

เครื่องต้นแบบตรวจสอบบัตรยืนยันตัวตนด้วยระบบประมวลผลภาพ
ประทีป ศรีวิภาค¹, เปมิตา สิงห์โส¹, ภาวัต พนมมะ¹ และ รวี อุตตมธนิทร์²

¹นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

²อาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้กล่าวถึงเครื่องต้นแบบตรวจสอบบัตรยืนยันตัวตนด้วยระบบประมวลผลภาพ ซึ่งการยืนยันตัวตนด้วยระบบประมวลผลภาพนั้นยังมีอยู่ไม่มากนัก แต่เป็นระบบที่มีประโยชน์ในปัจจุบันบัตรที่ใช้ในการยืนยันตัวตนมักใช้เป็นบัตรแถบแม่เหล็ก หรือชิปข้อมูล และในแต่ละระบบจะมีการใช้บัตรที่จำเพาะ ทำให้แต่ละคนมีบัตรไว้ใช้งานเป็นจำนวนมาก ซึ่งหากชิปหรือแถบแม่เหล็กมีปัญหา หรือบัตรนั้นหายไป จะทำให้ไม่สามารถยืนยันตัวตนได้ จึงได้ออกแบบระบบที่สามารถใช้บัตรยืนยันตัวตนอื่น ๆ ที่มีข้อมูลของผู้ถือบัตรอยู่แล้วมาใช้ในการยืนยันตัวตน ทำให้สามารถแก้ปัญหาหากแถบแม่เหล็กหรือชิปข้อมูลมีปัญหา และแก้ปัญหาการมีบัตรหลายใบได้ด้วย อัลกอริทึมของเครื่องต้นแบบตรวจสอบบัตรยืนยันตัวตนมีการเรียนรู้ของเครื่องในการอ่านประเภทบัตรเพื่อใช้และทำการกำหนดตำแหน่งของข้อความที่ต้องการ และใช้การเรียนรู้เชิงลึกในการอ่านตัวอักษร โดยสามารถรองรับบัตรยืนยันตัวตนได้ทั้งหมด 5 ประเภท ในการทดสอบการยืนยันตัวตนจะทำการแยกประเภทบัตร เมื่อรู้ประเภทของบัตรยืนยันตัวตน จะทำการกำหนดตำแหน่งของข้อความที่ต้องการจากบัตรยืนยันตัวตน และทำการอ่านข้อมูลจากบัตรเพื่อทำการยืนยันตัวตนการทดสอบยืนยันตัวตน ในที่นี้จะดูจากเลขรหัสประจำตัวเป็นหลัก เนื่องจากอัลกอริทึมการอ่านตัวหนังสือจะสามารถอ่านข้อความตัวเลขของบัตรประจำตัวได้แม่นยำกว่าการอ่านตัวอักษรภาษาไทยภายในบัตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความชัดเจนของบัตรยืนยันตัวตน จากการทดสอบพบว่าเครื่องต้นแบบตรวจสอบบัตรยืนยันตัวตนด้วยระบบประมวลผลภาพสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยสามารถจำแนกประเภทของบัตรได้ถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์ สามารถอ่านข้อมูลตัวเลขและตัวอักษรได้ถูกต้องโดยเฉลี่ย 80 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป และสามารถยืนยันตัวตนจากบัตรได้โดยเฉลี่ย 80 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป

คำสำคัญ : การประมวลผลภาพ, การเรียนรู้เชิงลึก, การเรียนรู้ของเครื่อง

บทนำ

การตรวจสอบบัตรเพื่อยืนยันตัวตน ในปัจจุบันเป็นเรื่องที่สามารถทำได้ไม่ยากและมีแพร่หลาย ยกตัวอย่างเช่น การอ่านข้อมูลบัตรจากแถบแม่เหล็ก การอ่านข้อมูลบัตรจากชิป เป็นต้น แต่ถ้าหากตัวชิปหรือแถบแม่เหล็ก มีปัญหาจะทำให้ไม่สามารถอ่านข้อมูลได้ จึงทำให้ทราบปัญหาได้ว่าการยืนยันตัวตนของบุคคลสามารถทำได้หลายทางแต่ยังไม่มี

ระบบที่สามารถตรวจสอบโดยการใช้ภาพ ซึ่งการออกแบบ ระบบการประมวลผลที่รองรับการทำงานต่างๆ ได้นั้นจำเป็นต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจ ในการทำงานที่มีการผสมผสานของตัวประมวลผลที่มีหลายแบบทั้งในส่วนของฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ ให้มีการใช้งานที่เหมาะสมกับการประมวลผล และมีการใช้ประสิทธิภาพในการประมวลผล สูงที่สุด และใช้ทรัพยากรที่คุ้มค่าโดยเฉพาะการคำนวณที่มีประสิทธิภาพสูง

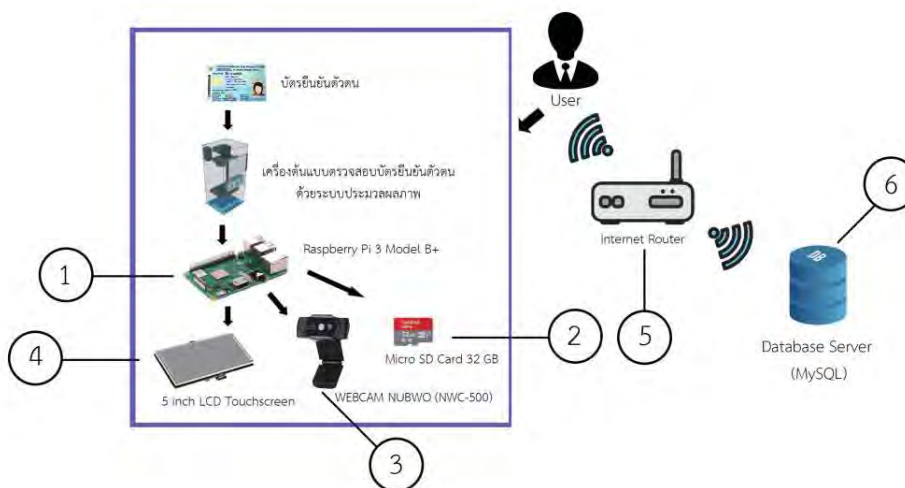
ซึ่งจากปัญหาดังกล่าวข้างต้น จึงเห็นสมควรสร้างอุปกรณ์ที่ตรวจสอบโดยใช้ระบบประมวลผลภาพ เพื่อใช้ในการยืนยันตัวตนของบุคคลนั้นๆ ซึ่งเหตุผลที่ใช้เครื่องต้นแบบตรวจสอบบัตรยืนยันตัวตนด้วยระบบประมวลผลภาพ เครื่องต้นแบบตรวจสอบบัตรยืนยันตัวตนด้วยระบบประมวลผลภาพ จะช่วยในการตรวจสอบข้อมูลของแต่ละคนบุคคล โดยจะดูจากเลขรหัสที่ตรงกัน ซึ่งกลุ่มโครงการหวังว่าการประดิษฐ์เครื่องต้นแบบตรวจสอบบัตรยืนยันตัวตนด้วยระบบประมวลผลภาพ นี้คงจะอำนวยความสะดวกให้กับหน่วยงานต่างๆได้ระดับหนึ่ง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาเกี่ยวกับระบบประมวลผลภาพ
2. เพื่อออกแบบระบบตรวจสอบบัตรเพื่อยืนยันตัวตนได้
3. เพื่อสร้างเครื่องต้นแบบตรวจสอบบัตรยืนยันตัวตนได้

ระเบียบวิธีวิจัย

จากการดำเนินการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการยืนยันตัวตนของบุคคลจาก



ภาพที่ 1 แสดงภาพรวมของระบบ

บัตรยืนยันตัวตนได้อย่างถูกต้อง และรวดเร็วโดยการใช้กล้องเว็บแคมเป็นอุปกรณ์ในการรับข้อมูลรูปภาพทำงานผ่านบอร์ดตราสเบอร์รี่พาย ในส่วนของโปรแกรมใช้โอเพนซีวีในการประมวลผลภาพ และไพทอนในการทำงานโปรแกรม และแสดงผลผ่านหน้าจอทัชสกรีนขนาด 5 นิ้ว โดยวิธีที่ใช้ในการทดสอบจะแบ่งออกเป็น 3 การทดสอบ คือ การทดสอบการตรวจสอบประเภทบัตร การจำแนกข้อมูลและการอ่านข้อมูลตัวอักษรและตัวเลข การยืนยันตัวตนโดยการเปรียบเทียบเลขบัตรประจำตัวประชาชนที่ประมวลผลได้กับข้อมูลที่มีอยู่ในฐานข้อมูล

จากแผนภาพดังกล่าวจะแสดงให้เห็นถึงภาพรวมการใช้งานและการทำงานของเครื่องตรวจสอบบัตรยืนยันตัวตนด้วยระบบประมวลผลภาพ ซึ่งอุปกรณ์จะประกอบไปด้วย (1) บอร์ดราสเบอร์รี่พาย 3 โมเดล ปีบวก ใช้ในการประมวลผลและควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ (2) เอสดีการ์ด ความจุ 32 กิกะไบต์ ใช้ในการเก็บข้อมูลและติดตั้งระบบปฏิบัติการ (3) กล้องเว็บแคม ใช้ในการรับข้อมูลรูปภาพบัตรยืนยันตัวตน (4) หน้าจอแสดงผลแบบสัมผัส ขนาด 5 นิ้ว ใช้ในการแสดงผล และรับคำสั่งเพื่อควบคุมการทำงาน ซึ่งในการทำงานส่วนของผู้ใช้จะต้องทำการเสียบบัตรยืนยันตัวตนเข้าไปที่เครื่องต้นแบบตรวจสอบบัตรยืนยันตัวตน และในตัวกล้องจะมีกล้องเว็บแคมที่ทำการถ่ายภาพหน้าบัตรยืนยันตัวตนเพื่อใช้ในการประมวลผลผ่านบอร์ดราสเบอร์รี่พาย และแสดงผลที่ได้ผ่านหน้าจอแสดงผลแบบสัมผัส ขนาด 5 นิ้ว และในส่วนของผู้ดูแลระบบข้อมูลจำเป็นจะต้องมีการเชื่อมต่อกับ (5) อินเทอร์เน็ตไร้สาย ก่อนมีการเข้าถึง (6) ฐานข้อมูลมายเอสคิวแอล และจำเป็นต้องใช้รหัสหากต้องการเข้าถึงฐานข้อมูลเพื่อที่จะเพิ่มหรือแก้ไขฐานข้อมูล



ภาพที่ 2 ภายนอกของเครื่องต้นแบบตรวจสอบบัตรยืนยันตัวตนด้วยระบบประมวลผลภาพ



ภาพที่ 3 ระยะห่างจากบัตรยืนยันตัวตนถึงเลนส์กล้องภายในเครื่องต้นแบบตรวจสอบบัตรยืนยันตัวตนด้วยระบบประมวลผลภาพ

1. การเรียนรู้ประเภทบัตรยืนยันตัวตน
ขั้นตอนของอัลกอริทึมที่ใช้ในการเรียนรู้ประเภทบัตรยืนยันตัวตน โดยการออกแบบจะใช้โครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน เป็นโครงข่ายประสาทเทียมหนึ่งในกลุ่ม bio-inspired โดยที่ CNN จะจำลองการมองเห็นของมนุษย์ที่มองเห็นที่เป็นพื้นที่ย่อยๆ จากนั้นจะทำการจดจำและกำหนดจุดที่สนใจซึ่งจะมีภาพรวมการทำงานแต่ละส่วนของโปรแกรมว่ามีการเรียนรู้ประเภทของบัตรยืนยันตัวตนได้อย่างไร ดังนี้



ภาพที่ 4 แผนภาพแสดงขั้นตอนการเรียนรู้ประเภทบัตรยืนยันตัวตน

จะอธิบายการทำงานของแต่ละส่วนของการเรียนรู้ประเภทบัตรยืนยันตัวตน ซึ่งจะเรียนรู้ได้ด้วยการถ่ายภาพบัตรยืนยันตัวตนแต่ละประเภทเข้าไป และทำการคำนวณแยกองค์ประกอบของภาพบัตรยืนยันตัวตน

- 1) นำเข้าข้อมูลรูปภาพบัตรยืนยันตัวตนที่ต้องการมาทำการเรียนรู้
- 2) ทำการเรียนรู้องค์ประกอบของบัตรยืนยันตัวตนด้วยสถาปัตยกรรมโมบายเน็ต เป็นการนำข้อมูลรูปภาพที่นำเข้าไปเรียนรู้เพื่อหาองค์ประกอบข้อมูลที่น่าสนใจมาใช้ในการจำแนกประเภทบัตร
- 3) หลังจากหาองค์ประกอบข้อมูลที่น่าสนใจได้แล้ว จะทำการจำแนกประเภทบัตรยืนยันตัวตนโดยใช้ข้อมูลที่ได้จากสถาปัตยกรรมโมบายเน็ต เป็นการนำข้อมูลองค์ประกอบที่ได้มาทำการจำแนกประเภทข้อมูล เพื่อบ่งบอกว่ามีบัตรยืนยันตัวตนรูปแบบใดบ้าง
- 4) นำข้อมูลที่ได้จากการเรียนรู้องค์ประกอบใส่ในไฟล์ Retained_graph เพื่อใช้ในการจดจำ

โมเดลที่ได้ทำการประมวลผลไว้แล้ว และนำโมเดลที่ได้มาทำการจำเรียงเป็นประเภทบัตร ประกอบด้วยบัตรประจำตัวประชาชน บัตรนักศึกษา บัตรนักศึกษาชั่วคราว และบัตรอนุญาตขับขี่ โดยข้อมูลจะอยู่ในไฟล์ Retained_label

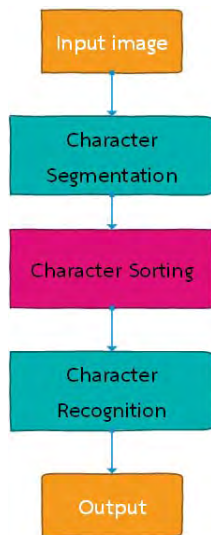
2. การจำแนกประเภทบัตรยืนยันตัวตน
ขั้นตอนการทำงานของอัลกอริทึมในการตรวจสอบจำแนกบัตร เป็นการตรวจสอบความถูกต้องในการบ่งบอกประเภทของบัตรที่จะใช้ในการยืนยันตัวตน เริ่มต้นด้วยการรับข้อมูลรูปภาพขึ้นมาโดยการถ่ายรูปจากบัตร จากนั้นเรียกใช้งานรูปภาพที่ถ่ายได้ เพื่อทำการตรวจสอบโดยใช้วิธีการจดจำองค์ประกอบของบัตรแต่ละชนิด โดยหลังจากที่จำแนกได้แล้วว่าเป็นบัตรประเภทใด จะทำการกำหนดขอบเขตในการประมวลผล



ภาพที่ 5 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำงานการจำแนกประเภทบัตรยืนยันตัวตน

3. การจำแนกข้อมูลและการอ่านตัวอักษรในบัตรยืนยันตัวตน

ขั้นตอนการทำงานของอัลกอริทึมในการจำแนกข้อมูลและการอ่านตัวอักษร เริ่มต้นด้วยการรับข้อมูลรูปภาพที่ถ่ายได้ และเป็นข้อมูลที่ได้ทำการจำแนกบัตรยืนยันตัวตนแล้วโดยใช้อัลกอริทึมในการจำแนกบัตรยืนยันตัวตนในการจำแนกประเภทบัตรยืนยันตัวตน จากนั้นจะใช้ข้อมูลการกำหนดขอบเขตในการประมวลผลจากการจำแนกบัตรในการอ่านตัวอักษรและจำแนกข้อมูลโดยจะประกอบด้วย ชื่อ นามสกุล รหัสประจำตัว และข้อมูลเพิ่มเติม เช่น ที่อยู่และข้อมูลรายละเอียดเพิ่มเติม



ภาพที่ 6 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำงานการจำแนกประเภทบัตรยืนยันตัวตน

1) การแบ่งบรรทัด (Row Segmentation)
- เป็นขั้นตอนในการแบ่งบรรทัด ของข้อความ โดยโปรแกรมจะใช้ อัลกอริทึมการอ่านข้อมูลแบบแนวนอน (horizontal projections algorithm) ในการแบ่งบรรทัดอย่างคร่าวๆ โดยในส่วนของการทำงานของอัลกอริทึมคือการนับพิกเซลที่เป็นสีดำของแต่ละแถวในแนวตั้ง แล้วก็แบ่งบรรทัดอย่างคร่าวๆ

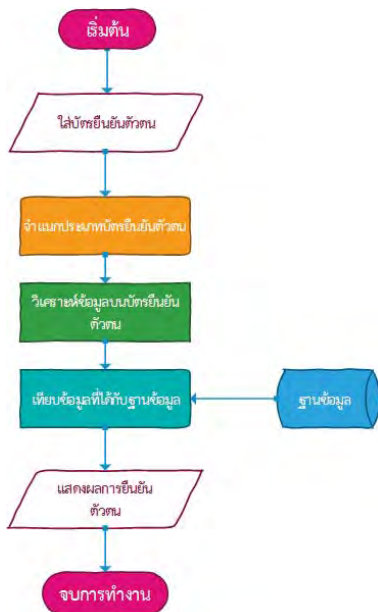
2) การแบ่งตัวอักษรตามพิกเซล (Character Segmentation) - ขั้นตอนนี้เป็น การประมวลผลตัวอักษร ซึ่งจะภาพขาว-ดำในการคิด ซึ่งวิธีคิดคือถ้ามีพิกเซลที่เป็นสีดำติดกันจะถือว่าเป็นตัวอักษรเดียวกัน

3) การค้นหาตัวอักษร (Character Sorting) - เส้นที่ตัดผ่านทุกตัวพยัญชนะ (Consonant line) เข้ามาช่วยในการประมวลผล โดยการประมวลผลนั้นจะทำแต่ละบรรทัดแยกกัน การหาเส้นที่ตัดผ่านทุกตัวพยัญชนะ ซึ่งการใช้ จุดกึ่งกลางของตัวอักษร (midpoint of character) ของทุกตัวอักษรในบรรทัดที่กำลังสนใจมาช่วยในการคำนวณ เมื่อได้เส้นที่ตัดผ่านทุกตัวพยัญชนะ แล้ว ทำการประมวลผลเริ่มจากไล่พยัญชนะที่เส้นที่ตัดผ่านทุกตัวพยัญชนะตัดผ่านจากซ้ายไปขวา

4) การแปลงรูปภาพเป็นตัวอักษร (Character Recognition) คือ ขั้นตอนนี้คือการแปลงรูปภาพเป็นข้อความซึ่งขั้นตอนนี้เป็นการเรียนรู้เชิงลึก แบบโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน เป็นโครงข่ายประสาทเทียมซึ่งเป็นระบบจดจำที่มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับมนุษย์ แต่จำเป็นต้องใช้ข้อมูลจำนวนมากในการเรียนรู้

4 การเปรียบเทียบข้อมูลที่ประมวลผลกับข้อมูลที่มีอยู่ในฐานข้อมูล

ขั้นตอนการทำงานของอัลกอริทึมในการยืนยันตัวตน ใช้การเปรียบเทียบข้อมูลที่ประมวลผลกับข้อมูลที่อยู่ในฐานข้อมูลโดยจะอิงจากข้อมูลรหัสประจำตัวเป็นหลักในการเปรียบเทียบข้อมูลหน้าบัตร ถ้าเลขรหัสประจำตัวตรงกับข้อมูลที่มีอยู่ในฐานข้อมูล โปรแกรมจะดึงข้อมูลที่ถูกต้องทั้งหมดที่ผ่านการแก้ไขมาแล้วมาแสดงผล



ภาพที่ 7 แผนภาพแสดงการเปรียบเทียบข้อมูลที่มีประมวผลกับข้อมูลที่มีอยู่ในฐานข้อมูล

ผลการทดสอบ

ผลการทดสอบการประมวลผลบัตรยืนยันตัวตน บนเครื่องต้นแบบตรวจสอบบัตรยืนยันตัวตน ด้วยระบบประมวลผลภาพ ด้วยการทดสอบต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. การทดสอบความถูกต้องในการจำแนกประเภทบัตรยืนยันตัวตน

เป็นการตรวจสอบความถูกต้องในการบ่งบอกประเภทของบัตรที่จะใช้ในการยืนยันตัวตน โดยใช้วิธีการจดจำองค์ประกอบของบัตรประกอบไปด้วยบัตรประจำตัวประชาชน บัตรนักศึกษา บัตรนักศึกษาชั่วคราว และบัตรอนุญาตขับขี่

ครั้งที่	ประเภทบัตร			
	บัตรประจำตัวประชาชน	บัตรนักศึกษา	บัตรนักศึกษาชั่วคราว	บัตรอนุญาตขับขี่
1	✓	✓	✓	✓
2	✓	✓	✓	✓
3	✓	✓	✓	✓
4	✓	✓	✓	✓
5	✓	✓	✓	✓
ค่าเฉลี่ยความถูกต้อง(%)	100%	100%	100%	100%

ภาพที่ 8 ตารางการทดสอบความถูกต้องในการจำแนกประเภทบัตรยืนยันตัวตน

2. การทดสอบความถูกต้องในการจำแนกข้อมูลจากบัตรยืนยันตัวตน

การทดสอบความถูกต้องในการจำแนกและอ่านข้อมูลจากบัตรยืนยันตัวตนแต่ละใบ โดยข้อมูลที่ต้องการจากบัตรยืนยันตัวตนจะประกอบไปด้วย ชื่อ นามสกุล รหัสประจำตัว และข้อมูลเพิ่มเติม เช่น ที่อยู่ คณะ สาขาวิชา โดยจะนับเป็นค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของแต่ละข้อมูล

2.1 การทดสอบจำแนกข้อมูลจากบัตรประจำตัวประชาชน

ประเภทบัตร	ใบที่	ความถูกต้องจากการทดสอบบัตรจำนวน 5 ครั้ง/ใบ				
		ชื่อ	นามสกุล	เลขประจำตัว	ข้อมูลเพิ่มเติม	ค่าเฉลี่ยความถูกต้องโดยรวมของบัตรแต่ละใบ (%)
บัตรประจำตัวประชาชน	1	96.6%	94.4%	100%	97.4%	97.1%
	2	100%	100%	92.8%	91.2%	96%
	3	90%	94%	94%	86.4%	91.1%
	ค่าเฉลี่ยความถูกต้องแต่ละข้อมูล (%)	95.5%	96.1%	95.6%	91.6%	94.7%

ภาพที่ 9 ตารางทดสอบการจำแนกข้อมูลจากบัตรประจำตัวประชาชน

ผลที่ได้ออกมาโดยการคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยความถูกต้องของข้อมูลแต่ละข้อมูลในบัตรประจำตัวประชาชน และค่าเฉลี่ยความถูกต้องโดยรวมของแต่ละใบคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ ดังภาพที่ 9 จะเห็นได้ว่าการอ่านข้อมูลในแต่ละข้อมูลบนบัตรยืนยันตัวตนมี

ความแตกต่างกัน และไม่คงที่ เนื่องจากแสงเงา และความชัดเจนของบัตรยืนยันตัวตน

2.2 การทดสอบจำแนกข้อมูลจากบัตรนักศึกษา

ประเภทบัตร	ใบที่	ความถูกต้องจากการทดสอบบัตรจำนวน 5 ครั้ง/1ใบ				
		ชื่อ	นามสกุล	เลขประจำตัว	ข้อมูลเพิ่มเติม	ค่าเฉลี่ยความถูกต้องโดยรวมของบัตรแต่ละใบ (%)
บัตรนักศึกษา	1	40%	100%	98%	97.6%	83.9%
	2	80%	74.8%	92.8%	90%	96%
	3	100%	91%	100%	78%	92.2%
	ค่าเฉลี่ยความถูกต้องแต่ละข้อมูล (%)	73%	88.6%	96.9%	88.5%	90.7%

ภาพที่ 10 ตารางทดสอบการจำแนกข้อมูลจากบัตรนักศึกษา

ผลที่ได้ออกมาโดยการคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยความถูกต้องของข้อมูลแต่ละข้อมูลในบัตรนักศึกษา และค่าเฉลี่ยความถูกต้องโดยรวมของแต่ละใบคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ ดังภาพที่ 10

2.3 การทดสอบจำแนกข้อมูลจากบัตรนักศึกษาชั่วคราว

ประเภทบัตร	ใบที่	ความถูกต้องจากการทดสอบบัตรจำนวน 5 ครั้ง/1ใบ				
		ชื่อ	นามสกุล	เลขประจำตัว	ข้อมูลเพิ่มเติม	ค่าเฉลี่ยความถูกต้องโดยรวมของบัตรแต่ละใบ (%)
บัตรนักศึกษาชั่วคราว	1	98.4%	100%	100%	99%	99.3%
	2	100%	84%	100%	100%	96%
	3	100%	89.8%	100%	52%	85.4%
	ค่าเฉลี่ยความถูกต้องแต่ละข้อมูล (%)	99.4%	91.2%	100%	83.6%	93.5%

ภาพที่ 11 ตารางทดสอบการจำแนกข้อมูลจากบัตรนักศึกษาชั่วคราว

ผลที่ได้ออกมาโดยการคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยความถูกต้องของข้อมูลแต่ละข้อมูลในบัตรนักศึกษา

ชั่วคราว และค่าเฉลี่ยความถูกต้องโดยรวมของแต่ละใบคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ ดังภาพที่ 11

2.4 การทดสอบจำแนกข้อมูลจากบัตรอนุญาตขับขี่ ซึ่งจะประกอบด้วย บัตรอนุญาตขับขี่ 2 ประเภท คือ

2.4.1 บัตรอนุญาตขับขี่ประเภท1 (มีคิวอาร์โค้ดด้านหลัง)

ประเภทบัตร	ใบที่	ความถูกต้องจากการทดสอบบัตรจำนวน 5 ครั้ง/1ใบ				
		ชื่อ	นามสกุล	เลขประจำตัว	ข้อมูลเพิ่มเติม	ค่าเฉลี่ยความถูกต้องโดยรวมของบัตรแต่ละใบ (%)
บัตรอนุญาตขับขี่ประเภทที่1 (ไม่มีคิวอาร์โค้ดด้านหลัง)	1	48.8%	54%	100%	0%	50.7%
	2	98%	92%	88%	0%	69.5%
	3	100%	100%	100%	0%	75%
	ค่าเฉลี่ยความถูกต้องแต่ละข้อมูล (%)	82.2%	82%	96%	0%	65%

ภาพที่ 12 ตารางทดสอบการจำแนกข้อมูลจากบัตรอนุญาตขับขี่ประเภท1

ผลที่ได้ออกมาโดยการคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยความถูกต้องของข้อมูลแต่ละข้อมูลบัตรอนุญาตขับขี่ประเภทที่1 และค่าเฉลี่ยความถูกต้องโดยรวมของแต่ละใบคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ ดังภาพที่ 12

2.4.2 บัตรอนุญาตขับขี่ประเภท2 (มีคิวอาร์โค้ดด้านหลัง)

ประเภทบัตร	ใบที่	ความถูกต้องจากการทดสอบบัตรจำนวน 5 ครั้ง/1ใบ				
		ชื่อ	นามสกุล	เลขประจำตัว	ข้อมูลเพิ่มเติม	ค่าเฉลี่ยความถูกต้องโดยรวมของบัตรแต่ละใบ (%)
จำแนกข้อมูลจากบัตรอนุญาตขับขี่ประเภทที่2 (มีคิวอาร์โค้ดด้านหลัง)	1	90.8%	100%	100%	57%	86.9%
	2	100%	97.7%	90.4%	85%	93.1%
	3	75%	100%	100%	0%	68.75%
	ค่าเฉลี่ยความถูกต้องแต่ละข้อมูล (%)	88.6%	99.2%	96.8%	47.3%	82.9%

ภาพที่ 13 ตารางทดสอบการจำแนกข้อมูลจากบัตรอนุญาตขับขี่ประเภท2

ผลที่ได้ออกมาโดยการคำนวณเป็นค่าเฉลี่ย ความถูกต้องของข้อมูลแต่ละข้อมูลบัตรอนุญาตฉบับที่ ประเภทที่ 2 และค่าเฉลี่ยความถูกต้องโดยรวมของแต่ละใบคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ ดังภาพที่ 13

3. การทดสอบการยืนยันตัวตนโดยใช้บัตรยืนยันตัวตน

การทดสอบความถูกต้องในการยืนยันตัวตน โดยใช้บัตรการนำข้อมูลที่ได้จากการอ่านข้อมูล ตัวอักษรและตัวเลขในบัตรยืนยันตัวตน และนำ ข้อมูลทั้งหมดบันทึกลงในฐานข้อมูล โดยการ ยืนยันตัวตนนั้น จะเปรียบเทียบจากประเภทบัตร ของบัตรก่อนเป็นอย่างแรก ตามด้วยข้อมูลเลข ประจำตัวในบัตรยืนยันตัวตน เนื่องจากผลลัพธ์จาก การทดสอบที่ 1 และ 2 ที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่า อัลกอริทึมที่ใช้ในการอ่านข้อมูลตัวเลขค่อนข้างมีความแม่นยำสูงกว่าการอ่านข้อมูลตัวอักษร และเลข ประจำตัวของผู้อั้บัตรประจำตัวแต่ละคนมีความ แตกต่างกันเพื่อยืนยันตัวตนอยู่แล้ว

3.1 การทดสอบการยืนยันตัวตนโดยใช้บัตรประจำตัวประชาชน

ประเภทบัตร	ใบที่	การยืนยันตัวตน (ครั้งที่)					เฉลี่ยความถูกต้อง(%)
		1	2	3	4	5	
บัตรประจำตัวประชาชน	1	✓	✓	✓	✓	✓	100%
	2	✓	✓	✓	x	✓	80%
	3	✓	✓	✓	✓	✓	100%
ค่าเฉลี่ยความถูกต้องในการยืนยันตัวตน (%)							93.3%

ภาพที่ 14 ตารางการทดสอบการยืนยันตัวตนโดยใช้บัตรประจำตัวประชาชน

จากการทดสอบการยืนยันตัวตนโดยใช้บัตรประจำตัวประชาชน โดยการใช้การอ่านข้อมูล เลขประจำตัวเป็นหลัก ผลลัพธ์ที่ได้คือการยืนยันตัวตนโดยใช้บัตรประจำตัวประชาชนค่อนข้างมีความแม่นยำ เนื่องจากความชัดเจนและความ

แตกต่างของพื้นหลังและตัวอักษรค่อนข้างมาก ผลลัพธ์ ดังภาพที่ 14

3.2 การทดสอบการยืนยันตัวตนโดยใช้บัตรนักศึกษา

ประเภทบัตร	ใบที่	การยืนยันตัวตน (ครั้งที่)					เฉลี่ยความถูกต้อง(%)
		1	2	3	4	5	
บัตรนักศึกษา	1	✓	✓	✓	✓	✓	100%
	2	✓	✓	✓	✓	✓	100%
	3	✓	✓	✓	✓	✓	100%
ค่าเฉลี่ยความถูกต้องในการยืนยันตัวตน (%)							100%

ภาพที่ 15 ตารางการทดสอบการยืนยันตัวตนโดยใช้บัตรนักศึกษา

จากการทดสอบการยืนยันตัวตนโดยใช้บัตรนักศึกษาโดยการใช้การอ่านข้อมูลเลขประจำตัวเป็นหลัก ผลลัพธ์ที่ได้คือการยืนยันตัวตนโดยใช้บัตรนักศึกษาค่อนข้างมีความแม่นยำสูง เนื่องจากความชัดเจนและความแตกต่างของพื้นหลังและตัวอักษรค่อนข้างมากเช่นเดียวกับบัตรประจำตัวประชาชน ผลลัพธ์ ดังภาพที่ 15

3.3 การทดสอบการยืนยันตัวตนโดยใช้บัตรนักศึกษาชั่วคราว

ประเภทบัตร	ใบที่	การยืนยันตัวตน (ครั้งที่)					เฉลี่ยความถูกต้อง(%)
		1	2	3	4	5	
บัตรนักศึกษาชั่วคราว	1	✓	✓	✓	✓	✓	100%
	2	✓	✓	✓	✓	✓	100%
	3	✓	✓	✓	✓	✓	100%
ค่าเฉลี่ยความถูกต้องในการยืนยันตัวตน (%)							100%

ภาพที่ 16 ตารางการทดสอบการยืนยันตัวตนโดยใช้บัตรนักศึกษาชั่วคราว

จากการทดสอบการยืนยันตัวตนโดยใช้บัตรนักศึกษาชั่วคราวโดยการใช้การอ่านข้อมูลเลข ประจำตัวเป็นหลัก ผลลัพธ์ที่ได้คือการยืนยันตัวตนโดยใช้บัตรนักศึกษาชั่วคราวค่อนข้างมีความ

แม่นยำสูง เนื่องจากความชัดเจนและความแตกต่างของพื้นหลังและตัวอักษรค่อนข้างมากเช่นเดียวกันกับบัตรประจำตัวประชาชน และบัตรนักศึกษา ผลลัพธ์ ดังภาพที่ 16

3.4 การทดสอบการยืนยันตัวตนโดยการใช้บัตรอนุญาตขับขี่ ซึ่งจะประกอบด้วย บัตรอนุญาตขับขี่ 2 ประเภท คือ

3.4.1 บัตรอนุญาตขับขี่ประเภท1 (ไม่มีคิวอาร์โค้ดด้านหลัง)

ประเภทบัตร	ใบที่	การยืนยันตัวตน (ครั้งที่)					เฉลี่ยความถูกต้อง (%)
		1	2	3	4	5	
บัตร	1	x	✓	✓	✓	x	60%
อนุญาต	2	✓	x	✓	x	✓	60%
ขับขี่	3	x	✓	✓	✓	✓	80%
ค่าเฉลี่ยความถูกต้องในการยืนยันตัวตน (%)							66.6%

ภาพที่ 17 ตารางการทดสอบการยืนยันตัวตนโดยการใช้บัตรอนุญาตขับขี่ประเภท1 (ไม่มีคิวอาร์โค้ดด้านหลัง)

จากการทดสอบการยืนยันตัวตนโดยการใช้บัตรอนุญาตขับขี่ประเภท1 โดยการใช้การอ่านข้อมูลเลขประจำตัวเป็นหลัก ผลลัพธ์ที่ได้คือการยืนยันตัวตนโดยการใช้บัตรอนุญาตขับขี่ประเภท1 มีความแม่นยำที่ค่อนข้างน้อย เนื่องจากภาพพื้นหลังของตัวบัตรออกแบบมาให้มีลวดลายที่ค่อนข้างมาก ทำให้ยากต่อการอ่านตัวอักษร และทั้งนี้ยังขึ้นอยู่กับความชัดเจนของตัวอักษรที่ปรากฏในบัตรยืนยันตัวตนผลลัพธ์ ดังภาพที่ 17

3.4.2 บัตรอนุญาตขับขี่ประเภท2 (มีคิวอาร์โค้ดด้านหลัง)

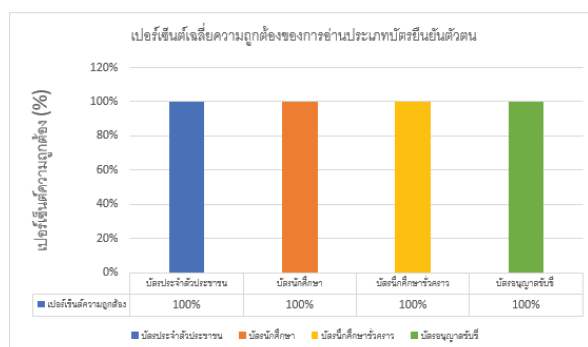
ประเภทบัตร	ใบที่	การยืนยันตัวตน (ครั้งที่)					เฉลี่ยความถูกต้อง (%)
		1	2	3	4	5	
บัตร	1	✓	x	x	x	✓	40%
อนุญาต	2	✓	✓	✓	✓	✓	100%
ขับขี่	3	✓	✓	✓	✓	✓	100%
ค่าเฉลี่ยความถูกต้องในการยืนยันตัวตน (%)							80%

ภาพที่ 18 ตารางการทดสอบการยืนยันตัวตนโดยการใช้บัตรอนุญาตขับขี่ประเภท1 (ไม่มีคิวอาร์โค้ดด้านหลัง)

จากการทดสอบการยืนยันตัวตนโดยการใช้บัตรอนุญาตขับขี่ประเภท2 โดยการใช้การอ่านข้อมูลเลขประจำตัวเป็นหลัก ผลลัพธ์ที่ได้คือการยืนยันตัวตนโดยการใช้บัตรอนุญาตขับขี่ประเภท2 มีความแม่นยำที่ค่อนข้างน้อย เนื่องจากภาพพื้นหลังของตัวบัตรออกแบบมาให้มีลวดลายที่ค่อนข้างมาก ทำให้ยากต่อการอ่านตัวอักษร และทั้งนี้ยังขึ้นอยู่กับความชัดเจนของตัวอักษรที่ปรากฏในบัตรยืนยันตัวตนผลลัพธ์ ดังภาพที่ 18

กราฟสรุปผลการทดสอบ

1.กราฟสรุปการทดสอบที่ 1 การจำแนกประเภทบัตรยืนยันตัวตน

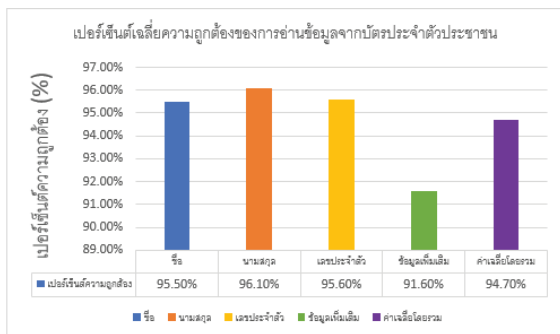


ภาพที่ 19 แสดงผลการทดสอบที่ 1 การจำแนกประเภทบัตรยืนยันตัวตน

จากภาพที่ 19 ประสิทธิภาพในการจำแนกประเภทบัตรยืนยันตัวตน จากการทดลองใช้บัตรยืนยันตัวตนทั้งหมด 4 ประเภท ประกอบด้วย บัตรประจำตัวประชาชน บัตรนักศึกษา บัตรนักศึกษาชั่วคราว และบัตรอนุญาตเข้าชื่อ จากผลการทดสอบสามารถทำได้ ถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์

2. กราฟสรุปผลการทดสอบที่ 2 ความถูกต้องในการอ่านข้อมูลจากบัตรยืนยันตัวตน แยกออกเป็น 5 กราฟสรุปผลการทดสอบ ดังนี้

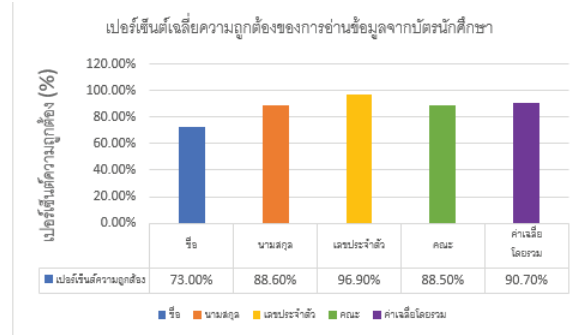
กราฟสรุปผลการทดสอบที่ 2.1 การอ่านข้อมูลจากบัตรประจำตัวประชาชน



ภาพที่ 20 แสดงผลการทดสอบที่ 2.1 การอ่านข้อมูลจากบัตรประจำตัวประชาชน

จากภาพที่ 20 แสดงประสิทธิภาพในการอ่านข้อมูลจากบัตรประจำตัวประชาชน โดยข้อมูลที่ต้องการประกอบไปด้วย ชื่อ นามสกุล เลขประจำตัว และข้อมูลเพิ่มเติม(ที่อยู่)

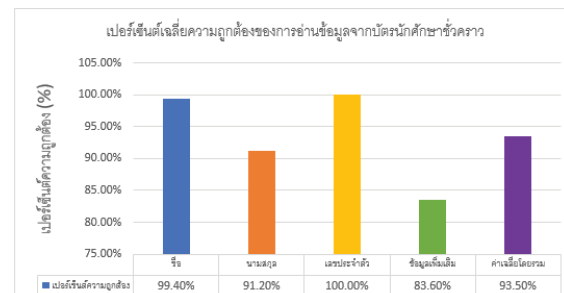
กราฟสรุปผลการทดสอบที่ 2.2 การอ่านข้อมูลจากบัตรนักศึกษา



ภาพที่ 21 แสดงผลการทดสอบที่ 2.2 การอ่านข้อมูลจากบัตรนักศึกษา

จากภาพที่ 21 แสดงประสิทธิภาพในการอ่านข้อมูลจากบัตรนักศึกษา โดยข้อมูลที่ต้องการประกอบไปด้วย ชื่อ นามสกุล เลขประจำตัว และข้อมูลเพิ่มเติม (คณะและสาขาที่สังกัด)

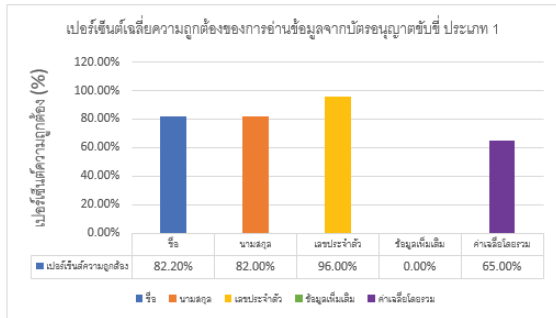
กราฟสรุปผลการทดสอบที่ 2.3 การอ่านข้อมูลจากบัตรนักศึกษาชั่วคราว



ภาพที่ 22 แสดงผลการทดสอบที่ 2.3 การอ่านข้อมูลจากบัตรนักศึกษาชั่วคราว

จากภาพที่ 22 แสดงประสิทธิภาพในการอ่านข้อมูลจากบัตรนักศึกษาชั่วคราว โดยข้อมูลที่ต้องการประกอบไปด้วย ชื่อ นามสกุล เลขประจำตัว และข้อมูลเพิ่มเติม (คณะและสาขาที่สังกัด)

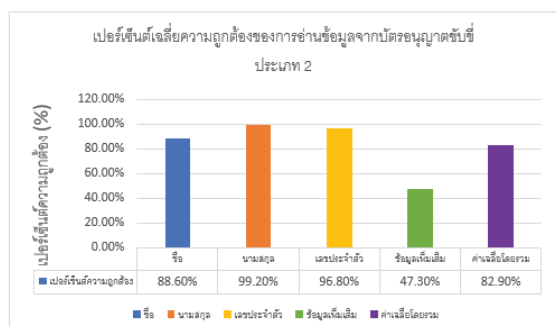
กราฟสรุปผลการทดสอบที่ 2.4 การอ่านข้อมูลจากบัตรอนุญาตขับขี่ประเภท 1 (ไม่มีคิวอาร์โค้ดด้านหลัง)



ภาพที่ 23 แสดงผลการทดสอบที่ 2.4 การอ่านข้อมูลจากบัตรอนุญาตขับขี่ประเภท 1

จากภาพที่ 23 แสดงประสิทธิภาพในการอ่านข้อมูลจากบัตรอนุญาตขับขี่ประเภท 1 (ไม่มีคิวอาร์โค้ดด้านหลัง) โดยข้อมูลที่ต้องการประกอบไปด้วย ชื่อ นามสกุล เลขประจำตัว และข้อมูลเพิ่มเติม (เลขฉบับ)

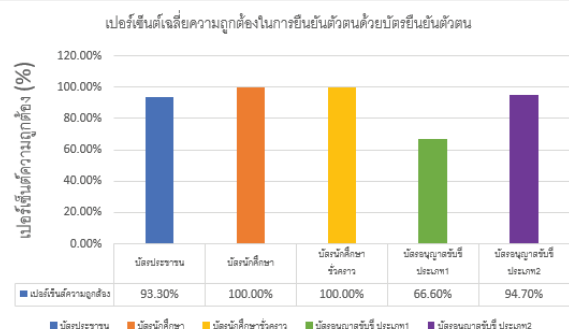
กราฟสรุปผลการทดสอบที่ 2.5 การอ่านข้อมูลจากบัตรอนุญาตขับขี่ประเภท 2 (มีคิวอาร์โค้ดด้านหลัง)



ภาพที่ 24 แสดงผลการทดสอบที่ 2.5 การอ่านข้อมูลจากบัตรอนุญาตขับขี่ประเภท 2

จากภาพที่ 24 แสดงประสิทธิภาพในการอ่านข้อมูลจากบัตรอนุญาตขับขี่ประเภท 1 (ไม่มีคิวอาร์โค้ดด้านหลัง) โดยข้อมูลที่ต้องการประกอบไปด้วย ชื่อ นามสกุล เลขประจำตัว และข้อมูลเพิ่มเติม (เลขฉบับ)

3. กราฟสรุปผลการทดสอบที่ 3 การยืนยันตัวตนโดยใช้บัตรยืนยันตัวตน



ภาพที่ 25 แสดงผลการทดสอบที่ 3 การยืนยันตัวตนโดยใช้บัตรยืนยันตัวตน

จากผลการทดสอบสามารถสรุปผลได้ ดังภาพที่ 25 ประสิทธิภาพในการบัตรยืนยันตัวตนโดยใช้บัตรยืนยันตัวตน จากการทดลองใช้บัตรยืนยันตัวตนทั้งหมด 5 ประเภท ประกอบด้วย บัตรประจำตัวประชาชน บัตรนักศึกษา บัตรนักศึกษาชั่วคราว บัตรอนุญาตขับขี่ประเภทที่ 1 และบัตรอนุญาตขับขี่ประเภทที่ 2

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยการแปลงข้อมูลรูปภาพเป็นข้อความจากหนังสือเดินทางและบัตรประจำตัวประชาชน (Passport and ID scanning with OCR recognition) [12]

โปรแกรมนี้ถูกพัฒนาขึ้นโดยบริษัท Klippa App B,V เป็นโปรแกรมที่ได้รับการพัฒนามาจากการอ่านใบเสร็จรับเงิน โดยใช้การเรียนรู้ของระบบ

เกี่ยวกับเอกสารทางการ เช่น หนังสือเดินทาง และบัตรประชาชน เพื่อใช้ในการยืนยันตัวตน โดยมีหน้าที่ในการตรวจสอบบุคคลในฐานะข้อมูลอย่างเป็นทางการ เพื่อป้องกันการฟอกเงินหรือการจัดการเงินทุนของผู้ก่อการร้าย การกระทำเหล่านี้เรียกว่าการตรวจสอบการต่อต้านทางการเงิน และตรวจสอบการก่อการร้ายทางการเงิน โดยสามารถดึงข้อมูลจากบัตรประชาชนไปยังหนังสือเดินทาง รวมถึงเอกสารแสดงตัวอื่น ๆ ที่เป็นทางการ เช่น บัตรอนุญาตขับขี่



ภาพที่ 26 ตัวอย่างลักษณะการทำงานและการอ่านข้อมูลที่ต้องการจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ 1 [12]

จากภาพที่ 26 จะแสดงให้เห็นว่าโปรแกรมสามารถอ่านข้อมูลในบัตรประชาชนที่ประกอบด้วยชื่อเต็ม สัญชาติ วันเกิด บ้านเกิด เพศ วันที่ออก วันหมดอายุ ความสูง หมายเลขเอกสาร ภาพถ่าย และเลขประจำตัวได้

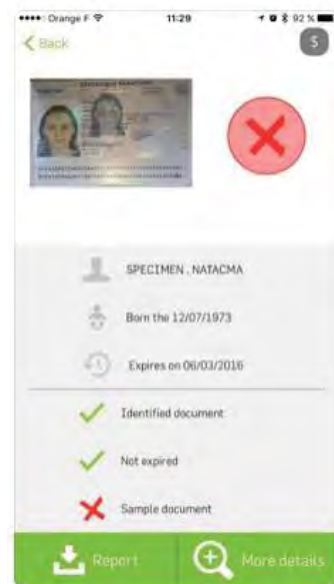
2. แอปพลิเคชันตรวจสอบเลขประจำตัวจากหนังสือเดินทาง (Automated & secure identify verification application) [13]

แอปพลิเคชันนี้ถูกพัฒนาขึ้นโดยบริษัท IDCheck.io เป็นแอปพลิเคชันที่ได้รับการยอมรับจากรัฐบาลสำหรับตรวจสอบเอกสารข้อมูลประจำตัวทั้งหมดโดยตรงจากมือถือ มีไว้ใช้สำหรับการยืนยัน

ตัวตน สามารถทำงานได้ทั้งแท็บเล็ตและสมาร์ทโฟน และสามารถดาวน์โหลดได้ทั้งในแอปสโตร์ และเพลย์สโตร์ โดยแอปพลิเคชันนี้สามารถตรวจจับความเบลอลและการสะท้อน โดยสามารถจับภาพที่ดีที่สุดโดยอัตโนมัติ จากนั้นแอปพลิเคชันจะประเมินความน่าเชื่อถือของเอกสารอย่างทันที และใช้เวลาในการตรวจสอบเพียงแค่ 12 วินาที โดยแอปพลิเคชันสามารถตรวจสอบ บัตรประจำตัวประชาชน หนังสือเดินทาง บัตรประกันสุขภาพ ใบอนุญาตขับขี่ ฯลฯ



ภาพที่ 27 หน้าจอการถ่ายรูปหนังสือเดินทางจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ 2 [13]



ภาพที่ 26 หน้าจอผลลัพธ์การประมวลผลจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ 2 [13]

จากงานวิจัยทั้ง 2 ข้างต้น จะเห็นได้ว่ามีการทำงานที่ค่อนข้างที่จะแม่นยำ และมีการรองรับข้อมูลที่มีมากกว่า เนื่องด้วยเป็นบริษัทที่ใหญ่และได้รับการสนับสนุนจากรัฐบาล ทำให้สามารถพัฒนาโปรแกรมหรือแอปพลิเคชันได้เป็นอย่างดี แต่ทั้งนี้ ในบางผลงานวิจัยก็ยังไม่สามารถรองรับบัตรยืนยันตัวตนได้หลากหลายประเภท จึงทำให้งานวิจัยของผู้จัดทำโดดเด่นกว่าในด้านของการที่สามารถเก็บข้อมูลบัตรยืนยันตัวตนของแต่ละบุคคลได้หลากหลายประเภท ทำให้สามารถแก้ปัญหาหากแถบแม่เหล็กหรือชิปข้อมูลมีปัญหา และแก้ปัญหาการมีบัตรหลายใบได้ด้วย และนอกเหนือจากนี้งานวิจัยที่ทำมาเป็นเพียงแค่อุปกรณ์หรือแอปพลิเคชัน ยังไม่มีผลงานในรูปแบบของตัวเครื่องที่มีการจัดตั้งอุปกรณ์ดังกล่าวในงานวิจัยที่ได้นำเสนอ

สรุปและอภิปรายผล

จากผลการทดสอบเครื่องต้นแบบตรวจสอบบัตรยืนยันตัวตนด้วยระบบประมวลผลภาพที่ได้กล่าวมาในส่วนของผลการทดสอบข้างต้น พบว่าเครื่องต้นแบบตรวจสอบบัตรยืนยันตัวตนด้วยระบบประมวลผลภาพสามารถทำงานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ อัลกอริทึมสามารถตรวจสอบประเภทของบัตรได้โดยเฉลี่ย 100 เปอร์เซ็นต์ สามารถตรวจสอบตัวเลขกับตัวอักษรได้ถูกต้องโดยเฉลี่ย 80 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป และสามารถยืนยันตัวตนจากบัตรได้โดยเฉลี่ย 80 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป คณะผู้จัดทำจึงนำผลการทดสอบมาวิเคราะห์ และพบว่าปัญหาเหล่านี้ทำให้เครื่องต้นแบบตรวจสอบบัตรยืนยันตัวตนด้วยระบบประมวลผลภาพสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1. ความแม่นยำของอัลกอริทึมการประมวลผลภาพในการตรวจสอบตัวเลขกับตัวอักษร

ขึ้นอยู่กับความชัดเจนของตัวอักษร ลายน้ำ ความเงาของบัตร

2. มุมกล้องที่ใช้ในการถ่าย หากมีการกระทบกระเทือนทำให้มุมกล้องเปลี่ยน จะทำให้กระบวนการในการอ่านตัวอักษรเกิดความผิดพลาดได้

3. ความไม่ชัดเจนของกล้อง อาจทำให้เกิดข้อผิดพลาดในการประมวลผลได้

4. ความเก่าของบัตรยืนยันตัวตน และรอยขีดข่วนบนหน้าบัตรอาจทำให้เกิดข้อผิดพลาดในการประมวลผลได้

ข้อเสนอแนะ

1. สามารถนำไปพัฒนาการทำงานของอัลกอริทึมเร็วมากขึ้น โดยการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ที่ใช้ประมวลผล

2. อัลกอริทึมสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการตรวจสอบตัวเลขกับตัวอักษรได้ถูกต้องมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ โดยการใช้อัลกอริทึมที่ได้รับการพัฒนาสมัยใหม่

3. อัลกอริทึมสามารถยืนยันตัวตนได้มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ หากมีการเพิ่มประสิทธิภาพการอ่านข้อมูลตัวเลขและตัวอักษร

4. สามารถบอกประเภทของบัตร และข้อมูลที่อยู่ในบัตรได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น โดยการหาข้อมูลตัวอย่างบัตรและจำแนกองค์ประกอบที่ชัดเจนยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] Nessence. (2561 Dec). “Deep learning คือ”[ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: <https://www.thaiprogrammer.org/2018/12/deep-learning-คืออะไร/> (วันที่สืบค้น: 20 มกราคม 2562)
- [2] thaieasyelec. (2562 Jan). “raspberrypi 3 model b+ คือ”[ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: <https://www.thaieasyelec.com/article-wiki/latest-blogs/preview-raspberry-pi-3-model-b-plus.html> (วันที่สืบค้น: 20 ตุลาคม 2562)
- [3] Thai Programmer Association. (2559 Feb). “Machine Learning คือ”[ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: <https://www.bossup.co.th/site/innovation/machine-learning-คืออะไร/> (วันที่สืบค้น: 15 ธันวาคม 2561)
- [4] saixiii. (2560 Apr). “Python คือ”[ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://saixii.com/python-programming/> (วันที่สืบค้น: 20 กุมภาพันธ์ 2562)
- [5] Nuttakan Chuntra. (2561 Dec). “OpenCV คือ”[ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: <https://medium.com/@nut.ch40/open-cv-คืออะไร-8771e2a4c414> (วันที่สืบค้น: 25 กุมภาพันธ์ 2562)
- [6] NEXTSOFTWAREHOUSE. (2557 May). “ระบบประมวลผลภาพ คือ”[ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: [/2014/05/22/ความรู้เบื้องต้นเกี่ยว/](https://nextsoftwares.wordpress.com/2014/05/22/ความรู้เบื้องต้นเกี่ยว/) (วันที่สืบค้น: 2 มีนาคม 2562)
- [7] toppiiz spiiz. (2561 May). “ฐานข้อมูล คือ”[ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: <https://sites.google.com/site/thekhnologyisarsnthesit/xngkh-prakxb-khxng-thekhnologyi-sarsnthes/than-khxmul-database> (วันที่สืบค้น: 1 เมษายน 2561)
- [8] ดร.วิโรจน์ จิรพัฒนกุล (2560 April) “Introduction to Deep Learning and TensorFlow”[ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: <https://v1.skooldio.com/courses/gde-tensorflow-01> (วันที่สืบค้น: 20 มกราคม 2562)
- [9] Natthawat Phongchit (2560 Sep) “Convolutional Neural Network (CNN) คืออะไร”[ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: <https://blog.datawow.io/มาลองดูวิธีการคิดของ-cnn-กัน-e3f5d73eebaa> (วันที่สืบค้น: 18 มกราคม 2562)
- [10] Sik-Ho Tsang (2560 Sep) “Inception v3” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: <https://medium.com/@sh.tsang/review-inception-v3-1st-runner-up-image-classification-in-ilsvrc-2015-17915421f77c> (วันที่สืบค้น: 18 มกราคม 2563)
- [11] Afaz Uddin Ahmed (2557 Jan) “Comparison and storage of the converted binary image” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: researchgate.net/figure/Comparison-and-storage-of-the-converted-binary-

- image_fig4_259658169 (วันที่สืบค้น: 22 มกราคม 2563)
- [12] IDCheck.io (2558 Nov) “Automated & secure identity verification applications” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา :<https://www.idcheck.io/solutions/identity-verification-applications/> (วันที่สืบค้น: 10 เมษายน 2563)
- [13] Adrian RoseBrock (2560 Jul) “Credit card OCR with OpenCV and Python” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา :<https://www.pyimagesearch.com/2017/07/17/credit-card-ocr-with-opencv-and-python/> (วันที่สืบค้น: 10 เมษายน 2563)