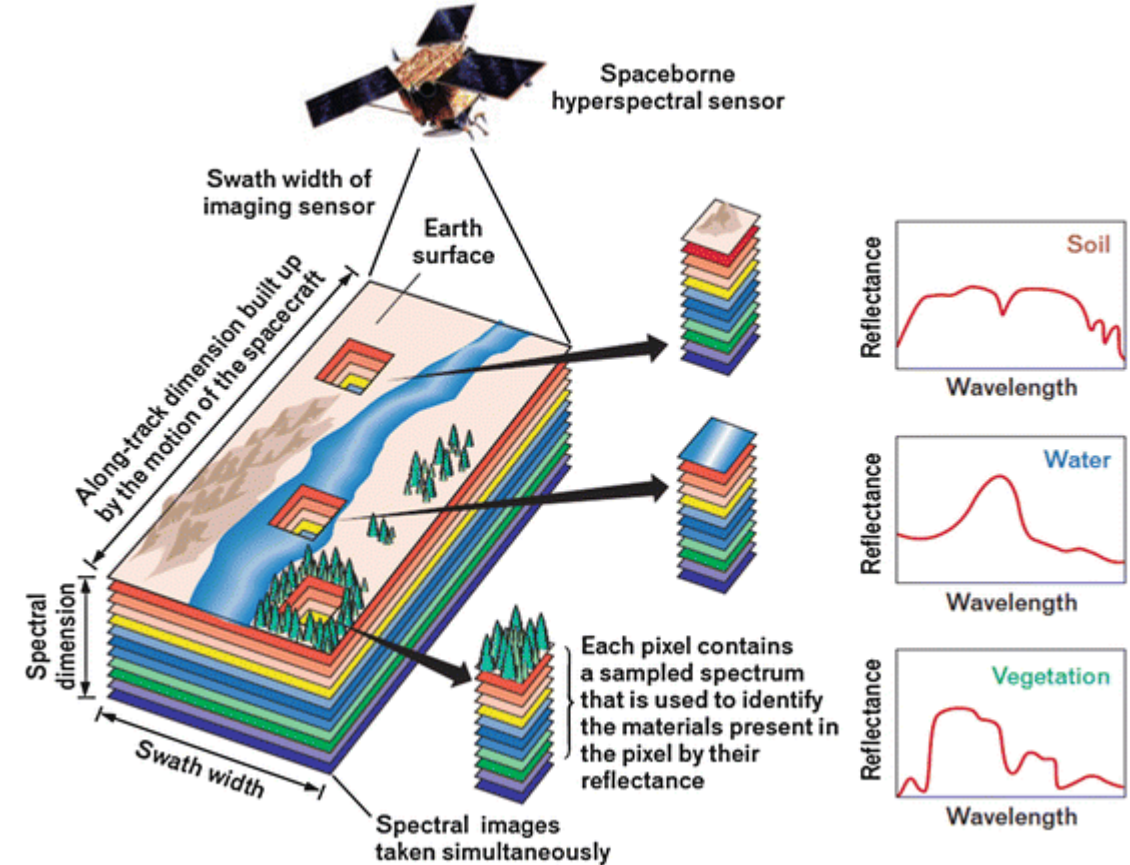


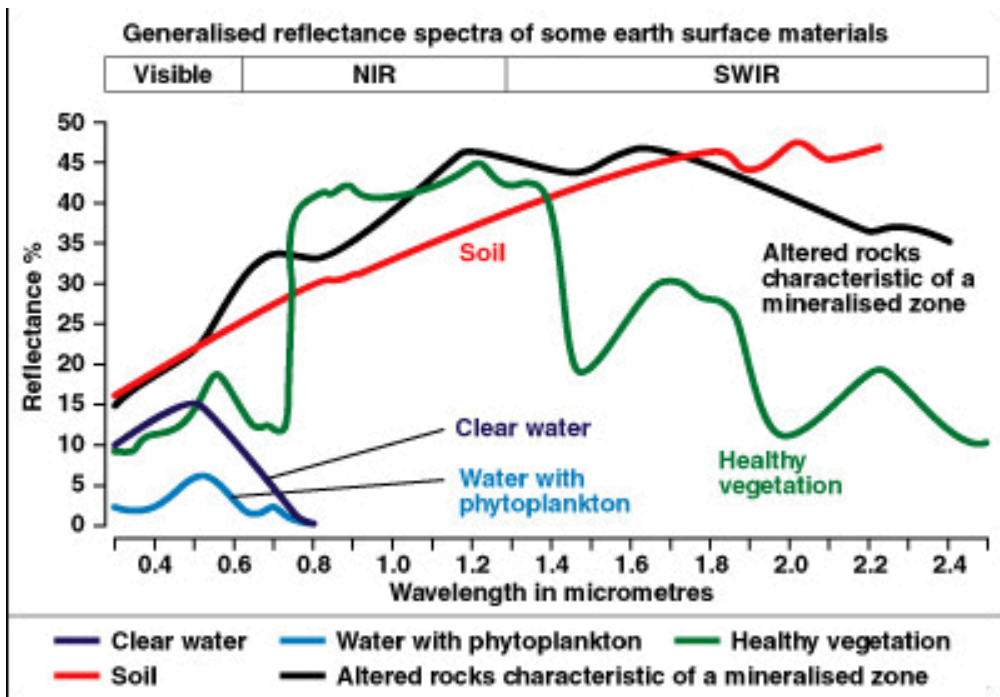
OVERVIEW : CLASSIFICATION WITH HYPERSPECTRAL REMOTE SENSING DATA

- ภาพถ่ายทางดาวเทียมบันทึกภาพในหลายช่วงคลื่น
 - ตัวอย่างภาพที่แคณาดามาจาก LANDSAT มี 7 แบนด์ เป็น MULTISPECTRAL
 - ตัวอย่างภาพที่แหลมตะลุมพุกมาจาก HYPERION มี 155 แบนด์ เป็น HYPERSPECTRAL
 - ตัวอย่างภาพจาก PRISMA (ที่พี่ฝ้ายจะใช้แยกหลุมพี) มี 240 แบนด์ เป็น HYPERSPECTRAL
- การจำแนกภาพถ่ายทางดาวเทียมแบบมีการควบคุม (SUPERVISED CLASSIFICATION)
 - TRAINING ด้วยข้อมูล REGION OF INTEREST ที่ไปเก็บข้อมูลในพื้นที่
 - CLASSIFICATION
 - เลือกชุดช่วงคลื่นที่เหมาะสมด้วย FEATURE TRANSFORMATION หรือ FEATURE SELECTION
 - เลือกวิธีการจำแนกที่เหมาะสมอย่าง SPECTRAL ANGLE MAPPING, MINIMUM DISTANCE
 - TEST ด้วยข้อมูล REGION OF INTEREST อีกชุด (อย่างไม่ลำเอียง) ประเมินผลด้วย CONFUSION MATRIX ซึ่งระบุ PRODUCER's ACCURACY, USER's ACCURACY and OVERALL ACCURACY

WELCOME TO HYPERSPECTRAL REMOTE SENSING

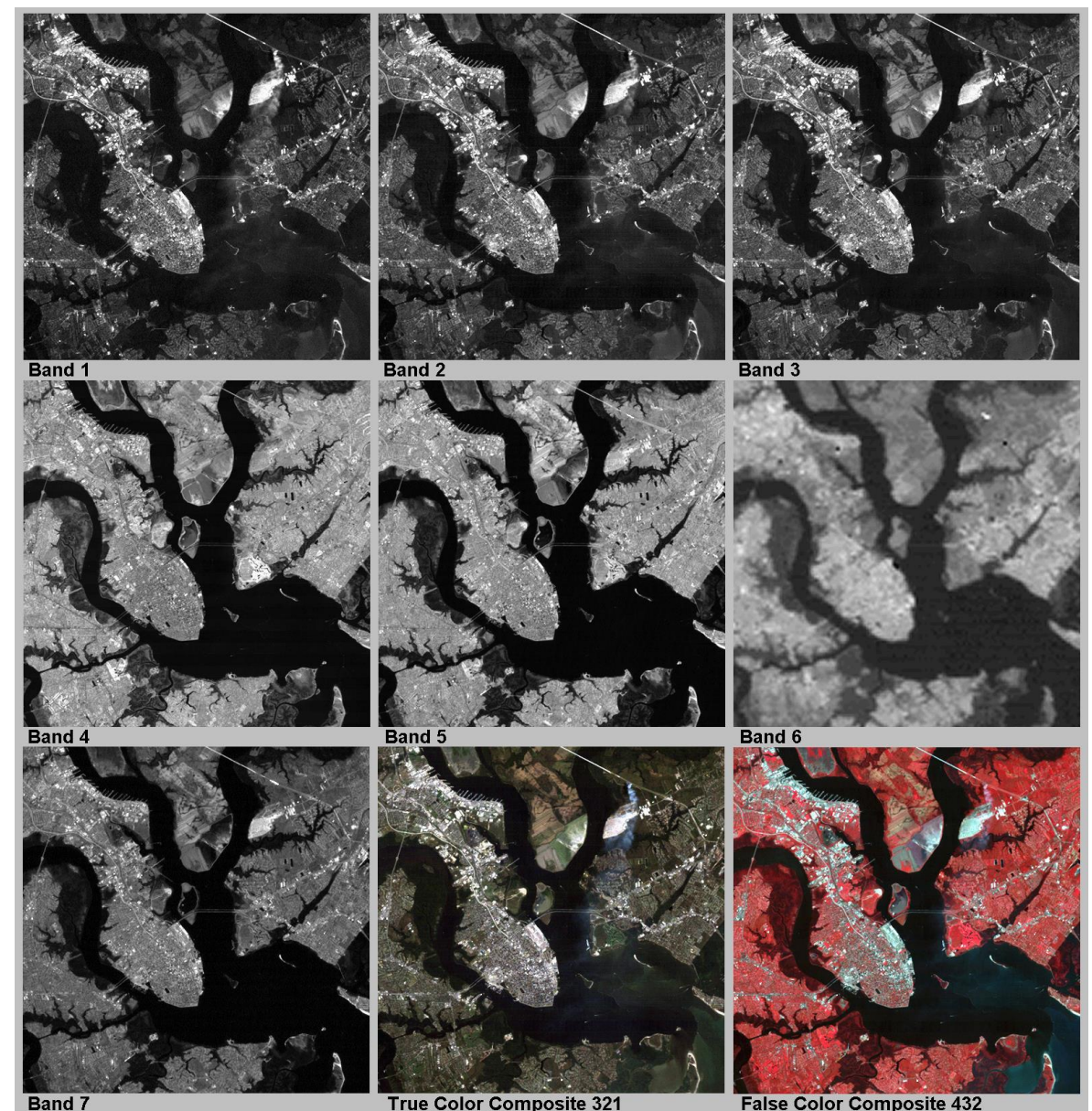
- วัตถุทั้งหลายจะมีลายเซ็น (Spectral Signature) เป็นของตนเอง เป็นค่าการสะท้อนเชิงช่วงคลื่น (Spectral Reflectance) ของวัตถุในแต่ละช่วงคลื่นต่างๆ ทั้งในช่วงคลื่น Ultraviolet, Visible Light และ Infrared
- การเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสมจะสามารถแยกประเภทของวัตถุบนพื้นโลกได้อย่างเหมาะสม อย่างการแยกระหว่างพื้นดินและพื้นน้ำในช่วงอินฟราเรดใกล้
- เราสามารถจำแนกประเภทพืชชนิดต่างๆได้โดยศึกษาจาก Spectral Reflectance ของพืชแต่ละชนิด นอกจากนี้ยังศึกษาสุขภาพของพืชได้ด้วย



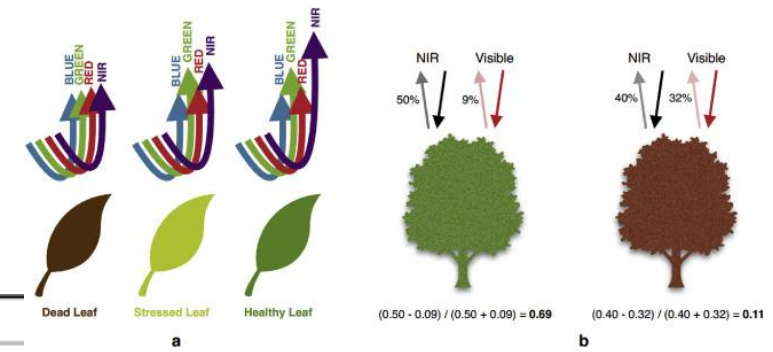


LANDSAT 4

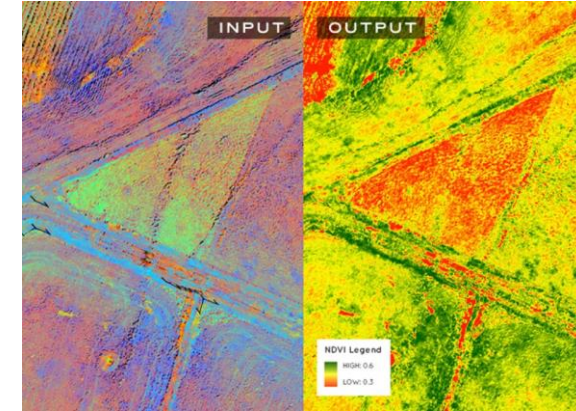
Band No.	Wavelength Interval (μm)	Spectral Response	Resolution (m)
1	0.45 - 0.52	Blue Green	30
2	0.52 - 0.60	Green	30
3	0.63 - 0.69	Red	30
4	0.76 - 0.90	Near IR	30
5	1.55 - 1.75	Mid-IR	30
6	10.40 - 12.50	Thermal IR	120
7	2.08 - 2.35	Mid-IR	30



VEGETATION INDEX AND FRIENDS ...



Vegetation index	Formula	Reference
Simple ratio (SR)	$SR = NIR/R$	[5]
Normalized difference vegetation index (NDVI)	$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$	[6]
Perpendicular vegetation index (PVI)	$PVI = (NIR - aR - b) / (a^2 + 1)^{1/2}$	[11]
Soil adjusted vegetation index (SAVI)	$SAVI = (NIR - R) / (NIR + R + L)(1 + L)$	[12]
Weighted difference vegetation index (WDVI)	$WDVI = NIR - aR$	[2]
Transformed soil adjusted vegetation index (TSAVI)	$TSAVI = a(NIR - aR - b) / (R + a(NIR - b) + X(1 + a^2))$	[13]
Modified soil adjusted vegetation index (MSAVI)	$MSAVI = (2NIR + 1 - ((2NIR + 1)^2 - 8(NIR - R))^{1/2}) / 2$	[14]
Optimized soil adjusted vegetation index (OSAVI)	$OSAVI = (NIR - R) / (NIR + R + Y)$	[8]
Generalized soil adjusted vegetation index (GESAVI)	$GESAVI = (NIR - aR - b) / (R + Z)$	[15]
Atmospherically resistant vegetation index (ARVI)	$ARVI = (NIR - RB) / (NIR + RB), RB = R - \gamma(B - R)$	[16]
Modified normalized difference vegetation index (MNDVI)	$MNDVI = NDVI \times (SWIR_{max} - SWIR) / (SWIR_{max} - SWIR_{min})$	[18]
Enhanced vegetation index (EVI)	$EVI = 2.5 \times ((NIR - R) / (NIR + 6R - 7.5B + 1))$	[17]
Reduced simple ratio (RSR)	$RSR = SR \times (SWIR_{max} - SWIR) / (SWIR_{max} - SWIR_{min})$	[19]
Moisture adjusted vegetation index (MAVI)	$MAVI = (NIR - R) / (NIR + R + SWIR)$	



Note: B , R , NIR , and $SWIR$ are the surface reflectance in the blue, red, near infrared, and shortwave infrared bands, respectively. $SWIR_{min}$ and $SWIR_{max}$ are the minimum and maximum surface reflectance in the $SWIR$ band, respectively. $SWIR_{max}$ and $SWIR_{min}$ are defined as the 1% minimum and maximum of the $SWIR$ band reflectance here. a and b are the slope and intercept of the soil line, respectively. L , X , Y , and Z are soil background and self-correcting factor which depends on aerosol types.
doi:10.1371/journal.pone.0102560.t001

Band Math เอาไว้สกัดข้อมูล
พืชออกมาจากภาพถ่าย

SMOOTHING CURVE

Consideration of smoothing techniques for hyperspectral remote sensing

Chaichoke Vaiphasa

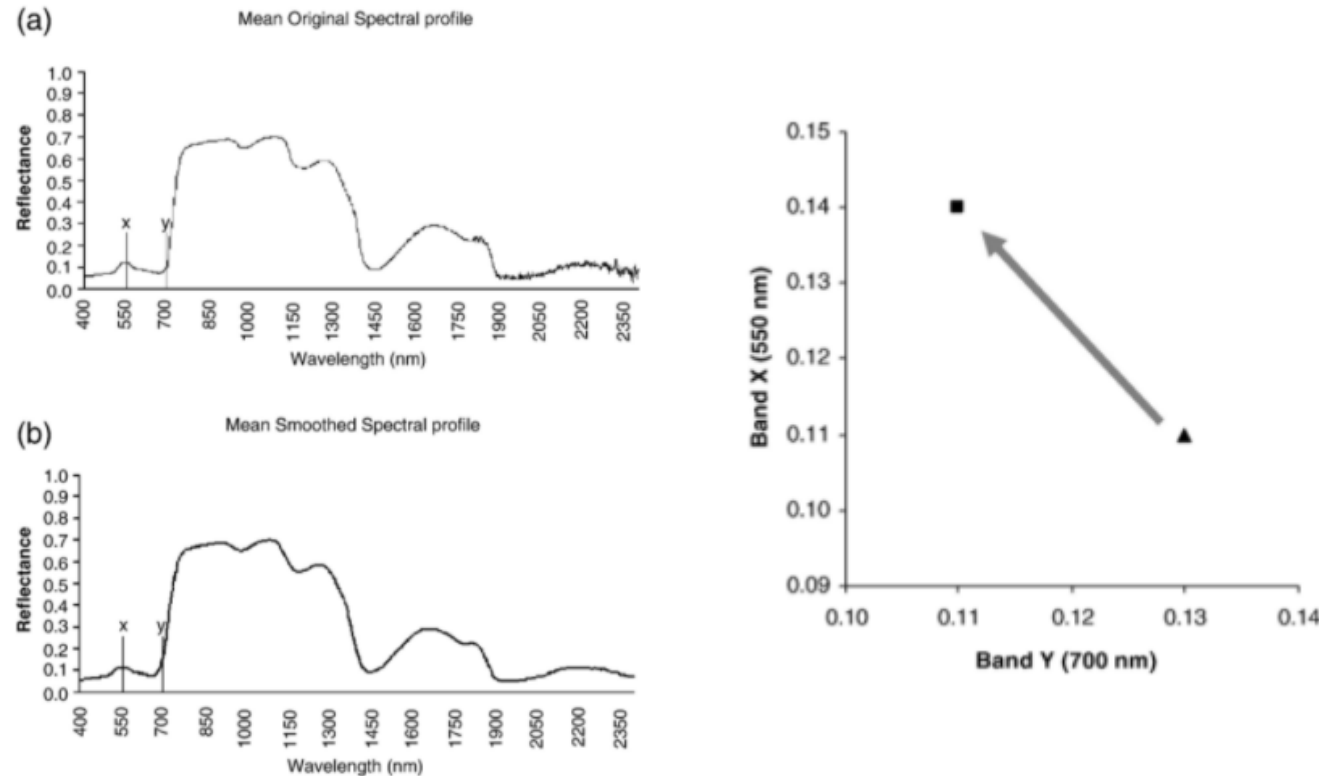
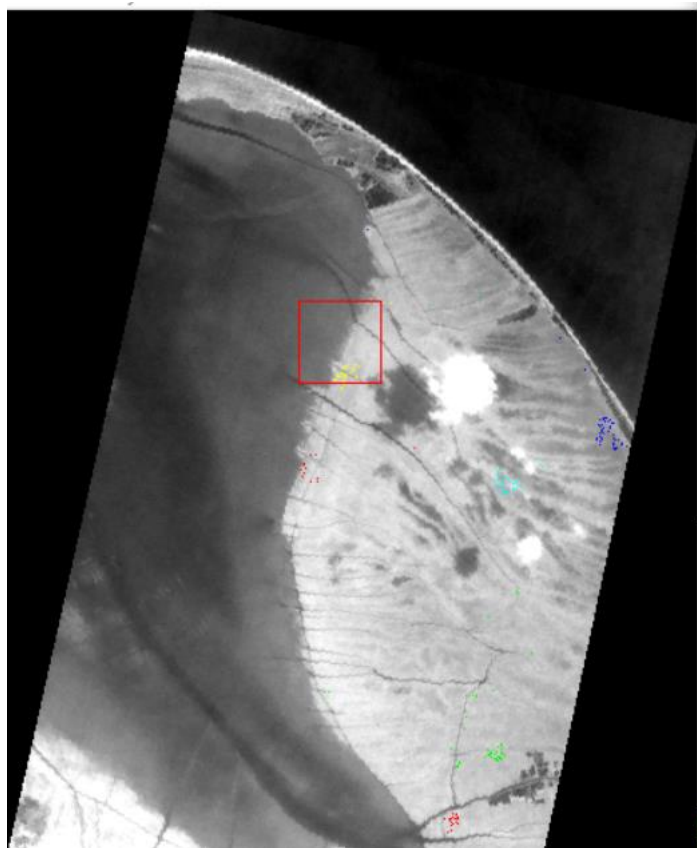


Fig. 1. (a) An average spectral profile of plants before smoothing; (b) an average spectral profile after smoothing; and (c) a scatter plot of the two principal wavelengths (550 and 700 nm) before (triangle) and after (square) smoothing.

The Effect of Smoothing on Spectral Data



Fig. 3. The number of statistically disturbed locations ($N_{p<0.01}$) caused by moving average and Savitzky-Golay filters.



Rhizophora mucronata

Rhizophora apiculata

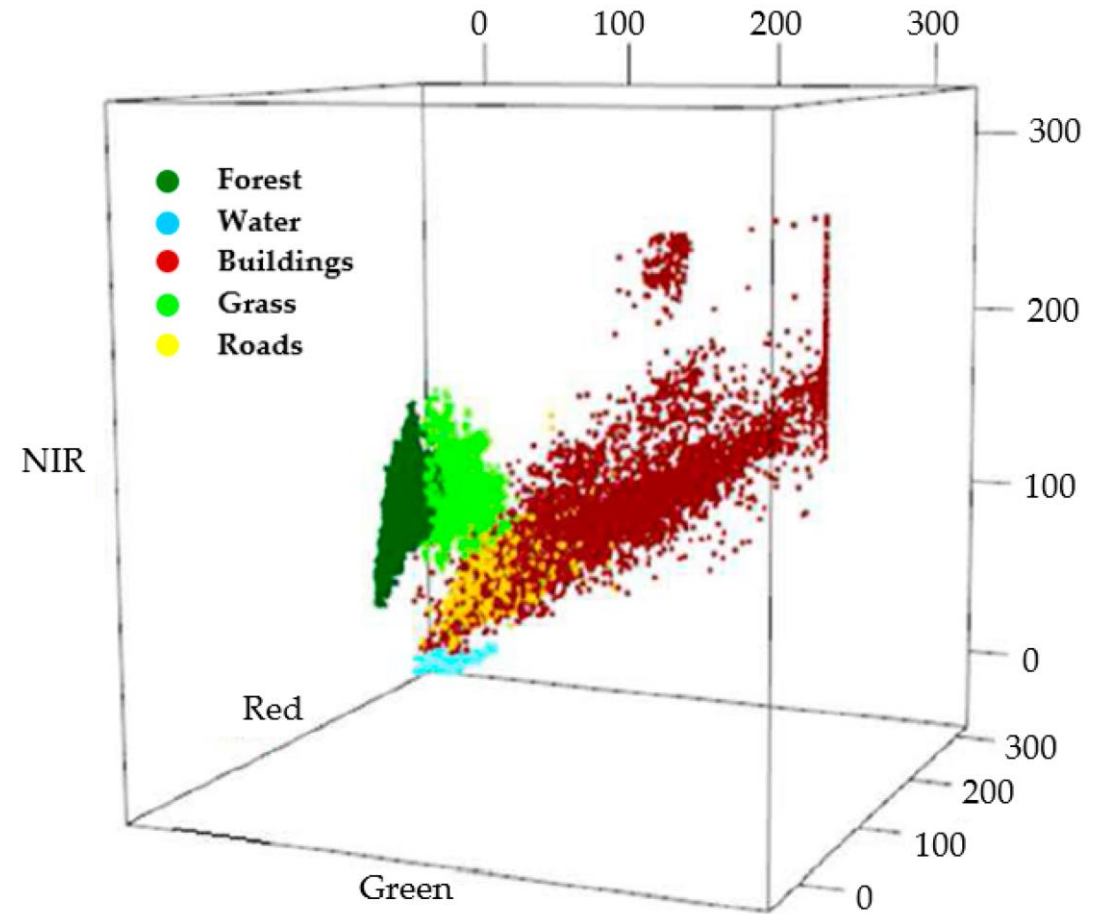
Avicennia marina

Avicennia alba

Bruguiera parviflora

FEATURE SPACE

- สำหรับลายเซ็นการสะท้อนเชิงช่วงคลื่นของวัตถุหนึ่ง เราจะทราบค่าร้อยละการสะท้อนที่ความยาวคลื่นต่างๆ
- เราเลือกช่วงคลื่นที่สนใจ นำค่าร้อยละการสะท้อน ในช่วงคลื่นที่สนใจมาลงจุดลงใน Feature Space
- เราอาจพบการเกาะกลุ่มของวัตถุเดียวกัน ด้วยวิธี เลือกช่วงคลื่น (Feature Selection) อย่างเหมาะสม หรือ เลือกมุมมองที่เหมาะสมผ่าน (Feature Transformation) ที่เหมาะสม จะสามารถแยกกลุ่ม ของวัตถุที่แตกต่างกันได้อย่างชัดเจน
- มีประโยชน์ต่อการเลือกตัวจำแนกที่เหมาะสมต่อไป



REGION OF INTEREST SEPARABILITY

- บ่งบอกว่า ROI กลุ่มต่างๆมีระยะห่างจากกันเพียงใด
- JEFFRIES-MATUSITA ไกลกันจนซ้อน ค่าจะเป็น 0
ไกลกันมาก ค่าจะเป็น 2

```
Input File: Hyperspectral
ROI Name: (Jeffries-Matusita, Transformed Divergence)

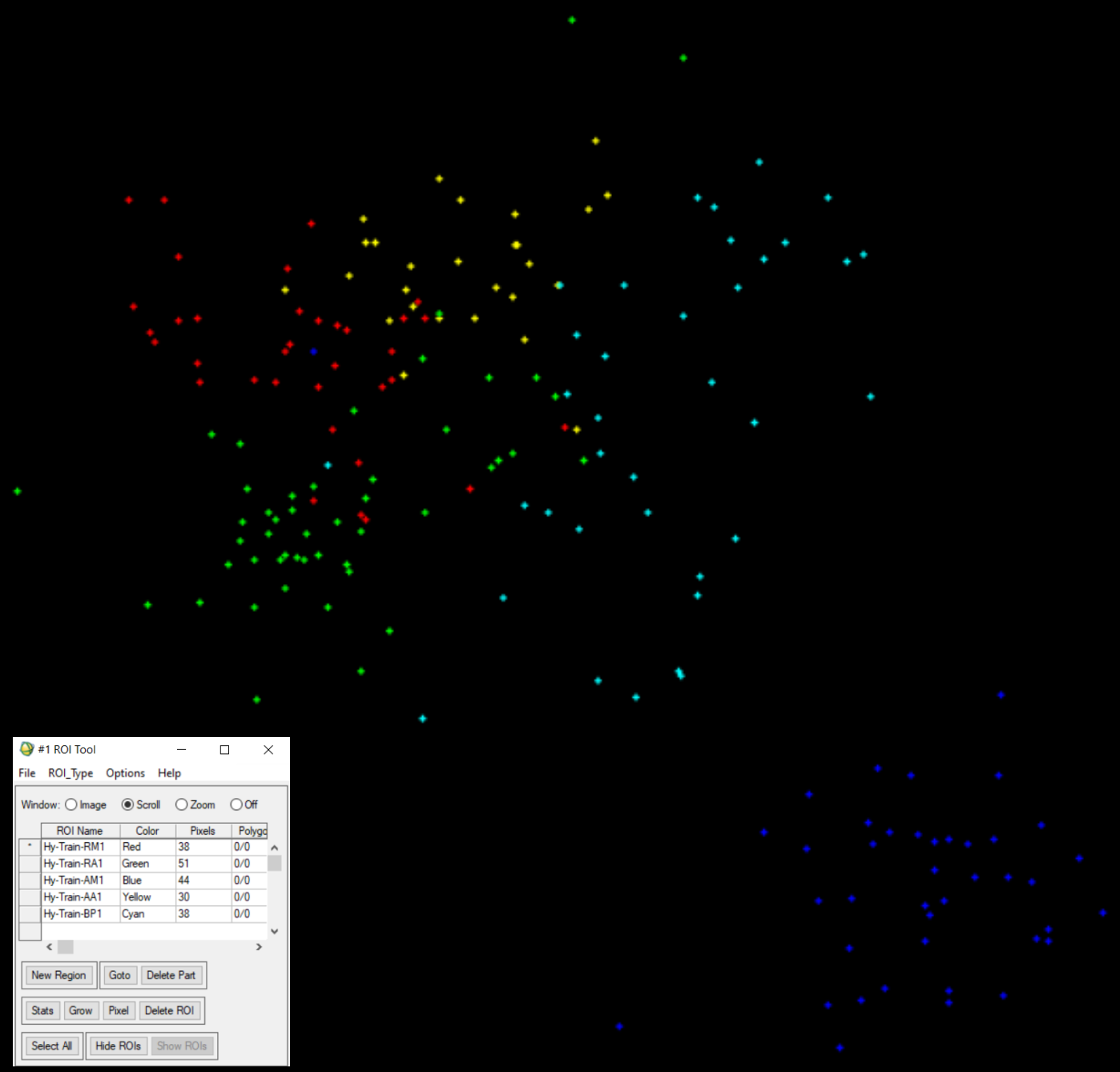
Hy-Train-RM1 [Red] 38 points:
Hy-Train-RA1 [Green] 51 points: (0.83251291 1.06006359)
Hy-Train-AM1 [Blue] 44 points: (1.98628670 1.99150502)
Hy-Train-AA1 [Yellow] 30 points: (1.14031112 1.17327722)
Hy-Train-BP1 [Cyan] 38 points: (1.66280429 1.77319747)

Hy-Train-RA1 [Green] 51 points:
Hy-Train-RM1 [Red] 38 points: (0.83251291 1.06006359)
Hy-Train-AM1 [Blue] 44 points: (1.97811210 1.99818831)
Hy-Train-AA1 [Yellow] 30 points: (1.10430704 1.44978799)
Hy-Train-BP1 [Cyan] 38 points: (1.30530599 1.32291686)

Hy-Train-AM1 [Blue] 44 points:
Hy-Train-RM1 [Red] 38 points: (1.98628670 1.99150502)
Hy-Train-RA1 [Green] 51 points: (1.97811210 1.99818831)
Hy-Train-AA1 [Yellow] 30 points: (1.99705391 1.99998713)
Hy-Train-BP1 [Cyan] 38 points: (1.77792125 1.87820862)

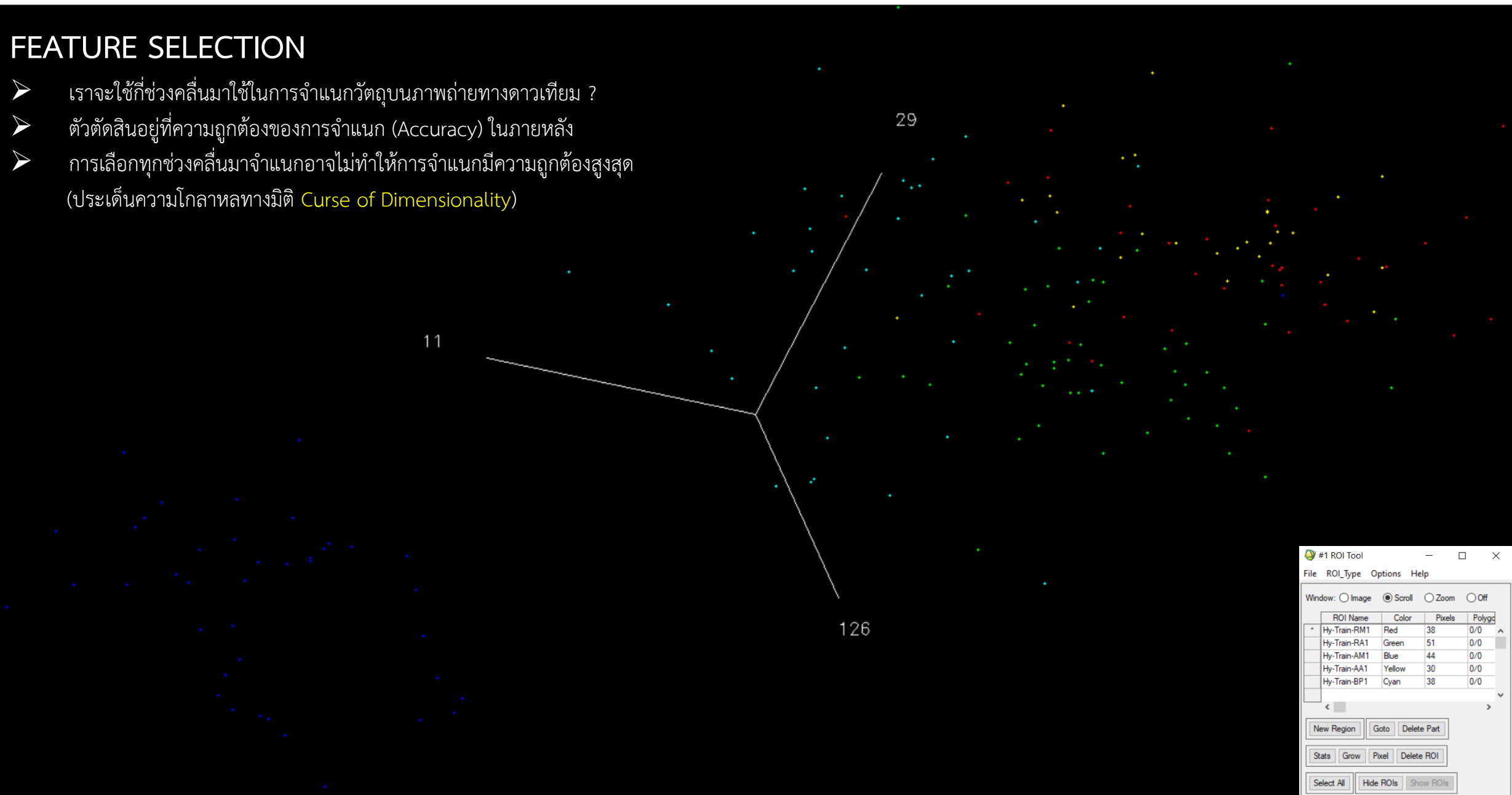
Hy-Train-AA1 [Yellow] 30 points:
Hy-Train-RM1 [Red] 38 points: (1.14031112 1.17327722)
Hy-Train-RA1 [Green] 51 points: (1.10430704 1.44978799)
Hy-Train-AM1 [Blue] 44 points: (1.99705391 1.99998713)
Hy-Train-BP1 [Cyan] 38 points: (1.46107877 1.62965849)

Hy-Train-BP1 [Cyan] 38 points:
Hy-Train-RM1 [Red] 38 points: (1.66280429 1.77319747)
Hy-Train-RA1 [Green] 51 points: (1.30530599 1.32291686)
Hy-Train-AM1 [Blue] 44 points: (1.77792125 1.87820862)
Hy-Train-AA1 [Yellow] 30 points: (1.46107877 1.62965849)
```



FEATURE SELECTION

- เราจะใช้ช่วงคลื่นมาใช้ในการจำแนกวัตถุบนภาพถ่ายทางดาวเทียม ?
- ตัวตัดสินอยู่ที่ความถูกต้องของการจำแนก (Accuracy) ในภายหลัง
- การเลือกทุกช่วงคลื่นมาจำแนกอาจไม่ทำให้การจำแนกมีความถูกต้องสูงสุด (ประเด็นความโกลาหลทางมิติ **Curse of Dimensionality**)



GENETIC SEARCH ALGORITHM

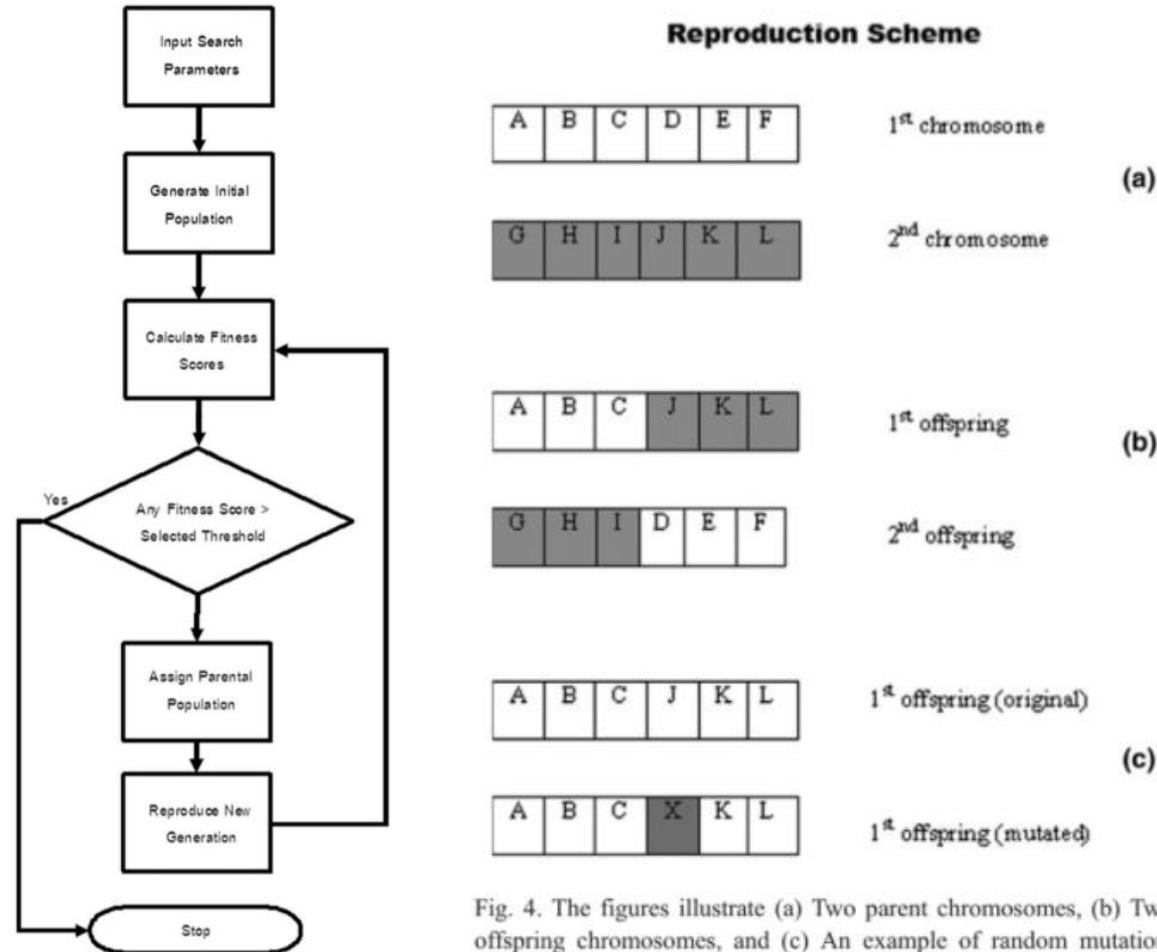
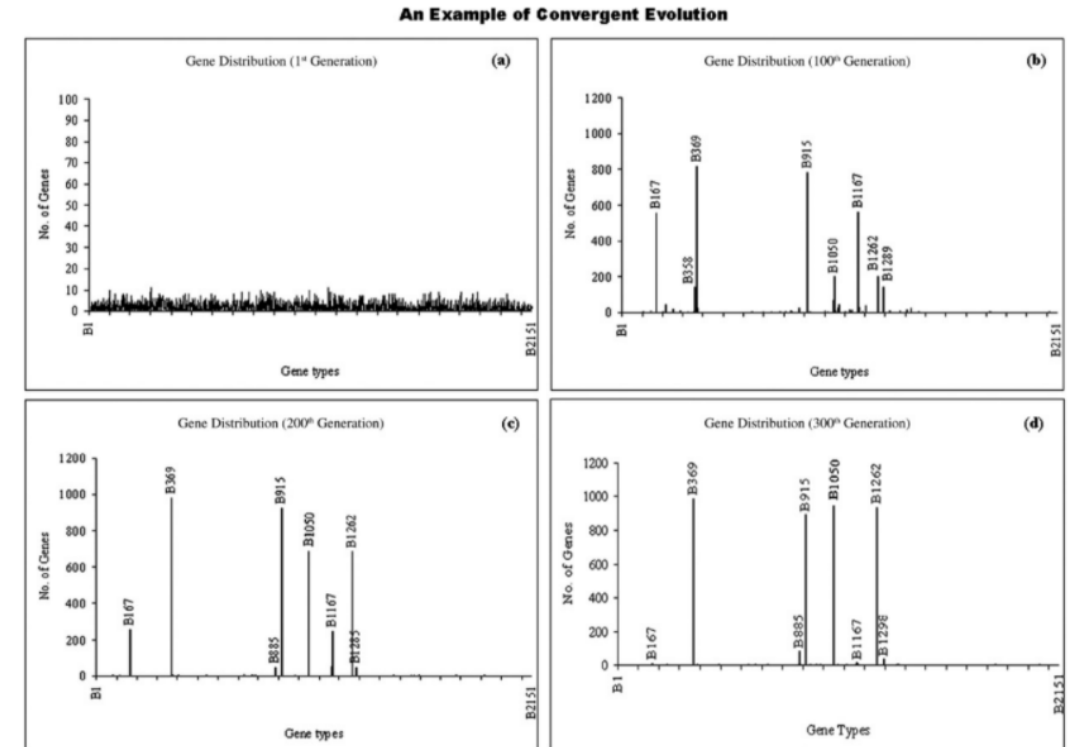
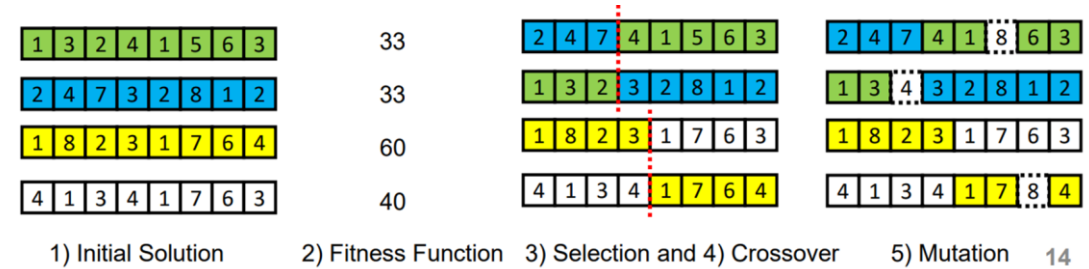
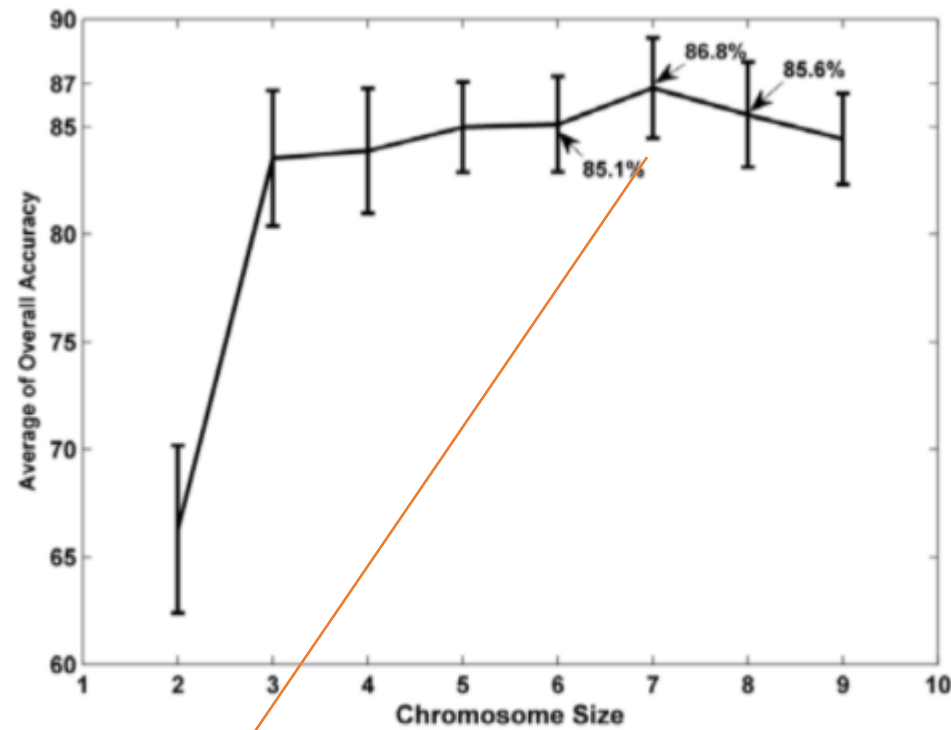
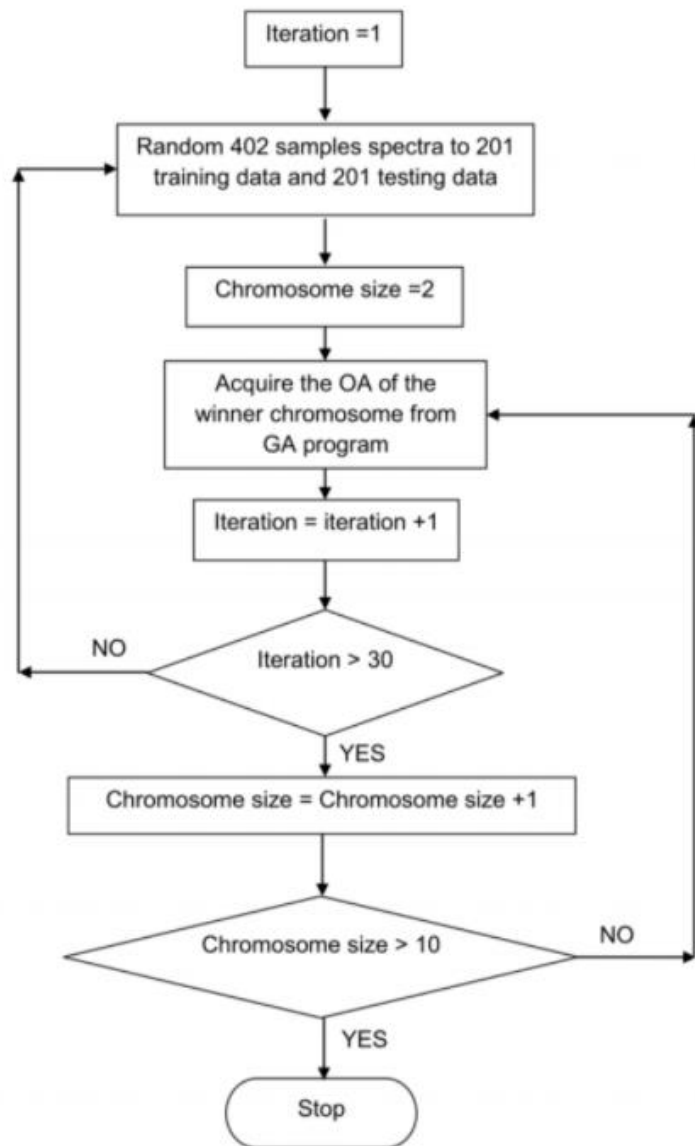


Fig. 4. The figures illustrate (a) Two parent chromosomes, (b) Two offspring chromosomes, and (c) An example of random mutation. Each block alphabet represents a spectral band label.

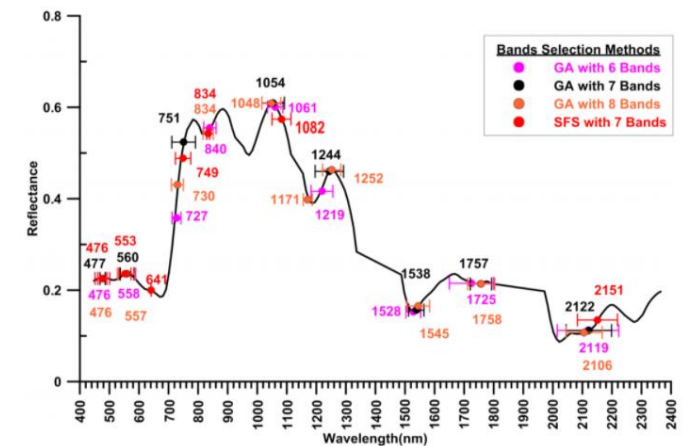
Fig. 3. A flowchart showing the process of the genetic algorithm used in this study.





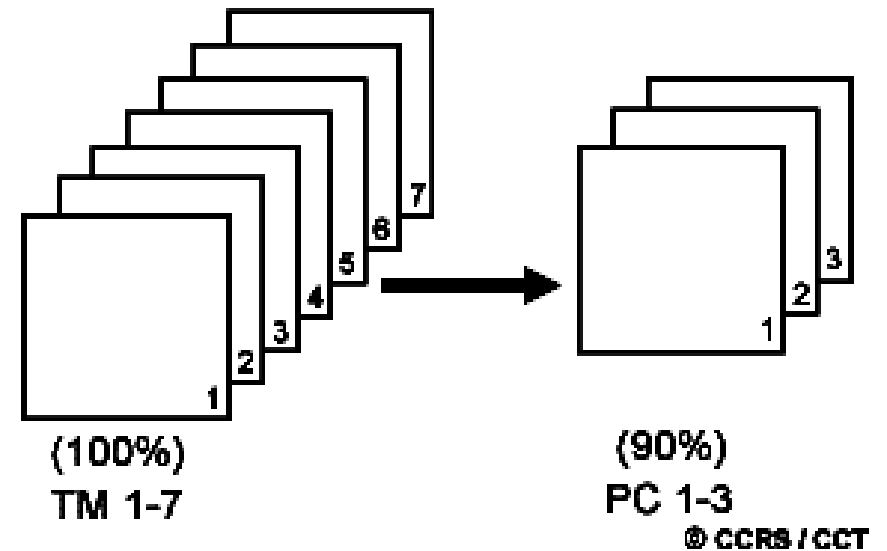
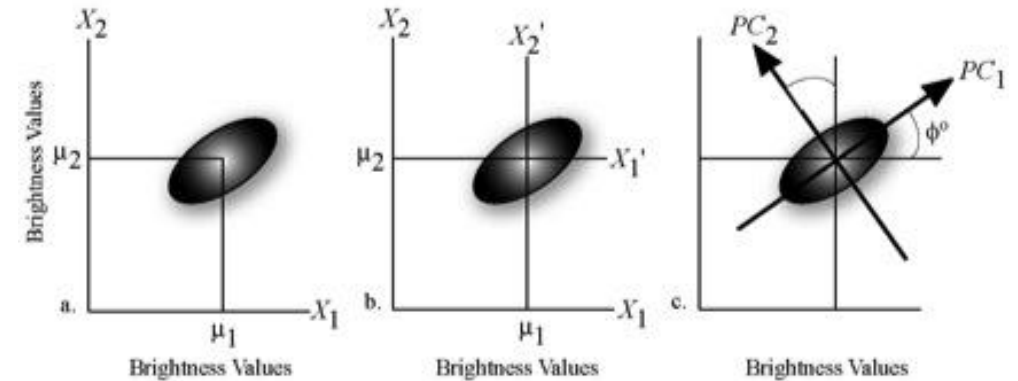
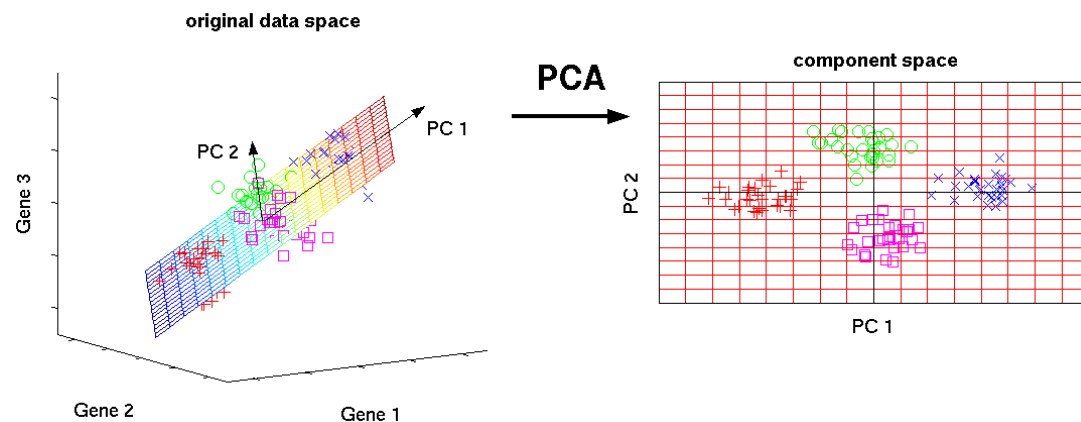
(a)	Bands (nm)							OA-Train	OA-Test	Stop Generation
	1	2	3	4	5	6	7			
1	488	569	732	983	1,034	1,245	1,790	93	91	41
2	478	579	732	773	1,064	1,094	1,679	94	86	41
3	478	579	722	732	1,094	1,558	2,063	93	88	41
4	569	732	742	824	1,023	1,760	2,063	93	85	41
5	468	590	732	824	1,064	1,235	1,336	93	88	41
6	478	569	732	1,034	1,084	1,094	1,518	92	89	57
7	478	579	732	773	1,034	1,094	1,790	92	86	41
8	468	579	742	824	1,064	1,235	1,760	94	86	51
9	549	712	732	1,034	1,235	2,073	2,083	94	92	41
10	478	529	539	732	1,094	1,528	2,093	92	88	41
11	478	579	732	1,034	1,094	1,770	2,093	95	88	41
12	579	732	1,034	1,235	1,518	1,548	2,032	94	89	38
13	468	518	579	732	1,094	1,710	1,790	91	90	40

Figure 5. The principal spectral locations and the standard deviation bars of the 6-channel (blue), 7-channel (black), and 8-channel (green) chromosomes selected by the genetic algorithm against the locations selected by the traditional SFS method (red).



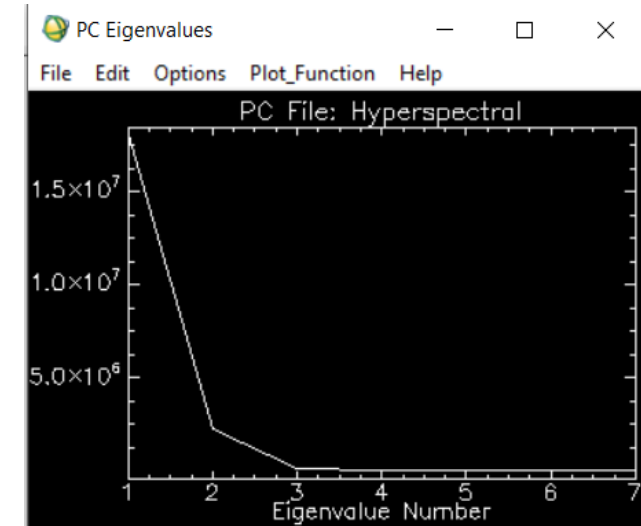
FEATURE TRANSFORMATION

- นำภาพถ่ายทางอากาศในหลายช่วงคลื่นมาทำการ Principal Component Analysis (PCA)
- ได้ภาพที่มีจำนวนแบนด์น้อยกว่าเดิม แต่ละแบนด์มีค่าความสำคัญ (EIGENVALUE) ลดหลั่นกันไป
- จำนวนแบนด์หลังการแปลง **ลดลงน้อยเพียงใด** ขึ้นกับวัตถุประสงค์ในการจำแนก



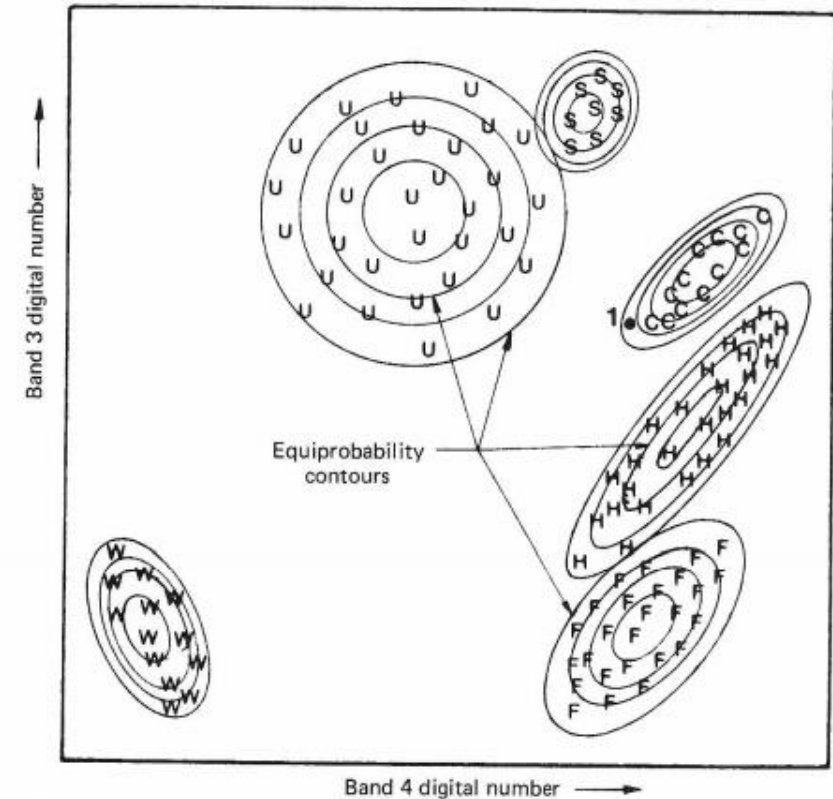
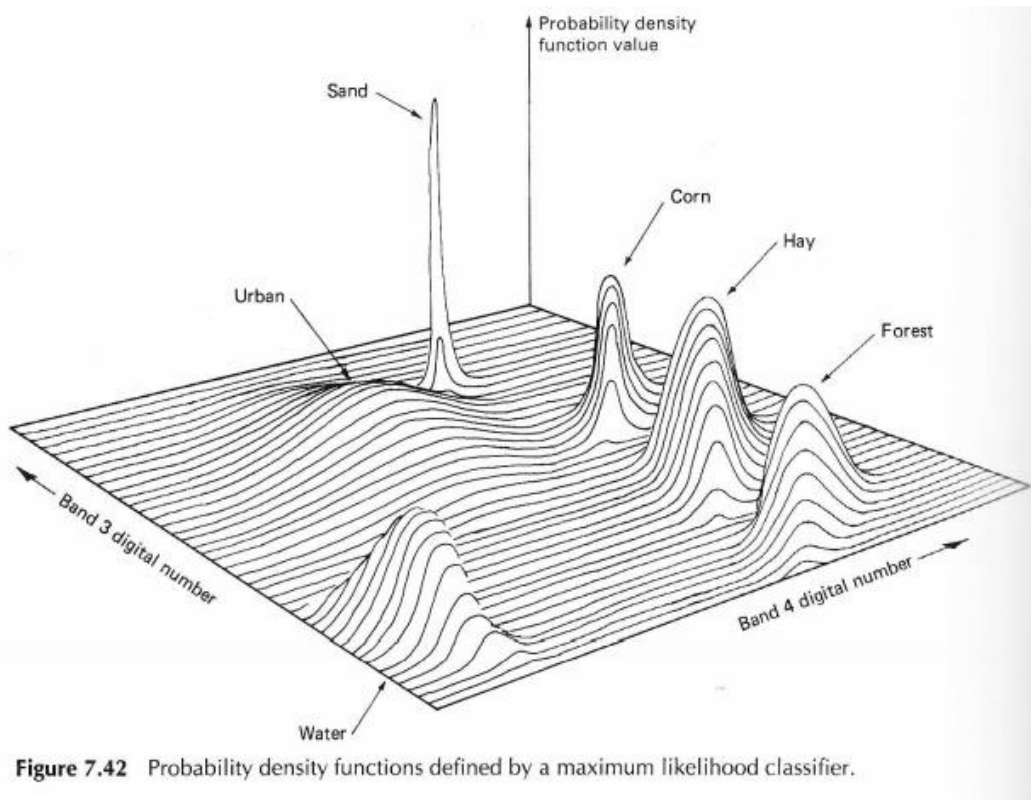
FEATURE TRANSFORMATION EXAMPLE

- เลือกมา 7 ช่วงคลื่น ที่ให้ Accuracy 92% ค้นจากงานวิจัย
- แสดงผลการแปลงมาแค่ 3 ช่วงคลื่น (ใหม่) พอแล้ว
- พิจารณาจาก EIGENVALUE ดังภาพขวา



CLASSIFICATION METHOD : PARAMETRIC CLASSIFIER

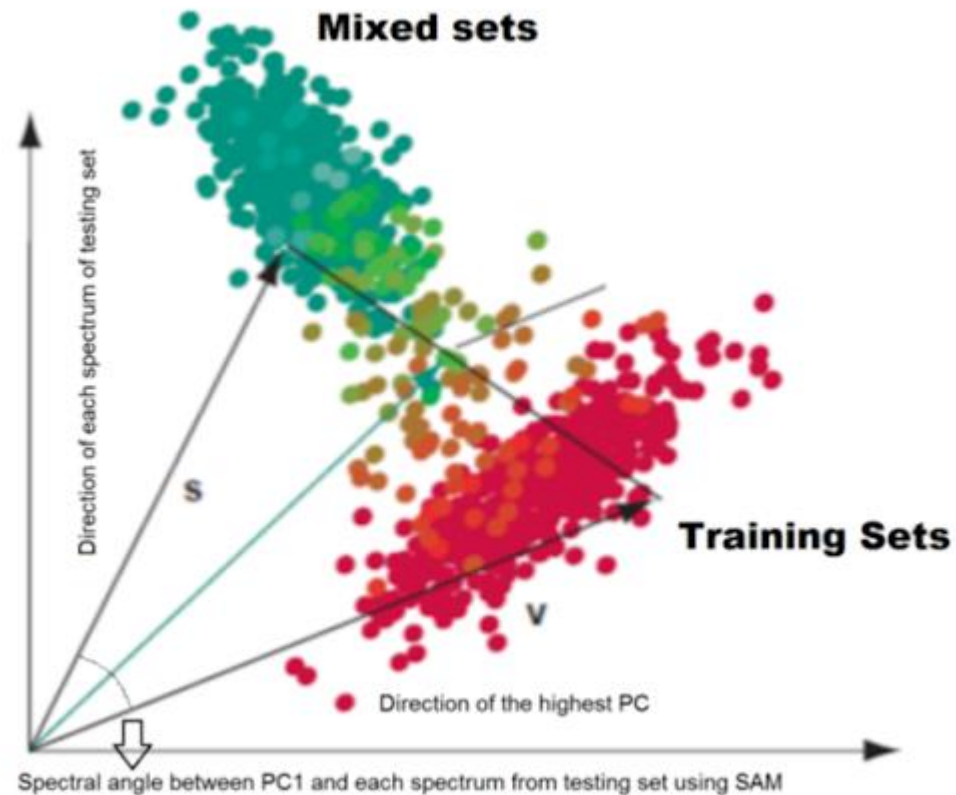
MAXIMUM LIKELIHOOD (ความน่าจะเป็น)



CLASSIFICATION METHOD : NON-PARAMETRIC CLASSIFIER

SPECTRAL ANGLE MAPPER (SAM)

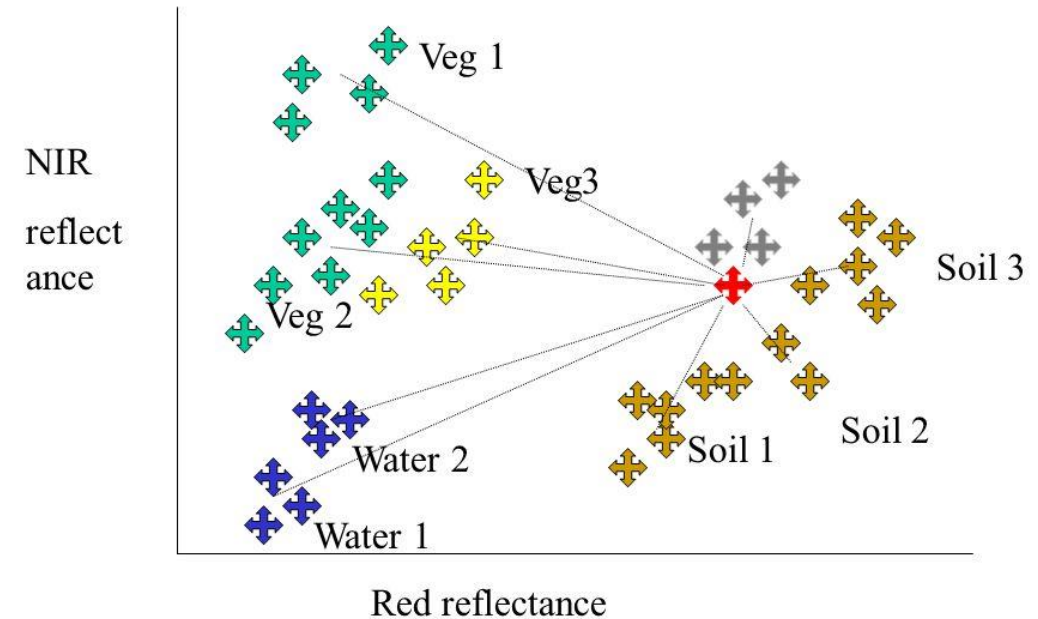
: ตัวจำแนกเชิงมุม



MINIMUM DISTANCE (MINDIST)

: ตัวจำแนกเชิงเส้น

Minimum Distance to Means Classifier



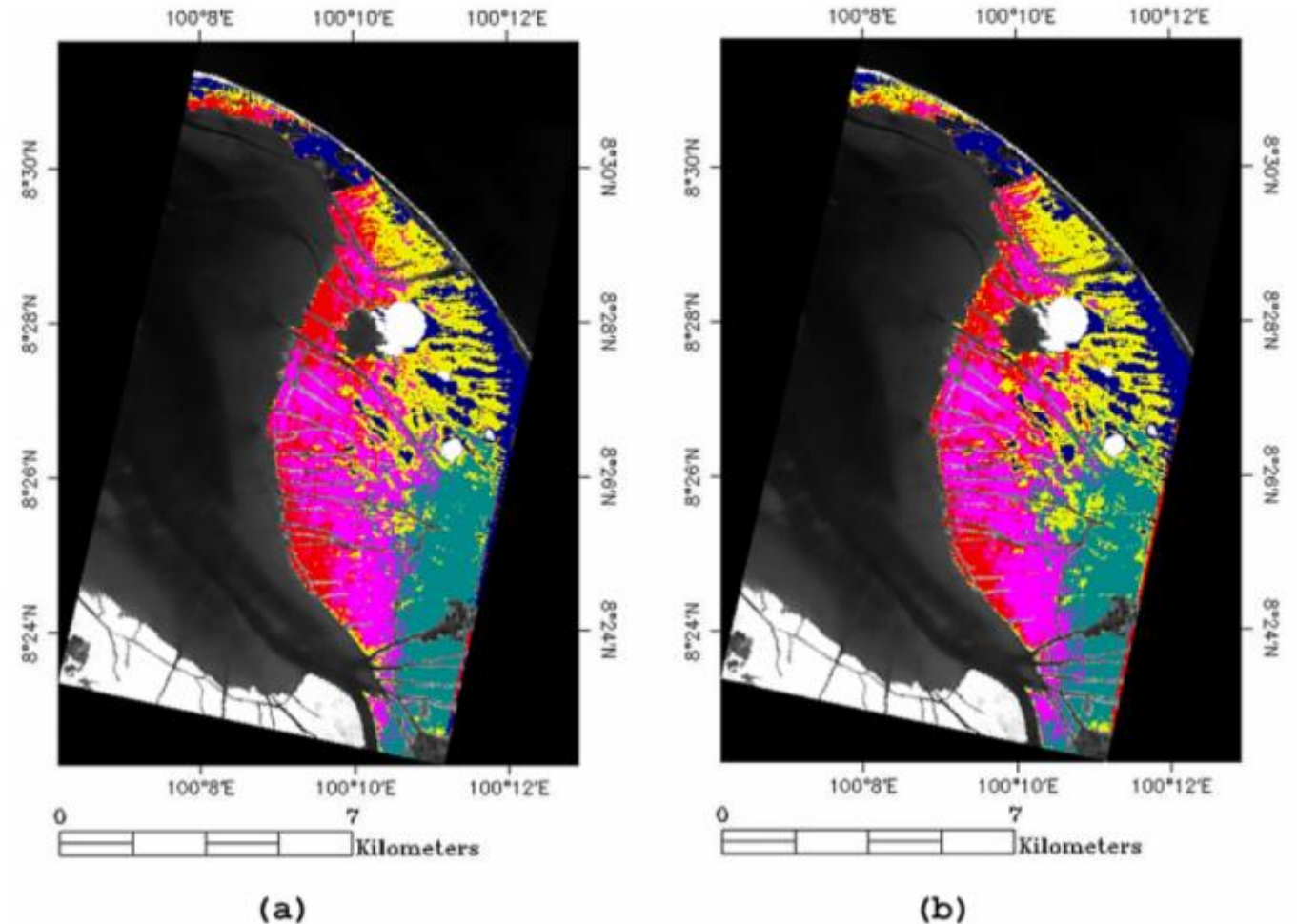
Adapted from Lillesand & Kiefer, 1994

CLASSIFICATION RESULT AND ACCURACY

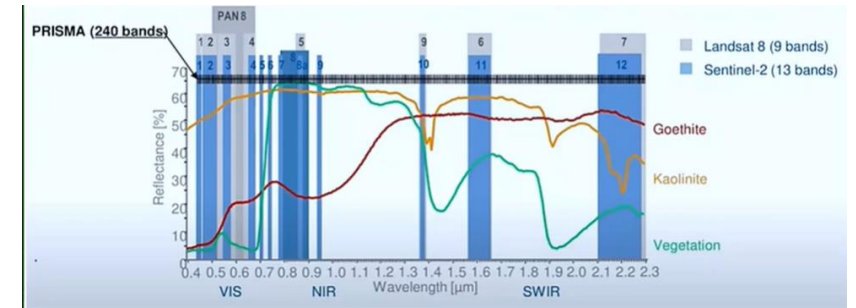
Table 3. (a) The confusion matrix, producer's and user's accuracy of the winning chromosome selected by the genetic search algorithm (Overall Accuracy = 92%), (b) The confusion matrix, producer's and user's accuracy of the band combination selected by the SFS feature selector (Overall Accuracy = 87%), and (c) The confusion matrix, producer's and user's accuracy of the all-spectral-band combination (Overall Accuracy = 86%).

(a)								
Class	RM	RA	AM	AA	BP	Total	Producer's Accuracy	User's Accuracy
RM	34	3	0	1	0	38	89	89
RA	3	43	0	0	1	47	84	91
AM	0	0	43	0	0	43	98	100
AA	1	3	1	29	1	35	97	83
BP	0	2	0	0	36	38	95	95
Total	38	51	44	30	38	201		
(b)								
Class	RM	RA	AM	AA	BP	Total	Producer's Accuracy	User's Accuracy
RM	26	8	0	0	0	34	68	76
RA	8	42	0	1	1	52	82	80
AM	0	0	44	0	1	45	100	97
AA	4	0	0	27	0	31	90	87
BP	0	1	0	2	36	39	94	92
Total	38	51	44	30	38	201		

Figure 6. (a) The classified image of the winning chromosome selected by the genetic search algorithm (Overall Accuracy = 92%) and (b) the classified image of the 7 spectral-band combination selected by the SFS feature selector (Overall Accuracy = 87%).



PRISMA HYPERSPECTRAL



PRISMA sensor summary

Remote sensing
distanced measurement
Light and sensor

Electromagnetic spectrum
Visible - Near Infrared
Others

Electromagnetic radiation
Emitted
Reflected
Absorbed

Spatial Resolution - Size of the field of view

High spatial resolution = smaller pixel size = higher in detail

Low spatial resolution = larger pixel size = lower in detail

Pixel Size (Resolution)

Hyperspectral: 30 x 30 μm

Panchromatic PAN: 6.5 x 6.5 μm

Spectral Resolution

Hyperspectral

VNIR: 400 – 1010 nm (66 bands)

SWIR: 920 – 2500 nm (173 bands)

Spectral resolution = 240 Bands less than 10 nm

Panchromatic PAN: 400 – 700 nm

Radiometric Resolution

The sensitivity of detectors to small differences in electromagnetic energy
Determined by the number of discrete levels into which signal may be divided

12 bits = 4,096 (0 – 4,095)

Temporal Resolution

29 days