



ประเมินการวัดความแม่นยำเครื่องตรวจสอบธนบัตรแปลงเสียงได้สำหรับโรงเรียนสอนคนตาบอดภาคเหนือในพระราชินูปถัมภ์ จังหวัดเชียงใหม่

Precision Assessment on a Voice-Able Device of Checking Cash for the Northern Region School for the Visually Impaired under the Royal Patronage of Her Majesty the Queen in Chiang Mai Province

ยุพดี หัตถสิน* วัชรินทร์ ปรีดี และ สามารถ อินซ็อน

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

128 ถนนห้วยแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

Upady Hatthasin*, Watcharin Preedee and Samart Inson

Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lana

128 Huay Kaew Road, Muang, Chiang Mai, Thailand, 50300

*ผู้นิพนธ์ประสานงาน: UHT@rmutl.ac.th เบอร์โทรศัพท์ 0-5392-1444 ต่อ 2132

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอประเมินการวัดความแม่นยำและสร้างเครื่องตรวจสอบธนบัตรแปลงเสียงได้สำหรับผู้บกพร่องทางการเห็น เพื่อช่วยให้เกิดความมั่นใจมากขึ้นในการแยกชนิดธนบัตร ซึ่งมักเป็นปัญหาเสมอเมื่อใช้มือสัมผัสแยกแยะว่าธนบัตรนี้มีราคาเท่าใด งานวิจัยได้ใช้เซนเซอร์อินฟราเรดเป็นตัวตรวจวัดชนิดของธนบัตร แล้วรับอินพุตมาประมวลผลผ่านการควบคุมจากไมโครคอนโทรลเลอร์ แล้วแปลงเสียงแจ้งให้ผู้ใช้งานได้รู้ชนิดของธนบัตร งานวิจัยนี้ได้ทดสอบกับคน 2 กลุ่มจากผู้ที่มีสายตาปกติ 34 คน และนักเรียนผู้บกพร่องทางการเห็น 11 คน ผลประเมินสรุปคะแนนตามหัวข้อหลักด้านความแม่นยำ อีกทั้งได้ประเมินความพึงพอใจในมิติของการออกแบบ ด้านเสียง ด้านความสะดวกในการใช้งาน และด้านราคา ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดีถึงดีมาก

คำสำคัญ การสัมผัส เครื่องตรวจสอบธนบัตร ผู้บกพร่องทางการมองเห็น โรงเรียนสอนคนตาบอด

Abstract

This research assesses of the accuracy and the accuracy of the voice-able device for checking cash for the visually impaired. It helps improve the confidence in the task of cash distinction. Visually impaired people often use the sense of touch to determine how much a cash is worth. The proposed device used infrared sensors to assist in this process. Once the input infrared is processed by the microcontroller. The device speak out loud to the user the type of banknotes or cash. An experiment was conducted with two groups consisting of 34 normal vision and 11 visually impaired students. The results are summarized in five aspects which are accuracy, they also evaluated the satisfaction of the design, sound precision, convenience and price. The results show that this device is effective and satisfactory.

Keywords: touching, cash-checking device, the visually impaired, the blind school.

1. บทนำ

จากอดีตถึงปัจจุบันไม่ว่าจะเดินทางไปทุกแห่งหนหรือจะอยู่ที่ใดก็ตาม ทุกสิ่งทุกอย่างล้วนแล้วแต่ต้องมีเงินเข้ามาเกี่ยวข้อง ไม่ว่าจะเป็นเหรียญหรือธนบัตร อาจกล่าวได้ว่าเงินคือปัจจัยอันดับแรกๆ ที่ทุกคนต้องมีและพกติดตัวอยู่ตลอดเวลา แต่จะมีเพียงบุคคลหรือกลุ่มคนผู้พิการทางสายตาที่ไม่สามารถรับรู้ได้เลยว่าเงินหน้าตาเป็นอย่างไร ดังนั้นจึงต้องมีตัวช่วยในการรับรู้ว่าเป็นเงิน ซึ่งตัวช่วยดังกล่าวจะใช้เพื่อตรวจสอบธนบัตรอย่างเดียว เพราะเงินเหรียญนั้นก็ยังสามารถที่จะพอยกแยะออกได้ จากการคลำสัมผัสขนาดที่ไม่เท่ากัน ในขณะที่ธนบัตรนั้นสามารถแยกแยะออกได้ยากมาก และค่าเงินของธนบัตรก็จะมีราคาที่ไม่เท่ากัน ซึ่งธนบัตรไทย[1] มีราคาอยู่ที่ 20 บาท 50 บาท 100 บาท 500 บาท และ 1000 บาท การตรวจสอบธนบัตรของผู้พิการทางสายตาจะใช้หลักการสัมผัสด้วยมือเพื่อรับรู้ว่าเป็นธนบัตรที่มีราคาเท่าไร แต่ก็มีส่วนน้อยที่จะตอบได้ถูกต้อง และมีอีกหนึ่งวิธีที่ตรวจสอบมูลค่าธนบัตรได้ด้วยควมยาวเนื่องจากแต่ละธนบัตรจะมีขนาดความยาวที่ไม่เท่ากัน ในขณะที่มีความกว้างเท่ากัน จึงทำให้ผู้พิการทางสายตาสามารถรับรู้ได้ยากกว่าธนบัตรที่เป็นธนบัตรที่มีราคาเท่าไร

ดังนั้นจึงทำให้ทีมผู้วิจัยเกิดมีแนวความคิดเพื่อออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบธนบัตรสำหรับผู้พิการทางสายตาเพื่อให้นักเรียนผู้พิการทางสายตา ณ โรงเรียนสอนคนตาบอดภาคเหนือในพระราชานุอุปถัมภ์ จังหวัดเชียงใหม่ [2] สามารถเรียนรู้เรื่องธนบัตร มีความสะดวก สามารถดำรงชีวิตประจำวันได้เช่นบุคคลอื่น และสามารถพกพาเครื่องตรวจสอบธนบัตรไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

2. ทฤษฎีและวิธีการดำเนินการวิจัย

มีหลากหลายงานวิจัย[3-6] ที่พยายามพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพื่อสนับสนุนให้ผู้พิการทางสายตาสามารถพึ่งพาตนเองได้ โดยเฉพาะกระปุกออมสิน ATM ไฮเทค[7] ที่ได้ทำการสร้างระบบมองกลขึ้นมาโดยใช้เซนเซอร์อินฟราเรดแบบสองทางจำนวน 5 ตัว เป็นตัวตรวจสอบชนิดของธนบัตร มีการใช้หลักการวัดความยาวของธนบัตร แล้วใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการประมวลผล แล้วนำข้อมูลที่ได้ไปเทียบกับค่าอ้างอิง แล้วจึงระบุว่าเป็นธนบัตรชนิดไหนต่อไป

แต่ไม่ได้ออกแบบเพื่อให้มีจุดประสงค์สำหรับผู้พิการทางสายตาได้ใช้งาน

ขนาดธนบัตรถูกแบ่งออกตามมาตรฐานของธนาคารแห่งประเทศไทย[1] ที่กำหนดให้มีความกว้างเท่ากัน และแตกต่างกันเฉพาะความยาวเท่านั้น นั่นคือ

- ธนบัตรชนิดราคา 20 บาท มีขนาด กว้าง x ยาว คือ 7.20 x 13.80 เซนติเมตร มีตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 1
- ธนบัตรชนิดราคา 50 บาท มีขนาด กว้าง x ยาว คือ 7.20 x 14.40 เซนติเมตร มีตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 2
- ธนบัตรชนิดราคา 100 บาท มีขนาด กว้าง x ยาว คือ 7.20 x 14.40 เซนติเมตร มีตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 3
- ธนบัตรชนิดราคา 500 บาท มีขนาด กว้าง x ยาว คือ 7.20 x 15.60 เซนติเมตร มีตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 4
- ธนบัตรชนิดราคา 1,000 บาท มีขนาด กว้าง x ยาว คือ 7.20 x 15.60 เซนติเมตร มีตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 5



ก) ด้านหน้า

ข) ด้านหลัง

รูปที่ 1 ธนบัตรชนิดราคา 20 บาท [1]



ก) ด้านหน้า

ข) ด้านหลัง

รูปที่ 2 ธนบัตรชนิดราคา 50 บาท [1]

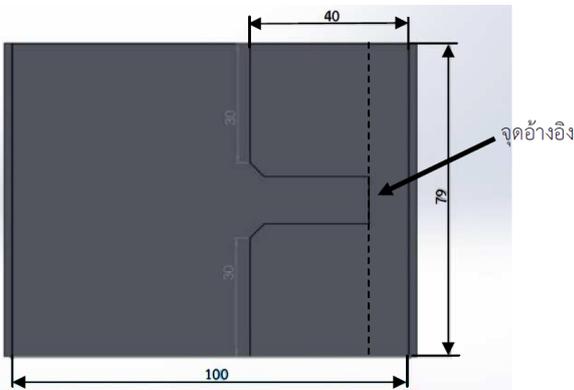


ก) ด้านหน้า

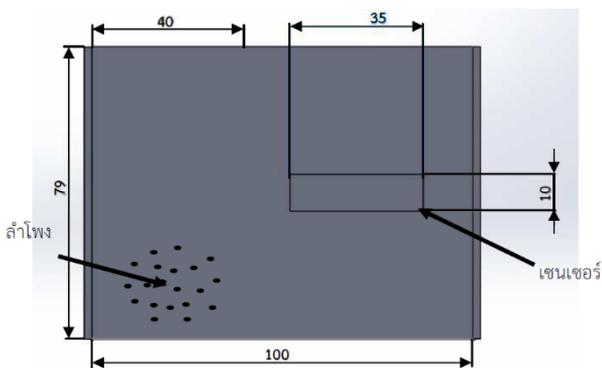
ข) ด้านหลัง

รูปที่ 3 ธนบัตรชนิดราคา 100 บาท [1]

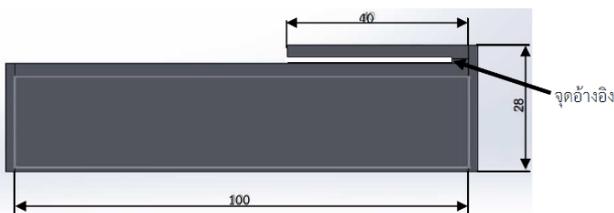
Arduino เบอร์ 328 บนบอร์ด Arduino จะมาหาไฟบวก 5v นำไปต่อเข้ากับตัวแปลงแรงดันไฟฟ้า จาก 5vdc เป็น 3.3vdc เพื่อใช้เป็นแหล่งจ่ายให้กับโมดูลเสียง Sparkfun Audio



รูปที่ 9 แบบร่างด้านหน้า (หน่วยเป็น mm.)



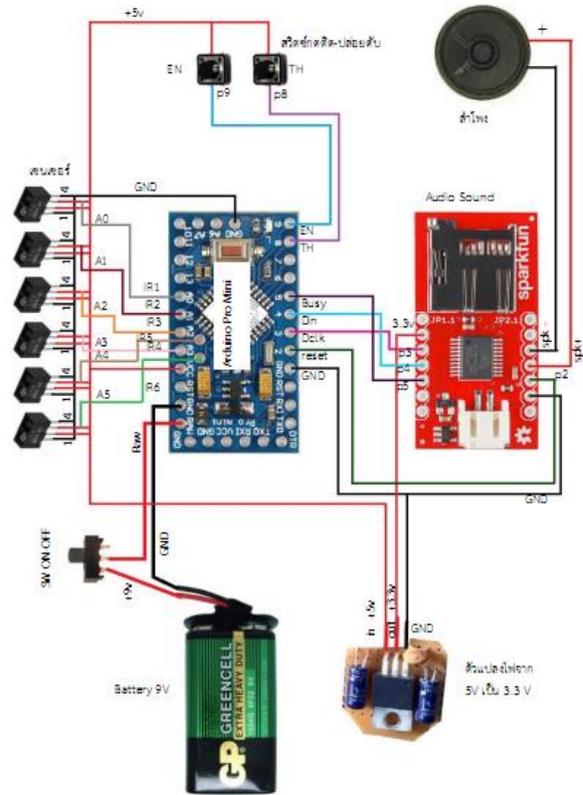
รูปที่ 10 แบบร่างด้านหลัง (หน่วยเป็น mm.)



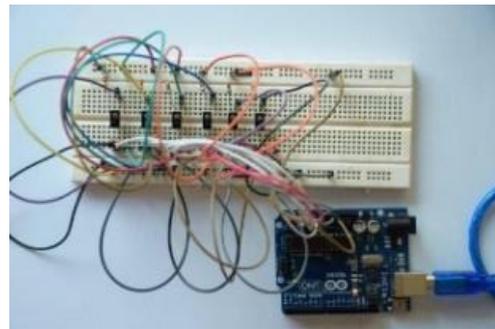
รูปที่ 11 แบบร่างด้านกลาง (หน่วยเป็น mm.)

จากนั้นเมื่อ Arduino จะรอรับค่าจากเซนเซอร์ โดยเซนเซอร์ตัวที่ 1(IR1) คือ 20บาท ตัวที่ 2(IR2) คือ 50 บาท ตัวที่ 3(IR3) คือ 100 บาท ตัวที่ 4(IR4) คือ 500 บาท ตัวที่ 5(IR5) คือ 1000 บาท ตัวที่ 6(IR6) คือ เกิดข้อผิดพลาด ต่อมาทำการกดสวิทซ์ภาษา(TH/EN) ซึ่งเป็นสวิทซ์แบบกดติดปล่อยดับ ต่ออยู่กับขา8 และขา9 เพื่อให้ Arduino สั่งงานให้ภาคเสียง

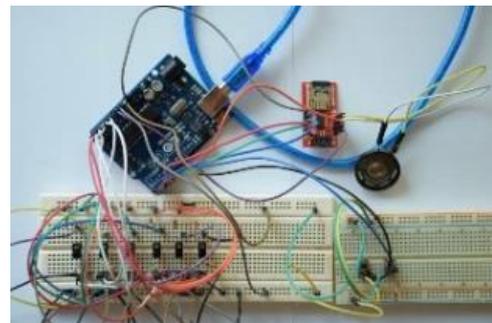
(Audio Sound) ส่งเสียงออกทางลำโพง ให้ผู้ใช้ทราบชนิดของธนบัตร



รูปที่ 12 การเชื่อมต่อวงจรจากอุปกรณ์พื้นฐานของเครื่องตรวจสอบธนบัตรแปลงเสียงได้



ก) ต่อเซนเซอร์เข้ากับบอร์ดเสียง



ข) ตรวจสอบระบบของคร่อม

รูปที่ 13 เชื่อมต่ออุปกรณ์เพื่อทดสอบการทำงานของระบบ



จากนั้นเริ่มต่อวงจรเพื่อทดสอบการทำงานของแต่ละอุปกรณ์ตั้งแต่ภาคอินพุต ภาคประมวลผล ไปจนถึงภาคแสดงผลทางเสียง ให้สามารถทำงานเข้าด้วยกันดังแสดงในรูปที่ 13.ทั้ง ก) และ ข) ส่วนการต่อทดลองวงจรจริง และการเชื่อมต่ออุปกรณ์พร้อมประกอบกล่องโมเดลอะคริลิกที่มีการตัดแผ่นและเจาะรู ไปจนถึงบรรจุอุปกรณ์ลงได้ครบทุกๆ อุปกรณ์โดยแสดงได้ดังในรูปที่ 14 ก) จนถึง ค) ซึ่งเป็นการต่อประกอบชิ้นงานได้เสร็จสมบูรณ์สามารถแสดงได้ในรูปที่ 15 เป็นภาพองค์รวมของชิ้นงานที่เสร็จสมบูรณ์พร้อมใช้งานได้ที่

บาทเป็นจุดอ้างอิงมิติขององค์รวมทั้งหมด เพื่อให้มีความพร้อมใช้ในการทดลอง



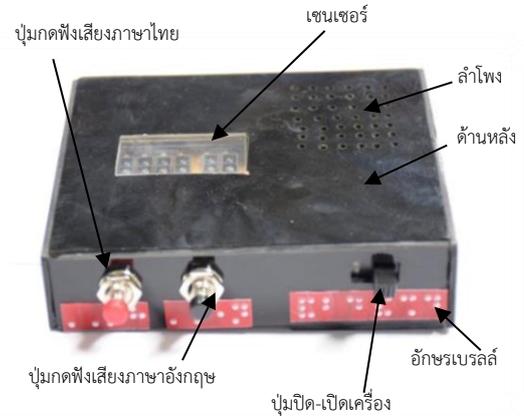
ก) ตัดแผ่นอะคริลิก



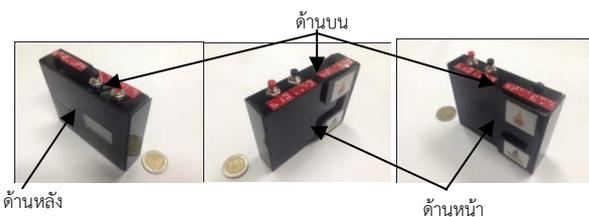
ข) เจาะรูบนแผ่นอะคริลิก



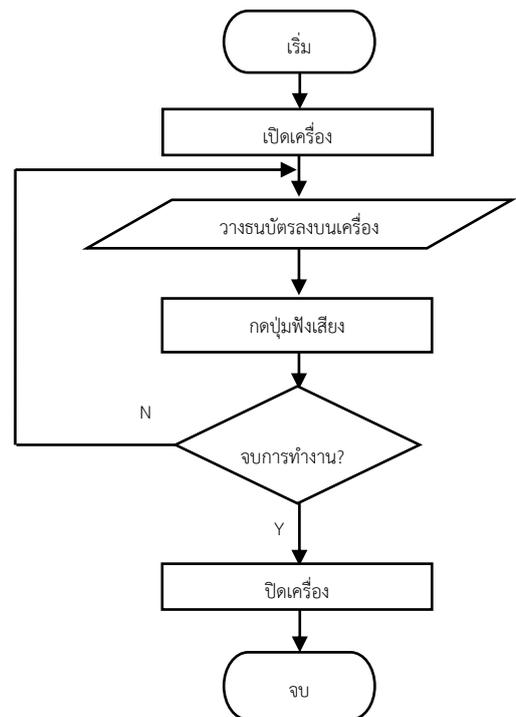
ค) จัดวางอุปกรณ์ที่ได้ทำการต่อแล้วลงกล่องโมเดลอะคริลิก
รูปที่ 14 การต่อทดลองและประกอบกล่อง



รูปที่ 15 ประกอบเครื่องตรวจสอบธนบัตรแปลงเสียงได้ที่เป็นด้านบนในมุมมอง 45 องศา



รูปที่ 16 ลักษณะในมุมมองต่างๆของเครื่องตรวจสอบธนบัตรแปลงเสียงได้ โดยใช้เหรียญ 10 บาทเป็นจุดอ้างอิง

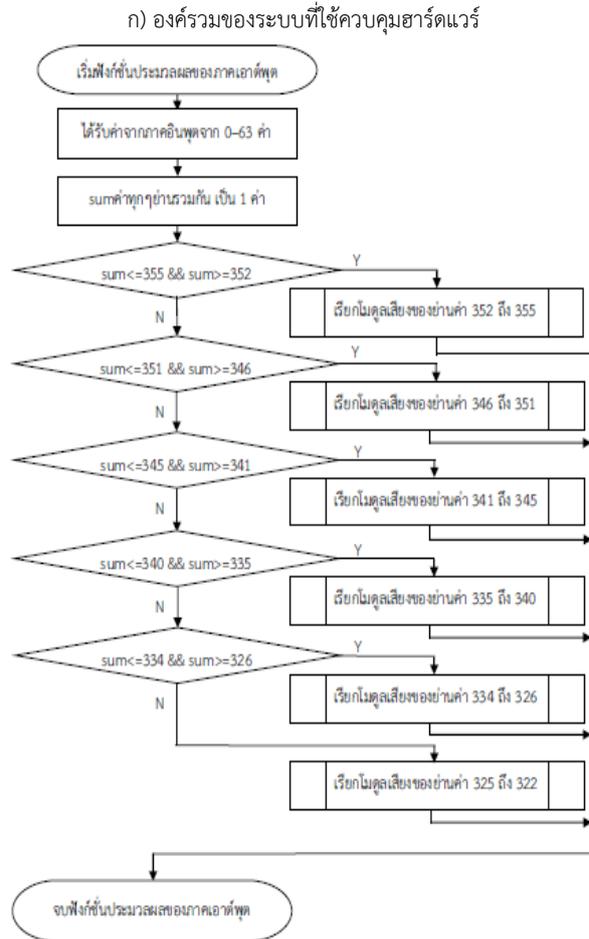
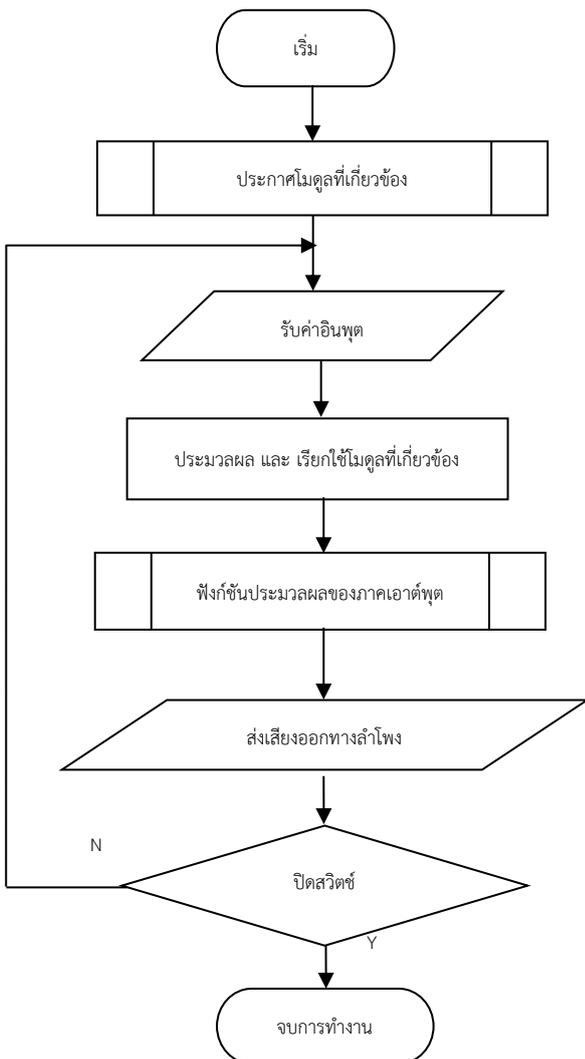


รูปที่ 17 ลักษณะของผังงานสำหรับผู้ใช้

ในขณะที่รูปที่ 16 แสดงให้เห็นในมุมมองหลายมุมของเครื่องตรวจสอบธนบัตรแปลงเสียงได้ โดยมีการใช้เหรียญ 10

2.3. การออกแบบส่วนประกอบทางด้านซอฟต์แวร์

การออกแบบซอฟต์แวร์สามารถแสดงผังงานได้ดังในรูปที่ 17 สำหรับผู้ใช้งาน (User) ส่วนรูปที่ 18 เป็นผังงานของระบบที่เขียนโปรแกรมด้วยภาษาซี ซึ่งการแสดงให้เห็นถึงส่วนที่เป็นองค์รวมของระบบที่ใช้ควบคุมฮาร์ดแวร์ดังในรูปที่ 18 ก) โดยการทำงานของระบบ เริ่มต้นจากการประกาศตัวแปรที่ใช้ในโปรแกรม รวมถึงการเรียกใช้ไลบรารีที่จำเป็น ต่อมาทำการรับค่าจากเซนเซอร์อินฟราเรด แล้วนำค่าที่ได้รับมาประมวลผลเปรียบเทียบค่าในโปรแกรมว่าตรงกับเงื่อนไขใด เพื่อตรวจสอบว่าเป็นธนบัตรชนิดอะไร เมื่อผู้ใช้ทำการกดปุ่มเสียง (TH/EN) จะเป็นการเรียกใช้โมดูลเสียงให้ทำการเรียกไฟล์เสียง อ้างอิงชื่อไฟล์เสียงจากค่าที่ได้ และการแปลงเสียงออกทางลำโพงให้ผู้ใช้งานได้ทราบชนิดของธนบัตรนั้น



ก) ฟังก์ชันประมวลผลของภาคเอาต์พุต
รูปที่ 18 ผังงานของระบบที่เขียนโปรแกรมด้วยภาษาซี

ส่วนรูปที่ 18 ข) เป็นฟังก์ชันประมวลผลของภาคเอาต์พุตที่เปรียบเทียบค่าที่ได้รับมาจากการถอดรหัสความยาวของธนบัตรที่สัมพันธ์กับสัญญาณอินพุตจากเซนเซอร์อินฟราเรด โดยมีการเรียกใช้โมดูลเสียงตามย่านส่วนกลับของความยาวธนบัตร 20 บาทคือย่าน 352-355 จนถึงธนบัตร 1,000บาทคือย่าน 326-334 ตามลำดับ ส่วนย่าน 322-325 คือการแจ้งความผิดพลาดจากการวัด

3. ผลการวิจัยและอภิปราย

ก่อนการทดสอบต้องสาธิตวิธีใช้งานของเครื่องตรวจสอบธนบัตรแปลงเสียงได้ โดยแสดงได้ในรูปที่ 19 ก) จนถึงรูปที่ 19 ง) อีกทั้งมีการออกแบบใบประเมินเพื่อตรวจสอบความแม่นยำของระบบ สำหรับให้กลุ่มผู้มีส่วนเกี่ยวข้องจำนวน 34 คนทำการทดสอบใช้งานจริง โดยแสดงลักษณะการทดสอบดัง



ในรูปที่ 20 ถึงรูปที่ 24 สำหรับธนบัตร 20 บาท จนถึงธนบัตร 1,000 บาทไปตามลำดับ



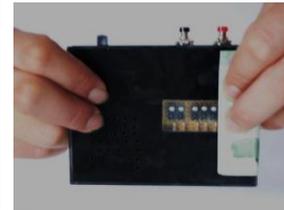
ก) ตำแหน่งเลื่อนสวิตช์ปิด-เปิด



ข) สอดปลายธนบัตรให้ตรงช่อง



ค) ไล่ให้ระนาบไปกับขอบเครื่อง

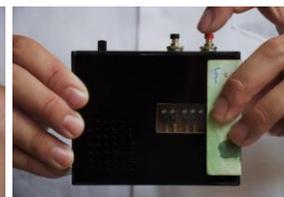


ง) ไล่ต่อจนปลายไปปิดเซนเซอร์

รูปที่ 19 สาธิตการวางธนบัตรตำแหน่งคลำด้านหน้า-หลัง



ก) ด้านหน้า

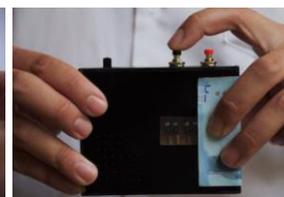


ข) ด้านหลัง

รูปที่ 20 การทดสอบกับธนบัตร 20 บาท



ก) ด้านหน้า



ข) ด้านหลัง

รูปที่ 21 การทดสอบกับธนบัตร 50 บาท



ก) ด้านหน้า



ข) ด้านหลัง

รูปที่ 22 การทดสอบกับธนบัตร 100 บาท

ในการทดสอบความแม่นยำ จะต้องใส่ผ้าปิดตาให้ผู้ทดสอบก่อนปฏิบัติการทดสอบในรอบแรก ส่วนรอบที่สองจึงอนุญาตให้ไม่ใส่ผ้าตาเพื่อปฏิบัติการทดสอบ โดยแต่ละคนจะ

ทดสอบด้วยธนบัตรทั้ง 5 ชนิดๆ ละ 3 ครั้ง ทั้งกรณีปิดตาและไม่ปิดตา ผลการทดสอบแสดงเป็นแผนภูมิแท่งดังรูปที่ 25 ซึ่งเป็นผลลัพธ์การประเมินความแม่นยำในการบอกชนิดธนบัตรจากผู้มีสายตาศกติ โดยธนบัตร 20 บาทจะได้ผลประเมินต่ำสุด เนื่องจากสีเขียวของธนบัตรมีผลกระทบต่อเนื่องมาจากค่าความเข้มแสงที่อ่านได้จากเซ็นเซอร์ ในขณะที่ธนบัตร 50 บาทจะได้ผลประเมินสูงสุด เนื่องจากตัวแปรของสีฟ้า-น้ำเงินของธนบัตรมีผลกระทบต่อเนื่องมาจากค่าความเข้มแสงที่อ่านได้จากเซ็นเซอร์และการกีดกันแนบบริเวณปลายธนบัตรแนบช่องเซนเซอร์ ทั้งนี้ ผลเปรียบเทียบการประเมินทำให้ได้ทราบว่า ผลการประเมินดังกล่าวเมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยทางสถิติทั้งกรณีใส่ผ้าปิดตาและไม่ใส่ผ้าปิดตา แล้วทำหน่วยให้อยู่ในเปอร์เซ็นต์ จะได้เกณฑ์คะแนนอยู่ระหว่างดีจนถึงดีมากสำหรับธนบัตรไทยทุกชนิด



ก) ด้านหน้า



ข) ด้านหลัง

รูปที่ 23 การทดสอบกับธนบัตร 500 บาท

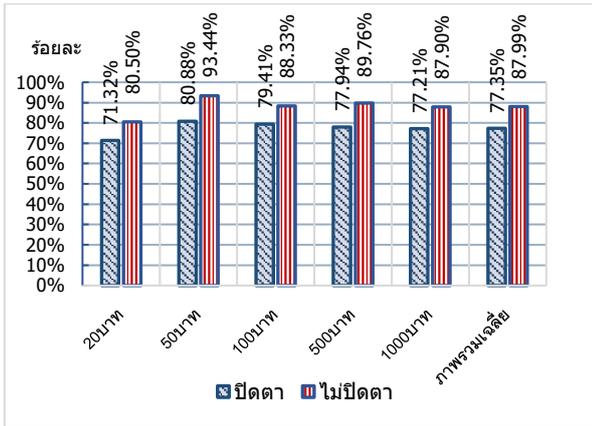


ก) ด้านหน้า



ข) ด้านหลัง

รูปที่ 24 การทดสอบกับธนบัตร 1,000 บาท



รูปที่ 25 ผลประเมินความแม่นยำในการบอกชนิดธนบัตรจากผู้มีสายตาศอกติทั้งกรณีปิดตาและไม่ปิดตา

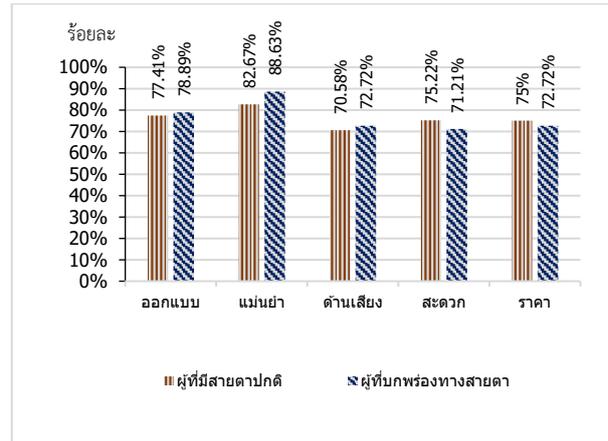
จากนั้นจึงออกแบบใบประเมินในประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องตรวจสอบธนบัตร เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มบุคคล 2 กลุ่มๆแรกเป็นจำผู้ที่มีสายตาศอกติจำนวน 34 คนคละกันทั้งหญิง-ชาย ซึ่งเป็นนักศึกษาอาสามัครระดับปริญญาตรี จากหลักสูตรวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มีการใช้สถานที่ทดสอบอยู่ที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ โดยบรรยากาศการประเมินแสดงได้ดังในรูปที่ 26



ก) ขณะใส่ผ้าปิดตา ข) ไม่ใส่ผ้าปิดตา
รูปที่ 26 บรรยากาศการทดสอบจากผู้ที่มีสายตาศอกติ



รูปที่ 27 บรรยากาศการทดสอบจากพิการทางสายตาศอกติ



รูปที่ 28 ผลประเมินภาพองค์รวมของผู้ทดสอบทั้งสองกลุ่ม

ส่วนกลุ่มที่สองเป็นนักเรียนผู้บกพร่องทางการมองเห็น 11 คนระดับ ป.4 จนถึง ม.5 คละกันทั้งหญิง-ชาย มีการใช้สถานที่ทดสอบอยู่ที่ โรงเรียนสอนคนตาบอดภาคเหนือในพระบรมราชินูปถัมภ์ จังหวัดเชียงใหม่ โดยบรรยากาศการประเมินแสดงได้ดังในรูปที่ 27 โดยหัวข้อประเมินประกอบไปด้วย 1) การออกแบบ 2) ความแม่นยำ 3) ความสามารถทางด้านเสียง 4) ความสะตวงในการใช้งาน และ 5) ราคา ตามลำดับ

ซึ่งเมื่อนำผลการประเมินของผู้ที่มีสายตาศอกติจำนวน 34 คนมารวมกันในแต่ละหัวข้อของกรณีใส่ผ้าปิดตาและไม่สวมใส่ผ้าปิดตา จากนั้นนำผลที่ได้หาค่าเฉลี่ยทางสถิติมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์แล้วพล็อตเป็นกราฟ ดังแสดงในรูปที่ 28 ซึ่งเป็นผลลัพธ์การประเมินภาพองค์รวมของงานวิจัย โดยมีการนำผลเปรียบเทียบการประเมินดังกล่าวมาอภิปรายถึงผลการเปรียบเทียบระหว่างผู้ที่มีสายตาศอกติกับผู้บกพร่องทางสายตาศอกติให้เห็นถึงความแตกต่างกันในมุมมองและประสบการณ์ของกลุ่มคนทั้ง 2 กลุ่ม จนทำให้ได้ข้อสรุปดังนี้

การออกแบบ ผู้ที่มีสายตาศอกติกับผู้บกพร่องทางสายตาศอกติได้ให้ผลการประเมินใกล้เคียงกัน หมายความว่ามีความเห็นใกล้เคียงกัน

ความแม่นยำ ผู้บกพร่องทางสายตาศอกติให้ผลประเมินมากกว่าผู้ที่มีสายตาศอกติ 3-9 % หมายความว่าผู้บกพร่องทางสายตาศอกติคิดว่าเครื่องตรวจสอบธนบัตรมีความแม่นยำ ซึ่งต่างจากผู้ที่มีสายตาศอกติจะมีความคิดแบบ

ความสามารถด้านเสียง ผู้บกพร่องทางสายตาศอกติได้ให้ผลการประเมินมากกว่าผู้ที่มีสายตาศอกติ 2-3% หมายความว่าผู้บกพร่องทางสายตาศอกติ มีความพึงพอใจมากกว่า



ความสะดวก ผู้มีสายตาปกติ ได้ให้ผลการประเมินมากกว่าผู้บกพร่องทางสายตา 4-5% หมายความว่าผู้มีสายตาปกติ ไม่ต้องระวังในการใช้งาน

ราคา ผู้มีสายตาปกติ ได้ให้ผลการประเมินมากกว่าผู้บกพร่องทางสายตา 3-4% หมายความว่าผู้สายตาปกติ เห็นว่าราคาสมเหตุสมผล

ทั้งนี้เครื่องตรวจสอบธนบัตรแปลงเสียงได้ดังกล่าว สามารถบอกชนิดของธนบัตรได้ทั้งหมด 5 ชนิด ได้แก่ 20 บาท 50 บาท 100 บาท 500 บาท และ 1,000 บาท ตามลำดับ

4. บทสรุป

งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นโดยมีจุดประสงค์ให้เป็นสื่อการเรียนรู้ทางเสียงและช่วยให้นักเรียนผู้บกพร่องทางการมองเห็นสามารถเรียนรู้แยกแยะเกี่ยวกับขนาดของธนบัตร ช่วยให้สามารถรับรู้ชนิดของธนบัตรได้ด้วยตัวเอง ซึ่งเครื่องตรวจสอบธนบัตรแปลงเสียงได้ สามารถแปลงเสียงแจ้งชนิดของธนบัตรไทยที่มีใช้งานอยู่จริง โดยมีการคำนึงถึงประโยชน์ที่ผู้ใช้งานจะได้รับ จึงออกแบบตัวเครื่องให้มีขนาดพอเหมาะสะดวกในการพกพา มีราคาที่ถูก การทดสอบด้านความแม่นยำของเครื่องตรวจสอบธนบัตรกับผู้มีสายตาปกติและผู้บกพร่องทางการมองเห็น มีผลปรากฏว่าประสิทธิภาพของงานวิจัยนี้อยู่ในระดับที่ดีถึงดีมาก

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์ศิริพร วงศ์จุฬิโรจน์และคณาจารย์ทุกท่านจากโรงเรียนสอนคนตาบอดภาคเหนือในพระบรมราชินูปถัมภ์ จังหวัดเชียงใหม่ ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ขอขอบคุณทุนวิจัยในโครงการ HRS2015 ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Thai notes on the current. Bank of Thailand. Available from: <https://www.bot.or.th/Thai>

/Banknotes/HistoryAndSeriesOfBanknotes/Page s/Current_Series_of_Banknotes.aspx [Accessed 15th January 2017].Thai.

[2] Northern Region School for the Blind under the Royal Patronage of Her Majesty the Queen, Chiang Mai. Available from: <http://www.cmblind.ac.th/th> [Accessed 15th January 2017]. Thai.

[3] Thawachai Tajai, Atthapol Na Takuawthoong, and Upady Hatthasin, "Development of the Pinpoint Material on Barcode Symbols with a Barcode Readable System for Northern School for the Blind under the Patronage of the Queen, Chiang Mai", RMUTL Eng. J, 2016;1(2):14-21. Thai.

[4] Upady Hatthasin, Siripong Matame, and Sarawit Timim, "Voice Enabled Weight and Time Apparatuses on Practice for the Northern School for the Blind under the Patronage of the Queen", NCCIT-2014 conference, 8-9 May 2014, Angsana laguna, Phuket, Thailand, page 264-269.Thai.

[5] Upady Hatthasin, Nuttapon Chumsang, and Supachai Yungkeaw, "Barriers warning glasses for the blind", EENET-2014 conference, 26-27 March 2014, Maritime and spa hotel, Krabi, Thailand, 4 pages. Thai.

[6] Upady Hatthasin, Nattawat Payarach, and Chanarong Tamasena, "Development of a SoundSystem and Detection Safety Tests in the Obstacle-Warning Glasses for the Visually Impaired." NCCIT-2015 conference, 2-3 July 2015, Anoma hotel, Bangkok, Thailand, page 553-558.Thai.

[7] High-tech piggy bank, ATM. MeePrompt. Available from: <http://www.meeprompt.com/index.php?page=item&id=16177> [Accessed 15th June 2015]. Thai.

[8] The obstacle detection sensor with infrared light. Embedded Space. Available from: <http://cpre.kmutnb.ac.th/esl/learning/index.php?article=ir-proximity-sensor-2y0a02> [Accessed 15th January 2017]. Thai.

[9] Sonthaya Nongnuch. Optical Sensor. Available from: <http://www.elec-za.com/เซ็นเซอร์แสง-optical-sensor/> [Accessed 1st February 2017]. Thai.

