บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

3.1.1 วัสดุ

1. สีน้ำ จำนวน 35 สี ของศิลปากรประดิษฐ์ ประกอบด้วยรหัสสีตั้งแต่ 301 ถึง 335 และให้ค่าการสะท้อนแสงเชิงสเปกตรัมของสีน้ำทั้ง 35 สี ในช่วงความยาวคลื่น 400-700 นาโนเมตร แสดงในภาคผนวก ก

2. เครื่องปาดหมึก แบบวาย บาร์ ที่ให้ความหนาขณะเปียก 15 μm

3. กระดาษบ็อกกิ้งฟอร์ด 190 แกรม

4. กระดาษสีเทา ขนาด 6 x 8 นิ้ว

5. แผ่นกรองแสงชนิด Tri Acetyl Cellulose ของ Fuji Film ขนาด 7.5 x 7.5 ตารางเซนติเมตร จำนวน 9 แผ่น ได้แก่

5.1 ชนิด Band Pass Broad : BPB 42, BPB 45, BPB 53, BPB 55 และBPB 60 ที่มีค่าการส่องผ่านแสงสูงสุดที่ช่วงความยาวคลื่น 420, 450, 530, 550 และ 600 นาโนเมตร ตามลำดับ

5.2 ชนิด Band Pass Narrow : BPN 42 และBPN 50 ที่มีค่าการส่องผ่านแสงสูงสุดที่ช่วงความยาวคลื่น 420 และ500 นาโนเมตร ตามลำดับ

5.3 ชนิด Sharp Cut : Sc 64 และSc 66 : ที่มีค่าการส่องผ่านแสงที่ 50 เปอร์เซ็นต์ อยู่ที่ช่วงความยาวคลื่น 640 และ660 นาโนเมตร ตามลำดับ

ค่าการส่องผ่านของแสงผ่านแผ่นกรองแสงทั้งหมดนี้ ในช่วงความยาวคลื่น 400-700 นาโนเมตร แสดงในภาคผนวก ก

6. ภาพวาดศิลป์สีน้ำ จำนวน 3 ภาพ ขนาด 6 x 8 นิ้ว ได้แก่ ภาพคน (Portrait) ภาพทิวทัศน์ (Seascape) และภาพนามธรรม (Abstract) ใช้สีจาก 35 สี ของศิลปากรประดิษฐ์

7. แผ่นสีมาตรฐาน Gretag Macbeth

3.1.2 เครื่องมือ

1. กล้องวิดิทัศน์ Sanyo (Monochrome CCD Camera) สามารถบันทึกขนาดของภาพที่มีความละเอียดพิกเซล (Pixel Dimensions) สูงสุดที่ 640 x 480 พิกเซล

2. กล้องดิจิทัล Olympus C-5060 (Colour CCD) สามารถบันทึกขนาดของภาพที่มีความละเอียดของพิกเซล (Pixel Dimensions) สูงสุดที่ 3264 x 2448 พิกเซล และต่ำสุดที่ 640 x 480 พิกเซล

3. อุปกรณ์วัดสีบนจอภาพ Eye-One Display ของ Gretag Macbeth

4 เลนส์ MS ชนิด CCTV ความยาวโฟกัส 12 มิลลิเมตร, รูรับแสง 2.0

5 เครื่องวัดสี (Spectrophotometer) Gretag Macbeth Spectrolino องศาในการวัดสี : $45^{\circ}/0^{\circ}$

6 เครื่องวัดแสง Luxmeter ของ Minolta รุ่น CL-200

7 จอภาพซีอาร์ที Lacie Electron 22IIuelV ขนาด 17 นิ้ว, ความละเอียดสูงสุด 2048 x 1536 พิกเซล, และความละเอียดต่ำสุด 800 x 600 พิกเซล, ความสามารถในการแสดงระดับเฉดสีสูงสุด 32 บิตในแต่ละพิกเซล

8. แหล่งกำเนิดแสงฟลูออเรสเซนซ์ F11 : The Narrow Band Cool White (FLR_20)

9. ตู้แสงมาตรฐาน : แหล่งกำเนิดแสง D_{65} และ D_{50}

10. โปรแกรม Minitab 13

11. โปรแกรม MATLAB 6.5

12. โปรแกรม ProfileMaker Pro 5.0.1 ของ Gretag Macbeth

13. โปรแกรม Photoshop 7.0

3.2 ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัยนี้แบ่งได้เป็น 4 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ ขั้นตอนการประมาณค่าการสะท้อนแสงเชิงสเปกตรัมของภาพต้นฉบับ ขั้นตอนการปรับตั้งค่ามาตรฐานและการหาลักษณะเฉพาะของจอภาพซีอาร์ที ขั้นตอนการแปลงค่าข้อมูลสีเพื่อใช้แสดงภาพบนจอภาพซีอาร์ที และขั้นตอนการวิเคราะห์ภาพในเชิงปริมาณและในเชิงคุณภาพ

3.2.1 ขั้นตอนการประมาณค่าการสะท้อนแสงเชิงสเปกตรัมของภาพฉบับ

3.2.1.1 การสร้างภาพวาดศิลป์สีน้ำทั้ง 3 ภาพ

ทำการวาดภาพศิลป์โดยใช้แม่สีน้ำทั้ง 35 สี ซึ่งประกอบไปด้วยภาพคน (Portrait) ภาพทิวทัศน์ (Seascape) และภาพนามธรรม (Abstract) โดยผู้ที่ทำการวาดภาพศิลป์สามารถผสมสีได้ตามความพึงพอใจของผู้วาดภาพเอง

3.2.1.2 ขั้นตอนการสร้างแถบสีตัวอย่าง (Color Chart) จากแถบสีขนาดเล็ก (Color Patch)

ขั้นตอนนี้เริ่มจากการนำแม่สี 35 สี มาทำการผสมสีในสัดส่วนต่าง ๆ กัน เพื่อให้ได้จำนวนสีที่มากขึ้นในการทำแถบสีตัวอย่าง โดยสีที่ถูกผสมขึ้นนั้นจะทำการเทียบสีจากภาพวาดศิลป์สีน้ำทั้ง 3 ภาพ แล้วทำการปาดสีที่ผสมขึ้นจำนวน 679 สี ด้วยเครื่องปาดหมึกแบบวาย บาร์ ที่ให้ความหนาขณะเปียก 15 μm ลงบนกระดาษบ็อกกิ้งฟอร์ด แล้วเลือกบริเวณสีที่มีความสม่ำเสมอกันตัดให้มีขนาด 1x1 นิ้ว ก็จะได้แถบสีตัวอย่าง โดยแถบสีตัวอย่างที่ได้นั้นจะใช้เป็นตัวแทนของชุดข้อมูลตัวอย่างสีที่ใช้ทดสอบ (Test Set) ของสีน้ำจำนวนทั้งหมด 679 สี

3.2.1.3 ขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน เพื่อใช้ในการคำนวณ

ขั้นตอนนี้เป็นการวัดค่าการสะท้อนแสงเชิงสเปกตรัม (Spectral Reflectance : R(λ)) ค่า L*C*h*, ค่า L*a*b* และค่า XYZ ของแถบสีตัวอย่าง ด้วยเครื่องวัดสีและวัดค่าการส่องผ่าน (Transmittance) ของแผ่นกรองแสงจำนวน 9 แผ่น ที่ช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่ 400-700 นาโนเมตร ในทุก ๆ 10 นาโนเมตร จากนั้นทำการเลือกชุดข้อมูลตัวอย่างสีที่ใช้ศึกษา (Training set) ของสีจำนวนทั้งหมด 176 สี เพื่อใช้เป็นตัวแทนสีที่ครอบคลุมสีของภาพศิลป์สีน้ำทั้ง 3 ภาพ ซึ่งใช้เกณฑ์การพิจารณาจากค่าความสว่างเป็นหลัก โดยเริ่มจากการเลือกค่าความสว่างที่น้อยที่สุด และเลือกห่างกันไปทีละ 2 หน่วย จนถึงค่าความสว่างที่มากที่สุด จากนั้นจึงพิจารณาที่ค่าความอิ่มตัวของค่าความสว่างนั้น ๆ โดยเริ่มเลือกตั้งแต่ค่าความอิ่มตัวที่น้อยที่สุดและเลือกห่างกันเท่ากับหรือมากกว่า 5 หน่วยขึ้นไป จนถึงค่าความอิ่มตัวที่มากที่สุด สุดท้ายจะได้ชุดสีของ Training set ที่ต้องการ

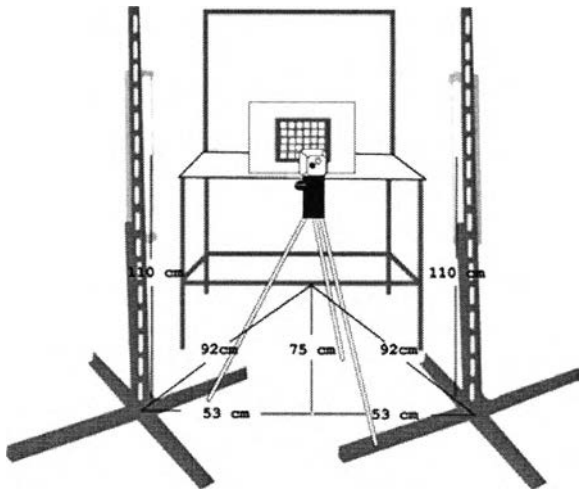
3.2.1.4 ขั้นตอนการเลือกแผ่นกรองแสงที่เหมาะสมที่สุด

ขั้นตอนนี้เป็นการนำค่าการสะท้อนแสงเชิงสเปกตรัมของ Training set ที่ได้จากข้อ 3.2.1.3 มาทำการเลือกจำนวนแผ่นกรองแสงที่เหมาะสมจากแผ่นกรองแสงทั้งหมด 9 แผ่น โดยใช้โปรแกรม Minitab 13 ในการวิเคราะห์หาองค์ประกอบหลัก (PCA) ของค่าการสะท้อนแสงเชิงสเปกตรัมในแต่ละช่วงความยาวคลื่น

3.2.1.5 ขั้นตอนการสร้างกระบวนการผลิตซ้ำของภาพสีน้ำ

3.2.1.5.1 การจัดตั้งอุปกรณ์ในการบันทึกภาพ

เริ่มจากการจัดตั้งอุปกรณ์ในห้องถ่ายภาพ เพื่อใช้สำหรับการบันทึกภาพดิจิทัลโดยมีรายละเอียดดังภาพ 3.1



ภาพ 3.1 การจัดตั้งอุปกรณ์ในการบันทึกภาพดิจิทัล

- ระยะห่างระหว่างกึ่งกลางภาพถึงกึ่งกลางกล้องดิจิทัลเท่ากับ 75 เซนติเมตร
- ระยะห่างระหว่างกึ่งกลางกล้องดิจิทัลถึงแหล่งกำเนิดแสงฟลูออเรส-เซนซ์ F11 เท่ากับ 53 เซนติเมตร
- ระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสงฟลูออเรสเซนซ์ F11 ถึงกึ่งกลางภาพเท่ากับ 92 เซนติเมตร และทำมุม 45° องศา กับระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสงฟลูออเรสเซนซ์ F11 ทั้ง 2 หลอดที่มีระยะห่างกันเท่ากับ 106 เซนติเมตร
- ระยะห่างระหว่างพื้นถึงกึ่งกลางแหล่งกำเนิดแสงฟลูออเรสเซนซ์ F11 เท่ากับ 110 เซนติเมตร

โดยระยะห่างของภาพ กล้องดิจิทัล และแหล่งกำเนิดแสงที่ได้นั้นจะต้องคำนึงถึงภาพที่บันทึกได้เป็นหลัก ซึ่งภาพที่ได้นั้นจะอยู่ในกรอบของภาพ และไม่ทำให้ภาพเกิดการบิดเบี้ยวหรือไม่คมชัด พร้อมทั้งบริเวณขาวสุดและดำสุดของภาพสามารถวัดค่าสี RGB ได้ 250-0 (บริเวณขาวสุดของภาพไม่ควรวัดค่าสี RGB ได้ 255 เนื่องจากจะทำให้ภาพมีความสว่างมากเกินไป) โดยภาพที่ได้นั้นจะมีแผ่นสีมาตรฐาน Gretag Macbeth วางอยู่ข้างหลังภาพเพื่อให้ภาพที่บันทึกได้สามารถบันทึกค่าขาวสุดและดำสุดของภาพได้ เป็นการทำสมดุลสีขาวของภาพนั่นเอง (White Balance)

3.2.1.5.2 การเลือกชนิดของแผ่นกรองแสงที่เหมาะสม

ทำการบันทึกภาพของแถบสีตัวอย่าง 679 สี ด้วยกล้องดิจิทัลภายใต้แหล่งกำเนิดแสงฟลูออเรสเซนซ์ F11 โดยบังหน้าเลนส์ของกล้องด้วยแผ่นกรองแสงทีละแผ่น จำนวน 9 แผ่น จากนั้นนำภาพที่ได้มาคำนวณหาค่าพิกเซลเฉลี่ยของแต่ละสีในแต่ละแผ่นกรองแสง

เลือกเฉพาะสีที่อยู่ใน Training set เท่านั้น โดยมีขนาดพื้นที่ของภาพเท่ากับ 20 x 20 พิกเซล ที่บริเวณตรงกลางภาพ ซึ่งค่าพิกเซลเฉลี่ยที่ได้นั้นจะนำไปใช้เป็นข้อมูลในการเลือกชนิดของแผ่นกรองแสงที่เหมาะสม ด้วยวิธีการจัดกลุ่มชุดข้อมูล (Combination Method) ของแผ่นกรองแสงที่ต้องการจำนวน X แผ่น จากจำนวนแผ่นกรองแสงทั้งหมด 9 แผ่น ก็จะได้จำนวนวิธีที่ได้จากการจัดกลุ่มชุดข้อมูลที่เป็นไปได้ทั้งหมด Y วิธี โดยจำนวนแผ่นกรองที่ต้องการจำนวน X แผ่นนั้นเป็นการเลือกจำนวนแผ่นกรองแสงที่เหมาะสมที่ได้จากข้อ 3.2.1.4 จากนั้นใช้เกณฑ์การหาค่า ΔE^*_{ab} และค่า RMS Error ที่มีค่าน้อยที่สุดระหว่างค่าการสะท้อนแสงที่ได้จากการวัด (Spectral Reflectance : $R'(\lambda)$) กับค่าการสะท้อนแสงที่ได้จากการประมาณ (Spectral Estimation : $O'(\lambda)$) จากชุดข้อมูลสี Training set ด้วยวิธี Wiener Estimation โดยใช้โปรแกรม MATLAB ในการคำนวณ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพิจารณาความแม่นยำของการสร้างกระบวนการผลิตซ้ำของภาพศิลป์ในขั้นตอนถัดไป

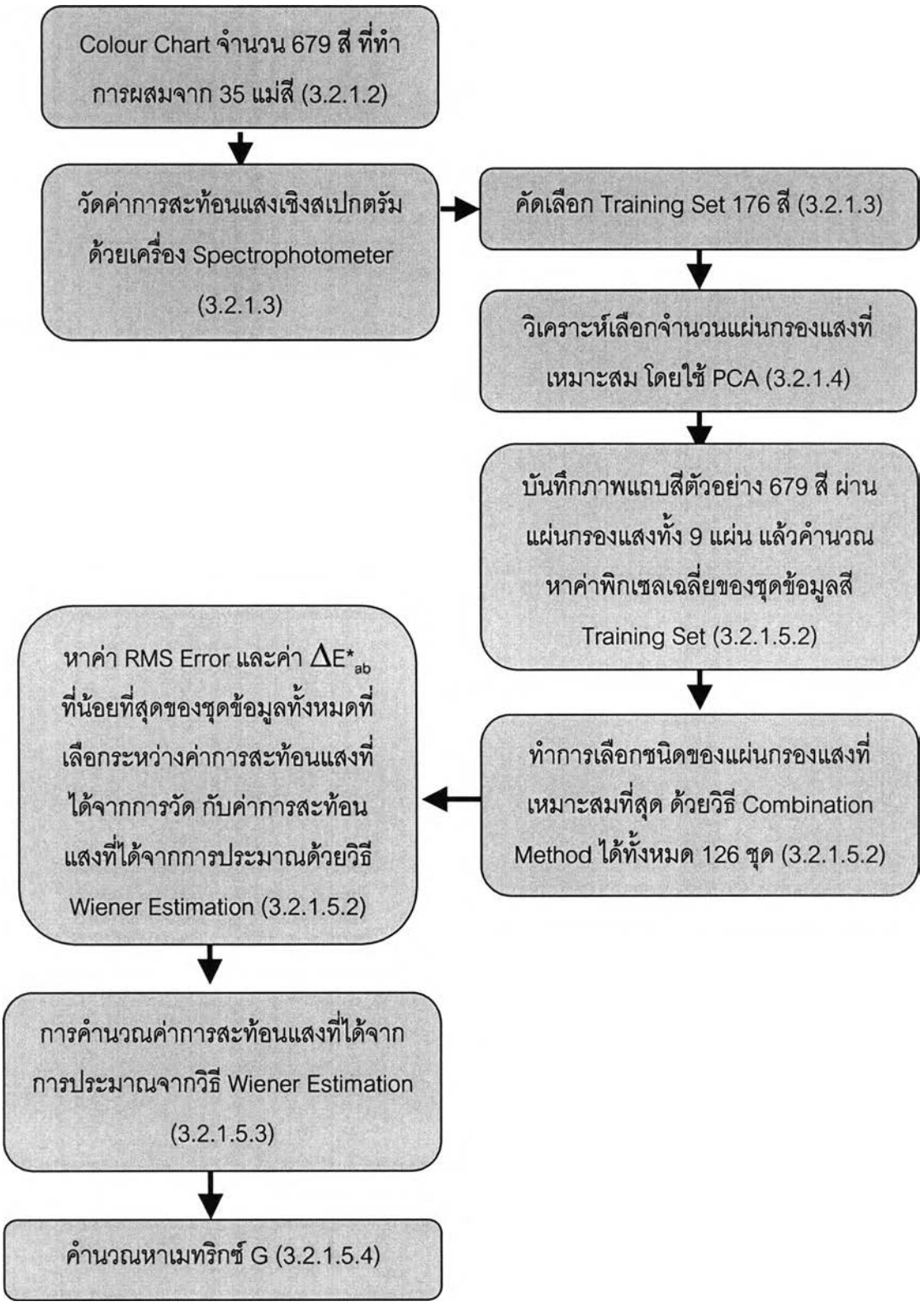
3.2.1.5.3 การคำนวณค่าการสะท้อนแสงที่ได้จากการประมาณ

จากข้อ 3.2.1.5.2 หลังจากที่เลือกชนิดของแผ่นกรองแสงที่เหมาะสมได้แล้ว สามารถคำนวณหาค่าการสะท้อนแสงที่ได้จากการประมาณด้วยวิธี Wiener Estimation ได้เลย โดยการนำค่าการสะท้อนแสงที่ได้จากการวัดและค่าพิกเซลเฉลี่ยที่ได้จากการบันทึกภาพมาใช้ในการคำนวณ

3.2.1.5.4 การคำนวณหาเมทริกซ์ที่ทำให้ค่ากำลังสองของความแตกต่างระหว่างค่าการสะท้อนแสงเชิงสเปกตรัมของต้นฉบับกับค่าการสะท้อนแสงที่ได้จากการประมาณมีค่าน้อยที่สุด (เมทริกซ์ G)

จากข้อ 3.2.1.5.3 เมื่อคำนวณหาค่าการสะท้อนแสงที่ได้จากการประมาณและค่าพิกเซลเฉลี่ยที่ได้จากการบันทึกภาพ ก็สามารถคำนวณหาเมทริกซ์ G ได้จากสมการ Wiener Estimation ดังสมการที่ 2.11 หรือหาได้จากเมทริกซ์สัมพันธ์ R_{ov}และR_{vv} ดังสมการที่ 2.13 ซึ่งได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 2.1.7 Wiener Estimation เพื่อนำไปใช้สำหรับคำนวณหาค่าการสะท้อนแสงที่ได้จาการประมาณสำหรับภาพศิลป์ในขั้นตอนถัดไป

โดยขั้นตอนการประมาณค่าการสะท้อนแสงเชิงสเปกตรัมนั้น สามารถแสดงเป็นขั้นตอนได้ดังภาพ 3.2



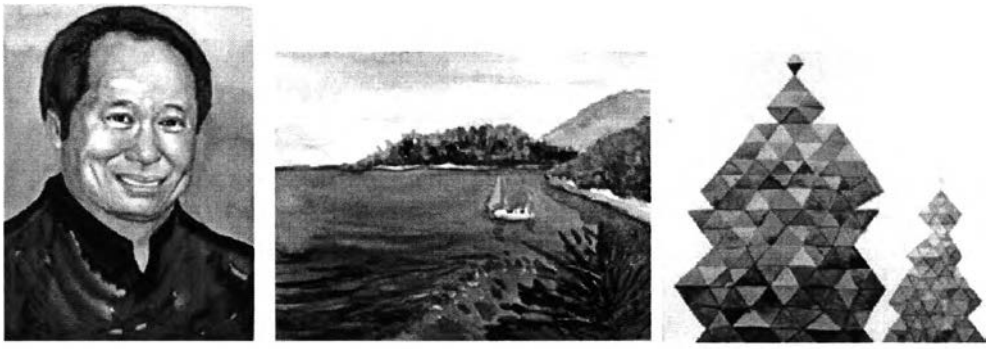
ภาพ 3.2 ขั้นตอนการประมาณค่าการสะท้อนแสงเชิงสเปกตรัมของภาพต้นฉบับ

3.2.2 ขั้นตอนการปรับตั้งค่ามาตรฐานและการหาลักษณะเฉพาะของจอภาพซีอาร์ที

เป็นการปรับตั้งค่ามาตรฐาน (Calibration) ของจอภาพซีอาร์ที โดยทำการปรับตั้งค่าความสว่าง ความเปรียบต่าง แกมมา และสมดุลสีขาวของจอภาพที่อุณหภูมิสีแตกต่างกัน ได้แก่ D_{65}และD_{50} ภายใต้สภาวะห้องมืด ด้วยอุปกรณ์วัดสีบนจอภาพ Gretag Macbet Eye-One จากนั้นจึงทำการหาลักษณะเฉพาะของจอภาพซีอาร์ที (Characterisation) โดยการคำนวณหาโพรไฟล์ของจอภาพจากโปรแกรมสำเร็จรูป Profile Maker

3.2.3 ขั้นตอนการแปลงข้อมูลสีเพื่อแสดงภาพบนจอภาพซีอาร์ที

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนในการเริ่มประมวลผลของภาพที่ได้จากการบันทึกภาพศิลป์สีน้ำทั้ง 3 ภาพ ด้วยกล้องวีดิทัศน์



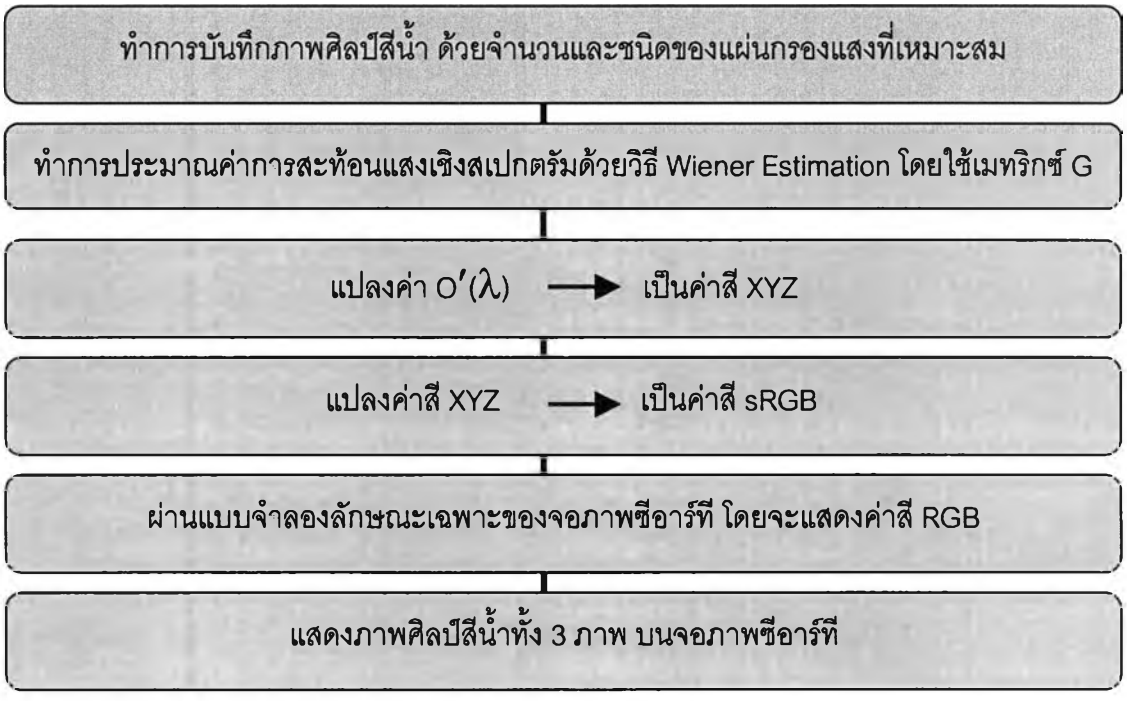
(a) (b) (c)

ภาพที่ 3.3 ภาพวาดศิลป์สีน้ำที่ใช้ในการบันทึกภาพ

จากภาพที่ 3.3 เป็นภาพวาดศิลป์สีน้ำที่ใช้เป็นภาพที่มีโทนสีต่อเนื่อง (Continuous Tone) โดยภาพ 3.3 (a) เป็นภาพคน (Portrait) มีขนาดภาพ 6x8 นิ้ว มีการใช้โทนสีของภาพส่วนใหญ่เป็นโทนสีผิวคน และโทนสีดำที่บริเวณเสื้อกับผม ส่วนภาพ 3.3 (b) ภาพทิวทัศน์ (Seascape) มีขนาดภาพ 8x6 นิ้ว โทนสีของภาพส่วนใหญ่เป็นโทนสีเขียวผสมสีเหลืองบริเวณต้นไม้ ภูเขา และท้องฟ้า สำหรับบริเวณทะเล จะเป็นโทนสีน้ำเงินและสีน้ำแดงผสมกัน และภาพ 3.3 (c) ภาพนามธรรม (Abstract) มีขนาดภาพ 8x6 นิ้ว โทนสีของภาพมีความหลากหลาย ได้แก่ โทนสีแดง โทนสีเขียว โทนสีเหลือง และโทนสีน้ำเงิน

หลังจากที่ทราบจำนวนและชนิดของแผ่นกรองแสงที่เหมาะสมแล้ว นำภาพวาดศิลป์สีน้ำทั้ง 3 ภาพ มาผ่านกระบวนการที่สร้างขึ้นในขั้นตอนที่ 3.2.1.5 โดยใช้เมทริกซ์ G ที่ได้จาก

ข้อ 3.2.1.5.4 จากนั้นทำการแปลงค่า $O'(\lambda)$ ที่ได้ไปเป็นค่าสี XYZ และค่าสี sRGB ตามลำดับ แล้วนำข้อมูลสีที่ได้มาผ่านแบบจำลองลักษณะเฉพาะ (Characterisation Model) ของจอภาพซีอาร์ทีที่ได้จากขั้นตอนที่ 3.2.2 เพื่อใช้ในการแสดงภาพศิลป์สีน้ำบนจอภาพซีอาร์ทีในแต่ละแหล่งกำเนิดแสง D_{65}และD_{50} โดยมีการใช้โปรแกรม Photoshop ในการปรับขนาดของภาพที่ได้ให้มีขนาดเท่ากับภาพต้นฉบับ โดยที่ขนาดพิกเซลของภาพมีค่าเท่ากับ 576x432 พิกเซล สำหรับภาพทิวทัศน์และภาพนามธรรม ส่วนภาพคนจะมีขนาดเท่ากับ 432x576 พิกเซล ที่ความละเอียดของภาพ 72 พิกเซลต่อนิ้ว ในแบบ Bicubic หมายถึง เมื่อมีการแก้ไขขนาดของภาพ ภาพที่ถูกสร้างขึ้นใหม่นั้นจะมีการกำหนดค่าสีขึ้นใหม่แต่ยังอยู่บนพื้นฐานของค่าสีเดิม และยังคงเก็บรักษารายละเอียดส่วนต่าง ๆ ของภาพเดิมไว้ โดยที่ระหว่างขั้นตอนของการประมวลผลของภาพที่สร้างขึ้นใหม่นั้น จะถูกดำเนินการอย่างละเอียดทำให้ค่าที่ได้นั้นมีความถูกต้องแม่นยำสูง จากนั้นทำการจัดวางภาพที่ได้บนพื้นขาวที่ได้สร้างขึ้นในโปรแกรม Photoshop โดยให้เห็นขอบขาวของภาพข้างละ 0.5 เซนติเมตร ต่อจากนั้นทำการวางภาพที่ได้บนพื้นเทาอีกครั้ง โดยที่สีของพื้นเทาที่สร้างขึ้นนั้นจะมีค่าสี RGB เท่ากับ 128 และมีขนาดเท่ากับความละเอียดของขนาดภาพที่ใช้แสดงบนจอภาพ ซีอาร์ที (Screen Resolution) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1024x768 พิกเซล ดังนั้นขั้นตอนการแปลงข้อมูลสีเพื่อแสดงภาพบนจอภาพซีอาร์ที สามารถแสดงได้ดังภาพ 3.4



ภาพ 3.4 ขั้นตอนการแปลงค่าข้อมูลสีเพื่อใช้แสดงภาพบนจอภาพซีอาร์ที

3.2.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์เชิงปริมาณและเชิงคุณภาพของภาพที่ใช้แสดงบนจอภาพซีอาร์ที

3.2.4.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์เชิงปริมาณ

ทำการเลือกชุดทดสอบ (Test set) 3 ชุด โดยพิจารณาจากโทนสีของภาพที่มีสีคล้ายกัน ได้แก่ โทนสีผิวคน ที่มีจำนวนสีทั้งหมด 112 สี โทนสีใบไม้ ที่มีจำนวนสีทั้งหมด 123 สี และโทนสีท้องฟ้า ที่มีจำนวนสีทั้งหมด 36 สี เพื่อใช้วิเคราะห์หาค่าความแตกต่างสี ΔE^*_{ab} และค่า RMS Error เฉลี่ยในเชิงปริมาณของภาพ ที่ได้จากกระบวนการที่สร้างขึ้นในขั้นตอนที่ 3.2.1.4 และ 3.2.1.5 ภายใต้ 2 แหล่งกำเนิดแสง คือ D_{65} และD_{50}

3.2.4.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ

ขั้นตอนนี้เป็นการเปรียบเทียบภาพเชิงคุณภาพระหว่างภาพศิลป์สีน้ำของภาพต้นฉบับที่วางไว้ในตู้แสงมาตรฐาน D_{65} และD_{50} กับภาพที่ผลิตได้จากข้อมูลสเปกตรัม เพื่อใช้แสดงภาพบนจอภาพซีอาร์ที โดยได้ทำการปรับตั้งค่ามาตรฐานและหาลักษณะเฉพาะของจอภาพซีอาร์ทีภายใต้แหล่งกำเนิดแสงคือ D_{65}, D_{50} ในขั้นตอน 3.2.2 ดังต่อนี้

3.2.4.2.1 ที่อุณหภูมิสี 6500 เคลวิน (D_{65}) : ปรับค่ามาตรฐานได้ดังนี้ ค่าความเปรียบต่าง (Contrast) 100 % ค่าความสว่าง (Brightness) 47%, ค่าสมดุลสีขาว (White Balance) ที่ให้ค่า R 81% G 65.2% B 60.3% และค่าแกมมาที่ 2.2

3.2.4.2.2 ที่อุณหภูมิสี 5000 เคลวิน (D_{50}) : ปรับค่ามาตรฐานได้ดังนี้ ค่าความเปรียบต่าง (Contrast) 100 %, ค่าความสว่าง (Brightness) 45.4%, ค่าสมดุลสีขาว (White Balance) ที่ให้ค่า R 73.7% G 56 % B 44.5% และค่าแกมมาที่ 2.2

พร้อมทั้งได้มีการบันทึกภาพศิลป์สีน้ำทั้ง 3 ภาพ ผ่านกล้องดิจิทัลทั่วไปที่มี CCD เป็นแบบ Colour CCD เพื่อใช้สร้างมาตรฐานในการมองเปรียบเทียบภาพของผู้สังเกตการณ์ โดยได้ทำการจัดตั้งอุปกรณ์ในการบันทึกภาพเหมือนกับการจัดตั้งอุปกรณ์ในการบันทึกภาพศิลป์สีน้ำทั้ง 3 ภาพด้วยกล้องวีดิทัศน์ที่แสดงไว้ในขั้นตอนที่ 3.2.1.5.1 จากนั้นนำภาพที่ได้มาผ่านแบบจำลองลักษณะเฉพาะของจอภาพซีอาร์ทีในขั้นตอนที่ 3.2.2 โดยได้มีการปรับตั้งค่าของจอภาพซีอาร์ทีในแต่ละแหล่งกำเนิดแสง ที่ได้แสดงไว้ในขั้นตอน 3.2.4.2.1 และ 3.2.4.2.2 แล้วทำการมองเปรียบเทียบภาพที่ได้จากการบันทึกภาพด้วยกล้องดิจิทัลทั่วไปกับภาพต้นฉบับ สลับกับการมองเปรียบเทียบภาพที่ได้จากการบันทึกภาพด้วยกล้องวีดิทัศน์กับภาพต้นฉบับ

โดยการทดลองนั้นเริ่มจากการเปิดตู้แสงมาตรฐาน และจอภาพซีอาร์ทีที่ได้มีการปรับตั้งค่าต่าง ๆ ไว้ในขั้นตอนที่ 3.2.4.2.1 และ3.2.4.2.2 ของแต่ละแหล่งกำเนิดแสงภายใต้สภาวะห้องมืด แล้วทิ้งไว้นาน 30 นาที ก่อนเริ่มทำการทดลองทุกครั้ง จากนั้นให้ผู้สังเกตการณ์ทำการตอบแบบสอบถามที่จะใช้เป็นเครื่องมือวัดการวิเคราะห์ภาพในเชิงคุณภาพของภาพศิลป์สีน้ำ

ทั้ง 3 ภาพ (แบบสอบถามแสดงในภาคผนวก ง) ระหว่างภาพศิลป์สีน้ำต้นฉบับกับภาพศิลป์สีน้ำที่ผลิตได้จากข้อมูลสเปกตรัม และภาพศิลป์สีน้ำต้นฉบับกับภาพศิลป์สีน้ำที่ผลิตได้จากการบันทึกภาพจากกล้องดิจิทัลทั่วไป โดยทำการพิจารณาว่ากระบวนการใดที่สามารถผลิตซ้ำของภาพได้ตรงกับภาพต้นฉบับมากที่สุด ซึ่งในการมองเปรียบเทียบภาพนั้นจะมุ่งเน้นเฉพาะความเหมือนของสีบนภาพเท่านั้น ไม่รวมรายละเอียดและความคมชัดของภาพ โดยที่ผู้สังเกตการณ์จะนั่งมองเปรียบเทียบภาพ โดยนั่งตรงกลางระหว่างภาพทั้งสองด้วยระยะห่างจากระนาบภาพ 76 เซนติเมตร แล้วทำการมองภาพที่แสดงบนจอภาพซีอาร์ทีทีละภาพระหว่างภาพที่ 1 (ภาพที่ผลิตได้) กับภาพที่ 2 (ภาพที่ถ่ายด้วยกล้องดิจิทัล) เพื่อเปรียบเทียบความเหมือนของสีในภาพที่แสดงบนจอภาพซีอาร์ทีกับภาพต้นฉบับในแต่ละเงื่อนไขของภาพที่กำหนดไว้ โดยสามารถมองเปรียบเทียบภาพกลับไปกลับมาได้ (Successive Binocular Viewing) จากนั้นถึงให้ระดับคะแนนความเหมือนของภาพในแบบ Category Judgment ดังต่อไปนี้

- 5 คือ ความเหมือนมากที่สุด
- 4 คือ ความเหมือนมาก
- 3 คือ ความเหมือนปานกลาง
- 2 คือ ความเหมือนน้อย
- 1 คือ ความเหมือนน้อยที่สุด

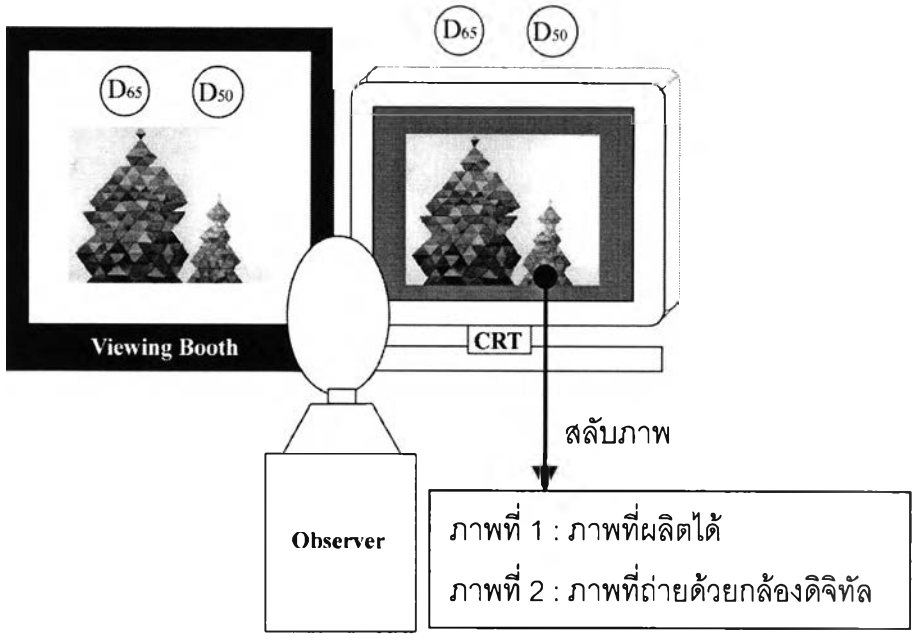
โดยที่แบบสอบถามที่ใช้เปรียบเทียบภาพศิลป์สีน้ำทั้ง 3 ภาพ นั้น ได้มีการแบ่งย่อยรายละเอียดการมองเปรียบเทียบภาพของแต่ละภาพในแต่ละบริเวณพื้นที่ของภาพได้ดังนี้

- ภาพคน สามารถพิจารณามองเปรียบเทียบความเหมือนของภาพได้บริเวณโทนสีผิวคน และโทนสีโดยรวมของภาพ

- ภาพทิวทัศน์ สามารถพิจารณามองเปรียบเทียบความเหมือนของภาพได้บริเวณโทนสีท้องฟ้า โทนสีทะเล และโทนสีโดยรวมของภาพ

- ภาพนามธรรม สามารถพิจารณามองเปรียบเทียบความเหมือนของภาพได้บริเวณโทนสีแดง โทนสีเขียว โทนสีน้ำเงิน โทนสีเหลือง และโทนสีโดยรวมของภาพ

ดังนั้นขั้นตอนการวิเคราะห์ภาพเชิงคุณภาพที่ใช้แสดงบนจอภาพซีอาร์ทีสามารถแสดงได้ดังภาพ 3.5



ภาพ 3.5 องค์ประกอบในการมองเปรียบเทียบภาพ