บทที่ 4
ผลการศึกษา

4.1 การเตรียมข้อมูล

จากการสืบค้นข้อมูลภาพโดยใช้ Search Engine Google โดยใช้คำในภาษาไทยต่อไปนี้ "ส้มอมแดง" "แดงอมส้ม" "ส้มอมเหลือง" "เหลืองอมส้ม" "ส้มแกมเหลือง" "เหลืองแกมส้ม" "ส้มเจือแดง" และ "แดงเจือส้ม"
ผลการสืบค้นปรากฏดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2. ภาพที่สืบค้น(สืบค้นเมื่อเดือน กันยายน 2553)

คำสีในภาษาไทย	จำนวนที่พบ	ร้อยละภาพที่ใกล้เคียงกับสีที่กำกับไว้ในภาพ(โดยประมาณ)
ส้มแกมเหลือง	94,600	3.69
เหลืองแกมส้ม	94,900	3.37
ส้มอมแดง	144,257	3.21
แดงอมส้ม	136,100	5.35
ส้มอมเหลือง	12,3234	4.84
เหลืองอมส้ม	161,000	3.42
แดงเจือส้ม	18,700	1.28
ส้มเจือแดง	18,820	4.3

จากตารางที่ 2 พบว่ามีการกำกับข้อความรูปไม่ตรงกับความหมายของสีจำนวนมาก เพราะไปสืบค้นจากข้อความที่กำกับในภาพ ตัวอย่างเช่น วงดนตรีส้มอมเหลือง หรือชื่อของหนังสือแดงแกมส้ม เป็นต้น ดังตัวอย่างภาพภาพที่ 14 ที่ สืบค้นได้จาก Google ใน หน้า 1 ของคำว่า "ส้มอมแดง"

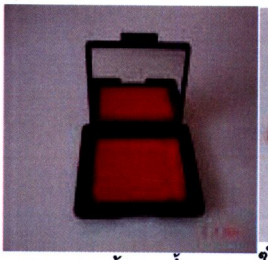
ภาพที่ 14. ข้อมูลภาพตัวอย่างจากสืบค้นด้วย Google โดยใช้คำว่า “ส้มอมแดง” ผลการสืบค้น

ลีลาวดีสีส้มอมแดง
410 × 307 - 18กิโลไบต์ - jpg
shopping.sanook.com

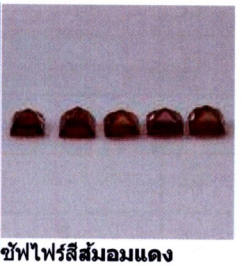
เบอร์ 4 สีส้มอมแดง
320 × 320 - 38กิโลไบต์ - gif
board.212cafe.com

ชุดนี้สีจะส้มอมแดง
720 × 540 - 63กิโลไบต์ - jpg
fishroom.org

เดรสSMEXแท้ สีส้มอมแดง มีฮู้ด
283 × 310 - 12กิโลไบต์ - jpg
shopping.sanook.com

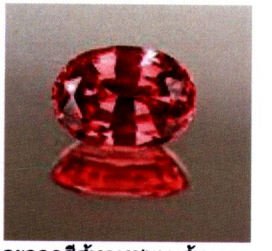


อมแดง อมส้ม อมน้ำตาล
512 × 384 - 24กิโลไบต์ - jpg
bloggang.com



ซัฟไฟร์สีส้มอมแดง
400 × 400 - 46กิโลไบต์ - jpg
gemsharmony.com

ซัฟไฟร์สีส้มอมแดง
400 × 400 - 50กิโลไบต์ - jpg
gemsharmony.com



จะออกสีส้มอมชมพู ส้มอมแดง
405 × 405 - 24กิโลไบต์ - jpg
buygemstoneinfo.blogspot.c

อันนี้ cactus จ๊ะ ออกแดงอม
512 × 384 - 57กิโลไบต์ - jpg
bloggang.com

เป็นสีส้มอมแดง
650 × 350 - 71กิโลไบต์ - jpg
horizoncafe.com

เบอร์ 31 hot shot ชมพูอมแดง
600 × 353 - 46กิโลไบต์ - jpg
212cafe.com

ผ้าไหม 2 เส้น สีส้มอมแดง
700 × 525 - 83กิโลไบต์ - jpg
koratthaisilk.tarad.com

ส้มอมแดง จนถึงสีแดงสด
500 × 500 - 32กิโลไบต์ - jpgthaibestpromotion.cm

สีส้มอมแดงมีประกาย เปลี่ยว
232 × 310 - 7กิโลไบต์ - jpg
shopping.sanook.com

บรัชสี Jazz เนื้อสีแดงอมส้ม
500 × 380 - 67กิโลไบต์ - jpg
212cafe.com

ส้มอมแดงที่โหนกแก้มก็ได้
500 × 375 - 66กิโลไบต์ - jpg
jeban.com

การสืบค้นภาพโดยใช้คำที่ศึกษาคำสืบค้น โดยการเลือกเฉพาะภาพที่มีลักษณะสีที่ใกล้เคียงกับสีที่อยู่ในขอบเขตการศึกษา หลังจากนั้นก็นำไปทำการ ตัดเฉพาะพื้นที่ส่วนที่เกี่ยวกับสีที่ศึกษา (ROI) ผลการเตรียมข้อมูลปรากฏดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3. จำนวนภาพที่ได้จากการสืบค้น

คำ	จำนวนภาพที่ได้	จำนวน Region segment
ส้มอมแดง	52	43
แดงอมส้ม	54	44
ส้มอมเหลือง	57	54
เหลืองอมส้ม	60	50
ส้มแกมเหลือง	53	42
เหลืองแกมส้ม	47	32
แดงเจือส้ม	37	34
ส้มเจือแดง	38	36
สีอื่นๆที่ไม่ใช่สีที่ใช้ในการศึกษา	84	83
รวม	482	418

ภาพที่ได้จากการสืบค้นนั้นบางภาพเป็นภาพเดียวกัน ทั้งที่ได้ใช้การสืบค้นคนละคำกัน นอกจากนี้ ภาพบางภาพยังมีสีอื่นเข้ามาปะปนอยู่ในภาพอีกด้วย ดังนั้นในขั้นตอนของการเตรียมข้อมูลตามตารางที่ 3 ได้ทำการตัด (Segment) พื้นที่เฉพาะสีที่ต้องการเรียกว่าการทำ Region segment (ROI) โดยเหลือเฉพาะพื้นที่ที่มีองค์ประกอบของสีที่ต้องการ จากตารางที่ 3 จำนวน Region segment ในบางกลุ่มของภาพสีจากที่สืบค้นได้มีจำนวนน้อยกว่าภาพ ทั้งนี้เพราะพบว่ามี noise ในส่วนของ Region segment มากจนไม่สามารถนำมาใช้ได้ หลังจากนั้นจะใช้นำ ROI ที่ได้ไปทำการทดสอบด้วยกลุ่มตัวอย่างจำนวน 100 คน เพื่อจำแนกด้วยสายตาและการรับรู้ของมนุษย์ว่าตรงกับความหมายสีใดในภาษาไทย ตารางที่3 เป็นภาพที่ผ่านการทดสอบ ว่าเป็นภาพสีใด โดยใช้ตัวสถิติ Proportion Test ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 กับสมมุติฐานหลัก คือ $P <= 0.6$

ตารางที่ 4. จำนวนภาพที่ได้นำไปทำ ROI จากการสืบค้น

คำ	Class ที่	จำนวน Region segment ที่ใช้ในการทดสอบ	จำนวน ROI ที่ผ่านการทดสอบเพื่อใช้เป็น Supervised Training data	จำนวน ROI ที่ผ่านการทดสอบเพื่อใช้เป็น Supervised Testing data
ส้มอมแดง	2	43	24	12
แดงอมส้ม	4	44	30	12
ส้มอมเหลือง	3	54	29	12
เหลืองอมส้ม	6	50	30	12
ส้มแกมเหลือง	1	42	28	12
เหลืองแกมส้ม	5	32	18	12
แดงเจือส้ม	8	34	15	12
ส้มเจือแดง	9	36	18	12
สีอื่นๆที่ไม่ใช่สีที่ใช้ในการศึกษา	7	83	71	12
รวม		418	263	108

4.2 การสร้าง Regular Expression

การกำหนด ไวยกรณ์ของภาษาที่ใช้ในการศึกษา ได้นิยามไวยกรณ์ของ Color semantics ในภาษาไทยในงานวิจัยดังนี้

< Linguistic Expression > := <Basic term> <Extended term> | <Basic term>

< Extended > := อม | เจือ | แกม

< Basic term> := |แดง | ส้ม | เหลือง |

4.3 Feature ที่ใช้ในการศึกษา

ในแต่ละ Region ที่ใช้ในการทดลองเราเลือก feature ดังนี้ Mean, Min, Max, SD, Entropy โดยใช้ทฤษฎีสีแบบ HSV ในการทดลอง โดยมี Data set ที่ใช้ในการทดลอง ปรากฏดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5. แสดง feature ที่ใช้ในการทดลองกับจำนวน 371 Region of Interest (ROI)

Data set	Type	Mean	Min	Max	SD	Entropy
(HSV)	H	H_ Mean	H_Min	_Max	H_SD	H_Ent
	S	S_ Mean	S_Min	S_Max	S_SD	S_Ent
	V	V_ Mean	V_Min	V_Max	V_SD	V_Ent

Data formulation ของข้อมูลทั้ง สองเซต (Supervised Training Data และ Testing Data) ปรากฏดังนี้

Data set ประกอบด้วย

Feature vector = { H_j : j = 1,...,5 ; S_j : j = 1,...,5 ; V_j : j = 1,...,5 }

Feature matrix = { H_{ij}: i= 1,...371 ; j = 1,...,5 ; S_{ij} : i= 1,...263 ; j = 1,...,5, V_{ij} : i= 1,...263 ; j = 1,...,5}

H : Hue I: Intensity S: Saturation

4.4 ผลการทดลอง

การทดลองนี้ดำเนินการเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้คือ

4.4.1 ขั้นตอนที่ 1 coarse classification เป็นการคัดเลือกในระดับหยาบ เพื่อจำแนกระหว่างสีอื่นกับ กลุ่มของสี ที่ใช้ในการศึกษา (แดง ส้ม เหลือง ในสายตาของมนุษย์) โดยในขั้นตอนนี้ทำการทดลอง 2 แบบ คือแบบของการแบ่งครั้งเดียวสามารถจำแนกได้หลายกลุ่มโดยใช้ Multi class classifier กับอีกวิธีทำการจำแนกทีละระดับแบบ Top down โดยใช้วิธีแบ่งในแต่ละระดับแบบ Binary class เหตุผลที่ต้องมีการจำแนกในระดับรายละเอียด เพราะ การจำแนกโดยใช้ Multi class classifier ปรากฏว่าได้ผลความถูกต้องต่ำ ดังผลในตารางที่ 6 (การทดลองใช้ 10 folds cross valid) โดยเทคนิคของ Multi Layer Perceptron โดยประกอบด้วยถาปัตยกรรม 3 Layer คือ Input layer , 1 Hidden layer และ Output layer

ตารางที่ 6. ผลการทดลองโดยใช้ Multi Layer Perceptron Multiclass โดย Training data set ประกอบด้วย 9 class (ใช้ 10 folds cross valid)

Correctly Classified Instances	195	74.038%
Incorrectly Classified Instances	68	25.961%
Kappa statistic	0.6866	
Mean absolute error	0.0753	
Root mean squared error	0.2221	
Relative absolute error	40.919	
Root relative squared error	70.307	
Total Number of Instances	263	
Ignored Class Unknown Instances	-	

=== Detailed Accuracy By Class ===

TP Rate	FP Rate	Precision	Recall	F-Measure	Class
0.286	0.021	0.5	0.286	0.364	1
0.619	0.043	0.619	0.619	0.619	2
0.52	0.055	0.565	0.52	0.542	3
0.789	0.037	0.682	0.789	0.732	4
0.818	0.025	0.643	0.818	0.72	5
0.654	0.049	0.654	0.654	0.654	6
0.909	0.02	0.714	0.909	0.8	8
0.909	0.01	0.833	0.909	0.87	9
0.9	0.036	0.926	0.9	0.913	7

หมายเหตุ : class ที่ 7 คือภาพสีอื่นที่ไม่ใช่สีที่ศึกษาในงานวิจัยนี้

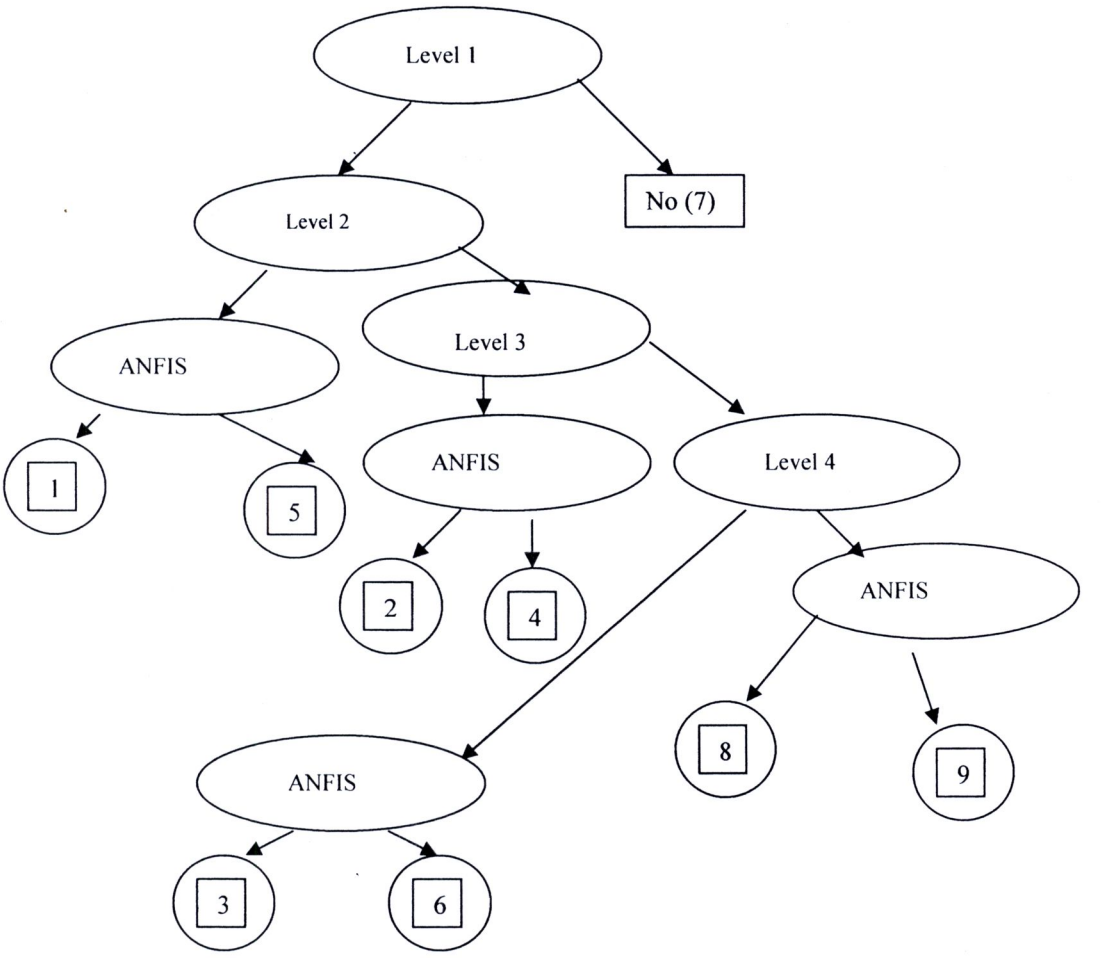
เนื่องจากการทำ Multi class กับ training data set พบว่ามีค่าความถูกต้องอยู่ในระดับต่ำ จึงทำการ จัดกลุ่มคำใหม่ เพื่อให้การบริหารจัดการให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ร่วมกับการใช้ธีการแบ่งแบบ Binary class การรวมลักษณะคำสีเป็นกลุ่ม ก่อนที่จะแบ่งในรายละเอียดในขั้นตอนที่ 2 โดยการแบ่งกลุ่มปรากฏตามตารางที่ 7

ตารางที่ 7. ตารางการรวมกลุ่มคำ ในการทำ Binary classification แต่และระดับ

ลำดับที่	การแบ่งกลุ่ม เพื่อจำแนก Class	การแบ่งกลุ่ม เพื่อจำแนก Class	การแบ่งกลุ่ม เพื่อจำแนก Class	การแบ่งกลุ่ม เพื่อจำแนก Class	การแบ่งกลุ่ม เพื่อจำแนก Class
1	Class Yes (Class : 1,2,3,4,5,6,,8, 9) Class No (Class : 7)				
2		Class Yes (Class :1,5) Class No (Class : 2,3,4,6,8)			
3			Class Yes (Class 2,4) Class No (Class : 3,6,,8,9)		
4				Class Yes (Class 3,6) Class No (Class : 8,9)	

หมายเหตุ : การแบ่งกลุ่มใหม่เพื่อทำการจำแนกโดยใน Binary classifier ให้ดูตารางที่ 4 ประกอบ

ภาพที่ 15. วิธีดำเนินการในการแบ่ง Binary class หลังจากนั้นจึงจะไปทำการจำแนกแบบละเอียด โดยใช้ ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System)



ระดับที่ 1 ทำการจำแนกกลุ่มสีที่ศึกษา Class Yes (1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9) และออกจากสีอื่น Class No (7) ที่ไม่ใช่

ระดับที่ 2 ทำการจำแนกกลุ่มสี Class Yes (1: ส้มแกมเหลือง และ 5 เหลืองแกมส้ม) ออกจากสีอื่น Class No (Class 2, 4, 3, 6, 8, 9) ที่ไม่ใช่

ระดับที่ 3 ทำการจำแนกกลุ่มสี Class 2 และ Class 4 (ส้มอมแดง และแดงอมส้ม) ออกจากสีอื่น (Class 3, 6, 8, 9) ที่ไม่ใช่

ระดับที่ 4 ทำการจำแนกกลุ่มสี Class 3 และ Class 6 (ส้มอมเหลือง และเหลืองอมส้ม) ออกจากกลุ่มสี Class 8 และ Class 9 (แดงเจือส้ม และ ส้มเจือแดง)

ระดับสุดท้าย (ดูภาพที่ 14 ประกอบ)ทำการจำแนกแบบละเอียด โดยใช้ ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System) เพื่อจำแนกสีที่มีความใกล้เคียงในระดับคำออกจากกัน โดยทำการจำแนก ระหว่าง Class 1 กับ Class 5 , Class 2 กับ Class 4 , Class 3 กับ Class 6 และ Class 8 กับ Class 9

ตารางที่ 8. ผลการทดลองโดยใช้ Binary class โดยใช้ Multi layer perceptron กับ Data set ในระดับที่ 1 (จำแนกสีที่ศึกษา กับสีอื่น) ประกอบด้วยสถาปัตยกรรม 3 Layer คือ Input layer, Hidden layer และ Output layer

Correctly Classified Instances	248	94.2966 %
Incorrectly Classified Instances	15	5.7034 %
Kappa statistic	0.8507	
Mean absolute error	0.0626	
Root mean squared error	0.2242	
Relative absolute error	15.8344 %	
Root relative squared error	50.5068 %	
Total Number of Instances	263	
Ignored Class Unknown Instances	-	

=== Detailed Accuracy By Class ===

TP Rate	FP Rate	Precision	Recall	F-Measure	Class
0.979	0,155	0.945	0.979	0.962	Y
0.845	0.021	0.938	0.845	0.889	N

=== Confusion Matrix ===

Classified as	Yes	No
Yes	188	4
No	11	60

ตารางที่ 9. ผลการทดลองโดยใช้ Binary class โดยใช้ Multi layer perceptron กับ Data set ในระดับที่ 2 ประกอบด้วยสถาปัตยกรรม 3 Layer คือ Input layer , Hidden layer และ Output layer

(Class 1 + Class 5) กับ Class อื่น

Correctly Classified Instances	180	93.75 %
Incorrectly Classified Instances	12	6.25 %
Kappa statistic	0.8334	
Mean absolute error	0.0749	
Root mean squared error	0.2243	
Relative absolute error	20.462 %	
Root relative squared error	52.5289 %	
Total Number of Instances	192	
Ignored Class Unknown Instances	-	

=== Detailed Accuracy By Class ===

TP Rate	FP Rate	Precision	Recall	F-Measure	Class
0.913	0.055	0.84	0.913	0.875	Y
0.945	0.087	0.972	0.945	0.958	N

=== Confusion Matrix ===

Classified as	Yes	No
Yes	42	4
No	8	138

ตารางที่ 10. ผลการทดลองโดยใช้ Binary class โดยใช้ Multi layer perceptron กับ Data set ในระดับที่ 3 (ประกอบด้วยสถาปัตยกรรม 3 Layer คือ Input layer, Hidden layer และ Output layer (Class 2 + Class 4) กับ Class อื่น)

Correctly Classified Instances	137	93.8356 %
Incorrectly Classified Instances	9	6.1644 %
Kappa statistic	0.8702	
Mean absolute error	0.0761	
Root mean squared error	0.2102	
Relative absolute error	16.2961 %	
Root relative squared error	43.525 %	
Total Number of Instances	146	
Ignored Class Unknown Instances	-	

=== Detailed Accuracy By Class ===

TP Rate	FP Rate	Precision	Recall	F-Measure	Class
0.953	0.076	0.881	0.963	0.92	Y
0.924	0.037	0.977	0.924	0.95	N

=== Confusion Matrix ===

Classified as	Yes	No
Yes	52	2
No	7	85

ตารางที่ 11. ผลการทดลองโดยใช้ Binary class โดยใช้ Multi layer perceptron กับ Data set ในระดับที่ 4 ประกอบด้วยสถาปัตยกรรม 3 Layer คือ Input layer , Hidden layer และ Output layer (Class 3 + Class 6) กับ (Class 8+ Class 9)

Correctly Classified Instances	89	97.913 %
Incorrectly Classified Instances	3	1.987 %
Kappa statistic	0.9765	
Mean absolute error	0.0136	
Root mean squared error	0.0717	
Relative absolute error	2.9469%	
Root relative squared error	14.9409 %	
Total Number of Instances	92	
Ignored Class Unknown Instances	-	

=== Detailed Accuracy By Class ===

TP Rate	FP Rate	Precision	Recall	F-Measure	Class
0.973	0.0015	0.998	0.983	0.991	Y
0.995	0.017	0.971	0.998	0.985	N

=== Confusion Matrix ===

Classified as	Yes	No
Yes	58	1
No	2	31

เนื่องจากจำนวนปัจจัย (Feature) ที่ใช้มีถึง 15 ปัจจัย ส่งผลให้การที่จะนำไปจำแนกในระดับละเอียดเพื่อจำแนกในระดับสุดท้ายด้วย วิธี ANFIS กระทำได้ค่อนข้างลำบาก เราจึงทำการลดขนาดของ Feature ด้วยเทคนิคของ Principal component ที่มีการ Rotate vector ประกอบด้วย ตารางที่ 12 เป็นผลจากการวิเคราะห์การลดปัจจัย

ตารางที่ 12. ผลจากการวิเคราะห์ลดขนาดของปัจจัย Rotated Component Matrix(a)

	Component		
	1	2	3
V_std	.890	.218	.030
V_min	-.865	-.117	-.013
V_entropy	.841	-.025	.067
H_max	.640	.162	-.359
H_min	-.603	-.107	.362
V_max	-.026	.844	.124
H_entropy	.335	.744	.191
S_std	.097	.722	-.444
V_mean	-.613	.640	.026
S_min	-.250	-.572	.495
S_entropy	.027	.556	-.451
S_mean	.137	.002	.831
H_mean	.179	.059	-.640
H_std	.465	-.103	-.556
S_max	.315	.440	.448

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

a Rotation converged in 6 iterations.

จากตารางที่ 12 พบว่า ปัจจัยใหม่ที่เกิดขึ้น มีองค์ประกอบดังนี้

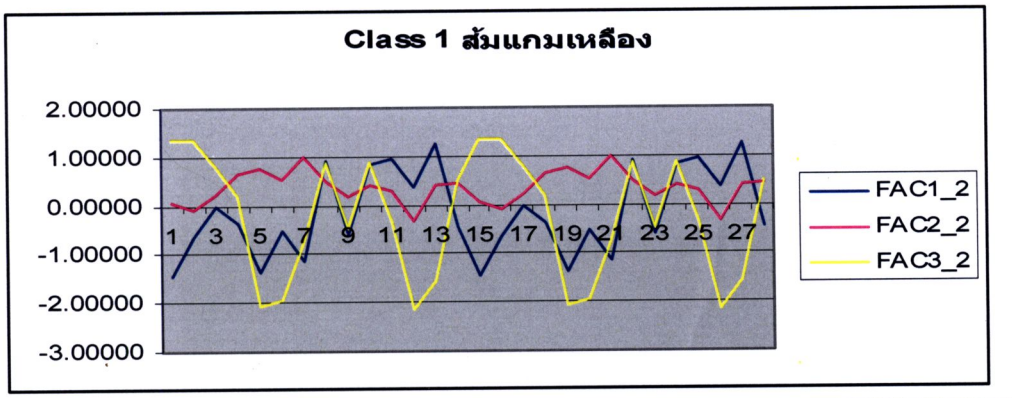
$F_1 = L_1$ (V_std, V_min , V_entropy , H_max, H_min)

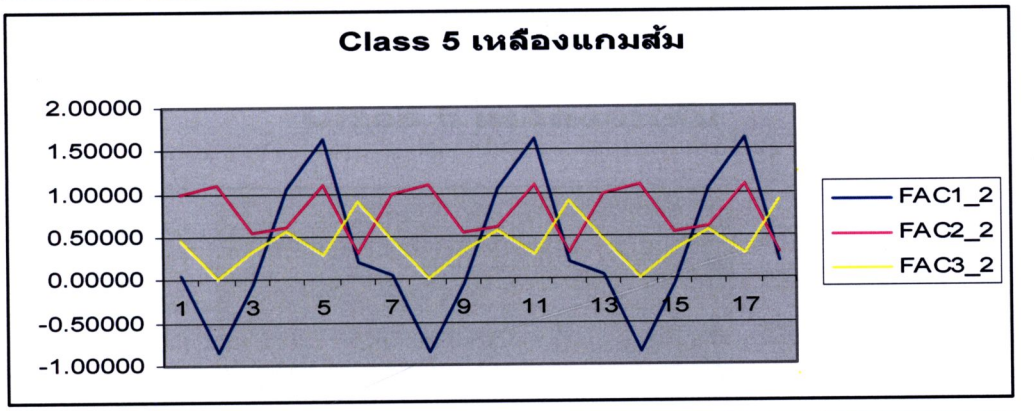
$F_2 = L_2$ (V_max, H_entropy , S_std, V_mean, S_min, S_entropy)

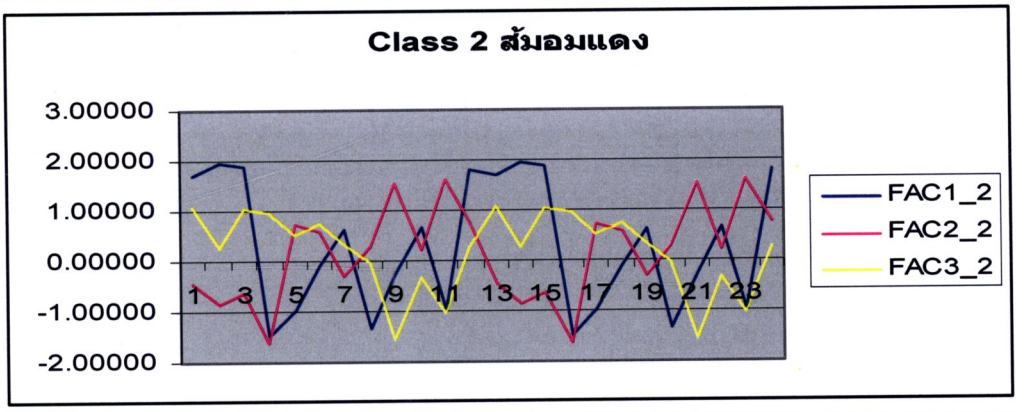
$F_3 = L_3$ (S_mean, H_mean, H_std , S_max)

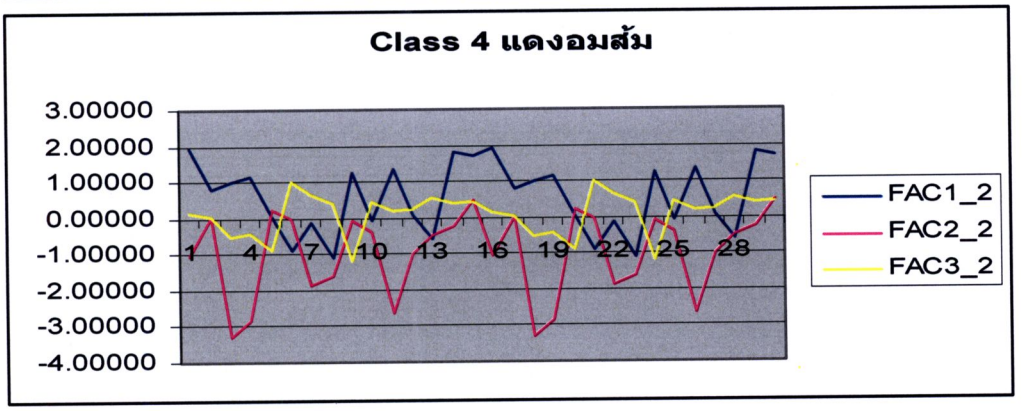
ผลจากการทำ Factor reduction กับภาพข้อมูลที่ใช้ในการทดลอง ปรากฏดังภาพที่ 16

ภาพที่ 16. กราฟแสดงปัจจัยที่เป็น Latent factor ที่ได้กับสีทั้งหมด 8 กลุ่ม

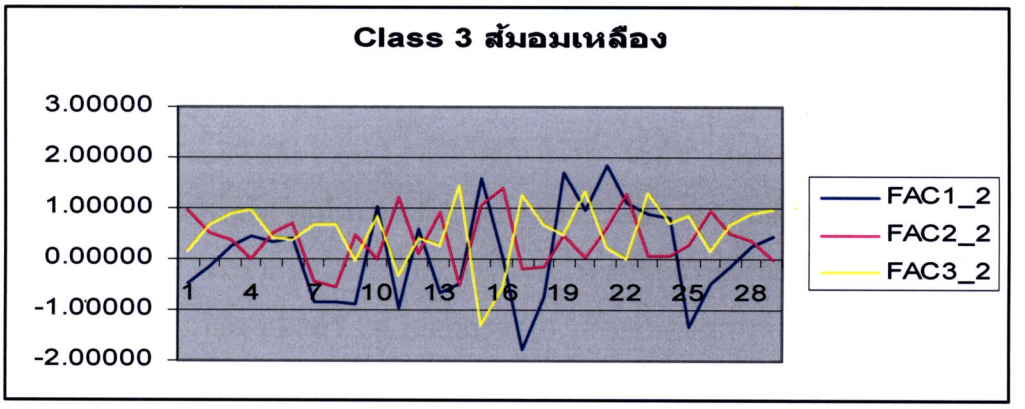


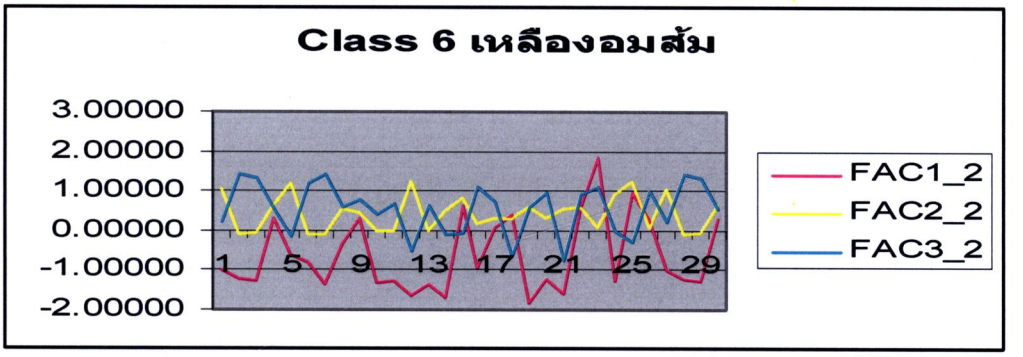


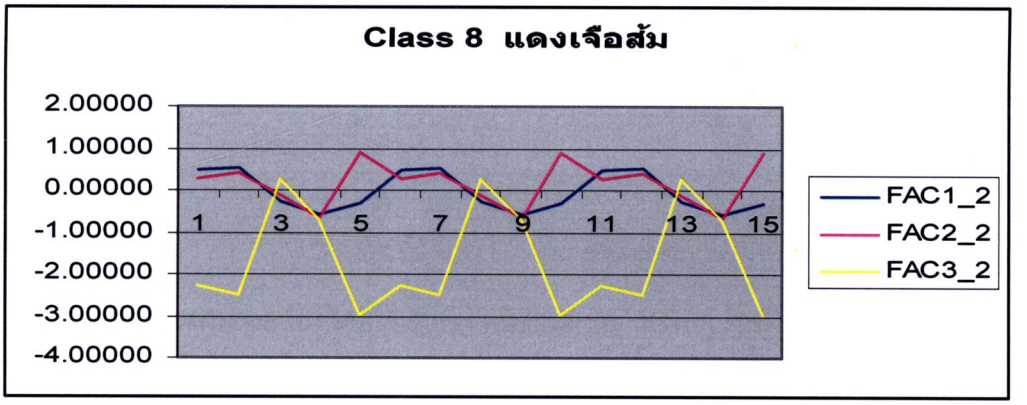


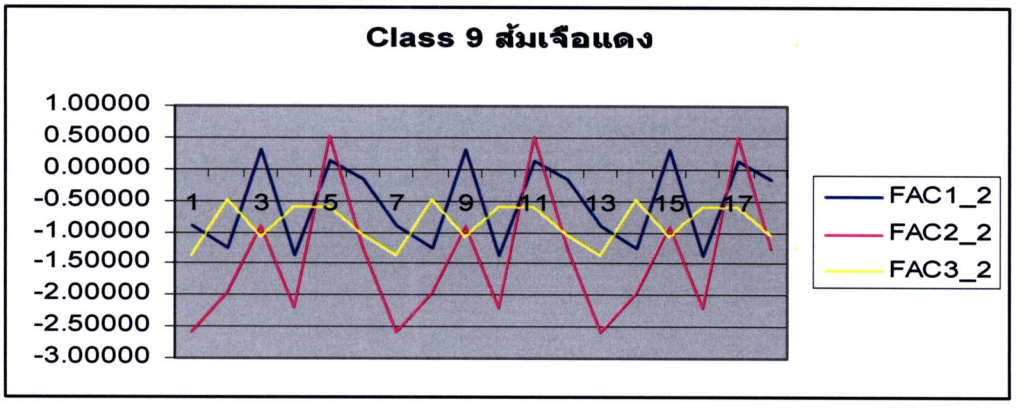


ภาพที่ 16. (ต่อ) กราฟแสดงปัจจัยที่เป็น Latent factor ที่ได้กับสีทั้งหมด 8 กลุ่ม (Class) เฉพาะสีที่ศึกษา









ขั้นตอนสุดท้ายการจำแนกในระดับละเอียด (Grained classification) ใช้ ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System) เพื่อจำแนกภาพตามกลุ่มสีของคำ ที่มีการใช้คำประสมกับคำขยายสลับกัน ในที่นี้คือการประกอบด้วยการทำงานในลักษณะเดียวกันจำนวน 4 ครั้ง โดยใช้เทคนิคเดียวกันคือ ANFIS โดยครั้งที่1 จะทำการแบ่ง Class 1 และ Class 5 ออกจากกัน ครั้งที่2 จะทำการแบ่ง Class 2 และ Class 4 ออกจากกัน ครั้งที่3 จะทำการแบ่ง Class 3 และ Class 6 ออกจากกัน และ ครั้งที่4 จะทำการแบ่ง Class 8 และ Class 9 ออกจากกัน

4.4.2 การจำแนกในระดับละเอียดระหว่าง กลุ่มต่อไปนี้โดยใช้ Feature ที่ reduce เป็นปัจจัย F1, F2 และ F3 แล้ว โดยในแต่ละกลุ่มที่ได้ในขั้นตอนการจำแนกแบบหยาบ โดยการใช้ เทคนิค ANFIS

ตารางที่ 13. การจำแนกกลุ่มย่อยของสีที่ศึกษา

กลุ่มที่	**Class**	**สีของภาษาไทย**
1	1	ส้มแกมเหลือง
	5	เหลืองแกมส้ม
2	2	ส้มอมแดง
	4	แดงอมส้ม
3	3	ส้มอมเหลือง
	6	เหลืองอมส้ม
4	8	ส้มเจือแดง
	9	แดงเจือส้ม

4.4.3 ผลการทดลองโดยใช้ Fuzzy membership ปรากฏว่า ฟังก์ชันที่ใช้นั้น พบว่าฟังก์ชันที่เหมาะสมกับข้อมูลที่ศึกษาคือ Fuzzy membership แบบเกาส์เซียนซึ่งมี 2 พารามิเตอร์ คือ $\{m, \sigma\}$ ซึ่ง m หมายถึงค่าเฉลี่ย และ σ หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

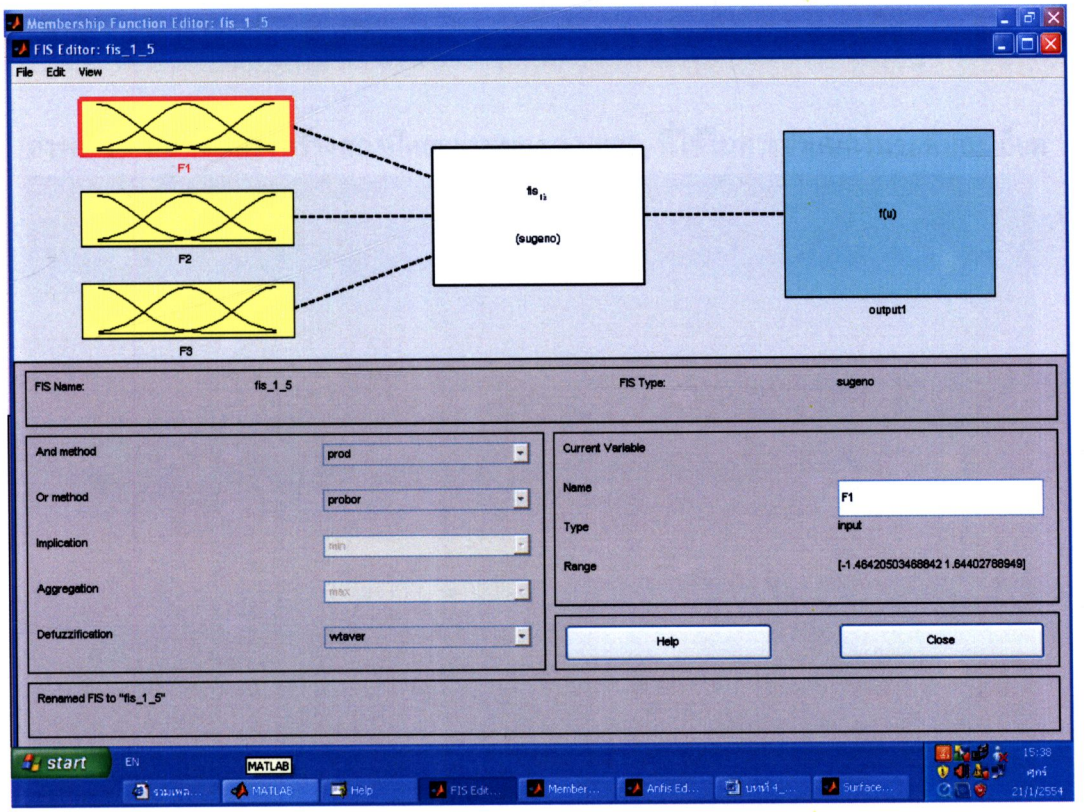
$$\text{Gaussian}(x : m, \sigma) = \exp(-\frac{(x - m^2)}{\sigma^2})$$

โดยที่ แต่ละกลุ่มมีค่า เฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐานใน ปัจจัย F1, F2 และ F3 ปรากฏดังตารางที่ 14 ดังนี้

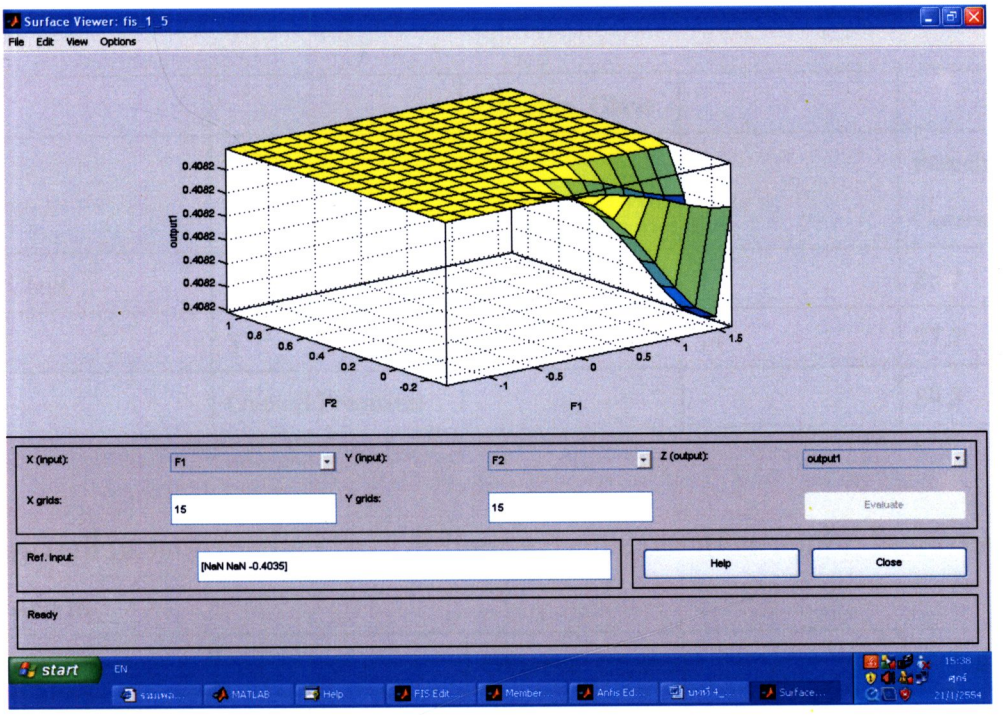
ตารางที่ 14. แสดงค่าพารามิเตอร์ในแต่ละกลุ่มของแต่ละปัจจัย

ค่าพารามิเตอร์	1 (Class 1,5)	2 (Class 2,4)	3 (Class 3,6)	4(Class 8,9)
Mean of F1	0.03812	0.44012	-0.26099	-0.30672
Std of F1	0.88683558	1.12791414	0.99406148	0.64272475
Mean of F2	0.52179	-0.46530	0.40676	-0.69317
Std of F2	0.38103441	1.21522558	0.48878766	1.15254979
Mean of F3	0.02146	0.13206	0.53803	-1.20794
Std of F3	1.04330275	0.69237462	0.61466129	0.94381345

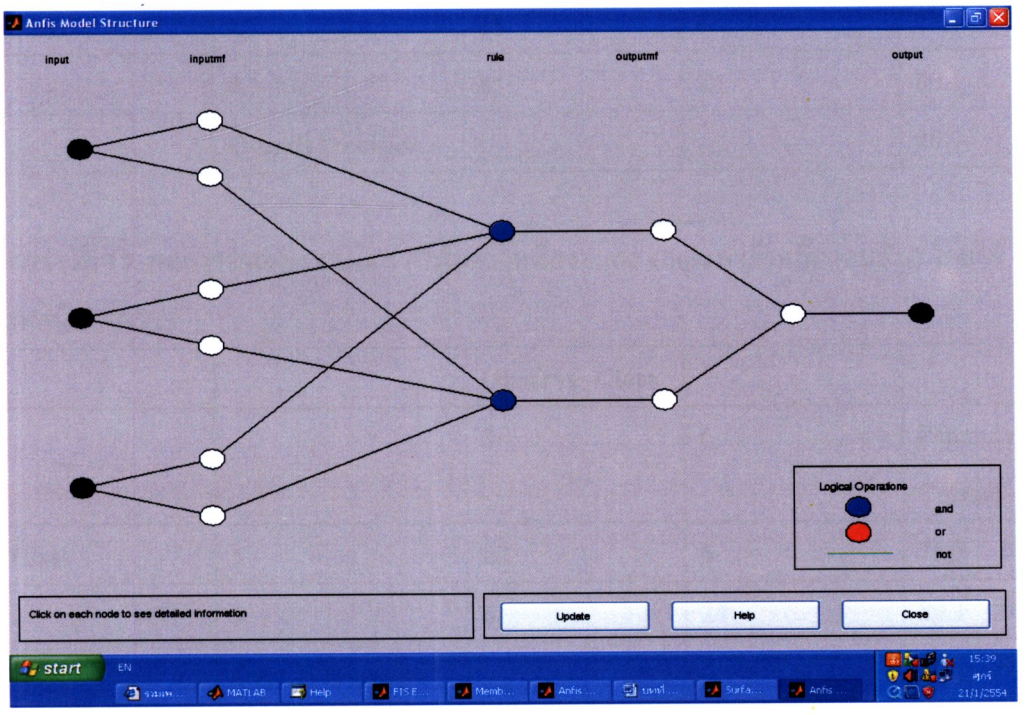
ภาพที่ 17. แสดง สถาปัตยกรรมที่ใช้ในการศึกษา F1,F2,F3 คือปัจจัยที่สกัดได้จาก 15 feature



ภาพที่ 18. ตัวอย่างแสดงการเปรียบเทียบปัจจัยทั้งสามบน Surface ของปัจจัยที่ศึกษา



ภาพที่ 19 แสดง โครงสร้างสถาปัตยกรรมของ ANFIS ที่ใช้ในการจำแนกในระดับละเอียด



ตารางที่ 15. ผลการทดลอง Class 1(สีส้มแกมเหลือง) และ Class 5(สีเหลืองแกมส้ม) โดยใช้เทคนิค ANFIS

		Observe Class		
		1	2	Percentage Correct
Class	1	24	3	88.7
	5	4	14	77.7
	Overall Precision			84.3

ตารางที่ 16. ผลการทดลอง Class 2 (สีส้มอมแดง) และ Class 4(สีแดงอมส้ม) โดยใช้ เทคนิค ANFIS

		Observe Class		
		2	4	Percentage Correct
Class	2	18	6	75.1
	4	4	24	80.1
	Overall Precision			80.7

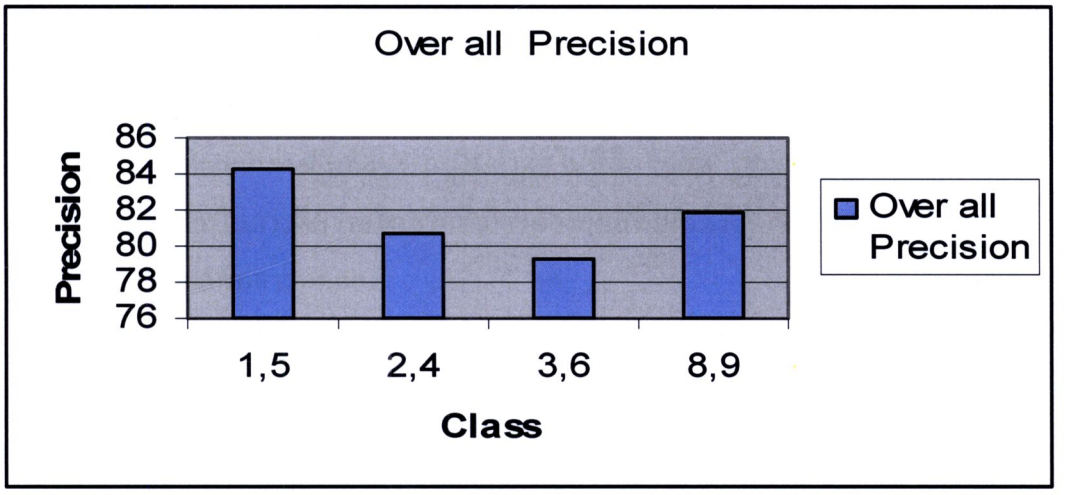
ตารางที่ 17. ผลการทดลอง Class 3 (สีส้มอมเหลือง) และ Class 6 (สีเหลืองอมส้ม) โดยใช้เทคนิค ANFIS

		Observe Class		
		3	6	Percentage Correct
Class	3	22	6	78.5
	6	6	24	80.1
	Overall Precision			79.3

ตารางที่ 18. ผลการทดลอง Class 8 (สีแดงเจือส้ม) และ Class 9 (สีส้มเจือแดง) โดยใช้ เทคนิค ANFIS

		Observe Class		
		8	9	Percentage Correct
Class	8	12	3	80.0
	9	3	15	83.3
	Overall Precision			81.8

ภาพที่ 20. กราฟเปรียบเทียบค่าความถูกต้องเฉลี่ย ในการจำแนกในระดับละเอียดของภาพในความหมายสีในภาษาไทยโดยใช้เทคนิค ANFIS



จากภาพที่ 20 เปรียบเทียบการจำแนกในระดับสุดท้ายของ กลุ่ม 1,5 : Class 1 (สีส้มแกมเหลือง) และ Class 5(สีเหลืองแกมส้ม) กลุ่ม 2,4 :Class 2 (สีส้มอมแดง) และ Class 4(สีแดงอมส้ม) กลุ่ม 3,6 : Class 3 (สีส้มอมเหลือง) และ Class 6 (สีเหลืองอมส้ม) กลุ่ม 8,9 : Class 8 (สีแดงเจือส้ม) และ Class 9 (สีส้มเจือแดง) ผลการทดลองพบว่า กลุ่ม 1,5 ทำการจำแนกในระดับละเอียด ได้ค่าเฉลี่ยความถูกต้องสูงสุด ลำดับถัดมาคือกลุ่มที่ 8,9 ในขณะที่สีในกลุ่ม 3,6 ได้ค่าเฉลี่ยความถูกต้องต่ำสุดในการทดลอง