

ระบบการพิสูจน์สีในงานพิมพ์โดยใช้การประมวลผลภาพ

และความเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ

A color proving system for printing press using image processing and expert opinion

ไกรฤกษ์ เขยขึ้น^{1*} และ พิชิต กิตติสุวรรณ²

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอระบบการพิสูจน์สีอย่างง่ายในงานพิมพ์ซึ่งปกติดำเนินการโดยผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์สูงทำให้มีความเสี่ยงในการดำเนินการในกรณีผู้เชี่ยวชาญไม่สามารถปฏิบัติงานได้อาจส่งผลกระทบต่อความเสียหายให้กับโรงพิมพ์ได้ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการออกแบบและพัฒนาระบบการพิสูจน์สีอย่างอัตโนมัติโดยใช้การประมวลผลภาพเข้ามาช่วยโดยการสอนตัวประมวลผลแบบฝังตัวให้เรียนรู้ฮิสโตแกรมสีของภาพสิ่งพิมพ์ที่ได้จากการสแกนตัวอย่างที่มีเงื่อนไขสภาพแสงแวดล้อมที่หลากหลายโดยมีผู้เชี่ยวชาญที่ทำหน้าที่พิสูจน์สีในโรงพิมพ์ ให้คะแนนคุณภาพการพิมพ์ จากนั้นทำการสร้างฮิสโตแกรมสีมาตรฐานสำหรับเพื่อนำไปใช้ในการตรวจสอบคุณภาพในการพิมพ์ต่อไป ในการทดลองแบ่งการทดลองเป็น 2 การทดลองคือ 1. การทดลองในการสร้างฮิสโตแกรมมาตรฐาน 2. การทดลองกับภาพจริง ผลการทดลองพบว่ามีความผิดพลาดในการตัดสินใจ 22.22% ซึ่งเกิดจากการรบกวนของแสงรอบๆ ห้องที่ใช้ทดสอบมีความไม่แน่นอนส่งผลให้ฮิสโตแกรมสีมาตรฐานมีความแปรปรวนสูง

คำสำคัญ : ระบบพิสูจน์สีสิ่งพิมพ์ ฮิสโตแกรมสีมาตรฐาน การประมวลผลภาพ ระบบผู้เชี่ยวชาญ

^{1,2} สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

96 หมู่ 3 ถ.พุทธมณฑล สาย 5 ต.ศาลายา อ.พุทธมณฑล จ.นครปฐม 73170

¹E-mail: kairoek.c@rmutr.ac.th

²E-mail: E-mail: pichid.kit@rmutr.ac.th

* Corresponding author, e-mail: kairoek.c@rmutr.ac.th

Abstract

This paper presents a system of color proving for printing press performed by the expert with longer experiences. The traditional process will be performed with high risk in the case of lack the expert and may affect to publisher. In this paper, we propose a design and development of an automatic system for simple color proving in the process of press making using image processing under opinion of the expert. The expert system was embedded in a controller and trained by sampling color images with various conditions of lighting environments for printing press. The selected images will be scored by the experts from a printing press company and all color histograms will be computed to build standard color histogram for a printing press. In testing process, the standard histogram will be compared with the testing samples to evaluate quality of color. For experiment, we divided experiment into 2 experiments: 1. the experiment to make the standard color histogram and 2. the experiment to evaluate quality of the printing press. The experiments show the system has 22.22% error for evaluating quality of the printing press caused by uncertainty of lighting environment in experiment room. The uncertainty of the lighting affects high variance of standard color histogram.

Keywords: Color proving system for printing press, Standard color histogram, Image processing, Expert system

1. ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันการผลิตสิ่งพิมพ์สามารถดำเนินการได้ทั้งแบบอนาล็อกและแบบดิจิทัล ในแบบอนาล็อกแม้จะพบได้น้อยลงแต่ก็ยังมีการใช้งานอยู่การพิมพ์ในรูปแบบอนาล็อกมีขั้นตอนที่ซับซ้อนเช่น การทำเพลตสำหรับแต่ละสี CMYK (Cyan, Magenta, Yellow, Key) ซึ่งเป็นระบบสีในงานพิมพ์, การวางเพลตต้องวางให้ตรงไม่เอียง, การเรียงหน้ากระดาษ ฯลฯ แต่ละขั้นตอนต้องใช้ผู้มีความชำนาญสูงเพื่อให้การพิมพ์มีประสิทธิภาพลดต้นทุนที่เกิดจากการพิมพ์ที่ไม่ได้คุณภาพการพิมพ์ในระบบดิจิทัลมีขั้นตอนที่ซับซ้อนน้อยกว่าในการพิมพ์แบบอนาล็อกสามารถดำเนินการได้โดยตั้งค่าผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์เฉพาะทางสำหรับการพิมพ์ แต่ไม่ว่าจะเป็นการพิมพ์ในแบบอนาล็อกหรือแบบดิจิทัลจะมีขั้นตอนหนึ่งซึ่งเป็นงานที่ยากในการพิมพ์คือการพิสูจน์สีเพื่อคุณภาพงานพิมพ์ เหตุที่เป็นเรื่องยากเพราะการดูคุณภาพงานพิมพ์จากการพิจารณาสีเป็นขั้นตอนที่ต้องดูความผิดเพี้ยนของสีเมื่อถูกพิมพ์บนกระดาษการมองของแต่ละคนก็จะให้ผลการพิจารณาที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ในการทำงานงานของผู้เชี่ยวชาญนั้นๆ โดยเฉพาะการพิมพ์งานในระบบอนาล็อก การพิสูจน์สี

สามารถในไปวิเคราะห์ความถูกต้องในขั้นตอนอื่นๆ ของการพิมพ์ได้ด้วยเช่น ถ้าพิมพ์จุดสีดำ 1 จุดแต่สีที่ออกมาเป็น 4 สีตามสี CMYK ก็แสดงว่าวางเพลตเบี้ยว, หรือสีเพี้ยนอาจเกิดจากการผสมสีที่ไม่ได้สัดส่วน เป็นต้น ดังนั้นผู้เชี่ยวชาญในการพิสูจน์สีในกระบวนการพิมพ์ถือเป็นขั้นตอนที่สำคัญและดำเนินการโดยปราศจากผู้เชี่ยวชาญไม่ได้ ทำให้กระบวนการพิมพ์ในโรงพิมพ์มีความเสี่ยงในส่วนนี้เพราะถ้าผู้เชี่ยวชาญป่วย, หรือมีเหตุให้ไม่สามารถปฏิบัติได้อาจทำให้การพิมพ์ต้องหยุดชะงักไปในทันทีสร้างความเสียหายให้กับโรงพิมพ์

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดในการออกแบบและพัฒนาระบบคอมพิวเตอร์แบบฝังตัวที่สามารถทำงานแทนผู้เชี่ยวชาญได้โดยการใช้เทคนิคการคำนวณฮิสโตแกรมสีในการประมวลผลภาพมาเพื่อสร้างฮิสโตแกรมสีมาตรฐานที่ได้จากการถ่ายทอดองค์ความรู้จากผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นนำฮิสโตแกรมสีมาตรฐานดังกล่าว มาใช้ในการตรวจสอบขั้นต้นว่างานพิมพ์มีความผิดเพี้ยนของสีหรือไม่ เพื่อนำมาวิเคราะห์หาสาเหตุของความผิดเพี้ยนต่อไป

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการพิสูจน์สีในกระบวนการพิมพ์ของโรงพิมพ์
2. เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบอย่างง่ายในการพิสูจน์สีอัตโนมัติด้วยการประมวลผลภาพ
3. เพื่อศึกษาวิธีการผนวกความเชี่ยวชาญของผู้เชี่ยวชาญเข้าไปในระบบคอมพิวเตอร์ฝังตัว

3. ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ระบบสีที่นิยมในการดูภาพสีผ่านหน้าจอภาพต่างๆ เรียกว่า RGB (Red, Green, Blue) เกิดจากการผสมของแม่สี 3 สีได้แก่ สีแดง, สีเขียวและสีน้ำเงิน แต่ในงานพิมพ์สีสิ่งพิมพ์จะใช้ระบบสีตรงข้ามที่เรียกว่า CMYK ความยากของการควบคุมคุณภาพงานพิมพ์ในส่วนของการพิสูจน์สีคือทำอย่างไรที่จะทำให้สีที่ต้นฉบับที่ได้จากการแต่งภาพดิจิทัลเมื่อดูผ่านจอภาพที่แตกต่างกัน (LCD, LED, CRT ฯลฯ) มีความเหมือนกันภาพที่พิมพ์บนกระดาษที่มีคุณภาพกระดาษที่ต่างกันซึ่งต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ในการทำงานด้านนี้โดยเฉพาะ และปัจจุบันมีงานวิจัยหลายๆ งานนำเสนอกระบวนการพิสูจน์สีอย่างอัตโนมัติ, การสร้างมาตรฐานสีเพื่อการสอบเทียบสำหรับระบบอัตโนมัติ เพื่อพัฒนาระบบการพิสูจน์สีอัตโนมัติลดการใช้คน

ตัวอย่างเช่น [1] Stone และคณะนำเสนอหลักการเพื่อใช้ในการแปลงสีของภาพสีที่เห็นจากจอภาพให้เป็นสีของภาพสีที่เห็นบนกระดาษโดยให้ความรู้สึกที่ไม่ต่างกันในการมองทั้งการมองจากจอภาพและการมองภาพบนกระดาษ [2] Luo และ Zhang ตรวจสอบความถูกต้องของสีสำหรับอุตสาหกรรมการพิมพ์โดยสกัดข้อมูลสีด้วยวิธีฮิสโตแกรมสี (color histogram) และใช้โครงข่ายประสาทเทียม (artificial neural network) ในการตรวจสอบงานพิมพ์ว่ามีขอบพร่องหรือไม่ [3] Verikas และ Bacauskiene พัฒนาระบบการประเมินคุณภาพของงานพิมพ์สำหรับอุตสาหกรรมการพิมพ์โดยสกัดคุณลักษณะที่สำคัญโดยใช้การประมวลผลภาพ เช่น จำนวนจุดที่หายไป, การผิดรูปของจุดสี, การผิดเพี้ยนของความเข้มของจุดสี, การกระจายของหมึก, ความคมของขอบ เป็นต้น

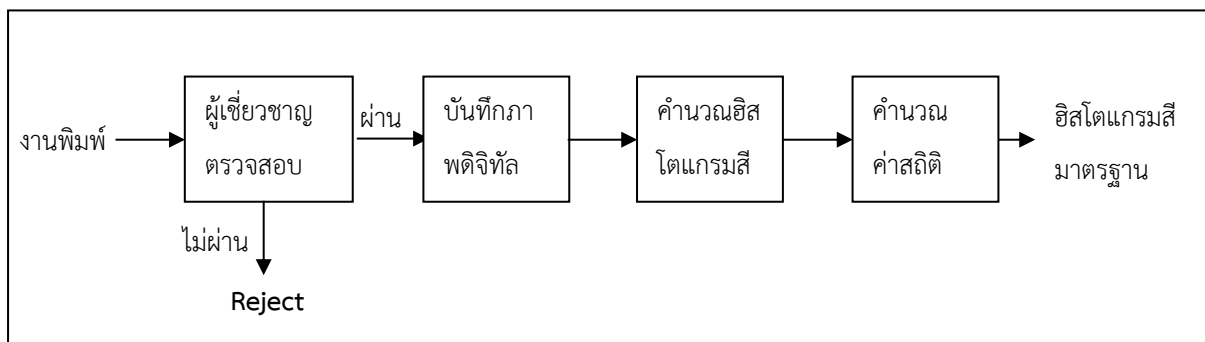
ลักษณะเด่นดังกล่าวถูกแปลงเป็นฟังก์ชันความเป็นสมาชิกในกระบวนการฟัซซีลอจิกและใช้กระบวนการฟัซซีลอจิกในการประเมินคุณภาพของงานพิมพ์

งานวิจัยที่มีในปัจจุบันสามารถถูกนำมาใช้ในการตรวจสอบ/ประเมินคุณภาพได้โดยอาศัยการเรียนรู้คุณลักษณะเด่นจากภาพที่ผ่านคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐานกับภาพที่ไม่มีคุณภาพผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน จากนั้นใช้ตัวคัดกรอง (classifier) ในการประเมินผลว่างานพิมพ์นั้นๆ มีคุณภาพผ่านตามเกณฑ์หรือไม่ แต่ด้วยขีดจำกัดในเรื่องการเรียนรู้คุณลักษณะเด่นจากภาพต้องมีการเตรียมไว้ก่อนล่วงหน้า ถ้าสภาพแวดล้อมแสงเปลี่ยนหรือตัวอย่างที่ใช้ในการเรียนรู้น้อยเกินไป ก็อาจทำให้ตัวคัดกรองทำงานผิดพลาดได้ ตัวอย่างเช่น [4] Nasr Mostafa และ Mohamed Mostafa หาปัจจัยในการเพิ่มคุณภาพงานพิมพ์ของโรงพิมพ์ในประเทศอียิปต์ พบว่าการมีขั้นตอนการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญเท่านั้นไม่เพียงพอสำหรับการได้รับงานพิมพ์ที่มีคุณภาพที่ดีได้ จำเป็นต้องมีความเห็นจากแหล่งอื่นๆ มาช่วยเพื่อเพิ่มคุณภาพงานพิมพ์

ในงานวิจัยนี้จึงเสนอการเรียนรู้คุณลักษณะเด่นจากภาพแบบออนไลน์โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญซึ่งเป็นผู้ที่มีประสบการณ์ในการพิสูจน์สีในโรงพิมพ์ทำหน้าที่เป็นผู้สอนให้ระบบคอมพิวเตอร์ฝั่งตัวทำให้ระบบสามารถปรับตัวเองได้อย่างอัตโนมัติแม้สภาพแวดล้อมจะเปลี่ยนไป โดยระบบที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถใช้เป็นความเห็นที่สองสำหรับการตรวจสอบคุณภาพสีของงานพิมพ์ได้

4. วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนคือขั้นตอนการเรียนรู้สีเพื่อสร้างฮิสโตแกรมสีมาตรฐานและขั้นตอนการประเมินคุณภาพงานพิมพ์ ขั้นตอนต่างๆ สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1 และรูปที่ 2 ตามลำดับ



รูปที่ 1 กระบวนการเรียนรู้ของระบบโดยใช้ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญร่วมกับการประมวลผลภาพ

จากรูปที่ 1 การคำนวณค่าฮิสโตแกรมสี จุดสี (pixel) ของภาพจะถูกแบ่งเป็น 3 ช่องสี (สีแดง, สีเขียว, สีน้ำเงิน) แต่ละช่องสีถูกแบ่งเป็นความเข้มสี 0, 1, 2, ... , 255 มีลักษณะเป็นเวกเตอร์สำหรับภาพๆ หนึ่งจะมีความเข้มสีไม่เท่ากันตามการกระจายตัวของสีที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามค่าความเข้มสี 0 ถึง 255 อาจมีผลของสัญญาณรบกวนดังนั้นเพื่อลดผลดังกล่าวเราสามารถมิติของเวกเตอร์และลดความซับซ้อนในการคำนวณลงโดยการแบ่งกลุ่มความเข้มสีออกเป็น m ถังสี (bins) ซึ่ง ส่วนใหญ่นิยมใช้ 8, 16, 32, 64 หรือ 256 ถังสี ถ้าภาพ I มี

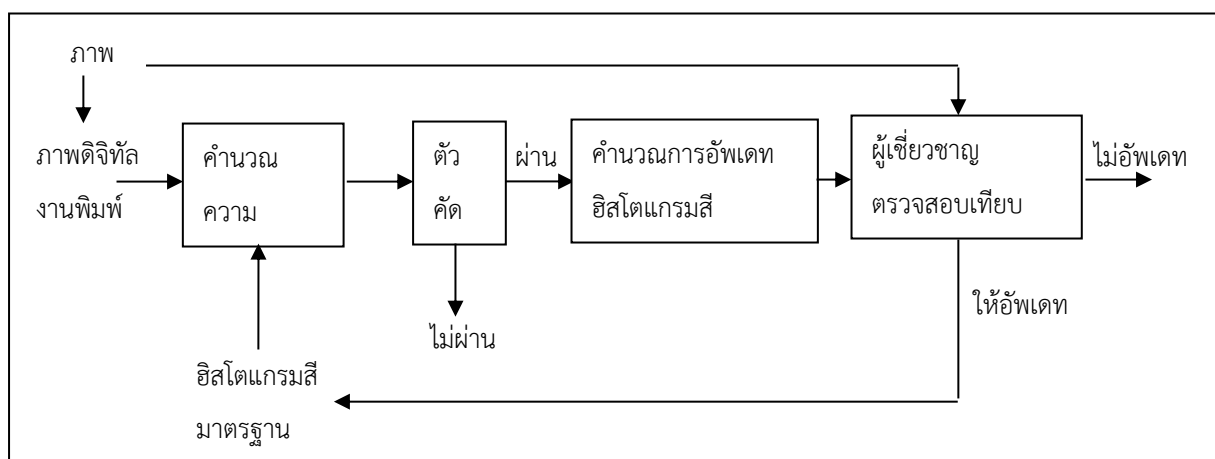
ขนาด $n_1 \times n_2$ จุดสีและ H_{Ci} แทน จำนวนจุดสีที่มีความเข้มสี c_i ของภาพ I ดังนั้นสามารถคำนวณฮิสโตแกรมสีได้ดังสมการ (1)

$$h_{c_i} = \frac{H_{c_i}}{n_1 \times n_2} \quad (1)$$

$$Hist(I) = [h_{c_1}, h_{c_2}, \dots, h_{c_m}] \quad (2)$$

เมื่อ h_{c_i} คือความเข้มสีของถึงที่ c_i ของภาพ /
 m คือจำนวนสีภายในภาพหลังการควอนไทซ์สี
 n_1 คือความกว้างของภาพ
 n_2 คือความยาวของภาพ
 $Hist$ คือฮิสโตแกรมสีของภาพ /

การหารด้วย $n_1 \times n_2$ หรือจำนวนจุดภาพทั้งหมดภายในภาพเป็นการปรับฐานของฮิสโตแกรมสีเพื่อให้สามารถเปรียบเทียบกันได้ สำหรับในส่วนการคำนวณค่าสถิติในงานวิจัยนี้สมมุติว่าการกระจายตัวของความเข้มสีในแต่ละภาพเป็นแบบโค้งปกติ (normal curve) ดังนั้นในขั้นตอนนี้เราจะทำการแทนความเข้มสีในฮิสโตแกรมสีมาตรฐานด้วยค่าเฉลี่ยเลขคณิตและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน



รูปที่ 2 กระบวนการคัดกรองคุณภาพงานพิมพ์จากฮิสโตแกรมสีมาตรฐานร่วมกับการอัปเดตจากผู้เชี่ยวชาญ

จากรูปที่ 2 สมมุติว่าการกระจายตัวฮิสโตแกรมสีรอบๆ ค่าเฉลี่ยมีลักษณะเป็นโค้งปกติ การคำนวณความเหมือนระหว่างภาพดิจิทัลงานพิมพ์กับฮิสโตแกรมสีมาตรฐานในงานวิจัยนี้ใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, r) สามารถแสดงได้ดังสมการ (3)

$$r = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m \left(\frac{h_{c_i} - \mu_c}{\sigma_c} \right) \left(\frac{h_{g_i} - \mu_g}{\sigma_g} \right) \quad (3)$$

เมื่อ	h_{c_i}	คือฮิสโตแกรมสีที่ถึงสี i ของภาพทดสอบ
	h_{g_i}	คือฮิสโตแกรมสีมาตรฐานที่ถึงสี i
	μ_c	คือค่าเฉลี่ยของฮิสโตแกรมสีของภาพทดสอบ
	μ_g	คือค่าเฉลี่ยของฮิสโตแกรมสีมาตรฐาน
	σ_c	คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของฮิสโตแกรมสีของภาพทดสอบ
	σ_g	คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของฮิสโตแกรมสีมาตรฐาน

สมมุติว่าฮิสโตแกรมสีมาตรฐานมีการเปลี่ยนแปลงแบบเกาส์เซียนไม่คงตัว (non-stationary Gaussian) [5] ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการพิจารณาภาพในสภาพแสงที่ต่างกัน, มีผู้เชี่ยวชาญหลายคนและมีความเห็นต่างกัน ผู้วิจัยเสนอการอัปเดตฮิสโตแกรมมาตรฐานสามารถแสดงได้ดังสมการ (4) และ (5)

$$\mu_{t+1} = \alpha \mu + (1 - \alpha) z_{t+1} \quad (4)$$

$$\sigma_{t+1}^2 = \alpha(\sigma_t^2 + (\mu_{t+1} - \mu_t)^2) + (1 - \alpha)(z_{t+1} - \mu_{t+1})^2 \quad (5)$$

เมื่อ	μ_{t+1}	คือ ค่าเฉลี่ยใหม่ของสีในแต่ละจุดสี
	σ_{t+1}^2	คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานใหม่ของสีในแต่ละจุดสี
	α	คือ ค่าที่ใช้ในการควบคุมอัตราการลืมนี้อัตราจะระหว่าง 0 ถึง 1
	μ_t	คือ ค่าเฉลี่ยเก่าของสีในแต่ละจุดสี
	σ_t^2	คือ ค่าเบี่ยงเบนของสีในแต่ละจุดสี

ถ้า α มีค่ามากจะส่งผลให้ค่าเฉลี่ยมีความเอนเอียงไปที่ค่าเฉลี่ยเก่าสูงในทำนองกลับกันถ้า α มีค่าน้อยจะส่งผลให้ค่าเฉลี่ยมีความเอนเอียงไปที่ค่าเฉลี่ยใหม่สูงจากการทดลองค่า α ที่เหมาะสมอยู่ที่ 0.7

5. ผลการทดลองและวิจารณ์

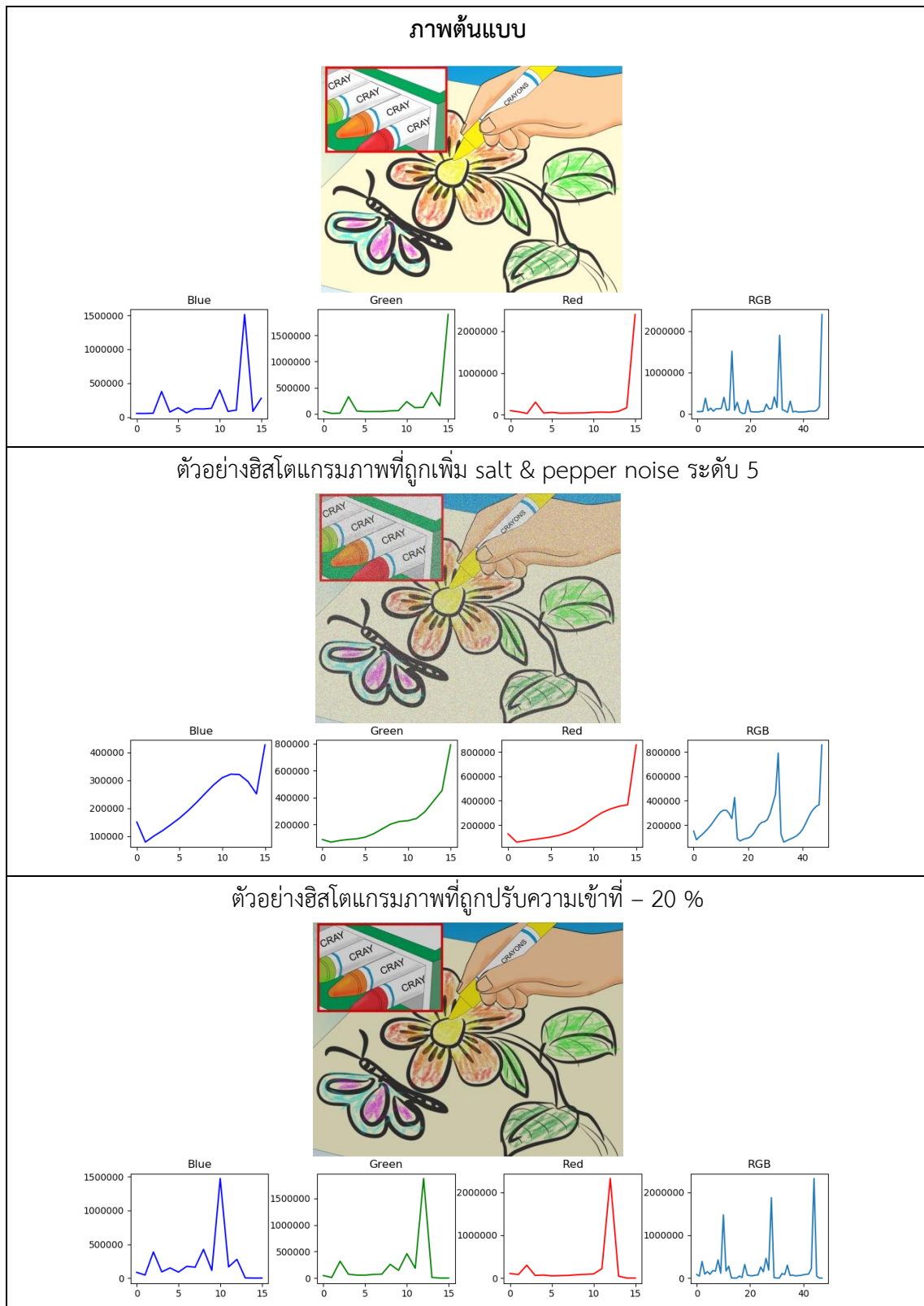
วัตถุประสงค์ของการทดลองนี้เพื่อหาภาพต้นแบบจากผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้ในการเปรียบเทียบกับภาพจริงที่ได้จากการพิมพ์และหาช่วงของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ยอมรับได้ ในงานวิจัยนี้ระบบถูกออกแบบให้รองรับการหาภาพต้นแบบที่อยู่นบนความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ หมายความว่าถ้าผู้เชี่ยวชาญเลือกภาพต้นแบบที่มีฮิสโตแกรมสีกระจายตัวอย่างใดการกระจายตัวของฮิสโตแกรมสีนั้นก็จะถูกใช้เป็นต้นแบบสำหรับเปรียบเทียบต่อไป ดังนั้นเพื่อลดความยากในทดลองการหาต้นแบบในตอนเริ่มต้นผู้วิจัยได้ทำการเตรียมภาพต้นแบบจากความเห็นของผู้วิจัยเองโดยอาศัยสมการที่ 4 และ 5 ในการอัปเดตเพื่อให้ได้ภาพต้นแบบที่คงตัวที่สุด

ต้นแบบ	Added salt and pepper noise
	 ระดับ 1
	 ระดับ 2
	 ระดับ 3
	 ระดับ 4
	 ระดับ 5

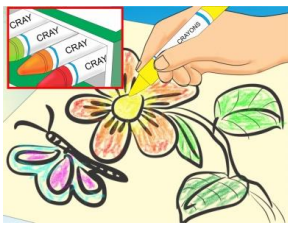
รูปที่ 3 ตัวอย่างภาพผ่านการเพิ่มสัญญาณรบกวนแบบเกลือและพริกไทย (salt & pepper noise)

การทดลอง

1. ทำการสร้างภาพจำลองที่ถูกทำให้ผิดเพี้ยน ตัวอย่างผลการทดลองแสดงได้ดังรูปที่ 3
2. ทำการหาฮิสโตแกรมแต่ละภาพจำลอง ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4
3. ทำการหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แต่ละภาพจำลอง ผลการทดลองแสดงได้ดังรูปที่ 4
4. ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและบันทึกช่วง correlation coefficient ที่ยอมรับได้ ผลการทดลองแสดงได้ดังรูปที่ 5



รูปที่ 4 ตัวอย่างฮิสโตแกรมของภาพต้นฉบับและภาพที่ถูกทำให้ผิดเพี้ยน

ภาพต้นแบบ		
		
ภาพที่ใช้ทดสอบ	Correlation coefficient	ผลการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ
ระดับ 1 	0.9689	ผ่าน
ระดับ 2 	0.9254	ผ่าน
ระดับ 3 	0.8634	ไม่ผ่าน
ระดับ 4 	0.7923	ไม่ผ่าน
ระดับ 5 	0.7545	ไม่ผ่าน

รูปที่ 5 ผลการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ

จากการทดลอง สามารถคำนวณค่าช่วงที่ยอมรับได้โดยพิจารณาจากค่าต่ำสุดของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่มีผลผ่าน คือ 0.92 และค่าสูงสุดของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ไม่ผ่าน คือ 0.8634 จากนั้นคำนวณค่ากลางโดยการเฉลี่ยจะได้ $(0.92 + 0.8634)/2 = 0.89$ ดังนั้นช่วงที่ยอมรับได้คือ $0.89 - 1$

ในการทดลองเพื่อทดสอบกับภาพจริงวิจัยใช้ค่าช่วงดังกล่าวกับภาพจริงเพื่อดูว่าค่าช่วงดังกล่าวให้ความถูกต้องเมื่อเทียบกับผู้เชี่ยวชาญอย่างไร

ขั้นตอนการทดลอง

1. รับภาพเอกสารจริงที่ใช้ทดสอบสี มาเทียบกับภาพต้นฉบับ โดยคำนวณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
2. รับคำสั่งเพื่อพิจารณาคุณภาพงานพิมพ์ว่าผ่านเกณฑ์หรือไม่ บันทึกผล
3. ให้ผู้เชี่ยวชาญทวนสอบผลและคำนวณ % ความถูกต้อง บันทึกผลการทดลอง

ผลการทดลองโดยรันทดสอบอัตโนมัติจากโปรแกรมเทียบกับผู้เชี่ยวชาญแสดง ผลการทดลองใช้ภาพทดสอบจำนวน 18 ภาพ โปรแกรมตัดสินได้ถูกต้อง 14 ภาพ ผิด 4 ภาพ คิดเป็น % ความถูกต้องประมาณ 77.78 %

ตารางที่ 1 คำนวณความถูกต้องของโปรแกรมเทียบกับผู้เชี่ยวชาญ

จำนวนภาพทั้งหมด	โปรแกรมตัดสินถูก	โปรแกรมตัดสินผิด	% ความถูกต้อง
18	14	4	77.78

6. สรุป

ระบบถูกทดสอบโดยการนำภาพปริภูมิสีมาตรฐาน ซึ่งถูกปรับให้มีความแตกต่างกัน 5 ชุดจากนั้นนำมาให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและให้คะแนนความถูกต้อง จากนั้นจะนำผลการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญมาสอนให้กับระบบฯ และลองให้ระบบไปตรวจสอบกับ ชิ้นงานจริงแบบออฟไลน์ (offline) ผลการวิจัยพบว่าระบบสามารถตรวจสอบคุณภาพสีงานพิมพ์ได้ ด้วยความถูกต้อง 77.5 % จากผลการทดลองพบว่าความละเอียดของกล้องที่ใช้ทดลอง (640x480) มีความละเอียดน้อยทำให้เกิดสัญญาณรบกวนขึ้นมากและส่งผลให้การตัดสินใจเรื่องคุณภาพสีมีความผิดพลาดตามมา แนวทางการพัฒนาในอนาคตงานวิจัยนี้คำนวณฮิสโตแกรมแบบโอบอล (global) กล่าวคือฮิสโตแกรมถูกคำนวณทั้งภาพในคราวเดียวส่งผลสัญญาณรบกวนทั้งหมดถูกคำนวณรวมเข้ามาด้วยทำให้การคำนวณฮิสโตแกรมผิดพลาดเพิ่มขึ้น ดังนั้นแนวทางการปรับปรุงในอนาคตคือประมวลผลแบบบล็อกจะทำให้ลดผลกระทบจากสัญญาณรบกวนได้ดี

7. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณวิจัยงบประมาณรายได้ ประจำปี 2560 และขอขอบคุณบริษัท ไทยร่มเกล้า จำกัด ในเครือ สำนักพิมพ์อักษรเจริญทัศน์สำหรับข้อมูลในการทำวิจัยนี้

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] Stone, M.C., Cowan, W. B., and Beatty, J. C. (1988). Color gamut mapping and the printing of digital color image. *ACM Transactions on Graphics*. 7 (4), .249-292.
- [2] Luo, J. and Zhang, Z. (2003). Automatic color printing inspection by image processing. *Journal of Materials Processing Technology*. .139, .373-378.
- [3] Verikas, A. and Bacauskene, M. (2005). Image analysis and fuzzy integration applied to print quality assessment. *International Journal on Cybernetics and Systems*. 36, 549-564.
- [4] Mostafa, N. and Mostafa, M. (2016). Printing quality enhancement according to ISO12647-2 (applying in one of Egyptian printing-houses). *International design Journal*.
- [5] McKenna, S., Jabri, S., Doric, Z., Wechsler, H., and Rosenfeldf, A. (2000). Tracking groups of people. *Journal of Computer Vision and Image Understanding*. 80 (1), 42-56.