้อจากการใช้งานในครั้งที่ 2 เมื่อเปรียบเทียบกับครั้งที่ 1 ซึ่งผลความพึงพอใจที่เพิ่มสูงขึ้นเกิดจาก เมื่อผู้วิจัยวิเคราะห์ผลที่ได้จากการประเมินการใช้งานในแต่ละครั้ง ผู้วิจัยได้นำข้อเสนอแนะจากอาสาสมัครและผู้ป่วยไปปรับการทำงานของเครื่องและซอฟต์แวร์ตามรายละเอียดโดยสรุป ดังนี้ พัฒนาโปรแกรมความถูกต้องในการตรวจจับสถานะของดวงตาและปาก พัฒนาโปรแกรมในการประมวลผลให้มีความรวดเร็วมากขึ้น ปรับปรุงขนาดตัวอักษร สีและรูปแบบการแสดงผล พัฒนาโปรแกรมอัตโนมัติในการจดจำสถานะดวงตาและปากของผู้ใช้แต่ละคน เพิ่มฐานข้อมูลค่าและประโยคเพื่อให้มีการใช้งานได้ครอบคลุม และจัดทำคู่มือวิธีใช้โปรแกรมใช้เครื่องและซอฟต์แวร์

นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้มีการทดสอบการทำงานของเครื่องและซอฟต์แวร์เปรียบเทียบระหว่างอาสาสมัครอายุน้อยกับผู้สูงอายุ พบที่ได้พบว่าการใช้งานเครื่องและซอฟต์แวร์ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มอาสาสมัคร การทดสอบระยะเวลาในการส่งข้อความเปรียบเทียบระหว่างผู้ป่วยและผู้ดูแล พบว่า ระยะเวลาในการส่งข้อความไม่มีความแตกต่างกัน รวมถึงผู้วิจัยได้มีการทดสอบความถูกต้องของการตรวจจับสถานะตาและปากที่ระยะทางที่แตกต่างกัน พบว่า การตรวจจับทั้งสองสถานะมีความถูกต้องที่ระยะใกล้ และระยะกลางมากกว่า 95% ขึ้นไป และที่ระยะไกลมีความถูกต้อง 90% ขึ้นไป

สรุปผลการวิจัย จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าอาสาสมัครและผู้ป่วย มีความพึงพอใจต่อการใช้งานเครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์ นอกจากนี้ จากการทดลองเรื่องความถูกต้องของการตรวจจับสถานะตาและปาก พบว่ามีความถูกต้องสูง เครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการสื่อสารสำหรับผู้บกพร่องทางการพูดแบบไม่เป็นความ และมีศักยภาพในการนำไปใช้กับผู้ป่วยที่พูดได้ลำบากในกรณีอื่นได้อีก โดยเครื่องต้นแบบนี้มีหลายโหมดในการสั่งการควบคุมทั้งโหมดตา โหมดปาก โหมดเสียง และโหมดผสม ทั้งนี้ผู้ป่วยแต่ละรายอาจมีความสามารถที่แตกต่างกัน ทำให้ความหลากหลายฟังก์ชันของโปรแกรมจะช่วยให้สามารถปรับให้เหมาะสมกับผู้ป่วยแต่ละราย ตามแต่พัฒนาการที่ดีขึ้นจากการฟื้นฟูได้ ดังนั้นเครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นจึงมีศักยภาพในการนำไปพัฒนาต่อยอดได้ต่อไป

บทที่ 1

บทนำ

(Introduction)

ผู้ที่มีความบกพร่องทางการพูด คือบุคคลที่มีปัญหาในเรื่องการออกเสียงพูด เช่น การออกเสียง จังหวะ และความเร็วในการพูดผิดปกติ ที่พบได้ในผู้ที่มีปัญหาจากสมองซึ่งอาจเกิดขึ้นตั้งแต่กำเนิด (congenital disorder) เช่น cerebral palsy (Sigurdardottir and Vik, 2010) หรือเกิดในภายหลัง (acquired disorder) เช่น ภาวะหลอดเลือดสมองตีบ ตัน (ischemic stroke) หรือแตก (hemorrhagic stroke) (Paul et al, 2007; Urban et al, 2001) ภาวะบาดเจ็บที่สมอง (brain injury) (Thurman et al, 1999) หรือเกิดจากการเสื่อมของสมอง (degenerative disorder) เช่น Huntington's disease (Kirkwood et al, 2001) และ Parkinson's disease (Kalf et al, 2011)

ในโครงการวิจัยนี้จะมีการพัฒนาเครื่องและซอฟต์แวร์เพื่อช่วยในการสื่อสารสำหรับผู้บกพร่องทางการพูดชนิด dysarthria ซึ่งเป็น motor speech disorder ชนิดหนึ่ง dysarthria คือภาวะการพูดไม่ชัดอันเนื่องมาจากความบกพร่องของกลไกประสาทที่ควบคุมอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการพูด หรือการถูกทำลายของสมองส่วนที่เกี่ยวข้อง ทำให้อวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการพูดอ่อนแรงหรือแข็งเกร็ง ผู้ป่วยจะพูดไม่ชัด ออกเสียงหรือเปล่งเสียงได้ลำบาก (Jordan and Hillis, 2006; Dickson et al, 2008) นอกจากนั้นยังพบว่า ผู้มีปัญหาการพูดไม่ชัดเป็นความผิดปกติในทุกระบบของการพูดคือ การหายใจ การเปล่งเสียง (phonation) การออกเสียง (articulation) และความก้องกัมภอนของเสียง (resonation) ส่งผลทำให้ผู้ป่วยมีปัญหาพูดไม่ชัด

ในผู้ใหญ่ที่บกพร่องทางการพูด ไม่มีรายงานตัวเลขที่แน่นอนแต่มีการประมาณการจากโรคทางสมองที่ทำให้เกิดความบกพร่องทางการพูด เช่น ผู้ป่วยด้วยโรค Parkinson's disease จำนวน 70-89% มีปัญหาความผิดปกติทางด้านการพูด และจากรายงานพบว่าผู้ป่วยประมาณ 3-4% เท่านั้นที่ได้รับการรักษาและฟื้นฟูความบกพร่องทางการพูด (Trail et al, 2005; Kalf et al, 2011) ความผิดปกติทางการพูดในผู้ป่วย Parkinson's disease ที่พบบ่อยได้แก่ กล้ามเนื้อในการพูดอ่อนแรง จังหวะในการพูดผิดปกติ พูดไม่ชัด พูดเสียงราบเรียบ (monotone) นอกจากนั้น เนื่องจากพยาธิสภาพของโรคทำให้ผู้ป่วยไม่สามารถสื่อสารด้วยวิธี non verbal เช่น การแสดงสีหน้าได้ สิ่งเหล่านี้จะทำให้ผู้ป่วยมีความบกพร่องทางการพูดเพิ่มมากขึ้น (Herd et al, 2012) สำหรับผู้ป่วยในภาวะหลอดเลือดสมองนั้น มีการรายงานว่าผู้ป่วยด้วยโรคนี้มีจำนวนมากขึ้นทุกปี โดยในแต่ละปีมีผู้ป่วยใหม่ 15 ล้านคน จึงนับว่าเป็นปัญหาทางสุขภาพที่สำคัญ ในผู้ป่วยด้วยภาวะหลอดเลือดสมองนี้พบว่าหลังจากฟื้นจะมีอัตราการเกิดภาวะบกพร่องทางการพูดชนิด dysarthria 20-30% ซึ่งเกิดจากความผิดปกติของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการพูด กล้ามเนื้ออ่อนแรงและทำงานไม่ประสานกัน ทำให้เกิดความบกพร่องทางการพูดเกิดขึ้น (Dickson et al, 2008; Brady et al, 2011)

ในการศึกษาของคณะผู้วิจัยจากบอสเนีย (Vidovic et al, 2011) พบว่าจากผู้ป่วยภาวะหลอดเลือดสมองจำนวน 936 คนที่มาเข้ารับการรักษาที่โรงพยาบาล จำนวน 82% มีปัญหาความผิดปกติทางการพูด โดยผู้ป่วยมีความบกพร่องชนิด dysarthria มากที่สุดคิดเป็น 58% คณะผู้วิจัยแนะนำว่าควรให้ผู้ป่วยจากภาวะหลอดเลือดสมองได้รับการรักษาและฟื้นฟูทางการพูดในทันทีที่ฟื้นและรักษาอย่างต่อเนื่องถึงแม้จะออกจากโรงพยาบาลไปแล้ว ซึ่งสอดคล้องกับความเห็นของ Rudd และ Wolfe (2012) ที่แนะนำว่าการฟื้นฟู

สมรรถภาพทางการพูดที่เหมาะสมคือให้เริ่มต้นฟื้นฟูภายในช่วง 4 เดือนแรกหลังจากพ้นจากภาวะหลอดเลือดสมอง โดยควรได้รับการฟื้นฟูอย่างต่อเนื่องทั้งที่โรงพยาบาลและที่บ้าน

แนวทางการรักษาสำหรับผู้ที่มีบกพร่องทางการพูดแบบ dysarthria หลังจากได้รับการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญแล้วคือ การฝึกพูดเพื่อฟื้นฟูสมรรถภาพของการพูด โดยที่การฝึกพูดจะเริ่มจากการออกเสียงง่าย ๆ ก่อน เช่น การออกเสียงสระ คำและพยัญชนะง่าย ๆ หลังจากนั้นจึงเริ่มให้ออกเสียงการพูดเป็นประโยค (Shriberg et al, 2010)

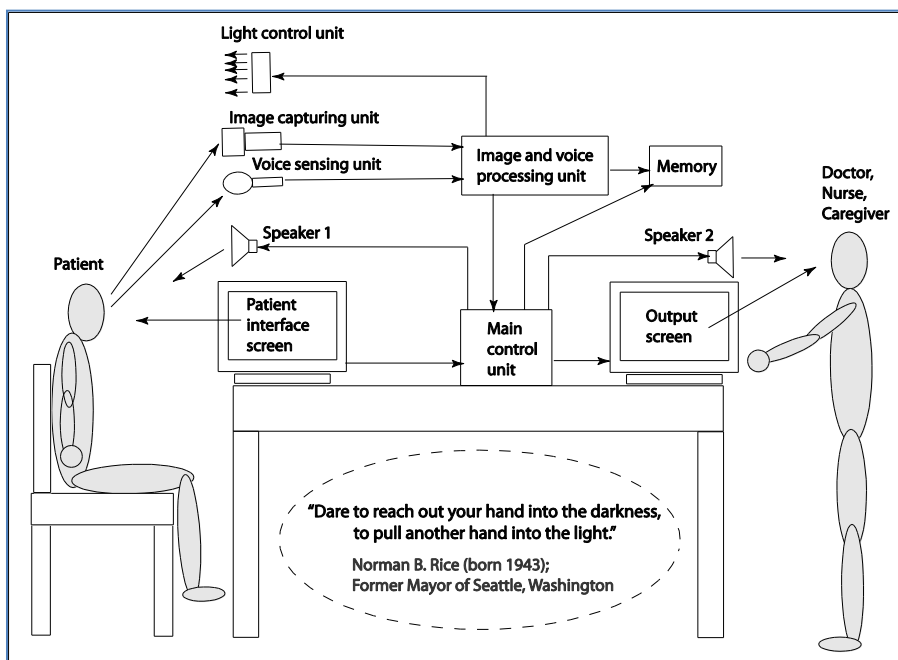
อีกวิธีหนึ่งคือการฝึกการเคลื่อนไหววัยวะที่เกี่ยวข้องกับการออกเสียงโดยการทำท่าทางต่าง ๆ เช่น การอ้าปาก การยิ้ม การผิวกาย เป็นต้น โดยที่ไม่ต้องมีการออกเสียง เรียกว่า nonspeech oral motor exercises (NOMEs) เพื่อเป็นการกระตุ้นการพูด เพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการพูดและคุณภาพของเสียง ซึ่งมีรายงานการสำรวจจากนักแก้ไขการพูดจำนวน 567 คน พบว่า 85% ใช้ NOMEs ในการรักษาผู้ป่วยและมีรายงานว่าวิธี NOMEs เป็นวิธีที่ได้ผลและช่วยในการฟื้นฟูสมรรถภาพการพูดได้ (Lof and Watson, 2008) ผู้วิจัยในโครงการนี้ได้นำผลการวิจัยข้างต้นมาปรับใช้โดยนำเอาวิธีการฝึกพูดมาประยุกต์ใช้กับผู้ป่วยเพื่อให้ผู้ป่วยควบคุมการทำงานของเครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์ที่ช่วยในการสื่อสารทำให้ผู้ป่วยบอกความต้องการ หรือสามารถขอความช่วยเหลือจากผู้ดูแลได้ เช่น ผู้ป่วยอยากเข้าห้องน้ำหรืออยากเปลี่ยนอิริยาบถ เป็นต้น

การดูแลผู้ป่วยที่มีปัญหาด้านการพูดจากสาเหตุทางสมองด้วยการใช้การรักษาแบบ routine เช่น ผู้ดูแลมาพลิกตัวผู้ป่วยทุก 2-3 ชั่วโมง หรือพาผู้ป่วยไปเข้าห้องน้ำทุก 4 ชั่วโมงหรือใช้การใส่ผ้าอ้อมผู้ใหญ่ เป็นต้น แต่การดูแลดังกล่าวไม่สามารถสนองตอบความต้องการของผู้ป่วยได้ เพราะผู้ป่วยอาจอยากเข้าห้องน้ำให้บ่อยกว่านั้น หรืออยากเปลี่ยนผ้าอ้อมให้เร็วขึ้น แต่ไม่สามารถบอกผู้ดูแลได้ จึงทำให้ผู้ป่วยเกิดภาวะซึมเศร้าที่ไม่มีคนเข้าใจและรู้สึกถูกละเลยทิ้ง จากการศึกษากับผู้ป่วยที่มีความบกพร่องทางการพูดจำนวน 66 คนในประเทศอินเดีย พบว่าผู้ป่วยจะไม่ให้ความร่วมมือในการรักษาเพราะขาดความมั่นใจในการสื่อสารถึงแม้ว่าจะสามารถออกเสียงได้ก็ตาม ทำให้มีการแยกตัวออกจากสังคม ดังนั้นการรักษาและฟื้นฟูร่วมกันทั้งด้านร่างกายและจิตใจจึงเป็นสิ่งจำเป็น (Charkaborty et al, 2008)

ในต่างประเทศได้มีการนำเอาเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในการรักษาและฟื้นฟูสมรรถภาพทางการพูดของผู้ป่วย Lancioni et al. (2012) ได้มีการพัฒนาเครื่องส่งข้อความชนิดพิเศษในผู้ป่วย 2 รายที่มีปัญหาทางสายตาและมีปัญหาด้านการเคลื่อนไหวและการพูด พบว่าผู้ป่วยทั้งสองรายสามารถเขียน ส่งและรับข้อความได้ Palmer et al. (2012) ทำการศึกษานำร่องในผู้ที่มีการบกพร่องทางภาษาจำนวน 34 คนโดยการเปรียบเทียบผู้ที่ได้รับการรักษาแบบปกติ (เข้ากลุ่ม ฟัง พูด อ่านและเขียน) และผู้ที่ใช้คอมพิวเตอร์ในการฝึกด้วยตนเอง พบว่าผู้ที่ฝึกฝนด้วยคอมพิวเตอร์มีทักษะด้านการบอกสิ่งของที่ดีเพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มปกติ นอกจากนั้นยังพบว่าการใช้คอมพิวเตอร์ที่บ้านสะดวกและประหยัดกว่าการรักษาแบบปกติ อย่างไรก็ตามผู้วิจัยแนะนำการศึกษาในกลุ่มทดลองที่มีจำนวนมากขึ้น

ผู้ป่วยที่มีปัญหาบกพร่องทางการพูดอย่างรุนแรง ในต่างประเทศได้มีการพัฒนาการสื่อสารทางเลือกเพื่อให้ผู้ป่วยได้ติดต่อสื่อสารกับผู้อื่น เรียกว่า augmentative and alternative communication (AAC) ซึ่งในการพัฒนาเครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์ของผู้วิจัยในครั้งนี้ ได้มีการศึกษาถึงข้อดีและข้อเสียของ AAC จากต่างประเทศเพื่อนำมาปรับใช้ในการออกแบบซอฟต์แวร์ โดยมีการศึกษาถึงระดับความดังของระบบเสียงที่

เหมาะสมกับผู้ป่วยในการกระตุ้นให้ผู้ป่วยพูด และมีการบันทึกเสียงเพื่อใช้เป็นfeedback ให้กับผู้ป่วยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการฟื้นฟูสมรรถภาพทางการพูด (Bloch, 2011; Behroozmand and Larson, 2011; Kim et al, 2012) ร่วมกับการใช้วิธีทางคลินิกในการฟื้นฟูสมรรถภาพการพูดมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาเครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์ (Shriberg et al, 2010) โดยการใช้เทคโนโลยี Machine vision Machine vision เป็นกระบวนการที่ทำให้ระบบอุปกรณ์ประมวลผล (Computer, Microcontroller, Programmable Logic Controller) ของเครื่องหรือหุ่นยนต์ มีความสามารถในการรับรู้ภาพ และสามารถแปลผลความหมายของภาพได้ เพื่อสั่งงานหรือควบคุมกลไกต่างๆตามที่ได้ตั้งโปรแกรมไว้ ซึ่งจุดมุ่งหมายของเทคโนโลยี Machine vision คือการทำให้เครื่องจักรมีความสามารถในการรับรู้การมองเห็นแบบมนุษย์ โดยมี การนำเอาเทคโนโลยีนี้ไปใช้อย่างกว้างขวาง เช่นการตรวจสอบความถูกต้องของการประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ (Edinbarough et al, 2005) การอ่านและบันทึกป้ายทะเบียนรถ (Giannoukos et al, 2010) การตรวจสอบประเภทของพื้นที่จากภาพถ่ายดาวเทียม (Umbaugh, 2011) การตรวจสอบความผิดปกติของหลอดเลือดบริเวณลูกตา (LeAnder et al, 2008) การใช้ระบบประมวลผลภาพตรวจจับการกระพริบตาเพื่อเตือนผู้ขับขี่ในช่วงที่มีอาการหลับใน (Nakano et al, 1998) และในด้านสาธารณสุขซึ่งมีการนำระบบดังกล่าวไปใช้ในการ monitor เฝ้าระวังการล้มของผู้สูงอายุในสถานสงเคราะห์คนชรา เป็นต้น ในการวิจัยนี้ทางผู้วิจัยได้นำเอาเทคโนโลยีด้าน Machine vision มาใช้ตรวจจับลักษณะการเคลื่อนไหวของผู้ป่วยเช่นการกระพริบตาหรือการขยับปากตามรูปแบบ แล้วนำสัญญาณที่ตรวจจับได้ส่งให้กับโปรแกรมหลักเพื่อทำการควบคุมการทำงานของโปรแกรม หลักการทำงานของเครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์แสดงดังภาพที่ 1



รูปที่ 1. แสดงหลักการทำงานของเครื่องต้นแบบ (สุเมธ เหมะวัฒนะชัย, 2556)

การพัฒนาโปรแกรมในงานวิจัยนี้ ทางผู้วิจัยเลือกพัฒนาโปรแกรมหลักบนภาษาLabView ซึ่งเป็น ภาษาคอมพิวเตอร์สมัยใหม่ มีการใช้อย่างแพร่หลายในระบบควบคุมเครื่องมือวัด เช่นใช้ในระบบการประเมิน แรงที่กระทำต่อฝ่าเท้าของคนไข้ที่ใส่เครื่องช่วยปรับการเดิน (Hamid et al, 2012) และการวัดการเคลื่อนไหวที่

ของลูกตาใน 3 มิติ (Kim et al, 2006) ซึ่งข้อดีของภาษานี้คือการเขียนโปรแกรมเป็นแบบภาษารูปภาพ (Graphical Language) ช่วยให้การพัฒนาโปรแกรมทำได้อย่างรวดเร็ว มี libraries ต่างๆในการเชื่อมต่อกับ Hardware และ Software ได้มากมาย อีกทั้งมีหน้าจอติดต่อกับผู้ใช้ (Graphic User Interface หรือ GUI) ที่ง่ายแก่การใช้งาน ดังนั้น LabView จึงเป็นภาษาที่เหมาะสมกับการนำมาพัฒนาสร้างโปรแกรมสำหรับการรับข้อมูลจากภาพ เสียงและอื่นๆ เพื่อนำไปประมวลผลและบันทึกลงไฟล์ฐานข้อมูลของงานวิจัยนี้

การนำเทคโนโลยีมาใช้ในการพัฒนาเครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์เพื่อการสื่อสารจะช่วยให้การฟื้นฟูผู้ป่วยมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ช่วยให้ผู้ป่วยและผู้ดูแลเกิดความเข้าใจกันมากขึ้น สร้างบรรยากาศในการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมที่ดีต่อกัน อันจะส่งผลดีต่อการฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย อารมณ์ สังคมและจิตใจของผู้ป่วยได้ ผลที่คาดว่าจะได้รับจากการพัฒนางานวิจัยนี้ คือการได้เครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์ที่สามารถปรับการใช้งานให้เหมาะสมกับผู้ป่วยเพื่อเพิ่มสมรรถนะและพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยให้สามารถใช้ชีวิตได้อย่างมีความสุขโดยเป็นผลงานของนักวิจัยไทย นอกจากนั้นการพัฒนาต่อยอดจะทำให้สามารถนำเครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์นี้ไปใช้ได้โรงพยาบาล การฟื้นฟูที่บ้าน คลินิกฝึกพูด สถานศึกษาสำหรับผู้บกพร่องทางการพูด

บทที่ 2

วัตถุประสงค์ (Objective)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักในการพัฒนาเครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์สำหรับผู้บกพร่องทางการพูด และเมื่อได้เครื่องและซอฟต์แวร์แล้ว วัตถุประสงค์ต่อมาเพื่อตอบคำถามของงานวิจัยนี้คือ ผู้ป่วยมีความพึงพอใจและสามารถใช้งานเครื่องและซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยงานวิจัยนี้มีการดำเนินงานแบ่งเป็น 2 ปี โดยมีรายละเอียดดังนี้

การดำเนินงานในปีที่ 1 มีวัตถุประสงค์การวิจัยดังนี้

- 1.1 เพื่อพัฒนาเครื่องต้นแบบสำหรับช่วยในการติดต่อสื่อสารสำหรับผู้ที่มีความบกพร่องทางการพูด
- 1.2 เพื่อพัฒนาซอฟต์แวร์รับสัญญาณจากผู้บกพร่องทางการพูดผ่านทางระบบภาพ (กระพริบตาหรือขยับปาก) และระบบเสียง (ระดับความดัง)
- 1.3 เพื่อพัฒนาซอฟต์แวร์ภาษาไทยสำหรับช่วยในการติดต่อสื่อสารสำหรับผู้ที่มีความบกพร่องทางการพูด โดยเน้นในกลุ่มผู้สูงอายุซึ่งเข้าใจภาษาได้ดีและอ่านข้อความได้
- 1.4 เพื่อพัฒนาฐานข้อมูลประโยคที่ใช้ในการสื่อสารในผู้บกพร่องทางการพูด

การดำเนินงานในปีที่ 2 มีวัตถุประสงค์ ดังนี้

- 2.1 เพื่อทดลองและประเมินผลทางสถิติเพื่อประเมินประสิทธิภาพ (efficiency) และค่าความถูกต้อง (accuracy) ของเครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์
- 2.2 เพื่อทดลองเปรียบเทียบความสามารถของผู้ใช้ในการสื่อสารผ่านเครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์โดยอาศัยกลุ่มตัวอย่างจากอาสาสมัครปกติ ผู้ป่วยและผู้ดูแล
- 2.3 เพื่อศึกษาถึงความพึงพอใจต่อประสิทธิภาพในการสื่อสารผ่านการใช้เครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์ในอาสาสมัครปกติ ผู้ป่วยและผู้ดูแล

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

(Research Methodology)

โครงการวิจัยนี้แบ่งการดำเนินงานเป็น 2 ปี โดยการวิจัยในปีที่ 1 มีวิธีวิจัยดังนี้

การดำเนินการในปีที่ 1 การพัฒนาเครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์เพื่อช่วยในการสื่อสาร

การออกแบบและพัฒนาเครื่องมือเพื่อใช้สำหรับการสื่อสารในงานวิจัยนี้ดังรูปที่ 1 สามารถแบ่งอุปกรณ์เป็นระบบต่างๆ ดังนี้

1. ระบบควบคุมหลัก (Main control unit)

ระบบควบคุมหลักมีหน้าที่ในการสื่อสารกับผู้ป่วยผ่านทางหน้าจอติดต่อด้านผู้ป่วย โดยจะมีข้อความที่เป็นคำหรือประโยคต่าง ๆ แสดงบนหน้าจอเพื่อให้ผู้ป่วยอ่านแล้วเลือก โดยผู้ป่วยสามารถส่งสัญญาณตามรูปแบบที่ตั้งโปรแกรมไว้ เพื่อบอกให้ระบบควบคุมเปลี่ยนประโยคใหม่จนกว่าจะได้ประโยคที่ต้องการ แล้วจึงส่งสัญญาณเพื่อนำประโยคดังกล่าวไปแสดงผลที่ Output screen ทั้งนี้ ข้อมูลจากการสื่อสารของผู้ป่วยจะถูกนำไปเก็บลงไฟล์ฐานข้อมูลในหน่วยความจำ (memory) โดยในระบบควบคุมหลักจะมีอุปกรณ์ประกอบดังนี้

1.1 หน้าจอติดต่อด้านผู้ป่วย (Patient interface screen) มีหน้าที่ในการแสดงข้อความต่างๆ เพื่อให้ผู้ป่วยทำการเลือกข้อความที่ต้องการสื่อสาร

1.2 หน้าจอแสดงผลด้านผู้ดูแล (Output screen) มีหน้าที่ในการแสดงข้อความที่ผู้ป่วยเลือกมาแสดงเพื่อให้ผู้ดูแล พยาบาลหรือแพทย์ ได้ทราบความต้องการของผู้ป่วย

1.3 ระบบควบคุมลำโพง (Speaker 1 & 2) ลำโพงทั้งสองมีหน้าที่ในการส่งเสียง เช่นเสียงกริ่ง เพื่อให้ทางผู้ดูแลทราบว่าข้อความส่งมาจากผู้ป่วย

1.4 ระบบรับสัญญาณจากอุปกรณ์ต่างๆ เช่นการรับสัญญาณจากระบบประมวลผลภาพและเสียง เพื่อนำไปควบคุมโปรแกรม

2. ระบบควบคุมการประมวลผลภาพและเสียง (Image and voice processing unit)

ระบบประมวลผลภาพและเสียงมีหน้าที่หลักในการอ่านสัญญาณจากผู้ป่วย ซึ่งสัญญาณดังกล่าวอาจเป็น ภาพ เสียง หรือทั้งภาพและเสียง ขึ้นอยู่กับการเลือกโหมดการทำงาน โดยเมื่อระบบนี้ประมวลผลจากผู้ป่วยว่าเป็นการส่งสัญญาณที่ถูกต้อง ก็จะทำการส่งผลไปที่ระบบหลักเพื่อใช้ควบคุมโปรแกรมแสดงผลต่อไป โดยในระบบควบคุมการประมวลผลภาพและเสียงจะมีอุปกรณ์ประกอบดังนี้

2.1 ระบบควบคุมแสง (Light control unit) มีหน้าที่ปรับความสว่างของแสงให้เหมาะสมแก่การจับภาพ

2.2 ระบบควบคุมการจับภาพ (Image capturing unit) ทำหน้าที่ตรวจจับการเคลื่อนไหวของคนไข้ตามรูปแบบที่ตั้งไว้ เช่น การกระพริบตาหรือการขยับปาก

2.3 ระบบควบคุมการรับข้อมูลเสียง (Voice processing unit) ทำหน้าที่ตรวจวัดระดับเสียงของผู้ป่วยว่าสอดคล้องกับการขยับปากหรือไม่

3. ระบบเก็บความจำ (Memory) ทำหน้าที่ เก็บไฟล์ ภาพ เสียง รวมทั้งข้อความต่าง ๆ ที่ทางผู้ป่วยเลือก เพื่อเก็บเป็นฐานข้อมูลของผู้ป่วย

4. ระบบการจับยึดอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมกับการใช้งานของผู้ป่วยตามหลัก ergonomics

การพัฒนาซอฟต์แวร์ มีหลักการดังนี้

1. หลักการของโปรแกรมประมวลผลภาพและเสียง (Image and voice processing unit)

ระบบประมวลผลภาพและเสียงมีหน้าที่รับภาพและเสียงจากผู้ป่วยแล้วต้องมีการตัดสินใจว่าภาพหรือเสียงที่ได้รับนั้นเป็นการตั้งใจส่งสัญญาณในการสื่อสารจากผู้ป่วยหรือไม่ โดยสามารถตั้งเกณฑ์จากระยะเวลาที่ส่งสัญญาณ เช่น ในโหมดภาพอย่างเดียวหากมีการหลับตาข้างหนึ่งเป็นเวลามากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 วินาที โปรแกรมจะประมวลผลว่าเป็นการตั้งใจส่งสัญญาณ (ซึ่งไม่ได้เกิดจากการกระพริบตาเนื่องจาก reflex) และจะส่งสัญญาณ pulse ไปให้กับโปรแกรมหลัก โดยตัวอย่างหลักการทำงานของโปรแกรมหาดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งสามารถตั้งโหมดการสื่อสารได้ 3 แบบคือ แบบภาพอย่างเดียว (Vision mode), แบบเสียงอย่างเดียว (Voice mode) หรือร่วมกันทั้งภาพและเสียง (Vision and voice mode) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.1 โหมดประมวลผลสัญญาณภาพ (Vision mode)

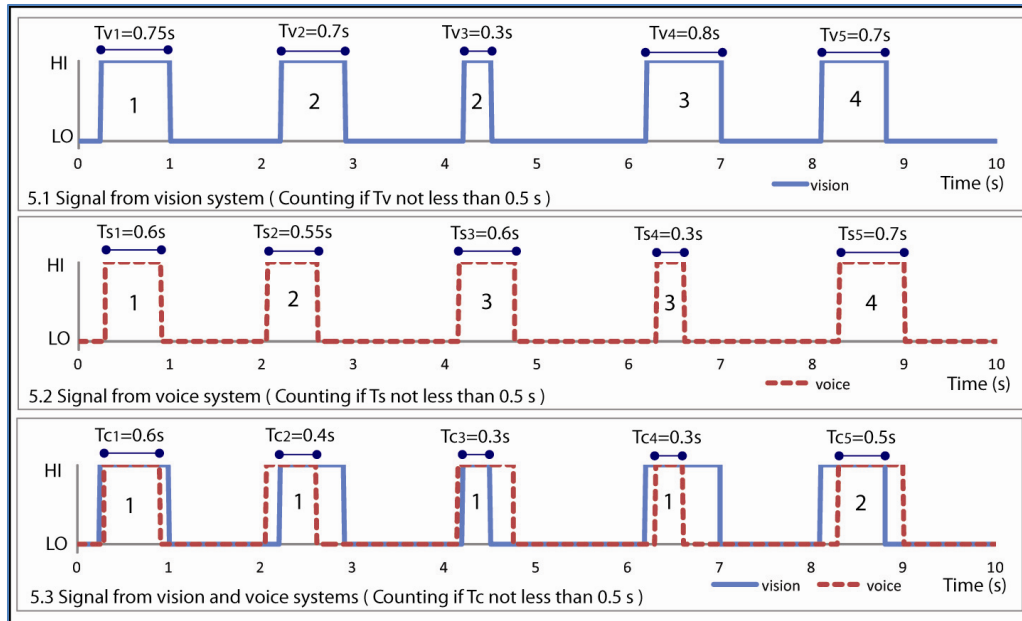
โหมดนี้เหมาะสำหรับผู้ที่ไม่สามารถเปล่งเสียงได้ ระบบจะทำการประมวลผลจากสัญญาณภาพอย่างเดียว ซึ่งสัญญาณภาพที่ได้รับนั้นสามารถรับจากการกระพริบตาหรือการอ้าปากก็ได้ โดยมีเงื่อนไขว่า จะต้องหลับตาหรืออ้าปากตามรูปแบบเป็นระยะเวลามากกว่าที่ตั้งไว้ เช่นในกรณีรูปที่ 5.1 ระบบจะประเมินว่าสัญญาณที่ส่งถูกต้องเมื่อ T_v มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 วินาที ดังนั้นจากการการส่งสัญญาณ 5 ครั้ง ระบบจะนับเพียงแค่ 4 เนื่องจาก T_{v3} น้อยกว่า 0.5 วินาที จึงไม่นับสัญญาณลูกนี้

1.2 โหมดประมวลผลสัญญาณเสียง (Voice mode)

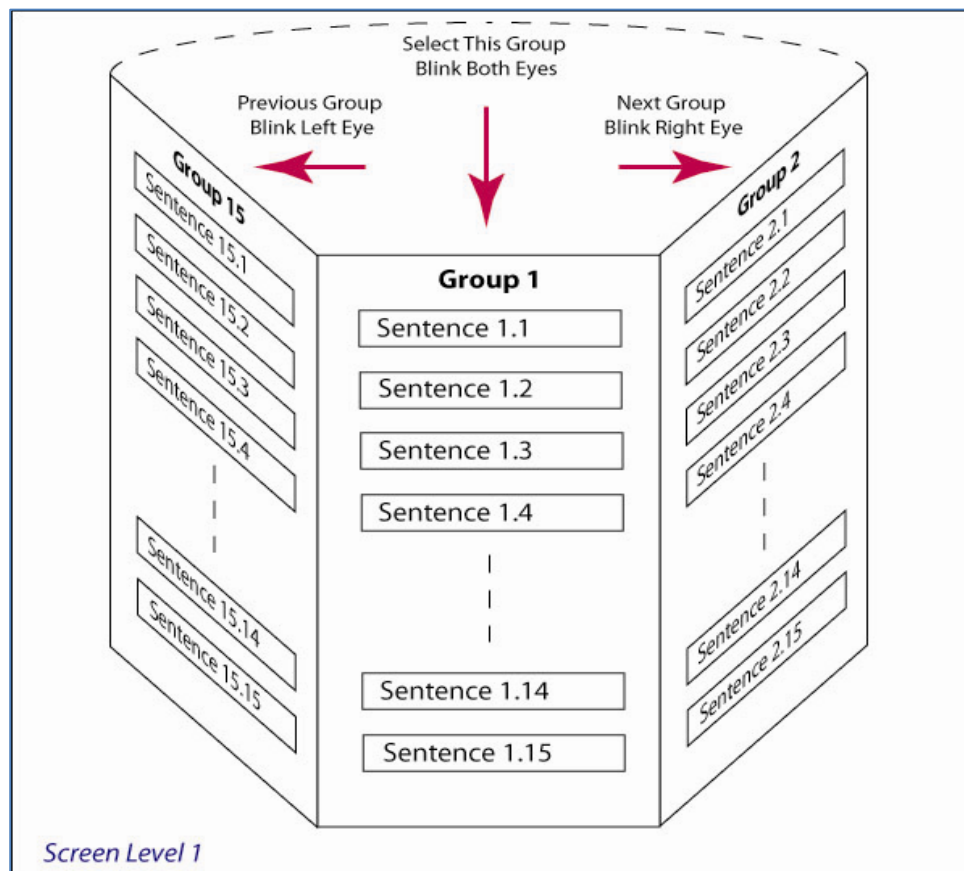
โหมดนี้จะนำสัญญาณเสียงที่ได้รับผ่านระบบควบคุมเสียง มาใช้โดยมีการใช้ระยะเวลาของการได้รับสัญญาณมาประเมินซึ่งจากตัวอย่างรูปที่ 2 จะเห็นว่า เมื่อมีการส่งสัญญาณเสียง 5 ครั้ง ระบบจะนับได้แค่ 4 ครั้ง เนื่องจาก T_{s4} มีค่าน้อยกว่า 0.5 วินาที จึงไม่ได้นับสัญญาณลูกนี้

1.3 โหมดประมวลผลสัญญาณภาพและเสียง (Vision and voice mode)

โหมดนี้เหมาะสำหรับผู้ป่วยที่สามารถเคลื่อนไหวปากและออกเสียงได้บ้าง โดยผู้ป่วยสามารถขยับปากตามรูปแบบและเปล่งเสียงได้พร้อมกัน ซึ่งระบบจะนำเอาช่วงเวลาของการรับสัญญาณภาพและเสียงมาเทียบกัน แล้วจะจับเวลาที่สัญญาณภาพสอดคล้องกับสัญญาณเสียง (T_c) ซึ่งจะทำให้ผู้ป่วยต้องอ้าปากและส่งเสียงในเวลาเดียวกันเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 0.5 วินาที จึงจะใช้ได้ ซึ่งจากตัวอย่างในรูปที่ 5.3 จะเห็นว่า จากการส่งสัญญาณ 5 ครั้ง ระบบนับได้เพียง 2 ครั้ง เนื่องจาก T_{c2} , T_{c3} และ T_{c4} น้อยกว่า 0.5 วินาที จึงไม่นับสัญญาณ 3 ลูกนี้



รูปที่ 2. ตัวอย่างการนับสัญญาณในแต่ละโหมด (โดยเกณฑ์นับคือ ช่วงเวลาส่งสัญญาณไม่น้อยกว่า 0.5 วินาที)
(สุเมธ เหมะวัฒนะชัย, 2556)



รูปที่ 3. ตัวอย่างหลักการจัดกลุ่มคำต่างๆเพื่อแสดงที่หน้าจอด้านผู้ป่วย (สุเมธ เหมะวัฒนะชัย, 2556)

2. หลักการในการออกแบบโปรแกรมเพื่อการสื่อสารหลัก(Main control program)

โปรแกรมช่วยในการสื่อสารนี้มีหลักการคือ โปรแกรมจะแสดงคำหรือประโยคต่างๆ ที่หน้าจอติดต่อกับผู้ป่วย ซึ่งผู้ป่วยสามารถเปลี่ยนคำหรือประโยคโดยการส่งสัญญาณตามที่ตั้งโปรแกรมไว้(สามารถปรับได้) เช่นกระพริบตาข้างขวาเพื่อเลื่อนไปดูคำถัดไป หรือกระพริบตาข้างซ้ายเพื่อเลื่อนไปดูคำก่อนหน้า จนเมื่อไปถึงคำที่ต้องการสื่อสารออกมา ผู้ป่วยทำการกระพริบตาทั้งสองข้างเพื่อเลือกหมวดคำหรือประโยคนั้นไปแสดงผลที่หน้าจอเพื่อให้ผู้ดูแลทราบดังตัวอย่างในรูปที่ 3. ซึ่งขั้นตอนในการพัฒนาโปรแกรมมีดังต่อไปนี้

2.1 ทำการรวบรวมคำหรือประโยคที่ผู้ป่วยจำเป็นในการสื่อสารประมาณ 200 ประโยค โดยการสอบถามจากผู้ป่วย ผู้ดูแล แพทย์ พยาบาลและนักแก้ไขการพูด โดยมีการดำเนินงานดังนี้

- 2.1.1 สร้างแบบสัมภาษณ์ แบบสอบถามและแบบบันทึกข้อมูล และตรวจสอบความถูกต้องของภาษา ทดลองใช้ในอาสาสมัครปกติ และปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ แก้ไขหลังทำการตรวจสอบอีกครั้ง
- 2.1.2 ประชาสัมพันธ์โครงการ เพื่อหาอาสาสมัคร
- 2.1.3 ผู้เข้าร่วมโครงการจะได้รับการอธิบายเกี่ยวกับรายละเอียดของโครงการ อาทิ วัตถุประสงค์การวิจัย วิธีการเก็บข้อมูลด้วยเอกสารคำแนะนำหรือจากผู้วิจัย และขอเชิญเข้าร่วมโครงการ จากนั้นผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับเอกสารยืนยันการเข้าร่วมโครงการโดยสมัครใจพร้อมลงลายมือชื่อกำกับก่อนเริ่มเก็บข้อมูล(แบบเอกสารใบยินยอม Consent form)
- 2.1.4 ผู้เข้าร่วมโครงการและ/หรือญาติกรอกแบบสอบถามส่วนแรกเกี่ยวกับข้อมูลพื้นฐาน เช่น อายุ เพศ การศึกษา อาชีพ
- 2.1.5 จากนั้นผู้วิจัยเก็บข้อมูลส่วนที่สองโดยมีเอกสารบันทึกข้อมูล (Case record form) ผู้วิจัยจะอธิบายให้ญาติ/ผู้ดูแล/ผู้ป่วย เขียนประโยค ที่ผู้ป่วยใช้สื่อสารในชีวิตประจำวัน ในแต่ละรายมาคนละ ประมาณ 70 ประโยค และแต่ละประโยคอาจเหมือนหรือแตกต่างกันก็ได้ โดยให้ไปกรอกที่บ้าน แล้วนำมาส่งในครั้งถัดไป ที่มีการนัด Follow-up หรือจนกว่าจะได้ข้อมูลครบถ้วน
- 2.1.6 นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา แยกรายละเอียดจำแนกตามหมวดหมู่ประโยคและนำเสนอแต่ละหมวดเป็นค่าความถี่ของประโยค เรียงลำดับจากมากไปน้อยเป็นค่าจริงและร้อยละ
- 2.1.7 นำประโยคที่คัดจากผู้เข้าร่วมโครงการมาจัดเป็นหมวดหมู่ เช่นหมวดอารมณ์, หมวดอาการ, หมวดตำแหน่งในร่างกาย และหมวดเกี่ยวกับอาหาร เป็นต้น

2.2 ออกแบบหน้าจอติดต่อกับผู้ป่วยโดยต้องมีขนาดและสีที่เหมาะสม ให้ผู้ป่วยสามารถอ่านได้อย่างชัดเจนเข้าใจได้ง่าย และมีคำแนะนำในการใช้โปรแกรมเพื่อให้ผู้ป่วยสามารถทำตามได้

2.3 หลักในการเข้าถึงคำต้องทำให้สามารถเข้าถึงคำที่ต้องการโดยง่ายและใช้เวลาให้น้อยที่สุด โดยการให้เลือกหมวดคำก่อน จากนั้นจึงเข้าไปเลือกคำภายในหมวด ซึ่งหากแบ่งคำเป็น 15 หมวด แต่ละหมวดมี 15 ประโยค จะได้ประโยคทั้งหมด 225 ประโยค ซึ่งการเข้าถึงคำที่ไกลที่สุดนั้นจะใช้สัญญาณในการเปลี่ยนคำโดยปกติ $(15-1)+(15-1) = 28$ ครั้ง ซึ่งผู้มีทักษะจะสามารถเข้าถึงประโยคที่ไกลที่สุดด้วยการเลือกเพียง $(7+7)=14$

ครั้งเท่านั้น (เนื่องจากลำดับที่แสดงเป็นแบบวนดังนั้นจากหมวดที่ 1 จะไปหมวดที่ 15 ทำได้โดยการให้สัญญาณถอยหลังเพียงครั้งเดียวเท่านั้น ทำให้ประโยคที่ไกลที่สุดคือประโยคที่ 8 ในหมวดที่ 8) ดังนั้นหากใช้เวลาการให้สัญญาณแต่ละครั้ง 5 วินาที โดยประมาณแล้วผู้ปวยจะใช้เวลาในการเลือกคำตอบประมาณ $28 \times 5 = 140$ วินาที (ไม่เกิน 3 นาที)

2.4 พัฒนาโปรแกรมตามหลักการที่ตั้งไว้

2.5 ทำการสอบเทียบอุปกรณ์ต่างๆ เช่นระบบ แสง ภาพและเสียงว่าทำงานถูกต้องหรือไม่อย่างไร

2.6 พัฒนาโปรแกรมเพื่อนำข้อมูลภาพและเสียงที่บันทึกไว้ มาใช้ในการประเมินความสามารถของผู้ใช้โปรแกรม

2.7 ทดสอบการทำงานของ Software และ Hardware ทั้งระบบ

สรุป การดำเนินการในปีที่ 1 เป็นการพัฒนาเครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์เพื่อช่วยในการสื่อสารสำหรับผู้บกพร่องทางการพูด โดยสามารถเลือกรูปแบบการควบคุมโปรแกรมได้สามรูปแบบคือ การสื่อสารโดยการกระพริบตา การสื่อสารโดยการการขยับปากตามรูปแบบ และการสื่อสารด้วยเสียง เมื่อได้อุปกรณ์และซอฟต์แวร์สำหรับผู้บกพร่องทางการพูดจากการทำวิจัยในปีที่ 1 แล้ว จะนำเครื่องและซอฟต์แวร์มาทำการทดสอบการใช้งานและปรับปรุงประสิทธิภาพในปีที่ 2

การดำเนินการในปีที่ 2 เป็นการทดสอบการใช้งานและประสิทธิภาพในการสื่อสารผ่านทางเครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์ที่ช่วยในการสื่อสาร มีวิธีวิจัยดังนี้

1. ทดสอบการใช้งานในคนปกติ เพื่อทดสอบความน่าเชื่อถือ, ความถูกต้องแม่นยำและความปลอดภัยในการใช้งาน

1.1 สถานที่เก็บข้อมูล ห้องปฏิบัติการสรีรวิทยา ภาควิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.2 กลุ่มตัวอย่าง อาสาสมัครปกติ จำนวน 20 คน อายุ 18 ปีขึ้นไป เพศชายหรือหญิง ที่มีสุขภาพร่างกายแข็งแรง ไม่มีโรคประจำตัว

1.3 วิธีการ

- 1.) อาสาสมัครเข้ารับการทดสอบการใช้เครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์ โดยอาสาสมัครจะได้รับคำสั่งให้ทำกิจกรรมต่าง ๆ ตามฟังก์ชันการใช้งานในซอฟต์แวร์
- 2.) เตรียมโจทย์ประโยค ที่ต้องการให้ทางอาสาสมัครสื่อสาร จำนวน 5 ประโยค สำหรับการสื่อสารด้วยการขยับปากและเปล่งเสียง และอีก 5 ประโยค สำหรับการสื่อสารด้วยการกระพริบตา
- 3.) อาสาสมัครจะต้องอ่านโจทย์ แล้วสื่อสารประโยคที่ระบุผ่านเครื่องสื่อสารที่พัฒนาขึ้น
- 4.) บันทึกเวลาที่ใช้ในการสื่อสาร จังหวะการส่งสัญญาณ และความถูกต้องของผลการสื่อสาร เพื่อนำไปใช้สร้างกราฟความสามารถมาตรฐานของคนปกติและนำข้อมูลที่ได้ไปประมวลผลเพื่อหาค่า ความน่าเชื่อถือของเครื่องมือ
- 5.) หลังจากนั้น จะให้อาสาสมัครตอบคำถามจากแบบทดสอบตามหัวข้อต่าง ๆ โดยแบบประเมินความพึงพอใจจะแบ่งเป็น 3 ตอนดังนี้
ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนตัว

ตอนที่ 2 แบบประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานเครื่องต้นแบบในหัวข้อขนาด น้ำหนัก ความสะดวก ในการใช้งาน ความยาก-ง่ายในการติดตั้ง ความยาก-ง่ายในการใช้งาน ประสิทธิภาพและความปลอดภัย ของเครื่องต้นแบบและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

ตอนที่ 3 แบบประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานซอฟต์แวร์ในหัวข้อหลักต่อไปนี้ ความพึงพอใจต่อการทำงานได้ตามฟังก์ชันงานของซอฟต์แวร์ (function test) ความพึงพอใจต่อการทำงานได้ของซอฟต์แวร์ (usability test) ความพึงพอใจต่อความปลอดภัยของข้อมูลในซอฟต์แวร์ (security test) และ ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

1.4 การวิเคราะห์ผลข้อมูลจากแบบสอบถามโดยใช้สถิติ

ข้อมูลที่ได้จะเก็บรวบรวมและหาค่าทางสถิติ แสดงผลความพึงพอใจในรูปของค่าเฉลี่ย $\pm$ SD และนำเสนอ ข้อมูลในรูปแบบกราฟแท่ง เปรียบเทียบในกลุ่มอาสาสมัครที่ทดลองใช้เครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 นำไปวิเคราะห์ผลในส่วนของการใช้งาน ข้อมูลที่ได้หลังจากการแปรผลจะนำไปใช้เพื่อพัฒนา เครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์เพื่อนำไปใช้งานในผู้ที่มีความบกพร่องทางการพูดต่อไป

1.5 การปรับปรุงเครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งาน

นำข้อมูลที่ได้รับมาปรับปรุงรูปแบบการใช้งานให้เหมาะสม เช่น การปรับฟังก์ชันการทำงานตาม ข้อเสนอแนะที่ได้รับจากการทดลองใช้งานในคนปกติ

2 ทดสอบการใช้งานในผู้ที่มีความบกพร่องทางการพูด เพื่อทดสอบความพึงพอใจและประสิทธิภาพในการ สื่อสารผ่านการใช้เครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์

2.1 สถานที่เก็บข้อมูล ศูนย์สิรินธรเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพทางการแพทย์แห่งชาติ

2.2 กลุ่มตัวอย่าง คัดเลือกอาสาสมัครที่มีความบกพร่องทางการพูดแบบไม่เป็นการชั่วคราว และผู้ดูแล จำนวนกลุ่ม ละ 10 คน โดยไม่มีความบกพร่องทางด้านภาษา และได้รับการประเมินเบื้องต้นจากแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ โดย เกณฑ์ในการเข้าร่วมโครงการคือ อายุ 18 ปีขึ้นไป เพศชายหรือหญิง เป็นโรคทางระบบประสาทที่มีผลต่อ ความบกพร่องทางการพูด เข้าใจภาษาไทย มีสติสัมปชัญญะดีและสามารถเข้าใจคำสั่งและสามารถส่ง สัญญาณตามสั่ง (เช่นกระพริบตาหรือขยับปากตามรูปแบบ) ได้

2.3 วิธีการ

1.) แนะนำการใช้เครื่องต้นแบบและให้ผู้บกพร่องทางการพูดและผู้ดูแลทดลองใช้เครื่องในฟังก์ชันต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 15 นาที เพื่อประเมินการใช้งานของเครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์จากผู้ใช้งานจริง โดย ขึ้นตอนทุกขั้นตอนอยู่ในความควบคุมของแพทย์และบุคลากรทางการแพทย์

2.) หลังจากนั้นให้ผู้บกพร่องทางการพูดและผู้ดูแลทำแบบสอบถามเพื่อประเมินความพึงพอใจจากการ ใช้เครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์ในหัวข้อต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนตัว

ตอนที่ 2 แบบประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานเครื่องต้นแบบในหัวข้อขนาด น้ำหนัก ความสะดวก ในการใช้งาน ความยาก-ง่ายในการติดตั้ง ความยาก-ง่ายในการใช้งาน ประสิทธิภาพและความปลอดภัย ของเครื่องต้นแบบและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

ตอนที่ 3 แบบประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานซอฟต์แวร์ในหัวข้อหลักต่อไปนี้ ความพึงพอใจต่อการทำงานได้ตามฟังก์ชันงานของซอฟต์แวร์ (function test) ความพึงพอใจต่อการทำงานได้ของซอฟต์แวร์

(usability test) ความพึงพอใจต่อความปลอดภัยของข้อมูลในซอฟต์แวร์ (security test) และข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

3.) ข้อมูลที่ได้จะเก็บรวบรวมและหาค่าทางสถิติ เพื่อวิเคราะห์ผลในส่วนของประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์ ข้อมูลที่ได้หลังจากการแปรผลจะนำไปใช้เพื่อพัฒนาเครื่องและซอฟต์แวร์ต่อไป

2.4 การวิเคราะห์ผลข้อมูลจากแบบสอบถามโดยใช้สถิติ

ข้อมูลที่ได้จะเป็นผลจากการศึกษานำร่องในกลุ่มผู้ที่มีความบกพร่องจากการพูด ซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมายที่ได้จากการใช้งานจริง เก็บรวบรวมและหาค่าทางสถิติแสดงผลความพึงพอใจในรูปของค่าเฉลี่ย $\pm$ SD และนำเสนอข้อมูลในรูปแบบกราฟแท่ง เปรียบเทียบความพึงพอใจในกลุ่มผู้บกพร่องทางการพูดที่ทดลองใช้เครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 วิเคราะห์ผลในส่วนของความพึงพอใจต่อการใช้งานของเครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์ในด้านต่าง ๆ รวมทั้งการรวบรวมคำแนะนำต่าง ๆ จากผู้เชี่ยวชาญทั้งด้านการดูแลผู้ป่วยและการฟื้นฟูสมรรถภาพการพูด ซึ่งข้อมูลที่ได้หลังจากการแปรผลและข้อเสนอแนะต่าง ๆ จะถูกนำไปใช้เพื่อพัฒนาเครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์เพื่อเก็บข้อมูลไว้นำไปประยุกต์ใช้งานทางคลินิกต่อไปในอนาคต

2.5 การปรับปรุงเครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งาน

นำข้อมูลที่ได้รับมาปรับปรุงรูปแบบการใช้งานให้เหมาะสม เช่น การเพิ่มหรือลดฟังก์ชันตามข้อเสนอแนะที่ได้รับจากการทดลองใช้งานในผู้ป่วยและผู้ดูแล รวมทั้งคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้อง (หมายเหตุ โครงการวิจัยนี้ผ่านการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์จากมหาวิทยาลัยนเรศวรและศูนย์สิทธิมนุษยชนเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพทางการแพทย์แห่งชาติ)

3. การทดสอบและเก็บข้อมูลการใช้งานในโหมดต่าง ๆ

3.1 สถานที่เก็บข้อมูล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยนเรศวร และศูนย์สิทธิมนุษยชนเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพทางการแพทย์แห่งชาติ

3.2 กลุ่มตัวอย่าง รายละเอียดตามข้อ 1.2 และ 2.2 และอาสาสมัครผู้สูงอายุ เพศชายหรือหญิง ที่มีอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป

3.3 วิธีการ

3.3.1 เก็บข้อมูลการเข้าถึงข้อมูลของฐานคำและประโยคในหมวดตา โดยให้หลับตาซ้าย หลับตาขวา หลับตาทั้งสองข้าง หรือลืมตาทั้งสองข้าง แล้วบันทึกระยะเวลาในการเลือกคำในหมวดต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ เปรียบเทียบค่าระหว่างอาสาสมัครปกติ ผู้สูงอายุและผู้ป่วย

3.3.2 เก็บข้อมูลการเข้าถึงข้อมูลของฐานคำและประโยคในหมวดปาก โดยให้อาสาสมัครใช้รูปแบบการอ้าปากอู อีและอุ เพื่อเลือกโหมดจากหน้าจอคอมพิวเตอร์ หลังจากนั้น บันทึกระยะเวลาในการเลือกคำในหมวดต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ เปรียบเทียบค่าระหว่างอาสาสมัครปกติ ผู้สูงอายุและผู้ป่วย

หมายเหตุ การทดลองในอาสาสมัครและผู้ป่วยผ่านการรับรองทางจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์จากมหาวิทยาลัยนเรศวรและศูนย์สิทธิมนุษยชนเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพทางการแพทย์แห่งชาติ เรียบร้อยแล้ว

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล (Result and Discussion)

ผลการทดลอง แบ่งเป็นผลการทดลองในปีที่ 1 และผลการทดลองในปีที่ 2

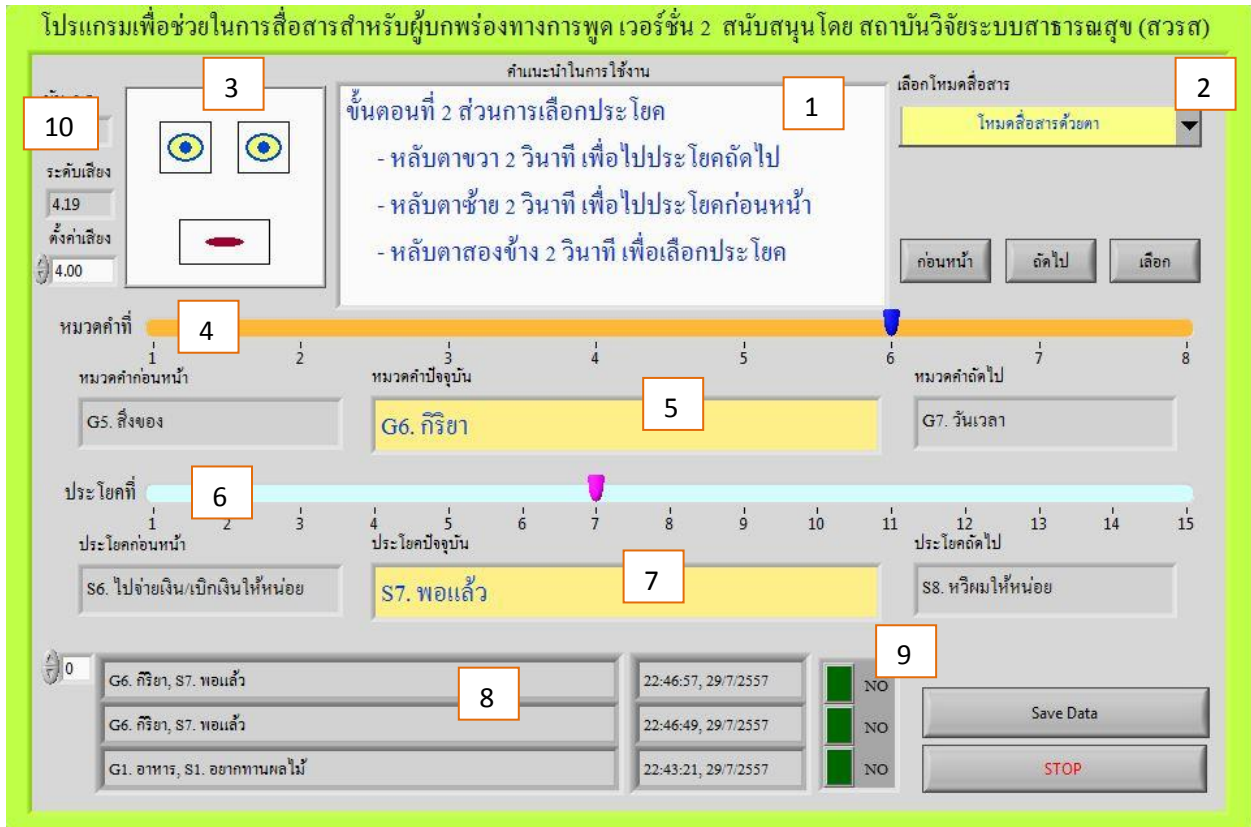
รายละเอียดผลการพัฒนาเครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์ในปีที่ 1

1. ระบบควบคุมหลัก (Main control unit)

ระบบควบคุมหลักมีหน้าที่ในการสื่อสารกับผู้ป่วยผ่านทางหน้าจอติดต่อด้านผู้ป่วย โดยจะมีข้อความที่เป็นคำหรือประโยคต่าง ๆ แสดงบนหน้าจอเพื่อให้ผู้ป่วยอ่านแล้วเลือก โดยผู้ป่วยสามารถส่งสัญญาณตามรูปแบบที่ตั้งโปรแกรมไว้ เพื่อบอกให้ระบบควบคุมเปลี่ยนประโยคใหม่จนกว่าจะได้ประโยคที่ต้องการ แล้วจึงส่งสัญญาณเพื่อนำประโยคดังกล่าวไปแสดงผลที่ Output screen เพื่อให้ผู้ดูแลได้รับทราบข้อความที่ผู้ป่วยต้องการสื่อสาร

โดยทางผู้วิจัยได้นำข้อคิดเห็น ต่างๆที่ได้จากทางคณะผู้วิจัยและที่ปรึกษาโครงการ ประกอบกับความเห็นจากผู้เชี่ยวชาญทางการเขียนโปรแกรมและการดูแลผู้ป่วย มาพิจารณา เพื่อออกแบบและพัฒนาหน้าจอระบบควบคุมหลักเพื่อช่วยในการสื่อสารให้สามารถใช้งานง่าย สะดวก และเหมาะสมกับผู้ป่วย โดยในหน้าจอโปรแกรมการควบคุมหลักดังเวอร์ชัน 2 แสดงในรูปที่ 4 ประกอบด้วย

1. ส่วนแสดงคำแนะนำในการใช้งาน เพื่อให้รายละเอียดในการควบคุมโปรแกรมในการเลือกประโยคที่ต้องการไปแสดงผล ดังแสดงในรูปที่ 1 เป็นตัวอย่างซึ่งแสดง สถานะของโปรแกรมขณะนี้อยู่ในขั้นตอน 2 ในการเลือกประโยค หากผู้ป่วยต้องการจะไปดูประโยคถัดไป ให้กดปุ่มขวาข้างเดียว ประมาณ 2 วินาที และหากต้องการไปประโยคก่อนหน้าให้กดปุ่มซ้ายข้างเดียว ประมาณ 2 วินาที โดยหากพบประโยคที่ต้องการสื่อสารแล้ว ให้กดปุ่มทั้งสองข้างพร้อมกันประมาณ 2 วินาที เพื่อเลือกประโยค ทั้งนี้ทุกๆครั้งเมื่อส่งสัญญาณสำเร็จโปรแกรมจะส่งสัญญาณเสียงเพื่อให้ผู้ใช้โปรแกรมได้ทราบว่าส่งสัญญาณสำเร็จ
2. ส่วนแสดงการเลือกโหมดการควบคุม ซึ่งสามารถตั้งได้เป็นโหมดสื่อสารด้วยตา การสื่อสารโดยขยับปาก และการสื่อสารด้วยเสียง ซึ่งจะทำให้โปรแกรมนี้สามารถนำไปใช้กับผู้ป่วยที่อยู่ในระยะฟื้นฟูได้หลากหลาย
3. ส่วนแสดงสถานะสัญญาณที่ระบบจับได้จากผู้ป่วย เช่นหากผู้ป่วยกดปุ่มขวา ระบบตรวจจับภาพจะส่งสัญญาณมาที่ระบบควบคุมหลัก เพื่อแสดงเป็นภาพการ์ตูนว่าผู้ป่วยกดปุ่มขวา ทำให้ผู้ป่วยได้รับการตอบสนองว่าการส่งสัญญาณจากตัวผู้ป่วย ทำได้ถูกต้องสมบูรณ์หรือยัง และยังเป็นการเสริมสร้างความมั่นใจในการใช้โปรแกรมได้อีกทางหนึ่ง โดยสถานะปัจจุบันดังรูปเป็นการที่ผู้ป่วยกดปุ่มทั้งสองข้าง และทำปากแบบปกติ
4. ส่วนแสดงตำแหน่งบ่งชี้หมวดคำที่เป็นตัวเลือกอยู่ในปัจจุบัน เพื่อให้ผู้ป่วยสามารถรู้ได้ว่าหมวดคำที่เห็นอยู่เป็นหมวดคำที่เท่าไรจากทั้งหมดเท่าไร ทำให้เมื่อคุ้นเคยกับการใช้งานของโปรแกรมแล้ว จะเข้าถึงประโยคที่ต้องการได้อย่างรวดเร็ว



รูปที่ 4. หน้าจอโปรแกรมหลักสำหรับช่วยในการสื่อสารที่พัฒนาขึ้น (เวอร์ชัน 2) (สุเมธ เหมะวัฒนะชัย, 2557)

5. ส่วนแสดงหมวดคำปัจจุบัน โดยผู้ปวยสามารถอ่านได้ว่าหมวดคำนี้เป็นหมวดคำที่ต้องการเลือกหรือไม่ โดยผู้ปวยก็จะเห็นหมวดคำก่อนหน้าในกล่องข้อความทางด้านซ้าย ของกล่องข้อความหมวดคำปัจจุบัน และจะเห็นหมวดคำถัดไปได้ในกล่องข้อความที่อยู่ทางด้านขวา
6. ส่วนแสดงตำแหน่งบ่งชี้ประโยคที่เป็นตัวเลือกอยู่ในปัจจุบัน เพื่อให้ผู้ปวยสามารถรู้ได้ว่าประโยคที่เห็นอยู่เป็นประโยคที่เท่าไรจากทั้งหมดเท่าไรภายในหมวดคำที่เลือกไว้ ทำให้เมื่อคุ้นเคยกับการใช้งานของโปรแกรมแล้ว จะเข้าถึงประโยคที่ต้องการได้อย่างรวดเร็ว
7. ส่วนแสดงประโยคปัจจุบัน โดยผู้ปวยสามารถอ่านได้ว่าประโยคนี้เป็นประโยคที่ต้องการสื่อสารออกมาหรือไม่ โดยผู้ปวยก็จะเห็นประโยคก่อนหน้าในกล่องข้อความทางด้านซ้าย ของกล่องข้อความประโยคปัจจุบัน และ จะเห็นประโยคถัดไปได้ในกล่องข้อความที่อยู่ทางด้านขวา
8. ส่วนแสดงข้อมูลข้อความที่ถูกเลือกและส่งผ่านโปรแกรมแล้วย้อนหลังจำนวนสามครั้งเพื่อให้ผู้ปวยได้มั่นใจว่าได้ส่งข้อความผ่านโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว และทางผู้ดูแลยังได้ทราบว่ามีข้อความอะไรบ้าง และตรวจสอบได้ว่าได้ช่วยเหลือผู้ปวยตามข้อความหรือยัง โดยจะมีการแสดงวันและเวลาที่ผู้ปวยส่งข้อความด้วย
9. ส่วนแสดงสถานะด้านการช่วยเหลือของผู้ดูแล โดยหากผู้ดูแลได้ช่วยเหลือผู้ปวยตามข้อความที่ส่งมาแล้ว ก็จะมีการคลิกปุ่มสีเขียวในภาพเพื่อเปลี่ยนสถานะ NO เป็น OK โดยเมื่อกดปุ่ม save data ก็จะมีบันทึกประวัติได้

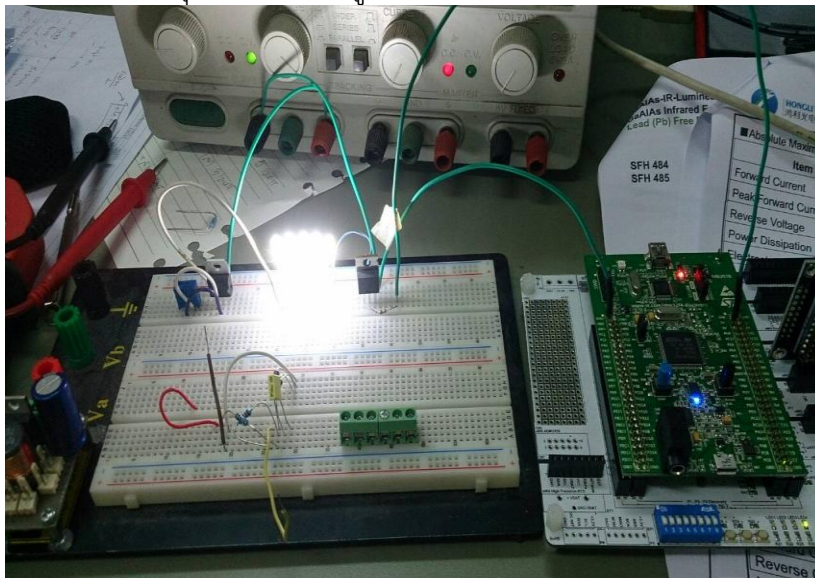
10. ส่วนแสดงสถานะเสียง ซึ่งจะแสดงระดับขนาดสัญญาณของเสียงที่ตรวจจับได้ โดยผู้ใช้สามารถสังเกตจากระดับเสียงว่าเสียงสภาวะแวดล้อมมีระดับเท่าใด แล้วจึงตั้งค่าระดับเสียงที่ต้องการรับจากผู้ป่วยที่เหมาะสมสำหรับการใช้โปรแกรมในโหมดที่ใช้เสียงร่วมด้วย

2. ระบบควบคุมการประมวลผลภาพและเสียง (Image and voice processing unit)

ระบบประมวลผลภาพและเสียงมีหน้าที่หลักในการอ่านสัญญาณจากผู้ป่วย ซึ่งสัญญาณดังกล่าวอาจเป็น ภาพ เสียง หรือทั้งภาพและเสียง ขึ้นอยู่กับการเลือกโหมดการทำงาน โดยเมื่อระบบนี้ประมวลผลจากผู้ป่วยว่าเป็นการส่งสัญญาณที่ถูกต้อง ก็จะทำการส่งผลไปที่ระบบหลักเพื่อใช้ควบคุมโปรแกรมแสดงผลต่อไป โดยในระบบควบคุมการประมวลผลภาพและเสียงจะมีต่างๆ ซึ่งอยู่ระหว่างการดำเนินการพัฒนาดังนี้

2.1 ระบบควบคุมแสง (Light control unit) มีหน้าที่ปรับความสว่างของแสงให้เหมาะสมแก่การจับภาพ โดยระบบควบคุมแสงนี้ประกอบด้วย

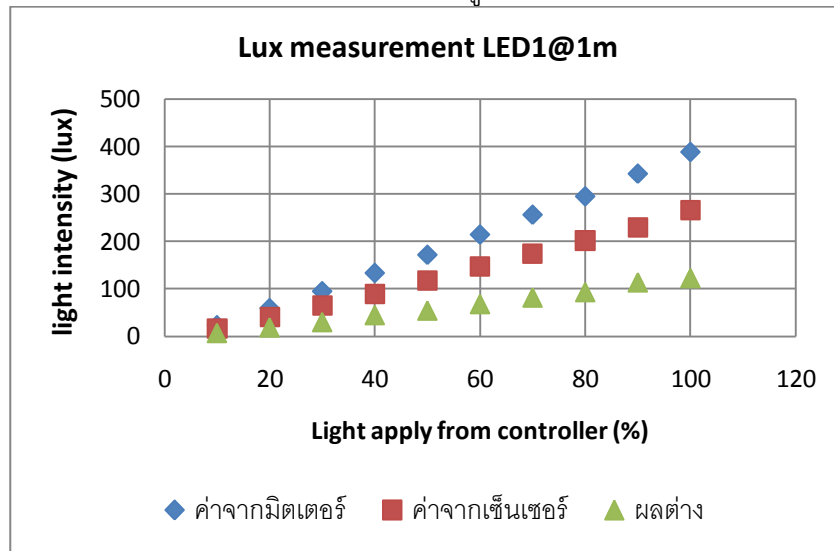
1. หน่วยตรวจวัดความสว่าง เพื่อให้ทราบถึงความสว่าง ณ จุดที่ใช้โปรแกรมมีเพียงพอหรือไม่ เพื่อส่งสัญญาณค่าความสว่างให้กับโปรแกรมหลัก ผ่านทางสายสัญญาณ USB หรือ RS-232 โดยโปรแกรมหลักจะทำการตัดสินใจและสั่งการกลับมาให้มีการเพิ่มหรือลดความสว่าง
2. อุปกรณ์กำเนิดแสงสว่าง เป็นชุดหลอดไฟ LED ควบคุมความสว่างโดยชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยภาพแสดงตัวอย่างการทดลองและการดำเนินการพัฒนาระบบควบคุมแสง แสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5. แสดงตัวอย่างการทดลองในการพัฒนาระบบควบคุมแสงสว่าง (สุเมธ เหมะวัณนะชัย, 2557)

3. ระบบควบคุมแสงสว่างที่พัฒนาขึ้นนี้ได้มีการทดสอบ โดยเปรียบเทียบค่าความสว่างที่อ่านได้จากเซ็นเซอร์ที่พัฒนาขึ้นเทียบกับมิเตอร์วัดแสงมาตรฐาน ดังรูปที่ 6 โดยการทดลองทำได้โดยการติดตั้งคอมไฟห่างจากเซ็นเซอร์และมิเตอร์วัดความสว่างเป็นระยะ 1 m จากนั้นทำการปรับระดับความสว่างที่คอมไฟตั้งแต่ 10% - 100% แล้วอ่านค่าที่วัดได้จากมิเตอร์เทียบกับเซ็นเซอร์ โดยจากรูปจะเห็นได้ว่าค่าที่อ่านได้จากมิเตอร์มีค่ามากกว่า

ค่าที่อ่านได้จากเซ็นเซอร์ โดยที่ทั้งสองกราฟมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงเทียบกับระดับความสว่างที่ป้อนให้กับคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นการตอบสนองต่อแสงในลักษณะปกติ โดยค่าที่อ่านได้จากเซ็นเซอร์สามารถปรับให้ถูกต้องได้โดยใช้สมการที่ได้จากการสอบเทียบ



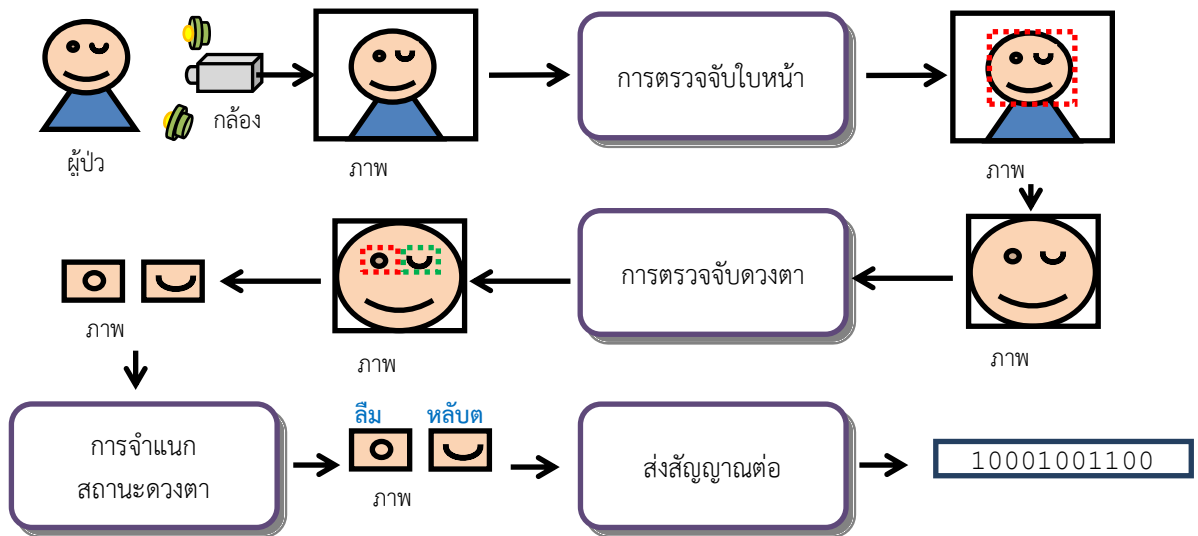
รูปที่ 6. แสดงตัวอย่างการทดลองเปรียบเทียบค่าความสว่างที่สร้างและวัดจากระบบเทียบกับมิเตอร์วัดแสงมาตรฐาน

2.2 ระบบควบคุมการจับภาพ (Image capturing unit) ทำหน้าที่ตรวจจับการเคลื่อนไหวของคนใช้ตามรูปแบบที่ตั้งไว้ เช่น การหลับตาหรือการขยับปาก โดยในขณะนี้ทางคณะผู้วิจัยได้มีการทดสอบโปรแกรมในส่วนการหลับตาและจับรูปแบบปาก ผลที่ได้คือ ข้อมูลที่ได้มีความถูกต้องของการตรวจจับโดยเฉลี่ยมากกว่า 85% และเพื่อให้ข้อมูลมีความถูกต้องมาก จำเป็นต้องมีการถ่ายภาพวิดีโอของผู้ใช้โปรแกรมในแต่ละสภาวะแสงของห้อง เพื่อใช้ในการสอนระบบตรวจจับประมวลผลภาพให้รู้จักลักษณะใบหน้าของผู้ใช้นั้น ๆ ก่อนการใช้งานโปรแกรม โดยหลักการตรวจจับสัญญาณสถานะดวงตานั้นแบ่ง เป็น 3 ขั้นตอนคือ

1. การตรวจจับใบหน้า (face detection) สาเหตุที่ต้องดำเนินการตรวจจับใบหน้าเพื่อลดพื้นที่ของภาพในการคำนวณทำให้สามารถประมวลผลในขั้นตอนอื่น ๆ ได้รวดเร็วขึ้น เพื่อให้สามารถทำการประมวลผลได้แบบทันที (real-time) นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มความถูกต้องในการตรวจจับดวงตาให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น
2. การตรวจจับดวงตา (eye detection)
3. การจำแนกสถานะของดวงตา (eye status classification)

สำหรับหลักการและขั้นตอนการตรวจจับสถานะดวงตาของโปรแกรมที่ทางคณะผู้วิจัยได้

พัฒนาขึ้นได้แสดงไว้ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7. แสดงขั้นตอนหลักของการตรวจจับสถานะดวงตา (รัฐภูมิ วรรณศาสน์, 2557)

รูปที่ 8 แสดงภาพตัวอย่างการทดลองที่ได้จากโปรแกรมในการตรวจจับสถานะของดวงตา โดยมีการโปรแกรมให้แสดงวงกลมในภาพแบบ real time เพื่อแสดงให้เห็นว่าระบบจับภาพมีการประมวลผลได้ถูกต้องหรือไม่ โดยวงกลมรอบตาสีแดงจะแสดงว่าตาเปิดอยู่ และหากวงกลมรอบดวงตาเป็นสีเขียวแสดงว่าตาหลับอยู่

จากรูปบนซ้ายจะเห็นว่าดวงตาทั้งสองของผู้วิจัยเปิดอยู่ ทำให้โปรแกรมสร้างวงกลมสีแดงรอบดวงตาทั้งสอง จะเห็นได้ว่ารูปบนขวามีการหลับตาทั้งสองข้าง ซึ่งโปรแกรมก็แสดงวงกลมสีเขียวรอบดวงตาทั้งสองได้อย่างถูกต้อง ในกรณีที่มีการหลับตาข้างใดข้างหนึ่งดังในรูปล่าง จะเห็นได้ว่าโปรแกรมแสดงวงกลมสีเขียวรอบตาที่ปิดอยู่ และแสดงวงกลมสีแดงรอบตาที่เปิดอยู่ได้อย่างถูกต้อง ซึ่งผลการทดลองในเบื้องต้นเป็นที่น่าพอใจ รวมทั้งการทดสอบการส่งผ่านข้อมูลให้หน่วยประมวลผลหลักก็มีความถูกต้องด้วยเช่นกัน



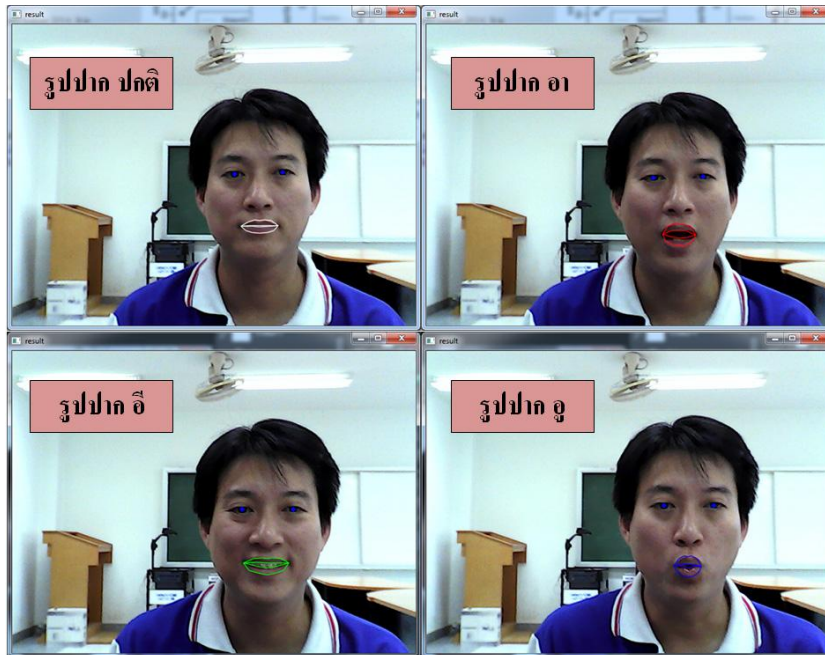
รูปที่ 8. การทดลองการตรวจจับสถานะดวงตา (สุเมธ เหมะวัฒนะชัย, 2557)

รูปที่ 9 แสดงภาพตัวอย่างชุดทดลอง ในการสื่อสารระหว่างโปรแกรมตรวจจับภาพกับโปรแกรมหลัก ผลการทดลองเบื้องต้น พบว่าสามารถใช้การส่งสัญญาณจากดวงตาในการควบคุมโปรแกรมได้ และได้ทราบปัญหาจากการทดลอง เช่นการหลับตาข้างเดียวค่อนข้างยากสำหรับบางคน ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงมีแผนในการปรับปรุงโปรแกรม โดยให้ส่งสัญญาณด้วยการกะพริบตาสองข้างพร้อมกัน แล้วแยกแยะคำสั่ง ด้วยเวลาหรือจำนวนครั้งในการกะพริบตาแทน



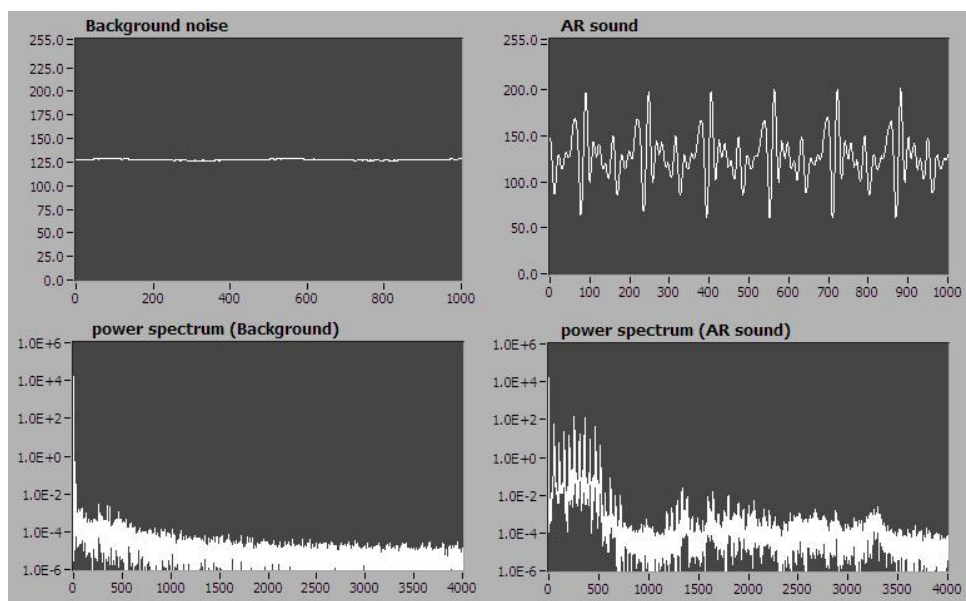
รูปที่ 9. แสดงภาพชุดทดลองการสื่อสารระหว่างโมดูลภาพกับโปรแกรมหลัก(สุเมธ เหมะวัฒนะชัย, 2557)

รูปที่ 10 แสดงภาพตัวอย่างการแยกแยะสถานะปาก โดยในรูปมีการพัฒนาให้โปรแกรมแสดงสีที่แตกต่างกันบริเวณปากสำหรับรูปแบบปากต่าง ๆ กันเพื่อให้ง่ายต่อการตรวจสอบว่าระบบประมวลผลได้ถูกต้องหรือไม่ ซึ่งจากรูปบนซ้ายจะเห็นได้ว่าเมื่อทำปากปกติ ระบบจะประมวลผลใบหน้าแล้วแสดงรูปปากเป็นสีขาวได้อย่างถูกต้อง โดยรูปแบบปากอื่นๆที่ใช้ในการส่งสัญญาณสำหรับงานวิจัยนี้มีเพิ่มอีกสามสถานะ คือรูปแบบปาก อา (พูดเสียงอา), ปากอี (พูดเสียงอี) และ ปากอุ (พูดเสียงอุ) โดยจะเห็นได้จากรูปที่ 8 ว่าระบบมีการแปรผลได้อย่างถูกต้อง



รูปที่ 10. แสดงภาพจากโปรแกรมตรวจจับสถานะปาก

2.3 ระบบควบคุมการรับข้อมูลเสียง (Voice processing unit) ทำหน้าที่ตรวจวัดระดับเสียงของผู้ป่วยว่าสอดคล้องกับการขยับปากหรือไม่ โดยทางคณะผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาโปรแกรมเพื่อรับข้อมูลเสียง แล้วนำมาประมวลผลเพื่อหาช่วงเรนจ์ของสัญญาณเสียงและค่ากำลังของเสียงที่ความถี่ต่างๆ โดยรูปที่ 11 แสดงผลการทดลองสัญญาณเสียงจาก Background noise ของห้องทดสอบเทียบกับสัญญาณเมื่อมีการเปล่งเสียงอา จะเห็นได้จากรูปอย่างชัดเจนว่าเมื่อมีการเปล่งเสียงจากคน จะทำให้แอมพลิจูดของสัญญาณเสียงมีค่ามากขึ้น และเมื่อนำสัญญาณมาประมวลผลเชิงความถี่เพื่อหาลำดับของสัญญาณจะพบว่าเมื่อมีการเปล่งเสียงจะทำให้ความถี่ของเสียงในหลาย ๆ ย่านมีกำลังสูงขึ้นด้วย ผลจากการทดลองในเบื้องต้นนี้เป็นที่น่าพอใจ และระบบตรวจจับสัญญาณเสียงก็สามารถแยกแยะได้อย่างดี และระบบที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถพัฒนาต่อยอดไปยังโครงการในเฟส 2 (การพัฒนาระบบเพื่อแยกแยะเสียงพูด เพื่อการพัฒนาโปรแกรมฝึกพูด) แต่ทั้งนี้ยังจำเป็นต้องทำการทดลองในด้านอื่น ๆ เพื่อหาค่าพารามิเตอร์สำหรับโปรแกรมในสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ ซึ่งมี background noise แตกต่างกัน หรือกรณีที่ผู้ป่วยอยู่ในห้องที่มีเสียงแวดล้อมดัง เช่น จากเครื่องปรับอากาศ จากทีวีหรือจากการสนทนากันระหว่างบุคคลรอบข้าง



รูปที่ 11. การทดลองเปรียบเทียบสัญญาณเสียงระหว่าง background noise กับการแปลงเสียงอา (สุเมธ เหมะวันชัย, 2557)

3. หลักการทำงานของเครื่องต้นแบบที่พัฒนาขึ้น

สำหรับโครงการวิจัยนี้ ผู้วิจัยมีแนวคิดในการพัฒนาเครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์ คือผู้ป่วยสามารถเลือกประโยคหรือภาพที่ต้องการสื่อสารซึ่งแสดงในหน้าจอติดต่อด้านผู้ป่วย (Patient Interface Screen) โดยในการส่งสัญญาณเพื่อเปลี่ยนหรือเลือกประโยคจะทำได้โดยการกระพริบตาหรือออกเสียงสระที่ใช้ในการฝึกพูด ซึ่งเครื่องที่พัฒนาขึ้นจะใช้เทคโนโลยี Machine Vision ร่วมกับ Voice processing มาใช้ในการตรวจจับการส่งสัญญาณ เช่น การกระพริบตา การขยับของปากและ/หรือการออกเสียงจากผู้ป่วยตามรหัสที่ตั้งไว้ แล้วนำสัญญาณที่ได้ไปควบคุมโปรแกรม ซึ่งโปรแกรมนี้อาจทำการประมวลผลและนำข้อความหรือรูปภาพที่ถูกเลือกไปที่หน้าจอแสดงผลเพื่อให้แพทย์ นักบำบัด หรือผู้ดูแลได้ทราบข้อมูลดังกล่าว โดยสามารถบันทึกข้อมูลเช่นภาพและเสียงในหน่วยความจำระบบฐานข้อมูล ซึ่งสามารถใช้ประกอบการประเมินพัฒนาการในการฟื้นฟูได้

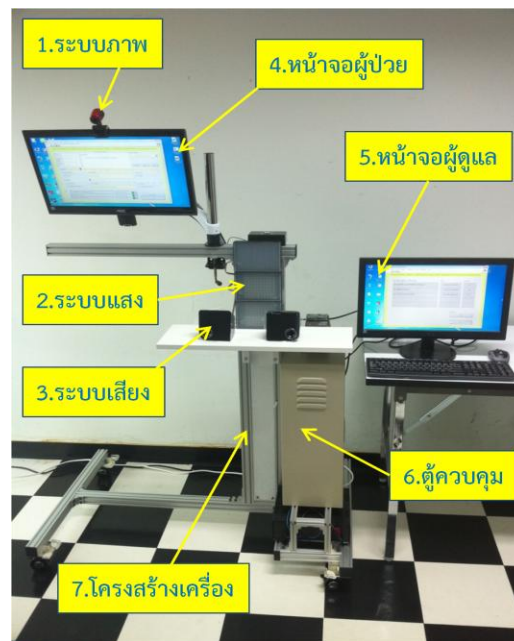
จากแนวคิดในการพัฒนาเครื่องต้นแบบดังที่กล่าวมานั้น ทางผู้วิจัยได้พัฒนาเครื่องต้นแบบสำหรับโครงการวิจัยนี้โดยแสดงในรูปที่ 12 โดยระบบต่าง ๆ ได้มีการทดสอบการใช้งานแล้วว่าใช้งานร่วมกันระหว่างระบบต่าง ๆ ได้อย่างดี และมีความถูกต้องของการตรวจจับสถานะของระบบประมวลผลภาพโดยเฉลี่ยมากกว่า 85% ทั้งนี้จากการทดสอบในเบื้องต้นพบว่าเครื่องนี้สามารถส่งข้อความที่ต้องการสื่อสารไม่แสดงที่หน้าจอผู้ดูแลได้อย่างถูกต้อง โดยเครื่องต้นแบบนี้ซึ่งประกอบด้วยส่วนสำคัญซึ่งมีฟังก์ชันการทำงานต่าง ๆ กันดังนี้

1. ระบบภาพ มีหน้าที่รับสัญญาณภาพใบหน้าผู้ป่วยมาประเมินสถานะของใบหน้า เช่นการกระพริบตา(เปิด/ปิด) การขยับปากเพื่อออกเสียงสระ (อา อี อุ) เป็นต้น โดยมีการส่งสถานะที่ประเมินได้ออกไปให้กับโปรแกรมหลักเพื่อประมวลผลว่ามีการส่งสัญญาณจากผู้ป่วยตามรหัสที่ตั้งไว้หรือไม่
2. ระบบแสง มีเซ็นเซอร์เพื่ออ่านค่าความสว่างโดยรวมของห้อง และสามารถสร้างความสว่างโดยการปรับรูปแบบระดับสัญญาณทางไฟฟ้าเพื่อควบคุมการทำงานของโคม LED
3. ระบบเสียง มีหน้าที่ในการรับสัญญาณเสียงจากผู้ป่วยเพื่อมาประมวลผลว่ามีความดังและต่อเนื่องเพียงพอหรือไม่แล้วส่งสัญญาณให้กับโปรแกรมหลักเพื่อประกอบกับรูปแบบของปากสำหรับการ

ประเมินการส่งสัญญาณจากผู้ป่วย อีกหน้าที่หนึ่งของระบบเสียงคือการสร้างสัญญาณเสียงออกทางลำโพงเพื่อให้ผู้ป่วยได้ทราบความสมบูรณ์ในการส่งสัญญาณ และยังมีฟังก์ชันเสียงกริ่งเตือนให้ผู้ดูแลได้ทราบว่า มีข้อความจากผู้ป่วยอีกด้วย

4. หน้าจอแสดงผลสำหรับผู้ป่วย มีหน้าที่ในการแสดงคำแนะนำในการใช้งานโปรแกรม มีการแสดงหมวดคำและประโยคต่างๆ เพื่อให้ผู้ป่วยเลือก มีภาพแสดงสถานะของดวงตาหรือปากของผู้ป่วยในรูปแบบภาพการ์ตูน มีการแสดงระดับความดังเสียงที่ได้รับ อีกทั้งยังมีการแสดงประวัติประโยคที่ผู้ป่วยได้ส่งออกอีกด้วย
5. หน้าจอแสดงผลด้านผู้ดูแล มีหน้าที่แสดงประโยคที่ผู้ป่วยส่งมาเพื่อขอความช่วยเหลือ และมีการบันทึกประวัติประโยคที่ถูกส่งลงฐานข้อมูลด้วย
6. ตัวควบคุม ประกอบด้วยอุปกรณ์ประมวลผลโดยรับสัญญาณจากระบบต่างๆ เพื่อมาประมวลผลแล้วมีการแสดงผลทางหน้าจอให้ผู้ป่วยและผู้ดูแลได้ทราบสถานะ
7. โครงสร้างของเครื่อง มีหน้าที่ในการจัดยึดอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม ที่ฐานของโครงสร้างมีล้อเพื่อให้สะดวกต่อการเคลื่อนย้าย โดยขนาดของเครื่องถูกออกแบบมาให้ยื่นผ่านประตูทั่วๆไปได้ ทั้งนี้โครงสร้างได้ถูกออกแบบให้สามารถเข็นสอดเข้าใต้เตียงพยาบาลได้ และสามารถปรับระดับความสูงและมุมให้เหมาะสมกับผู้ป่วยแต่ละคนได้

จากการทดสอบเครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์รวมทั้งความเชื่อมโยงระบบต่างๆ พบว่าสามารถใช้งานได้เป็นอย่างดี และมีความถูกต้องของการตรวจจับสถานะของระบบประมวลผลภาพโดยเฉลี่ยมากกว่า 85% ทั้งนี้จากการทดสอบในเบื้องต้นพบว่าเครื่องนี้สามารถส่งข้อความที่เลือกจากหน้าจอหลักที่ต้องการสื่อสาร ไปแสดงที่หน้าจอผู้ดูแลได้อย่างถูกต้อง



รูปที่ 12. เครื่องต้นแบบเพื่อช่วยในการสื่อสารทางเลือกสำหรับผู้บกพร่องทางการพูดแบบไม่เป็นความ (สุเมธ เหมะวัฒนะชัย, 2557)

แบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้เครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์เพื่อช่วยในการสื่อสารสำหรับผู้บกพร่องทางการพูดแบบไม่เป็นความ

แบบประเมินความพึงพอใจที่ใช้ในการศึกษานี้ อ้างอิงมาจากแบบประเมินความพึงพอใจในการใช้ assistive technology โดย Demers และคณะ (2002) และแบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยกองบริการเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร(CITCOM) มหาวิทยาลัยนเรศวร หลังจากนั้น ได้ให้อาจารย์ที่ดูแลผู้ป่วยให้ข้อเสนอแนะและแก้ไข เมื่อได้ร่างแล้วได้ส่งให้กับอาจารย์สมจิต รวมสุขเพื่อให้นักแก้ไขการพูดและผู้ป่วยให้ข้อเสนอแนะ และนำมาปรับใช้เป็นแบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้เครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์เพื่อช่วยในการสื่อสารทางเลือก

รายละเอียดการเก็บรวบรวมฐานข้อมูลประโยคที่ใช้ในการสื่อสาร

การเก็บรวบรวมคำและประโยคสำหรับใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับผู้ที่มีการบกพร่องทางการพูดแบบไม่เป็นความ ได้ดำเนินการเสร็จสิ้นแล้ว โดยอาจารย์สมจิต รวมสุข จากศูนย์สิรินธรเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพทางการแพทย์แห่งชาติ ได้ดำเนินการเก็บข้อมูลจากแบบสอบถามเพื่อหาคำความถี่ของคำและประโยคที่อาสาสมัครใช้บ่อยในชีวิตประจำวัน จำนวน 40 คน แบ่งเป็นผู้ป่วย 18 คน ผู้ดูแลผู้ป่วย 18 คน และนักแก้ไขการพูด 4 คน ข้อมูลที่ได้ได้นำมารวบรวมและแยกเป็นหมวดหมู่ เพื่อให้ง่ายและสะดวกต่อการใช้งาน และนำมาใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับผู้บกพร่องทางการพูดในซอฟต์แวร์สำหรับผู้บกพร่องทางการพูด

ประชุมรายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัยแก่ที่ปรึกษาโครงการวิจัย

ทางโครงการวิจัยมีการจัดประชุมเพื่อรายงานผลการดำเนินงานของโครงการวิจัยให้กับที่ปรึกษาโครงการวิจัย การประชุมจัดขึ้นที่ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร วันที่ 1 สิงหาคม 2557 การประชุมครั้งนี้ได้มีการรายงานความก้าวหน้าของโครงการวิจัยและการสาธิตการใช้เครื่องต้นแบบให้กับที่ปรึกษาโครงการ รวมถึงการทำ KM เพื่อพัฒนาแนวทางในการทำงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่อไป ผลการประชุมในครั้งนี้ ทำให้ได้ข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็นจากที่ปรึกษาโครงการวิจัยและนำไปใช้เป็นประโยชน์ในการปรับปรุงเครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์ต่อไป



รูปที่ 13 แสดงการประชุมร่วมกับที่ปรึกษาโครงการวิจัยและสาธิตการใช้เครื่องต้นแบบ

รายละเอียดผลการพัฒนาเครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์ในปีที่ 2

การประชุมวางแผนการดำเนินงาน

คณะผู้วิจัยได้มีการประชุมวางแผนดำเนินงาน มอบหมายผู้รับผิดชอบในปีที่ 2 และฝึกปฏิบัติการใช้เครื่องและซอฟต์แวร์ให้กับผู้ช่วยวิจัยรวมทั้ง ผู้วิจัยได้มีการเชิญนักวิชาการ 2 คนซึ่งไม่ได้อยู่ในคณะผู้วิจัย มาทดลองใช้เครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์เพื่อช่วยในการสื่อสารทางเลือก ก่อนนำไปทดลองใช้ในอาสาสมัคร

สำหรับนักวิชาการได้ให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับเครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์ ดังนี้ ควรปรับซอฟต์แวร์ให้เหมาะกับการใช้งานกับคนทั่วไปทั้งคนที่เคยใช้และไม่เคยใช้คอมพิวเตอร์ ขั้นตอนในแต่ละขั้นตอนไม่ชัดเจนควรทำตัวอักษรกระชับเพื่อให้ทราบว่าอยู่ที่ขั้นตอนใด ควรทำให้เครื่องและซอฟต์แวร์สามารถใช้ได้กับทุกท่าทาง เช่น ผู้ป่วยนอนติดเตียง ผู้ป่วยนั่งรถเข็น ควรเพิ่มหมวดหมู่คำหรือประโยคที่ใช้งานบ่อย สำหรับผลการประเมินการทดลองใช้เครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์จากนักวิชาการได้คะแนนเฉลี่ยดังนี้

1. ความพึงพอใจต่อเครื่องต้นแบบ มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจรวมจากทั้ง 8 หัวข้อ อยู่ในเกณฑ์ดีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4 จาก 5 คะแนน โดยหัวข้อที่นักวิชาการมีความพึงพอใจมากที่สุด (5 คะแนน) คือ ความปลอดภัยในการใช้งานเครื่องต้นแบบ

2. ความพึงพอใจต่อซอฟต์แวร์

2.1 ด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชัน (Function test) มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจรวมจาก 10 หัวข้อเท่ากับ 3.75 จาก 5 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ปานกลางค่อนข้างดี

2.2 ด้านความง่ายต่อการใช้งานระบบ (Usability test) มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจรวมจาก 10 หัวข้อเท่ากับ 4.5 จาก 5 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ดีถึงดีมาก

2.3 ด้านความปลอดภัยของข้อมูลในระบบ (Security test) มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจรวมจาก 5 หัวข้อเท่ากับ 4.2 จาก 5 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ดี

สำหรับรายละเอียดผลการประเมินความพึงพอใจในแต่ละหัวข้อ สามารถดูได้จากภาคผนวก ก

ประเมินผลเครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์ในคนปกติครั้งที่ 1

คณะผู้วิจัยได้มีการทดลองใช้เครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์ในอาสาสมัครปกติ จำนวน 20 คน และอาสาสมัครได้ทดลองใช้เครื่องและซอฟต์แวร์ และทำแบบประเมินความพึงพอใจในการใช้เครื่องมือและซอฟต์แวร์ ผลประเมินความพึงพอใจโดยรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง (ระดับ 3 จาก 5 คะแนน)

วิเคราะห์ผลประเมิน

ผู้วิจัยได้นำผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้งานและความพึงพอใจจากการทดลองใช้ในอาสาสมัครครั้งที่ 1 จำนวน 20 คน มาหาค่าเฉลี่ยและนำข้อเสนอแนะไปใช้ในการปรับปรุงพัฒนาเครื่องและซอฟต์แวร์เพื่อนำไปทดลองใช้ในอาสาสมัครปกติเป็นครั้งที่ 2 โดยผลประเมินความพึงพอใจโดยรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ปานกลางค่อนข้างดี (ระดับ 3.9 จากคะแนนเต็ม 5) โดยค่าเฉลี่ยในแต่ละหัวข้อมีรายละเอียดแสดงดังนี้

1. ความพึงพอใจต่อเครื่องต้นแบบ มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจรวมจากทั้ง 8 หัวข้อ อยู่ในเกณฑ์ปานกลางค่อนข้างดีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.97 โดยหัวข้อที่อาสาสมัครมีความพึงพอใจมากที่สุด (4.56 คะแนน) คือ ความปลอดภัยในการใช้งานเครื่องต้นแบบ

2. ความพึงพอใจต่อซอฟต์แวร์

2.1 ด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชัน (Function test) มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจจาก 10 หัวข้อเท่ากับ

3.86 อยู่ในเกณฑ์ปานกลางค่อนข้างดี

2.2 ด้านความง่ายต่อการใช้งานระบบ (Usability test) มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจจาก 10 หัวข้อเท่ากับ

3.82 อยู่ในเกณฑ์ปานกลางค่อนข้างดี

2.3 ด้านความปลอดภัยของข้อมูลในระบบ (Security test) มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจจาก 5 หัวข้อเท่ากับ 4.11 อยู่ในเกณฑ์ดี

สำหรับรายละเอียดผลการประเมินความพึงพอใจในแต่ละหัวข้อ สามารถดูได้จากภาคผนวก ข ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับเครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์ที่ได้จากอาสาสมัครสรุปได้ ดังนี้คือ อยากให้เครื่องมีขนาดเล็กลงสามารถพกพาได้ อยากให้สามารถเพิ่มประโยชน์ต่างๆได้ ควรปรับปรุงโปรแกรมให้หลังตาค้างไว้แล้วโปรแกรมรันไปเรื่อยๆไม่ต้องกระพริบตาบ่อย ๆ ควรปรับปรุงระยะเวลาประมวลผลให้เร็วขึ้น ควรปรับกรอบแสดงสถานะใบหน้าและหน้าจอให้ใหญ่ขึ้น ควรเพิ่มระดับความดังเสียงสัญญาณขึ้นอีก และควรปรับรูปแบบโปรแกรมให้อ่านได้ง่ายสำหรับผู้มีปัญหาทางสายตาและผู้สูงอายุ

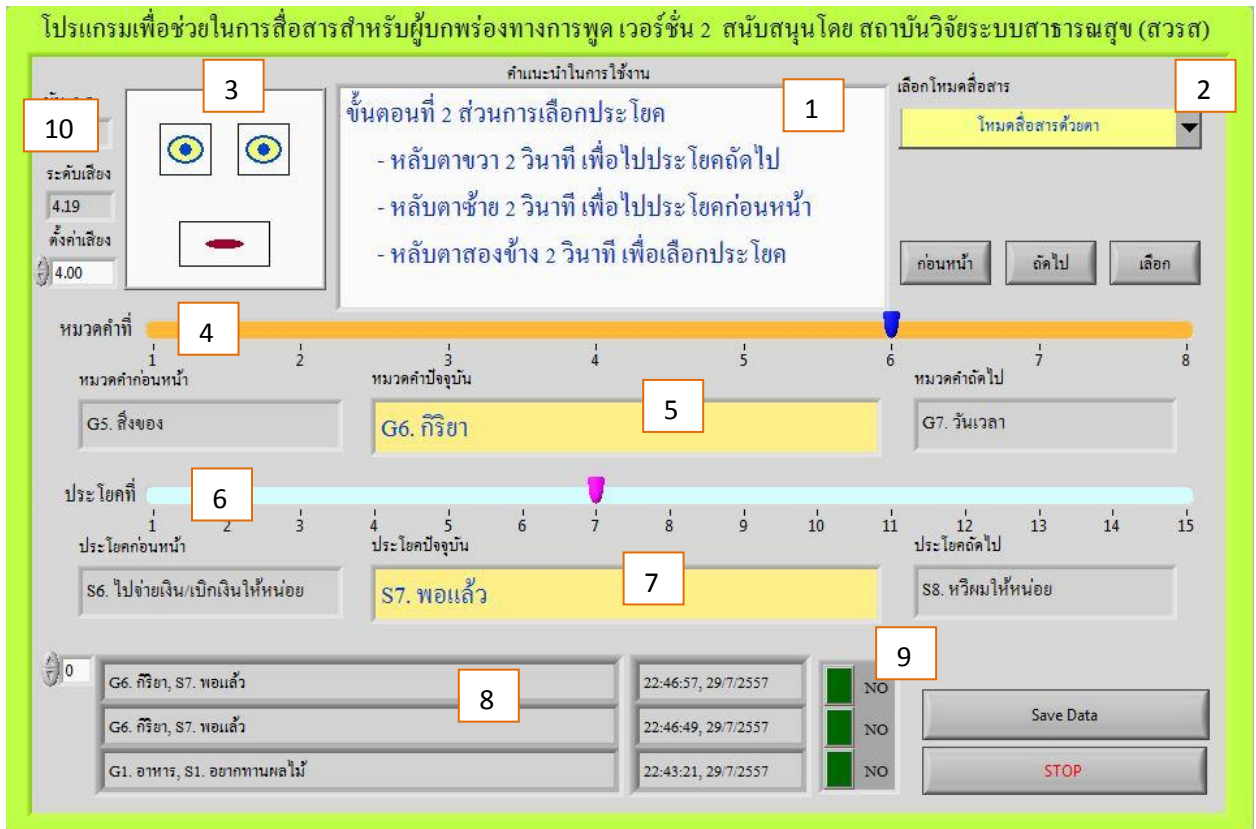
การพัฒนาและปรับปรุงเครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์

1. พัฒนาและปรับหน้าจอโปรแกรมการควบคุมหลักจากแบบเดิมแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งเป็นแบบเดิมก่อนการปรับปรุง โดยมีส่วนประกอบตามหมายเลขคือ

1. ส่วนแสดงคำแนะนำในการใช้งาน เพื่อให้รายละเอียดในการควบคุมโปรแกรมในการเลือกประโยชน์ที่ต้องการไปแสดงผล ดังแสดงด้วยหมายเลข 1 ในรูปที่ 14 ซึ่งแสดงสถานะของโปรแกรม โดยผู้วิจัยมีการปรับปรุงโปรแกรมใหม่ดังแสดงในรูปที่ 15 ซึ่งแสดงสถานะว่าขณะนี้อยู่ในขั้นตอนเมนูหลัก หากผู้ป่วยต้องการเริ่มเข้าสู่การเลือกหมวดค่าให้ทำการหลังตาทั้งสองข้างประมาณ 2 วินาที ทั้งนี้ทุกครั้งเมื่อส่งสัญญาณสำเร็จโปรแกรมจะส่งสัญญาณเสียงเพื่อให้ผู้ใช้โปรแกรมได้ทราบว่าส่งสัญญาณสำเร็จ โดยในเมนูหลักนี้ระหว่างที่ผู้ใช้ยังไม่ได้สั่งการให้เข้าสู่ขั้นตอนต่อไป ที่ครึ่งล่างของหน้าจอดังหมายเลข 11 เป็นส่วนที่จะแสดงหมวดค่าและประโยชน์ที่มีทั้งหมด โดยจะแสดงทีละหมวด หมวดละประมาณห้าวินาที เพื่อให้ผู้ใช้งานได้ทราบว่ามีความประโยชน์อะไรบ้าง
2. ส่วนแสดงการเลือกโหมดการควบคุม ซึ่งสามารถตั้งได้เป็นโหมดสื่อสารด้วยตา การสื่อสารโดยขยับปาก และการสื่อสารด้วยเสียง ซึ่งจะทำให้โปรแกรมนี้สามารถนำไปใช้กับผู้ป่วยที่อยู่ในระยะฟื้นฟูได้หลากหลาย โดยในการปรับปรุงในส่วนนี้เป็นการปรับเปลี่ยนตำแหน่งและขนาดฟอนท์
3. ส่วนแสดงสถานะสัญญาณที่ระบบจับได้จากผู้ป่วย เช่นหากผู้ป่วยหลับตาขวา ระบบตรวจจับภาพจะส่งสัญญาณมาที่ระบบควบคุมหลัก เพื่อแสดงเป็นภาพการ์ตูนว่าผู้ป่วยหลับตา ด้านขวา ทำให้ผู้ป่วยได้รับการตอบสนองว่าการส่งสัญญาณจากตัวผู้ป่วย ทำได้ถูกต้องสมบูรณ์หรือยัง และยังเป็นการเสริมสร้างความมั่นใจในการใช้โปรแกรมได้อีกทางหนึ่ง โดย

ในการปรับปรุงนั้นแสดงในรูปที่ 15 ซึ่งมีการเปลี่ยนภาพการ์ตูนให้สวยงามขึ้นและสามารถเปลี่ยนรูปภาพได้ตามเพศของผู้ใช้งาน

4. ส่วนแสดงตำแหน่งบ่งชี้หมวดคำที่เป็นตัวเลือกอยู่ในปัจจุบัน เพื่อให้ผู้ป่วยสามารถรู้ได้ว่าหมวดคำที่เห็นอยู่เป็นหมวดคำที่เท่าไรจากทั้งหมดเท่าไร ทำให้เมื่อคุ้นเคยกับการใช้งานของโปรแกรมแล้ว จะเข้าถึงประโยคที่ต้องการได้อย่างรวดเร็ว โดยผู้วิจัยมีการปรับปรุงโดยให้เห็นเฉพาะหมวดคำอย่างชัดเจนและลดความสับสนดังแสดงรูปที่ 16
5. ส่วนแสดงหมวดคำปัจจุบัน ดังรูปที่ 16 โดยผู้ป่วยสามารถอ่านได้ว่าหมวดคำนี้เป็นหมวดคำที่ต้องการเลือกหรือไม่ โดยผู้ป่วยก็จะเห็นหมวดคำก่อนหน้านี้ในกล่องข้อความทางด้านซ้ายของกล่องข้อความหมวดคำปัจจุบัน และจะเห็นหมวดคำถัดไปได้ในกล่องข้อความที่อยู่ทางด้านขวา
6. ส่วนแสดงตำแหน่งบ่งชี้ประโยคที่เป็นตัวเลือกอยู่ในปัจจุบัน เพื่อให้ผู้ป่วยสามารถรู้ได้ว่าประโยคที่เห็นอยู่เป็นประโยคที่เท่าไรจากทั้งหมดเท่าไรภายในหมวดคำที่เลือกไว้ ทำให้เมื่อคุ้นเคยกับการใช้งานของโปรแกรมแล้ว จะเข้าถึงประโยคที่ต้องการได้อย่างรวดเร็ว โดยผู้วิจัยมีการปรับปรุงโดยให้เห็นเฉพาะขั้นตอนการเลือกประโยคอย่างชัดเจนและลดความสับสนดังแสดงรูปที่ 17
7. ส่วนแสดงประโยคปัจจุบัน ดังรูปที่ 17 โดยผู้ป่วยสามารถอ่านได้ว่าประโยคนี้เป็นประโยคที่ต้องการสื่อสารออกมาหรือไม่ โดยผู้ป่วยก็จะเห็นประโยคก่อนหน้านี้ในกล่องข้อความทางด้านซ้ายของกล่องข้อความประโยคปัจจุบัน และ จะเห็นประโยคถัดไปได้ในกล่องข้อความที่อยู่ทางด้านขวา
8. ส่วนแสดงข้อมูลข้อความที่ถูกเลือกและส่งผ่านโปรแกรมแล้วย้อนหลัง ดังรูปที่ 18 เพื่อให้ผู้ป่วยได้มั่นใจว่าได้ส่งข้อความผ่านโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว และทางผู้ดูแลยังได้ทราบว่ามีข้อความอะไรบ้าง และตรวจสอบได้ว่าได้ช่วยเหลือผู้ป่วยตามข้อความหรือยัง โดยจะมีการแสดงวันและเวลาที่ผู้ป่วยส่งข้อความด้วย
9. ส่วนแสดงสถานะ การช่วยเหลือของผู้ดูแล ดังรูปที่ 18 โดยหากผู้ดูแลได้ช่วยเหลือผู้ป่วยตามข้อความที่ส่งมาแล้ว ก็จะมีการคลิกปุ่มสีเขียวในภาพเพื่อเปลี่ยนสถานะ NO เป็น OK โดยเมื่อกดปุ่ม save data ก็จะเป็นที่กประวัติได้
10. ส่วนแสดงสถานะเสียง ดังรูปที่ 18 ซึ่งจะแสดงระดับขนาดสัญญาณของเสียงที่ตรวจจับได้ โดยผู้ใช้สามารถสังเกตจากระดับเสียงว่าเสียงสภาวะแวดล้อมมีระดับเท่าใด แล้วจึงตั้งค่าระดับเสียงที่ต้องการรับจากผู้ป่วยที่เหมาะสมสำหรับการใช้โปรแกรมในโหมดที่ใช้เสียงร่วมด้วย



รูปที่ 14. หน้าจอโปรแกรมหลักสำหรับช่วยในการสื่อสาร (แบบเก่า) (สุเมธ เหมะวัฒนะชัย, 2557)



รูปที่ 15. หน้าจอโปรแกรมหลักสำหรับช่วยในการสื่อสาร เมนูหลัก (แบบใหม่) (สุเมธ เหมะวัฒนะชัย, 2558)

คำแนะนำในการใช้งาน โปรแกรมเพื่อช่วยในการสื่อสารสำหรับผู้บกพร่องทางการพูด ver3 HSRI

ขั้นตอนที่ 1 ส่วนการเลือกหมวดคำ

- หลับตาขวา 2 วินาที เพื่อไปหมวดคำถัดไป
- หลับตาซ้าย 2 วินาที เพื่อไปหมวดคำก่อนหน้า
- หลับตาสองข้าง 2 วินาที เพื่อเลือกหมวดคำ

โหมดสื่อสารด้วยตา

ปุ่ม: ตั้งค่าโปรแกรม, หยุดโปรแกรม, สถานะเสียง, Count, ตัวระบุเสียง

เมนูหลัก: โชว์หมวดคำ, ขั้นตอนที่ 1 เลือกหมวดคำ, ขั้นตอนที่ 2 เลือกประโยค, ขั้นตอนที่ 3 ยืนยันการส่งข้อความ

หมวดคำที่: 1 2 3 4 5 6 7 8

หมวดคำก่อนหน้า: GS. อื่นๆ

หมวดคำปัจจุบัน: G1. อาหาร

หมวดคำถัดไป: G2. สถานที่

ปุ่ม: ก่อนหน้า, ถัดไป, เลือก

รูปที่ 16. ขั้นตอนที่ 1 การเลือกหมวดคำ (แบบใหม่) (สุเมธ เหมะวัฒนะชัย, 2558)

คำแนะนำในการใช้งาน โปรแกรมเพื่อช่วยในการสื่อสารสำหรับผู้บกพร่องทางการพูด ver3 HSRI

ขั้นตอนที่ 2 ส่วนการเลือกประโยค

- หลับตาขวา 2 วินาที เพื่อไปประโยคถัดไป
- หลับตาซ้าย 2 วินาที เพื่อไปประโยคก่อนหน้า
- หลับตาสองข้าง 2 วินาที เพื่อเลือกประโยค

โหมดสื่อสารด้วยตา

ปุ่ม: ตั้งค่าโปรแกรม, หยุดโปรแกรม, สถานะเสียง, Count, ตัวระบุเสียง

เมนูหลัก: โชว์หมวดคำ, ขั้นตอนที่ 1 เลือกหมวดคำ, ขั้นตอนที่ 2 เลือกประโยค, ขั้นตอนที่ 3 ยืนยันการส่งข้อความ

ประโยคที่: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15

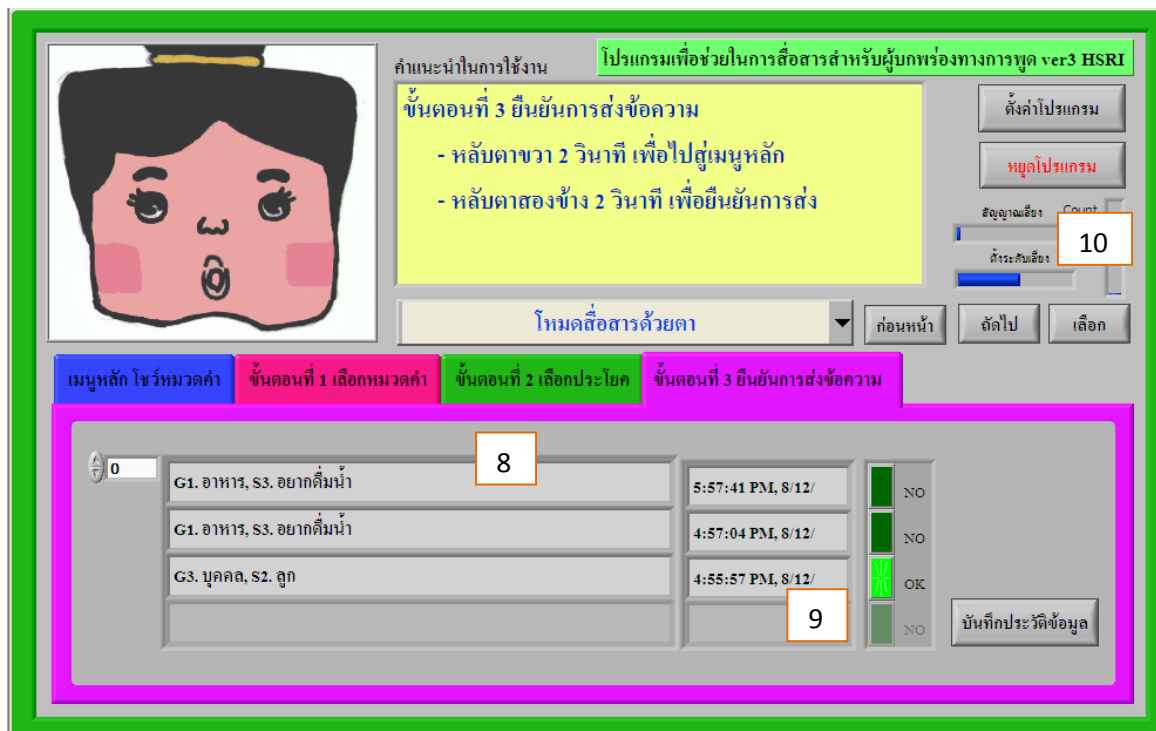
ประโยคก่อนหน้า: S2. อยากทานขนม

ประโยคปัจจุบัน: S3. อยากดื่มน้ำ

ประโยคถัดไป: S4. อยากทานไข่

ปุ่ม: ก่อนหน้า, ถัดไป, เลือก

รูปที่ 17. ขั้นตอนที่ 2 การเลือกประโยค (แบบใหม่) (สุเมธ เหมะวัฒนะชัย, 2558)



รูปที่ 18. ขั้นตอนที่ 3 การยืนยันการส่งข้อความ (แบบใหม่) (สุเมธ เหมะวัฒนะชัย, 2558)

การปรับปรุงโปรแกรมโดยสรุปนั้น ฟังก์ชันหลักเหมือนเดิม แต่ปรับเปลี่ยนหน้าจอ สีและขนาดของตัวอักษรให้มีความเหมาะสมมากขึ้น มีการจัดการแสดงขั้นตอนต่าง ๆ ให้เห็นได้อย่างชัดเจน รวมทั้งมีการเพิ่มส่วนแสดงหมวดค่าทั้งหมดเพื่อให้ผู้ใช้ได้มองเห็นหมวดค่าและประโยชน์ทั้งหมดได้

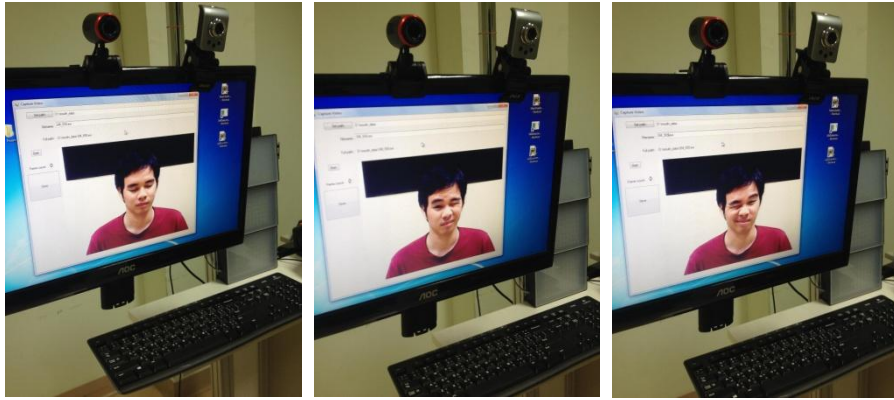
2.พัฒนาซอฟต์แวร์ในการ train ให้คอมพิวเตอร์รู้จักรูปภาพ รูปตา รูปแบบปาก

ผู้วิจัยได้พัฒนาซอฟต์แวร์อัตโนมัติในการบันทึกรูปแบบหน้า รูปแบบตาและรูปแบบปากเพื่อให้คอมพิวเตอร์รู้จักรูปภาพ รูปตา รูปปาก ในลักษณะต่าง ๆ กันของผู้ใช้ โดยการใช้การบันทึกภาพเพื่อให้ผู้ใช้ทำกิริยาต่าง ๆ ดังนี้

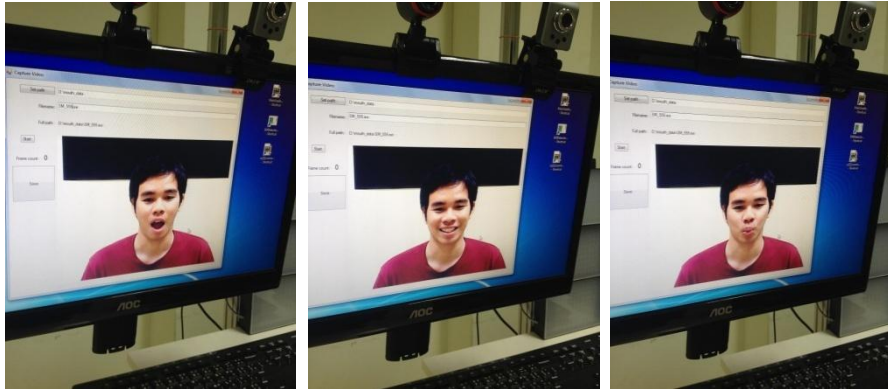
รูปแบบตา: ตาปิด ตาเปิด ตาซ้ายปิด ตาขวาปิด (รูปที่ 19)

รูปแบบปาก: ปากปกติ ปากอ้า ปากอู ปากอู (รูปที่ 20)

จากเดิม ผู้วิจัยต้องเป็นผู้ควบคุมโปรแกรม สำหรับการบันทึกภาพอาสาสมัครแต่ละรูปแบบด้วยตนเอง โดยการบันทึกเป็นไฟล์วิดีโอโดยจับภาพรูปแบบต่าง ๆ เป็นเวลาประมาณ 15 นาที โดยมีภาพทั้งหมดอย่างน้อย 800 frame เพื่อให้คอมพิวเตอร์จดจำลักษณะของผู้ใช้ได้ ซึ่งข้อเสียคือ ผู้วิจัยต้องเป็นผู้ทำการบันทึกภาพด้วยตนเอง และระยะเวลาที่ใช้เป็นเวลานาน การพัฒนาซอฟต์แวร์ใหม่นั้น ผู้ใช้งานสามารถบันทึกไฟล์วิดีโอใบหน้าของตนเองได้โดยอัตโนมัติ เครื่องจะบันทึกภาพและหยุดการบันทึกเองเมื่อได้ภาพหรือเวลาตามที่ตั้งไว้ ทำให้ระยะเวลาที่ใช้การบันทึกภาพลดลงอีกด้วย และในการใช้งานจริงนั้นผู้ป่วยจะสามารถบันทึกไฟล์วิดีโอภาพใบหน้าของตนเองเพื่อใช้ในการ train ให้เครื่องมีรับรู้ใบหน้าของผู้ใช้ได้ (รูปที่ 21)



รูปที่ 19 แสดงการ train คอมพิวเตอร์ให้จำหน้าผู้ใช้ด้วยการจับรูปแบบตาโดยผู้วิจัยเป็นผู้บันทึกข้อมูล



รูปที่ 20 แสดงการ train คอมพิวเตอร์ให้จำหน้าผู้ใช้ด้วยการจับรูปแบบปากอ้า อี อู
โดยผู้วิจัยเป็นผู้บันทึกข้อมูล



รูปที่ 21 แสดงการ train คอมพิวเตอร์ให้จำหน้าผู้ใช้ด้วยการจับรูปแบบตาโดยการใช้โปรแกรมอัตโนมัติ

3. จำนวนคำ วลี กิริยาหรือประโยค

นักวิจัยได้เพิ่มจำนวนคำ วลี กิริยาหรือประโยคในหมวดคำต่าง ๆ ให้มากขึ้น โดยคำ วลี กิริยาหรือประโยคได้มาจากการสุ่มสำรวจจากผู้ใช้อุปกรณ์และซอฟต์แวร์ เนื่องจากผู้ใช้งานต้องการสื่อสารในบางเรื่องซึ่งในหมวดคำที่ได้ให้ไว้ไม่มี ดังนั้นจึงมีการเพิ่มจำนวนคำทั้งนี้เพื่อให้ครอบคลุมกับความต้องการในการสื่อสารของผู้ใช้ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้เพิ่มคำจากหมวดคำ 8 หมวด หมวดละ 15 คำเป็นหมวดละ 20 คำโดยเรียงตามลำดับความถี่ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อนำไปใช้ในผู้ป่วยอาจจะต้องมีการปรับเพิ่มลดคำ วลี กิริยาหรือประโยคอีกครั้งหนึ่งเพื่อความเหมาะสม โดยคำวลี กิริยาหรือประโยคที่เพิ่มเติมมีดังต่อไปนี้

หมวดที่ 1 อาหาร เพิ่มเติมคำว่า อาหารรสเค็ม ผัก อาหารรสเปรี้ยว ขนมไทย อาหารรสจัด

หมวดที่ 2 สถานที่ เพิ่มเติมคำว่า ระเบียงหน้าบ้าน โบสถ์ ห้องนั่งเล่น ห้องครัว นักร้องเล่น

หมวดที่ 3 บุคคล เพิ่มเติมคำว่า ลุง อา สัตว์เลี้ยง พระ ดารา/นักแสดง

หมวดที่ 4 อารมณ์และความรู้สึก เพิ่มเติมคำว่า ไม่สบาย ท้อแท้ ชอบ เครียด/กังวล มีกำลังใจ

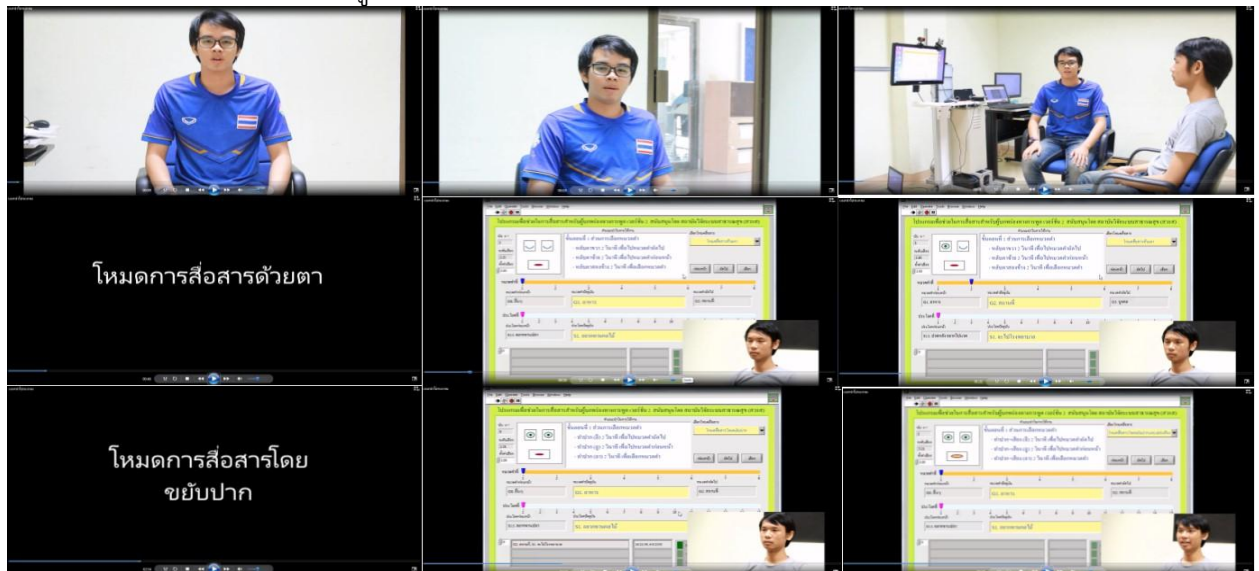
หมวดที่ 5 สิ่งของเครื่องใช้ เพิ่มเติมคำ โทรศัพท์ รองเท้า หนังสือ นาฬิกา กระโถน

หมวดที่ 6 อาการ เพิ่มเติมคำว่า ปวด/เจ็บ คัน เมื่อย ตะคริว/เหน็บชา หายใจไม่สะดวก

หมวดที่ 7 วันและเวลา เพิ่มเติมคำว่า วันเกิด พรุ่งนี้วันอะไร วันแม่ เมื่อวานวันอะไร วันครบรอบ

หมวดที่ 8 อื่น ๆ เพิ่มเติมคำว่า อยากตัดผม ทำฟันยกรม อยากสระผม ตัดเล็บ อยากอาบน้ำ/เช็ดตัว

4. จัดทำคลิปวิดีโอในการให้คำแนะนำผู้ใช้อุปกรณ์และซอฟต์แวร์ รวมทั้งสาธิตวิธีการใช้เครื่องและซอฟต์แวร์ในแต่ละ category ได้แก่ การเลือกรูปแบบตา การเลือกรูปแบบปาก การเลือกรูปแบบปากและเสียง เนื่องจากในการใช้เครื่องและซอฟต์แวร์ ผู้วิจัยต้องมีการอธิบายวิธีการใช้เครื่องและซอฟต์แวร์ให้กับผู้ใช้งานครั้ง ซึ่งจุดประสงค์ของผู้วิจัยคือต้องการให้ผู้ที่ใช้เครื่องสามารถใช้เครื่องได้ด้วยตนเอง ถึงแม้จะนำเครื่องไปใช้ที่สถานที่อื่น ๆ ก็ตาม ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้จัดทำคลิปสาธิตการใช้เครื่องและซอฟต์แวร์ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถศึกษาวิธีใช้เครื่องได้ด้วยตนเอง (รูปที่ 22)



รูปที่ 22 แสดงคลิปวิดีโอสาธิตการใช้งานเครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์ในโหมดต่าง ๆ
(สุเมธ เหมะวัฒนะชัย, 2558)

การประเมินผลเครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์ในอาสาสมัครปกติ ครั้งที่ 2

ผู้วิจัยได้นำผลการประเมินความพึงพอใจจากการทดลองใช้ในอาสาสมัครครั้งที่ 2 จำนวน 20 คน หลังจากการปรับปรุงเครื่องและซอฟต์แวร์มาหาค่าเฉลี่ย โดยผลประเมินความพึงพอใจโดยรวมมีค่าเฉลี่ยสูงขึ้นจากการใช้งานในครั้งแรก โดยค่าเฉลี่ยความพึงพอใจรวมอยู่ในเกณฑ์ดี (ระดับ 4 จาก 5) จากเดิมค่าเฉลี่ย 3.9 ค่าเฉลี่ยในแต่ละหัวข้อมีรายละเอียดแสดงดังนี้

1. ความพึงพอใจต่อเครื่องต้นแบบ มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจรวมจากทั้ง 8 หัวข้อ อยู่ในเกณฑ์ดีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.02 (จากเดิม 3.97)

2. ความพึงพอใจต่อซอฟต์แวร์

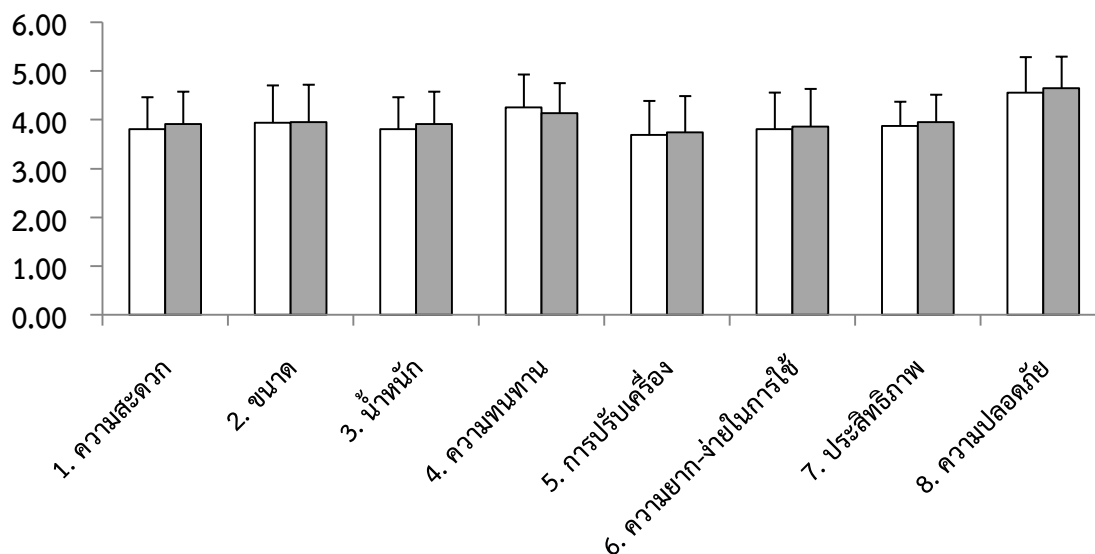
2.1 ด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชัน (Function test) มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจจาก 10 หัวข้อเท่ากับ 3.91 (จากเดิม 3.86) อยู่ในเกณฑ์ปานกลางค่อนข้างดี

2.2 ด้านความง่ายต่อการใช้งานระบบ (Usability test) มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจจาก 10 หัวข้อเท่ากับ 3.83 (จากเดิม 3.82) อยู่ในเกณฑ์ปานกลางค่อนข้างดี

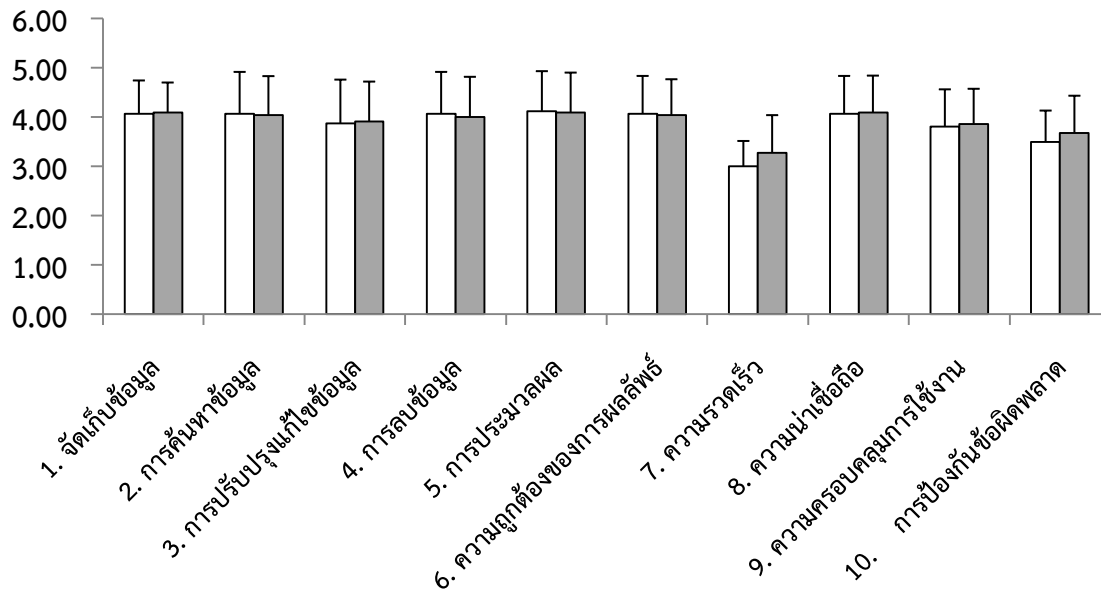
2.3 ด้านความปลอดภัยของข้อมูลในระบบ (Security test) มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจจาก 5 หัวข้อเท่ากับ 4.18 (จากเดิม 4.11) อยู่ในเกณฑ์ดี

สำหรับรายละเอียดผลการประเมินความพึงพอใจในแต่ละหัวข้อ สามารถดูได้จากภาคผนวก ค

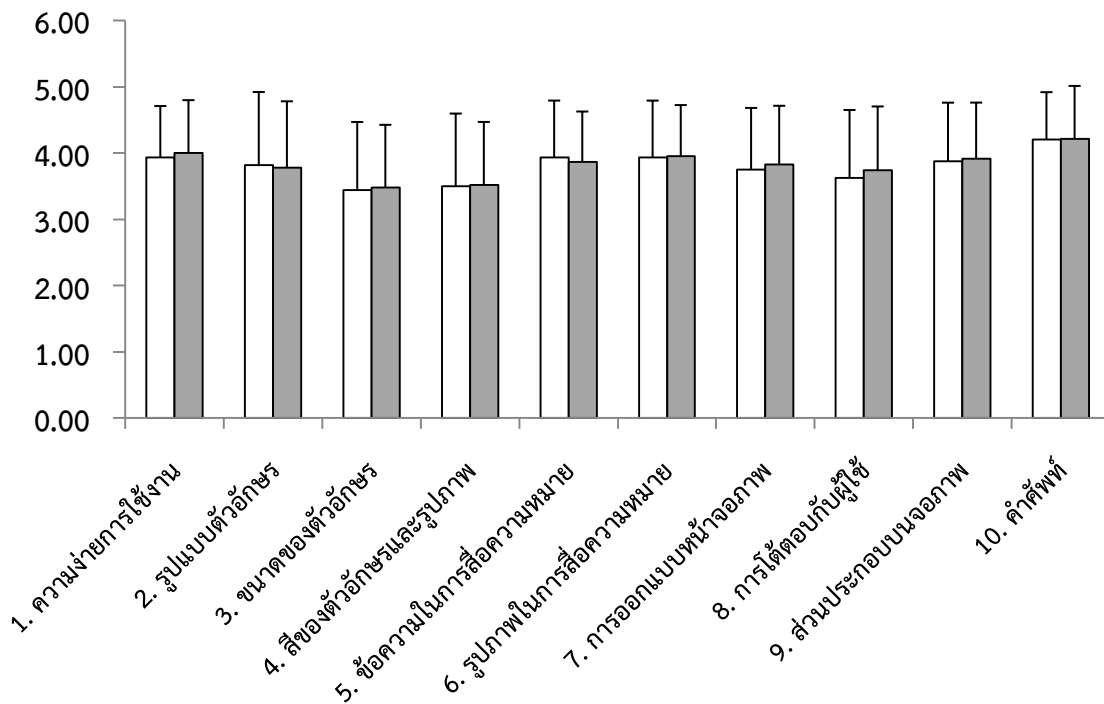
ผลสรุปการประเมินความพึงพอใจโดยรวมในการใช้เครื่องและซอฟต์แวร์ในอาสาสมัครปกติครั้งที่ 2 ได้คะแนนในแต่ละหัวข้อในระดับที่สูงขึ้นกว่าการทดลองใช้เครื่องครั้งแรก ผลเปรียบเทียบการประเมินเครื่องและซอฟต์แวร์ครั้งที่ 1 และ 2 แสดงตามรูปที่ 23A-D



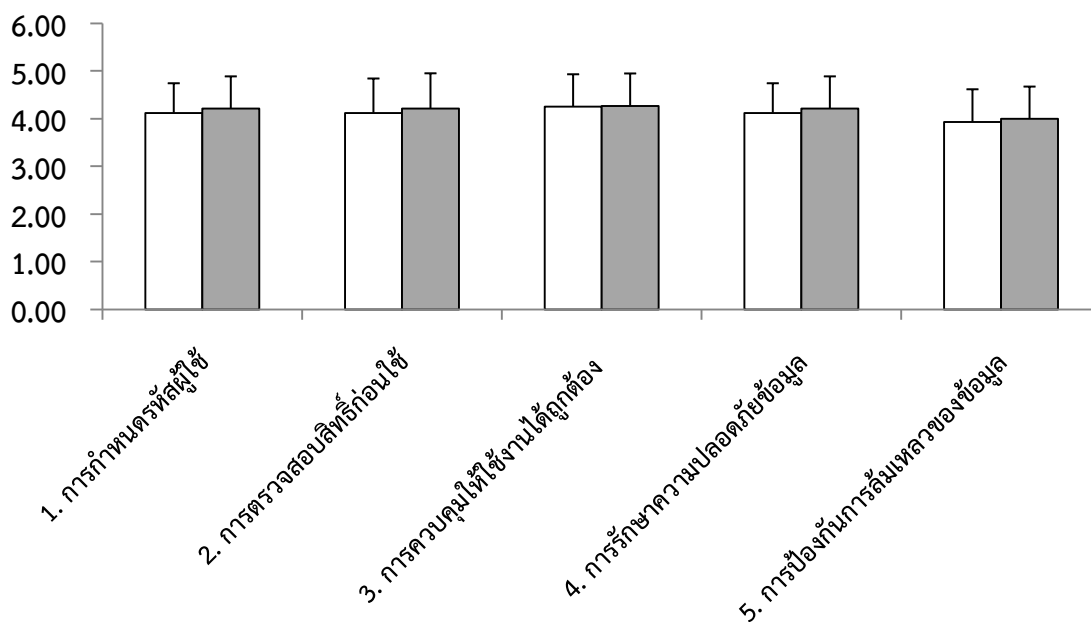
รูปที่ 23A แสดงผลเปรียบเทียบความพึงพอใจต่อเครื่องต้นแบบระหว่างครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2



รูปที่ 23B แสดงผลเปรียบเทียบความพึงพอใจต่อฟังก์ชันการทำงานของซอฟต์แวร์ระหว่างครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2



รูปที่ 23C แสดงผลเปรียบเทียบความพึงพอใจต่อการใช้งานของซอฟต์แวร์ระหว่างครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2



รูปที่ 23D แสดงผลเปรียบเทียบความพึงพอใจต่อระบบความปลอดภัยของข้อมูลระหว่างครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2

การเปรียบเทียบผลการใช้เครื่องระหว่างอาสาสมัครปกติและผู้สูงอายุ

ในการทดลองกับอาสาสมัครปกตินี้สามารถแบ่งกลุ่มอาสาสมัครออกเป็นกลุ่มคนหนุ่มสาว (อายุ 20 ปีขึ้นไป) และกลุ่มผู้สูงอายุ (อายุ 60 ปีขึ้นไป) โดยในการเก็บข้อมูลมีการทดสอบความสามารถและเวลาในการใช้งานเครื่องต้นแบบ โดยแบ่งเป็นการควบคุมโดยใช้โหมดตาและโหมดปากดังแสดงในตารางที่ 1 โดยในโหมดการสื่อสารด้วยตาพบว่าอาสาสมัครบางส่วนสามารถกลับตาข้างเดียวได้เพียงข้างใดข้างหนึ่ง ดังนั้นจึงสามารถใช้โหมดตาในการควบคุมเครื่องต้นแบบได้เพียงทิศทางเดียว แต่ก็ยังสามารถใช้ในการเลือกหรือประโยคในการส่งข้อความได้ ซึ่งในกลุ่มคนหนุ่มสาวจะมีผู้ใช้โหมดตาได้ข้างเดียวอยู่ 35% และใช้โหมดตาได้ทั้งสองข้างอยู่ 65% ส่วนในกลุ่มผู้สูงอายุพบว่าจำนวนผู้สามารถใช้โหมดตาได้ข้างเดียว 43% และใช้โหมดตาได้ทั้งสองข้างอยู่ 57% สำหรับโหมดสื่อสารด้วยปากพบว่าอาสาสมัครทุกคนสามารถใช้โหมดสื่อสารด้วยปากได้

ในด้านเวลาที่ใช้ในการเลือกสื่อสารผ่านระบบนั้น อาสาสมัครแต่ละคนจะทำการเลือกหมวดคำและประโยคที่ต้องการสื่อสารแล้วมีการบันทึกเวลาที่ใช้ในการสื่อสาร โดยแบ่งเป็น 8 กรณี ดังนี้

กรณีที่ 1 โหมดสื่อสารด้วยตาให้เลือกหมวดถัดไป (ไปด้านขวา 1 สเต็ป) และเลือกประโยคถัดไป (ไปทางขวา 1 สเต็ป) จากนั้นทำการยืนยันการส่งข้อความ

กรณีที่ 2 โหมดสื่อสารด้วยตาให้เลือกหมวดก่อนหน้า (ไปด้านซ้าย 1 สเต็ป) และเลือกประโยคก่อนหน้า (ไปทางซ้าย 1 สเต็ป) จากนั้นทำการยืนยันการส่งข้อความ

กรณีที่ 3 โหมดสื่อสารด้วยตาให้เลือกหมวดถัดไปวนไปด้านขวา 1 รอบ (ไปด้านขวา 8 สเต็ป) และเลือกประโยคถัดไปวนไปด้านขวา 1 รอบ (ไปทางขวา 15 สเต็ป) จากนั้นทำการยืนยันการส่งข้อความ

กรณีที่ 4 โหมดสื่อสารด้วยตา ให้เลือกหมวดถัดไปจนไปด้านซ้าย 1 รอบ (ไปด้านซ้าย 8 สเต็ป) และเลือกประโยชน์ถัดไปจนไปด้านซ้าย 1 รอบ (ไปทางซ้าย 15 สเต็ป) จากนั้นทำการยืนยันการส่งข้อความ

กรณีที่ 5 โหมดสื่อสารด้วยตา ให้เลือกหมวดถัดไป (ไปด้านขวา 1 สเต็ป) และเลือกประโยชน์ถัดไป (ไปทางขวา 1 สเต็ป) จากนั้นทำการยืนยันการส่งข้อความ

กรณีที่ 6 โหมดสื่อสารด้วยตา ให้เลือกหมวดก่อนหน้า (ไปด้านซ้าย 1 สเต็ป) และเลือกประโยชน์ก่อนหน้า (ไปทางซ้าย 1 สเต็ป) จากนั้นทำการยืนยันการส่งข้อความ

กรณีที่ 7 โหมดสื่อสารด้วยตา ให้เลือกหมวดถัดไปจนไปด้านขวา 1 รอบ (ไปด้านขวา 8 สเต็ป) และเลือกประโยชน์ถัดไปจนไปด้านขวา 1 รอบ (ไปทางขวา 15 สเต็ป) จากนั้นทำการยืนยันการส่งข้อความ

กรณีที่ 8 โหมดสื่อสารด้วยตา ให้เลือกหมวดถัดไปจนไปด้านซ้าย 1 รอบ (ไปด้านซ้าย 8 สเต็ป) และเลือกประโยชน์ถัดไปจนไปด้านซ้าย 1 รอบ (ไปทางซ้าย 15 สเต็ป) จากนั้นทำการยืนยันการส่งข้อความ

ตารางที่ 1 ผลการทดลองการใช้เครื่องต้นแบบกับอาสาสมัครปกติ (20 ปีขึ้นไป, n=16) และผู้สูงอายุ (60 ปีขึ้นไป, n=10)

กลุ่มทดลอง	ใช้โหมดตาได้ทั้งสองข้าง (%)	ผู้ใช้โหมดตาได้ข้างเดียว (%)	ผู้ใช้โหมดปากได้ (%)	เวลาที่ใช้เฉลี่ยในการส่งข้อความ (นาที:วินาที)							
				โหมดตา				โหมดปาก			
				ขวา	ซ้าย	วนขวา	วนซ้าย	ขวา	ซ้าย	วนขวา	วนซ้าย
อาสาสมัครปกติ	65	35	100	00:36	00:37	01:31	01:45	00:39	00:36	01:23	01:20
ผู้สูงอายุ	57	43	100	00:57	00:43	01:43	01:50	00:40	00:31	01:21	01:22

จากตารางที่ 1 เมื่อพิจารณาจากเวลาที่ใช้ในการสื่อสารผ่านโปรแกรม เช่นกรณีที่ 1 นั้น อาสาสมัครปกติจะใช้เวลาประมาณ 36 วินาที ขณะที่ผู้สูงอายุใช้เวลา 57 วินาทีซึ่งนานกว่า ทั้งนี้เนื่องจากกรณีที่ 1 นี้เป็นกรณีแรก ที่ทดสอบซึ่งผู้สูงอายุ ยังไม่คุ้นชินกับระบบ จึงใช้เวลานานกว่าคนหนุ่มสาว จากนั้นสำหรับการทดลองในกรณีอื่นๆ พบว่าอาสาสมัครปกติและผู้สูงอายุ ใช้เวลาโดยเฉลี่ยใกล้เคียงกัน ซึ่งแสดงว่าระบบที่พัฒนาขึ้นนี้ให้ผลที่ดีคือผู้สูงอายุใช้เวลาในการส่งการใกล้เคียงกับอาสาสมัครปกติทั้งโหมดการสื่อสารด้วยตาและโหมดการสื่อสารด้วยปาก โดยเวลาที่ใช้ในการสื่อสารเฉลี่ยสำหรับหมวดและประโยชน์ที่ใกล้เคียงที่สุดใช้เวลาสูงสุด 1 นาที 50 วินาที ซึ่งหากผู้ใช้ระบบมีความชำนาญ และเลือกทิศทางที่เร็วที่สุดที่ทำให้เข้าถึงหมวดค่าและประโยชน์ที่ต้องการ จะใช้เวลาไม่นานสุดประมาณ 1 นาที ทั้งนี้จากข้อสังเกตระหว่างการทดลองยังพบว่าระบบตรวจจับสถานะตาและปากมีประสิทธิภาพสูงกว่าในการใช้กับคนหนุ่มสาว สำหรับผู้สูงอายุนั้นบางรายจะมีปัญหาในการตรวจจับตำแหน่งผิดพลาดได้ ซึ่งเกิดจากการมีกระริ้วรอยบนใบหน้า อีกทั้งผู้สูงอายุส่วนใหญ่จะมีปัญหาด้านสายตา คือต้องใส่แว่นตาจึงจะทำให้มองเห็นได้ชัดเจน แต่การใส่แว่นตาโดยเฉพาะแว่นที่มีกรอบหนาหรือเลนส์แบบไม่ตัดแสงสะท้อน จะทำให้ระบบตรวจจับตามีความถูกต้องลดลง

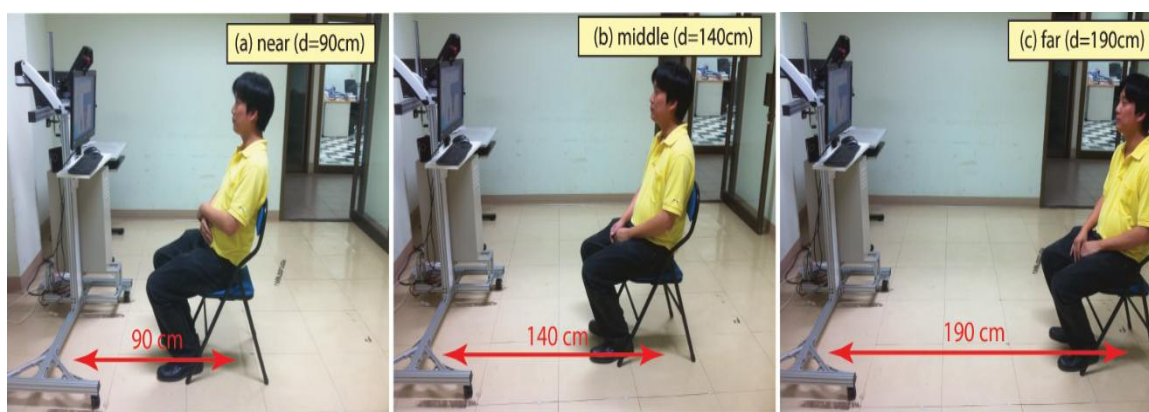
ผลการทดลองความถูกต้องระบบตรวจจับสถานะตาและปาก

จากการทดลองการใช้งานเครื่องต้นแบบสำหรับผู้สูงอายุ พบว่าแม้ว่าผู้สูงอายุจะสามารถใช้งานเครื่องต้นแบบได้ทุกคน แต่ก็ยังมีความคลาดเคลื่อนในระบบตรวจจับอยู่บ้างเนื่องจากลักษณะของใบหน้าที่มีริ้ว

รอย ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงทำการปรับปรุงฟังก์ชันในการทำงานของระบบตรวจจับให้แม่นยำขึ้น และทำการทดสอบโดยอาสาสมัครปกติ โดยมีการทดลองที่ระยะห่างจาก กล้องแตกต่างกัน 3 ระยะ คือ ระยะใกล้ ที่ 90 cm ระยะกลาง ที่ 140 cm และระยะไกลที่ 190 cm แสดงดังรูปที่ 24 โดยระยะห่างที่ทดลองทั้งสามนี้ทางผู้วิจัยกำหนดขึ้นจากการประเมินความสามารถในการรับภาพของระบบกล้อง เพื่อให้สามารถตรวจจับใบหน้าผู้ใช้งานได้เต็มใบหน้า โดยผลการประเมินความถูกต้องของระบบตรวจจับแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งจะเห็นได้ว่าโดยภาพรวมแล้วระบบตรวจจับตา ซึ่งแบ่งเป็นสี่ลักษณะคือ ตาขวาเปิด ตาขวาปิด ตาซ้ายเปิด และตาซ้ายปิด ให้ผลการตรวจจับที่ถูกต้องมากกว่า 96% ที่ระยะใกล้ ส่วนระยะกลางมีความถูกต้องมากกว่า 98% และระยะไกลมีความถูกต้องมากกว่า 94% สำหรับระบบตรวจจับปากนั้น แบ่งเป็นสี่ลักษณะคือ ปากปกติ ปากอ้า ปากอ และปากอู ให้ผลการตรวจจับที่ถูกต้องมากกว่า 89.5% ที่ระยะใกล้ ส่วนระยะกลางมีความถูกต้องมากกว่า 93.8% และระยะไกลมีความถูกต้องมากกว่า 84% ซึ่งความถูกต้องเหล่านี้เพียงพอต่อการนำไปใช้ในเครื่องต้นแบบ ทั้งนี้ระยะที่ให้ผลดีที่สุดคือ ระยะห่างจากกล้องที่ระยะกลาง (140 cm)

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบความถูกต้องของระบบตรวจจับสถานะตาและปาก

ระยะ	ความถูกต้องโหมดตา(%)				ความถูกต้องโหมดปาก(%)			
	ตาขวาเปิด	ตาขวาปิด	ตาซ้ายเปิด	ตาซ้ายปิด	ปากปกติ	ปากอ้า	ปากอ	ปากอู
90 cm	96.3	99.9	99.3	99.8	100.0	89.3	100.0	89.5
140 cm	99.3	98.3	99.5	99.5	99.8	99.0	99.8	93.8
190 cm	99.1	96.0	97.9	94.3	100.0	84.3	100.0	89.2



รูปที่ 24 แสดงการทดลองระบบการตรวจจับสถานะตาที่ตำแหน่งต่าง ๆ

การประเมินผลการใช้เครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์ในผู้ป่วยและผู้ดูแล ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 เปรียบเทียบการใช้เครื่องในโหมดตาและปาก

ทางคณะผู้วิจัยได้นำเครื่องต้นแบบที่ได้พัฒนาขึ้นไปทดลองกับอาสาสมัครซึ่งเป็นผู้ป่วยและผู้ดูแล ณ ศูนย์สิรินธรฯ โดยในครั้งที่ 1 เป็นการทดลองกับผู้ป่วยและผู้ดูแลจำนวนอย่างละ 10 คน จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้มาปรับปรุงระบบก่อนจะนำเครื่องต้นแบบมาทดลองที่ศูนย์สิรินธรฯ ครั้งที่ 2 โดยทดลองกับผู้ป่วยและผู้ดูแลอย่างละ 10 คนเช่นกัน ผู้ป่วยที่ทดลองใช้เครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ส่วนใหญ่เป็นอาสาสมัครกลุ่มเดียวกัน โดยมีระยะเวลาห่างกันประมาณ 6 เดือน เนื่องจากผู้วิจัยต้องนำผลจากข้อเสนอแนะในครั้งที่ 1 ไปปรับปรุงระบบและซอฟต์แวร์ ในระหว่างครั้งที่ 1 และ 2 ผู้ป่วยไม่ได้มีการฝึกฝนเพิ่มเติม นอกเหนือจากการพบนักเวชศาสตร์ฟื้นฟูตามเวลานัด ผลการทดลองการใช้เครื่องต้นแบบแสดงในตารางที่ 3

จากผลการทดลองในครั้งที่ 1 พบอุปสรรคในการใช้งานอยู่หลายประเด็น เช่นผู้ป่วยบางรายไม่สามารถหลับตาข้างเดียวได้เลยทำให้ใช้งานในโหมดตาไม่ได้ ส่วนบางรายก็ไม่สามารถทำรูปปากได้ บางรายไม่มีฟัน หรือปากเบี้ยว หรือประกอบศีรษะให้หนึ่งได้ยาก ซึ่งจากตารางที่ 3 จะเห็นว่าจำนวนผู้ป่วยที่ใช้โหมดตาได้ทั้งสองข้างมีเพียง 30% ส่วนผู้ป่วยที่ใช้โหมดตาได้ข้างเดียวมี 10% โดยอีก 60% ไม่สามารถใช้โหมดตาได้ ส่วนโหมดปากนั้นผู้ป่วยที่สามารถใช้โหมดปากสั่งการเครื่องต้นแบบได้มี 70% สำหรับผู้ดูแลนั้นเป็นญาติของผู้ป่วย ซึ่งบางรายเป็นผู้สูงอายุจึงมีปัญหาในการใช้งานอยู่บ้าง โดย สำหรับโหมดตานั้นผู้ดูแลสัดส่วน 50% สามารถใช้โหมดตาได้ทั้งสองข้าง โดยมีผู้ดูแล 20% ที่ใช้งานโหมดตาได้ข้างเดียว ส่วนโหมดปากนั้นผู้ดูแลทุกท่านสามารถใช้งานได้ ส่วนเวลาที่ใช้ในการส่งข้อความนั้นแบ่งเป็น 8 กรณีเหมือนที่แสดงในตารางที่ 1 ซึ่งจากผลการทดลองนั้นผู้ดูแลและผู้ป่วยใช้เวลาเฉลี่ยในการส่งข้อความผ่านเครื่องต้นแบบใกล้เคียงกัน โดยใช้เวลานานสุดประมาณ 1 นาที 32 วินาที

เมื่อวิเคราะห์ผลการทดลองในผู้ป่วยครั้งที่ 1 พบว่าปัญหาหลักคือผู้ป่วยบางรายหลับตาข้างเดียวไม่ได้เลย บางรายก็ทำปากบางรูปแบบไม่ได้ ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงทำการปรับปรุงโปรแกรมโดยเพิ่ม ทางเลือกในการควบคุมให้สามารถใช้ผสมกันสำหรับโหมดตาและปากได้ เช่นหากผู้ป่วยหลับตาข้างเดียวไม่ได้ ก็จะทำให้หลับตาทั้งสองข้างผสมกับการทำรูปปากแบบต่างๆแทน ซึ่งเมื่อนำมาทดสอบกับผู้ป่วยและผู้ดูแลพบว่าได้ผลที่ดีขึ้นอย่างน่าพอใจ โดยในโหมดสื่อสารด้วยตานั้น มีผู้ป่วยที่ใช้โหมดตาได้ทั้งสองข้าง 44% และใช้โหมดตาได้ข้างเดียว 44% ในขณะที่โหมดปากนั้นใช้ได้ 100% ส่วนทางผู้ดูแลนั้นผู้ใช้โหมดตาได้ทั้งสองข้างมีจำนวน 56% ส่วนผู้ใช้โหมดตาได้ข้างเดียวมีอยู่ 44% และโหมดปากนั้นสามารถใช้ได้ทุกคน สำหรับเวลาที่ใช้ในการสื่อสารผ่านโปรแกรมนั้นพบว่าทั้งผู้ดูแลและผู้ป่วยใช้เวลาในการสื่อสารในแต่ละกรณีใกล้เคียงกัน โดยใช้เวลาสูงสุดประมาณ 1 นาที 54 วินาที ซึ่งหากผู้ใช้งานมีความชำนาญขึ้นจะสามารถสื่อสารได้ในเวลาประมาณไม่เกิน 1 นาที เช่นเดียวกับอาสาสมัครปกติหนุ่มสาว ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 3 ผลการทดลองการใช้เครื่องต้นแบบกับผู้ป่วยและผู้ดูแลครั้งที่ 1 และ 2

กลุ่มทดลอง	ใช้โหมดตาได้ทั้งสองข้าง (%)	ผู้ใช้โหมดตาได้ข้างเดียว (%)	ผู้ใช้โหมดปากได้ (%)	เวลาที่ใช้เฉลี่ยในการส่งข้อความ (นาที:วินาที)							
				โหมดตา				โหมดปาก			
				ขวา	ซ้าย	วนขวา	วนซ้าย	ขวา	ซ้าย	วนขวา	วนซ้าย
ผู้ป่วย1	30	10	70	00:35	00:32	01:32	01:30	00:41	00:41	01:26	01:34
ผู้ดูแล1	50	20	100	00:32	00:34	01:25	01:18	00:31	00:27	01:32	01:27
ผู้ป่วย2	44	44	100	00:42	00:39	01:47	01:24	00:39	00:37	01:54	01:41
ผู้ดูแล2	56	44	100	00:34	00:45	01:30	01:35	00:30	00:31	01:23	01:28

ผลประเมินความพึงพอใจการใช้งานเครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์ในผู้ป่วย ครั้งที่ 1 และ 2

ผู้วิจัยได้นำเครื่องและซอฟต์แวร์ไปทดลองใช้ในผู้ป่วยครั้งที่ 1 และนำผลที่ได้มาปรับปรุงสำหรับการทดลองใช้ในผู้ป่วยครั้งที่ 2 เมื่อสรุปรวม ผลการประเมินความพึงพอใจจากการทดลองใช้พบว่าในครั้งที่ 2 มีผลประเมินความพึงพอใจโดยรวมมีค่าเฉลี่ยสูงขึ้นจากการใช้งานในครั้งแรก โดยค่าเฉลี่ยในแต่ละหัวข้อมีรายละเอียดแสดงดังนี้

1.ความพึงพอใจต่อเครื่องต้นแบบ มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจรวมจากทั้ง 8 หัวข้อ อยู่ในเกณฑ์ดีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.21 (จากเดิม 3.15)

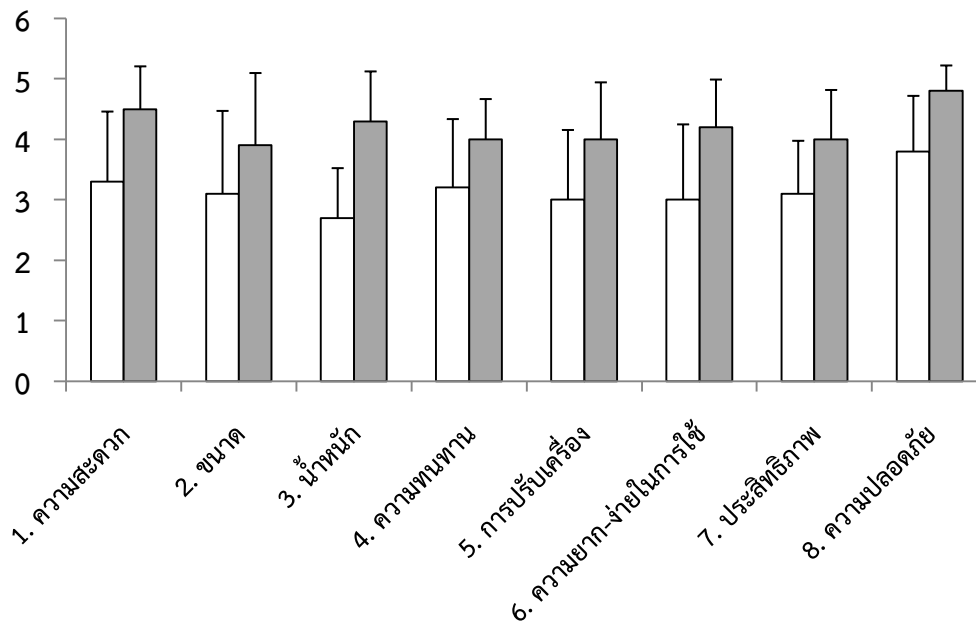
2. ความพึงพอใจต่อซอฟต์แวร์

2.1 ด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชัน (Function test) มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจจาก 10 หัวข้อเท่ากับ 4.14 (จากเดิม 3.12) อยู่ในเกณฑ์ดี

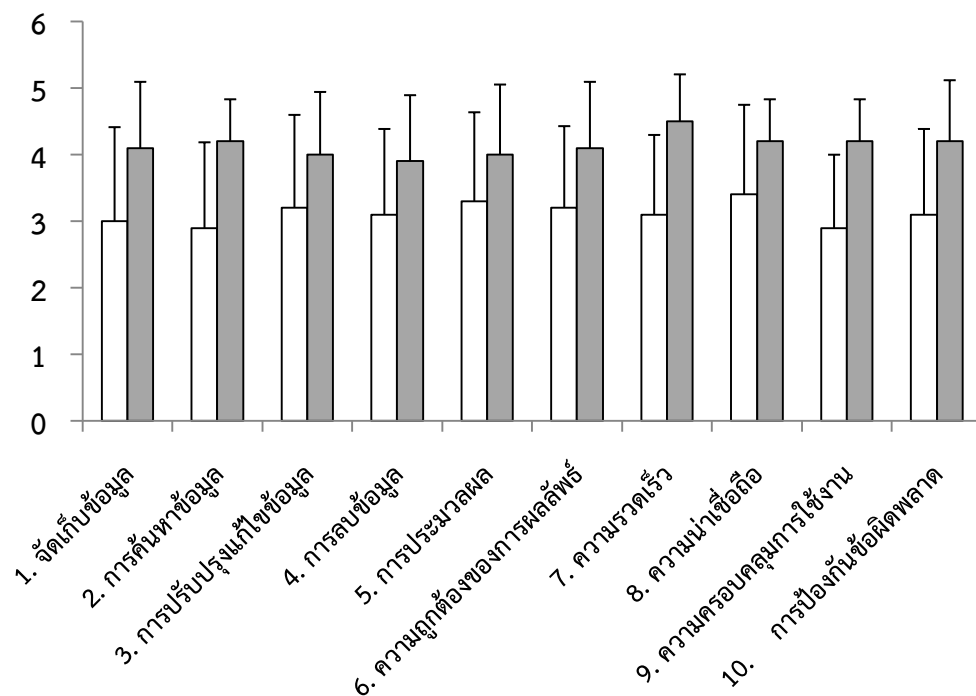
2.2 ด้านความง่ายต่อการใช้งานระบบ (Usability test) มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจจาก 10 หัวข้อเท่ากับ 4.09 (จากเดิม 3.23) อยู่ในเกณฑ์ดี

2.3 ด้านความปลอดภัยของข้อมูลในระบบ (Security test) มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจจาก 5 หัวข้อเท่ากับ 4.28 (จากเดิม 3.26) อยู่ในเกณฑ์ดี

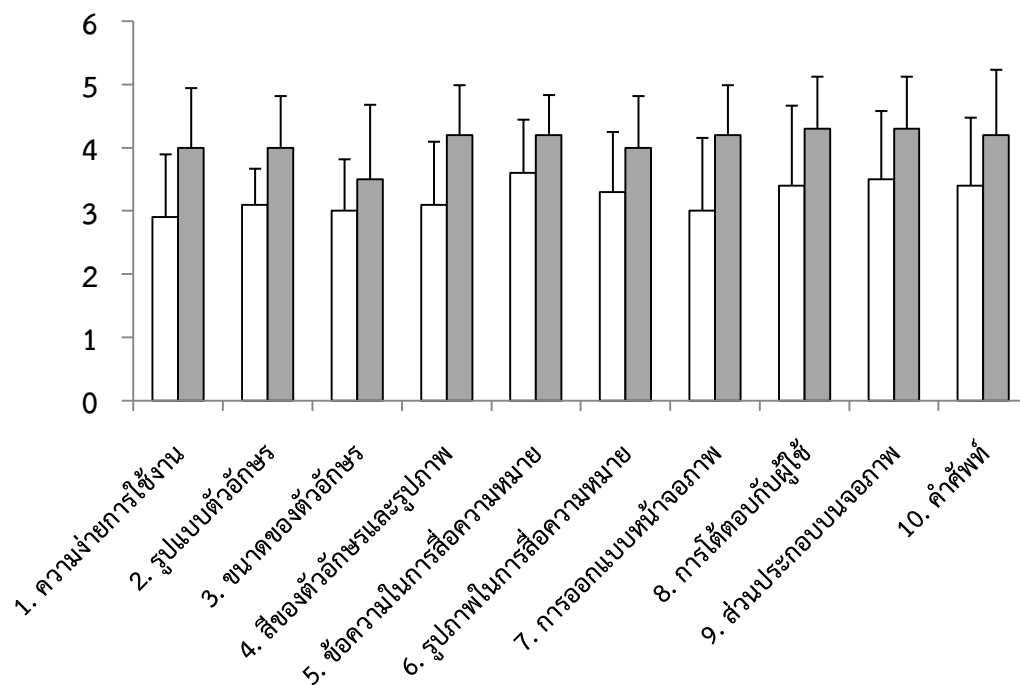
สำหรับรายละเอียดผลการประเมินความพึงพอใจในแต่ละหัวข้อ สามารถดูได้จากภาคผนวก ง และภาคผนวก จ ผลเปรียบเทียบการประเมินเครื่องและซอฟต์แวร์ครั้งที่ 1 และ 2 ในผู้ป่วย แสดงตามรูปที่ 25A-D



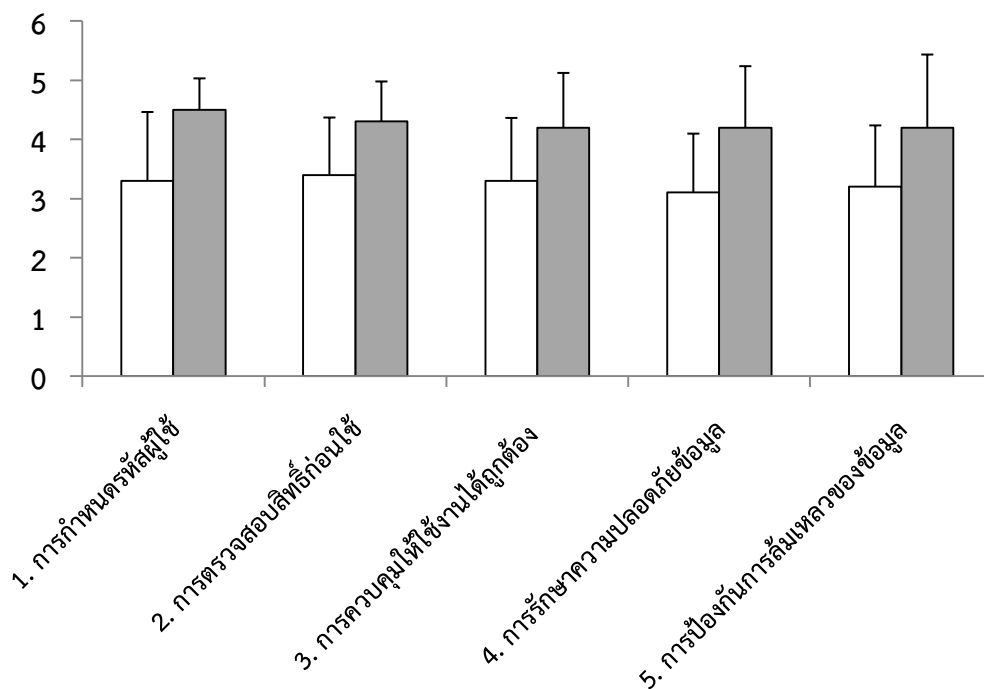
รูปที่ 25A แสดงผลเปรียบเทียบความพึงพอใจต่อเครื่องต้นแบบระหว่างครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ในผู้ป่วย



รูปที่ 25B แสดงผลเปรียบเทียบความพึงพอใจของผู้ป่วยต่อฟังก์ชันการทำงานของซอฟต์แวร์ระหว่างการประเมินครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2



รูปที่ 25C แสดงผลเปรียบเทียบความพึงพอใจของผู้ป่วยต่อการใช้งานซอฟต์แวร์
ระหว่างการประเมินครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2



รูปที่ 25D แสดงผลเปรียบเทียบความพึงพอใจของผู้ป่วยที่มีต่อความปลอดภัยของข้อมูล
ระหว่างการประเมินครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2

ในการนำเครื่องและซอฟต์แวร์ไปใช้งานในผู้ป่วยและผู้ดูแลครั้งที่ 1 จะสังเกตได้ว่าผลประเมินความพึงพอใจโดยรวมทั้งในส่วน of เครื่องและซอฟต์แวร์อยู่ในเกณฑ์ประมาณ 3-3.2 ซึ่งอาจเกิดจากผู้ป่วยและผู้ดูแลเห็นเครื่องและทดลองใช้เป็นครั้งแรก นอกจากนี้ การที่ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลมีจำกัด ทำให้ผู้ป่วยและผู้ดูแลไม่สามารถทดลองใช้เครื่องและซอฟต์แวร์จนเข้าใจได้ นอกจากนี้ ผู้ป่วยและผู้ดูแลบางคนไม่เคยใช้คอมพิวเตอร์มาก่อน จึงทำให้การใช้งานเป็นเรื่องยาก ส่งผลต่อคะแนนความพึงพอใจที่อยู่ในเกณฑ์พอใช้ แต่เมื่อผู้วิจัยนำเครื่องและซอฟต์แวร์ไปปรับปรุง และนำกลับมาทดลองใช้กับผู้ป่วยและผู้ดูแลเป็นครั้งที่ 2 พบว่า ผลสรุปเปรียบเทียบการประเมินความพึงพอใจโดยรวมในการใช้เครื่องและซอฟต์แวร์ในผู้ป่วยครั้งที่ 2 ได้คะแนนในแต่ละหัวข้อในระดับที่สูงขึ้นกว่าการทดลองใช้ครั้งแรกอย่างชัดเจน ผลที่ได้ อาจเกิดจากการที่ผู้ป่วยมีความคุ้นเคยต่อเครื่องต้นแบบและการใช้งานซอฟต์แวร์ และเกิดกระบวนการเรียนรู้ในการใช้งาน ทำให้ผลการประเมินในครั้งที่ 2 ได้ผลที่ดีกว่าผลในครั้งแรก นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้มีการปรับการใช้งานซอฟต์แวร์ในหัวข้อที่ได้รับคะแนนความพึงพอใจน้อย เช่น ขนาดตัวอักษร รูปแบบหน้าจอ และความเร็วในการประมวลผล ทำให้การใช้งานในครั้งที่ 2 มีการประมวลผลที่เร็วขึ้น ใช้งานได้ง่ายขึ้น

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

(Conclusion)

จากการทดลองเป็นลำดับขั้นตอนตั้งแต่คนปกติหนุ่มสาว คนปกติผู้สูงอายุ ผู้ดูแล และผู้ป่วย ทำให้ทางผู้วิจัยได้นำข้อมูลต่างๆมาปรับปรุงเครื่องต้นแบบจนสมบูรณ์ โดยเครื่องต้นแบบที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการสื่อสารสำหรับผู้บกพร่องทางการพูดแบบไม่เป็นความได้ และยังมีศักยภาพในการนำไปใช้กับผู้ป่วยที่พูดได้ลำบากในกรณีอื่นได้อีก เช่น ผู้ป่วยที่ใช้เครื่องช่วยหายใจเป็นต้น โดยเครื่องต้นแบบนี้มีหลายโหมดในการสั่งการควบคุมทั้งโหมดตา โหมดปาก โหมดเสียง และโหมดผสม ทั้งนี้ผู้ป่วยแต่ละรายอาจมีความสามารถที่แตกต่างกัน ทำให้ความหลากหลายฟังก์ชันของโปรแกรมจะช่วยให้สามารถปรับให้เหมาะสมกับผู้ป่วยแต่ละราย ตามแต่พัฒนาการที่ดีขึ้นจากการฟื้นฟูได้

ด้านความถูกต้องของระบบตรวจจับตาและปากพบว่าให้ผลที่ดี โดยมีความถูกต้องของระบบตรวจจับตามากกว่า 94% และความถูกต้องระบบตรวจจับปากมากกว่า 84% ซึ่งเพียงพอต่อการนำไปใช้ในเครื่องต้นแบบเพื่อการสื่อสารผ่านเครื่องต้นแบบ

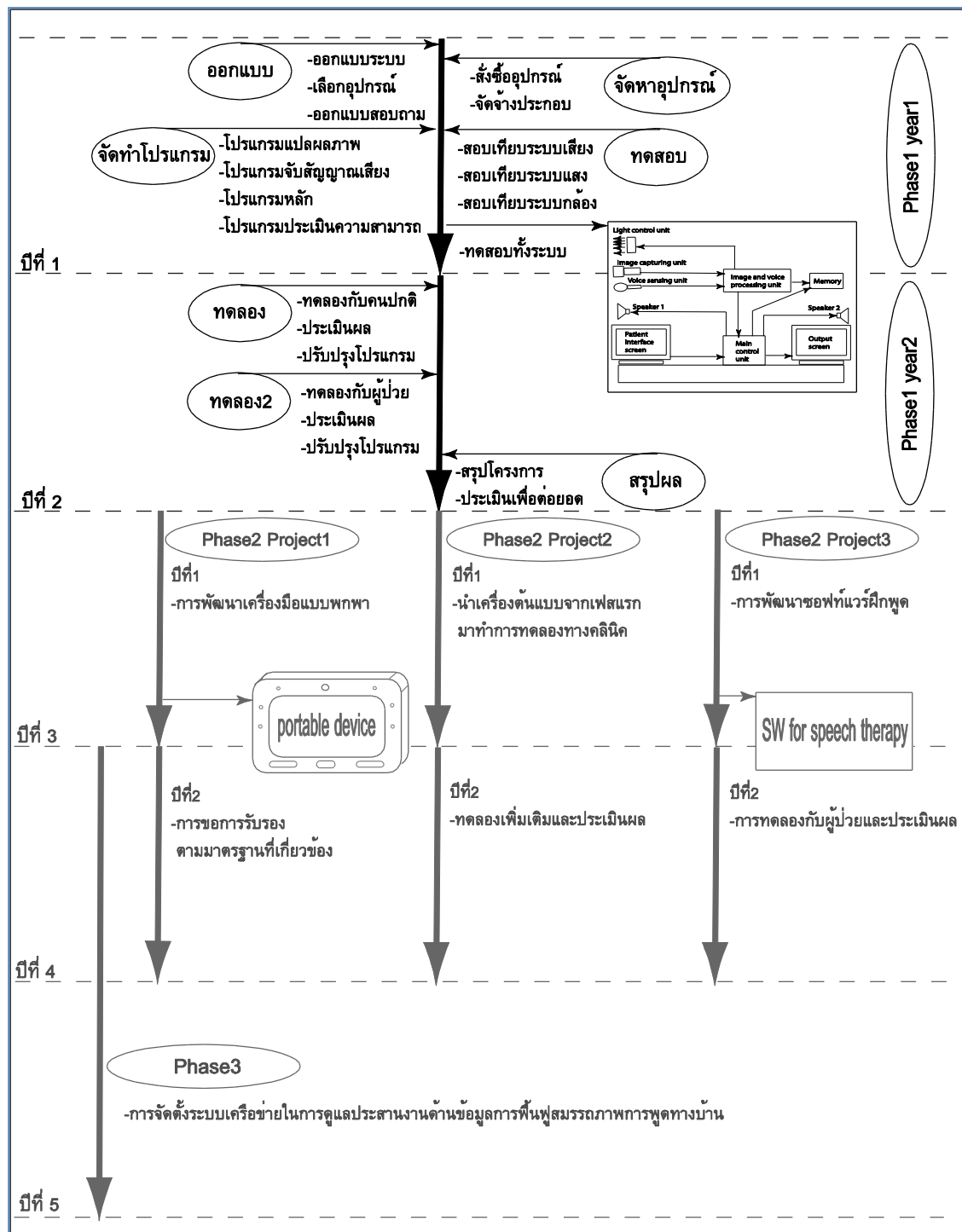
ระบบที่พัฒนาขึ้นนี้มีความพร้อมและสามารถนำไปใช้ในสถานพยาบาล หรือสถานดูแลผู้ป่วยได้ทันที โดยหากมีการผลิตมากกว่า 10 เครื่อง จะมีราคาเครื่องละไม่เกิน 100,000 บาท โดยควรมีการพัฒนาต่อยอดเป็นเครื่องมือขนาดพกพาได้เพื่อให้ผู้ป่วยได้นำไปใช้ที่บ้านได้โดยสะดวก

สรุปผลการพัฒนาเครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์สำหรับเป็นเครื่องมือสื่อสารทางเลือกสำหรับผู้ที่มีปัญหาด้านการสื่อสาร ได้ผลการทดลองที่ดี โดยวิเคราะห์จากแบบประเมินความพึงพอใจเมื่อนำไปทดลองใช้ทั้งในอาสาสมัครปกติ และผู้ป่วย อย่างไรก็ตามควรมีการทดลองใช้กับผู้ป่วยที่ไม่สามารถสื่อสารได้ในกรณีอื่น ๆ และควรมีการวิจัยต่อยอดเพื่อพัฒนาไปเป็นเครื่องและซอฟต์แวร์สำหรับการสื่อสารทางเลือกในเชิงพาณิชย์ต่อไป

แนวทางการพัฒนาต่อยอด

เพื่อให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์และสามารถนำไปต่อยอดสู่การใช้งานจริงและมีเป้าหมายที่ชัดเจน ทางผู้วิจัยได้วางแนวทางการวิจัยทั้งหมดแบ่งเป็น 3 เฟส ดังรูปที่ 26 โดยเฟส 1 (ซึ่งเป็นขอบเขตข้อเสนองานวิจัยฉบับนี้) ใช้เวลาทั้งสิ้น 2 ปีเป็นการพัฒนาเครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์ในงานวิจัยนี้เพื่อใช้ในการศึกษาหาค่าปัจจัยต่างๆที่เหมาะสมกับการสื่อสารและการฟื้นฟูสมรรถภาพการพูดเบื้องต้น เพื่อเป็นพื้นฐานสำหรับการต่อยอดงานวิจัยในอนาคตในเฟสถัดๆไป

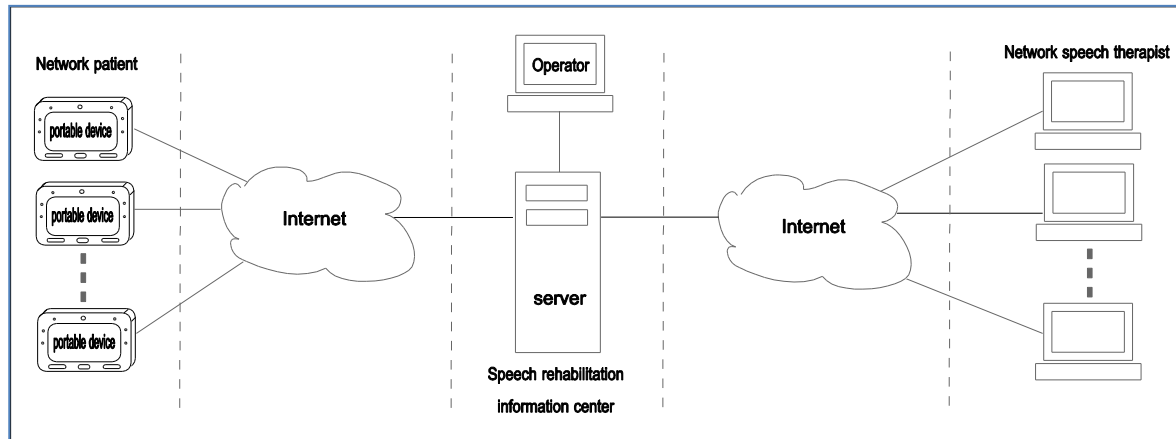
เฟส 2 ใช้เวลาดำเนินการ 2 ปี เป็นการต่อยอดจากองค์ความรู้ที่ได้จากเฟสแรก โดยมีโครงการย่อยทั้งสิ้น 3 โครงการ โครงการที่ 1 เป็นการพัฒนาเครื่องช่วยในการสื่อสารและฟื้นฟูสมรรถภาพการพูดแบบพกพาเพื่อให้ผู้ป่วยสามารถนำเครื่องมือนี้ไปใช้งานและฝึกพูดที่บ้านได้ โครงการที่ 2 เป็นการนำเครื่องและซอฟต์แวร์จากเฟสแรกมาทดลองเพิ่มทางคลินิกเพื่อปรับปรุงโปรแกรมและหมวดคำภาษาต่างๆให้ถูกต้องและตรงความต้องการของผู้ป่วยมากขึ้น โครงการที่ 3 เป็นการพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อใช้ในการฝึกพูดและประเมินผลการฟื้นฟูสมรรถภาพการพูด



รูปที่ 26. แผนการวิจัยและการต่อยอด (สุเมธ เหมะวิฒนะชัย, 2556)

เฟส 3 มีแนวคิดจากการที่ประเทศไทยยังขาดแคลนนักแก้ไขการพูดอย่างมาก ดังนั้นการพัฒนาระบบเครือข่ายที่ทำให้นักอรรถบำบัดสามารถให้คำแนะนำและประเมินผลการฟื้นฟูการพูดของผู้ป่วยทางบ้านได้ผ่าน

เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ต จะช่วยแก้ปัญหานี้ได้ โดยทางผู้วิจัยจะจัดตั้งศูนย์การประสานงานด้านข้อมูลการฟื้นฟูสมรรถภาพการพูด ซึ่งจะเป็นตัวกลางในการรวบรวมข้อมูลและประสานงานระหว่างผู้ป่วยกับนักอรรถบำบัดในเครือข่าย ดังแสดงในรูปที่ 27



รูปที่ 27. หลักการสร้างระบบเครือข่ายและศูนย์ประสานงานด้านข้อมูลการฟื้นฟูสมรรถภาพการพูด(เฟส3)
(สุเมธ เหมะวัฒนะชัย, 2556)

ข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิ

ผู้ทรงคุณวุฒิได้ให้ข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาต่อ ยอดงานวิจัยเพิ่มเติมจากคณะผู้วิจัย ในเรื่องการทำวิจัยต่อเพื่อให้ผู้ป่วยที่มีอาการพูดไม่เป็นความที่มีระดับการเคลื่อนไหวดีกว่านี้แต่พูดสื่อสารลำบากสามารถสื่อสารได้ดีขึ้น และการพัฒนาเครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์ที่สามารถช่วยฝึกฝนการพูดในผู้ป่วยที่พูดได้ลำบาก

References

1. Behroozmand R, Larson CR. (2011). Error-dependent modulation of speech-induced auditory suppression for pitch-shifted voice feedback. *BMC Neuroscience* 12:54.
2. Brady MC, Clark AM, Dickson S, Paton G, Barbour RS. (2011). Dysarthria following stroke-the patients' perspective on management and rehabilitation. *Clinical Rehabilitation* 25(10):935-952.
3. Bloch S. (2011). Anticipatory of other-completion of augmentive and alternative communication talk: a conversation analysis study. *Disability and Rehabilitation*, 33(3):261-269.
4. Charkraborty N, Roy T, Hazra A, Biswas A, Bhattacharya K. (2008). Dysarthric Bengali speech, a neurolinguistic study. *J Postgrad Med*, 54:268-272.
5. Dickson S, Barbour RS, Brady MC, Clark AM, Paton G. (2008). Patients' experiences of disruptions associated with post-stroke dysarthria. *Int J Lang Comm Dis*, 43(2):135-153.
6. Edinborough I, et al. (2005). A vision and robot based on-line inspection monitoring system for electronic manufacturing. *Computer in Industry*, 56:986-996.
7. Giannoukos I, et al. (2010). Operator context scanning to support high segmentation rates for real time license plate recognition. *Pattern Recognition*, 43(11):3866-3878.
8. Hamid A, et al. (2012). Force Sensor Detection and Performance Evaluation of New Active System Ankle Foot Orthosis. *Procedia Engineering*, 41: 510 – 515.
9. Herd CP, Tomlinson CL, Dean KHO, Brady MC, Smith CH, Sackley CM, Clarke CE. (2012). Comparison of speech and therapy techniques for speech problems in Parkinson's disease. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 8:Art.No.:CD002814. DOI 10.1002/14651858.CD002814.pub2.
10. Jordan LC, Hillis AE. (2006). Disorders of speech and language: aphasia, apraxia and dysarthria. *Curr Opin Neurol*, 19(6):580-585.
11. Kalf JG, Borm GF, de Swart BJ, Bloem BR, Zwarts MJ, Munneke M. (2011). Reproducible and validity of patient rated assessment of speech, swallowing and saliva control in Parkinson's disease. *Arch Phys Med Rehabil*, 92:1152-1158.
12. Kim IS, LaPointe LL, Stierwalt JAG. (2012). The effect of feedback and practice on the acquisition of novel speech behaviors. *Am J Speech Language Dis*, 21:89-100.
13. Kim SC, et al. (2006). A new method for accurate and fast measurement of 3D eye movements. *Medical Engineering & Physics*, 28:82-89.
14. Kirkwood SC, Su JL, Conneally M, Foroud T. (2001). Progression of symptoms in the early and middle stages of Huntington disease. *Arch Neurol*, 58:273-278.

15. Lancioni GE, O'Reilly MF, Singh NN, Green VA, Oliva D, Buonocunto F, Colonna F, Navarro J. (2012). Special text messaging communication systems for persons with multiple disabilities. *Dev Neurorehabil*, 15(1):31-38.(abstract)
16. LeAnder RW, et al. (2008). Comparison of Two Algorithms in the Automatic Segmentation of Blood Vessels in Fundus Images. *Proceedings of the SPIE Medical Imaging 2008 Conference*.
17. Lof GL, Watson MM. (2008). A nationwide survey of nonspeech oral motor exercise use: implications for evidence-based practice. *Language, speech, and hearing services in schools*, 39:392-407.
18. Nakano T, et al. (1998). Blink measurement by image processing and application to warning of driver's drowsiness in automobiles. In *IEEE Intelligent Vehicles*, p 285-290
19. Paul SL, Srikanth VA, Thrift AG. (2007). The large and growing burden of stroke. *Curr Drug Targets*, 8:78-93.
20. Pinter MM, Brainin M. (2012). Rehabilitation after stroke in older people. *Maturitas*, 71:104-108.
21. Power E, Anderson A, Togher L. (2011). Applying the WHO ICF framework to communication assessment and goal setting in Huntington's disease: a case discussion. *J Comm Dis*, 44:261-275.
22. Rudd AG, Wolfe CDA. Is early speech and language therapy after stroke a waste? perhaps, but some intervention to promote communication is better than none. *BMJ*, 345:e4870. DOI 10.1136/bmj.e4870.
23. Scott E Umbaugh. (2011). *Digital Image Processing and Analysis – Human and Computer Vision Applications with CVIPtools - 2nd Edition*. CRC Press
24. Shriberg LD, et al. (2010). Extensions to the speech disorders classification system (SDCS). *Clin Linguist Phon*, 24(10):795-824.
25. Thurman, D., Alverson, C., Dunn, K., et. al. (1999). Traumatic brain injury in the United States: A public health perspective. *Journal of Head Trauma and Rehabilitation*, 14(6): 602–615.
26. Trail, M., et al. (2005). Speech treatment for Parkinson's Disease. *Neurorehabilitation*, 20 (3): 205-221.
27. Urban PP, Witch S, Vukurevic G, Fitzek C, Stoeter P, Massinger C, Hopf HC. (2001). Dysarthria in acute ischemic stroke. *Neurology*, 56:1021-1027.
28. Vidovic M, Sinanovic O, Sabaskic L, Haticic A, Brkic E. (2011). Incidence and types of speech disorders in stroke patients. *Acta Clin Croat*, 50(4):491-494.(abstract)

ภาคผนวก ก

สรุปผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานเครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์ โดยนักวิชาการ

ตอนที่ 1 ความพึงพอใจต่อเครื่องต้นแบบ

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจ
ความสะดวกในการใช้งานเครื่องต้นแบบ (comfort)	3.5
ความเหมาะสมของขนาดเครื่องต้นแบบ (dimension)	4
ความเหมาะสมของน้ำหนักเครื่องต้นแบบ (weight)	3.5
ความทนทานต่อการใช้งานเครื่องต้นแบบ (durability)	3.5
ความยาก-ง่ายในการปรับการใช้งานเครื่องต้นแบบ (adjustability)	4
ความยาก-ง่ายในการใช้งานเครื่องต้นแบบ (simplicity of use)	4
ประสิทธิภาพในการใช้งานเครื่องต้นแบบ (effectiveness)	4.5
ความปลอดภัยในการใช้งานเครื่องต้นแบบ (security)	5
ค่าเฉลี่ยรวมในหัวข้อการใช้งานเครื่องต้นแบบ	4

ตอนที่ 2 ความพึงพอใจต่อซอฟต์แวร์

2.1 ความพึงพอใจต่อการทำงานได้ตามฟังก์ชันของซอฟต์แวร์

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจ
ความถูกต้องในการจัดเก็บข้อมูลนำเข้า	4
ความถูกต้องในการค้นหาข้อมูล	4
ความถูกต้องในการปรับปรุงแก้ไขข้อมูล	3.5
ความถูกต้องในการลบข้อมูล	4
ความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลในโปรแกรม	3.5
ความถูกต้องของการผลลัพธ์ในรูปแบบรายงาน	3.5
ความรวดเร็วในการประมวลผลของระบบ	4
ความน่าเชื่อถือได้ของระบบ	4
ความครอบคลุมของโปรแกรมที่พัฒนากับระบบงานจริง	3.5
การป้องกันข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น	3.5
ค่าเฉลี่ยรวมในหัวข้อการทำงานได้ตามฟังก์ชัน	3.75

2.2 ความพึงพอใจต่อการใช้งานซอฟต์แวร์

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจ
ความง่ายต่อการใช้งานของระบบ	4
ความเหมาะสมในการเลือกใช้นิตตัวอักษรบนจอภาพ	5
ความเหมาะสมในการเลือกใช้นิตตัวอักษรบนจอภาพ	5
ความเหมาะสมในการใช้สีของตัวอักษรและรูปภาพ	4
ความเหมาะสมในการใช้ข้อความเพื่ออธิบายสื่อความหมาย	4.5
ความเหมาะสมในการใช้สัญลักษณ์หรือรูปภาพในการสื่อความหมาย	4
ความเป็นมาตรฐานเดียวกันในการออกแบบหน้าจอภาพ	4
ความเหมาะสมในการปฏิสัมพันธ์โต้ตอบกับผู้ใช้	5
ความเหมาะสมในการวางตำแหน่งของส่วนประกอบบนจอภาพ	4.5
คำศัพท์ที่ใช้ผู้ใช้มีความคุ้นเคยและสามารถปฏิบัติตามได้โดยง่าย	5
ค่าเฉลี่ยรวมในหัวข้อการใช้งาน	4.5

2.3 ความพึงพอใจต่อการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลในระบบ

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจ
การกำหนดรหัสผู้ใช้ และรหัสผ่านในการตรวจสอบผู้เข้าใช้ระบบ	4
การตรวจสอบสิทธิ์ก่อนการใช้งานของผู้ใช้ระบบในระดับต่าง ๆ	4
การควบคุมให้ใช้งานตามสิทธิ์ผู้ใช้ได้อย่างถูกต้อง	4
การป้องกันการกำหนดรหัสผ่านอย่างง่าย	4.5
การป้องกันการล้นเหลวของข้อมูลในระบบ	4.5
ค่าเฉลี่ยรวมในหัวข้อความปลอดภัยของข้อมูล	4.2

ข้อเสนอแนะ

- ควรปรับซอฟต์แวร์ให้เหมาะกับการใช้งานกับคนทั่วไปทั้งคนที่เคยใช้และไม่เคยใช้คอมพิวเตอร์
- ขั้นตอนในแต่ละขั้นตอนไม่ชัดเจนควรทำตัวอักษรกระพริบเพื่อให้ทราบว่าอยู่ที่ขั้นตอนใด
- ควรทำให้เครื่องและซอฟต์แวร์สามารถใช้ได้กับทุกท่าทาง เช่น ผู้ป่วยนอนติดเตียง ผู้ป่วยนั่งรถเข็น
- ควรเพิ่มหมวดหมู่คำหรือประโยคที่ใช้งานบ่อย

ภาคผนวก ข

สรุปผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานเครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์ โดยอาสาสมัครปกติ ครั้งที่ 1

ตอนที่ 1 ความพึงพอใจต่อเครื่องต้นแบบ

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจ
ความสะดวกในการใช้งานเครื่องต้นแบบ (comfort)	3.81
ความเหมาะสมของขนาดเครื่องต้นแบบ (dimension)	3.94
ความเหมาะสมของน้ำหนักเครื่องต้นแบบ (weight)	3.81
ความทนทานต่อการใช้งานเครื่องต้นแบบ (durability)	4.25
ความยาก-ง่ายในการปรับการใช้งานเครื่องต้นแบบ (adjustability)	3.69
ความยาก-ง่ายในการใช้งานเครื่องต้นแบบ (simplicity of use)	3.81
ประสิทธิภาพในการใช้งานเครื่องต้นแบบ (effectiveness)	3.88
ความปลอดภัยในการใช้งานเครื่องต้นแบบ (security)	4.56
ค่าเฉลี่ยรวมในหัวข้อการใช้งานเครื่องต้นแบบ	3.97

ตอนที่ 2 ความพึงพอใจต่อซอฟต์แวร์

2.1 ความพึงพอใจต่อการทำงานได้ตามฟังก์ชันของซอฟต์แวร์

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจ
ความถูกต้องในการจัดเก็บข้อมูลนำเข้า	4.06
ความถูกต้องในการค้นหาข้อมูล	4.06
ความถูกต้องในการปรับปรุงแก้ไขข้อมูล	3.88
ความถูกต้องในการลบข้อมูล	4.06
ความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลในโปรแกรม	4.13
ความถูกต้องของการผลลัพธ์ในรูปแบบรายงาน	4.06
ความรวดเร็วในการประมวลผลของระบบ	3.00
ความน่าเชื่อถือได้ของระบบ	4.06
ความครอบคลุมของโปรแกรมที่พัฒนากับระบบงานจริง	3.81
การป้องกันข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น	3.50
ค่าเฉลี่ยรวมในหัวข้อการทำงานได้ตามฟังก์ชัน	3.86

2.2 ความพึงพอใจต่อการใช้งานซอฟต์แวร์

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจ
ความง่ายต่อการใช้งานของระบบ	3.94
ความเหมาะสมในการเลือกใช้ชนิดตัวอักษรบนจอภาพ	3.81
ความเหมาะสมในการเลือกใช้ขนาดของตัวอักษรบนจอภาพ	3.44
ความเหมาะสมในการใช้สีของตัวอักษรและรูปภาพ	3.50
ความเหมาะสมในการใช้ข้อความเพื่ออธิบายสื่อความหมาย	3.94
ความเหมาะสมในการใช้สัญลักษณ์หรือรูปภาพในการสื่อความหมาย	3.94
ความเป็นมาตรฐานเดียวกันในการออกแบบหน้าจอภาพ	3.75
ความเหมาะสมในการปฏิสัมพันธ์โต้ตอบกับผู้ใช้	3.63
ความเหมาะสมในการวางตำแหน่งของส่วนประกอบบนจอภาพ	3.88
คำศัพท์ที่ใช้ผู้ใช้มีความคุ้นเคยและสามารถปฏิบัติตามได้โดยง่าย	4.38
ค่าเฉลี่ยรวมในหัวข้อการใช้งาน	3.82

2.3 ความพึงพอใจต่อการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลในระบบ

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจ
การกำหนดรหัสผู้ใช้ และรหัสผ่านในการตรวจสอบผู้เข้าใช้ระบบ	4.13
การตรวจสอบสิทธิ์ก่อนการใช้งานของผู้ใช้ระบบในระดับต่าง ๆ	4.13
การควบคุมให้ใช้งานตามสิทธิ์ผู้ใช้ได้อย่างถูกต้อง	4.25
การป้องกันการกำหนดรหัสผ่านอย่างง่าย	4.13
การป้องกันการล้นไหลของข้อมูลในระบบ	3.94
ค่าเฉลี่ยรวมในหัวข้อความปลอดภัยของข้อมูล	4.11

ข้อเสนอแนะ

- อยากให้เครื่องเล็กลง สามารถพกพาได้
- เวลาสั่งการกับการประมวลผลค่อนข้างช้า ยังไม่สัมพันธ์กันเท่าไร
- อยากให้เพิ่มคำหรือประโยคต่าง ๆ ได้
- กรอบแสดงสถานะใบหน้าและหน้าจอควรใหญ่กว่านี้ จะได้มองเห็นตัวหนังสือได้สะดวก
- ควรเพิ่มความดังเสียงสัญญาณอีก
- รูปแบบโปรแกรมอ่านยาก ตัวเล็ก ไม่ชัดเจน ยากกับผู้มีปัญหาสายตาและผู้สูงอายุ

ภาคผนวก ค

สรุปผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานเครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์ โดยอาสาสมัครปกติ ครั้งที่ 2

ตอนที่ 1 ความพึงพอใจต่อเครื่องต้นแบบ

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจ
ความสะดวกในการใช้งานเครื่องต้นแบบ (comfort)	3.91
ความเหมาะสมของขนาดเครื่องต้นแบบ (dimension)	3.96
ความเหมาะสมของน้ำหนักเครื่องต้นแบบ (weight)	3.91
ความทนทานต่อการใช้งานเครื่องต้นแบบ (durability)	4.13
ความยาก-ง่ายในการปรับการใช้งานเครื่องต้นแบบ (adjustability)	3.74
ความยาก-ง่ายในการใช้งานเครื่องต้นแบบ (simplicity of use)	3.86
ประสิทธิภาพในการใช้งานเครื่องต้นแบบ (effectiveness)	3.96
ความปลอดภัยในการใช้งานเครื่องต้นแบบ (security)	4.65
ค่าเฉลี่ยรวมในหัวข้อการใช้งานเครื่องต้นแบบ	4.02

ตอนที่ 2 ความพึงพอใจต่อซอฟต์แวร์

2.1 ความพึงพอใจต่อการทำงานได้ตามฟังก์ชันของซอฟต์แวร์

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจ
ความถูกต้องในการจัดเก็บข้อมูลนำเข้า	4.09
ความถูกต้องในการค้นหาข้อมูล	4.05
ความถูกต้องในการปรับปรุงแก้ไขข้อมูล	3.91
ความถูกต้องในการลบข้อมูล	4.00
ความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลในโปรแกรม	4.09
ความถูกต้องของการผลลัพธ์ในรูปแบบรายงาน	4.05
ความรวดเร็วในการประมวลผลของระบบ	3.27
ความน่าเชื่อถือได้ของระบบ	4.09
ความครอบคลุมของโปรแกรมที่พัฒนากับระบบงานจริง	3.86
การป้องกันข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น	3.68
ค่าเฉลี่ยรวมในหัวข้อการทำงานได้ตามฟังก์ชัน	3.91

2.2 ความพึงพอใจต่อการใช้งานซอฟต์แวร์

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจ
ความง่ายต่อการใช้งานของระบบ	4.00
ความเหมาะสมในการเลือกใช้ชนิดตัวอักษรบนจอภาพ	3.78
ความเหมาะสมในการเลือกใช้นาฬิกาของตัวอักษรบนจอภาพ	3.48
ความเหมาะสมในการใช้สีของตัวอักษรและรูปภาพ	3.52
ความเหมาะสมในการใช้ข้อความเพื่ออธิบายสื่อความหมาย	3.87
ความเหมาะสมในการใช้สัญลักษณ์หรือรูปภาพในการสื่อความหมาย	3.96
ความเป็นมาตรฐานเดียวกันในการออกแบบหน้าจอภาพ	3.83
ความเหมาะสมในการปฏิสัมพันธ์โต้ตอบกับผู้ใช้	3.74
ความเหมาะสมในการวางตำแหน่งของส่วนประกอบบนจอภาพ	3.91
คำศัพท์ที่ใช้ผู้ใช้มีความคุ้นเคยและสามารถปฏิบัติตามได้โดยง่าย	4.22
ค่าเฉลี่ยรวมในหัวข้อการใช้งาน	3.83

2.3 ความพึงพอใจต่อการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลในระบบ

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจ
การกำหนดรหัสผู้ใช้ และรหัสผ่านในการตรวจสอบผู้เข้าใช้ระบบ	4.22
การตรวจสอบสิทธิ์ก่อนการใช้งานของผู้ใช้ระบบในระดับต่าง ๆ	4.22
การควบคุมให้ใช้งานตามสิทธิ์ผู้ใช้ได้อย่างถูกต้อง	4.26
การป้องกันการกำหนดรหัสผ่านอย่างง่าย	4.22
การป้องกันการล้นไหลของข้อมูลในระบบ	4.00
ค่าเฉลี่ยรวมในหัวข้อความปลอดภัยของข้อมูล	4.18

ข้อเสนอแนะ

- ตัวหนังสือและสีมีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น
- ควรทำเครื่องให้มีขนาดเล็กและพกพาได้
- ควรมีเสียงพูดช่วยในการอ่านคำหรือประโยคต่าง ๆ สำหรับผู้ที่มีปัญหาทางสายตา อ่านหน้าจอไม่ได้
- ใช้งานง่ายขึ้น

ภาคผนวก ง

สรุปผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานเครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์ โดยผู้ปวย ครั้งที่ 1

ตอนที่ 1 ความพึงพอใจต่อเครื่องต้นแบบ

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจ
ความสะดวกในการใช้งานเครื่องต้นแบบ (comfort)	3.30
ความเหมาะสมของขนาดเครื่องต้นแบบ (dimension)	3.10
ความเหมาะสมของน้ำหนักเครื่องต้นแบบ (weight)	2.70
ความทนทานต่อการใช้งานเครื่องต้นแบบ (durability)	3.20
ความยาก-ง่ายในการปรับการใช้งานเครื่องต้นแบบ (adjustability)	3.00
ความยาก-ง่ายในการใช้งานเครื่องต้นแบบ (simplicity of use)	3.00
ประสิทธิภาพในการใช้งานเครื่องต้นแบบ (effectiveness)	3.10
ความปลอดภัยในการใช้งานเครื่องต้นแบบ (security)	3.80
ค่าเฉลี่ยรวมในหัวข้อการใช้งานเครื่องต้นแบบ	3.15

ตอนที่ 2 ความพึงพอใจต่อซอฟต์แวร์

2.1 ความพึงพอใจต่อการทำงานได้ตามฟังก์ชันของซอฟต์แวร์

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจ
ความถูกต้องในการจัดเก็บข้อมูลนำเข้า	3.00
ความถูกต้องในการค้นหาข้อมูล	2.90
ความถูกต้องในการปรับปรุงแก้ไขข้อมูล	3.20
ความถูกต้องในการลบข้อมูล	3.10
ความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลในโปรแกรม	3.30
ความถูกต้องของการผลลัพธ์ในรูปแบบรายงาน	3.20
ความรวดเร็วในการประมวลผลของระบบ	3.10
ความน่าเชื่อถือได้ของระบบ	3.40
ความครอบคลุมของโปรแกรมที่พัฒนากับระบบงานจริง	2.90
การป้องกันข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น	3.10
ค่าเฉลี่ยรวมในหัวข้อการทำงานได้ตามฟังก์ชัน	3.12

2.2 ความพึงพอใจต่อการใช้งานซอฟต์แวร์

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจ
ความง่ายต่อการใช้งานของระบบ	2.90
ความเหมาะสมในการเลือกใช้ชนิดตัวอักษรบนจอภาพ	3.10
ความเหมาะสมในการเลือกใช้ขนาดของตัวอักษรบนจอภาพ	3.00
ความเหมาะสมในการใช้สีของตัวอักษรและรูปภาพ	3.10
ความเหมาะสมในการใช้ข้อความเพื่ออธิบายสื่อความหมาย	3.60
ความเหมาะสมในการใช้สัญลักษณ์หรือรูปภาพในการสื่อความหมาย	3.30
ความเป็นมาตรฐานเดียวกันในการออกแบบหน้าจอภาพ	3.00
ความเหมาะสมในการปฏิสัมพันธ์โต้ตอบกับผู้ใช้	3.40
ความเหมาะสมในการวางตำแหน่งของส่วนประกอบบนจอภาพ	3.50
คำศัพท์ที่ใช้ผู้ใช้มีความคุ้นเคยและสามารถปฏิบัติตามได้โดยง่าย	3.40
ค่าเฉลี่ยรวมในหัวข้อการใช้งาน	3.23

2.3 ความพึงพอใจต่อการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลในระบบ

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจ
การกำหนดรหัสผู้ใช้ และรหัสผ่านในการตรวจสอบผู้เข้าใช้ระบบ	3.30
การตรวจสอบสิทธิ์ก่อนการใช้งานของผู้ใช้ระบบในระดับต่าง ๆ	3.40
การควบคุมให้ใช้งานตามสิทธิ์ผู้ใช้ได้อย่างถูกต้อง	3.30
การป้องกันการกำหนดรหัสผ่านอย่างง่าย	3.10
การป้องกันการล้นไหลของข้อมูลในระบบ	3.20
ค่าเฉลี่ยรวมในหัวข้อความปลอดภัยของข้อมูล	3.26

ข้อเสนอแนะ

- อยากให้มีขนาดเล็ก
- ทำงานช้า
- ใช้ยาก
- ตัวหนังสือเล็ก อ่านยาก

ภาคผนวก จ

สรุปผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานเครื่องต้นแบบและซอฟต์แวร์ โดยผู้ปวย ครั้งที่ 2

ตอนที่ 1 ความพึงพอใจต่อเครื่องต้นแบบ

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจ
ความสะดวกในการใช้งานเครื่องต้นแบบ (comfort)	4.50
ความเหมาะสมของขนาดเครื่องต้นแบบ (dimension)	3.90
ความเหมาะสมของน้ำหนักเครื่องต้นแบบ (weight)	4.30
ความทนทานต่อการใช้งานเครื่องต้นแบบ (durability)	4.00
ความยาก-ง่ายในการปรับการใช้งานเครื่องต้นแบบ (adjustability)	4.00
ความยาก-ง่ายในการใช้งานเครื่องต้นแบบ (simplicity of use)	4.20
ประสิทธิภาพในการใช้งานเครื่องต้นแบบ (effectiveness)	4.00
ความปลอดภัยในการใช้งานเครื่องต้นแบบ (security)	4.80
ค่าเฉลี่ยรวมในหัวข้อการใช้งานเครื่องต้นแบบ	4.21

ตอนที่ 2 ความพึงพอใจต่อซอฟต์แวร์

2.1 ความพึงพอใจต่อการทำงานได้ตามฟังก์ชันของซอฟต์แวร์

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจ
ความถูกต้องในการจัดเก็บข้อมูลนำเข้า	4.10
ความถูกต้องในการค้นหาข้อมูล	4.20
ความถูกต้องในการปรับปรุงแก้ไขข้อมูล	4.00
ความถูกต้องในการลบข้อมูล	3.90
ความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลในโปรแกรม	4.00
ความถูกต้องของการผลลัพธ์ในรูปแบบรายงาน	4.10
ความรวดเร็วในการประมวลผลของระบบ	4.50
ความน่าเชื่อถือได้ของระบบ	4.20
ความครอบคลุมของโปรแกรมที่พัฒนากับระบบงานจริง	4.20
การป้องกันข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น	4.20
ค่าเฉลี่ยรวมในหัวข้อการทำงานได้ตามฟังก์ชัน	4.14

2.2 ความพึงพอใจต่อการใช้งานซอฟต์แวร์

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจ
ความง่ายต่อการใช้งานของระบบ	4.00
ความเหมาะสมในการเลือกใช้ชนิดตัวอักษรบนจอภาพ	4.00
ความเหมาะสมในการเลือกใช้ขนาดของตัวอักษรบนจอภาพ	3.50
ความเหมาะสมในการใช้สีของตัวอักษรและรูปภาพ	4.20
ความเหมาะสมในการใช้ข้อความเพื่ออธิบายสื่อความหมาย	4.20
ความเหมาะสมในการใช้สัญลักษณ์หรือรูปภาพในการสื่อความหมาย	4.00
ความเป็นมาตรฐานเดียวกันในการออกแบบหน้าจอภาพ	4.20
ความเหมาะสมในการปฏิสัมพันธ์โต้ตอบกับผู้ใช้	4.30
ความเหมาะสมในการวางตำแหน่งของส่วนประกอบบนจอภาพ	4.30
คำศัพท์ที่ใช้ผู้ใช้มีความคุ้นเคยและสามารถปฏิบัติตามได้โดยง่าย	4.20
ค่าเฉลี่ยรวมในหัวข้อการใช้งาน	4.09

2.3 ความพึงพอใจต่อการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลในระบบ

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจ
การกำหนดรหัสผู้ใช้ และรหัสผ่านในการตรวจสอบผู้เข้าใช้ระบบ	4.50
การตรวจสอบสิทธิ์ก่อนการใช้งานของผู้ใช้ระบบในระดับต่าง ๆ	4.30
การควบคุมให้ใช้งานตามสิทธิ์ผู้ใช้ได้อย่างถูกต้อง	4.20
การป้องกันการกำหนดรหัสผ่านอย่างง่าย	4.20
การป้องกันการล้นไหลของข้อมูลในระบบ	4.20
ค่าเฉลี่ยรวมในหัวข้อความปลอดภัยของข้อมูล	4.28

ข้อเสนอแนะ

- ควรมีขนาดเล็กและเบา
- ใช้งานได้เร็วขึ้น