# บทที่ 2

# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เมื่อกล่าวถึงเพชรคนส่วนใหญ่มักจะรู้จักในความมีค่า ความสวยงาม และเป็นอัญมณีที่มีราคาสูง เนื่องจากเพชรมีราคาสูงการซื้อขายเพชรจึงต้องมีการตรวจสอบคุณภาพเพื่อออกใบรับรองคุณภาพเพชรเพื่อให้ลูกค้าได้เพชรที่เหมาะสมกับเงินที่จ่ายไป หากมีการนำเอาวิทยาการด้านการวิเคราะห์ภาพด้วยคอมพิวเตอร์มาช่วยในการวิเคราะห์สีของเพชร จะช่วยทำให้ผู้ที่ไม่มีความชำนาญสามารถที่จะประเมินสีของเพชรเบื้องต้นเพื่อการตัดสินใจซื้อได้

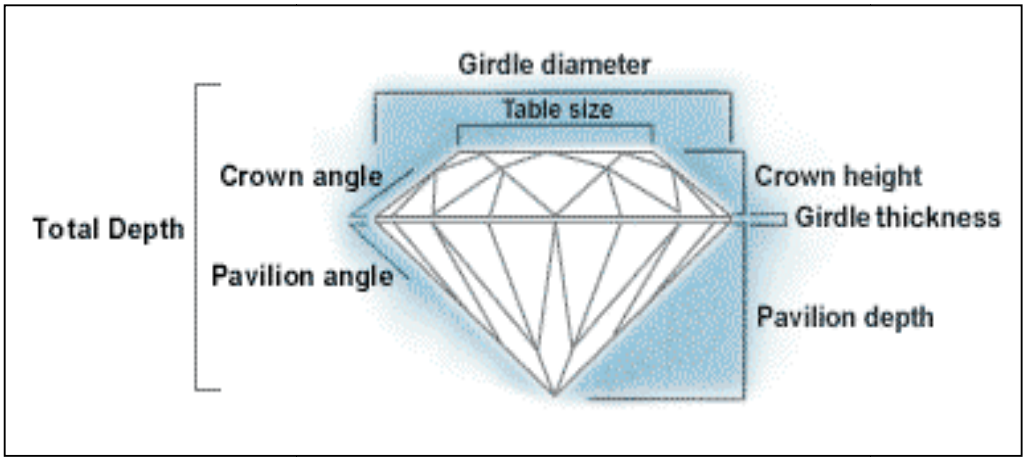
## 2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเพชร

เพชรเป็นอัญมณีที่มีค่าสูง ราคาของเพชรบางเม็ดอาจเทียบเท่าหรือมากกว่าราคาของบ้านหลังใหญ่หนึ่งหลัง (กาญจนา ชูครุวงศ์, 2542) และด้วยเหตุนี้เองจึงมีคนพยายามคิดหามาตรฐานในการประเมินคุณภาพของเพชรแต่ละเม็ด เพื่อให้สามารถคำนวณราคาของเพชรได้ จากการที่ตลาดการค้าเพชรใหญ่ขึ้น ความต้องการเพชรมีมากขึ้นและลูกค้าต้องการความมั่นใจในสินค้าเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดระบบการออกใบรับประกันสินค้า ซึ่งจีไอเอเป็นสถาบันแรกที่ออกใบรับรองคุณภาพเพชรขึ้น เพื่อใช้เป็นใบรับประกันเพชรนั้นๆ โดยเริ่มในปี ค.ศ.1950 (พ.ศ.2493) เนื่องจากการค้าเพชรมีการเติบโตอย่างมาก จึงมีการกำหนดขอบเขตการค้าส่งเพชรโดยบริษัทเดอร์เบียร์ (De Beers) เป็นผู้ก่อตั้งขึ้น โดยตลาดกลางในการค้าขายเพชรตั้งอยู่ที่เมืองแอนต์เวิร์ป (Antwerp) ประเทศเบลเยี่ยม จึงทำให้เกิดสองสถาบันที่ออกใบรับรองคุณภาพเพชรตามมา คือ เอชอาร์ดี (HRD) และ ไอจีไอ โดยใบรับรองคุณภาพของเพชรจะประกอบด้วย น้ำหนักของเพชรเป็นหน่วยกะรัต มีทศนิยมไม่เกินสองตำแหน่ง รูปทรงหรือรูปแบบของการเจียระไนของเพชรเม็ดนั้น ขนาดเป็นมิลลิเมตร ความสูง ความกว้างของหน้ากระดาน (table) ลักษณะสมมาตรของเพชร ความประณีตในการขัดเงา (polish) ความหนาและลักษณะของขอบ (girdle) ดังแสดงที่ภาพ 2.1 และการเรืองแสงของเพชรภายใต้แสงอัลตราไวโอเลต นอกจากนี้ยังประกอบด้วยแผนภาพแสดงลักษณะของเพชร (diagram) ซึ่งในใบรับรองเป็นตัวบ่งบอกลักษณะของเพชรแต่ละเม็ดซึ่งสามารถใช้เป็นหลักฐานในการระบุตัวตนของเพชรนั้นได้ ตัวอย่างใบรับรองคุณภาพเพชรของสถาบันไอจีไอดังแสดงในภาพ 2.2


7

ภาพที่ 2.1

ภาพด้านข้างของเพชรแสดงส่วนประกอบของเพชร




ที่มา: www.igiworldwide.com

### 2.1.1 การประเมินคุณค่าของเพชร

การจำแนกระดับต่างๆของเพชรให้ดูถึงความบริสุทธิ์ที่เพชรมีในหลักสากล (วรณิช ทังสุพานิช, 2541) สามารถแบ่งออกเป็น 4ซี (4Cs) ใหญ่ๆ ด้วยกันคือ น้ำหนักเพชรเทียบเป็นกะรัต (Carat) สีของเพชร (Color) ความบริสุทธิ์ (Clarity) และสุดท้าย รูปแบบ และทรงการเจียระไน (Cut) ดังแสดงดังนี้

#### 2.1.1.1 น้ำหนัก (carat weight)

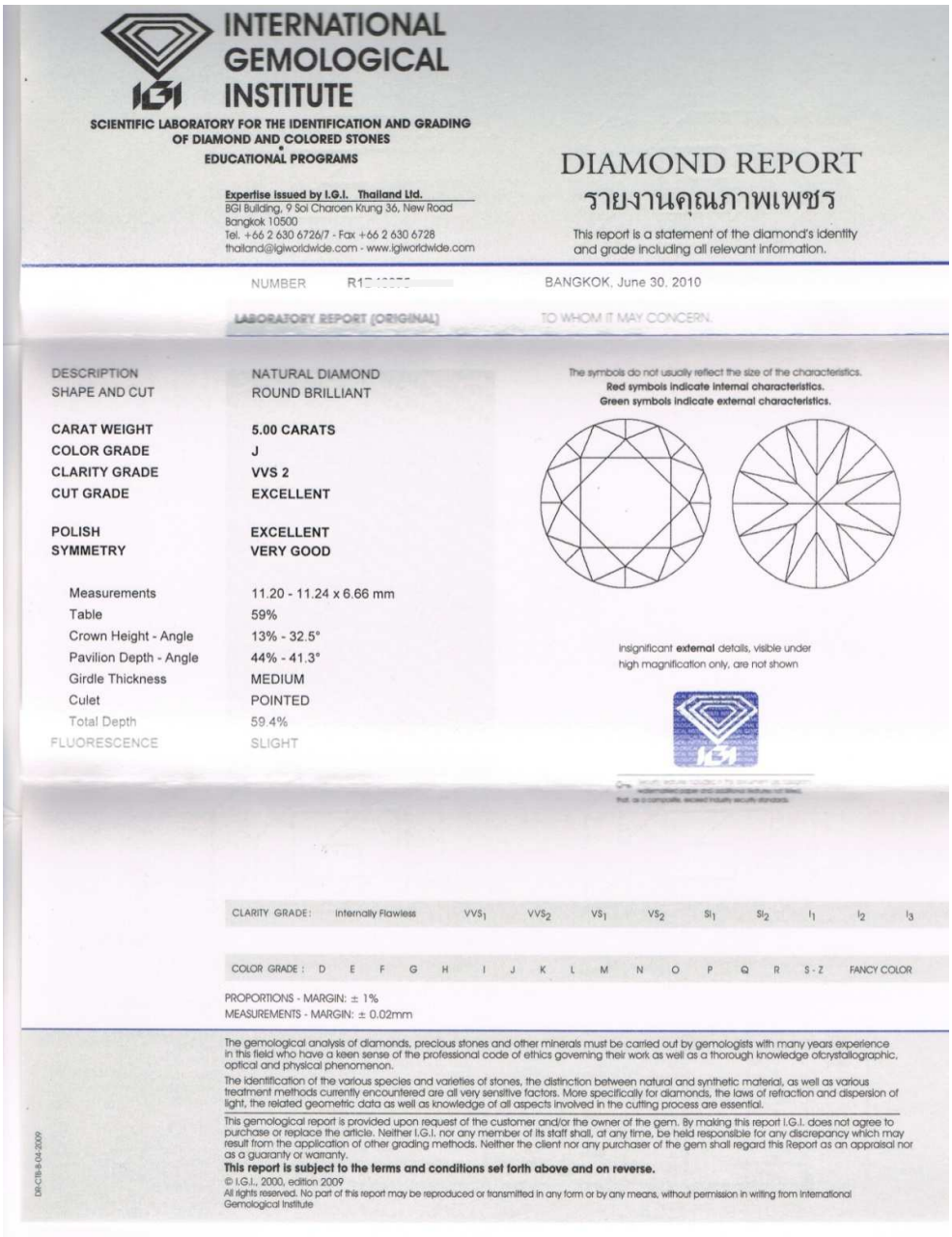
น้ำหนักของเพชร (กาญจนา ชูครุวงศ์, 2542) ใช้หน่วยวัดเป็นเมตริกกะรัต โดยหนักเทียบเท่ากับ 0.2 กรัม และ 142 กะรัตเท่ากับหนึ่งเอานซ์ (ounce) ในวงการอุตสาหกรรมเพชร น้ำหนักที่ใช้สามารถปรับลงไปถึงเศษหนึ่งส่วนพันของกะรัต และปรับเป็นจุดทศนิยมให้ใกล้สองตำแหน่ง เป็นหน่วยที่เรียกว่า point หากเพชรหนักหนึ่ง point หมายถึงเพชรนั้นหนัก หนึ่งส่วนพันกะรัต หรือหนึ่งส่วน 14,000 ของหน่วย ounce (เพชรหนึ่งกะรัตมี 100 point) ในภาษาไทย point คือ สตางค์ ซึ่งหมายถึงหนึ่งกะรัตเท่ากับ 100 สตางค์ ขนาดของเพชรสัมพันธ์กับราคาของเพชร เพชรยิ่งมีขนาดใหญ่มากเท่าใดราคาก็จะเพิ่มมากขึ้นหลายเท่า

#### 2.1.1.2 สี (Color)

เพชรที่ขายกันอยู่ในตลาดมีตั้งแต่ไม่มีสี (colorless) จนถึงสีเหลืองอ่อนๆ หรือน้ำตาล ซึ่งเป็นเกณฑ์สีปกติของเพชร (วรณิช ทังสุพานิช, 2541 และกาญจนา ชูครุวงศ์, 2542) แต่โดย

ภาพที่ 2.2

แสดงใบรับรองคุณภาพเพชรของสถาบันไอจีไอ



INTERNATIONAL GEMOLOGICAL INSTITUTE

SCIENTIFIC LABORATORY FOR THE IDENTIFICATION AND GRADING OF DIAMOND AND COLORED STONES
EDUCATIONAL PROGRAMS

Expertise issued by I.G.I. Thailand Ltd.
IGI Building, 9 Soi Charoen Krung 36, New Road
Bangkok 10500
Tel. +66 2 630 6726/7 - Fax +66 2 630 6728
thailand@igiworldwide.com - www.igiworldwide.com

DIAMOND REPORT
รายงานคุณภาพเพชร

This report is a statement of the diamond's identity and grade including all relevant information.

NUMBER R1[illegible]

BANGKOK, June 30, 2010

LABORATORY REPORT (ORIGINAL)

TO WHOM IT MAY CONCERN,

| | |
|---|---|
| DESCRIPTION | NATURAL DIAMOND |
| SHAPE AND CUT | ROUND BRILLIANT |
| CARAT WEIGHT | 5.00 CARATS |
| COLOR GRADE | J |
| CLARITY GRADE | VVS 2 |
| CUT GRADE | EXCELLENT |
| POLISH | EXCELLENT |
| SYMMETRY | VERY GOOD |
| Measurements | 11.20 - 11.24 x 6.66 mm |
| Table | 59% |
| Crown Height - Angle | 13% - 32.5° |
| Pavilion Depth - Angle | 44% - 41.3° |
| Girdle Thickness | MEDIUM |
| Culet | POINTED |
| Total Depth | 59.4% |
| FLUORESCENCE | SLIGHT |

The symbols do not usually reflect the size of the characteristics.
Red symbols indicate internal characteristics.
Green symbols indicate external characteristics.



insignificant external details, visible under high magnification only, are not shown

CLARITY GRADE: Internally Flawless | $VVS_1$ | $VVS_2$ | $VS_1$ | $VS_2$ | $SI_1$ | $SI_2$ | $I_1$ | $I_2$ | $I_3$

COLOR GRADE : D E F G H I J K L M N O P Q R S - Z FANCY COLOR

PROPORTIONS - MARGIN: ± 1%
MEASUREMENTS - MARGIN: ± 0.02mm

The gemological analysis of diamonds, precious stones and other minerals must be carried out by gemologists with many years experience in this field who have a keen sense of the professional code of ethics governing their work as well as a thorough knowledge of crystallographic, optical and physical phenomenon.

The identification of the various species and varieties of stones, the distinction between natural and synthetic material, as well as various treatment methods currently encountered are all very sensitive factors. More specifically for diamonds, the laws of refraction and dispersion of light, the related geometric data as well as knowledge of all aspects involved in the cutting process are essential.

This gemological report is provided upon request of the customer and/or the owner of the gem. By making this report I.G.I. does not agree to purchase or replace the article. Neither I.G.I. nor any member of its staff shall, at any time, be held responsible for any discrepancy which may result from the application of other grading methods. Neither the client nor any purchaser of the gem shall regard this Report as an appraisal nor as a guaranty or warranty.

**This report is subject to the terms and conditions set forth above and on reverse.**

© I.G.I., 2000, edition 2009
All rights reserved. No part of this report may be reproduced or transmitted in any form or by any means, without permission in writing from International Gemological Institute

DR-CTB-8.04-2009

แท้จริงแล้วเพชรมีสีเกือบครบทุกสีในสีรุ้ง สีที่ต่างออกไปจากปกตินี้เราจะเรียกว่า สีแฟนซี (fancy color) ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติมิได้มีการแต่งเติม อย่างไรก็ตามสีของเพชรอาจถูกทำขึ้นโดยใช้วิธีการ

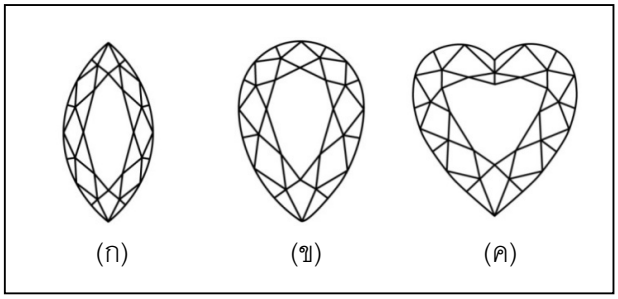
ต่างๆ เติมแต่งได้ เช่น วิธีการอาบรังสีซึ่งเป็นวิธีทั่วไปที่นิยมทำกัน หรือการอาบรังสีแล้วใช้ความร้อนด้วยซึ่งจะเปลี่ยนสีของเพชรได้อย่างถาวร นอกจากนี้ยังมีวิธีการแต่งสีเพชรโดยการเคลือบบางๆ (coating) ด้วยสารเคมีหรือพลาสติก

สาเหตุในการแต่งเติมสีเพชรก็เพื่อให้เพชรนั้นดูดีขึ้นหรือทำให้ขายได้ดี ดังนั้นเพชรที่ใช้ในการแต่งเติมสีจึงมักเป็นเพชรที่มีสีคล้ำ หรือออกสีเหลืองในเกณฑ์ปกติของเพชร นักอัญมณีศาสตร์ (Gemologist) สามารถวิเคราะห์การแต่งเติมสีของเพชรได้โดยอาจใช้เครื่องมือทดสอบอย่างง่ายๆ แต่ในบางกรณีก็ต้องอาศัยเครื่องมือในห้องปฏิบัติการจึงจะวิเคราะห์ได้

สีของเพชรขึ้นกับขนาด และการเจียระไน เพชรที่มีขนาดใหญ่จะเห็นสีในตัวเพชรได้มากกว่าเพชรที่มีขนาดเล็ก เพชรรูปมาคีส์ (Marquise) หยดน้ำ (Pear) และหัวใจ (Heart) ซึ่งมีส่วนแหลม (point) ตรงปลายจะเป็นส่วนที่รวมสีของเพชรนั้นไว้มากที่สุด ดูภาพประกอบที่ 2.3 เช่นเดียวกันกับเพชรที่ล้อมอยู่ในตัวเรือนที่สีของตัวเรือนจะเน้นหรือมีผลต่อสีของเพชรนั้นๆ เช่น ตัวเรือนทองจะทำให้เพชรที่มีสีออกฟ้าดูไม่สวยแต่จะทำให้เพชรที่มีสีเหลืองอ่อนๆ หรือน้ำตาลอ่อนดูดีขึ้นคือดูขาวขึ้น ในขณะที่เพชรที่มีสีเหลืองเข้มหรือน้ำตาลเข้มเมื่ออยู่ในตัวเรือนทองจะทำให้ดูสีเข้มมากขึ้น สำหรับตัวเรือนสีขาว ทำให้เพชรที่มีสีเหลืองหรือน้ำตาลอ่อนดูมีสีเหลืองหรือน้ำตาลมากขึ้น แต่จะทำให้เพชรที่มีสีออกฟ้าดูดีขึ้น ด้วยเหตุนี้การประเมินสีของเพชรที่อยู่ในตัวเรือนจึงไม่ค่อยเข้มงวดเท่ากับการประเมินสีเพชรร่วง

ภาพที่ 2.3

แสดงเพชรรูปทรง (ก) มาคีส์ (ข) หยดน้ำ และ (ค) หัวใจ




เพชรที่อยู่ในเกณฑ์สีปกติจะประเมินเทียบกับเพชรใสไม่มีสี (colorless) ยิ่งใกล้กับความใสไม่มีสีเท่าไหร่ราคาก็ยิ่งสูงขึ้นเท่านั้น แต่สำหรับเพชรที่อยู่ในกลุ่ม fancy color จะใช้การประเมินความเข้มและความบริสุทธิ์ของสีนั้นๆ (tone and saturation) สียิ่งสดมาก และบริสุทธิ์มากเท่าไรราคาหรือคุณค่าก็มากขึ้น

การเห็นสีของเพชรนั้นคือผลรวมของสีในตัวเพชรเอง (bodycolor) จากความเป็นประกายของเพชร (brilliant) และจากการกระจายแสง (dispersion) คุณลักษณะเหล่านี้เกิดจากธรรมชาติของผลึกเพชร และสัดส่วนของเหลี่ยมต่างๆ ในการเจียระไน โดยเมื่อนักอัญมณีศาสตร์กล่าวถึงสีจะหมายถึงสีในตัวเพชร (bodycolor) ซึ่งเกิดจากการเลือกสีในการดูดกลืน (selective absorption) ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ทั่วไปที่ทำให้เราเห็นสีต่างๆ ได้ การเกิดสีนั้นเกิดจากแสงสีขาวในธรรมชาติซึ่งเกิดจากการรวมตัวกันของสีต่างๆ ที่มีความสมดุลเมื่อแสงสีขาวนั้นเดินทางผ่านวัตถุใดๆ วัตถุนั้นจะดูดกลืนแสงบางสีไว้ สีส่วนที่เหลือที่ไม่ถูกดูดกลืน คือสีที่เรามองเห็นเป็นสีของวัตถุนั่นเอง

ความเป็นประกาย (brilliant) คือการที่แสงเดินทางผ่านเข้าไปในเพชร แล้วสะท้อนกลับจากภายในเพชรและผิวของเพชรกลับเข้าสู่ตาเราทั้งหมด ทั้งนี้เมื่อแสงเดินทางกระทบผิวหน้าของเพชรส่วนหนึ่งจะสะท้อนกลับในขณะที่อีกส่วนหนึ่งจะเดินทางเข้าสู่เพชร แสงที่สะท้อนจากผิวหน้าของเพชรคือส่วนประกอบประกายส่วนนอก (external component of brilliance) การที่เพชรมีประกายทำให้เพชรสะท้อนสีของตัวเรือน

**2.1.1.3 ความสะอาด**

ความสะอาด (clarity) ในที่นี้หมายถึงการที่เพชรปราศจากมลทินหรือตำหนิภายใน (Inclusion) เพชร และตำหนิภายนอกเพชร (Blemishes) ได้แก่ รอยขีดข่วน (scratches) รอยแหว่งเล็กๆ (nicks) และส่วนของเพชรดิบที่ยังเหลือค้างไว้ในเพชรที่เจียระไนแล้ว มลทินหรือตำหนิภายในหรือ inclusions ได้แก่ผลึกธาตุอื่นๆ หรือผลึกเพชร รอยตำหนิขนนก (feather) หรือรอยแตก (breaks) ร่องรอยโครงสร้างผลึกที่ผิดปกติ รอยหรือรูที่เกิดจากการใช้แสงเลเซอร์ปรับปรุงมลทินหรือตำหนิภายในเพชร (กาญจนา ชูครุวงศ์, 2542)

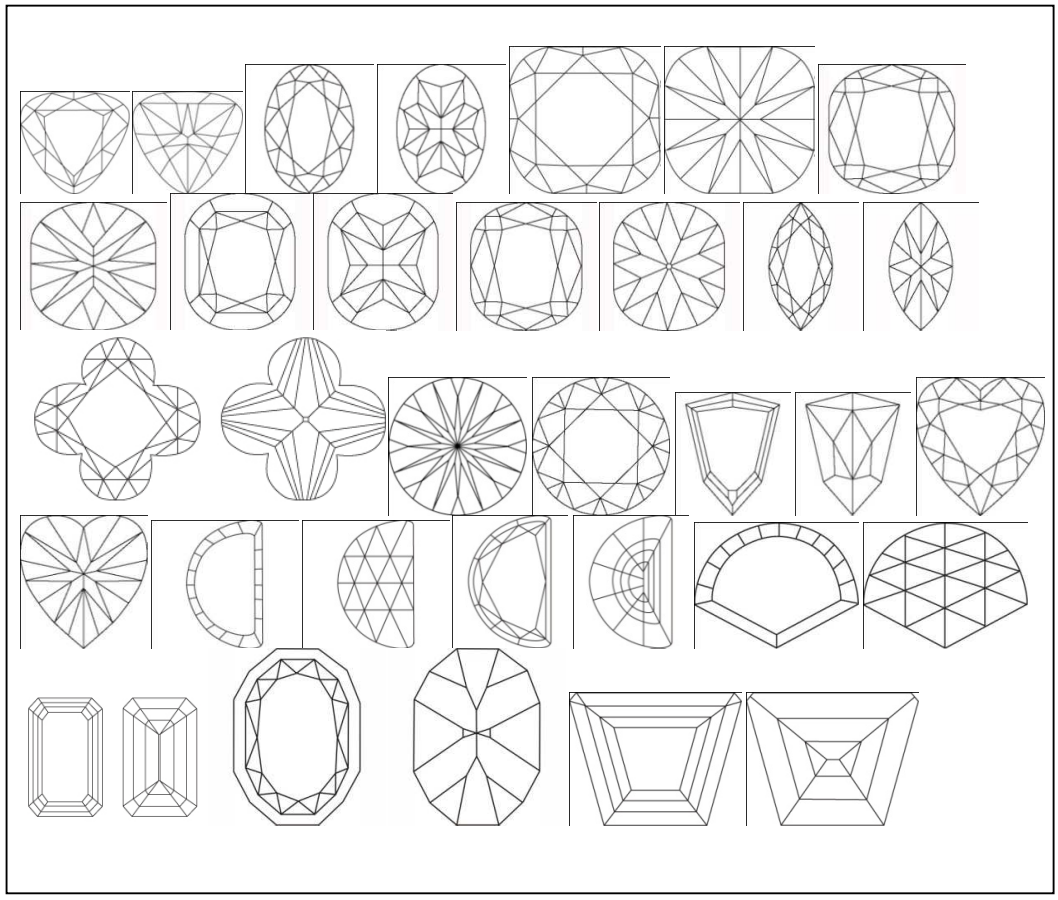
โดยทั่วไปนิยมเรียกตำหนิภายนอกและตำหนิภายในรวมกันว่า ลักษณะความสะอาดของเพชร (clarity characteristic) หรือลักษณะความสะอาดของเพชร ซึ่งปกติลักษณะมลทินหรือตำหนิภายในหรือ inclusions จะมีผลต่อคุณภาพ คุณค่า ความงาม และความคงทน หรือความทนทาน (durability) มากกว่าตำหนิภายนอก (blemishes)

**2.1.1.4 การเจียระไน (cut)**

การเจียระไน (กาญจนา ชูครุวงศ์, 2542) เป็นวิธีการที่มนุษย์คิดค้นขึ้นมาเพื่อช่วยทำให้เพชรเป็นอัญมณีที่มีความงดงามมากที่สุด เนื่องจากการเจียระไนมีส่วนช่วยทำให้เพชรมีสีดีขึ้นและสามารถช่วยกำจัดหรือปิดบังมลทินหรือตำหนิภายในของเพชรได้ อย่างไรก็ตามช่างเจียระไน

จะต้องเลือกระหว่างเจียระไนเพชรเม็ดนั้นให้สวยงามที่สุด และให้ได้น้ำหนักมากที่สุดด้วย ตัวอย่างลักษณะรูปทรงการเจียระไนต่างๆ ดังแสดงในภาพ 2.4

ภาพที่ 2.4
แสดงตัวอย่างการเจียระไนเพชรรูปทรงต่างๆ



**2.1.2 การประเมินสีของเพชร**

การดูดกลืนสีไว้ และการเกิดสีของวัตถุนั้นจะขึ้นอยู่กับชนิดของอะตอมของวัตถุนั้นๆ (วรณิช ทังสุพานิช, 2541 และกาญจนา ชูครุวงศ์, 2542) การจัดตัวและการจับตัวซึ่งกัน และกันเพชรที่สมบูรณ์ประกอบด้วยอะตอมของคาร์บอนเพียงธาตุเดียวในรูปแบบการจัดตัวของอะตอมที่สมบูรณ์ที่สุดคือระบบลูกบาศก์ (isometric) เป็นเพชรที่ไม่มีสี

เพชรที่เกิดในธรรมชาติส่วนใหญ่มีอะตอมของธาตุอื่นๆ ปะปนในขณะที่ก่อตัวซึ่งระบุไว้ว่ามีมากถึง 25 ธาตุที่เป็นตัวปะปนทำให้เพชรนั้นไม่บริสุทธิ์ อย่างไรก็ตามกรณีสำหรับเพชรที่มีคุณภาพ (gem quality diamond) ธาตุที่ปะปนนั้นมีเพียง 0.05% ของน้ำหนักผลึกเท่านั้น ธาตุแปลกปลอมที่ปะปนในเพชรที่พบส่วนใหญ่ที่พบคือไนโตรเจน และโบรอนซึ่งทำให้เพชรนั้นเกิดสี เช่นเพชรที่มีธาตุไนโตรเจนเข้าไปแทนที่อะตอมของคาร์บอนในผลึกเพชรเพียงเล็กน้อย แค่ 100 อะตอมจากอะตอมของเพชรหนึ่งล้านอะตอม เพชรจะดูดกลืนสีม่วงและสีน้ำเงินไว้ทำให้เรามองเห็นเพชรเม็ดนั้นมีสีเหลืองอ่อน สำหรับโบรอนที่ปะปนในผลึกเพชรจะทำให้เรามองเห็นเพชรนั้นมีสีฟ้า

ส่วนเพชรที่มีสีน้ำตาล ชมพู หรือแดงเชื่อว่าเกิดจากความผิดปกติของโครงสร้างผลึก เพชรที่มีสีเขียวเกิดจากการที่เพชรนั้นได้รับรังสีในทางธรรมชาติทำให้โครงสร้างผิดไป เพชรสีดำเกิดจากตำหนิหรือมลทินภายใน สำหรับเพชรสีอื่นๆ นั้นเกิดจากการผสมกันระหว่างความไม่บริสุทธิ์ทางเคมี และโครงสร้างที่ผิดปกติของเพชร ขนาดของเพชรมีผลต่อสีของเพชรที่เรามองเห็นเช่นกัน เพราะเพชรยิ่งมีขนาดใหญ่ระยะทางที่แสงผ่านมีมากก็จะถูกดูดกลืนมากทำให้มองเห็นสีเข้มกว่าปกติเมื่อเปรียบเทียบกับเพชรที่มีขนาดเล็กกว่า เช่น เพชรขนาดห้ากะรัต (5.00 กะรัต) กับเพชรที่มีขนาดห้าสิบสตางค์ (0.50 กะรัต) ที่มีสีเท่ากัน เม็ดขนาดห้ากะรัตจะดูเหลืองกว่าเพชรขนาดห้าสิบสตางค์

2.1.2.1 **สีของเพชร**

เพชรถูกจำแนกออกเป็นเพชรไม่มีสีไปจนถึงสีเหลืองอ่อนหรือน้ำตาลอ่อนเรียกเป็นเพชรกลุ่มที่มีปกติ (normal range) ส่วนเพชรสีอื่นๆ เรียกว่าเพชรแฟนซี (fancies) ในกลุ่มสีปกตินี้คนส่วนใหญ่ไม่สามารถมองเห็นความแตกต่างของสีได้เว้นแต่มีผู้อื่นชี้ให้เห็น (กาญจนา ชูครุวงศ์, 2542) สีอื่นๆ ที่เยกว่าแฟนซี ได้แก่ สีเหลืองเข้ม สีน้ำตาลเข้ม สีชมพู สีเทา สีแดง สีฟ้า สีส้ม สีเขียว สีม่วง และสีดำ ดังแสดงในภาพที่ 2.5 และภาพที่ 2.6 ซึ่งสีของเพชรในทางธรรมชาติเหล่านี้ไม่เข้มและบริสุทธิ์ แต่จะเป็นสีที่เกิดจากการผสมของสีต่างๆ หรือมีสีเทาหรือน้ำตาลปนทำให้มีสีมืดลง เพชรที่มีสีเทา สีฟ้า และสีชมพูเป็นเพชรที่หาได้ยากไม่เหมือนเพชรสีเหลืองและสีน้ำตาล ส่วนเพชรสีส้ม สีเขียว และสีม่วงก็เป็นกลุ่มเพชรที่หาได้ยากมาก อย่างไรก็ตามเพชรสีแดงเป็นเพชรที่หาได้ยากที่สุด สำหรับเพชรสีดำพบว่าสามารถนำมาทำอัญมณีได้งดงามมากเช่นกัน

เพชรในกลุ่มสีปกติราคาจะลดลงเมื่อสีของเพชรนั้นเข้มขึ้นจากไม่มีสีไปจนถึงสีเหลืองและสีน้ำตาล และราคาจะเพิ่มขึ้นเมื่อสีอยู่ในกลุ่มแฟนซี เพชรสีเหลือง สีน้ำตาล สีส้ม สีเทา และสีเขียวอ่อนจะมีราคาถูกกว่าเพชรที่ไม่มีสี ในขณะที่เพชรที่มีสีม่วง สีฟ้าอ่อน และสีชมพูจะมีราคาสูง

กว่า เพชรสีที่มีค่ามากคือเพชรสีฟ้า และน้ำเงินเข้ม และสีแดงเข้มซึ่งมีราคาสูงกว่าเพชรไม่มีสีหลายเท่า

ความนิยมเพชรสีต่างๆ ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ ขนบธรรมเนียมประเพณี หรือแม้แต่เพศที่แตกต่างกัน เช่น ในประเทศแถบยุโรปและตะวันออกกลางนิยมเพชรที่มีสีเข้มในกลุ่มสีปกติและสีแฟนซี ในขณะที่ประเทศแถบตะวันออกไกลนิยมซื้อเพชรที่ไม่มีสี และเพชรเกือบไม่มีสีมากกว่าเพชรที่มีสีเหลืองอ่อนและน้ำตาลขายได้ดีในบางส่วนของสหรัฐอเมริกา และผู้ชายยอมรับเพชรที่มีสีเข้มในกลุ่มสีปกติมากกว่าผู้หญิง

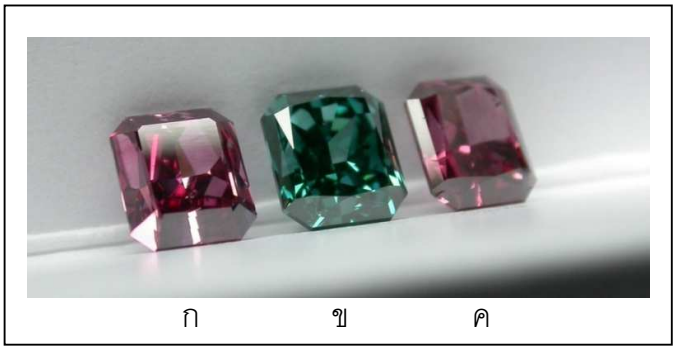
ภาพที่ 2.5

แสดงเพชรสีต่างๆ

จากภาพที่ 2.5 กำหนดให้ ก.แดง ข.ใส ค.ชมพู ง.เหลือง จ.เหลือง ฉ.แดง ช.เหลืองอมน้ำตาล ซ.แดง ฌ.เหลือง ญ.เหลืองอมเขียว ฎ.แดงเข้ม

ภาพที่ 2.6

แสดงเพชรสีต่างๆ




จากภาพที่ 2.6 กำหนดให้ ก.แดง ข.เขียว ค.แดง

**2.1.2.2 วิธีการประเมินสีเพชร**

การประเมินสีเพชร (Color grading) นั้นกระทำได้โดยใช้เพชรที่ต้องการประเมินนำมาเปรียบเทียบกับเพชรต้นแบบ (master stones) ภายใต้สภาพแวดล้อมที่ถูกควบคุม (กาญจนา ชูครุวงศ์, 2542) ในห้องปฏิบัติการของสถาบันจีไอเอจะมีเพชรที่จัดทำไว้เป็นชุดเป็นเพชรต้นแบบ เริ่มจากเพชรที่ไม่มีสีไปถึงเพชรที่มีสีเหลือง สีของเพชรที่แตกต่างกันนั้นมองเห็นได้ชัดเจนเมื่อมองผ่านส่วนล่าง (pavilion) ของเพชร ดังนั้นผู้ประเมินสีจึงวางเพชรให้ส่วนหน้ากระดาน (table) คว่ำลง (table-down) เมื่อเปรียบเทียบกับเพชรต้นแบบ แต่เพื่อให้การประเมินเพชรเชื่อถือได้จึงควรเปรียบเทียบเพชรโดยยกส่วนหน้ากระดานขึ้น (face up) และมองดูสีจากมุมต่างๆ กัน

ความแม่นยำแน่นอนของการประเมินสีเพชรขึ้นกับตัวแปรสามชนิด คือ เพชรต้นแบบ สภาพแวดล้อม และผู้ประเมินสีเพชรเอง การจดจำสีของเพชรโดยไม่ใช้เพชรต้นแบบนั้นอาจทำให้คลาดเคลื่อนได้ ดังนั้นในร้านขายเครื่องประดับจึงควรมีเพชรต้นแบบไว้เปรียบเทียบสีของเพชรด้วย ถึงแม้จะมีจำนวนเม็ดไม่มากเท่าในห้องปฏิบัติการซึ่งมีถึง 13 เม็ด แต่ร้านค้าก็ควรมีเพชรต้นแบบไว้สามถึงห้าเม็ดซึ่งมีเป็นช่วงต่างกันเพื่อเป็นมาตรฐานในการประเมินและการตีราคา

สภาพแวดล้อมในการประเมินสีเพชรเป็นเรื่องที่มีความสำคัญมากเช่น สีของผนังห้องหรือสีของเฟอร์นิเจอร์อาจส่งผลต่อการประเมินสีเพชรได้ สีเทาอ่อน สีครีมหรือสีขาวเป็นสีที่เหมาะกับการประเมินเพชรมากที่สุด ส่วนสีที่สว่างหรือฉูดฉาดนั้นจะรบกวนประสาทตาได้

แสงที่เหมาะสมในการประเมินเพชรคือแสงจากธรรมชาติที่ส่องจากทางทิศเหนือ (north daylight) ซึ่งเป็นแสงที่นิยมในการประเมินเพชรในสมัยโบราณ

สีของห้องนอกจากมีผลในการประเมินเพชรแล้ว ในการขายก็มีความสำคัญ เช่นกัน เช่น เฟอร์นิเจอร์หรือผนังห้อง สีขาวหรือสีเทานั้นเหมาะสำหรับเป็นห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ แต่จะดูแห้งแล้งเกินไปถ้าจะใช้ตกแต่งร้านขายเครื่องประดับหรืออัญมณี สีฟ้าหรือสีน้ำเงินของผนังห้องและเฟอร์นิเจอร์จะช่วยเน้นสีเหลืองและน้ำตาลให้ดูเด่นขึ้น ในขณะที่สีครีมหรือสีเนื้อ (beige) หรือสีเทาอ่อนๆ เป็นสีที่ทำให้สีต่างๆ ดูดีขึ้น และสร้างบรรยากาศที่ดีอบอุ่นเป็นกันเอง

สิ่งที่มีความสำคัญมากในการประเมินเพชรคือตัวผู้ประเมินเพชรเอง ซึ่งต้องเป็นผู้ที่ได้รับการฝึกฝนและมีประสบการณ์รวมทั้งมีความมั่นคงทางอารมณ์และสุขภาพที่ดีซึ่งล้วนมีผลต่อความแม่นยำในการประเมินเพชรทั้งสิ้น ประสบการณ์ และความถี่ในการประเมินเพชรทำให้เกิดความแม่นยำถูกต้อง อย่างไรก็ตามสำหรับเพชรที่อยู่ในตัวเรือนนั้นการประเมินสีเพชรจะมีความแม่นยำน้อยกว่าเพชรร่วงเพราะสีของตัวเรือนจะสะท้อนส่งมาที่เพชร และบางส่วนของตัวเรือนที่

หุ้มเพชรอยู่ทำให้มองเห็นสีของเพชรได้ไม่ชัดเจน ด้วยเหตุนี้การประเมินสีของเพชรที่อยู่ในตัวเรือนจึงต้องให้การประเมินเพชรเป็นช่วงสามหรือสี่ระดับสีแทนที่จะให้ระดับใดระดับหนึ่งเฉพาะเจาะจงลงไป

การประเมินสีเพชรเป็นการใช้การตัดสินของผู้ประเมินโดยการเปรียบเทียบกับเพชรต้นแบบ แสงที่ใช้เป็นมาตรฐานการประเมินเพชรก็มีความสำคัญเช่นกัน และจะให้ผลแตกต่างกันในสภาพของแสงที่ต่างกัน ดังนั้นจึงได้มีการคิดแสงไฟที่ใช้เป็นมาตรฐานในการประเมินสีเพชรซึ่งได้แก่ ไฟที่ให้ความร้อน 5,000 - 5,500 องศาเคลวิน (D55-D65) ซึ่งทั้งระบบ CIBJO GIA และ IDG ได้แนะนำให้ใช้เนื่องจากหลอดไฟประเภทนี้จะให้แสงที่เหมือนกับแสงของธรรมชาติ (north daylight) ซึ่งมีความสมดุลของการกระจายของสีต่างๆ (equivalent spectral distribution)

เพชรต้นแบบ (master stones) ควรมีลักษณะดังนี้

-เพชรที่เป็นต้นแบบควรมีเพชรที่อยู่ในช่วงที่มีเหลืองบ้างเพื่อให้เห็นถึงความแตกต่างของสีที่ค่อยๆ เปลี่ยนไปจากเพชรที่ไม่มีสีเป็นเพชรที่มีสีเหลืองอ่อนๆ แต่เพชรเหล่านี้ควรเลือกเพชรที่มีประกายเหมือนๆ กันมีสีในระดับต่างๆ จากระดับที่ไม่มีสี ระดับสีเหลืองอ่อนๆ ในระดับกลางและในระดับต่ำที่มีสีเหลืองเห็นชัด

-เพชรควรมีขนาดไม่ต่ำกว่า 0.25 กะรัต แต่หากเพชรที่ต้องการประเมินมีขนาดใหญ่ เพชรต้นแบบควรใช้ขนาดตั้งแต่ 0.79 กะรัตขึ้นไป

-เพชรต้นแบบไม่จำเป็นต้องเป็นเพชรเกรดดีไม่มีตำหนิ (flawless) แต่ถ้าหากมีตำหนิ ตำหนินั้นต้องไม่มีผลต่อสีของเพชร

-เพชรต้นแบบไม่ควรเป็นเพชรที่เรืองแสง (เพชรที่เรืองแสงคือเพชรที่มีการเรืองแสงภายใต้แสงอัลตราไวโอเลต – ดูรายละเอียดหน้า 19)

-เพชรควรเจียระไนในรูปแบบเดียวกัน และมีสัดส่วนที่ดี เนื่องจากหากเพชรนั้นมีการเจียระไนส่วนของ crown หรือ pavilion สูงหรือต่ำเกินไปจะส่งผลต่อสีและประกายของเพชรด้วย

-ส่วนขอบ (girdle) ของเพชรต้นแบบควรมีขนาดเล็กแคบ (narrow) และสม่ำเสมอเท่าที่จะเป็นได้ เพราะขอบเพชรที่หนาจะส่งผลต่อสีของเพชรเช่นกัน นอกจากนี้ขอบเพชรควรจะเรียบไม่ขรุขระหรือสกปรก

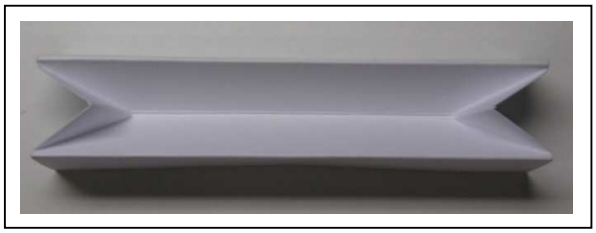
-เพชรที่มีสีเทา น้ำตาล และเขียวเจือปน ไม่ควรจะนำมาใช้เปรียบเทียบกับเพชรที่ต้องการประเมินการเจือปนของสีเหลือง

การประเมินสีของเพชรเมื่อประเมินโดยดูสีเพชรภายใต้แสงไฟชนิดแสงขาว (day-light) ใช้การดูเพชรในกระดาษขาวที่พับไว้เป็นมุม 45 องศา ดังแสดงในภาพที่ 2.7 ก่อนการ

ประเมินสีเพชรต้องทำความสะอาดเพชรนั้นก่อนและวางเพชรให้ส่วนหน้ากระดาน (table) คว่ำลงบนกระดาษส่วน ส่วนปลายแหลม (culet) ชี้ขึ้น โดยการประเมินสีต้องให้เพชรห่างจากเพชรต้นแบบประมาณหนึ่งเซนติเมตรเป็นอย่างน้อยมิเช่นนั้นสีเพชรต้นแบบอาจมีผลทำให้ดูเพชรที่ต้องการประเมินผิดไป โดยผู้ประเมินควรจับกระดาษที่ใส่เพชรไว้ด้วยนิ้วหัวแม่มือและปลายนิ้วอื่นๆให้ห่างจากแสงไฟประมาณ 15 เซนติเมตร วางส่วนหน้ากระดานลงบนกระดาษในแนวนอน โดยดูสีของเพชรตรงลงไปในแนวตั้งฉากกับเหลี่ยมพาวิลเลี่ยน (pavilion facet) เปรียบเทียบกับเพชรต้นแบบในระหว่างสีที่ใกล้เคียงกัน วิธีการดูสีของเพชรมีอยู่สองวิธีคือ ดูเพชรในแนวตั้งฉากกับเหลี่ยมพาวิลเลี่ยนครึ่งทางของส่วนเพชรขึ้นไปที่ส่วนปลายแหลมอีกวิธีหนึ่งคือการวางเพชรให้ส่วนเหลี่ยมพาวิลเลี่ยนอยู่บนฐานของกระดาษที่พับไว้ให้ส่วนปลายแหลมชี้เข้าหาผู้เกรดเพชรดังภาพที่ 2.8 ในกรณีนี้ผู้ประเมินเพชรสามารถดูสีเพชรจากส่วนปลายแหลมลงไปเพื่อดูพาวิลเลี่ยนทั้งหมดได้โดยไม่ต้องดูผ่านส่วนขอบเพชร ในการประเมินสีของเพชรรูปทรงแฟนซี เช่น ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า (baguette) ทรงหยดน้ำ (pears) และทรงหัวใจ (heart) หรือ ทรงสี่เหลี่ยมตัดมุม (emerald cuts) ดังภาพที่ 2.9 ซึ่งสีของเพชรในส่วนแหลมหรือส่วนปลาย (point) จะเป็นส่วนที่มีสีมากกว่าส่วนอื่นๆ เพชรรูปทรงเช่นนี้สีของเพชรตามแนวยาวและตามแนวขวางจะแตกต่างกัน โดยในแนวยาวสีจะดูเข้มกว่าในแนวขวาง ดังนั้นการประเมินสีเพชรประเภทแฟนซีต้องดูตามแนวต่างๆ ดังภาพที่ 2.10

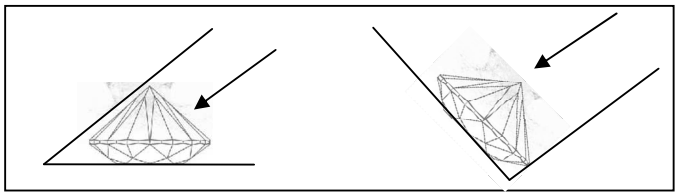
ภาพที่ 2.7

แสดงกระดาษดูสีเพชรที่พับ 45 องศา



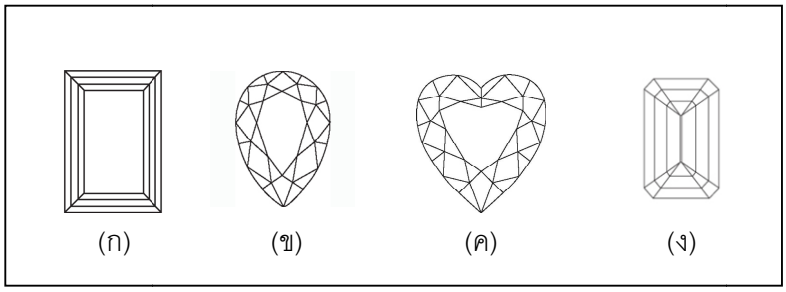
ภาพที่ 2.8

แสดงแนวในการดูสีเพชร



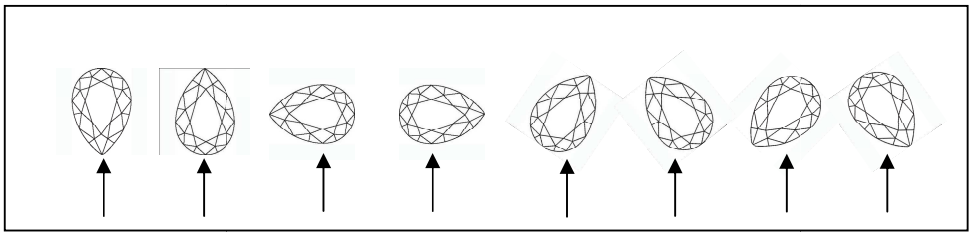
ภาพที่ 2.9

แสดงรูปทรงของเพชร (ก) ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า (ข) ทรงหยดน้ำ (ค) ทรงหัวใจ และ (ง) ทรงสี่เหลี่ยมตัดมุม




ภาพที่ 2.10

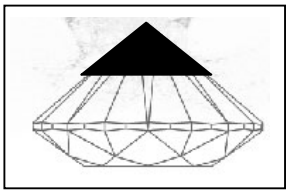
แสดงแนวการดูสีรูปทรงแฟนซี



ก่อนการประเมินสี ผู้ประเมินควรทำความคุ้นเคยกับสีของเพชรต้นแบบก่อน เพื่อให้สามารถจำแนกความแตกต่างของสีในแต่ละระดับได้ การประเมินสีเพชร ควรเป็นการประเมินในขณะที่ผู้ประเมินมีความรู้สึกสบายๆ ช่วงเวลาการประเมินไม่ควรติดต่อกันยาวนานมากควรทำในช่วงระยะเวลาสั้นๆ เป็นช่วงๆ การประเมินสีควรเปรียบเทียบกับเพชรต้นแบบทั้งจากมุมด้านซ้ายและมุมด้านขวาของเพชรต้นแบบนั้น ในกรณีที่เพชรมีขนาดแตกต่างกัน เพชรที่มีขนาดใหญ่จะมองเห็นสีเพชรนั้นมากกว่า การแก้ไขคือควรดูสีของเพชรในส่วนปลายพาวิลเลี่ยนในเนื้อที่หนึ่งส่วนสามส่วนของเนื้อที่เพชรทั้งเม็ดดังภาพที่ 2.11

ภาพที่ 2.11

แสดงส่วนที่ใช้ดูเพชรขนาดใหญ่



การเปรียบเทียบสีของเพชรในกรณีที่เพชรมีสีน้ำตาล และสีเขียวเจือปนซึ่งสีที่เจือปนนั้นไม่มากพอที่จะเรียกว่าสีแฟนซีได้ การเปรียบเทียบสีต้องประเมินสีในกลุ่มสีที่มีสีเหลืองเจือปนโดยพยายามไม่สนใจสีน้ำตาล และสีเขียวของเพชร และประเมินสีโดยดูจากความเข้มหรือความบริสุทธิ์ของสี (saturation)

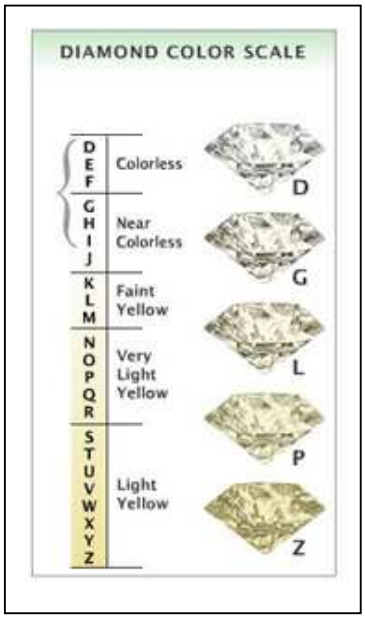
เพชรโดยปกติมีประมาณ 50% ที่เรืองแสงให้สีฟ้าอ่อน มีเพชรจำนวนน้อยที่เรืองแสงสีเขียวอ่อน เหลืองหรือแดง การเรืองแสงเกิดขึ้นเมื่อเพชรนั้นได้รับแสงอัลตราไวโอเลตซึ่งเกิดได้ทั้งที่เป็นคลื่นสั้น และคลื่นยาว มีเพชรจำนวนน้อยที่สามารถเรืองแสงได้ภายใต้แสงอัลตราไวโอเลตที่มีในเวลากลางวัน การดูว่าเพชรเรืองแสงหรือไม่จะใช้แสงอัลตราไวโอเลตชนิดคลื่นยาวที่ 366 นาโนเมตร โดยให้คำจำกัดความลักษณะการเรืองแสงเป็นระดับคือ ไม่เรืองแสง เรืองแสงน้อยๆ ปานกลาง และเรืองแสงมาก (nil or none, slight, medium, strong)

**2.1.2.3 ระดับการแบ่งสีของเพชร**

แบ่งเป็น 23 ระดับ เริ่มจาก D – Z โดยจัดเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ได้ห้ากลุ่มดังแสดงไว้ในแผนภาพ ในภาพ 2.12 ดังนี้

ภาพที่ 2.12

แสดงระดับสีของเพชร




ที่มา: diamond color

- **D, E, F** - colorless
- **G, H, I, J** - near colorless
- **K, L, M** - faint yellow or brown
- **N, O, P, Q, R** - very light yellow or brown
- **S, T, U, V, W, X, Y, Z** - light yellow or brown

**2.1.2.4 การแบ่งระดับสีของเพชรต้นแบบตามระบบของ ไอจีไอ**

เพชรที่ใช้เป็นต้นแบบของการเปรียบเทียบสีของ ไอจีไอ แบ่งออกเป็น 13 ระดับ คือ D, E, F, G, H, I, J, K, M, O, R, X – Y และ Z หรือ Fancy Light Yellow โดยแต่ละระดับจะมีเพชรต้นแบบอยู่อย่างละหนึ่งเม็ด โดยที่การเปรียบเทียบสีกับเพชรของลูกค้าก็จะใช้เพชรทั้ง 13 เม็ดนี้เป็นเพชรต้นแบบในการเปรียบเทียบสีของเพชรโดยใช้ผู้เชี่ยวชาญในการวิเคราะห์สีของเพชรโดยจะวางเพชรต้นแบบเทียบกับเพชรทั่วไป โดยจะเปรียบเทียบทั้งด้านซ้ายมือ และด้านขาวมือ และนำผลที่ได้จากการเปรียบเทียบสีทั้งสองด้านมากำหนดสีให้กับเพชรทั่วไป และแสดงตัวอย่างภาพถ่ายจากเพชรจริงในภาพที่ 2.13

ภาพที่ 2.13

ตัวอย่างภาพถ่ายเพชรจริง

(ก) D - F (ข) G – J (ค) K - M (ง) N - P (จ) X – Y (ฉ) Z

## 2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลภาพ

โดยปกติแล้วสายตาของคนทั่วไปจะมองเห็นภาพต่างๆ เป็นลักษณะสัญญาณต่อเนื่องหรืออนาล็อก (Analog) ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยคณิตศาสตร์ที่มีตัวแปรนับได้อย่างต่อเนื่อง แต่เครื่องคอมพิวเตอร์จะใช้เลขฐานสองเป็นหลักในการคำนวณจัดเก็บข้อมูล จึงทำงานกับสัญญาณไม่ต่อเนื่องที่เรียกว่าสัญญาณดิจิตอล และโดยสำหรับข้อมูลภาพจะถูกแทนที่ด้วยตัวเลขให้อยู่ในรูปของเมทริกซ์ (Matrix) ดังนั้นเมื่อนำภาพมาแปลงเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ ภาพนั้นจะกลายเป็นภาพดิจิตอล (Digital Image) ซึ่งจะเรียกการทำงานนี้ว่าเป็นการประมวลผลภาพเชิงตัวเลขระบบพิกัดระนาบสองมิติ (Spatial Coordinate) จะใช้ในการแสดงภาพดิจิตอล ซึ่งมีขนาดความกว้างและความสูงของภาพแสดงในแกน X และแกน Y (Gonzalez & Woods, 2001) ส่วนจุดใดๆ ที่อยู่บนระนาบ XY จะเรียกแทนจุดใดๆ นั้นว่าพิกเซล (Pixel) โดยจะมีฟังก์ชัน f(x,y) ที่แสดงถึงค่าระดับความเข้มที่มีอยู่ L ระดับ ซึ่งเป็นจำนวนที่นับได้จำกัดแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Quantity) ซึ่งค่าที่ได้เป็นผลมาจากการทำควอนไทต์ (Quantization) นั่นคือการแปลงจากอนาล็อกเป็นดิจิตอลจำนวนช่วงระดับความเข้ม L ของจุดภาพจะบ่งบอกถึงระดับความเข้มของภาพเชิงตัวเลข ซึ่งโดยทั่วไประดับความเข้ม L จะมีค่าตั้งแต่สองระดับขึ้นไป เช่นที่ค่าระดับความเข้ม 256 ระดับ นั่นคือค่าระดับความเข้มของจุดภาพอยู่ในช่วง [0-255] โดยจะใช้เนื้อที่ในการเก็บขนาดหนึ่งไบต์ (Byte) หรือแปดบิต (Bit) สำหรับข้อมูลหนึ่งจุดภาพ ($2^8 = 256$) ในกรณีที่ต้องการภาพที่มีความละเอียดของระดับความเข้มสูงกว่านี้ขึ้นไป จะต้องใช้เนื้อที่ในการเก็บข้อมูลมากกว่าแปดบิต ซึ่งอาจจะเป็น 16 บิต หรือ 24 บิต โดยค่าระดับความเข้มของจุดภาพจะเป็น $2^{16}$ ระดับและ $2^{24}$ ระดับตามลำดับ รูปแบบในการประมวลผลภาพสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ระดับคือ การประมวลผลภาพในระดับต่ำ (Low-level Image Processing) และการประมวลผลภาพในระดับสูง (High-level Image Processing) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การประมวลผลภาพในระดับต่ำ เป็นการประมวลผลภาพเชิงตัวเลขเพื่อหาตัวแปรต่างๆ มาอธิบายข้อมูลภาพ โดยทั่วไปแล้วการประมวลผลภาพในระดับต่ำนั้นจะหมายถึง การประมวลผลภาพก่อน (Image Preprocessing) เช่น การกำจัดสัญญาณรบกวน การจำแนกภาพ การหาขอบภาพ การเปลี่ยนแปลงภาพ การทำให้ภาพคมชัด เป็นต้น โดยการประมวลผลในระดับต่ำจะใช้ค่าความสว่างหรือระดับความเข้มของจุดภาพโดยตรง ซึ่งถือว่าเป็นกระบวนการเบื้องต้นที่มีความสำคัญมาก เพื่อจะนำตัวแปรที่ได้ไปใช้ในการประมวลผลภาพในระดับสูงต่อไป

การประมวลผลภาพในระดับสูง เป็นการนำผลลัพธ์หรือตัวแปรที่ได้จากการประมวลระดับต่ำมาตีความหรือประมวลผลและแสดงให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ โดยสัญลักษณ์เหล่านี้จะแสดงถึงสิ่งต่างๆ ในภาพเพื่อทำให้คอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจภาพได้ เช่น การรู้จำรูปแบบของตัวอักษรความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุในภาพ ขนาดหรือรูปร่างของวัตถุ เป็นต้น

**2.2.1 การแยกข้อมูลภาพออกเป็นส่วน ๆ (Image Segmentation)**

การแยกข้อมูลภาพเป็นส่วนๆ เป็นปัญหาพื้นฐานของการรับรู้ทางกายภาพ (Yong, Feng & Rongchun, 2004; Wen-Xiong Kang, Q.-Q. Y, 2009; Singh, Kharma, Daoud & Ward, 2009) ในความเป็นจริงการเลือกวิธีการที่ต่างกันในการแบ่งส่วนภาพทำให้ได้ผลที่แตกต่างกัน และเป็นการแก้ปัญหาที่สำคัญ อย่างไรก็ตาม การเลือกวิธีที่ดีที่สุดในการแบ่งส่วนภาพอย่างอัตโนมัติยังเป็นสิ่งที่เป็นความต้องการของมนุษย์ (Matsuyama, 1989) โดย (Ritter & Cooper, 2007) ได้เสนอวิธีการแบ่งเซลล์เม็ดเลือดที่ผิดปกติโดยใช้ภาพจากส่วนขอบนอกของเซลล์เม็ดเลือดโดยใช้ Genetic Programming โดยที่ (Singh, Kharma, Daoud, & Ward, 2009) ได้เสนออีกวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการแบ่งส่วนภาพของวัตถุที่มีความแม่นยำถูกต้อง และใช้เวลาที่รวดเร็วโดยใช้การแบ่งส่วนแบบหลายจุด (Multiple Segmentations) โดยที่ (Ritter & Cooper, 2007) แบ่งส่วนของภาพโดยอัตโนมัติ โดยใช้ขอบเขตพื้นฐานของเทคนิคการหาข้อความสำหรับอธิบายภาพ (Image annotation) อีกทั้ง (Yu, Zhang & Feng, J2002) ใช้เทคนิคการแบ่งส่วนแบบโครงสร้างการค้นหารากฐานบนสถาปัตยกรรมวงก้นหอย (Spiral Architecture)

การแยกข้อมูลภาพออกเป็นส่วนๆ ทำให้สามารถแยกข้อมูลภาพของส่วนที่ต้องการออกมาได้ วิธีการพื้นฐานสำหรับการแบ่งส่วนภาพ (Segmentation) ก็คือการพิจารณา Image amplitude (ได้แก่ การพิจารณาความสว่างของภาพสำหรับภาพแบบ Gray scale และความแตกต่างของสีสำหรับภาพสี) นอกจากนี้ขอบของภาพ และลักษณะของพื้นผิว (Texture) ก็เป็นองค์ประกอบหนึ่งที่จะทำให้สามารถทำการแบ่งส่วนภาพได้สะดวกยิ่งขึ้น

วิธีการแบ่งส่วนภาพ แบ่งได้หลายๆ วิธีดังนี้

- Amplitude segmentation methods
- Region segmentation methods
- Boundary detection

**2.2.1.1 Amplitude Segmentation Method**

เป็นวิธีการแยกองค์ประกอบของภาพโดยดูจากความเหมือนกันของคุณสมบัติของพิกเซลภายในพื้นที่เพียงอย่างเดียว เช่น วิธีการ Intensity thresholding เป็นการแยกแยะวัตถุจาก

ฉากหลังโดยดูจาก Intensity ของพิกเซลเป็นหลัก ข้อดีของของวิธีการนี้คือมีขั้นตอนในการทำงานที่ง่ายไม่ซับซ้อนทำงานได้รวดเร็ว แต่ข้อเสียคือไม่สามารถใช้กับภาพที่มีสัญญาณรบกวนมาก

2.2.1.2 Region Segmentation Method

เป็นวิธีการแยกองค์ประกอบของภาพโดยดูจากตำแหน่งของพิกเซล และความเหมือนกันของคุณสมบัติของพิกเซลภายในพื้นที่นั้นเป็นหลัก โดยถ้าพิกเซลที่อยู่ติดกัน และมีคุณสมบัติเหมือนกันจะถูกจัดให้เข้ากลุ่มเดียวกัน ข้อดีของการทำเช่นนี้จะได้พื้นที่ ที่ต่อเนื่องกัน ซึ่งปัญหา และอุปสรรคของวิธีการนี้คือ การกำหนดกฎเกณฑ์ที่เหมาะสมที่ใช้ตรวจสอบว่าพิกเซลนั้นที่มีคุณสมบัติเหมือนกัน เพื่อใช้ในการรวมกลุ่มเข้าด้วยกันนั้นทำได้ยาก และวิธีการเหล่านี้อาศัยอัลกอริทึม และโครงสร้างข้อมูลที่ซับซ้อน ทำให้การประมวลผลใช้เวลานาน

2.2.1.3 Edge Segmentation Method

เป็นวิธีการแยกองค์ประกอบของภาพ โดยอาศัยความไม่ต่อเนื่องของคุณสมบัติของพิกเซลที่บริเวณขอบของวัตถุ ดังนั้นวิธีการนี้จึงมุ่งที่จะตรวจหาขอบของวัตถุ ซึ่งข้อดีของวิธีการนี้คือมีความรวดเร็วในการประมวลผล เพราะวิธีการนี้ใช้เฉพาะข้อมูลบริเวณขอบของวัตถุเท่านั้น ส่วนข้อเสียของวิธีการนี้ก็คือ ผลลัพธ์ที่ได้มาจะอยู่ในรูปของ “ขอบ” ของวัตถุซึ่งอาจจะต้องผ่านกระบวนการอื่นอีกต่อหนึ่ง จึงสามารถใช้งานได้ นอกจากนี้ขอบของวัตถุที่ได้อาจไม่ต่อเนื่องถ้าวัตถุมีสีที่ไม่สม่ำเสมอนอกจากนี้ขอบของภาพ และลักษณะของพื้นผิวก็เป็นอีกองค์ประกอบหนึ่งที่จะทำให้สามารถทำการเซ็กเม้นต์ได้สะดวกยิ่งขึ้น การหาขอบภาพ (Edge Detection Methods) (Wen et al., 2009; Singh et al., 2009; Ritter et al., 2007; Zhi, Ge & Ji, 2009) ซึ่งมีหลายอัลกอริทึมในการหาขอบภาพ เช่น Robert, Sobel, Prewitt, Robinson, Kirsch และ Canny จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องอัลกอริทึมของ Canny edge detection ได้รับการยอมรับว่ามีประสิทธิภาพในการหาขอบภาพที่ดี (Gonzalez & Woods, 2001)

การหาขอบภาพ (Edge Detection) เป็นการหาเส้นรอบวัตถุที่อยู่ในภาพดิจิทัล เมื่อทราบเส้นรอบวัตถุก็จะสามารถคำนวณหาขนาดของพื้นที่หรือจดจำชนิดของวัตถุนั้นได้ อย่างไรก็ตาม การหาขอบภาพที่ถูกต้องสมบูรณ์นั้นเป็นเรื่องที่มีความยุ่งยากพอสมควร โดยเฉพาะอย่างยิ่งการหาขอบของภาพที่มีคุณภาพต่ำ และมีความแตกต่างระหว่างพื้นหน้ากับพื้นหลังน้อย หรือมีความสว่างไม่สม่ำเสมอทั่วทั้งภาพ ซึ่งขอบภาพเกิดจากความแตกต่างของความเข้มแสงจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ถ้าหากความแตกต่างนั้นมีค่ามากขอบภาพก็จะเห็นได้ชัดเจน ถ้าหากความแตกต่างมีค่าน้อย ขอบภาพก็จะไม่ชัดเจน ดังนั้นในบทนี้จะกล่าวถึงเทคนิคเบื้องต้นในส่วนของการหาขอบภาพ (Edge Detection) ซึ่งพิจารณาการตรวจหาขอบภาพด้วยอนุพันธ์อันดับหนึ่ง (First

Order Derivative) ได้แก่ การหาขอบภาพด้วยอัลกอริธึมของโซเบล (Sobel) พรีวิท (Prewitt) และเฟร เชง (Frei-Chen) และอนุพันธ์อันดับที่สอง (Second Order Derivative) ได้แก่ การหาขอบภาพด้วย อัลกอริธึมของลาปลาซ (Laplacian) เป็นต้น วิธีการหาขอบภาพด้วยโอเปอร์เรเตอร์แบบต่างๆ มีรายละเอียดดังนี้ (Gonzalez & Woods, 2001)

อนุพันธ์อันดับหนึ่ง (First Order Derivative) ใช้สำหรับการหาขอบภาพในแนวตั้งและแนวนอน หรือเรียกอีกอย่างว่า Gradient โดยสามารถเขียนเป็นเวกเตอร์ได้ดังนี้

$$\nabla \boldsymbol{f} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{H_r(x,y)} \\ \boldsymbol{H_c(x,y)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial \boldsymbol{x}} \boldsymbol{f(x,y)} \\ \frac{\partial}{\partial \boldsymbol{y}} \boldsymbol{f(x,y)} \end{bmatrix} \qquad (2.1)$$

เมื่อ $\frac{\partial}{\partial \boldsymbol{x}} \boldsymbol{f(x,y)}$ คือการหาขอบภาพทางด้านแนวนอน

$\frac{\partial}{\partial \boldsymbol{y}} \boldsymbol{f(x,y)}$ คือการหาขอบภาพทางด้านแนวตั้ง

โดยสามารถหาขนาดของเวกเตอร์ (Magnitude Vector) และทิศทางของการตรวจหาขอบภาพได้ดังนี้

$$\nabla \boldsymbol{f} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{H_r(x,y)} \\ \boldsymbol{H_c(x,y)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial \boldsymbol{x}} \boldsymbol{f(x,y)} \\ \frac{\partial}{\partial \boldsymbol{y}} \boldsymbol{f(x,y)} \end{bmatrix} \qquad (2.2)$$

$$\boldsymbol{\theta} = \boldsymbol{tan^{-1}} \frac{\boldsymbol{H_c(x,y)}}{\boldsymbol{H_r(x,y)}} \qquad (2.3)$$

ตัวอย่างการหาอนุพันธ์อันดับหนึ่งตามอัลกอริธึมของโซเบลโดยใช้ค่าสัมประสิทธ์ของมาส์ค (Mask Coefficient) สำหรับการหาขอบในแนวตั้ง และแนวนอน ดังต่อไปนี้

$$\begin{bmatrix} \boldsymbol{1} & \boldsymbol{2} & \boldsymbol{1} \\ \boldsymbol{0} & \boldsymbol{0} & \boldsymbol{0} \\ \boldsymbol{-1} & \boldsymbol{-2} & \boldsymbol{-1} \end{bmatrix} \text{และ} \begin{bmatrix} \boldsymbol{-1} & \boldsymbol{0} & \boldsymbol{1} \\ \boldsymbol{-2} & \boldsymbol{0} & \boldsymbol{2} \\ \boldsymbol{-1} & \boldsymbol{0} & \boldsymbol{1} \end{bmatrix}$$

อนุพันธ์อันดับที่สอง (Second Order Derivative) จากสมการที่ 2.1 เมื่อทำการหาอนุพันธ์อีกครั้ง ได้สมการดังนี้

$$\nabla^2 f = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2}{\partial x} f(x,y) \\ \frac{\partial^2}{\partial y} f(x,y) \end{bmatrix} \quad (2.4)$$

อนุพันธ์อันดับสองจะใช้หลักการของอัลกอริธึมของลาปลาซซึ่งประยุกต์สร้างสัมประสิทธิของมาสค์ได้หลายรูปแบบ ตัวอย่างเช่น

$$\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \text{หรือ} \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

### 2.2.2 **คุณลักษณะของภาพ** (Visual Features)

การดึงคุณลักษณะที่สำคัญที่ปรากฏอยู่ในภาพออกมานั้น เป็นขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญที่จะนำไปใช้ในการแบ่งระดับของสีเพชร ซึ่งสามารถแบ่งเป็นคุณลักษณะของภาพที่เห็นได้ (Visual Features) เป็นสามกลุ่ม คือ คุณลักษณะเกี่ยวกับสี (color-based features) คุณลักษณะเกี่ยวกับรูปร่าง (shape-based features) และคุณลักษณะเกี่ยวกับพื้นผิว (texture-based features) สำหรับงานวิจัยนี้จะประยุกต์คุณลักษณะที่เกี่ยวข้องกับสีเท่านั้น ดังจะกล่าวถึงดังต่อไปนี้

#### 2.2.2.1 **คุณลักษณะเกี่ยวกับสี** (Color-based features)

สี ถือเป็นองค์ประกอบสำคัญ อีกทั้งยังเป็นคุณลักษณะพื้นฐานที่สำคัญของภาพ ที่สามารถใช้ในการอ้างอิง และนำมาใช้จำแนกภาพต่างๆ ได้ โดยสีที่แตกต่างกันย่อมให้ผลลัพธ์ของการดึงคุณลักษณะในภาพที่แตกต่างกันด้วย (Yu, Zhang & Feng, J, 2002)

**- พื้นฐานของสี**

ในปี ค.ศ. 1666 เซอร์ไอแซค นิวตัน (Sir Isaac Newton) พบว่าเมื่อแสงขาวฉายผ่านปริซึมจะเกิดสเปคตรัมของสีซึ่งมีช่วงตั้งแต่สีม่วงจนถึงสีแดงแต่ละสเปคตรัมของสีก็มีช่วงความยาวคลื่นที่ไม่เท่ากัน เช่นสีเขียว มีความยาวคลื่นในช่วง 500 ถึง 570 นาโนเมตร การเห็นสีของวัตถุเกิดจากวัตถุนั้นได้สะท้อนความถี่ในช่วงนั้นออกมาและได้ดูดซับความถี่ของสีอื่นๆ ไว้

แสงที่ไม่มีสี คือแสงที่มีสมบัติเดียวคือความเข้มแสง ความเข้มแสงจะเป็นตัวแสดงถึงระดับสี ซึ่งมีอยู่สองระดับคือระดับขาว และระดับดำ ค่าของความเข้มแสงจะอยู่ในช่วงตั้งแต่ไม่มีแสง (ดำ) มีแสงปานกลาง (เทา) ไปจนถึงแสงจ้าที่สุด หรือที่เรียกว่าแสงขาว ถ้าจุดสีในภาพใดๆ มี

การชักตัวอย่าง (sampling) และการควอนไทซ์ (quantization) ที่ระดับ 8 บิตแล้ว ระดับความเข้มแสงจะมี 256 ระดับ ($2^8$) มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 255

แสงที่มีสี คือ แสงที่มีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าอยู่ในช่วง 400 ถึง 700 นาโนเมตร ปริมาณพื้นฐาน 3 อย่างที่ใช้เพื่ออธิบายคุณภาพของแหล่งกำเนิดแสงมีสี คือ การแผ่แสง (radiance) ระดับความเข้มของแสงสว่าง (luminance) และความสว่าง (brightness) การแผ่แสง คือ ปริมาณแสงทั้งหมดที่ไหลจากแหล่งกำเนิดแสง วัดปริมาณได้ออกมาเป็นหน่วยของวัตต์ ระดับความเข้มของแสงสว่าง คือ ปริมาณพลังงานที่ผู้สังเกตได้รับจากแหล่งกำเนิดแสง มีหน่วยคือลูเมนส์ (lumens) เช่น แสงอินฟราเรด (infrared) จะ มีพลังงานที่ถูกปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงเป็นปริมาณพลังงานค่าหนึ่ง แต่ผู้สังเกตได้รับพลังงานเหล่านั้นได้น้อยหรืออาจจะไม่ได้รับเลย นั้นหมายความว่ามีค่าการแผ่แต่ไม่มีค่าระดับความเข้มของแสงสว่าง ความสว่าง คือตัวที่แสดงถึงการมองเห็นซึ่งไม่สามารถวัดค่าออกมาได้ในเชิงปฏิบัติ และเป็นตัวอธิบายถึงแสงที่ไม่มีสีในเชิงความเข้มสีและเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการอธิบายสี

ตามโครงสร้างของตามนุษย์จะมองเห็นสีได้จากการรวมของสีพื้นฐานสามสี คือ สีแดง สีเขียวและสีน้ำเงิน ตามมาตรฐานของ CIE (Commission Internationale de l'Eclairage – the International Commission on Illumination) บ่งไว้ว่าสีน้ำเงิน มีความยาวคลื่น 435.8 นาโนเมตร สีเขียวมีความยาวคลื่น 546.1 นาโนเมตร และสีแดงมีความยาวคลื่น 700 นาโนเมตร แต่ไม่ได้หมายความว่าสีทั้งสามจะผลิตสีอื่นได้ครบ หากจะต้องประกอบด้วย ช่วงสเปกตรัมของสีเหล่านั้น จึงจะสร้างสีอื่นได้ครบ สีพื้นฐานสามสีแรกสามารถผลิตสีพื้นฐานที่สองได้ โดยการรวมตัวกัน สีม่วงอมแดงเกิดจากสีแดงรวมกับสีน้ำเงิน สีฟ้าเกิดจากสีเขียวรวมกับสีน้ำเงิน สีเหลืองเกิดจากสีแดงและสีเขียว การรวมกันของสีพื้นฐานแรกกับสีพื้นฐานที่สองด้วยความหนาแน่นที่เหมาะสมผลที่ได้จะออกมาเป็นสีขาว

คุณลักษณะโดยทั่วไปที่ใช้แยกสีต่างๆ ออกจากกันคือความสว่าง (Lightness) เฉด (Hue) และความอิ่มตัวของสี (Saturation) โดยที่ความสว่างแสดงถึงความเข้มแสง (Value หรือ Intensity) เฉดสีเป็นคุณสมบัติที่แสดงถึงความยาวคลื่นของที่ผสมกันอยู่ ดังนั้น เฉดสีก็จะเป็นลักษณะเฉพาะของสีที่แลเห็นโดยผู้สังเกต เช่น เมื่อเรียกสีแดง ส้ม หรือเหลือง นั่นคือกำลังมองเห็นเฉดสีของมัน ความอิ่มตัวของสีแสดงถึงปริมาณของแสงขาวที่เจืออยู่ในสีนั้นๆ หรือความบริสุทธิ์ของสีนั่นเอง สเปกตรัมของสีที่บริสุทธิ์จะมีค่าความอิ่มตัวมาก สีชมพูและสีม่วงอ่อนมีความอิ่มตัวน้อยเพราะมีแสงขาวปนอยู่มาก นั่นคือ ค่าความอิ่มตัวของสีจะแปรผกผันกับปริมาณแสงขาวที่ผสมอยู่

การรวมเฉดสี และความอิ่มตัวของสีไว้ด้วยกันจะเรียกว่าความมีสี (chromaticity) เพราะฉะนั้น สีอาจจะแบ่งตามคุณลักษณะได้สองแบบคือ ความสว่างและความมีสี สีต่างๆ เกิดจากการประกอบกันของสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน (ธีรยุทธ สว่างศรี, 2548)

2.2.2.2 **แบบจำลองสี** (color model)

จุดประสงค์ของการมีแบบจำลองสี คือใช้ในการอ้างอิงและเป็นมาตรฐานเดียวกัน โดยในที่นี้จะกล่าวถึงห้าแบบจำลองสี คือ ระบบสีของมันเซล (Munsell) แบบจำลองสี HSB/HLS แบบจำลองสี RGB แบบจำลองสีนอร์มอลไลซ์ RGB และ กลุ่มแบบจำลองสี HSV, HSL, HSI (HSV, HSL, HSI model)

2.2.2.2.1 **ทฤษฎีสีของมันเซล หรือระบบสีของมันเซล** (The Munsell Colors System)

เป็นทฤษฎีสีที่มีอิทธิพลและ ถูกนำมาใช้ อย่างแพร่หลายในวงการสี ผู้คิดค้นทฤษฎีนี้ก็ คือ อัลเบิร์ต เฮนรี่ มันเซล (Albert Henry Munsell) จิตรกรชาวอเมริกัน เมื่อปี ค.ศ. 1898 เขาได้ออกแบบผังของสีเป็นลักษณะรูปแบบทรงกลม หรือผังที่มีการแผ่กระจายของสีออกจากศูนย์กลางเหมือนต้นไม้ และกำหนดชื่อตำแหน่งของสีที่ผสมกันอย่างหลากหลายนี้ ออกเป็นตัวอักษร และตัวเลข หลักการให้สีของเพชรก็ใช้มาตรฐานสีของมันเซลล์เช่นเดียวกัน (John M. King, 2006)

มันเซล (Munsell, 1905) ทำให้ทฤษฎีสีของเขาได้เป็นที่ยอมรับกันอย่างกว้างขวาง และถูกนำมาใช้ศึกษาอ้างอิงในวงการสีมาจนทุกวันนี้ (ฟิสิกส์ราชมงคล, 2553)

**มิติของสีตามทฤษฎีมันเซลล์** (Munsell's Dimension of Color)

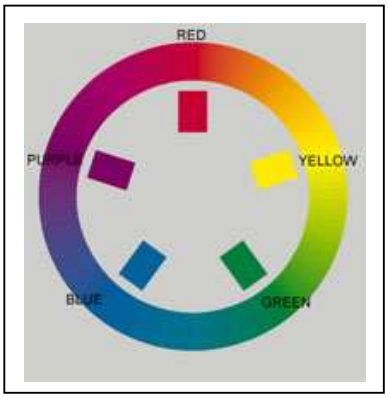
จากรูปแบบทฤษฎีสีของมันเซลแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ในองค์ประกอบสามมิติ (Three Dimension) คือ Hue / Value / Chroma ซึ่งจากความสัมพันธ์นี้ ทำให้ได้สีที่แตกต่างกันออกมามากมายนับไม่ถ้วน มีรายละเอียด ดังนี้

1. เนื้อสี (Hue) คือคุณสมบัติที่ระบุว่าเป็นสีใดสีหนึ่ง และมี ความแตกต่างจากสีอื่น และสีนั้นเป็นสีประเภท Chromatic Color เช่น สีแดง สีเขียว สีเหลือง เป็นต้น มันเซลได้กำหนด Hue หรือ สีหลักในวงจรสี ของเขา ไว้จำนวนห้าสี คือ แดง (Red) เหลือง (Yellow) เขียว (Green) น้ำเงิน (Blue) และ ม่วง (Purple) และได้วางตำแหน่งสีทั้งห้าสีนั้น เรียงลำดับเป็นรูปวงกลม ตามเข็มนาฬิกา ดังแสดงในภาพที่ 2.14 เว้นระยะห่างแต่ละสีเท่ากันเริ่มจาก แดง เหลือง เขียว น้ำเงิน และ ม่วงแดง มันเซล ได้กำหนดว่า สีหลักเหล่านี้แต่ละสีจะผสมกันเรียงลำดับไปไปยังอีกสีหนึ่ง ก็จะได้สีใหม่ เพิ่มขึ้นมา อย่างไม่มีที่สิ้นสุด จากการผสมกันของสีหลักห้าสีก็จะเกิดสีใหม่เพิ่มขึ้นอีกห้าสีเป็นสีรอง แทรกระหว่างสีหลักในวงสีของมันเซล คือ ส้ม (Yellow Red) เขียวเหลือง (Green Yellow) เขียวน้ำเงิน (Green Blue) ม่วงน้ำเงิน (Purple Blue) และ ม่วงแดง (Red Purple) สีหลัก

และสีรองรวมกันเป็น 10 Hue เรียงอยู่ในวงสี ซึ่งมันเซลได้กำหนดอักษรย่อของแต่ละสี โดยเริ่มจากสีแดง ดังนี้ R, YR, Y, GY, G, BG, B, PB, P และ RP ดังแสดงในภาพที่ 2.15 มันเซล ได้แบ่งส่วนของวงสี ออกเป็น 100 ส่วน และใช้ตัวเลขกับชื่อย่อสี กำกับแต่ละสี ของสีหลัก และสีรอง ดังนี้ 5R, 5YR, 5Y , 5GY, 5G, 5BG, 5B, 5PB, 5P และ 5RP สำหรับการแบ่งส่วน และกำหนดตัวเลขที่ละเอียดระหว่างสีเหล่านั้น ให้ศึกษาจากวงสีตัวอย่างซึ่งตัวเลข และตัวอักษรที่กำกับสีนี้เป็นค่ามาตรฐาน สำหรับนำไปใช้อ้างอิงในงานที่เกี่ยวข้องต่อไป ตัวอย่างเช่น 5R หมายถึงสีแดงจัด 2.5R คือสีแดงออกไปทางม่วง 2.5YR คือสีส้มออกไปทางเหลือง เป็นต้น

ภาพที่ 2.14

แสดงสีหลักในวงสีของมันเซล




ที่มา: ทฤษฎีสีแสง ฟิสิกส์ราชมงคล

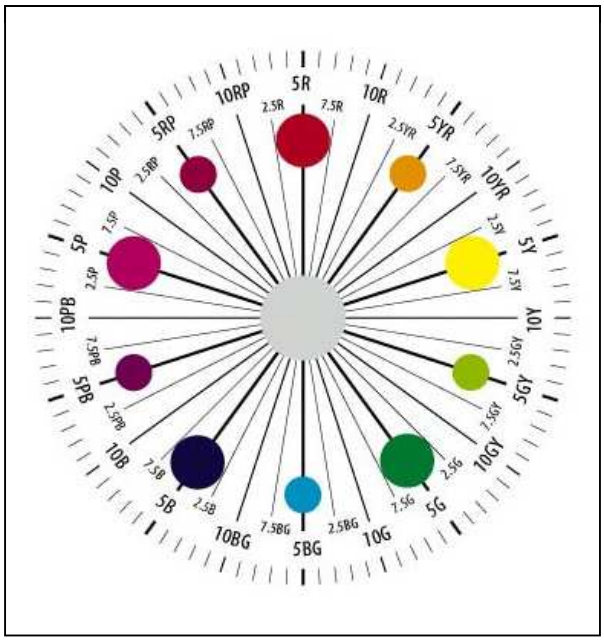
2. ความสว่าง (Value) คือคุณสมบัติของค่าน้ำหนัก อ่อน แก่ ของสี ประเภท Aromatics Color คือสีดำ สีเทา สีขาว โดยมี ค่าน้ำหนักเริ่มจากหนึ่งคือน้ำหนักของสีดำ จนถึงค่าเก้าซึ่งเป็นค่าน้ำหนักของสีขาว และระหว่างสีดำ กับสีขาว แบ่งเป็นน้ำหนัก ของสีเทา สีดำ สีขาว และสีเทานี้จะ เรียกว่า สีกลาง (Neutral) คือเป็นสีที่ไม่มีคุณสมบัติของ Hue อยู่เลย แต่ค่าน้ำหนัก (Value) ของสีกลางนี้ มันเซล นำไปผสม กับสี (Hue) หรือสี Aromatics Color ทำให้ ได้ค่าน้ำหนักอ่อนแก่ ของสี

3. อัตราความเข้มข้นของสีแท้ (Chroma) คือคุณสมบัติของสีที่ถูกผสมกับ สีกลาง (Neutral) ในระดับใดระดับหนึ่ง (0 - 9) ทำให้ค่าอัตราความเข้มข้นของสีแท้ของสีนั้นๆ อ่อนลง (Weak) และไล่น้ำหนักจนกระทั่งสีนั้นมีค่าความจัดของสีสูง (High Chroma) หรือมีความอิ่มตัว

ของสีสดใส ค่าจากความอ่อนจนถึงสดใสที่สุดของสีดังกล่าวนี้เริ่มจากค่าหนึ่ง (เทา) ออกไปไม่มีข้อกำหนดตายตัว ขึ้นอยู่กับค่าอัตราความเข้มข้นของสีแท้ของแต่ละสี

ภาพที่ 2.15

แสดงสีหลักและสีรองในวงสีของมันเซล




ที่มา: ทฤษฎีสีแสง ฟิสิกส์ราชมงคล

2.2.2.2.2 **แบบจำลองสี** HSB/HLS (HSB/HLS Color Model)

การออกแบบทัศนศิลป์ในปัจจุบันโดยเฉพาะงานทัศนศิลป์ ในประเภทนิเทศศิลป์ (Visual Communication Art) นิยมออกแบบโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ แทนการออกแบบด้วยมือเป็นส่วนใหญ่ไม่ว่างานออกแบบนั้นผลงานขั้นสุดท้ายจะปรากฏในรูปใดก็ตาม ไม่ว่าจะเป็นสิ่งพิมพ์ ภาพถ่าย โทรทัศน์ไปจนถึงงานที่นำเสนอผ่านคอมพิวเตอร์โดยตรง เช่น เว็บไซต์มัลติมีเดีย เป็นต้น ทำให้งานออกแบบโดยเฉพาะส่วนที่เกี่ยวข้องกับสีแล้ว นักออกแบบส่วนใหญ่ไม่จำเป็นต้องใช้สีจากหลอดสีมาผสมกันด้วยมือเหมือนเช่นเดิม หากแต่ใช้ผสมกันด้วยเครื่องมือ (Tool) ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ รูปแบบของสี HSB และ HLS เป็นสองรูปแบบพื้นฐานที่โปรแกรมคอมพิวเตอร์ กราฟิกส์ส่วนใหญ่นำไปใช้อ้างอิง เช่นโปรแกรม Photoshop โปรแกรม Page Maker เป็นต้น

### 2.2.2.2.3 **แบบจำลองสี** RGB (RGB model)

ระบบสี RGB (แดง เขียว น้ำเงิน) เป็นระบบพื้นฐานของสีที่ใช้ในคอมพิวเตอร์กราฟิกและหน่วยเก็บความจำของภาพ เพราะว่าหลอดภาพของจอคอมพิวเตอร์นั้นใช้สารเรืองแสงสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ในการผลิตสีอื่นๆออกมา นั่นคือสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินเป็นองค์ประกอบของสีทุกๆ สี ซึ่งในการประกอบกันเป็นสีต่างๆ นั้นเกิดจากการรวมกันของสามองค์ประกอบ ทั้งสามองค์ประกอบสีนั้นต้องใช้แบนด์วิดท์ (bandwidth) ที่เท่ากันในการแสดงแทนภาพๆ หนึ่ง ฉะนั้นจึงไม่ค่อยมีประสิทธิภาพที่ดีมากนักเพราะภาพหนึ่งภาพต้องใช้แบนด์วิดธ์ขององค์ประกอบของสีทั้งสามสีเท่าๆ กัน แต่สายตามนุษย์นั้นจะตอบสนองต่อองค์ประกอบของความเข้มแสงมากกว่าองค์ประกอบของความเข้มสี ด้วยเหตุผลนี้ มาตรฐานการเข้ารหัสภาพหลายๆ มาตรฐานและระบบการแพร่กระจายข้อมูลต่างๆ จึงเลือกใช้สัญญาณองค์ประกอบความเข้มแสงและสัญญาณความแตกต่างกันของสี (color difference) เช่น YUV YIQ YCbCr และ HSI เป็นต้น ซึ่งมีค่าแม่สีของแสงสามสี ได้แก่ สีแดง (Red) สีเขียว (Green) สีน้ำเงิน (Blue) เมื่อนำมาผสมกันด้วยปริมาณต่างๆ จะเกิดเป็นเฉดสีต่างๆ ได้ โดยแต่ละจุดภาพใช้เนื้อที่ในการเก็บข้อมูลสีแบบ 24 บิต (สีหลักใช้สีละแปดบิต) โดยจะผสมกันเป็นเฉดสีต่างๆ ได้กว่า 16 ล้านสี ซึ่งในระบบสี RGB (Red Green Blue) นั้นสีที่เราเห็นจะประกอบไปด้วยสามแม่สี คือ แดง เขียว และน้ำเงิน ซึ่งถ้าเรานำระบบสี RGB มาวางลงบนระบบพิกัดคาร์ทีเซียน (Cartesian coordinate system[3]) ดังแสดงในภาพที่ 2.16

### 2.2.2.2.4 **แบบจำลองสีนอร์แมลไลซ์** RGB (normalized RGB)

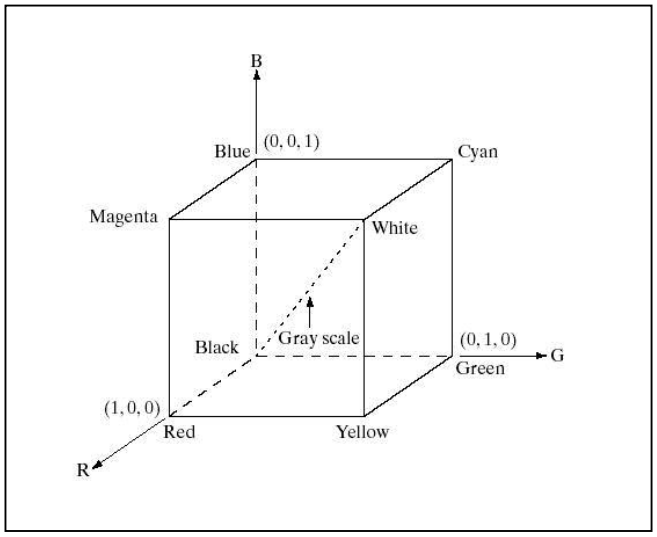
ปัญหาของปริภูมิสี RGB (RGB color space) คือ การรวมกันของความสว่าง และสีจึงเกิดเป็นปริภูมิสีนอร์แมลไลซ์ RGB ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อตัดความสนใจขององค์ประกอบความสว่างทิ้งไป โดยหากค่าจุดภาพในปริภูมิสี RGB นั้นมีสีเดียวกันแต่ความสว่างต่างกัน จะถูกกำหนด

---

[3] **ระบบพิกัดคาร์ทีเซียน** (Cartesian coordinate system) เป็นระบบที่ใช้กำหนดตำแหน่งของจุดแต่ละจุดบนระนาบโดยอ้างถึงตัวเลข 2 จำนวน ซึ่งแต่ละจำนวนเรียกว่า *พิกัดเอกซ์* และ *พิกัดวาย* ของจุดนั้น และเพื่อที่จะกำหนดพิกัดของจุด จะต้องมีเส้นแกนสองเส้นตัดกันเป็นมุมฉากที่จุดกำเนิด ได้แก่ *แกนเอกซ์* และ *แกนวาย* ซึ่งเส้นแกนดังกล่าวจะมีหน่วยบ่งบอกความยาวเป็นระยะ ระบบพิกัดคาร์ทีเซียนยังสามารถใช้ได้ในปริภูมิสามมิติ (ซึ่งจะมี *แกนแซด* และ *พิกัดแซด* เพิ่มเข้ามา) หรือในมิติที่สูงกว่าอีกด้วย

ภาพที่ 2.16

แสดงระบบสี RGB ในระบบพิกัดคาร์ทีเซียน




ที่มา: “Digital Image Processing Using MATLAB,” By Gonzalez & Woods, 2001

เป็นค่าเดียวกันในปริภูมิสีนอร์แมลไลซ์ RGB และแทนเป็นสัญลักษณ์ “rgb” แต่ละค่าสามารถหาได้จากสมการที่ (2.5) - (2.7)

$$r = \frac{R}{(R+G+B)} \quad (2.5)$$

$$g = \frac{G}{(R+G+B)} \quad (2.6)$$

$$b = \frac{B}{(R+G+B)} \quad (2.7)$$

เช่น ค่าในปริภูมิสี RGB (255.0.0) ทำการแปลงไปสู่ rgb จะได้ (1.0.0) และค่าในปริภูมิสี RGB (100.0) ทำการแปลงไปสู่ rgb จะได้ (1.0.0) ซึ่งทั้งสองค่านี้ในปริภูมิสี RGB จะมีเฉพาะในองค์ประกอบของสีแดง ที่มีค่าความเข้มของแสงแตกต่างกัน ส่วนในปริภูมิสี rgb องค์ประกอบทางแสงจะถูกละทิ้งไปทำให้สองค่านี้เป็นค่าเดียวกัน

2.2.2.2.5 **กลุ่มแบบจำลองสี** HSV, HSL, HSI (HSV, HSL, HSI model)

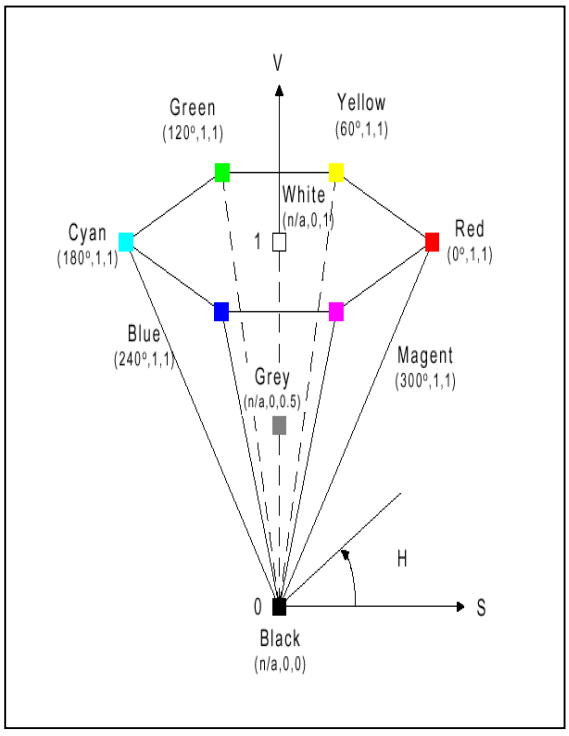
ประกอบด้วยสามองค์ประกอบเช่นเดียวกับแบบจำลองสีแบบอื่น โดย Hue คือคุณสมบัติของสีที่อธิบายถึงเฉดของสี (สีเหลือง สีส้ม หรือสีแดง) ขณะที่ความอิ่มตัวของสีเป็นการวัดองศาความบริสุทธิ์ของสีที่ถูกเจือโดยแสงสีขาว เช่น ถ้ามีแสงสีขาวอยู่มากจะมีค่าความอิ่มตัวน้อย แต่ถ้ามีแสงสีขาวเจืออยู่น้อยแสดงว่ามีความอิ่มตัวมาก

**แบบจำลองสี** HSV

ใช้กันอย่างแพร่หลายเนื่องจากความสอดคล้องกับกลไกในการรับรู้ของดวงตามนุษย์ที่มีเส้นประสาทสองชุดคือ rod และ cone ที่มีการตอบสนองที่ดีต่อความเข้มแสงและสีตามลำดับ กล่าวคือ ระบบ HSV มี V ซึ่งเป็นความเข้มแสงเป็นองค์ประกอบหนึ่งในแบบจำลอง V (Value) ค่าความสว่างหรือความเข้มของสี (Intensity) มีค่าตั้งแต่ศูนย์จนถึงหนึ่ง โดยที่ค่า V เท่ากับศูนย์หมายถึง การมีความเข้มของสีมาก V เท่ากับหนึ่ง หมายถึงการมีความเข้มสีน้อยหรือมีความสว่างของสีมาก องค์ประกอบ Hue และความอิ่มตัวนั้นมีความสัมพันธ์กับการรับรู้สีของมนุษย์ ทำให้แบบจำลอง HSV เป็นเครื่องมือที่สำคัญในการพัฒนากรรมวิธีทางการประมวลผลภาพ ซึ่งการพัฒนานั้นขึ้นกับสมบัติการรับรู้สีของมนุษย์เป็นสำคัญ (ธีรยุทธ สว่างศรี, 2548) ข้อดีของการใช้แบบจำลองสี HSV เพราะมีความผันแปรต่อแสงน้อย และใกล้เคียงกับรูปแบบในการรับรู้ภาพสีของมนุษย์ ดังนั้น จึงเหมาะที่จะนำมาใช้กับภาพถ่ายของเพชร เพราะเป็นภาพถ่ายที่จะต้องถ่ายจากแหล่งแสงที่ควบคุมแสงได้ยาก เนื่องจากความวาวของเพชร และการสะท้อนแสงของเพชร (ดูภาพประกอบที่ 2.17)

ภาพที่ 2.17

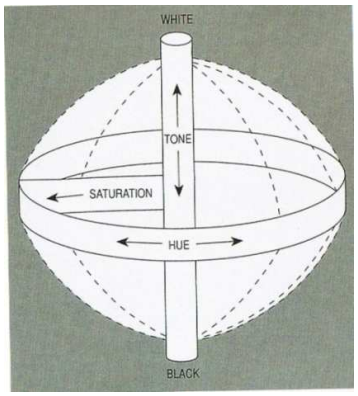
แสดงแบบจำลองสี HSV




ที่มา: สืบค้นจาก http://www.blackice.com/colorspaceHSV.htm

ภาพที่ 2.18

แบบจำลองสี HST




ที่มา: “Colored Diamond,” By John M. King, 2006

**แบบจำลองสี** HST

สี ถือเป็นสิ่งสำคัญกับอัญมณี เนื่องจากราคาของอัญมณีขึ้นอยู่กับความสวยงามของสี โดยที่งานวิจัยทางอัญมณี (John M. King, 2006) ใช้แบบจำลองสี HST ซึ่งแปลความหมายเทียบเท่ากับแบบจำลองสี HSV ของทางวิทยาศาสตร์ โดยที่ค่าต่างๆ ของแบบจำลองอธิบายได้ดังนี้ (ดังแสดงที่ภาพ 2.18)

Hue แทนคุณลักษณะของสี ยกตัวอย่างเช่น แดง เหลือง เขียว น้ำเงิน

Saturation แทนความบริสุทธิ์ของสี

Tone แทนความสว่าง และความมืดของสี

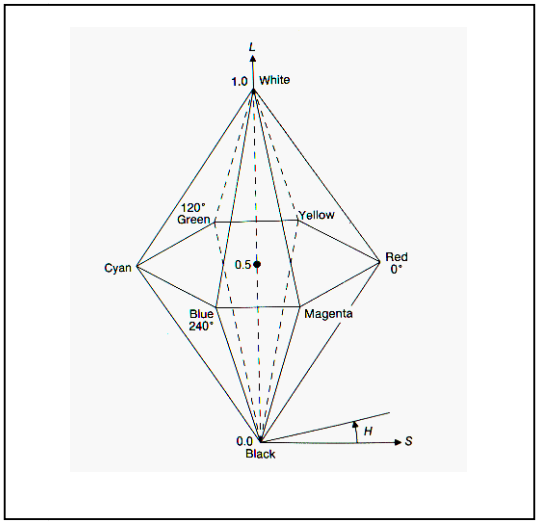
**แบบจำลองสี** HSL

แบบจำลองสี HSL (ดูภาพประกอบที่ 2.19) และ HSV จะมีลักษณะคล้ายกับระบบสี RGB โดยที่ HSL หมายถึง สี ความอิ่มตัว และ น้ำหนักความสว่าง ส่วน HSV หมายถึง สี ความอิ่มตัว และ ค่า (value) ส่วน HSI และ HSB นั้นจะใช้ความเข้ม (intensity) และความสว่าง (brightness) ซึ่งจะดูเหมือนต่างกันแต่มีลักษณะเดียวกันกับระบบสี HSLทั้งระบบสี HSL และ HSV จะใช้ทรงกระบอกเพื่อแทนสีต่างๆ โดยมีแกนกลางที่ด้านล่างจะเป็นสีดำและด้านบนจะเป็นสีขาว และระหว่างทั้งสองจะเป็นสีเทา โดยมุมที่ทำกับแกนกลางหมายถึงสี และระยะที่ห่างจากแกน

หมายถึงความอิ่มตัวและระยะตามแนวแกนหมายถึงค่า หรือความสว่าง หรือน้ำหนักความสว่าง ดังแสดงภาพที่ 2.20

ภาพที่ 2.19

แบบจำลองสี HSL

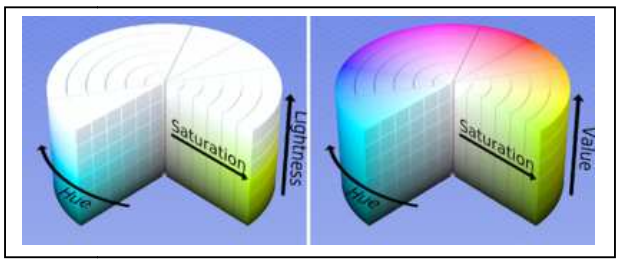



ที่มา: Retrieved from www.cs.fit.edu/.../illuminate/illuminate.html

โดยที่ความอิ่มตัวของสี เป็นการกำหนดความบริสุทธิ์ของสีหรือบอกถึงปริมาณการเจือปนของสีขาว มีค่าตั้งแต่ศูนย์ถึงหนึ่ง โดยที่ค่าความอิ่มตัวของสีเท่ากับหนึ่ง หมายถึงมีความบริสุทธิ์ของสีมากที่สุดไม่มีสีขาวเจือปน ค่าความอิ่มตัวของสีเท่ากับศูนย์ หมายถึงความบริสุทธิ์ของสีน้อยที่สุดหรือการมีสีขาวเจือปนอยู่มากที่สุด

ภาพที่ 2.20

เปรียบเทียบระหว่างระบบสี HSL (รูปซ้าย) และ HSV (รูปขวา)



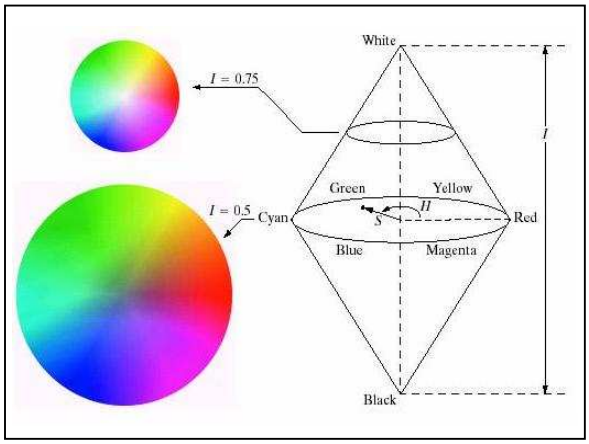

ที่มา: Retrieved from Sharkd, 2008

**แบบจำลองสี** HSI (Hue, Saturation, Intensity)

นั้นสีที่เรามองเห็นจะประกอบไปด้วย ประเภทของสี ความอิ่มตัวของสี และความเข้มของสี ดังภาพที่ 2.21

ภาพที่ 2.21

แบบจำลองสี HSI




ที่มา: (Gonzalez and Woods, 2001)

จากภาพ สามารถอธิบายค่าแต่ละค่าในระบบสี HSI ได้ดังนี้

- ประเภทของสี (Hue) คือ เฉดสี ซึ่งจากภาพนั้นค่า Hue คือมุมของกรวยโดยที่ค่าของ Hue จะมีค่าระหว่าง 0-359 ซึ่งจะไล่ลำดับการเปลี่ยนแปลงจากสีแดง (Hue = 0) ไปยังสีเขียว (Hue = 120) และจากสีเขียวไปยังสีน้ำเงิน (Hue = 240) และจากสีน้ำเงินไปยังสีแดง
- ความอิ่มตัวของสี (Saturation) คือค่าที่ระบุว่าสีนั้นอยู่ห่างจากแกนกลางของกรวยมากเท่าใด โดยที่ถ้าค่า Saturation มีค่ามากขึ้นก็จะทำให้สีที่ได้ใกล้เคียงกับเฉดสีที่แท้จริงมากขึ้น
- ความเข้มของสี (Intensity) คือค่าที่ใช้ระบุว่าสีนั้นมีความเข้มมากเท่าใด ถ้าค่า Intensity มีค่ามากขึ้นก็จะทำให้สีที่ได้มีส่วนประกอบของสีขาวมากขึ้น ในทางกลับกันถ้าค่านี้มีค่าน้อยลงก็จะทำให้สีที่ได้มีส่วนประกอบของสีดำมากขึ้นเช่นกัน

ในระบบสี HSI นี้จะสังเกตได้ว่าถ้าความเข้มของสีที่เรามองเห็นมีการเปลี่ยนแปลงไป เช่นเปลี่ยนจากสีแดงที่มีค่า Hue = 0 Saturation = 1 และ Intensity = 0.5 เป็นสีแดงที่มีความ

สว่างมากขึ้น (ค่า Intensity สูงขึ้น) การเปลี่ยนแปลงนี้จะไม่มีผลกับค่า Hue ทำให้ระบบสี HSI นี้เหมาะสำหรับการวิเคราะห์รูปภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงความเข้มของ แสงมากการระบบสี RGB

ในการแปลงค่าสีจากแบบจำลองสี RGB เป็นแบบจำลองสี HSI สามารถทำได้ดังสมการต่อไปนี้ (Gonzalez & Woods, 2001)

Hue คำนวณได้จาก

กำหนดให้ $H = \begin{cases} \theta & if\ B \leq G \\ 360 - \theta & if\ B > G \end{cases}$ (2.8)

$$\theta = cos^{-1}\left[\frac{\frac{1}{2}[(R-G)+(R-B)]}{[(R-G)^2+(R-B)(G-B)]^{\frac{1}{2}}}\right] \quad (2.9)$$

Saturation คำนวณได้จาก

$$S = 1 - \frac{3}{R+G+B}\left[\min(R,G,B)\right] \quad (2.10)$$

Intensity คำนวณได้จาก

$$I = \frac{1}{3}(R+G+B) \quad (2.11)$$

เมื่อค่า B มากกว่าค่า G จะกำหนดให้ H = 360 - H

และในการแปลงค่าสีจากแบบจำลองสี HSI เป็นแบบจำลองสี RGB สามารถทำได้โดยแยกกรณีตามค่า H ดังต่อไปนี้

กรณีที่ $0^0 \leq$ H < $120^0$

$$B = I(1-S) \quad (2.12)$$

$$R = I\left[1 + \frac{ScosH}{\cos(60^0 - H)}\right] \quad (2.13)$$

$$G = 3I - (R+B) \quad (2.14)$$

กรณีที่ $120^0 \leq$ H < $240^0$

เริ่มแรกให้ลบค่า H จาก

$$H = H - 120^0 \quad (2.15)$$

แปลงเป็นค่า *RGB* ได้ดังนี้

$$R = I(1 - S) \quad (2.16)$$

$$G = I\left[1 + \frac{ScosH}{\cos(60^0 - H)}\right] \quad (2.17)$$

$$B = 3I - (R + G) \quad (2.18)$$

กรณีที่ $240^0 \leq H < 360^0$

เริ่มแรกให้ลบค่า H จาก

$$H = H - 240^0 \quad (2.19)$$

แปลงเป็นค่า *RGB* ได้ดังนี้

$$G = I(1 - S) \quad (2.20)$$

$$B = I\left[1 + \frac{ScosH}{\cos(60^0 - H)}\right] \quad (2.21)$$

$$R = 3I - (R + G) \quad (2.22)$$

### 2.3.3 **การวิเคราะห์**

การวิเคราะห์ข้อมูลของภาพสามารถแบ่งออกได้เป็นสองลักษณะดังนี้

- การจำแนกประเภทข้อมูล (Classification)
- การวิเคราะห์ความคล้ายคลึงของสี

#### 2.3.3.1 **การจำแนกประเภทข้อมูล** (Classification)

ในวิทยาการคอมพิวเตอร์ การจำแนกประเภทข้อมูล (Classification) เป็นปัญหาพื้นฐานของการเรียนรู้แบบมีผู้สอน โดยปัญหาคือการทำนายประเภทของวัตถุจากคุณสมบัติต่าง ๆ ของวัตถุ ซึ่งการเรียนรู้แบบมีผู้สอนจะสร้างฟังก์ชันเชื่อมโยง ระหว่างคุณสมบัติของวัตถุ กับประเภทของวัตถุจากตัวอย่างสอน แล้วจึงใช้ฟังก์ชันนี้ทำนายประเภทของวัตถุที่ไม่เคยพบ เครื่องมือหรือขั้นตอนวิธีที่ใช้สำหรับการแบ่งประเภทข้อมูล (บุญวิภา, 2552)

การจำแนกประเภทแบบพื้นฐาน คือ การจำแนกประเภทของข้อมูลแบ่งออกเป็นสองกลุ่ม (classes) ก็คือ กลุ่มที่เกี่ยวข้อง (1 = relevant class) และกลุ่มที่ไม่เกี่ยวข้อง (-1 = irrelevant class) จากการศึกษางานทางด้านการค้นหาภาพโดยใช้เนื้อหาภาพหรือการจำแนกประเภท (classification) นั้น พบเทคนิคในการจำแนกที่เป็นที่นิยมห้าวิธี คือ การจำแนกด้วยการวัดค่าระยะทางที่ใกล้ที่สุด (Minimum Distances) การจำแนกประเภทแบบเบย์ (Bayes

Classifiers) การจำแนกประเภทโดยใช้ข้อมูลข้างเคียงใกล้สุด k ตัว (k-Nearest Neighbors หรือ kNN) การจำแนกประเภทแบบโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural network) และซัพพอร์ตเวคเตอร์แมชชีน (Support Vector Machines หรือ SVM) ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้การจำแนกด้วยการวัดค่าระยะทางที่ใกล้ที่สุด (Minimum Distances) เป็นหลักเนื่องจากว่าข้อมูลที่เก็บได้มีจำกัดไม่เหมาะที่ให้มีการจำแนกโดยวิธีการอื่นจึงขอกล่าวเฉพาะวิธีการจำแนกด้วยการวัดค่าระยะทางที่ใกล้ที่สุด

**การจำแนกด้วยการวัดค่าระยะทางที่ใกล้ที่สุด (Minimum Distances)**

การวัดค่าระยะทางที่ใกล้ที่สุด คือ การจำแนกข้อมูลด้วยการวัดระยะทางของข้อมูลที่ต้องการค้นหากับข้อมูลที่ใช้เป็นเกณฑ์ ถ้าข้อมูลใดอยู่ห่างกันน้อยที่สุดจะพิจารณาเลือกข้อมูลนั้นเป็นคำตอบ โดยการหาค่าระยะทางนั้น อาจเลือกใช้ฟังก์ชันหาระยะทาง (distance function) อันใดอันหนึ่งได้จากหลายฟังก์ชัน เช่น ฟังก์ชันหาระยะทางแบบยูคลิเดียน (Euclidean distance) และฟังก์ชันหาระยะทางแบบซิตี้บล็อค (City Blocks) เป็นต้น

- ฟังก์ชันหาระยะทางแบบยูคลิเดียน เป็นการวัดค่าคล้ายคลึงของข้อมูล โดยการใช้ฟังก์ชั่นการวัดค่าระยะทางแบบยูคลิเดียน เป็นการวัดระยะห่างระหว่างข้อมูลที่ต้องเปรียบเทียบความคล้ายคลึงกันโดยระยะห่างระหว่างข้อมูล จะแปรผันตรงกับความคล้ายคลึงกันของข้อมูล โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการวัดที่มีค่ามากกว่า แสดงว่าความคล้ายคลึงกันของข้อมูลมีน้อยกว่า หรือค่าที่วัดได้น้อยกว่าจะมีความคล้ายคลึงกันของข้อมูลมากกว่า ฟังก์ชันการวัดค่าระยะทางแบบยูคลิเดียนสามารถคำนวณได้จากสูตรที่ 2.23 ดังภาพที่ 2.22

$$D_E = \sqrt{(x1 - x2)^2 + (y1 - y2)^2} \qquad (2.23)$$

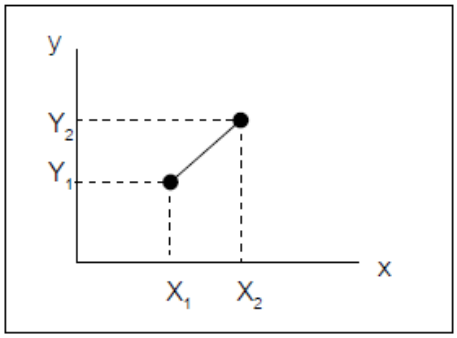
การวัดระยะห่างโดยวิธียูคลิเดียนมีปัญหาที่ต้องระมัดระวังในสองประเด็นหลักๆ คือ ค่าระยะห่างจะมีความไว (Sensitive) กับขนาดของวัตถุที่แตกต่างกัน เช่น วัตถุ ‘a’ ที่วัดค่าเป็นหน่วยเมตร ในขณะที่วัตถุ ‘b’ วัดค่าออกมาเป็นหน่วย เซนติเมตร ประเด็นที่สองที่เป็นปัญหาของการวัดโดยวิธียูคลิเดียนคือ ค่าความห่างไกลที่คำนวณได้ ไม่ได้สนใจความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน (Correlation) ของวัตถุต่างๆ อาจมีบางวัตถุมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันสูง (ปรัชญา ศรีสันติสุข, ปนัดดา ทิพย์ฤาชา และ นัฐธริยา เหล่าประชา, 2009)

- ฟังก์ชันหาระยะทางแบบซิตี้บล็อค สามารถคำนวณได้จากสูตรที่ 2.24 ดังภาพที่ 2.23

$$C = |A_1 - A_2| + |B_1 - B_2| + \cdots . + |N_1 - N_2| \qquad (2.24)$$

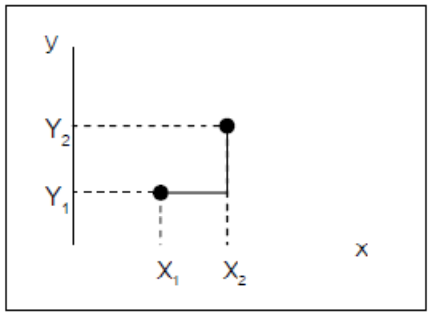
ภาพที่ 2.22

การวัดระยะทางของข้อมูลที่ต้องการค้นหากับข้อมูลที่ใช้เป็นเกณฑ์ฟังก์ชันหาระยะทางแบบยูคลิเดียน




ภาพที่ 2.23

การวัดระยะทางของข้อมูลที่ต้องการค้นหากับข้อมูลที่ใช้เป็นเกณฑ์ฟังก์ชันหาระยะทางแบบซิตี้บล็อค




**2.3.3.2 การวิเคราะห์ความคล้ายคลึงของสี**

การวิเคราะห์สีทำให้สามารถใช้ในการจำแนกสีว่ามีมีความคล้ายคลึงกัน หรือต่างกันอย่างไร โดยสามารถจำแนกเป็นสองหัวข้อคือ การจับคู่สี (Color Matching) และการเปรียบเทียบฮิสโตแกรมสี (Color Histogram Intersection)

2.3.3.2.1 **การจับคู่สี** (Color Matching)

การมองเห็นขอบของมนุษย์เป็นสิ่งสำคัญ และเป็นพื้นฐานสำหรับการแยกแยะวัตถุ รวมถึงยังถือเป็นพื้นฐานที่สำคัญที่สุดของลักษณะเฉพาะของภาพ (Zhi, Ge & Ji, 2009) วิธีการที่

ใช้โดยทั่วไปใช้ คือ ระบบการตามรูปร่างของเส้นขอบบริเวณ และอีกหลักการพื้นฐานคือ ระบุค่าพิกเซลของวัตถุและใช้การติดตามการระบุพิกเซลอื่นๆ ของวัตถุ (Lu, Hu & Huang, 2006) เป็นการจับคู่โดยขึ้นอยู่กับพื้นที่ว่างของสองสีซึ่งเปรียบเทียบ และวิเคราะห์กับระบบสี RGB และระบบสี HSI โดยทำการจับคู่ซึ่งขึ้นอยู่กับข้อจำกัดของฮิตโตแกรมพบว่าการใช้ระบบสีแบบ RGB ให้ผลที่ดีกว่าการใช้ระบบสี HSI โดย (Man, Wei & Qing, 2008) ได้เสนอเอกลักษณ์การประเมินค่าการตัดสินใจของการจับคู่สี โดยอิทธิพลที่ใช้ในการพิจารณาผลของการจับคู่สี คือคุณสมบัติของสี (Color properties) และส่วนประกอบของสีอันประกอบด้วย เฉดสี ค่าสี และอัตราความเข้มข้นของสีแท้ หรือโครม่า (Chroma) และการรวมกันของบริเวณสี ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของปัจจัยทางวิวัฒนาการ จากทั้งสามปัจจัยหลักของสี (Color properties) สามารถแบ่งคุณสมบัติเป็นห้าระดับอันประกอบด้วย ความโดดเด่น (Identity) ความคล้ายคลึงกัน (Similarity) ความแตกต่างระหว่างความสว่างกับความมืดบนรูปภาพ (Contrast) ความกำกวมระดับที่ 1 (1$^{st}$ ambiguity) และ ความกำกวมระดับที่ 2 (2$^{nd}$ ambiguity) การรวมตัวกันของบริเวณสีคือปัจจัยของการแสดงออกของการรวมตัวกันของสี ซึ่งถือเป็นคุณสมบัติของระดับโดยการรวมกันของชนิดของการจับคู่สี (Color matching) ที่อยู่บนพื้นฐานเฉพาะตัวของวัตถุ โดยที่ (Lei, Mingjing & Zhang, 2002) ใช้การหาค่าความสำคัญของสีเป็นเครื่องมือในการบอกความแตกต่างของลักษณะเด่นของสี

**2.3.3.2.2 การเปรียบเทียบฮิสโตแกรมสี (Color Histogram Intersection)**

ในแนวของคอนเทนต์เบสอิมเมจรีทรีเวิล (Content based image retrieval) การจับคู่สีอยู่บนพื้นฐานของคัลเลอร์ฮิสโตแกรมอินเตอร์เซกชัน (Color histogram intersection) โดยการที่ไม่นำความเหมือนของสีที่ต่างกันมาใช้ โดยจะใช้วิธีการจับคู่ภาพซึ่งอยู่บนพื้นฐานของความเหมือนกันของสีที่สอดคล้องกันในระบบ RGB การเลือกลักษณะเฉพาะของสี ภาพ และวิธีการที่ใช้คัดเลือก (Zheng, L., Zhang, J., & Luo, 2006) ลักษณะจำเพาะของสีเป็นกลไกที่ใช้ในเทคโนโลยีของการรับรู้ภาพ โดยเหตุผลหลักคือ สีมีความใกล้เคียงสัมพันธ์กับวัตถุหรือฉากของภาพ จึงมีการประยุกต์ฮิสโตแกรมสี (Wang & Zhang, 2001) เพื่ออภิปราย และใช้ระบบสี RGB ในการหาลักษณะที่จำเพาะทางสีของภาพ โดยในสีที่มีความแตกต่างเพียงเล็กน้อย การวิเคราะห์เหมือนในสายตาของมนุษย์ยากที่จะแยกแยะได้ โดยที่ฮิสโตแกรมสีจะประกอบไปด้วยการนับจำนวนพิกเซลของแต่ละสีในแต่ละแหล่งของสี โดยจะมีหลายวิธีที่จะแยกแยะสีได้ เช่น แยกโดยการจัดประเภทเวกเตอร์ หรือระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Neural network)

ฮิสโตแกรมสีถูกสร้างมาจากทุกๆ ส่วนของภาพ ซึ่งสามารถใช้อธิบายสีที่ปรากฏอยู่ในภาพแทนคุณลักษณะโดยรวมของภาพได้ (Swain & Ballard, 1991) ได้เสนอวิธีการวัดความ

เหมือนกันของฮิสโตแกรมที่เรียกว่าฮิสโตแกรมอินเตอร์เซกชัน (Histogram Intersection) มีการจับคู่ของฮิตโตแกรม H (I) และ H (Q) ของภาพ I และภาพที่ต้องการค้นหา Q ตามลำดับ แต่ละภาพจะมีขนาด n bins ดังนั้นจะถูกกำหนดด้วยฮิสโตแกรมอินเตอร์เซกชัน ดังต่อไปนี้

$$S\{H(I),H(Q)\} = \frac{\sum_{j-1}^{n} min\{h_j(I),h_j(Q)\}}{N_Q \times M_Q} \qquad (2.25)$$

เมื่อ $h_j(I)$ เป็นตัวเลขจำนวนพิกเซลของสี j ในรูปภาพ $I$ $h_j(Q)$ เป็นตัวเลขจำนวนพิกเซลของสี j ในรูปภาพ Q และ $N_Q$ x $M_Q$ เป็นขนาดของรูปภาพคำถาม วิธีการวัดนี้สามารถแสดงด้วยรูปแบบความแตกต่างของค่าฮิสโตแกรม (Dissimilarity) ได้เช่น $L_1$-norm

$$D\{H(I),H(Q)\} = \sum_{j=1}^{n} \left| \frac{h_j(I)}{N_I \times M_I} - \frac{h_j(Q)}{N_Q \times M_Q} \right| \qquad (2.26)$$

เมื่อ $N_I$ x $M_I$ เป็นขนาดของรูปภาพ และให้ T เป็นค่าอ้างอิง ที่เป็นค่าตัวตัดสินความเหมือนหรือความแตกต่างระหว่างสองฮิสโตแกรม จะกล่าวได้ว่าเหมือนกันก็ต่อเมื่อ $S \geq T$ หรือ $D \leq T$ และรูปภาพในฐานข้อมูลที่ถูกค้นคืนจะสัมพันธ์กับรูปภาพต้นฉบับของการ Query แต่ปัญหาใหญ่ของการค้นคืนด้วยการเปรียบเทียบฮิสโตแกรมนี้คือแม้ว่าภาพนั้นจะเป็นภาพคนละประเภทอาจมีฮิสโตแกรมที่คล้ายคลึงหรือเหมือนกันได้ (Castleman K.R, 1996) ดังนั้น คุณลักษณะโดยรวม (Global Feature) S หรือ D ไม่สามารถอ้างอิงข้อมูลเชิงตำแหน่ง (Spatial Information) ของสีในวัตถุได้จึงทำให้ไม่สามารถใช้แยกแยะภาพที่มีการเกาะกลุ่มกันของสีที่มีความแตกต่าง หรือ คล้ายคลึงกันได้จึงส่งผลให้ภาพที่ถูกค้นคืนมานั้นมีโอกาสเป็นภาพที่แตกต่างกันกับภาพที่ต้องการได้