บทที่ 4

การทดลอง

บทนี้จะเป็นการแสดงผลการวิจัยจากกรรมวิธีการแยกส่วนบริเวณที่สนใจที่นำเสนอ โดยการเลือกจุดที่ใช้ในการระบุสีของเพชร ภาพทั้งหมดที่ใช้ในการทดลองเป็นชุดภาพที่มีลักษณะเป็นภาพถ่ายจากด้านข้างของเพชรบนพื้นขาว

4.1 ข้อมูลภาพที่ใช้ในงานวิจัย

ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยเป็นข้อมูลภาพในรูปแบบของ JPG มีขนาด1280 x 1024 จุดภาพ จำนวน 216 ภาพ แบ่งเป็น จากเพชรต้นแบบ 13 ระดับ จำนวน 104 ภาพ และเพชรทั่วไป จำนวน 120 ภาพ โดยผู้เชี่ยวชาญสามารถระบุสีได้ถูกต้องทั้งหมดเมื่อเทียบดูสีจากเพชรต้นแบบซึ่งอ้างอิงจากผลการออกใบรับรองคุณภาพที่ออกให้กับลูกค้า โดยทางผู้เชี่ยวชาญทำการวิเคราะห์เทียบกับเพชรต้นแบบ โดยจะเปรียบเทียบทั้งฝั่งซ้าย และฝั่งขวาเพื่อพิจารณาว่าเพชรที่นำมาเปรียบเทียบสีนั้นอยู่ในระดับสีใด โดยการกำหนดสีในขั้นตอนสุดท้ายนั้นจะต้องมีการเห็นด้วยกันเป็นเสียงส่วนมากเสียก่อน โดยเพชรที่เลือกมาใช้ในงานวิจัยนี้เป็นเพชรที่ทางผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นตรงกัน หรือเป็นคะแนนเสียงส่วนมากที่ระบุสีของเพชรแต่ละระดับ และเพชรที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นเพชรที่มีขนาดไม่เกินหนึ่งกะรัตทั้งสิ้น เนื่องจากมีข้อจำกัดในการถ่ายภาพ และการเก็บข้อมูลเพชรที่มีขนาดใหญ่กว่าหนึ่งกะรัต เนื่องจากเพชรที่มีขนาดใหญ่กว่าหนึ่งกะรัตอัตราการสะท้อนแสงจะมีความแตกต่างจากเพชรที่มีขนาดต่ำกว่าหนึ่งกะรัต

4.2 กลุ่มข้อมูลภาพที่ใช้ในการจำแนก

งานวิจัยนี้ได้นำภาพจากข้อ 4.1 ทั้งหมด 216 ภาพ จาก 12 กลุ่มข้อมูลมาทำการจำแนกโดยแบ่งกลุ่มข้อมูลออกเป็น 2 ชุด ได้แก่ ชุดข้อมูลสำหรับการฝึกระบบ (Training Set) และชุดข้อมูลสำหรับทำการทดสอบระบบ (Test set) แบ่งได้เป็น

- ชุดข้อมูลสำหรับการฝึกระบบ (Training Set) จำนวน 96 ภาพ
- ชุดข้อมูลสำหรับทำการทดสอบระบบ (Test set) จำนวน 120 ภาพ

4.3 การจำแนกประเภท

4.3.1 คุณลักษณะสำคัญที่ใช้ในการจำแนก (Feature Extraction)

รายละเอียดของคุณลักษณะสำคัญที่ใช้ในการจำแนกระดับสีของเพชรในการทดลองนี้พิจารณาจากคุณลักษณะเกี่ยวกับสี (color-based) ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1
ค่าคุณลักษณะสำคัญที่ใช้ในการจำแนก

คุณลักษณะ	ค่าคุณลักษณะ	ความหมาย
คุณลักษณะเกี่ยวกับสี (color-based)	colorless	ใสไม่มีสี
	near colorless	มีสีเล็กน้อย
	faint yellow or brown	ติดเหลือง หรือน้ำตาลเล็กน้อย
	very light yellow or brown	ติดเหลือง หรือน้ำตาล
	light yellow or brown	เหลือง หรือ น้ำตาล

โดยการเก็บค่าของคอมโพเนนท์ของเพชรต้นแบบทั้ง 12 ระดับ ทำการเก็บโดยกำหนดให้แต่ละเม็ดถ่ายภาพโดยหมุนตัวเพชรออกไปมุมละ 45 องศารวมแปดมุมจากนั้นทำการเก็บค่าคอมโพเนนท์ความอิ่มตัวของสี (Saturation) ดังแสดงที่ภาคผนวก ก

จากค่าของ Saturation ที่เก็บได้จากภาพเพชรต้นแบบทั้ง 12 ระดับ นำมาทำการหาค่าตัวแทนของแต่ละกลุ่ม (ระดับสี) โดยคำนวณจากค่าเฉลี่ยของแต่ละระดับสี ดังแสดงที่ตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2

แสดงค่าตัวแทนของเพชร 12 ระดับ จากเพชรต้นแบบ

Class	Saturation เฉลี่ย
D	0.02550
E	0.02700
F	0.03405
G	0.03420
H	0.04415
I	0.07415
J	0.08115
K	0.11355
M	0.13850
O	0.16050
R	0.19000
X - Y	0.26100

จากค่าในตารางที่ 4.2 ทำการหาค่าตัวแทนคอมโพเนนท์ของห้ากลุ่มหลัก (ห้าระดับสีหลัก) โดยคำนวณจากค่าเฉลี่ยของแต่ละระดับสีในกลุ่ม โดยการแบ่งกลุ่มของสีอ้างอิงจากหนังสือ The Jeweler's Manual (Gemological Institute of America, 1989) โดยการจัดกลุ่มแต่ละระดับเป็นดังนี้

- C แทน colorless ประกอบด้วย D, E และ F
- NC แทน near colorless ประกอบด้วย G,H, I และ J
- FYB แทน faint yellow or brown ประกอบด้วย K, L และ M
- VLYB แทน Very light yellow or brown ประกอบด้วย N, O, P, Q และ R
- LYB แทน light yellow or brown ประกอบด้วย S, T, U, V, W และ X - Y

โดยค่าที่ได้จากตัวแทนแต่ละกลุ่มดังแสดงที่ตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3

แสดงตัวแทนของกลุ่มหลักห้าระดับ

Class	Saturation **เฉลี่ย**
C	0.02885
NC	0.05841
FYB	0.12603
VLYB	0.17525
LYB	0.26100

4.3.2 **เทคนิคที่ใช้ในการจำแนก**

งานวิจัยนี้ใช้การจำแนกโดยใช้ค่าความอิ่มตัวของสีเพียงอย่างเดียว เนื่องจากระบบที่ทำการถ่ายภาพนั้น เป็นระบบที่มีการควบคุมแสงให้มีค่าความสว่างคงที่ อีกทั้งเพชรที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ล้วนแล้วแต่เป็นเพชรที่อยู่ในโทนสีเหลืองทั้งสิ้น ทำให้ค่าของสี (มีค่าสีอยู่ระหว่าง 0.1700 – 0.2200) และค่าของความสว่างของภาพถ่าย (มีค่าความสว่างอยู่ระหว่าง 0.7800 – 0.8900) ที่ได้มีค่าที่ใกล้เคียงกันมาก ทำให้ไม่สามารถใช้ค่าของสี และความสว่างในการจำแนกได้ โดยในส่วนของค่าความอิ่มตัวของสีนั้น มีการเปลี่ยนแปลงที่สามารถนำมาใช้วิเคราะห์ความแตกต่างได้ ในงานวิจัยนี้จึงหยิบยกเฉพาะค่าความอิ่มตัวของสีมาใช้ในการจำแนกเท่านั้น

โดยใช้วิธีการหาค่าระยะต่ำสุด ในการเปรียบเทียบค่าสีระหว่างภาพเพชรทั่วไปที่นำมาวิเคราะห์ กับภาพของเพชรต้นแบบ โดยทดลองแบ่งออกเป็นสองขั้นตอน

ขั้นแรก ใช้คุณลักษณะเกี่ยวกับสี จำนวนห้ากลุ่มหลักจำแนกโดยใช้ Saturation

ขั้นสอง ใช้คุณลักษณะเกี่ยวกับสี จำนวน 12 กลุ่มจำแนกโดยใช้ Saturation

ในขั้นแรกจะใช้การระบุค่าของสีก่อนว่าภาพที่ใช้ในงานวิจัยนี้อยู่ในระดับสีใด จากนั้นเลือกใช้เทคนิคการวัดค่าระยะทางที่ใกล้สุดแบบยูคลิเดียนมาใช้ในการจำแนกค่าความอิ่มตัวของสี หลังจากที่ได้ค่าแล้วจึงนำเอาค่านั้นมาทำการหาอัตราการเข้าใกล้ที่น้อยที่สุด เพื่อเทียบกับค่าของความอิ่มตัวของสีของเพชรต้นแบบ เพื่อใช้ในการจำแนกว่าภาพถ่ายเพชรที่นำมาทำการทดลองนั้นอยู่ในระดับใด

4.4 วิธีการวัดผล

การวัดผลเพื่อใช้ในการประเมินค่าความถูกต้อง และค่าความผิดพลาดในการจำแนกนั้น จะวัดผลโดยใช้การเปรียบเทียบผลที่ได้จากการจำแนกด้วยคนกับผลที่ได้จากการจำแนกด้วยระบบตรวจสอบสีเพชรที่สร้างขึ้น โดยค่าที่ได้จากการทดลอง คือ ค่า True Positive (TP) สามารถจำแนกแล้วให้ผลตรงตามกลุ่มสีหลักของสีเพชรต้นแบบ และ ค่า False Positive (FP) เมื่อจำแนกแล้วได้ผลของการจำแนกผิดกลุ่ม ซึ่งผลที่ได้สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.4 และการจำแนกเป็น 12 ระดับ ซึ่งผลที่ได้จากการจำแนกทั้ง 12 ระดับสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.4
ผลที่ได้จากการจำแนกทั้งห้ากลุ่ม

ระดับสี	C	NC	FYB	VLYB	LYB
C	TP	FP	FP	FP	FP
NC	FP	TP	FP	FP	FP
FYB	FP	FP	TP	FP	FP
VLYB	FP	FP	FP	TP	FP
LYB	FP	FP	FP	FP	TP

การประเมินผลความถูกต้องในการจำแนกสามารถตรวจสอบได้จากค่า True Positive Rate (TP Rate) ซึ่งในการทดลอง หมายถึง การจำแนกระดับสีของเพชรได้ถูกกลุ่ม

$$\text{TP rate} = \frac{\text{TP}}{\text{TP}_{\text{all}}} \qquad (4.1)$$

กำหนดให้ค่า TP เป็นค่าที่ได้จากการจำแนก และให้ผลถูกต้องตรงตามคลาส และ TP_{all} เป็นกลุ่มข้อมูลทั้งหมดของคลาสนั้น ส่วนค่าของ False Positive (FP Rate) หมายถึง ค่าที่มีการจำแนกผิดกลุ่ม และค่าความถูกต้อง (Accuracy) สามารถคำนวณได้จาก จำนวนภาพที่จำแนกได้ถูกต้องทั้งหมดหารด้วยจำนวนภาพทั้งหมด ดังสมการที่ 4.2

$$\text{Accuracy} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \text{TP}_i}{\text{TP}_{\text{all}}} \qquad (4.2)$$

กำหนดให้ค่า TP เป็นค่าที่ได้จากการจำแนกและให้ผลถูกต้องตรงตามคลาสทั้งหมดโดย i หมายถึงข้อมูลตั้งแต่คลาสที่ 1 จนถึงคลาสที่ 5 และ TP_{all} เป็นกลุ่มข้อมูลทั้งหมดที่ใช้ในการทดลอง (บุญวิภา, 2552)

ตารางที่ 4.5

ผลที่ได้จากการจำแนกทั้ง 12 ระดับ

ระดับสี	D	E	F	G	H	I	J	K	M	O	R	X - Y
D	TP	FP	FP	FP	FP	FP	FP	FP	FP	FP	FP	FP
E	FP	TP	FP	FP	FP	FP	FP	FP	FP	FP	FP	FP
F	FP	FP	TP	FP	FP	FP	FP	FP	FP	FP	FP	FP
G	FP	FP	FP	TP	FP	FP	FP	FP	FP	FP	FP	FP
H	FP	FP	FP	FP	TP	FP	FP	FP	FP	FP	FP	FP
I	FP	FP	FP	FP	FP	TP	FP	FP	FP	FP	FP	FP
J	FP	FP	FP	FP	FP	FP	TP	FP	FP	FP	FP	FP
K	FP	FP	FP	FP	FP	FP	FP	TP	FP	FP	FP	FP
M	FP	FP	FP	FP	FP	FP	FP	FP	TP	FP	FP	FP
O	FP	FP	FP	FP	FP	FP	FP	FP	FP	TP	FP	FP
R	FP	FP	FP	FP	FP	FP	FP	FP	FP	FP	TP	FP
X - Y	FP	FP	FP	FP	FP	FP	FP	FP	FP	FP	FP	TP

4.5 สรุปผลการทดลอง

ผลการทดลองขั้นที่หนึ่ง

จากการทดลองนำภาพถ่ายเพชรทั่วไปจำนวน 100 ภาพมาวิเคราะห์ระบุสีของเพชรผ่านกระบวนการประมวลผลภาพสรุปผลได้ดังตารางที่ 4.6 โดยกำหนดให้

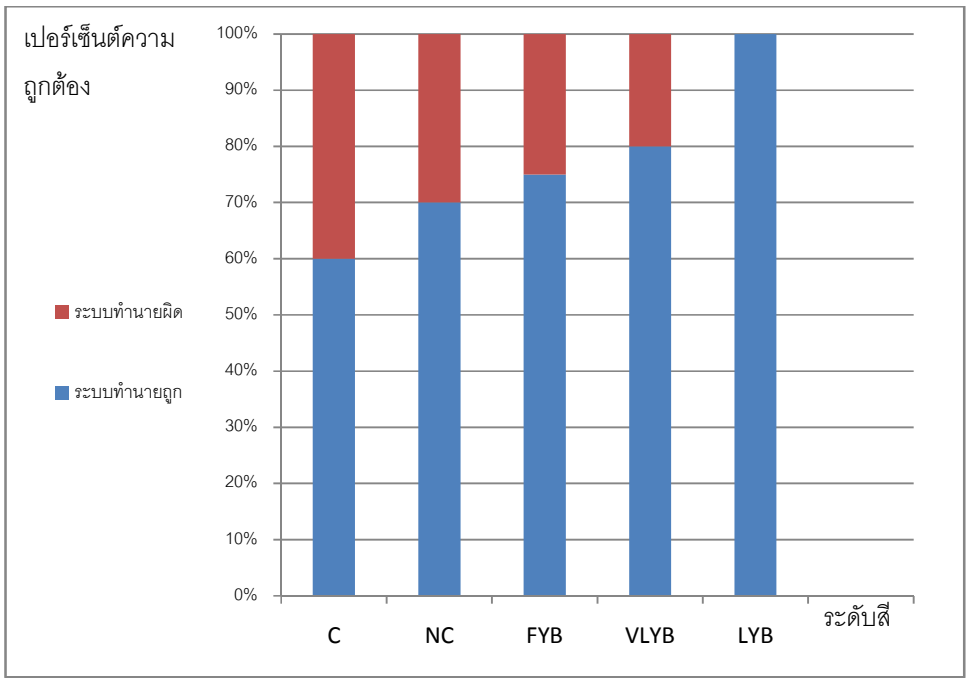
- C แทน colorless
- NC แทน near colorless
- FYB แทน faint yellow or brown
- VLYB แทน Very light yellow or brown
- LYB แทน light yellow or brown

ตารางที่ 4.6

Confusion Matrix ของห้าระดับสี เปรียบเทียบเฉพาะค่า Saturation

	ข้อมูลจากระบบตรวจสอบ						
ข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญ		C	NC	FYB	VLYB	LYB	จำนวนภาพ
	C	12	8				20
	NC	4	14	2			20
	FYB		2	15	3		20
	VLYB			4	16		20
	LYB					20	20

ภาพแผนภูมิที่ 4.1
แสดงผลการทดลองขั้นที่หนึ่งแยกตามกลุ่มของเพชรต้นแบบ
โดยใช้เฉพาะคอมโพเนนท์ Saturation



จากผลการทดลองของระบบตรวจสอบในระดับแรกที่ยกเอาเฉพาะคอมโพเนนท์ของ Saturation เพียงอย่างเดียว ดังแสดงที่ภาพแผนภูมิที่ 4.1 สามารถสรุปผลได้ว่า ระบบมีความแม่นยำเท่ากับ 77 เปอร์เซ็นต์ ผิดพลาดคิดเป็น 23 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับการวิเคราะห์ผลจากผู้เชี่ยวชาญจำนวนสี่คน จากผลการทดลองพบว่ามีสี่กลุ่มที่พบความผิดพลาด โดยทั้งสี่กลุ่มมีดังนี้ C NC FYB และ VLYB เมื่อแบ่งออกเป็นกลุ่มจะเห็นว่าในกลุ่มของ C มีความถูกต้อง 60 เปอร์เซ็นต์ NC และ FYB มีความถูกต้อง 70 เปอร์เซ็นต์ เท่ากัน ส่วนในกลุ่มของ VLYB มีความถูกต้อง 80 เปอร์เซ็นต์ จากผลการทดลองพบว่าความถูกต้องของระบบจะมากขึ้นเมื่อเพชรนั้นอยู่ในระดับที่สูงกว่า C

ผลการทดลองขั้นที่สอง

จากการทดลองนำภาพถ่ายเพชรทั่วไปจำนวน 120 ภาพมาวิเคราะห์ระบุสีของเพชรผ่านกระบวนการประมวลผลภาพสรุปผลได้ดัง ตารางที่ 4.7

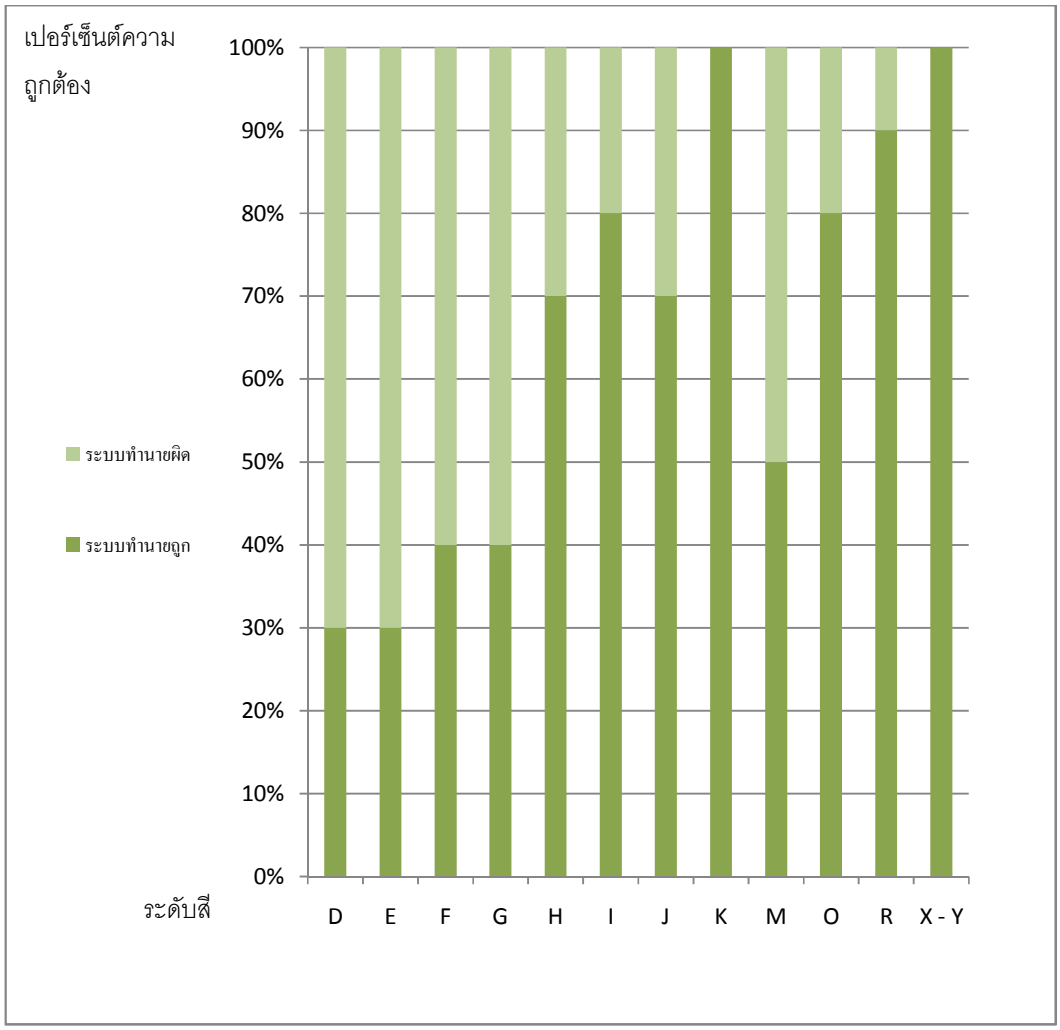
ตารางที่ 4.7

Confusion Matrix ของ 12 ระดับสี เปรียบเทียบเฉพาะค่า Saturation

		ข้อมูลจากระบบตรวจสอบ												
		D	E	F	G	H	I	J	K	M	O	R	X - Y	จำนวนภาพ
ข้อมูลจาก ผู้เชี่ยวชาญ	D	3	2	2	3									10
	E	1	3	2	2	2								10
	F			4	4	2								10
	G				4	4	2							10
	H				2	7	1							10
	I						8	2						10
	J							7	3					10
	K								10					10
	M								1	5	4			10
	O									2	8			10
	R								1			9		10
	X - Y												10	10

จากตารางที่ 4.7 สามารถสรุปผลได้ดังนี้ พบว่าสามารถจำแนกข้อมูลระหว่าง 12 คลาสได้ตรงตามชนิดจริงจำนวน 78 ภาพ คิดเป็น 65 เปอร์เซ็นต์ และมีภาพที่จำแนกไม่ตรงตามชนิดจริงจำนวน 42 ภาพ คิดเป็น 35 เปอร์เซ็นต์ จากการทดลองพบว่าเมื่อเพิ่มจำนวนคลาสให้มากขึ้นพบว่าระบบมีความถูกต้องลดลงโดยความผิดพลาดที่เกิดขึ้นมาจากภาพถ่ายที่ใช้เช่นเดียวกับการทดลองแรก โดยเมื่อแยกผลการทดลองแต่ละระดับของเพชรดังแสดงในภาพแผนภูมิที่ 4.2

ภาพแผนภูมิที่ 4.2
แสดงผลการทดลองขั้นที่สองแยกตามกลุ่ม ของเพชรต้นแบบ
โดยใช้เฉพาะคอมโพเนนท์ Saturation



จากภาพแผนภูมิที่ 4.2 สามารถสรุปเป็นสามกลุ่ม ได้ดังนี้

-กลุ่มแรก มีความถูกต้องน้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ มีทั้งสิ้นสี่ระดับดังนี้ D E F และ G

-กลุ่มสอง มีความถูกต้อง 50 เปอร์เซ็นต์ คือระดับ M

-กลุ่มสาม มีความถูกต้องมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ มีทั้งสิ้นเจ็ดระดับดังนี้ H I J K O R และ X - Y