

เอกสารรายงานประกอบนวัตกรรมทางการงานอาชีพและต่อยอดเชิงพาณิชย์



DTPDC

Digital Textile Printing Defect Classification

ระบบตรวจสอบข้อบกพร่องในการพิมพ์ผ้าดิจิทัลด้วย AI

จัดทำโดย

- 1.นายเสกฐพันธ์ เหล่าอารีย์
- 2.นายธนกฤต กุลรัตน์รักษ์
- 3.นางสาวชลนา เครือวุฒิกุล

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ณัฐชาติพ จันทร์ผล

โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม)

สารบัญ

| หัวข้อเรื่อง | หน้าที่ |
|--|---------|
| ที่มาและวัตถุประสงค์ของนวัตกรรม ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับนวัตกรรม | 1 |
| หน้าที่ - วิธีการทำงานของนวัตกรรม จุดเด่นของนวัตกรรม ประโยชน์ของนวัตกรรม | 2 |
| หลักการและข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับนวัตกรรม | 3 |
| หลักการและข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับนวัตกรรม (ต่อ) | 4 |
| กระบวนการสร้าง Model และ กระบวนการทำงาน | 5 |
| กระบวนการพัฒนานวัตกรรมตามกระบวนการคิดขั้นสูงเชิงระบบ GPAS 5 Steps | 6 |
| วิธีการทดลอง ผลการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง | 7 |
| การพัฒนาต่อยอดนวัตกรรม บรรณานุกรม รูปภาพนวัตกรรม | 8 |

ที่มาและวัตถุประสงค์ของนวัตกรรม

นวัตกรรมนี้ได้มีที่มาเริ่มมาจากปัญหาในธุรกิจของครอบครัวของเพื่อนสมาชิกคนหนึ่ง ด้วยความที่ว่าทางบ้านของเพื่อนทำธุรกิจเกี่ยวกับการพิมพ์ผ้าดิจิทัล (Digital textile printing) และได้ทราบถึงปัญหาในขั้นตอนกระบวนการการพิมพ์ที่ถ้าเกิดว่าหัวพิมพ์มีปัญหาแล้วไม่เข้าไปแก้ไขในทันที ตัวเครื่องพิมพ์ก็จะพิมพ์เช่นนั้น (พิมพ์ผิดพลาด) ต่อไปเรื่อยๆจนกว่ากระดาษ / ผ้าจะหมด และกระดาษ / ผ้าส่วนนั้นจะเกิดร่องรอยที่พิมพ์ลายบกพร่องและเสียไปทั้งหมด จึงมักจะใช้แรงงานคนมานั่งตรวจสอบขณะกำลังพิมพ์ผ้า ซึ่งใช้เวลานานและต้องการความละเอียดสูง ดังนั้นวัตถุประสงค์ของนวัตกรรมนี้ คือ เพื่อที่จะลดปัญหาการพิมพ์ผ้าดิจิทัลผิดพลาด สามารถตรวจสอบข้อบกพร่องในกระบวนการพิมพ์และแก้ไขได้ทันที ลดการสูญเสียทรัพยากรทั้งต้นทุน ผ้าและมนุษย์ไปโดยสูญเปล่า จึงได้เกิดเป็นแนวคิดที่จะนำ AI มาแก้ไขปัญหาในส่วนนี้ และได้เกิดเป็นนวัตกรรมนี้ขึ้นมา



ภาพเครื่องพิมพ์ผ้าดิจิทัลของที่บ้าน



ภาพตัวอย่างผ้าที่เสีย / มีข้อบกพร่อง

ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับนวัตกรรม

นวัตกรรมชิ้นนี้ เป็น AI ประเภทการจำแนกรูปภาพ (Image Classification) ที่ถูกพัฒนาโดยเทคนิค Deep Learning ผ่าน CNN (Convolutional Neural Network) เพื่อนำมาตรวจสอบระหว่างรูปภาพของงานผ้าพิมพ์ดิจิทัลที่มีข้อบกพร่อง/เสียหายกับงานพิมพ์ผ้าที่ปกติ เพื่อช่วยในกระบวนการพิมพ์ผ้าดิจิทัล (Digital textile printing) ในการช่วยตรวจสอบว่าผ้าที่พิมพ์นั้นมีข้อบกพร่องในส่วนไหนหรือไม่ จากนั้นก็จะแสดงผลการคำนวณ / ทำนาย (Prediction) ว่าผ้าที่พิมพ์นั้นปกติ / มีข้อบกพร่องหรือไม่ และแสดงเปอร์เซ็นต์ความน่าจะเป็นว่าปกติ / มีข้อบกพร่องอยู่ที่เท่าไร เพื่อให้ผู้ใช้งานนำข้อมูลไปแก้ไขในกระบวนการพิมพ์ผ้าดิจิทัลต่อไป

หน้าที่ / ฟังก์ชัน / วิธีการทำงานของนวัตกรรม

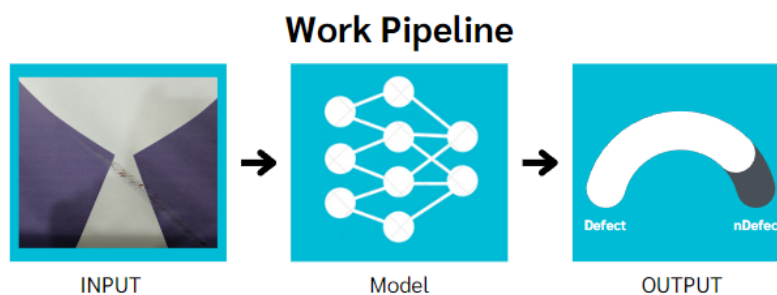
นวัตกรรมชิ้นนี้เป็น AI ประเภทการจำแนกรูปภาพ (Image Classification) มีฟังก์ชันการทำงานคือการรับรูปภาพผ้าที่ผ่านกระบวนการพิมพ์มาแล้วจากผู้ใช้นำมาประมวลผลด้วย AI ว่าผ้าที่พิมพ์นั้นปกติ / มีข้อบกพร่องหรือไม่ แล้วแสดงผลการคำนวณและเปอร์เซ็นต์ความน่าจะเป็นออกมา หรือก็คือ นวัตกรรมนี้มีหน้าที่ในการจำแนกว่าผ้าพิมพ์นั้นปกติหรือมีข้อบกพร่อง หากมีก็จะแจ้งเตือนเพื่อให้ผู้ใช้ไปดำเนินการแก้ไขเครื่องพิมพ์-หัวพิมพ์ต่อไป

จุดเด่นและความแปลกใหม่ของนวัตกรรม

- เป็นบุคคลกลุ่มแรกๆที่นำ AI มาแก้ไขปัญหาในกระบวนการพิมพ์ผ้าดิจิทัล
- มีความแม่นยำในการจำแนกข้อบกพร่องในผ้าพิมพ์สูงกว่า 89%
- ตรวจสอบข้อบกพร่องในผ้าพิมพ์ได้สะดวกรวดเร็วและมีประสิทธิภาพกว่ามนุษย์
- มีต้นทุนที่ต่ำ เนื่องจากนวัตกรรมนี้เกิดจากการใช้คอมพิวเตอร์เพียง 1 เครื่องมาทดสอบและคำนวณหาค่า Model ที่สมบูรณ์และมีประสิทธิภาพ
- สามารถนำนวัตกรรมนี้ไปต่อยอดเพิ่มได้ง่าย เนื่องจากในการเผยแพร่และนำเสนอ ได้เผยแพร่เป็นรูปแบบที่สามารถใช้ได้หลาย ๆ สถานการณ์และประยุกต์ต่อเพิ่มเติมได้สะดวก ดังนั้นผู้ที่สนใจนำนวัตกรรมนี้ไปต่อยอดจึงสามารถทำได้โดยง่าย

ประโยชน์ของนวัตกรรม

- เพื่อลดข้อบกพร่องในกระบวนการพิมพ์ผ้าดิจิทัล และเมื่อมีข้อบกพร่องก็จะแจ้งเตือนผู้ใช้ ทำให้สามารถไปดำเนินการแก้ไขข้อบกพร่องในกระบวนการพิมพ์ผ้าดิจิทัลได้สะดวกรวดเร็วขึ้น
- เพื่ออำนวยความสะดวกในการตรวจสอบข้อบกพร่องของผ้าพิมพ์ จากที่มนุษย์เป็นคนตรวจสอบ ซึ่งใช้เวลานาน ต้องการความละเอียดสูง และอาจตกหล่น / ผิดพลาดได้ เมื่อนำนวัตกรรมนี้มาใช้แทน ก็จะตรวจสอบได้อย่างมีประสิทธิภาพขึ้น และ ลดการใช้แรงงานมนุษย์ไปโดยไม่จำเป็นได้
- เพื่อลดการสูญเสียทรัพยากร (ต้นทุน, กระดาษ/ผ้า, และ มนุษย์) โดยไม่จำเป็น
- เพื่อเป็นการนำเทคโนโลยี AI มาประยุกต์ใช้แก้ไขปัญหาที่พบได้จริงในธุรกิจผ้าพิมพ์ดิจิทัลของทางบ้าน



ภาพแสดงวิธีทำงานของนวัตกรรมโดยง่าย

หลักการและข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับนวัตกรรม

ตัว Model นี้เกิดมาจากการ Transfer Learning มาจาก ResNet-50 เพื่อให้เราสามารถสอน AI ในแบบของเราได้แม้จะมีชุดข้อมูลไม่มาก และเพื่อให้ได้ AI ที่เข้าใจถึงปัญหาที่ต้องการแก้ไข จึงดำเนินการเก็บชุดข้อมูลผ้าพิมพ์ที่โรงงานที่ทำการผลิตผ้าพิมพ์ดิจิทัลจริง ๆ ซึ่งตัว Model มีการใช้ชุดข้อมูลและหลักการในการทำดังนี้

ชุดข้อมูลรูปภาพของผ้าพิมพ์ดิจิทัลกว่า 273 รูป

เป็นชุดข้อมูลที่นำมาสอน Model ในการจำแนกผ้าพิมพ์ที่ปกติและที่มีข้อบกพร่อง โดยข้อบกพร่องนั้นแยกได้จากขั้นตอนที่นำสิ่งพิมพ์ (กระดาษ) ไปรีดลงผ้าแล้วเกิดเป็นรอย-จุดบกพร่องที่เห็นได้ชัดเจน ซึ่งในชุดข้อมูลแบ่งเป็น

- ภาพผ้าพิมพ์ดิจิทัลที่ปกติ (ดี / ไม่มีข้อบกพร่อง / Non-Defect) 150 รูป



ตัวอย่างผ้าพิมพ์ดิจิทัลที่ปกติ ไม่มีข้อบกพร่อง

- ภาพผ้าพิมพ์ดิจิทัลที่มีข้อบกพร่อง (เสีย / Defect) 123 รูป



ตัวอย่างผ้าพิมพ์ดิจิทัลที่มีข้อบกพร่อง (มีเส้นสีขาว, มีคลื่นรบกวนสีขาว, มีรอยขีดจากเครื่องพิมพ์ ตามลำดับ)

Transfer Learning

เป็นวิธีการในการทำ AI อย่างหนึ่งที่อาศัยการนำ Model ที่มีอยู่แล้วมาเรียนรู้ต่อในชุดข้อมูลใหม่เพื่อให้ได้ผลลัพธ์การคำนวณที่ต้องการ โดยยังรักษาประสิทธิภาพและคุณภาพของ Model เดิมไว้ได้อยู่ด้วย

ResNet-50

เป็น CNN (Convolutional Neural Network) ที่โด่งดังในด้านการประมวลผลรูปภาพ (Image Processing) เพราะถูกสอนด้วยชุดข้อมูลกว่า 14 ล้านรูป ทำให้เป็น Base Model ที่มีความเสถียรสูงเหมาะแก่การนำมาพัฒนาต่อในงานจำแนกประเภทรูปภาพ อย่างเช่นงานนวัตกรรมขึ้นนี้ที่ต้องจำแนกระหว่างผ้าพิมพ์ที่เสียและปกติ

Neural Network

หรือระบบโครงข่ายประสาท เป็นระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่ถูกสร้างมาภายใต้แนวคิดการเลียนแบบสมองของมนุษย์ ด้วยค่าต่าง ๆ ที่ทำหน้าที่คล้ายกับเซลล์ประสาทในร่างกายของมนุษย์

Deep Learning

คือวิธีการเรียนรู้แบบอัตโนมัติด้วยการเลียนแบบการทำงานของโครงข่ายประสาทของมนุษย์ (Neurons) โดยนำระบบโครงข่ายประสาท (Neural Network) มาซ้อนกันหลายชั้น (Layer) และทำการเรียนรู้ชุดข้อมูลที่กำหนดไว้ซึ่งนำไปสู่การที่ Model สามารถจำแนกข้อมูลตามจุดประสงค์ที่ต้องการได้

กระบวนการสร้าง Model และ กระบวนการทำงาน

ในขั้นตอนการสร้าง Model ได้แบ่งเป็นหลายขั้นตอน ดังนี้

0.การเก็บข้อมูล

ในการที่จะมีชุดข้อมูลที่ตรงกับความต้องการทั้งหมด จึงได้ดำเนินการไปถ่ายรูปภาพพิมพ์ที่ปกติและมีข้อบกพร่องมาจัดทำเป็นชุดข้อมูลด้วยตัวเอง และได้ไปถ่ายภาพที่โรงงานที่ทำการพิมพ์ผ้าดิจิทัลจริง ๆ เพื่อให้ตรงกับจุดประสงค์ที่ต้องการแก้ปัญหาในธุรกิจของทางบ้านมากที่สุด

1.การจัดเตรียมข้อมูล

นอกจากการเตรียมรูปภาพพิมพ์ทั้งแบบที่ปกติและมีข้อบกพร่องแล้ว เราจำเป็นต้องเตรียมข้อมูลภาพให้มาอยู่ในรูปแบบที่โปรแกรมสามารถเข้าใจได้และต้องแบ่งเป็นชุดข้อมูลที่ไว้สอน (Training sets) และชุดข้อมูลไว้ทดสอบ (Test sets) เพื่อป้องกันไม่ให้ Model จดจำคำตอบจนค่าความแม่นยำผิดเพี้ยนไป

2.การสอน Model (Training)

ให้ Model ทำการ Deep Learning ด้วยตัวเองจากชุดข้อมูลรูปภาพที่จัดไว้สำหรับสอน เพื่อให้ Model สามารถจดจำ เข้าใจ และแยกแยะถึงลักษณะของผ้าพิมพ์ที่ปกติและผ้าพิมพ์ที่มีข้อบกพร่องได้

3.การทดสอบ Model (Testing)

จากขั้นตอนแรกที่ได้ทำการแบ่งชุดข้อมูลออกเป็นชุดข้อมูลที่ไว้สอน และชุดข้อมูลที่ไว้สอบ ในขั้นตอนนี้จะนำชุดข้อมูลที่ไว้สอบมาใช้ เพื่อให้เป็นข้อมูลที่ Model ไม่เคยเห็นมาก่อนสำหรับการทดสอบโดยเฉพาะ โดยนำมาทดสอบ Model สำหรับการตรวจสอบผลลัพธ์ / ความแม่นยำของ Model และนำไปทำการปรับปรุงแก้ไข

4.การส่งออก Model (Exporting)

หลังจากที่ Model นั้นเสร็จสมบูรณ์ตรงตามความต้องการ มีประสิทธิภาพและความแม่นยำที่มากพอแล้ว ก็ต้องทำการนำมาใช้ต่อผ่านรูปแบบ Model ที่เป็นสากลอย่าง ONNX เพื่อให้สามารถใช้งานต่อไปในหลากหลายรูปแบบและสถานการณ์

5.การนำ Model ไปใช้งานจริง (Deployment)

หลังจากที่ส่งออก Model มาเรียบร้อยแล้ว ต่อไปก็นำ Library อย่าง Streamlit มาช่วยในขั้นตอนการนำไปใช้งานจริงและได้ Deploy ลง Hugging Face space เพื่อให้ผู้ใช้สามารถนำรูปภาพผ้าพิมพ์จริง ๆ มาตรวจสอบหาข้อบกพร่องด้วย Model ของนวัตกรรมนี้ได้ (สามารถทดลองใช้ได้ทีลิงก์ Hugging Face space ของนวัตกรรม <https://huggingface.co/spaces/sh0kul/DTPDC-Deploy>)

กระบวนการพัฒนานวัตกรรมตามกระบวนการคิดขั้นสูงเชิงระบบ GPAS 5 Steps

1.ขั้นสังเกต เลือก และรวบรวมข้อมูล (Gathering)

ในขั้นนี้ เป็นการสำรวจและสังเกตถึงปัญหาในกระบวนการพิมพ์ผ้าดิจิทัล ว่ามีปัญหอย่างไรบ้างและสามารถแก้ไขได้อย่างไร ในที่นี้คือ พบปัญหาในการตรวจสอบข้อบกพร่องในผ้าพิมพ์ ว่าใช้มนุษย์คอยตรวจสอบ ซึ่งก็สามารถมีข้อผิดพลาดหรือตกหล่นได้ เพราะในการตรวจสอบต้องใช้เวลาและความละเอียดอย่างมาก จึงจะแก้ไขด้วยการใช้ AI มาทำหน้าที่ในส่วนนี้ จึงเข้าสู่ขั้นตอนการรวบรวมชุดข้อมูลภาพผ้าพิมพ์จะนำมา Train ใน AI

2.ขั้นคิดวิเคราะห์และจัดกระทำข้อมูล (Processing)

จากชุดข้อมูลภาพผ้าพิมพ์ที่ได้ทำการจัดเก็บมา ได้นำมาจัดประเภทว่าเป็นภาพผ้าพิมพ์ที่ปกติหรือมีข้อบกพร่อง และได้นำมาวิเคราะห์ว่าจะนำไปทำเป็น AI ด้วยเทคนิค / วิธีการไหน เพื่อให้มีประสิทธิภาพและตรงจุดประสงค์ที่สุด ซึ่งก็ได้ว่าในการทำ AI จะใช้วิธีการ Transfer Learning มาจาก ResNet-50

3.ขั้นปฏิบัติและสรุปความรู้หลังการปฏิบัติ (Applying and Constructing the Knowledge)

ในขั้นนี้ได้ทำการ Train ตัว AI ด้วย Train sets ขึ้นมา แล้วนำไปทดสอบการจำแนกต่อด้วย Test sets และนำค่าความแม่นยำที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่าความแม่นยำของมนุษย์ที่จำแนกภาพ Test sets ชุดเดียวกัน ออกมาเป็นผลการทดลอง และนำผลการทดลองนี้ไปสรุปและวิเคราะห์ต่อเพิ่มเติม

4.ขั้นสื่อสารและนำเสนอ (Applying the Communication Skill)

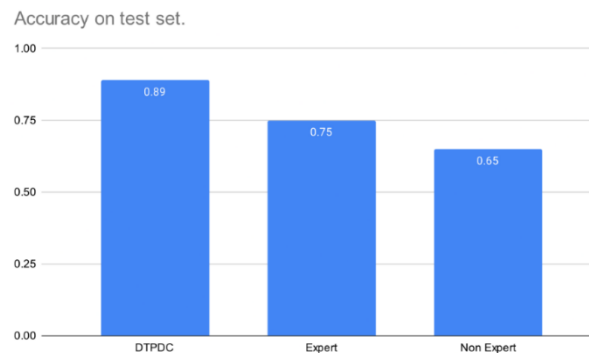
จากการที่ได้ AI ที่มีประสิทธิภาพและสามารถทำงานได้ตรงตามจุดประสงค์ (จำแนกผ้าพิมพ์ที่ดีและเสียได้) แล้วในการนำเสนอสู่ผู้คน ก็ต้องทำให้ผู้คนสามารถเข้ามาทดลองใช้ตัว AI นี้ได้ และเพื่อเป็นการนำเสนอหลักการทำงานและประสิทธิภาพของ AI ไปในตัวด้วย ซึ่งในขั้นตอนนี้ก็ได้ทำการ Deploy ตัว AI ที่สมบูรณ์แล้วไว้ที่ Hugging Face space (<https://huggingface.co/spaces/sh0kul/DTPDC-Deploy>) ซึ่งไม่ว่าใครก็สามารถเข้ามาลองใช้การจำแนกข้อบกพร่องในผ้าพิมพ์ดิจิทัลได้

5.ขั้นประเมินเพื่อเพิ่มคุณค่า ต่อยอดประโยชน์สู่สังคม (Self-regulating)

จากขั้นตอนทั้ง 4 ขั้นตอนก่อนหน้านี้ ทำให้ได้รับขั้นนวัตกรรมที่เสร็จสมบูรณ์ตามวัตถุประสงค์แล้ว แต่ในการจะนำไปใช้ประโยชน์และแก้ปัญหาจริงให้ได้ประสิทธิภาพ ยังต้องผ่านการต่อยอดเพิ่มเติมอยู่ คือ การทำให้ตัว AI สามารถจำแนกประเภทข้อบกพร่องของผ้าพิมพ์ลงไปได้ละเอียดขึ้นว่าบกพร่องในลักษณะไหน และการนำนวัตกรรมไปติดตั้งกับเครื่องพิมพ์ผ้าดิจิทัลในกระบวนการผลิตจริง เพื่อให้สามารถใช้แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริง

วิธีการทดลอง ผลการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

ในการทดสอบประสิทธิภาพในการจำแนกผ้าพิมพ์ที่ปกติและเสียของ Model นี้ ทางเราได้จัดทำเกณฑ์เทียบกับประสิทธิภาพในการจำแนกของมนุษย์ เนื่องจากเดิมทีแล้ว การจำแนกผ้าพิมพ์นี้เป็นหน้าที่ของมนุษย์ โดยได้จัดทำเป็นแบบสอบถามผ่าน Google Forms ที่เป็นการนำ Test sets ไปให้มนุษย์ ซึ่งแบ่งเป็น ผู้เชี่ยวชาญ (Expert) 1 คน, คนทั่วไป (Non-Expert) 20 คน มาทดลองจำแนกผ้าพิมพ์ว่าดีหรือเสีย ซึ่ง Test sets ที่ว่าก็นำไปทดสอบกับ Model มาแล้วเช่นกัน และได้ค่าความแม่นยำ / ถูกต้องของ Model และมนุษย์ (Expert, Non-Expert) เปรียบเทียบกันได้ดังนี้

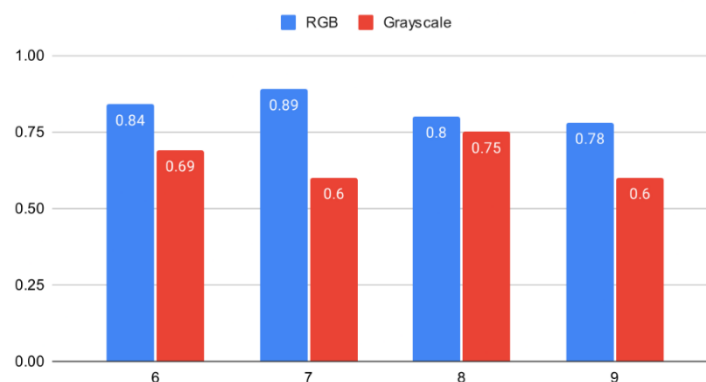


ผลการทดลอง

นวัตกรรมชิ้นนี้สามารถจำแนกผ้าพิมพ์ที่ปกติและมีข้อบกพร่องได้แม่นยำ ถูกต้อง และมีประสิทธิภาพกว่ามนุษย์ โดยมีสัดส่วนอยู่ที่ 89% : 75% : 65% (นวัตกรรม : ผู้เชี่ยวชาญ (Expert) : คนทั่วไป (Non-Expert)) ซึ่งถือว่านวัตกรรมนี้ได้ประสบความสำเร็จและบรรลุวัตถุประสงค์ไปส่วนหนึ่งเรียบร้อยแล้ว

Grayscale VS RGB

นอกจากนี้ยังมีการข้อสังเกตว่า ข้อบกพร่องบนผ้าพิมพ์นั้นส่วนใหญ่เป็นแค่ลายเส้น ๆ เรื่องสีของภาพในชุดข้อมูลเลยอาจจะไม่ใช่ปัจจัยที่สำคัญ จึงได้มีการทดสอบระหว่างการ Train Model ด้วยชุดภาพแบบขาวดำและภาพสี ได้ผลการทดสอบดังภาพด้านล่าง ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า Model ที่ Train ด้วยชุดภาพสีที่ได้ผลการทดสอบที่มีความถูกต้องและแม่นยำสูงถึง 89% ซึ่งมากกว่าและเอาชนะ Model ที่ Train ด้วยภาพขาวดำในทุกการทดสอบ



การพัฒนาต่อยอดนวัตกรรม

ในงานนี้เรายังสามารถพัฒนาต่อยอดได้โดยการนำกล้องไปติดตั้งกับเครื่องพิมพ์ผ้าจริง ๆ และเพื่อนำข้อมูลภาพทำการตรวจสอบข้อผิดพลาดในการพิมพ์แบบ Real-Time ขณะกำลังพิมพ์อยู่ ซึ่งจะช่วยให้แก้ไขข้อบกพร่องได้ทันทั่วทั้งตามจุดประสงค์มากขึ้น และสามารถนำไปปรับปรุงเพิ่มเติมให้สามารถแยกประเภทของข้อบกพร่องได้ละเอียดขึ้น เช่น แบ่งเป็น “Double printing”, “Pattern bending”, “Misfits” ฯลฯ

บรรณานุกรม

- He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2558). *Deep Residual Learning for Image Recognition*. สืบค้นเมื่อ 24 พฤษภาคม 2566, จาก <https://arxiv.org/abs/1512.03385>
- Mazharul Islam Kiron. (2565). *Common Printing Defects in Fabric: Causes and Remedies*. สืบค้นเมื่อ 24 พฤษภาคม 2566, จาก <https://textilelearner.net/common-printing-defects-in-fabric/>
- Divya Sheel. (2563). *Deep Learning คืออะไร?*. สืบค้นเมื่อ 31 กรกฎาคม 2566, จาก <https://new.abb.com/news/detail/58004/deep-learning>

รูปภาพนวัตกรรม

