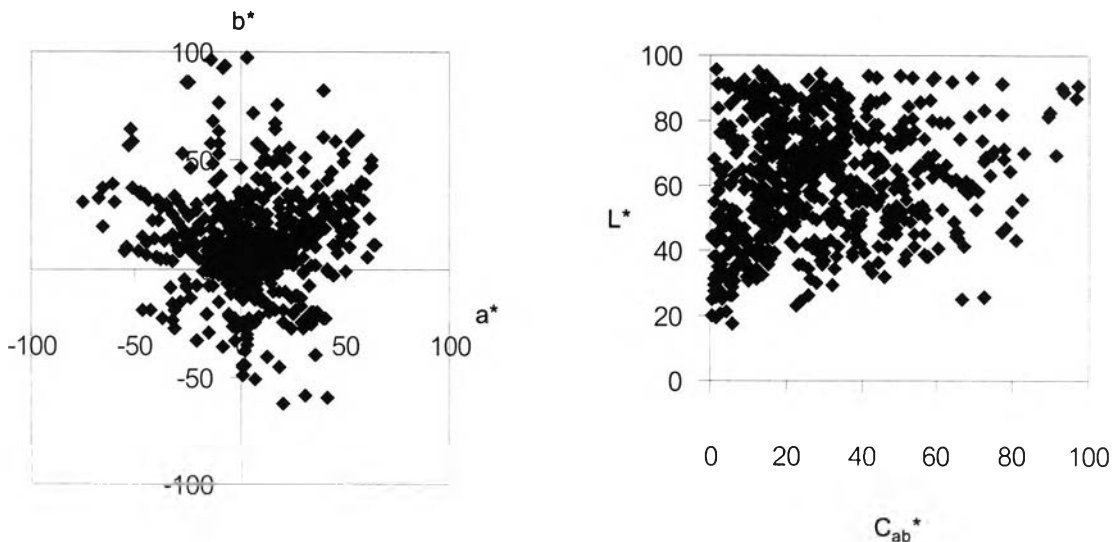


บทที่ 4

ผลการศึกษา

4.1 การสร้างชุดข้อมูลสีทดสอบ (Test Set)

เริ่มจากการนำแม่สีน้ำ 35 สี มาทำการผสมสีในสัดส่วนต่าง ๆ กันให้ได้จำนวนสีที่มากที่สุด ที่ครอบคลุมสีของภาพศิลปะสีน้ำทั้ง 3 ภาพ เพื่อใช้ในการสร้างชุดข้อมูลสีทดสอบทั้งหมด

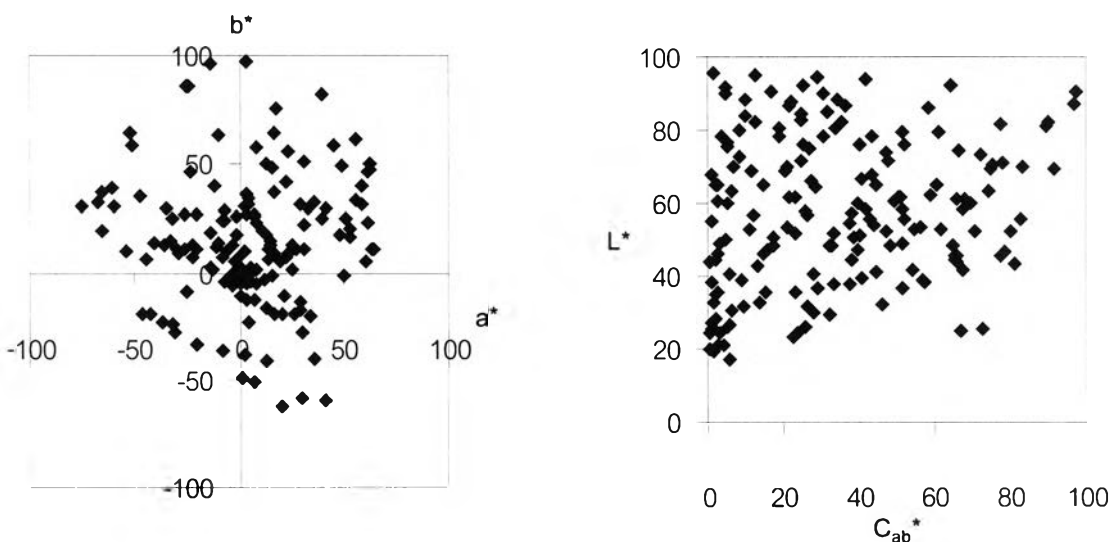


ภาพ 4.1 ค่าการกระจายตัวของชุดข้อมูลสี Test Set โดยพิจารณาการกระจายตัวของสีต้นบนกราฟระหว่าง a^* และ b^* ในระบบสี CIELAB (a) และการกระจายตัวของความสว่างและความอิ่มตัวสี จากกราฟระหว่าง L^* และ C_{ab}^* ในระบบสี CIELCH (b)

จากภาพ 4.1 (a) จะเห็นว่าการกระจายตัวของค่า a^* , b^* ที่ใช้เป็นตัวบอกสีสันของภาพ (Chromatic Color) ครอบคลุมในช่วงสีแดง-สีเหลือง สีเหลือง-สีเขียว สีเขียว-สีน้ำเงิน และสีน้ำเงิน-สีแดง โดยที่บริเวณช่วงสีเขียว-สีน้ำเงิน และสีน้ำเงิน-สีแดง มีการกระจายตัวของสีน้อยกว่าบริเวณช่วงสีแดง-สีเหลืองและสีเหลือง-สีเขียว และสีส่วนใหญ่ของภาพจะอยู่บริเวณตรงกลางทำให้ไม่สามารถแยกสีได้ แสดงให้เห็นว่าสีส่วนใหญ่ที่ได้ในชุดของ Test Set จะเป็นสีที่มีความเข้มและความมืดสูงมาก และเมื่อพิจารณาที่ค่าความสว่างและค่าความอิ่มตัวของสีที่ใช้เป็นตัวบอกน้ำหนักสีของภาพ (Achromatic Color) ควบคู่กันในภาพ 4.1 (a) จะเห็นว่ามี การกระจายตัวดีในทุก ๆ ช่วงของความสว่าง โดยบริเวณสีที่มีความสว่างน้อยจะมีการกระจายตัวของค่าความอิ่มตัวของสีน้อยกว่าบริเวณสีที่มีความสว่างมาก แสดงว่าโทนสีบริเวณนี้เป็นสีที่ทึบไม่ค่อยสดใส ซึ่งค่า L^*_{max} และ L^*_{min} มีค่าเท่ากับ 95.58 และ 17.41 ส่วนค่า c^*_{max} และ c^*_{min} มีค่าเท่ากับ 97.38 และ 0.29

4.2 การคัดเลือกข้อมูลในการสร้างชุดข้อมูลศึกษา (Training Set)

เริ่มจากการนำข้อมูลสีของชุดทดสอบ (Test Set) ทั้งหมด 679 สี มาพิจารณาเลือกตัวแทนสีพบว่าได้ชุดข้อมูลสีของ Training Set ทั้งหมด 176 สี โดยการคัดเลือกชุดข้อมูลสีที่จะใช้เป็นตัวแทนนั้น ทำการเลือกจากค่าความสว่างน้อยที่สุด (L^*_{min}) จากข้อมูลสีชุดทดสอบ 679 สี และเลือกห่างกันไปที่ละ 2 หน่วย จนถึงค่าความสว่างที่มากที่สุด จากนั้นจึงพิจารณาค่าความอึมตัวของค่าความสว่างนั้น ๆ โดยเริ่มเลือกตั้งแต่ค่าความอึมตัวที่น้อยที่สุด (c^*_{min}) จากนั้นเลือกให้ห่างกันเท่ากับหรือมากกว่า 5 หน่วยขึ้นไป จนถึงค่าความอึมตัวที่มากที่สุด ซึ่งเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณานั้น ดูจากการกระจายตัวของสีส้น ความอึมตัว และความสว่างของข้อมูลสีเป็นหลัก เพื่อที่จะได้ชุดของตัวแทนสีที่ครอบคลุมสีทั้งหมดในการนำไปใช้ผลิตภาพต่อไป



ภาพ 4.2 ค่าการกระจายตัวของชุดข้อมูลสี Training Set โดยพิจารณาการกระจายตัวของสีส้นบนกราฟระหว่าง a^* และ b^* ในระบบสี CIELAB (a) และการกระจายตัวของความสว่างและความอึมตัวสี จากกราฟระหว่าง L^* และ C_{ab}^* ในระบบสี CIELCH (b)

จากภาพ 4.2 (a) จะเห็นว่าการกระจายตัวของค่า a^* , b^* ที่ใช้เป็นตัวบอกสีส้นของภาพครอบคลุมในช่วงสีแดง-สีเหลือง สีเหลือง-สีเขียว สีเขียว-สีน้ำเงิน และสีน้ำเงิน-สีแดง และสีส่วนใหญ่ของภาพจะอยู่บริเวณตรงกลางทำให้ไม่สามารถแยกสีได้ แสดงให้เห็นว่าสีส่วนใหญ่ที่ได้ในชุดของ Training Set จะเป็นสีที่มีความเข้มและความมืดสูงมาก และเมื่อพิจารณาที่ค่าความสว่างและค่าความอึมตัวของสีที่ใช้เป็นตัวแทนสีของภาพควบคู่กันในภาพ 4.2 (a) จะเห็นว่ามีการกระจายตัวดีในทุกๆช่วงของความสว่าง โดยบริเวณสีที่มีความสว่างน้อยจะมีการกระจายตัวของค่าความอึมตัวของสีน้อยกว่าบริเวณสีที่มีความสว่างมาก แสดงว่าโทนสีบริเวณนี้เป็นสีที่ทึบไม่คอยสดใส ซึ่งค่า L^*_{max} , L^*_{min} และค่า c^*_{max} , c^*_{min} ยังคงค่าเดิมไว้ในข้อ 4.1

4.3 ขั้นตอนการประมาณค่าการสะท้อนแสงเชิงสเปกตรัม (Spectral Estimation : $O'(\lambda)$)

4.3.1 ขั้นตอนการเลือกจำนวนแผ่นกรองที่เหมาะสม โดยการวิเคราะห์ส่วนประกอบหลัก (PCA) ของค่าการสะท้อนแสงเชิงสเปกตรัม

จากการใช้ PCA เพื่อหาจำนวนแผ่นกรองแสงในการถ่ายภาพเพื่อให้ได้ข้อมูลการสะท้อนแสงเชิงสเปกตรัมของภาพ ได้นำข้อมูลการสะท้อนแสงเชิงสเปกตรัมของตัวอย่างสีที่เลือกมาเป็น Training Set โดยการวิเคราะห์ส่วนประกอบหลักจะเปลี่ยนรูปข้อมูลค่าการสะท้อนแสงเชิงสเปกตรัมของชุดสี 176 สี ที่มีความซับซ้อน (มีความสัมพันธ์กันเพราะมีตัวประกอบร่วมกัน) ไปเป็นข้อมูลชุดใหม่ที่มีความซับซ้อนน้อยกว่า โดยใช้หลักการการสร้างตัวแปรชุดใหม่หรือที่เรียกว่าการสกัดตัวประกอบ ซึ่งตัวแปรชุดใหม่หรือตัวประกอบที่สกัดได้จะจะไม่มีความสัมพันธ์กันเลย แทนที่จะใช้ตัวแปรจำนวนมากก็สามารถใช้ตัวประกอบแทนตัวแปรเหล่านี้ได้ เป็นการลดจำนวนข้อมูลให้น้อยลง

ผลของการสกัดตัวประกอบหลัก โดยการใช้วิธีหาความแปรปรวนร่วม (Covariance Method) พบว่าตัวประกอบชุดที่ 1 (PC1) สามารถอธิบายความแปรปรวนของชุดข้อมูล Training Set หรือข้อมูลชุดเริ่มต้นได้มากที่สุดถึงร้อยละ 66.9 (ดังแสดงในตารางที่ 4.1) ขณะที่ตัวประกอบชุดที่ 2 (PC2) สามารถอธิบายความแปรปรวนของชุดข้อมูล Training Set ที่ถูกสกัดตัวประกอบไปแล้วครั้งที่ 1 ได้ร้อยละ 22.1 ตัวประกอบชุดที่ 3 (PC3) ชุดที่ 4 (PC4) และชุดที่ 5 (PC5) สามารถอธิบายความแปรปรวนของชุดข้อมูล Training Set ที่ถูกสกัดตัวประกอบไปแล้ว 2 ครั้งได้ ร้อยละ 7.9 ร้อยละ 1.6 และร้อยละ 0.7 ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าตัวประกอบ 5 ตัวแรก คือ PC1-PC5 รวมกันแล้วสามารถอธิบายความแปรปรวนของข้อมูลชุด Training Set ได้ถึงร้อยละ 99.3 ตัวประกอบที่เหลือคือ PC6-PC11 สามารถอธิบายความแปรปรวนเพิ่มเติมได้อีกเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

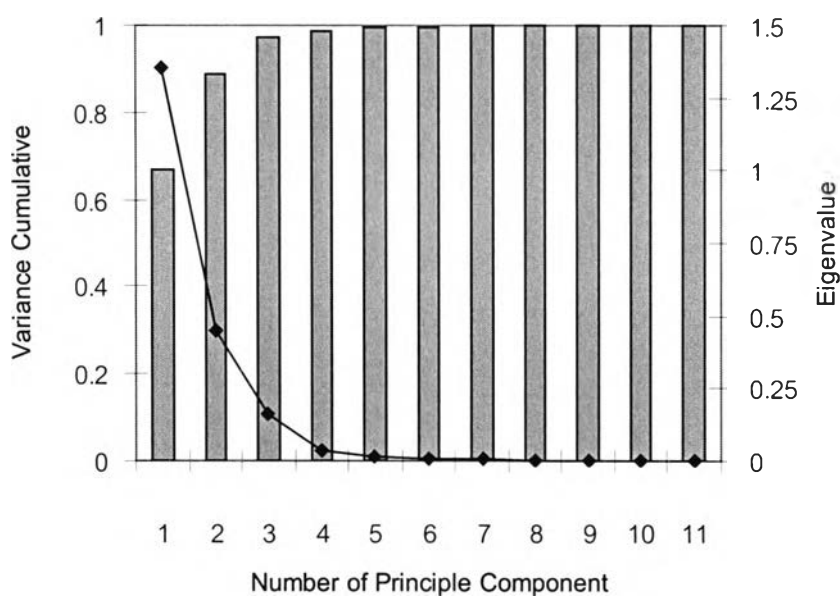
นอกจากนี้เมื่อพิจารณากราฟระหว่าง Eigenvalue (ค่าความแปรปรวนของชุดข้อมูล Training Set) และจำนวนชุดตัวประกอบหรือที่เรียกกันว่า Scree Plot (เป็นกราฟที่ใช้ดูอัตราการกระจายตัวสัมพัทธ์) พบว่ากราฟเริ่มหักมุมที่ตัวประกอบชุดที่ 4 (ภาพที่ 4.3) ซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มของชุดตัวประกอบเป็น 2 ชุด คือ PC1-PC4 และ PC5 เป็นต้นไป ซึ่งจะเลือกตัวประกอบชุดแรก คือ PC1-PC4 และตัวประกอบตัวแรกของชุดที่ 2 คือ PC5 ซึ่งสามารถอธิบายความแปรปรวนของข้อมูลชุด Training Set ได้เพียงพอ

จากภาพ 4.4 เป็นความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสะท้อนแสงเชิงสเปกตรัมเฉลี่ยที่ความยาวคลื่น 400-700 นาโนเมตรของชุดข้อมูล Training Set กับค่า Score ของส่วนประกอบที่ 5 พบว่าส่วนประกอบที่ 5 ได้ให้ค่านำหนักแก่ค่าการสะท้อนแสงเชิงสเปกตรัมเฉลี่ยกระจายที่ทุกช่วงความยาวคลื่น

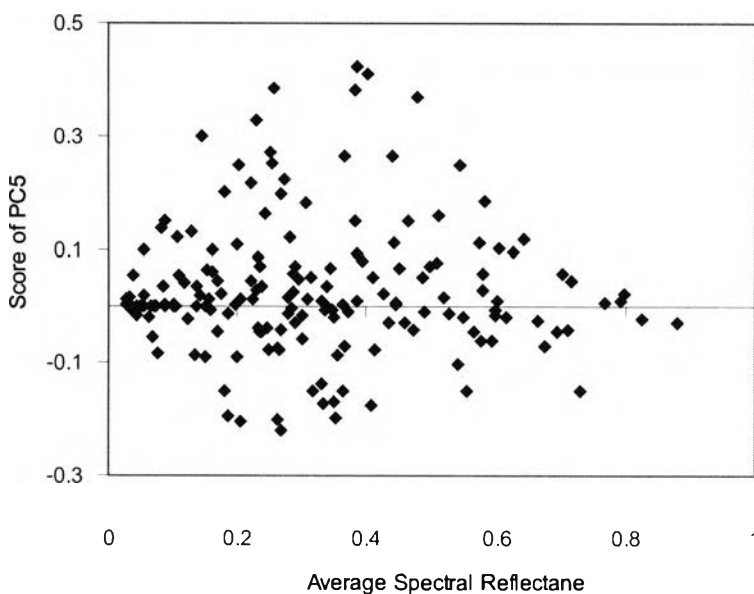
แสดงว่าค่า Score ของส่วนประกอบที่ 5 กับค่าการสะท้อนแสงเชิงสเปกตรัมเฉลี่ยมีความแปรปรวนร่วมกัน

ตารางที่ 4.1 ค่า Eigenvalue, Proportion, Cumulative ของแต่ละส่วนประกอบหลัก

	การวิเคราะห์จำนวนองค์ประกอบของ Covariance Matrix										
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9	PC10	PC11
Eigenvalue	1.353	0.447	0.160	0.033	0.014	0.006	0.005	0.002	0.001	0.001	0.000
Proportion	0.669	0.221	0.079	0.016	0.007	0.003	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000
Cumulative	0.669	0.890	0.970	0.986	0.993	0.995	0.998	0.999	0.999	0.999	1.000



ภาพ 4.3 ความสามารถในการอธิบายความแปรปรวนของข้อมูลของตัวประกอบ 11 ตัวประกอบ



ภาพ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Score ของส่วนประกอบที่ 5 กับค่าการสะท้อนแสงเชิงสเปกตรัมเฉลี่ยของชุดข้อมูล Training Set

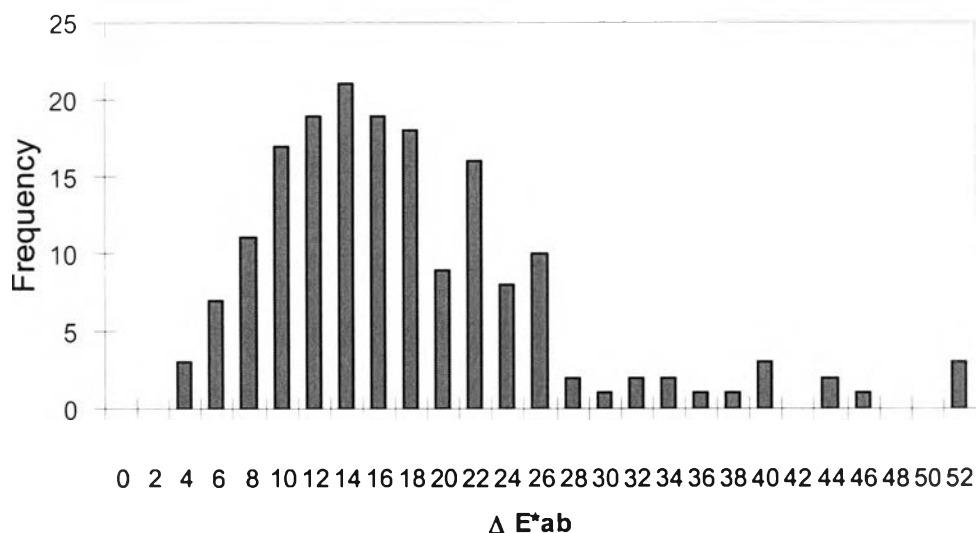
4.3.2 ขั้นตอนการเลือกชนิดของแผ่นกรองที่เหมาะสม โดยการจับกลุ่มข้อมูล (Combination) ด้วยวิธี Wiener Estimation

4.3.2.1 ผลของการเลือกชนิดของแผ่นกรองแสงที่เหมาะสมจำนวน 5 แผ่น หลังจากที่เราทราบจำนวนของแผ่นกรองแสงที่เหมาะสมที่สุดแล้ว เป็นจำนวนทั้งหมด 5 แผ่น ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการเลือกชนิดของแผ่นกรองแสงที่เหมาะสมที่สุด สำหรับการนำไปใช้ในการคำนวณการประมาณค่าการสะท้อนแสงเชิงสเปกตรัม โดยเริ่มจากการนำค่าการสะท้อนแสงที่ได้จากการวัด และค่าพิกเซลที่คำนวณได้จากการถ่ายภาพผ่านแผ่นกรองแสงทั้งหมด 9 แผ่นของชุดข้อมูล Training Set มาคำนวณด้วยวิธี Wiener Estimation เพื่อจับกลุ่มชุดข้อมูลทั้งหมดได้ 126 ชุด แล้วใช้เกณฑ์ค่าเฉลี่ยความแตกต่างของสี (ΔE^*_{ab}) ที่น้อยที่สุด และค่ารากกำลังสองเฉลี่ย (RMS Error) ที่น้อยที่สุดระหว่างค่าการสะท้อนแสงที่ได้จากการวัดและค่าการสะท้อนที่ได้จากการประมาณ ในการเลือกชนิดของแผ่นกรองแสง ซึ่งพบว่าภายใต้แหล่งกำเนิดแสงฟลูออเรสเซนต์ F11 (FLR_20) ให้ค่า ΔE^*_{ab} ระหว่างค่าการสะท้อนแสงที่ได้จากการวัดและค่าการสะท้อนที่ได้จากการประมาณต่ำสุดที่ 2.28 และค่า RMS Error ต่ำสุดเท่ากับ 0.02 เมื่อใช้แผ่นกรองแสง BPB42, BPB53, BPN50, SC64 และ SC66 ดังแสดงไว้ที่ตาราง 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าความแตกต่างสีและค่ารากกำลังสองเฉลี่ยระหว่างค่าการสะท้อนแสงที่ได้จากการวัดกับค่าการสะท้อนแสงที่ได้จากการประมาณ เมื่อใช้จำนวนแผ่นกรองแสงทั้งหมด 5 แผ่น

5 Filter	FLR_20	
	ΔE^*_{ab}	RMS
Median	15.18	0.08
Mean	16.89	0.09
Minimum	2.28	0.02
Maximum	51.44	0.31
Standard deviation	9.28	0.05

แต่ถ้าพิจารณาจากกราฟแสดงค่าความถี่ทางสถิติ (Histogram) ของค่าความแตกต่างสี (ΔE^*_{ab}) ระหว่างค่าการสะท้อนแสงที่ได้จากการวัดและค่าการสะท้อนที่ได้จากการประมาณของชุดข้อมูลสี Training Set ทั้งหมด ที่ใช้จำนวนแผ่นกรองแสงทั้งหมด 5 แผ่น ภายใต้แหล่งกำเนิดแสงฟลูออเรสเซนต์ พบว่าข้อมูลสีส่วนใหญ่มีค่าความแตกต่างสีอยู่ที่ช่วงค่าตั้งแต่ 12-14 มีจำนวนทั้งหมด 21 สี ดังแสดงไว้ที่ภาพ 4.5



ภาพที่ 4.5 ฮิสโตแกรมของค่า ΔE^*_{ab} ระหว่างค่าการสะท้อนแสงที่ได้จากการวัดกับค่าการสะท้อนแสงที่ได้จากการประมาณ ภายใต้แหล่งกำเนิดแสงฟลูออเรสเซนต์ F11 ของชุดข้อมูลสี Training Set เมื่อใช้จำนวนแผ่นกรองแสงทั้งหมด 5 แผ่น

และเมื่อพิจารณาที่ค่าความแตกต่างสีที่ใช้จำนวนแผ่นกรองทั้งหมด 5 แผ่น แล้ว จะเห็นได้ว่าค่าที่ได้นั้นยังค่อนข้างสูง ทำให้ค่าการสะท้อนแสงที่ได้จากการประมาณ ($O'(\lambda)$) เมื่อเทียบกับค่าการสะท้อนแสงที่ได้จากการวัด ($R(\lambda)$) มีความแตกต่างของสีมาก ดังนั้นจึงได้ทำการทดลองเพิ่มเติม โดยการเพิ่มจำนวนแผ่นกรองแสงมากขึ้น เพื่อที่จะทำให้ค่าความแตกต่างสีลดลง ด้วยการเพิ่มแผ่นกรองแสงที่เหมาะสมเป็นจำนวนทั้งหมด 6 แผ่น

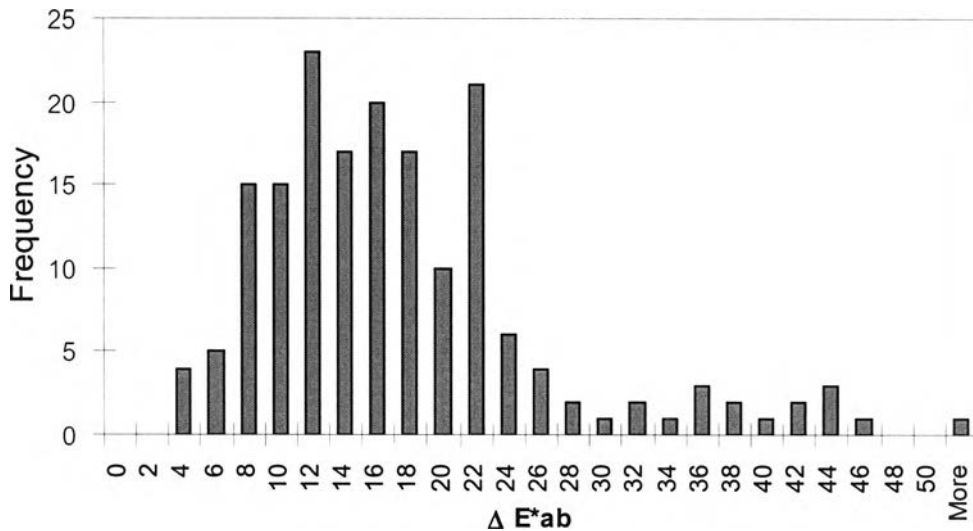
4.3.2.2 ผลของการเลือกชนิดของแผ่นกรองแสงที่เหมาะสม จำนวน 6 แผ่น

จากตารางที่ 4.3 จะเห็นว่าเมื่อทำการเลือกชนิดของแผ่นกรองแสงที่เหมาะสม จำนวน 6 แผ่น โดยการจัดกลุ่มชุดข้อมูลทั้งหมดได้ 84 ชุด แล้วใช้เกณฑ์ค่าเฉลี่ยความแตกต่างของสี (ΔE^*_{ab}) ที่น้อยที่สุด และค่ารากกำลังสองเฉลี่ย (RMS Error) ที่น้อยที่สุดระหว่างค่าการสะท้อนแสงที่ได้จากการวัดและค่าการสะท้อนที่ได้จากการประมาณ ในการเลือกชนิดของแผ่นกรองแสง ซึ่งพบว่าภายใต้แหล่งกำเนิดแสงฟลูออเรสเซนต์ F11 (FLR_20) ให้ค่า ΔE^*_{ab} ระหว่างค่าการสะท้อนแสงที่ได้จากการวัดและค่าการสะท้อนที่ได้จากการประมาณต่ำสุดที่ 3.36 และค่า RMS Error ต่ำสุดเท่ากับ 0.02 เมื่อใช้แผ่นกรองแสง BPB42, BPB55, BPB60, BPN50, SC64 และ SC66

ตารางที่ 4.3 ค่าความแตกต่างสีและค่ารากกำลังสองเฉลี่ยระหว่างค่าการสะท้อนแสงที่ได้จากการวัดกับค่าการสะท้อนแสงที่ได้จากการประมาณ เมื่อใช้จำนวนแผ่นกรองแสงทั้งหมด 6 แผ่น

6 Filter	FLR_20	
	ΔE^*_{ab}	RMS
Median	15.00	0.08
Mean	16.63	0.09
Minimum	3.36	0.02
Maximum	51.35	0.31
Standard deviation	9.07	0.05

แต่ถ้าพิจารณาจากกราฟแสดงค่าความถี่ทางสถิติ (Histogram) ของค่าความแตกต่างสี (ΔE^*_{ab}) ของชุดข้อมูล Training Set ทั้งหมด ที่ใช้จำนวนแผ่นกรองแสงทั้งหมด 6 แผ่น ภายใต้แหล่งกำเนิดแสงฟลูออเรสเซนต์ พบว่าข้อมูลส่วนใหญ่มีค่าความแตกต่างสีอยู่ที่ช่วงค่าตั้งแต่ 10-12 มีจำนวนทั้งหมด 23 สี ดังแสดงไว้ที่ภาพ 4.6



ภาพที่ 4.6 ฮิสโตแกรมของค่า ΔE^*_{ab} ระหว่างค่าการสะท้อนแสงที่ได้จากการวัดกับค่าการสะท้อนแสงที่ได้จากการประมาณ ภายใต้แหล่งกำเนิดแสงฟลูออเรสเซนต์ F11 ของชุดข้อมูล Training Set เมื่อใช้จำนวนแผ่นกรองแสงทั้งหมด 6 แผ่น

ดังนั้นผลที่ได้จากเลือกชนิดของแผ่นกรองแผ่นที่เหมาะสม เมื่อพิจารณาจากค่า ΔE^*_{ab} และค่า RMS ที่น้อยที่สุดนั้น ปรากฏว่าจำนวนแผ่นกรองแสง 5 แผ่น สามารถให้ค่า ΔE^*_{ab} และค่า RMS น้อยกว่าที่จำนวนแผ่นกรองแสง 6 แผ่น แสดงให้เห็นว่าจำนวนแผ่นกรองแสงที่เหมาะสมสำหรับการใช้ประมาณค่าการสะท้อนแสงเชิงสเปกตรัม คือ จำนวน 5 แผ่น ซึ่งประกอบไปด้วย BPB42, BPB53, BPN50, SC64 และ SC66

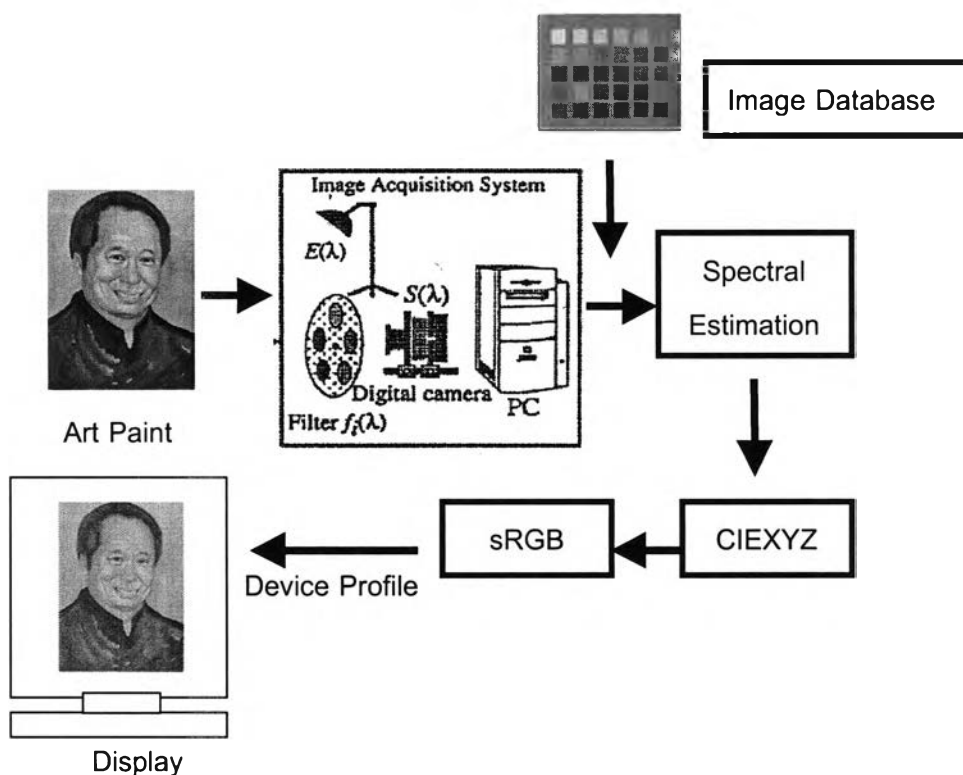
4.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์ภาพ

4.4.1 การตรวจสอบภาพ

ความน่าเชื่อถือในกระบวนการผลิตซ้ำของภาพสีน้ำมันจอบภาพซีอาร์ที ไม่เพียงแต่คำนึงถึงสภาวะการมองเปรียบเทียบภาพเพียงอย่างเดียวเท่านั้น แต่ชุดข้อมูลสีของแถบสีตัวอย่างที่ใช้ก็มีความสำคัญเช่นกัน นั่นคือควรมีขอบเขตสีที่กว้าง และสามารถครอบคลุมสีของภาพศิลปะสีน้ำที่ใช้ในการทดสอบได้ รวมถึงขนาดของภาพที่นำมาใช้ต้องสามารถทำให้กล้องถ่ายภาพดิจิทัลบันทึกภาพได้หมด โดยขนาดของภาพที่ใช้ทดสอบ ได้แก่ 4x6 นิ้ว 6x8 นิ้ว และ 8x10 นิ้ว ด้วยการตีเส้นตารางลงบนกระดาษที่จะทำการบันทึกภาพ แล้วทำการบันทึกภาพโดยพิจารณาที่ความคมชัดของเส้นตารางบนภาพที่ได้ ต้องไม่เกิดการบิดเบี้ยวหรือโค้งงอ และภาพที่บันทึกได้จะต้องอยู่ในกรอบภาพของกล้องดิจิทัลด้วย ผลที่ได้คือขนาดของภาพ 6x8 นิ้ว

4.4.2 การทำให้เกิดภาพ

อุปกรณ์และระบบที่ใช้ในการผลิตซ้ำของภาพสีน้ำมันจภาพซีอาร์ที สามารถแสดงได้ดังภาพ 4.7 โดยเริ่มจากการนำภาพวาดสีน้ำมันมาบันทึกภาพผ่านแผ่นกรองแสงที่มีการหาจำนวนและเลือกชนิดของแผ่นกรองแสงที่เหมาะสมแล้ว ด้วยกล้องดิจิทัลที่มี CCD เป็นแบบ Monochrome ที่ความละเอียดสูงสุด 640x480 พิกเซล มาผ่านขั้นตอนการประมาณค่าการสะท้อนแสงเชิงสเปกตรัม จากนั้นนำค่าการสะท้อนแสงเชิงสเปกตรัมที่ประมาณได้มาแปลงเป็นค่าสี CIEXYZ และค่าสี sRGB ตามลำดับ เพื่อที่จะนำไปใช้ผ่านโพรไฟล์ของจอภาพซีอาร์ทีของแต่ละแหล่งกำเนิดแสงในแสดงภาพเป็นค่าสี RGB



ภาพที่ 4.7 แสดงขั้นตอนของการส่งผ่านข้อมูลภาพ

4.4.3 ผลการวิเคราะห์ภาพในเชิงปริมาณ

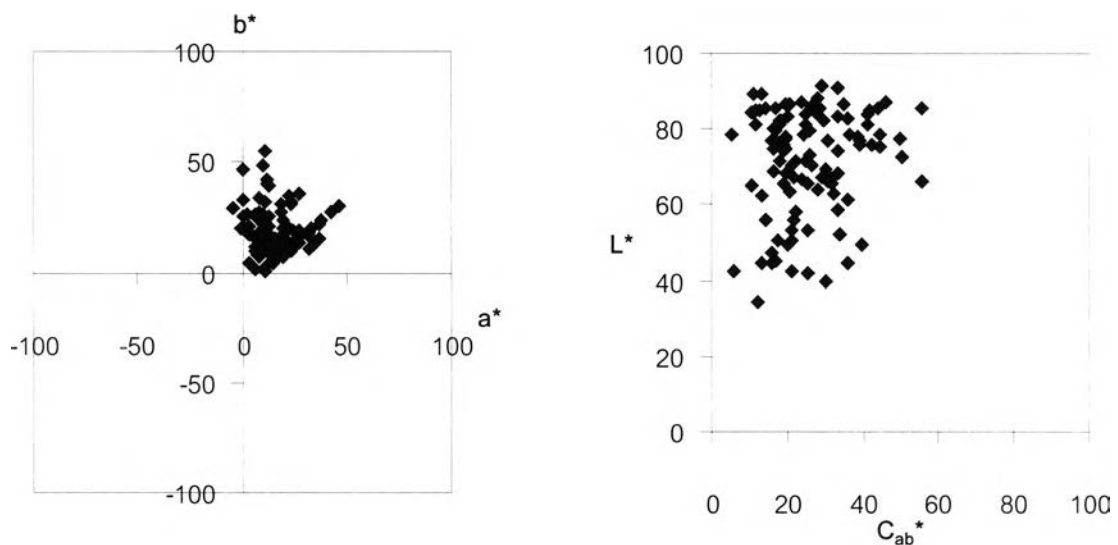
4.4.3.1 ผลการพิจารณาภาพจากค่า a^* , b^* และค่า L^* , C_{ab}^* ของชุดข้อมูลสีทดสอบ (Test Set)

ในงานวิจัยนี้ได้สร้างชุดข้อมูลสีทดสอบ (Test Set) เพื่อใช้ทดสอบความแม่นยำในการผลิตซ้ำของภาพในเชิงปริมาณ ได้แก่ชุด โทนสีผิวคน โทนสีใบไม้และโทนสีท้องฟ้า โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการคัดเลือกชุดข้อมูลสีทดสอบนั้น เริ่มจากการคัดเลือกสีในแต่ละโทนสีจากข้อ

มูลสีทั้งหมดของแถบสีตัวอย่าง 679 สี แล้วนำค่าที่ได้มาทำการกำหนดขอบเขตสีดูการกระจายตัวของข้อมูล โดยค่า a^* , b^* ในปริภูมิสี CIELAB และค่า L^* , C_{ab}^* ในปริภูมิสี CIELCH การพิจารณาข้อมูลดังกล่าวได้แสดงไว้ในภาพ 4.8, 4.9, และ 4.10

4.4.3.1.1 โทนสีผิวคน จำนวนสีทั้งหมด 112 สี

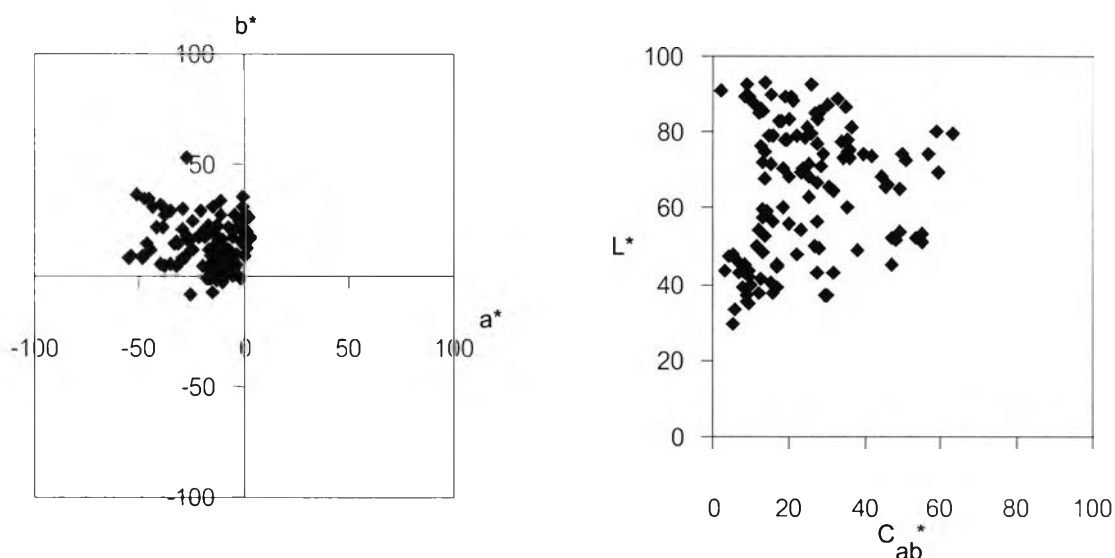
จากภาพ 4.8 จะเห็นได้ว่าข้อมูลสีที่ได้นั้นจะอยู่ช่วงสีแดง-สีเหลือง และมีความสว่าง (L^*) อยู่ในช่วงค่า L^*_{min} ถึง L^*_{max} มีค่าเท่ากับ 34.5 ถึง 91.5 แสดงได้ว่าชุดข้อมูลโทนสีผิวคนจะคมีสีเหลืองอมแดงและค่อนข้างสว่าง



ภาพ 4.8 การกระจายตัวของชุดข้อมูลสี Test Set โทนสีผิวคนในปริภูมิสี CIELAB บนแกน a^* และ b^* และปริภูมิสี CIELCH บนแกน L^* และ C_{ab}^*

4.4.3.1.2 โทนสีใบไม้ จำนวนสีทั้งหมด 123 สี

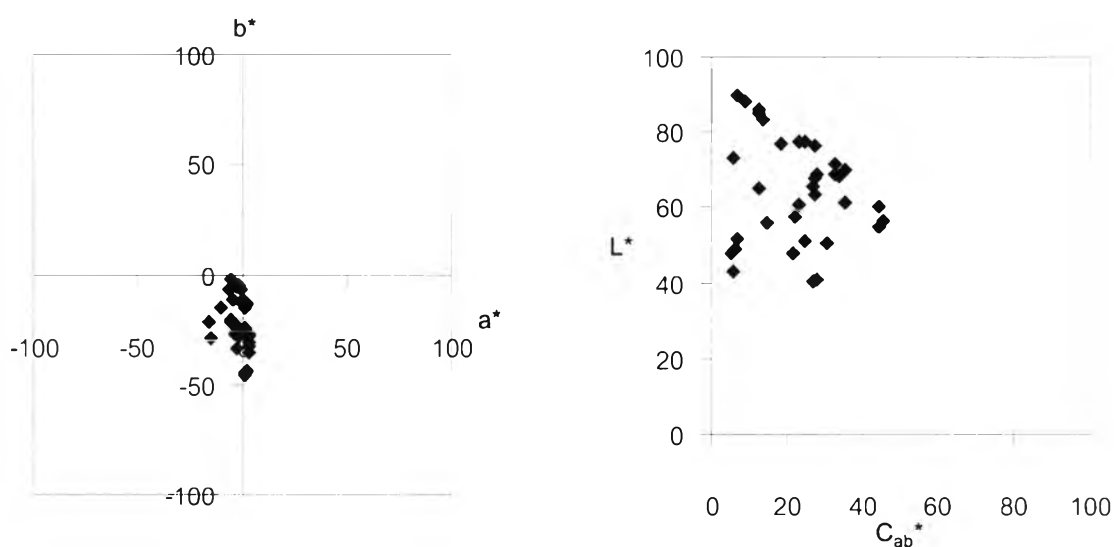
จากภาพ 4.9 จะเห็นได้ว่าข้อมูลสีที่ได้นั้นจะอยู่ช่วงสีเขียว-สีเขียว และมีความสว่าง (L^*) อยู่ในช่วงค่า L^*_{min} ถึง L^*_{max} มีค่าเท่ากับ 29.41 ถึง 92.98 แสดงได้ว่าชุดข้อมูลโทนสีใบไม้จะคมีสีเขียวอมเหลืองและค่อนข้างสว่าง



ภาพ 4.9 การกระจายตัวของชุดข้อมูลสี Test Set โทนสีใบไม้ในปริภูมิสี CIELAB บนแกน a^* และ b^* และปริภูมิสี CIELCH บนแกน L^* และ C_{ab}^*

4.4.3.1.3 โทนสีท้องฟ้า จำนวนสีทั้งหมด 36 สี

จากภาพ 4.10 จะเห็นว่าข้อมูลสีที่ได้นั้นจะอยู่ช่วงสีเขียว-สีฟ้า และมีความสว่าง (L^*) อยู่ในช่วงค่า L^*_{min} ถึง L^*_{max} มีค่าเท่ากับ 40.58 ถึง 89.69 แสดงได้ว่าชุดข้อมูลโทนสีท้องฟ้าจะดูมีสีฟ้าอมเขียวและค่อนข้างสว่าง



ภาพ 4.10 การกระจายตัวของชุดข้อมูลสี Test Set โทนสีท้องฟ้าในปริภูมิสี CIELAB บนแกน a^* และ b^* และปริภูมิสี CIELCH บนแกน L^* และ C_{ab}^*

4.4.3.2 ผลการพิจารณาภาพจากค่า ΔE^*_{ab} และค่า RMS Error ของชุดข้อมูล Test Set

จากตารางที่ 4.4 จะเห็นว่าเมื่อพิจารณาค่า ΔE^*_{ab} ระหว่างค่าการสะท้อนแสงที่ได้จากการวัดกับค่าการสะท้อนแสงที่ได้จากการประมาณของชุดข้อมูล Test Set ที่ได้ผ่านกระบวนการที่สร้างขึ้นในข้อ 3.1.2.4 และ 3.1.2.5 โดยใช้แผ่นกรองแสงทั้งหมด 5 แผ่น ได้แก่ BPB42, BPB53, BPN50, SC64 และ SC66 พบว่าค่า ΔE^*_{ab} เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 8.74 และ 8.88 สำหรับชุดข้อมูล Test Set ในโทนสีผิวคน ภายใต้แหล่งกำเนิดแสง D_{50} และ D_{65} ตามลำดับ ส่วนชุดข้อมูล Test Set ในโทนสีใบไม้มีค่าเท่ากับ 10.15 และ 10.16 ภายใต้แหล่งกำเนิดแสง D_{50} และ D_{65} ตามลำดับ และชุดข้อมูล Test Set ในโทนสีท้องฟ้ามีค่าเท่ากับ 6.88 และ 7.02 ภายใต้แหล่งกำเนิดแสง D_{50} และ D_{65} ตามลำดับ โดยที่โทนสีผิวคน โทนสีท้องฟ้า และโทนสีใบไม้ให้ความแตกต่างสีอยู่ในระดับที่มีความแตกต่างสีต่างกันมาก

ตารางที่ 4.4 ค่าความแตกต่างสีระหว่างค่าการสะท้อนแสงที่ได้จากการวัดและค่าการสะท้อนแสงที่ได้จากการประมาณของชุดข้อมูล Test Set ในโทนสีผิวคน โทนสีใบไม้ และโทนสีท้องฟ้า ภายใต้แหล่งกำเนิดแสง D_{50} และ D_{65}

Light source	Skin tone		Leaf tone		Sky tone	
	D_{50}	D_{65}	D_{50}	D_{65}	D_{50}	D_{65}
Median	8.58	8.44	9.33	8.90	6.22	6.89
Mean	8.74	8.88	10.15	10.16	6.88	7.02
Minimum	2.51	2.41	2.39	2.07	3.11	3.01
Maximum	32.54	31.40	35.02	40.29	13.24	14.24
Standard deviation	4.40	4.49	5.89	6.41	2.78	2.72

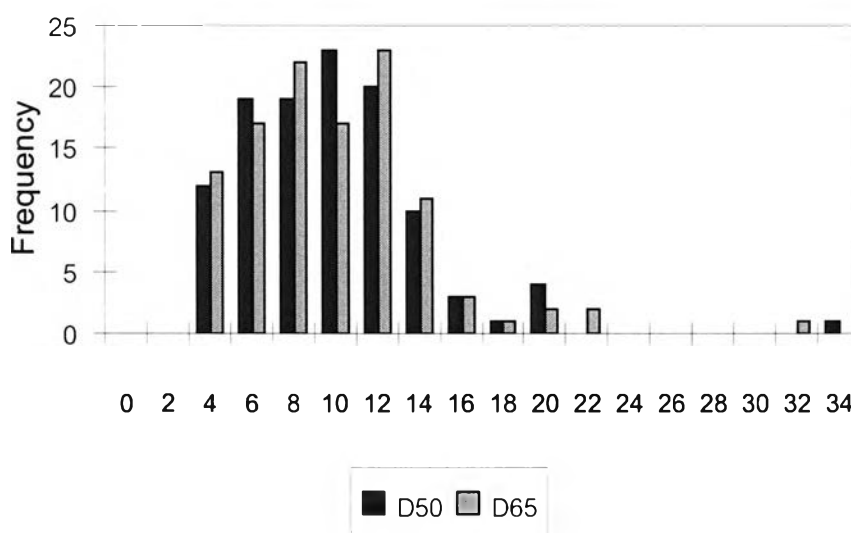
ตารางที่ 4.5 ค่ารากกำลังสองเฉลี่ยของค่าการสะท้อนแสงที่ได้จากการวัดกับค่าการสะท้อนแสงที่ได้จากการประมาณของชุดข้อมูล Test Set ในโทนสีผิวคน โทนสีใบไม้ และโทนสีท้องฟ้า

RMS	Test set		
	Skin tone	Leaf tone	Sky tone
Median	0.07	0.06	0.05
Mean	0.15	0.06	0.05
Minimum	0.02	0.01	0.01
Maximum	0.06	0.17	0.11
Standard deviation	0.03	0.03	0.02

จากตารางที่ 4.5 ถ้าพิจารณาผลที่ได้จากค่า RMS Error เฉลี่ยของค่าการสะท้อนแสงที่ได้จากการวัดกับค่าการสะท้อนแสงที่ได้จากการประมาณในชุดข้อมูล Test Set ของโทนสีผิวคน โทนสีใบไม้ และโทนสีท้องฟ้า พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.15 สำหรับโทนสีผิวคน ส่วนโทนสีใบไม้มีค่าเท่ากับ 0.06 และโทนสีท้องฟ้ามีค่าเท่ากับ 0.05 โดยที่โทนสีใบไม้ และโทนสีท้องฟ้ามีค่า RMS Error ใกล้เคียงกันมาก

ดังนั้นถ้าพิจารณาค่าความแตกต่างสีเฉลี่ยที่ได้จากค่า ΔE^*_{ab} กับค่า RMS Error ระหว่างค่าการสะท้อนแสงที่ได้จากการวัดกับค่าการสะท้อนแสงที่ได้จากการประมาณ พบว่าค่า RMS Error ให้ความแตกต่างสีเพียงเล็กน้อย โดยในทางปฏิบัติแล้วนิยมใช้ค่า ΔE^*_{ab} ในการพิจารณาค่าความแตกต่างสีมากกว่า เนื่องจากเป็นค่ามาตรฐานในระบบวัดสี CIE ที่ใช้สำหรับอธิบายความแตกต่างของสีให้สามารถสื่อสารเข้าใจตรงกันว่ามีความแตกต่างของสีจริง

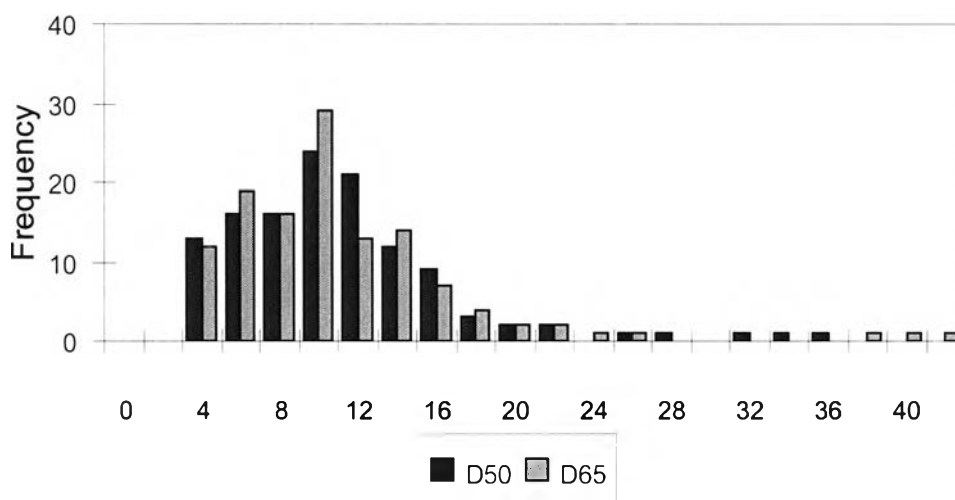
จากภาพ 4.11 ถ้าพิจารณาจากกราฟแสดงค่าความถี่ทางสถิติ (Histogram) ของค่าความแตกต่างสี (ΔE^*_{ab}) ระหว่างค่าการสะท้อนแสงที่ได้จากการวัดกับค่าการสะท้อนแสงที่ได้จากการประมาณในชุดข้อมูล Test Set สำหรับโทนสีผิวคน พบว่าข้อมูลส่วนใหญ่มีค่าความแตกต่างสีอยู่ที่ช่วงค่าตั้งแต่ 10-12 มีจำนวนทั้งหมด 23 สี ภายใต้แหล่งกำเนิดแสง D_{65} และมีค่าความแตกต่างสีอยู่ที่ช่วงค่าตั้งแต่ 8-10 มีจำนวนทั้งหมด 23 สี ภายใต้แหล่งกำเนิดแสง D_{50}



ภาพที่ 4.11 ฮิสโตแกรม ของค่า ΔE^*_{ab} ระหว่างค่าการสะท้อนแสงที่ได้จากการวัดกับค่าการสะท้อนแสงที่ได้จากการประมาณในชุดข้อมูล Test Set สำหรับโทนสีผิวคน

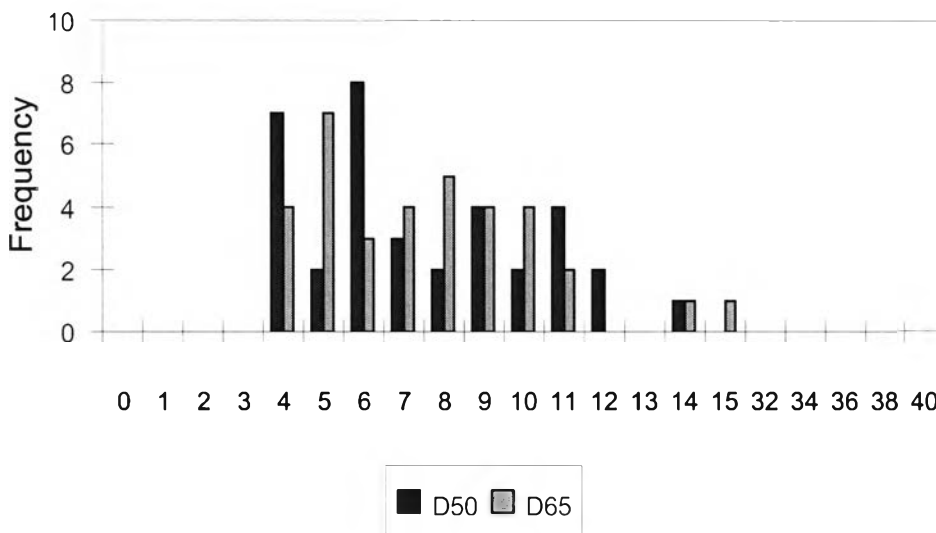
ส่วนภาพ 4.12 ถ้าพิจารณาจากกราฟแสดงค่าความถี่ทางสถิติ (Histogram) ของค่าความแตกต่างสี (ΔE^*_{ab}) ระหว่างค่าการสะท้อนแสงที่ได้จากการวัดกับค่าการสะท้อนแสงที่

ได้จากการประมาณในชุดข้อมูลสี Test Set สำหรับโทนสีใบไม้ พบว่าข้อมูลสีส่วนใหญ่มีค่าความแตกต่างสีอยู่ที่ช่วงค่าตั้งแต่ 8-10 มีจำนวนทั้งหมด 29 สี ภายใต้แหล่งกำเนิดแสง D₆₅ และมีค่าความแตกต่างสีอยู่ที่ช่วงค่าตั้งแต่ 8-10 มีจำนวนทั้งหมด 24 สี ภายใต้แหล่งกำเนิดแสง D₅₀



ภาพที่ 4.12 ฮิสโตแกรม ของค่า ΔE^*_{ab} ระหว่างค่าการสะท้อนแสงที่ได้จากการวัดกับค่าการสะท้อนแสงที่ได้จากการประมาณในชุดข้อมูลสี Test Set สำหรับโทนสีใบไม้

และภาพ 4.13 ถ้าพิจารณาจากกราฟแสดงค่าความถี่ทางสถิติ (Histogram) ของค่าความแตกต่างสี (ΔE^*_{ab}) ระหว่างค่าการสะท้อนแสงที่ได้จากการวัดกับค่าการสะท้อนแสงที่ได้จากการประมาณในชุดข้อมูลสี Test Set สำหรับโทนสีท้องฟ้า พบว่าข้อมูลสีส่วนใหญ่มีค่าความแตกต่างสีอยู่ที่ช่วงค่าตั้งแต่ 4-5 มีจำนวนทั้งหมด 7 สี ภายใต้แหล่งกำเนิดแสง D₆₅ และมีค่าความแตกต่างสีอยู่ที่ช่วงค่าตั้งแต่ 3-4 มีจำนวนทั้งหมด 7 สี ภายใต้แหล่งกำเนิดแสง D₅₀

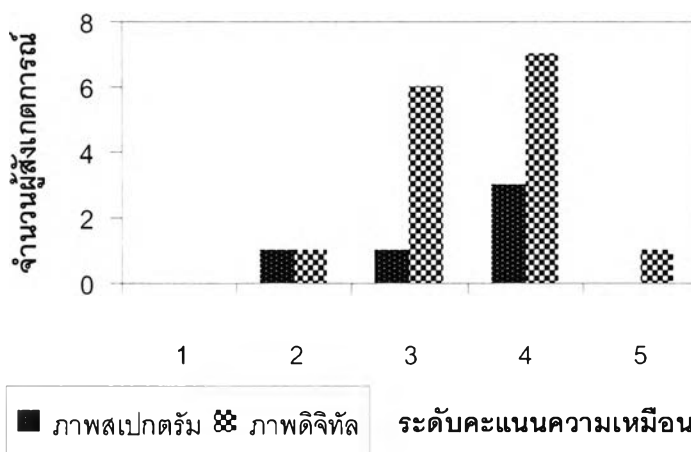


ภาพที่ 4.13 ฮิสโตแกรม ของค่า ΔE^*_{ab} ระหว่างค่าการสะท้อนแสงที่ได้จากการวัดกับค่าการสะท้อนแสงที่ได้จากการประมาณในชุดข้อมูล Test Set สำหรับโทนสีท้องฟ้า

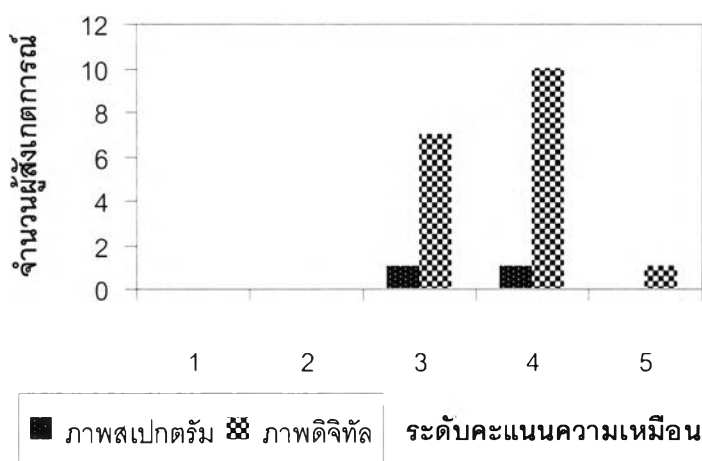
4.4.4 ผลการวิเคราะห์ภาพในเชิงคุณภาพ

การวิเคราะห์ภาพในเชิงคุณภาพของการผลิตซ้ำของภาพสีน้ำบนจอภาพซีอาร์ที ในขั้นตอนนี้ ทำโดยการเตรียมการทดลอง เพื่อให้ผู้สังเกตการณ์พิจารณาคุณภาพของภาพในด้านของสีและน้ำหนักของสีรวมถึงคุณภาพโดยรวมของภาพ เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบภาพระหว่างภาพต้นฉบับกับภาพที่ผลิตได้ โดยการใช้โพรไฟล์ของจอภาพเป็นตัวกลางในการจัดการข้อมูลสี ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ใช้ Profile Maker ซึ่งเป็นโปรแกรมสำเร็จรูป สำหรับใช้ในการสร้างโพรไฟล์

เมื่อพิจารณาผลที่ได้จากแบบทดสอบในการมองเปรียบเทียบภาพ โดยพิจารณาจากกราฟแสดงค่าความถี่ทางสถิติ (Histogram) ในแต่ละองค์ประกอบของแต่ละภาพภายใต้เงื่อนไขการมองเห็นในแต่ละแหล่งกำเนิดแสง D_{65} และ D_{50} ได้ดังต่อไปนี้

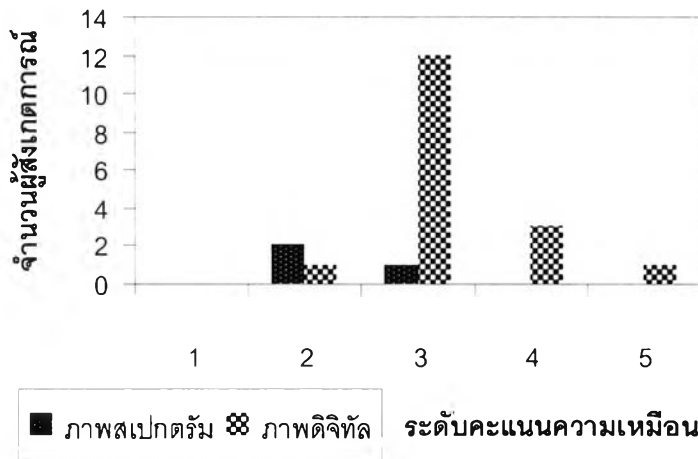


ภาพที่ 4.14 ฮิสโตแกรมของระดับคะแนนความเหมือนที่ผู้สังเกตการณ์ ภายใต้แหล่งกำเนิดแสง D_{50} ระหว่างภาพที่ผลิตจากข้อมูลสเปกตรัมกับภาพดิจิทัล

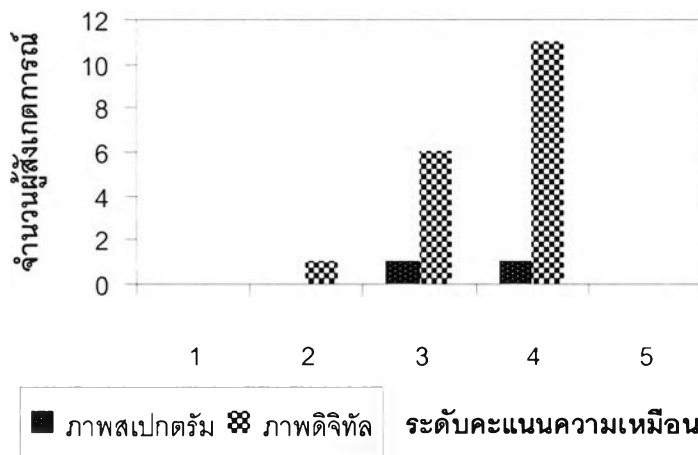


ภาพที่ 4.15 ฮิสโตแกรมของระดับคะแนนความเหมือนที่สี่โดยรวมของภาพคน ภายใต้แหล่งกำเนิดแสง D_{50} ระหว่างภาพที่ผลิตจากข้อมูลสเปกตรัมกับภาพดิจิทัล

จากภาพ 4.14 จะเห็นได้ว่าภายใต้แหล่งกำเนิดแสง D_{50} บริเวณพื้นที่สีผิวคน ภาพดิจิทัลสามารถแสดงค่าน้ำหนักสีได้เหมือนกว่าภาพที่ผลิตได้จากข้อมูลสเปกตรัม โดยที่ผู้สังเกตการณ์ให้ระดับคะแนนความเหมือนของภาพที่ได้เมื่อเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับแล้วส่วนใหญ่อยู่ที่ระดับคะแนนความเหมือนมาก (ระดับ 4) เป็นจำนวนผู้สังเกตการณ์ทั้งหมด 7 คน จากทั้งหมด 15 คน ส่วนภาพที่ผลิตได้จากข้อมูลสเปกตรัมเมื่อเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับแล้วส่วนใหญ่อยู่ที่ระดับคะแนนความเหมือนมาก (ระดับ 4) เป็นจำนวนผู้สังเกตการณ์ทั้งหมด 3 คน จากทั้งหมด 5 คน และจากภาพ 4.15 บริเวณโดยรวมของภาพคน ภาพดิจิทัลก็ยังสามารถแสดงค่าน้ำหนักสีได้เหมือนกว่าภาพที่ผลิตจากข้อมูลสเปกตรัม โดยที่ผู้สังเกตการณ์ให้ระดับคะแนนความเหมือนของภาพที่ได้เมื่อเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับแล้วส่วนใหญ่อยู่ที่ระดับคะแนนความเหมือนมาก (ระดับ 4) เป็นจำนวนผู้สังเกตการณ์ทั้งหมด 10 คน จากทั้งหมด 18 คน ส่วนภาพที่ผลิตได้จากข้อมูลสเปกตรัมเมื่อเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับแล้วอยู่ที่ระดับคะแนนความเหมือนมาก (ระดับ 4) และความเหมือนปานกลาง (ระดับ 3) เท่ากัน เป็นจำนวนผู้สังเกตการณ์ทั้งหมด 1 คน จากทั้งหมด 2 คน



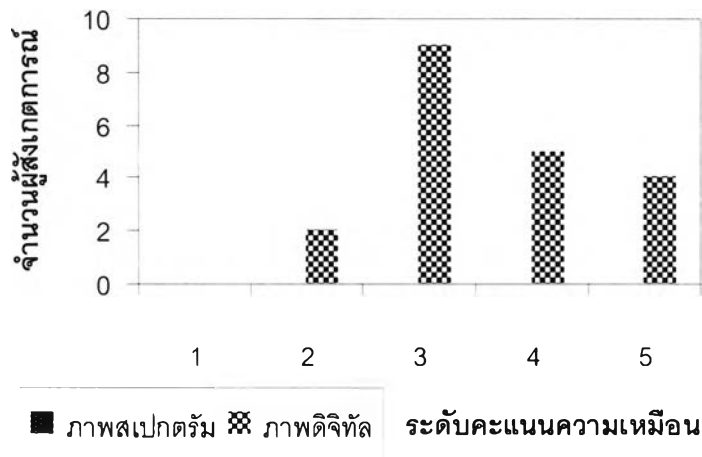
ภาพที่ 4.16 ฮิสโตแกรมของระดับคะแนนความเหมือนที่บริเวณสีของผิวคน ภายใต้แหล่งกำเนิดแสง D_{65} ระหว่างภาพที่ผลิตจากข้อมูลสเปกตรัมกับภาพดิจิทัล



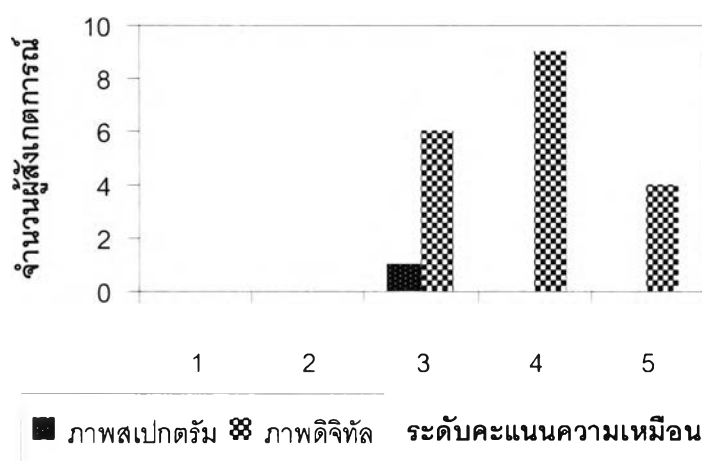
ภาพที่ 4.17 ฮิสโตแกรมของระดับคะแนนความเหมือนที่สีโดยรวมของภาพคน ภายใต้แหล่งกำเนิดแสง D_{65} ระหว่างภาพที่ผลิตจากข้อมูลสเปกตรัมกับภาพดิจิทัล

จากภาพ 4.16 จะเห็นได้ว่าที่แหล่งกำเนิดแสง D_{65} บริเวณพื้นที่สีผิวคน ภาพดิจิทัลสามารถแสดงค่าน้ำหนักสีได้เหมือนกว่าภาพที่ผลิตจากข้อมูลสเปกตรัม โดยที่ผู้สังเกตการณ์ให้ระดับคะแนนความเหมือนของภาพที่ได้เมื่อเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับแล้วส่วนใหญ่อยู่ที่ระดับคะแนนความเหมือนปานกลาง (ระดับ 3) เป็นจำนวนผู้สังเกตการณ์ทั้งหมด 12 คน จากทั้งหมด 17 คน ส่วนภาพที่ผลิตได้จากข้อมูลสเปกตรัมเมื่อเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับแล้วส่วนใหญ่อยู่ที่ระดับคะแนนความเหมือนน้อย (ระดับ 2) เป็นจำนวนผู้สังเกตการณ์ทั้งหมด 2 คน จากทั้งหมด 3 คน และจากภาพ 4.17 บริเวณโดยรวมของภาพคน ภาพดิจิทัลก็ยังสามารถแสดงค่าน้ำหนักสีได้เหมือนกว่าภาพที่ผลิตจากข้อมูลสเปกตรัม โดยที่ผู้สังเกตการณ์ให้ระดับคะแนนความเหมือนของภาพที่ได้เมื่อเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับแล้วส่วนใหญ่อยู่ที่ระดับคะแนนความเหมือนมาก (ระดับ 4)

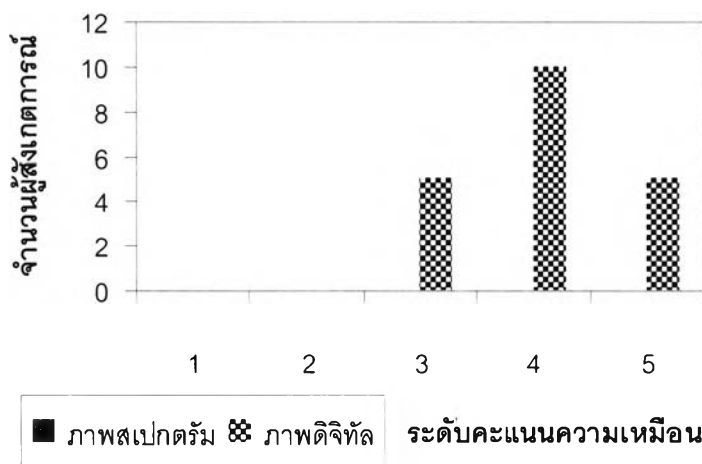
เป็นจำนวนผู้สังเกตการณ์ทั้งหมด 11 คน จากทั้งหมด 18 คน ส่วนภาพที่ผลิตได้จากข้อมูลสเปกตรัมเมื่อเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับแล้วอยู่ที่ระดับคะแนนความเหมือนมาก (ระดับ 4) และความเหมือนปานกลาง (ระดับ 3) เท่ากัน เป็นจำนวนผู้สังเกตการณ์ทั้งหมด 1 คน จากทั้งหมด 2 คน



ภาพที่ 4.18 ฮิสโตแกรมของระดับคะแนนความเหมือนที่บริเวณสีของท้องฟ้า ภายใต้แหล่งกำเนิดแสง D_{50} ระหว่างภาพที่ผลิตจากข้อมูลสเปกตรัมกับภาพดิจิทัล

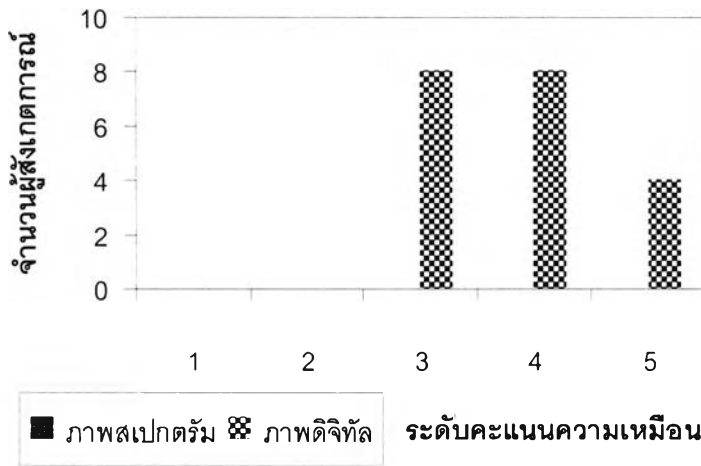


ภาพที่ 4.19 ฮิสโตแกรมของระดับคะแนนความเหมือนที่บริเวณสีของทะเล ภายใต้แหล่งกำเนิดแสง D_{50} ระหว่างภาพที่ผลิตจากข้อมูลสเปกตรัมกับภาพดิจิทัล

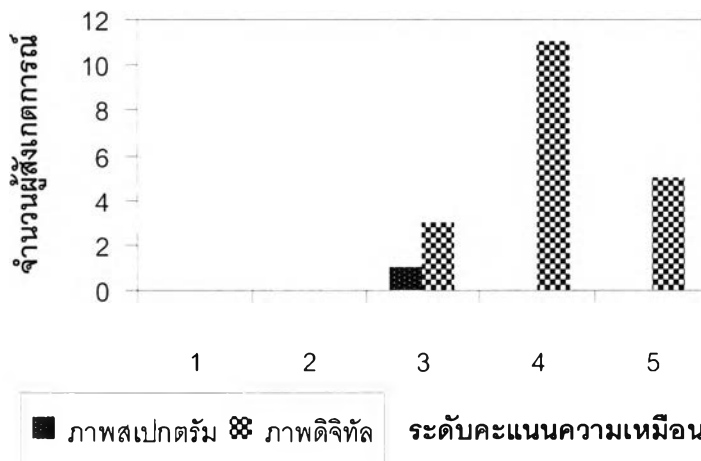


ภาพที่ 4.20 ฮิสโตแกรมของระดับคะแนนความเหมือนที่บริเวณสีโดยรวมของภาพทิวทัศน์ ภายใต้แหล่งกำเนิดแสง D_{50} ระหว่างภาพที่ผลิตจากข้อมูลสเปกตรัมกับภาพดิจิทัล

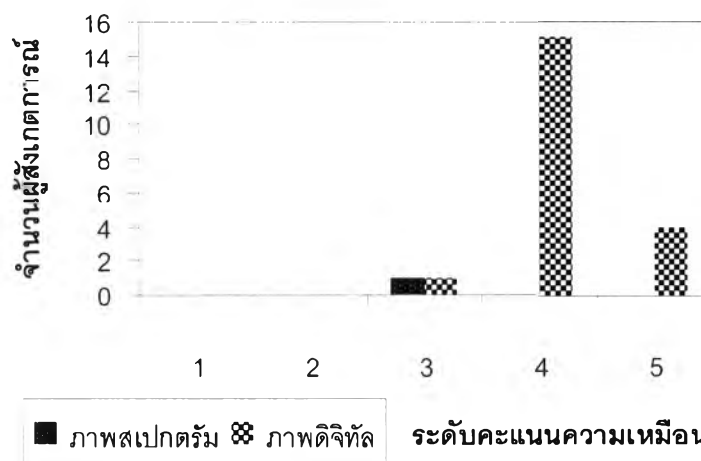
จากภาพ 4.18 จะเห็นได้ว่าภายใต้แหล่งกำเนิดแสง D_{50} บริเวณพื้นที่สีของท้องฟ้า ภาพดิจิทัลสามารถแสดงค่าน้ำหนักสีได้เหมือนกว่าภาพที่ผลิตจากข้อมูลสเปกตรัม โดยที่ผู้สังเกตการณ์ให้ระดับคะแนนความเหมือนของภาพดิจิทัลเมื่อเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับแล้วส่วนใหญ่อยู่ที่ระดับคะแนนความเหมือนปานกลาง (ระดับ 3) เป็นจำนวนผู้สังเกตการณ์ทั้งหมด 9 คน จากทั้งหมด 20 คน ส่วนภาพที่ผลิตได้จากข้อมูลสเปกตรัมเมื่อเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับนั้นผู้สังเกตการณ์ไม่ได้ให้ระดับคะแนนความเหมือนเลย จากภาพ 4.19 บริเวณพื้นที่สีของทะเล ภาพดิจิทัลก็สามารถแสดงค่าน้ำหนักสีได้เหมือนกว่าภาพที่ผลิตจากข้อมูลสเปกตรัม โดยที่ผู้สังเกตการณ์ให้ระดับคะแนนความเหมือนของภาพดิจิทัลเมื่อเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับแล้วส่วนใหญ่อยู่ที่ระดับคะแนนความเหมือนมาก (ระดับ 4) เป็นจำนวนผู้สังเกตการณ์ทั้งหมด 9 คน จากทั้งหมด 19 คน ส่วนภาพที่ผลิตได้จากข้อมูลสเปกตรัมเมื่อเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับนั้นผู้สังเกตการณ์ให้ระดับคะแนนความเหมือนปานกลาง (ระดับ 3) เพียง 1 คน และจากภาพ 4.20 บริเวณพื้นที่สีโดยรวมของภาพทิวทัศน์ ภาพดิจิทัลสามารถแสดงค่าน้ำหนักสีได้เหมือนกว่าภาพที่ผลิตจากข้อมูลสเปกตรัม โดยที่ผู้สังเกตการณ์ให้ระดับคะแนนความเหมือนของภาพที่ได้เมื่อเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับแล้วส่วนใหญ่อยู่ที่ระดับคะแนนความเหมือนมาก (ระดับ 4) เป็นจำนวนผู้สังเกตการณ์ทั้งหมด 10 คน จากทั้งหมด 20 คน ส่วนภาพที่ผลิตได้จากข้อมูลสเปกตรัมเมื่อเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับนั้นผู้สังเกตการณ์ไม่ได้ให้ระดับคะแนนความเหมือนเลย



ภาพที่ 4.21 ฮิสโตแกรมของระดับคะแนนความเหมือนที่บริเวณสีของท้องฟ้า ภายใต้แหล่งกำเนิดแสง D_{65} ระหว่างภาพที่ผลิตจากข้อมูลสเปกตรัมกับภาพดิจิทัล

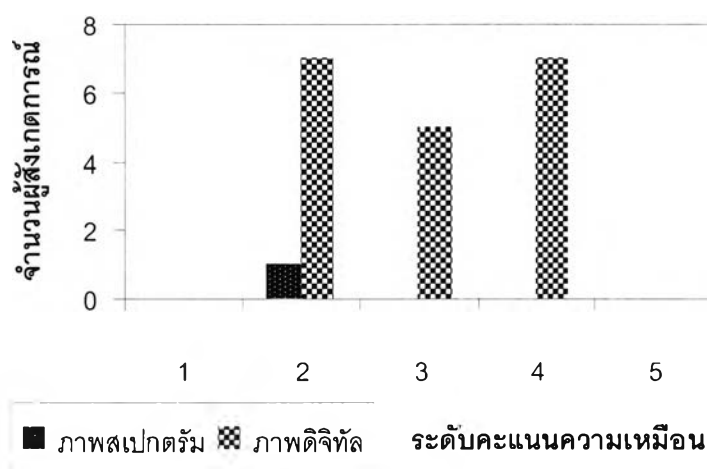


ภาพที่ 4.22 ฮิสโตแกรมของระดับคะแนนความเหมือนที่บริเวณสีของทะเล ภายใต้แหล่งกำเนิดแสง D_{65} ระหว่างภาพที่จากข้อมูลสเปกตรัมกับภาพดิจิทัล

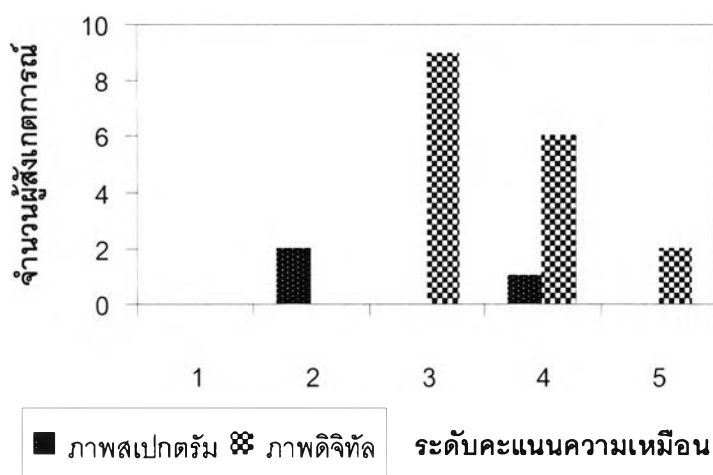


ภาพที่ 4.23 ฮิสโตแกรมของระดับคะแนนความเหมือนที่บริเวณสีโดยรวมของภาพทิวทัศน์ ภายใต้แหล่งกำเนิดแสง D_{50} ระหว่างภาพที่ผลิตจากข้อมูลสเปกตรัมกับภาพดิจิทัล

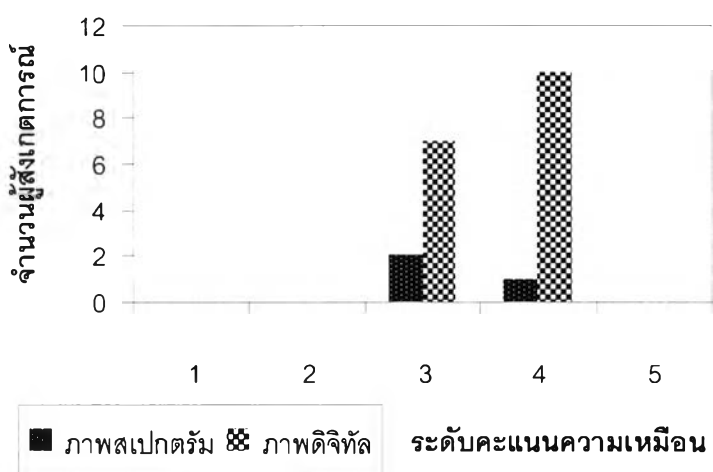
จากภาพ 4.21 จะเห็นได้ว่าภายใต้แหล่งกำเนิดแสง D_{65} บริเวณพื้นที่สีของท้องฟ้า ภาพดิจิทัลสามารถแสดงค่าน้ำหนักสีได้เหมือนกว่าภาพที่ผลิตจากข้อมูลสเปกตรัม โดยที่ผู้สังเกตการณ์ให้ระดับคะแนนความเหมือนของภาพดิจิทัลเมื่อเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับแล้วส่วนใหญ่อยู่ที่ระดับคะแนนความเหมือนปานกลาง (ระดับ 3) และเหมือนมาก (ระดับ 4) เท่ากัน เป็นจำนวนผู้สังเกตการณ์ทั้งหมด 8 คน จากทั้งหมด 20 คน ส่วนภาพที่ผลิตได้จากข้อมูลสเปกตรัมเมื่อเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับนั้นผู้สังเกตการณ์ไม่ได้ให้ระดับคะแนนความเหมือนเลย จากภาพ 4.22 บริเวณพื้นที่สีของทะเล ภาพดิจิทัลสามารถแสดงค่าน้ำหนักสีได้เหมือนกว่าภาพที่ผลิตจากข้อมูลสเปกตรัม โดยที่ผู้สังเกตการณ์ให้ระดับคะแนนความเหมือนของภาพดิจิทัลเมื่อเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับแล้วส่วนใหญ่อยู่ที่ระดับคะแนนความเหมือนมาก (ระดับ 4) เป็นจำนวนผู้สังเกตการณ์ทั้งหมด 11 คน จากทั้งหมด 19 คน ส่วนภาพที่ผลิตได้จากข้อมูลสเปกตรัมเมื่อเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับนั้นผู้สังเกตการณ์ให้ระดับคะแนนความเหมือนปานกลาง (ระดับ 3) เพียง 1 คน และจากภาพ 4.23 บริเวณพื้นที่สีโดยรวมของภาพทิวทัศน์ ภาพดิจิทัลสามารถแสดงค่าน้ำหนักสีได้เหมือนกว่าภาพที่ผลิตจากข้อมูลสเปกตรัม โดยที่ผู้สังเกตการณ์ให้ระดับคะแนนความเหมือนของภาพดิจิทัลเมื่อเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับแล้วส่วนใหญ่อยู่ที่ระดับคะแนนความเหมือนมาก (ระดับ 4) เป็นจำนวนผู้สังเกตการณ์ทั้งหมด 15 คน จากทั้งหมด 20 คน ส่วนภาพที่ผลิตได้จากข้อมูลสเปกตรัมเมื่อเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับนั้นผู้สังเกตการณ์ไม่ได้ให้ระดับคะแนนความเหมือนเลย



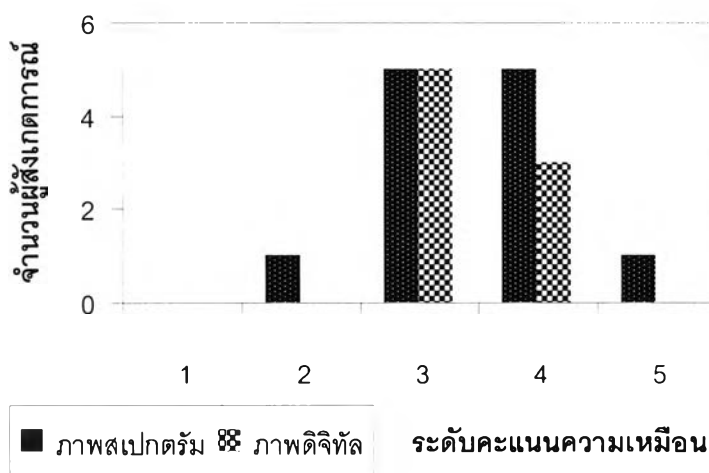
ภาพที่ 4.24 ฮิสโตแกรมของระดับคะแนนความเหมือนที่บริเวณโทนสีแดง ภายใต้แหล่งกำเนิดแสง D_{50} ระหว่างภาพที่ผลิตจากข้อมูลสเปกตรัมกับภาพดิจิทัล



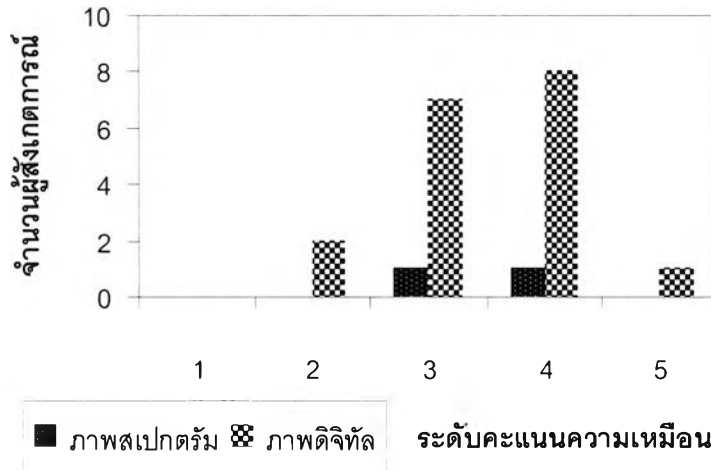
ภาพที่ 4.25 ฮิสโตแกรมของระดับคะแนนความเหมือนที่บริเวณโทนสีเขียว ภายใต้แหล่งกำเนิดแสง D_{50} ระหว่างภาพที่ผลิตจากข้อมูลสเปกตรัมกับภาพดิจิทัล



ภาพที่ 4.26 ฮิสโตแกรมของระดับคะแนนความเหมือนที่บริเวณโทนสีน้ำเงิน ภายใต้แหล่งกำเนิดแสง D_{50} ระหว่างภาพที่ผลิตจากข้อมูลสเปกตรัมกับภาพดิจิทัล



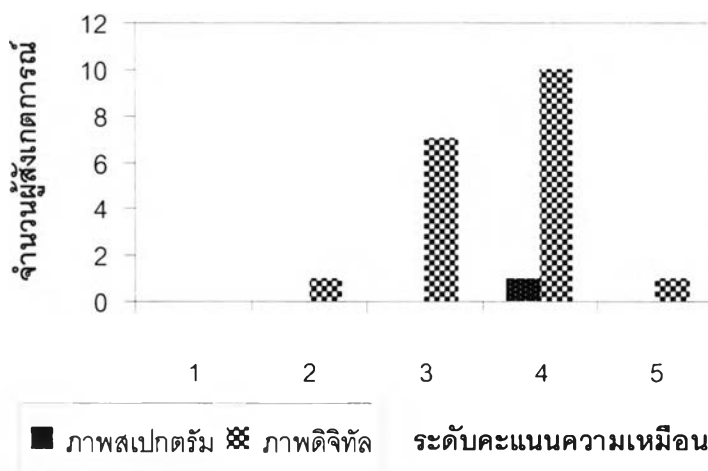
ภาพที่ 4.27 ฮิสโตแกรมของระดับคะแนนความเหมือนที่บริเวณโทนสีเหลือง ภายใต้แหล่งกำเนิดแสง D_{50} ระหว่างภาพที่ผลิตจากข้อมูลสเปกตรัมกับภาพดิจิทัล



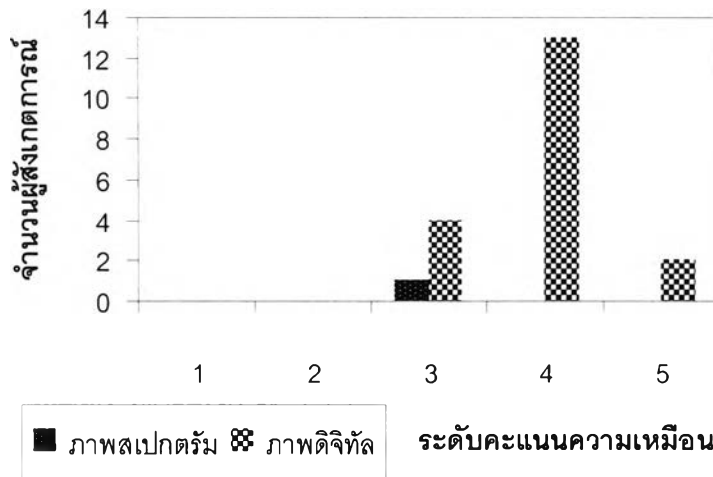
ภาพที่ 4.28 ฮิสโตแกรมของระดับคะแนนความเหมือนที่บริเวณสีโดยรวมของภาพนามธรรม ภายใต้แหล่งกำเนิดแสง D_{50} ระหว่างภาพที่ผลิตจากข้อมูลสเปกตรัมกับภาพดิจิทัล

จากภาพ 4.24 จะเห็นได้ว่าภายใต้แหล่งกำเนิดแสง D_{50} บริเวณโทนสีแดง ภาพดิจิทัลสามารถแสดงค่าน้ำหนักสีได้เหมือนกว่าภาพที่ผลิตจากข้อมูลสเปกตรัม โดยที่ผู้สังเกตการณ์ให้ระดับคะแนนความเหมือนของภาพดิจิทัลเมื่อเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับแล้วส่วนใหญ่อยู่ที่ระดับคะแนนความเหมือนมาก (ระดับ 4) และเหมือนน้อย (ระดับ 2) เท่ากัน เป็นจำนวนผู้สังเกตการณ์ทั้งหมด 7 คน จากทั้งหมด 19 คน ส่วนภาพที่ผลิตได้จากข้อมูลสเปกตรัมเมื่อเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับนั้นผู้สังเกตการณ์ให้ระดับคะแนนความเหมือนน้อย (ระดับ 2) เพียง 1 คน จากภาพ 4.25 บริเวณโทนสีเขียว ภาพดิจิทัลสามารถแสดงค่าน้ำหนักสีได้เหมือนกว่าภาพที่ผลิตจากข้อมูลสเปกตรัม โดยที่ผู้สังเกตการณ์ให้ระดับคะแนนความเหมือนของภาพดิจิทัลเมื่อเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับแล้วส่วนใหญ่อยู่ที่ระดับคะแนนความเหมือนปานกลาง (ระดับ 3) เป็นจำนวนผู้สังเกตการณ์ทั้งหมด 9 คน จากทั้งหมด 17 คน ส่วนภาพที่ผลิตได้จากข้อมูลสเปกตรัมเมื่อเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับแล้วส่วนใหญ่อยู่ที่ระดับคะแนนความเหมือนน้อย (ระดับ 2) เป็นจำนวนผู้สังเกตการณ์ทั้งหมด 2 คน จากทั้งหมด 3 คน จากภาพ 4.26 บริเวณโทนสีน้ำเงิน ภาพดิจิทัลสามารถแสดงค่าน้ำหนักสีได้เหมือนกว่าภาพที่ผลิตจากข้อมูลสเปกตรัม โดยที่ผู้สังเกตการณ์ให้ระดับคะแนนความเหมือนของภาพดิจิทัลเมื่อเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับแล้วส่วนใหญ่อยู่ที่ระดับคะแนนความเหมือนมาก (ระดับ 4) เป็นจำนวนผู้สังเกตการณ์ทั้งหมด 10 คน จากทั้งหมด 17 คน ส่วนภาพที่ผลิตได้จากข้อมูลสเปกตรัมเมื่อเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับแล้วส่วนใหญ่อยู่ที่ระดับคะแนนความเหมือนปานกลาง (ระดับ 3) เป็นจำนวนผู้สังเกตการณ์ทั้งหมด 2 คน จากทั้งหมด 3 คน จากภาพ 4.27 บริเวณโทนสีเหลือง ภาพดิจิทัลและภาพที่ผลิตจากข้อมูลสเปกตรัมสามารถแสดงค่าน้ำหนักสีได้ในระดับความเหมือนเท่ากัน โดยที่ผู้สังเกตการณ์ให้ระดับคะแนน

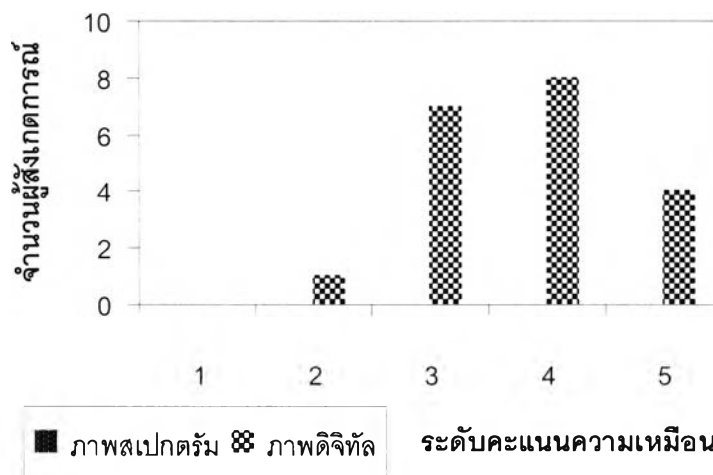
ความเหมือนของภาพดิจิทัลและภาพที่ผลิตจากข้อมูลสเปกตรัมเมื่อเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับแล้วส่วนใหญ่อยู่ที่ระดับคะแนนความเหมือนปานกลาง (ระดับ 3) เป็นจำนวนผู้สังเกตการณ์ทั้งหมด 5 คน สำหรับภาพที่ผลิตจากข้อมูลสเปกตรัมมีผู้สังเกตการณ์ให้ระดับคะแนนความเหมือนมาก (ระดับ 4) เท่ากันกับระดับคะแนนความเหมือนปานกลาง (ระดับ 3) และยิ่งมากกว่าภาพดิจิทัลอีกด้วย จากทั้งหมด 12 คน ส่วนภาพดิจิทัลมีจำนวนผู้สังเกตการณ์ทั้งหมด 8 คน และจากภาพ 4.28 บริเวณพื้นที่สีโดยรวมของภาพนามธรรมภาพดิจิทัลสามารถแสดงค่าน้ำหนักสีได้เหมือนกว่าภาพที่ผลิตจากข้อมูลสเปกตรัม โดยที่ผู้สังเกตการณ์ให้ระดับคะแนนความเหมือนของภาพดิจิทัลเมื่อเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับแล้วส่วนใหญ่อยู่ที่ระดับคะแนนความเหมือนปานกลาง (ระดับ 3) เป็นจำนวนผู้สังเกตการณ์ทั้งหมด 7 คน จากทั้งหมด 18 คน ส่วนภาพที่ผลิตได้จากข้อมูลสเปกตรัมเมื่อเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับแล้วอยู่ที่ระดับคะแนนความเหมือนมาก (ระดับ 4) และความเหมือนปานกลาง (ระดับ 3) เท่ากัน เป็นจำนวนผู้สังเกตการณ์ทั้งหมด 1 คน จากทั้งหมด 2 คน



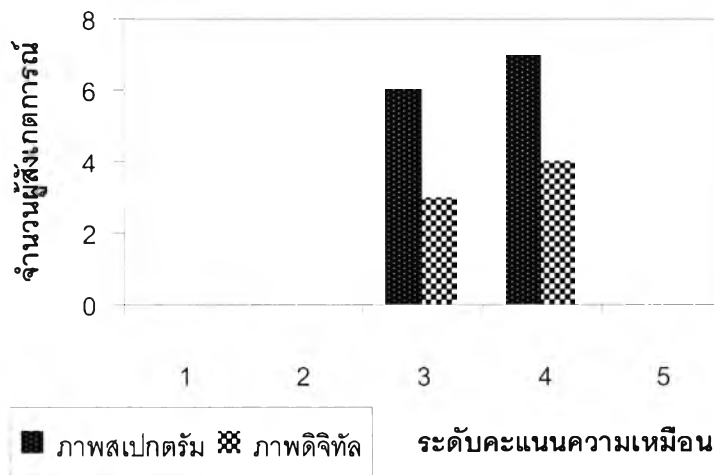
ภาพที่ 29 ฮิสโตแกรมของระดับคะแนนความเหมือนที่บริเวณโทนสีแดง
ภายใต้แหล่งกำเนิดแสง D_{65} ระหว่างภาพที่ผลิตจากข้อมูลสเปกตรัมกับภาพดิจิทัล



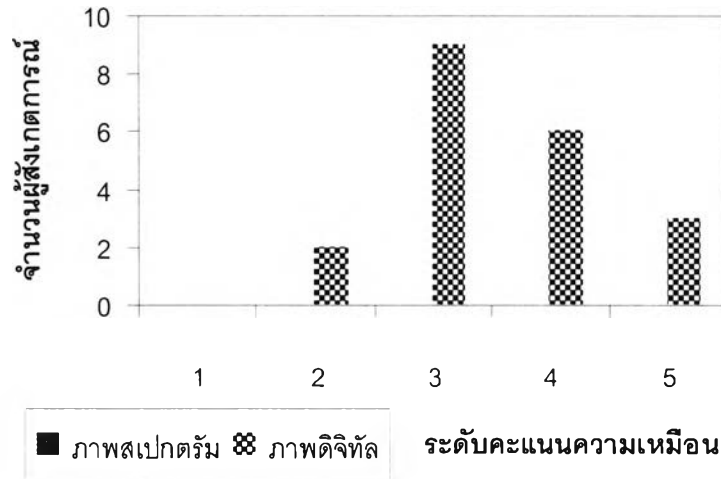
ภาพที่ 4.30 ฮิสโตแกรมของระดับคะแนนความเหมือนที่บริเวณโทนสีเขียว ภายใต้แหล่งกำเนิดแสง D_{65} ระหว่างภาพที่ผลิตจากข้อมูลสเปกตรัมกับภาพดิจิทัล



ภาพที่ 4.31 ฮิสโตแกรมของระดับคะแนนความเหมือนที่บริเวณโทนสีน้ำเงิน ภายใต้แหล่งกำเนิดแสง D_{65} ระหว่างภาพที่ผลิตจากข้อมูลสเปกตรัมกับภาพดิจิทัล



ภาพที่ 4.32 ฮิสโตแกรมของระดับคะแนนความเหมือนที่บริเวณโทนสีเหลือง ภายใต้แหล่งกำเนิดแสง D_{65} ระหว่างภาพที่ผลิตจากข้อมูลสเปกตรัมกับภาพดิจิทัล



ภาพที่ 4.33 ฮิสโตแกรมของระดับคะแนนความเหมือนที่บริเวณสีโดยรวมของภาพนามธรรม ภายใต้แหล่งกำเนิดแสง D_{65} ระหว่างภาพที่ผลิตจากข้อมูลสเปกตรัมกับภาพดิจิทัล

จากภาพ 4.29 จะเห็นได้ว่าภายใต้แหล่งกำเนิดแสง D_{65} บริเวณโทนสีแดง ภาพดิจิทัลสามารถแสดงค่าน้ำหนักสีได้เหมือนกว่าภาพที่ผลิตจากข้อมูลสเปกตรัม โดยที่ผู้สังเกตการณ์ให้ระดับคะแนนความเหมือนของภาพดิจิทัลเมื่อเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับแล้วส่วนใหญ่อยู่ที่ระดับคะแนนความเหมือนมาก (ระดับ 4) เป็นจำนวนผู้สังเกตการณ์ทั้งหมด 10 คน จากทั้งหมด 19 คน ส่วนภาพที่ผลิตได้จากข้อมูลสเปกตรัมเมื่อเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับนั้นผู้สังเกตการณ์ให้ระดับคะแนนความเหมือนมาก (ระดับ 4) เพียง 1 คน จากภาพ 4.30 บริเวณโทนสีเขียว ภาพดิจิทัลสามารถแสดงค่าน้ำหนักสีได้เหมือนกว่าภาพที่ผลิตจากข้อมูลสเปกตรัม โดยที่ผู้สังเกตการณ์ให้ระดับคะแนนความเหมือนของภาพดิจิทัลเมื่อเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับแล้วส่วนใหญ่อยู่ที่ระดับคะแนนความเหมือนมาก (ระดับ 4) เป็นจำนวนผู้สังเกตการณ์ทั้งหมด 13 คน จากทั้งหมด 19 คน ส่วนภาพที่ผลิตได้จากข้อมูลสเปกตรัมเมื่อเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับนั้นผู้สังเกตการณ์ให้ระดับคะแนนความเหมือนปานกลาง (ระดับ 3) เพียง 1 คน จากภาพ 4.31 บริเวณโทนสีน้ำเงิน ภาพดิจิทัลสามารถแสดงค่าน้ำหนักสีได้เหมือนกว่าภาพที่ผลิตจากข้อมูลสเปกตรัม โดยที่ผู้สังเกตการณ์ให้ระดับคะแนนความเหมือนของภาพที่ดิจิทัลเมื่อเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับแล้วส่วนใหญ่อยู่ที่ระดับคะแนนความเหมือนมาก (ระดับ 4) เป็นจำนวนผู้สังเกตการณ์ทั้งหมด 8 คน จากทั้งหมด 20 คน ส่วนภาพที่ผลิตได้จากข้อมูลสเปกตรัมเมื่อเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับนั้นผู้สังเกตการณ์ไม่ได้ให้ระดับคะแนนความเหมือนเลย จากภาพ 4.32 บริเวณโทนสีเหลือง ภาพที่ผลิตจากข้อมูลสเปกตรัมสามารถแสดงค่าน้ำหนักสีได้เหมือนกว่าภาพดิจิทัลโดยที่ผู้สังเกตการณ์ให้ระดับคะแนนความเหมือนของภาพที่ผลิตได้จากข้อมูลสเปกตรัมเมื่อเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับแล้วส่วนใหญ่อยู่ที่ระดับคะแนนความเหมือนมาก (ระดับ 4) เป็นจำนวนผู้สังเกตการณ์ทั้งหมด 7 คน จากทั้ง

หมด 13 คน ส่วนภาพดิจิทัลเมื่อเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับแล้วส่วนใหญ่อยู่ที่ระดับคะแนนเหมือนมาก (ระดับ 4) เป็นจำนวนผู้สังเกตการณ์ทั้งหมด 4 คน จากทั้งหมด 7 คน และจากภาพ 4.33 บริเวณพื้นที่สีโดยรวมของภาพนามธรรมภาพดิจิทัลก็ยังสามารถแสดงค่าน้ำหนักสีได้เหมือนกว่าภาพที่ผลิตจากข้อมูลสเปกตรัม โดยที่ผู้สังเกตการณ์ให้ระดับคะแนนความเหมือนของภาพดิจิทัลเมื่อเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับแล้ว ส่วนใหญ่อยู่ที่ระดับคะแนนความเหมือนปานกลาง (ระดับ 3) เป็นจำนวนผู้สังเกตการณ์ทั้งหมด 9 คน จากทั้งหมด 20 คน ส่วนภาพที่ผลิตได้จากข้อมูลสเปกตรัมเมื่อเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับนั้นผู้สังเกตการณ์ไม่ได้ให้ระดับคะแนนความเหมือนเลย