หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการวิจัย

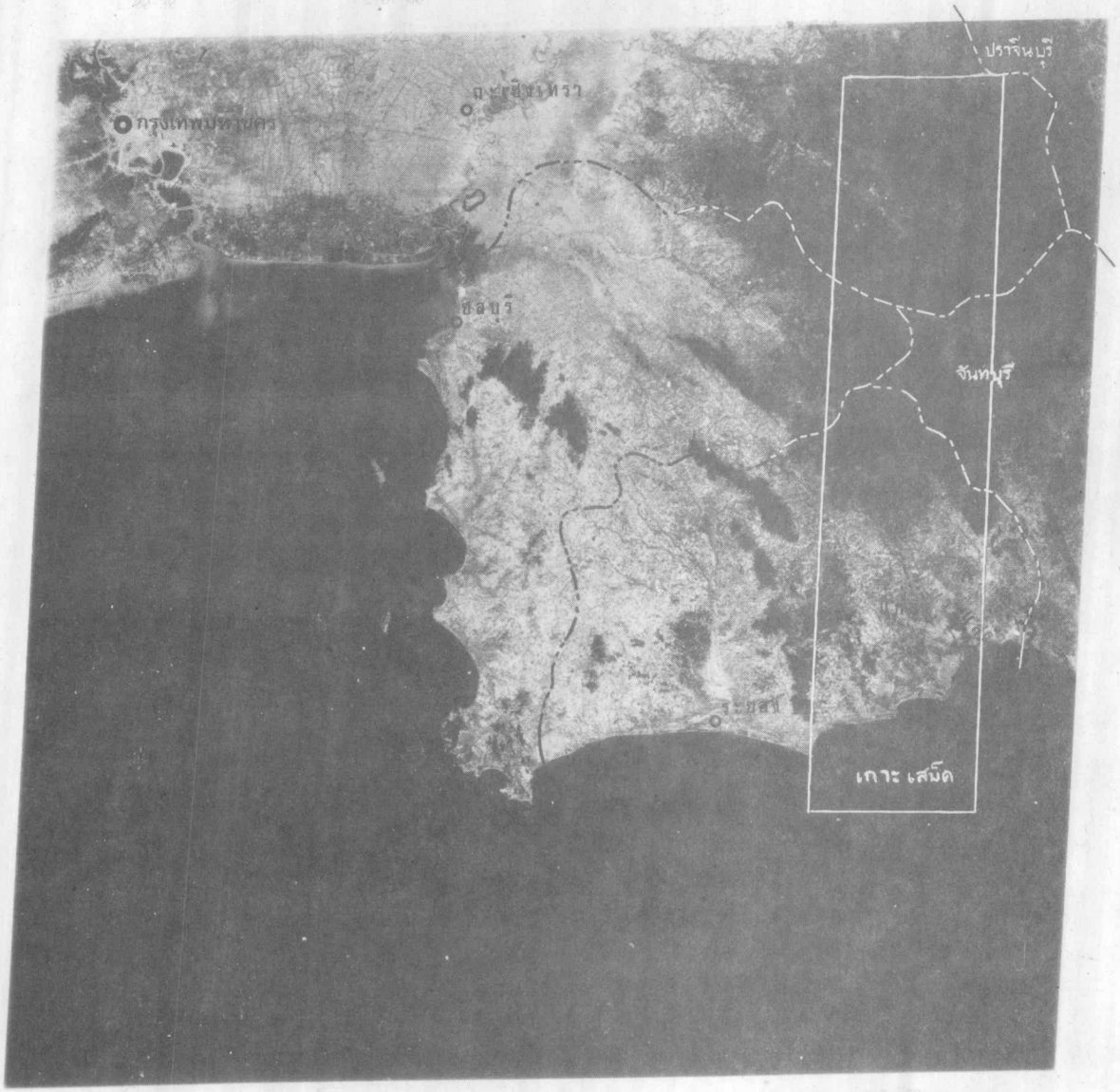
ในบทที่แล้วได้กล่าวถึง ทฤษฎีของการจำแนกภาพโดย วิธี Maximum Likelihood พร้อมทั้งวิธีการประมาณค่าสถิติที่เกี่ยวข้องไปแล้ว ในบทนี้จะได้กล่าวถึงการนำเอาวิธีการจำแนกภาพ แบบ Maximum Likelihood นี้ มาใช้ในทางปฏิบัติ พร้อมทั้งผลที่ได้จากการจำแนกภาพ ดังมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

การเลือก Bench Mark

ในการเปรียบเทียบเนื้อที่ป่าไม้ระหว่างปี พ.ศ. 2516 และปี พ.ศ. 2519 ทำให้เราทราบถึงการเปลี่ยนแปลงเนื้อที่ป่าไม้ในช่วงเวลาดังกล่าวได้ โดยเลือกพื้นที่ตัวอย่างหนึ่งทางภาคตะวันออกของประเทศไทย ซึ่งประกอบด้วยพื้นที่บางส่วนของ 4 จังหวัด คือ จังหวัดชลบุรี จันทบุรี ระยอง และฉะเชิงเทรา (ดูรูปที่ 13) ซึ่งตรงกับเทปข้อมูลดาวเทียมหมายเลข NASA ID E-1167-03076 (หรือ THAILAND ID 730106-4-7) และ NASA ID E-2361-02525 (หรือ THAILAND ID 760118-4-7) ตามลำดับ

แต่ข้อมูลดาวเทียมต่างปีกันนี้ จะให้ข้อมูลที่คลุมพื้นที่เหลื่อมกันเล็กน้อย ดังนั้นเพื่อให้ภาพ gray map และภาพการจำแนกข้อมูลเป็นภาพบริเวณเดียวกันทั้งสองปี จึงจำเป็นต้องหาจุดพิกัดที่จะให้พื้นที่ซึ่งซ้อนกันพอดี (bench mark) เราสามารถทำได้โดยการนำภาพถ่ายจากดาวเทียมของทั้งสองปีที่ต้องการศึกษามาพิจารณาดูว่า มีจุดหรือบริเวณใดที่จะนำมาเป็น bench mark ได้ ดูตามรูปที่ 13 และ 14 จะเห็นว่าบริเวณตอนใต้มีเกาะเสม็ด เหนือเกาะขึ้นมามีส่วนเว้าโค้งของชายหาด และทางด้านซ้ายของเกาะเป็นปลายแหลมของแผ่นดิน ตำแหน่งเหล่านี้เป็นลักษณะเด่น ที่ได้นำมาใช้เป็น bench mark

ในการวิเคราะห์จะต้องทำภาพเหล่านี้ออกมาในลักษณะ gray map ซึ่งการกำหนด level set อาจทำได้โดยอาศัย Histogram/Densitometry Plot ของข้อมูลในบริเวณ



รูปที่ 13 ภาพถ่ายจากดาวเทียม ขาว-ดำ แบนด์ 5 แสดงบริเวณที่ใช้ศึกษา
ถ่ายภาพเมื่อวันที่ 6 มกราคม 2516

รูปที่ 14 ภาพถ่ายจากดาวเทียม ขาว-ดำ แบนด์ 5 แสดงบริเวณที่ใช้ศึกษา

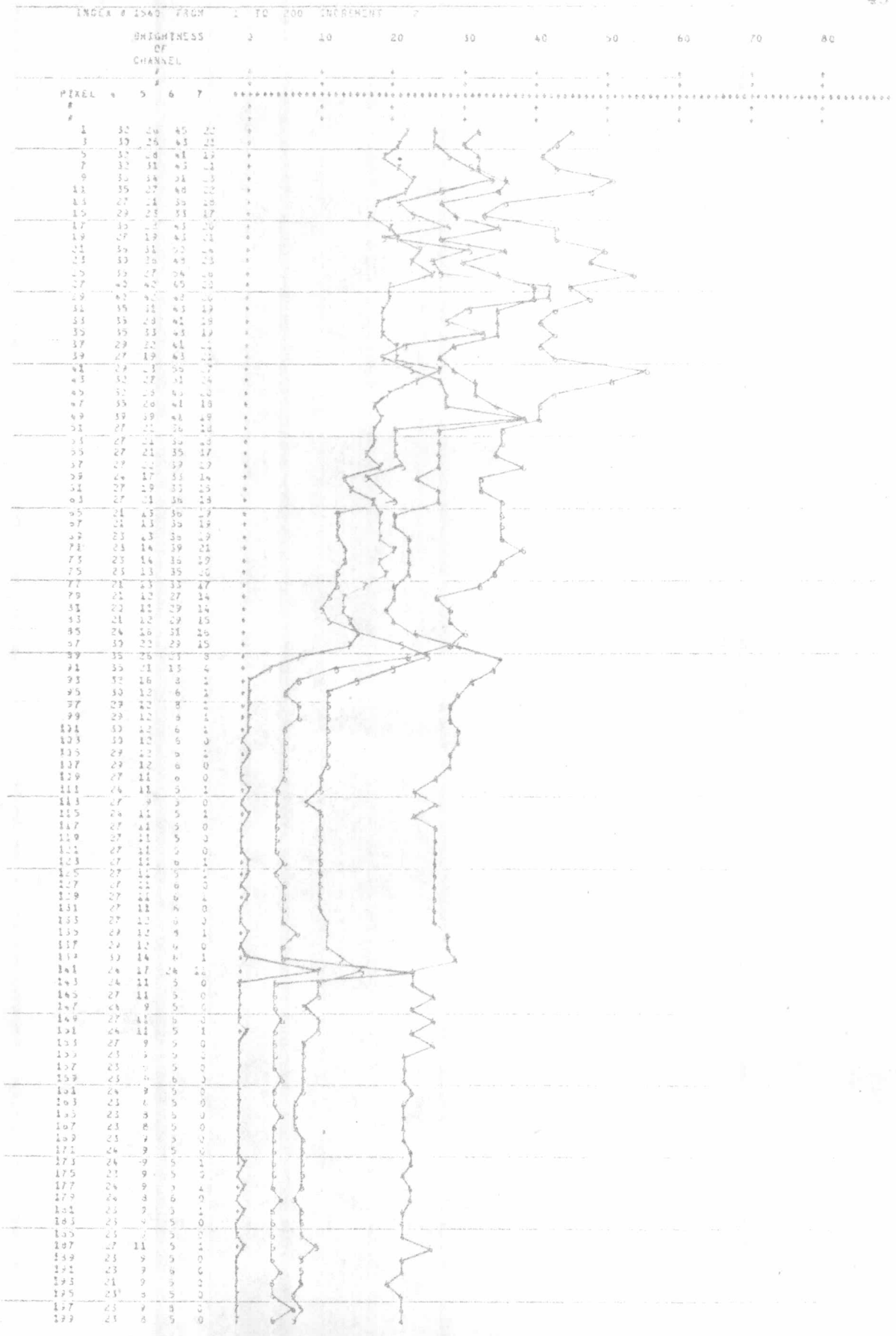
ถ่ายภาพเมื่อวันที่ 18 มกราคม 2519

ที่ต้องการ Densitometry Plot นั้นจะ plot ค่าความเข้มแสงของแต่ละแบนด์ออกมาตามค่าจริง ตามแนวจุดหรือบรรทัดหนึ่งที่ต้องการ ดังรูปที่ 15 ซึ่งเป็นรูปของ Densitometry Plot ของข้อมูลปี พ.ศ. 2516 ในแนวบรรทัดที่ 1540 หรืออาจให้โปรแกรมเป็นผู้กำหนด level ให้ (Automatic Level Setting) ซึ่งเป็นวิธีที่เลือกใช้ทำ gray map ในวิทยานิพนธ์นี้

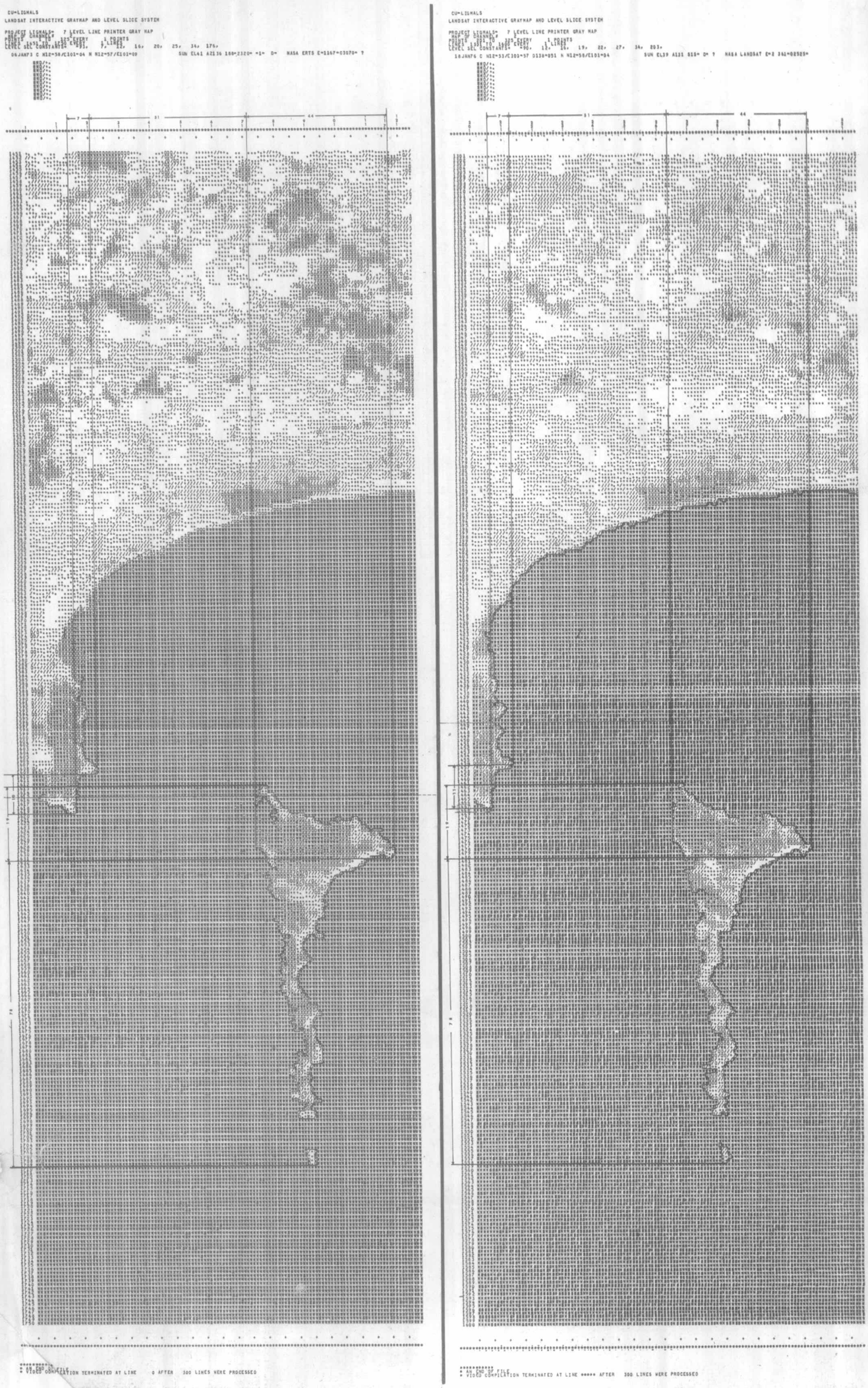
ดังนั้นจึงทำ gray map จากแบนด์ 5 ของบริเวณนี้ออกมาทั้งสองปี เพื่อใช้หาจุดพิกัดที่ตรงกัน และเพื่อให้ได้ภาพ gray map ใกล้เคียงกับบริเวณที่ต้องการเราจึงทำการประมาณจากภาพถ่ายจากดาวเทียม ดูว่าพื้นที่ทั้งสองนี้จะตรงกับบรรทัด (line) และจุด (pixel) ที่เท่าไรในแต่ละปี ผลปรากฏว่า ปี พ.ศ. 2516 เริ่มต้นบรรทัดที่ 1451 จุดที่ 1 และมีความยาว 300 บรรทัด กว้าง 125 จุด ส่วนปี พ.ศ. 2519 เริ่มต้นบรรทัดที่ 1301 จุดที่ 201 ในขนาดความกว้างยาวที่เท่ากัน จาก gray map ที่ได้นำมาลากเส้นตรงตามแนวยาวและตามแนวขวาง โดยลากจากจุดที่เลือกไว้แล้วซึ่งเป็นตำแหน่งของความกว้างความยาวและส่วนเว้าโค้ง ของปลายแหลม และของเกาะ เพื่อให้ทราบแน่ว่าตรงกับจุดและบรรทัดที่เท่าใด จากการพิจารณาพบว่าทางด้านจุด เส้นตรงที่ลากขึ้นมาแต่ละเส้นมีระยะห่างเป็นจำนวนจุดที่เท่า ๆ กันทั้งสองปี ส่วนทางด้านบรรทัดนั้น เส้นที่ลากมาจากส่วนต่าง ๆ ของเกาะมีระยะห่างเท่ากันทั้งสองปีแต่ปลายแหลมของเกาะจะต่างกันอยู่หนึ่งจุด ซึ่งพอจะอนุโลมให้ตรงกันได้ ถ้ายึดแนวเกาะเป็นสำคัญ (ดูรูปที่ 16 ประกอบ) ได้จุดพิกัดที่นำมาเป็น bench mark ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1 กล่าวคือหาก gray map ในปี พ.ศ. 2516 เริ่มบรรทัดที่ 152 จุดที่ 1 แล้ว ในปี พ.ศ. 2519 จะเริ่มต้นบรรทัดที่ 1 จุดที่ 193 ในจำนวนบรรทัดและจุดที่เท่า ๆ กันทั้งสองปี

จุดพิกัด / ปี พ.ศ.	บรรทัด	จุด
2516	152	1
2519	1	193

ตารางที่ 1 จุดพิกัด พ.ศ. 2516 และ พ.ศ. 2519 ที่ให้รูปซ้อนกันพอดี



รูปที่ 15 Densitometry Plot บรรทัดที่ 1540 ของข้อมูลปี พ.ศ. 2516



รูปที่ 16 Gray Map แบนด์ 5 บริเวณที่ใช้เป็น Bench Mark

ปี พ.ศ. 2516 และปี พ.ศ. 2519

เมื่อได้ค่าจุดพิกัดดังกล่าวแล้ว จึงทำ gray map แบนด์ 5 และแบนด์ 7 ซึ่งเลือกขึ้นมาในการศึกษาและวิเคราะห์ ของทั้งสองปีอีกครั้งหนึ่ง แต่เป็น gray map ของพื้นที่ทั้งหมดที่ต้องการศึกษา และจะเป็นบริเวณเดียวกันทั้งสองปี โดยทำทุกบรรทัดเว้นบรรทัดและทุกจุดเว้นจุด ดังแสดงในรูปที่ 17, 18, 19 และ 20 gray map ที่ได้นี้จะนำมาช่วยในการวิเคราะห์และจำแนกภาพต่อไป

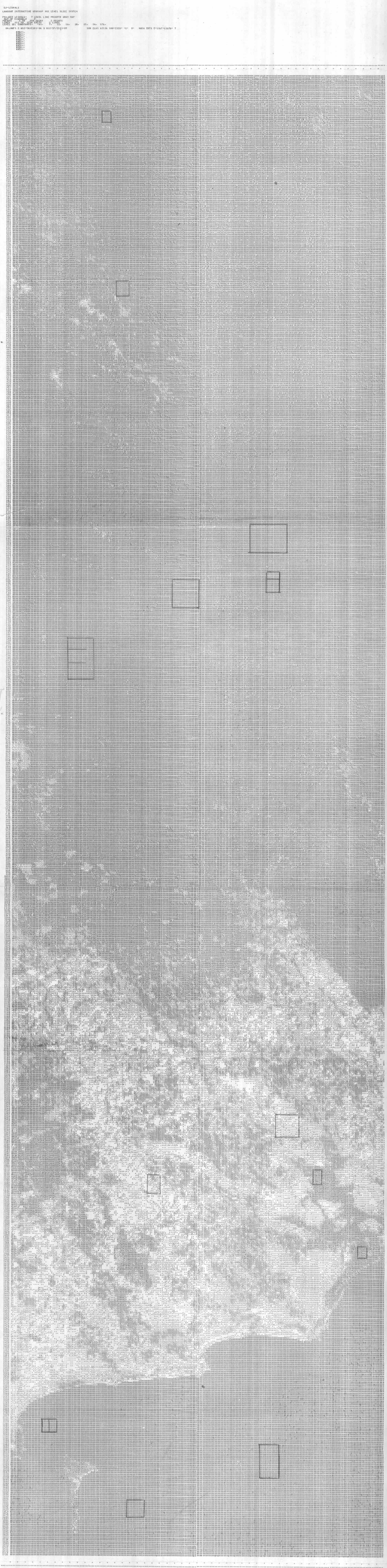
การเลือกประเภทข้อมูล (Training Class)

ดังได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 2 ถึงลักษณะป่าไม้ทางภาคตะวันออกและประเภทข้อมูลที่จะใช้ในการจำแนกภาพ ซึ่งมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2

ชื่อภาษาไทย	ชื่อภาษาอังกฤษ	อักษรย่อที่ใช้ในโปรแกรม	สัญญลักษณ์ที่ใช้ในโปรแกรม
ป่าทึบ	Dense Forest	D-FRS	D
ป่าชายเลน	Mangrove	MGROV	/
ทะเล	Sea or Water	WATER	W
อื่น ๆ	Other	OTHER	blank
ป่าทำลาย	Cut Forest	C-FRS	.

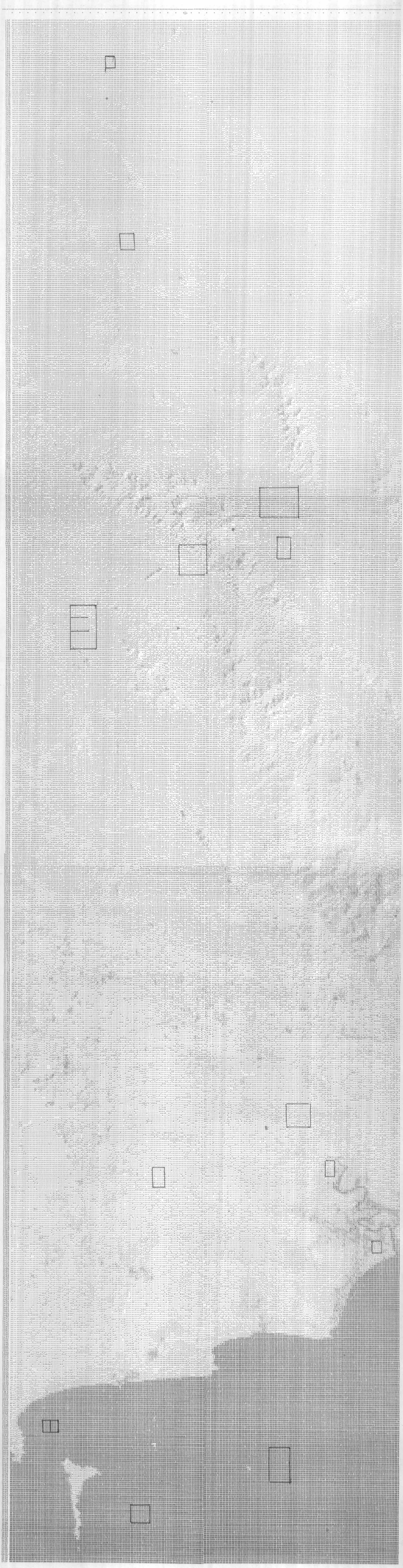
ตารางที่ 2 ประเภทข้อมูลที่ใช้จำแนกภาพ และสัญญลักษณ์ที่ใช้ในโปรแกรม

การเลือก training class ของข้อมูลเหล่านี้ทำได้โดยการนำเอา gray map ของแบนด์ 5 และแบนด์ 7 ที่ได้มาพิจารณาประกอบกับแผนที่ภาพถ่ายดาวเทียมหรือภาพถ่ายดาวเทียมสีผสมเป็นต้น เพื่อหาพื้นที่ของประเภทข้อมูลที่ต้องการจำแนก แล้วเขียนกรอบสี่เหลี่ยมผืนผ้าเล็ก ๆ (training area) ลงในพื้นที่แต่ละประเภทให้ตรงกันทั้งสองแบนด์ในแต่ละปี โดยที่ข้อมูลที่อยู่ภายในกรอบสี่เหลี่ยมผืนผ้านี้จะเป็นตัวแทนของข้อมูลประเภทต่าง ๆ ที่ต้องการนั่นเอง ตามรูปที่ 17-20 อันเป็นภาพ gray map แบนด์ 5 และแบนด์ 7 ของปี พ.ศ.



รูปที่ 17 Gray Map แบนด์ 5 บริเวณที่ใช้ศึกษาทั้งหมด ปี พ.ศ. 2516

```
GU-LIGHALS
LANDSAT INTERACTIVE GRAYMAP AND LEVEL SLICE SYSTEM

PROJECT LIGHALS-   7 LEVEL LINE PRINTER GRAY MAP
MAP OF CHANNEL 8
POINTS   1,15   250 EVERY    2 POINTS
LINES   15, 10   230 EVERY    2 LINES
LEVEL SEL CONSTANTS-  100.    1.    6.   10.   14.   19.   28.  135.
 06JAN73 C N12-58/E101-04 X N12-57/E101-09            SUN EL41 AZ136 188-2520- -1-  0-   NASA ERTS E-1167-03070- 7
```



```
** EN END OF FILE
* VIDEO COMPILATION TERMINATED AT LINE ***** AFTER   785 LINES WERE PROCESSED
```

รูปที่ 18 Gray Map แบนด์ 7 บริเวณที่ใช้ศึกษาทั้งหมด ปี พ.ศ. 2516

```
CU-LIGHALS
LANDSAT INTERACTIVE GRAYMAP AND LEVEL SLICE SYSTEM

PROJECT LIGHALS-   7 LEVEL LINE PRINTER GRAY MAP
  NO. OF CHANNELS=    1
POINTS   1 TO   442 EVERY    2 POINTS
LINES    1 TO   570 EVERY    2 LINES
LEVEL SEL CONSTANTS=  -90.   12.   16.   19.   22.   27.   34.  203.
 18JAN76 C W12-53/E100-57 D138-051 N W12-58/E101-04          SUN EL39 AZ51 S15- D- 7   NASA LANDSAT E-2 361-02525-
```

LANDSAT INTERACTIVE GRAYMAP AND LEVEL SLICE SYSTEM

PROJECT LISMAL5- 7 LEVEL LINE PRINTER GRAY MAP
PLOT CONTOUR 442 CHARS/IN 2 POINTS
LEVEL INTV 170 CHART 4 LINES 9. 13. 17. 21. 169.
LEVEL SEL CONSTANT= 100. 5. 1. 0.

18-JAN-76 C 812-51/E100-57 3130-051 N 812-58/E101-04 SUN EL39 4131 515- 0- 7 NASA LANDSAT E-2 341-02525-

2516 และปี พ.ศ. 2519 ได้ลง training area ของข้อมูลแต่ละประเภทไว้ ซึ่งมีทำเลที่ตั้งโดยสังเขปดังนี้

training area ของ	ป่าทึบ	บริเวณที่ราบสูงในจังหวัดชลบุรี
" "	ป่าทำลาย	บริเวณตอนบนในจังหวัดฉะเชิงเทรา
" "	ป่าชายเลน	บริเวณตอนล่างของจังหวัดระยองใกล้ปากแม่น้ำประแสร์
" "	ทะเล	บริเวณตอนล่างของปลายแหลมหญ้าใกล้เกาะเสม็ด
" "	อื่น ๆ	บริเวณที่ราบเพาะปลูกในจังหวัดระยอง

ในการกำหนดคุณลักษณะของแต่ละ training class ว่าแตกต่างกันอย่างไรนั้น จะแสดงได้ด้วยค่าสถิติที่ประมาณได้จาก training area อันเป็นตัวแทนของ training class นั่นเอง ค่าประมาณ (estimated value) เชิงสถิติที่สำคัญ ๆ ประกอบด้วยค่าดังนี้คือ

mean vector

covariance matrix

inverse matrix และ determinant ของ covariance matrix

ค่าสถิติดังกล่าวของประเภทข้อมูลทั้ง 5 ที่คำนวณได้จากเทปข้อมูลของปี พ.ศ. 2516 และปี พ.ศ. 2519 ได้แสดงไว้ในรูปที่ 21 และ 22 ตามลำดับ และเพื่อเป็นการตรวจสอบความเชื่อถือได้ของค่าสถิติเหล่านี้ก่อนนำไปจำแนกข้อมูล จึงได้ทำ Histogram Plot ของทุก ๆ training class ออกมา (รูปที่ 23 และ 24) เพื่อดูการกระจายของข้อมูลในแต่ละ training class ว่าเป็น Normal Distribution หรือไม่ หากไม่ใช่ก็ต้องแก้ไขโดยเลือก training area นั้น ๆ เสียใหม่

นอกจากนี้ ยังมีการสเก็ตภาพของค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน เพื่อดูการเบี่ยงเบนของข้อมูลทั้งสองแบนด์ของแต่ละ training area ว่ามีการทับกัน (over lap) หรือไม่ หากมีการทับกันในแบนด์ใดแบนด์หนึ่ง ข้อมูลนั้นยังใช้ได้ หากทับกันทั้งสองแบนด์ก็ต้อง

```
* READY TO PROCEED
REWINDING INPUT TAPE * STAND BY


2 2 4 5 5
=FRSD=FRSDTHERMGDVGWATER
 190- 200    2  121  131    2
 750  772    2   75   97    2
1350 1350    2  153  175    2
1392 1402    2  465  473    2
1576 1586    2   43   61    2

                                STATISTICS

                                C=FRS

SUMX                    TPTS            SUMXY

 544.                    36              8248.
 552.                    36              8338.   8496.

MEAN VECTOR                                     COVARIANCE MATRIX

 15.11111                                        0.78730
 15.33333                                       =0.09524        0.91429

INVERSE MATRIX

 1.28637
 0.13600        1.10771

IDENTITY MATRIX

 1.00000
=0.00000        1.00000

DET =  0.71075

                                D=FRS

SUMX                    TPTS            SUMXY

 924.                    84             10226.
1456.                    84             16061.  25396.

MEAN VECTOR                                     COVARIANCE MATRIX

 11.00000                                        0.74699
 17.33333                                        0.54217        1.91165

INVERSE MATRIX

 1.68571
=0.47809        0.65870

IDENTITY MATRIX

 1.00000
 0.00000        1.00000

DET =  1.13403
```

รูปที่ 21 ค่าสถิติของ Training Class ทั้ง 5 ปี พ.ศ. 2516

OTHER

SUMX	TPTS	SUMXY	
2259.	72	77901.	
1584.	72	50749.	35256.

MEAN VECTOR

31.37500
22.00000

COVARIANCE MATRIX

98.94190
14.80282 5.74648

INVERSE MATRIX

0.01644
-0.04236 0.28324

IDENTITY MATRIX

1.00000
0.00000 1.00000

DET = 349.44418

MGOVE

SUMX	TPTS	SUMXY	
395.	30	5241.	
360.	30	4723.	4432.

MEAN VECTOR

13.16667
12.00000

COVARIANCE MATRIX

1.38506
-0.58621 3.86207

INVERSE MATRIX

0.77156
0.11711 0.27670

IDENTITY MATRIX

1.00000
0.00000 1.00000

DET = 5.00555

WATER

SUMX	TPTS	SUMXY	
518.	60	4502.	
16.	60	141.	16.

MEAN VECTOR

8.63333
0.26667

COVARIANCE MATRIX

0.50735
0.04859 0.19887

INVERSE MATRIX

2.01827
-0.49310 5.14888

IDENTITY MATRIX

1.00000
0.00000 1.00000

DET = 0.09854

รูปที่ 21 (ต่อ) ค่าสถิติของ Training Class ทั้ง 5 ปี พ.ศ. 2516

```
* READY TO PROCEED
REWINDING INPUT TAPE * STAND BY


2 2 4 5 5
=FRSD=FRSOTHERMGOVEWATER
   17   29     2  285  295     2
  569  585     2  281  317     2
 1159 1183     2  345  369     2
 1247 1255     2  655  667     2
 1469 1487     2  225  249     2
                        STATISTICS

                                C=FRS

        SUMX                    TPTS            SUMXY

        919.                      42            20245.
        487.                      42            10674.    5727.

        MEAN VECTOR                             COVARIANCE MATRIX

        21.88095                                 3.32695
        11.59524                                 0.43846     1.95412

        INVERSE MATRIX

         0.30973
        -0.06950     0.52733

        IDENTITY MATRIX

         1.00000
         0.00000     1.00000

        DET =   6.30903

                                J=FRS

        SUMX                    TPTS            SUMXY

        2469.                    171            35715.
        2895.                    171            41824.    49213.

        MEAN VECTOR                             COVARIANCE MATRIX

        14.43860                                 0.38886
        16.92982                                 0.14273     1.18328

        INVERSE MATRIX

         2.69076
        -0.32456     0.88426

        IDENTITY MATRIX

         1.00000
         0.00000     1.00000

        DET =   0.43976
```

รูปที่ 22 ค่าสถิติของ Training class ทั้ง 5 ปี พ.ศ. 2519

OTHER

SUMX	TPTS	SUMXY
5543.	169	186425.
3151.	169	105299. 60523.

MEAN VECTOR	COVARIANCE MATRIX
32.79882	27.50690
18.64497	11.60673 10.55178

INVERSE MATRIX

0.06784
-0.07463 0.17686

IDENTITY MATRIX

1.00000
0.00000 1.00000

DET = 155.53069

MGOVE

SUMX	TPTS	SUMXY
687.	35	13519.
463.	35	9059. 6203.

MEAN VECTOR	COVARIANCE MATRIX
19.62857	1.00506
13.22857	-0.85378 2.29916

INVERSE MATRIX

1.45346
0.53973 0.63537

IDENTITY MATRIX

1.00000
-0.00000 1.00000

DET = 1.58185

WATER

SUMX	TPTS	SUMXY
1612.	130	20074.
84.	130	1054. 84.

MEAN VECTOR	COVARIANCE MATRIX
12.40000	0.66047
0.64615	0.09612 0.23041

INVERSE MATRIX

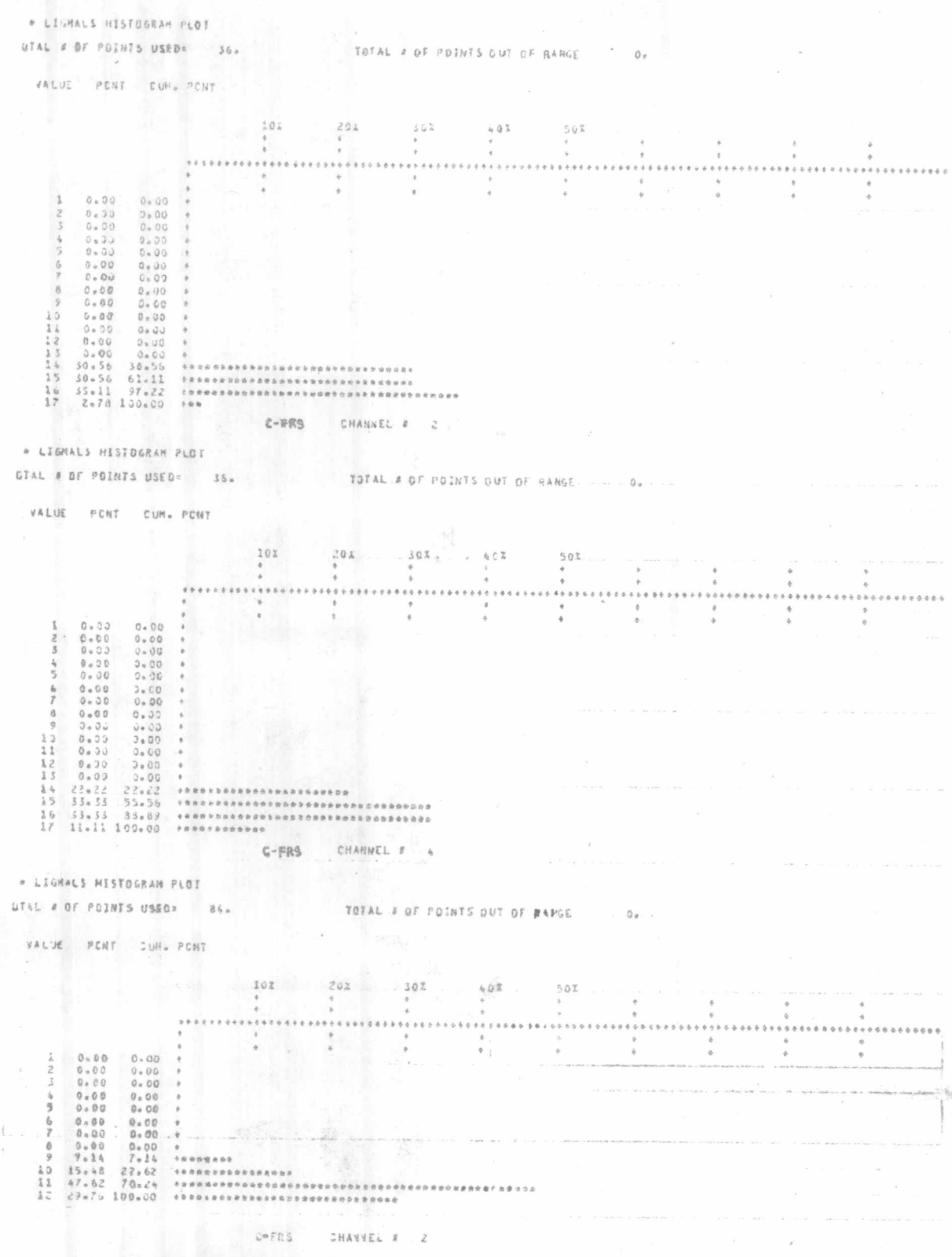
1.61196
-0.67248 4.62061

IDENTITY MATRIX

1.00000
0.00000 1.00000

DET = 0.14294

รูปที่ 22 (ต่อ) ค่าสถิติของ Training Class ทั้ง 5 ปี พ.ศ. 2519



รูปที่ 23 Histogram Plot ของ Training Class ทั้ง 5 ปี พ.ศ. 2516

```
* SIGNALS HISTOGRAM PLOT
OTAL # OF POINTS USED=    84.              TOTAL # OF POINTS OUT OF RANGE      0.

  VALUE   PCNT   CUM. PCNT

                                    10%       20%       30%       40%       50%
                                     +         +         +         +         +         +         +         +         +
                                     +         +         +         +         +         +         +         +         +
                                +++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
                                     +         +         +         +         +         +         +         +         +
                                     +         +         +         +         +         +         +         +         +
    1   0.00    0.00  +
    2   0.00    0.00  +
    3   0.00    0.00  +
    4   0.00    0.00  +
    5   0.00    0.00  +
    6   0.00    0.00  +
    7   0.00    0.00  +
    8   0.00    0.00  +
    9   0.00    0.00  +
   10   0.00    0.00  +
   11   0.00    0.00  +
   12   0.00    0.00  +
   13   0.00    0.00  +
   14   3.57    3.57  +***
   15   1.19    4.76  +*
   16  27.38   32.14  +***********************
   17  19.05   51.19  +****************
   18  28.57   79.76  +************************
   19  16.67   96.43  +**************
   20   2.38   98.81  +**
   21   1.19  100.00  +*

                              D=FRS     CHANNEL #   4

OTAL # OF POINTS USED=    30.              TOTAL # OF POINTS OUT OF RANGE      0.

  VALUE   PCNT   CUM. PCNT

                                    10%       20%       30%       40%       50%
                                     +         +         +         +         +         +         +         +         +
                                     +         +         +         +         +         +         +         +         +
                                +++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
                                     +         +         +         +         +         +         +         +         +
                                     +         +         +         +         +         +         +         +         +
    1   0.00    0.00  +
    2   0.00    0.00  +
    3   0.00    0.00  +
    4   0.00    0.00  +
    5   0.00    0.00  +
    6   0.00    0.00  +
    7   0.00    0.00  +
    8   0.00    0.00  +
    9   0.00    0.00  +
   10   0.00    0.00  +
   11   0.00    0.00  +
   12  40.00   40.00  +**********************************
   13  20.00   60.00  +*****************
   14  26.67   86.67  +**********************
   15  10.00   96.67  +*********
   16   3.33  100.00  +***

                              MAGDV     CHANNEL #   2

OTAL # OF POINTS USED=    30.              TOTAL # OF POINTS OUT OF RANGE      0.

  VALUE   PCNT   CUM. PCNT

                                    10%       20%       30%       40%       50%
                                     +         +         +         +         +         +         +         +         +
                                     +         +         +         +         +         +         +         +         +
                                +++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
                                     +         +         +         +         +         +         +         +         +
                                     +         +         +         +         +         +         +         +         +
    1   0.00    0.00  +
    2   0.00    0.00  +
    3   0.00    0.00  +
    4   0.00    0.00  +
    5   0.00    0.00  +
    6   0.00    0.00  +
    7   0.00    0.00  +
    8   6.67    6.67  +******
    9   3.33   10.00  +***
   10  13.33   23.33  +************
   11  16.67   40.00  +***************
   12  13.33   53.33  +************
   13  23.33   76.67  +**********************
   14  13.33   90.00  +************
  -->15  10.00  100.00  +*********

                              MAGDV     CHANNEL #   4
```

รูปที่ 23 (ต่อ) Histogram Plot ของ Training Class ทั้ง 5 ปี พ.ศ. 2516

SIGMA5 HISTOGRAM PLOT

ALL # OF POINTS USED= 72. TOTAL # OF POINTS OUT OF RANGE = 0.

VALUE	PCNT	CUM. PCNT	10% 20% 30% 40% 50%
1	0.00	0.00	+
2	0.00	0.00	+
3	0.00	0.00	+
4	0.00	0.00	+
5	0.00	0.00	+
6	0.00	0.00	+
7	0.00	0.00	+
8	0.00	0.00	+
9	0.00	0.00	+
10	0.00	0.00	+
11	0.00	0.00	+
12	0.00	0.00	+
13	0.00	0.00	+
14	0.00	0.00	+
15	0.00	0.00	+
16	0.00	0.00	+
17	0.00	0.00	+
18	2.78	2.78	+**
19	4.17	6.94	+****
20	1.39	8.33	+*
21	1.39	9.72	+*
22	5.56	15.28	+******
23	2.78	18.06	+**
24	1.39	19.44	+*
25	6.94	26.39	+*******
26	4.17	30.56	+****
27	11.11	41.67	+**********
28	2.78	44.44	+**
29	6.94	51.39	+*******
30	8.33	59.72	+********
31	9.72	69.44	+**********
32	0.00	69.44	+
33	5.56	75.00	+******
34	2.78	77.78	+**
35	0.00	77.78	+
36	0.00	77.78	+
37	1.39	79.17	+*
38	0.00	79.17	+
39	4.17	83.33	+****
40	1.39	84.72	+*
41	0.00	84.72	+
42	1.39	86.11	+*
43	0.00	86.11	+
44	0.00	86.11	+
45	1.39	87.50	+*
46	0.00	87.50	+
47	5.56	93.06	+*****
48	2.78	95.83	+**
49	0.00	95.83	+
50	0.00	95.83	+
51	0.00	95.83	+
52	0.00	95.83	+
53	0.00	95.83	+
54	0.00	95.83	+
55	0.00	95.83	+
56	0.00	95.83	+
57	0.00	95.83	+
58	1.39	97.22	+*

OTHER CHANNEL # 2

รูปที่ 23 (ต่อ) Histogram Plot ของ Training Class ทั้ง 5 ปี พ.ศ. 2516

```
* SIGNALS HISTOGRAM PLOT
TOTAL # OF POINTS USED=   72.          TOTAL # OF POINTS OUT OF RANGE    0.

 VALUE   PCNT   CUM. PCNT

                                  10%       20%       30%       40%       50%
                                   +         +         +         +         +         +         +         +         +         +
                                   +         +         +         +         +         +         +         +         +         +
                                   +         +         +         +         +         +         +         +         +         +
   1   0.00    0.00  +
   2   0.00    0.00  +
   3   0.00    0.00  +
   4   0.00    0.00  +
   5   0.00    0.00  +
   6   0.00    0.00  +
   7   0.00    0.00  +
   8   0.00    0.00  +
   9   0.00    0.00  +
  10   0.00    0.00  +
  11   0.00    0.00  +
  12   0.00    0.00  +
  13   0.00    0.00  +
  14   0.00    0.00  +
  15   0.00    0.00  +
  16   0.00    0.00  +
  17   1.39    1.39  **
  18   2.78    4.17  ***
  19   8.33   12.50  ********
  20  13.89   26.39  **************
  21  19.44   45.83  ********************
  22  19.44   65.28  ********************
  23   9.72   75.00  **********
  24  13.89   88.89  **************
  25   2.78   91.67  ***
  26   2.78   94.44  ***
  27   1.39   95.83  **
  28   2.78   98.61  ***
  29   1.39  100.00  **

                        OTHER     CHANNEL #   1

* SIGNALS HISTOGRAM PLOT
TOTAL # OF POINTS USED=   60.          TOTAL # OF POINTS OUT OF RANGE    0.

 VALUE   PCNT   CUM. PCNT

                                  10%       20%       30%       40%       50%
                                   +         +         +         +         +         +         +         +         +         +
                                   +         +         +         +         +         +         +         +         +         +
                                   +         +         +         +         +         +         +         +         +         +
   1   0.00    0.00  +
   2   0.00    0.00  +
   3   0.00    0.00  +
   4   0.00    0.00  +
   5   0.00    0.00  +
   6   0.00    0.00  +
   7   0.00    0.00  +
   8  50.00   50.00  ************************************** **********
   9  33.67   86.67  ************************************
  10  13.33  100.00  **************

                        WATER     CHANNEL #   2

* SIGNALS HISTOGRAM PLOT
TOTAL # OF POINTS USED=   60.          TOTAL # OF POINTS OUT OF RANGE   44.

 VALUE   PCNT   CUM. PCNT

                                  10%       20%       30%       40%       50%
                                   +         +         +         +         +         +         +         +         +         +
                                   +         +         +         +         +         +         +         +         +         +
                                   +         +         +         +         +         +         +         +         +         +
   1  26.67   23.67  ************************
   2   0.00   26.67  +
   3   0.00   26.67  +
   4   0.00   26.67  +
   5   0.00   26.67  +

                        WATER     CHANNEL #   4

* PLOT COMPLETED.
```

รูปที่ 23 (ต่อ) Histogram Plot ของ Training Class ทั้ง 5 ปี พ.ศ. 2516

```
* SIGMA5 HISTOGRAM PLOT

OTAL # OF POINTS USED=   42.          TOTAL # OF POINTS OUT OF RANGE      0.

  VALUE   PCNT   CUM. PCNT

                                  10%       20%       30%       40%       50%
                                   +         +         +         +         +
                                   +         +         +         +         +
                          ++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
                                   +         +         +         +         +
                                   +         +         +         +         +
    1   0.00    0.00  +
    2   0.00    0.00  +
    3   0.00    0.00  +
    4   0.00    0.00  +
    5   0.00    0.00  +
    6   0.00    0.00  +
    7   0.00    0.00  +
    8   0.00    0.00  +
    9   0.00    0.00  +
   10   0.00    0.00  +
   11   0.00    0.00  +
   12   0.00    0.00  +
   13   0.00    0.00  +
   14   0.00    0.00  +
   15   0.00    0.00  +
   16   0.00    0.00  +
   17   0.00    0.00  +
   18   4.76    4.76  +****
   19   2.38    7.14  +**
   20  14.29   21.43  +*************
   21  16.67   38.10  +***************
   22  35.10   76.19  +*********************************
   23   0.00   76.19  +
   24  11.90   88.10  +***********
   25  11.90  100.00  +***********

                          C=FRS     CHANNEL #   2

OTAL # OF POINTS USED=   42.          TOTAL # OF POINTS OUT OF RANGE      0.

  VALUE   PCNT   CUM. PCNT

                                  10%       20%       30%       40%       50%
                                   +         +         +         +         +
                                   +         +         +         +         +
                          ++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
                                   +         +         +         +         +
                                   +         +         +         +         +
    1   0.00    0.00  +
    2   0.00    0.00  +
    3   0.00    0.00  +
    4   0.00    0.00  +
    5   0.00    0.00  +
    6   0.00    0.00  +
    7   0.00    0.00  +
    8   4.76    4.76  +****
    9   0.00    4.76  +
   10  11.90   16.67  +***********
   11  28.57   45.24  +***************************
   12  33.33   78.57  +********************************
   13  14.29   92.86  +*************
   14   4.76   97.62  +****
   15   2.38  100.00  +**

                          C=FRS     CHANNEL #   4

OTAL # OF POINTS USED=  171.          TOTAL # OF POINTS OUT OF RANGE      0.

  VALUE   PCNT   CUM. PCNT

                                  10%       20%       30%       40%       50%
                                   +         +         +         +         +
                                   +         +         +         +         +
                          ++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
                                   +         +         +         +         +
                                   +         +         +         +         +
    1   0.00    0.00  +
    2   0.00    0.00  +
    3   0.00    0.00  +
    4   0.00    0.00  +
    5   0.00    0.00  +
    6   0.00    0.00  +
    7   0.00    0.00  +
    8   0.00    0.00  +
    9   0.00    0.00  +
   10   0.00    0.00  +
   11   0.00    0.00  +
   12   0.00    0.00  +
   13   4.68    4.68  +****
   14  49.12   53.80  +************************************************
   15  43.86   97.66  +*******************************************
   16   2.34  100.00  +**

                          D=FRS     CHANNEL #   2
```

รูปที่ 24 Histogram Plot ของ Training Class ทั้ง 5 ปี พ.ศ. 2519

```
* SIGNALS HISTOGRAM PLOT

TOTAL # OF POINTS USED=  171.          TOTAL # OF POINTS OUT OF RANGE     0.

 VALUE   PCNT   CUM. PCNT

                                  10%       20%       30%       40%       50%
                                   +         +         +         +         +         +         +         +         +         +
                                   +         +         +         +         +         +         +         +         +         +
                                   +         +         +         +         +         +         +         +         +         +
   1   0.00    0.00   +
   2   0.00    0.00   +
   3   0.00    0.00   +
   4   0.00    0.00   +
   5   0.00    0.00   +
   6   0.00    0.00   +
   7   0.00    0.00   +
   8   0.00    0.00   +
   9   0.00    0.00   +
  10   0.00    0.00   +
  11   0.00    0.00   +
  12   0.00    0.00   +
  13   0.00    0.00   +
  14   0.58    0.58   **
  15   8.77    9.36   *********
  16  25.73   35.67   *************************
  17  32.16   67.84   ********************************
  18  25.73   93.57   *************************
  19   6.43  100.00   ******

                        O=FRS     CHANNEL #  4

* SIGNALS HISTOGRAM PLOT

TOTAL # OF POINTS USED=  130.          TOTAL # OF POINTS OUT OF RANGE     0.

 VALUE   PCNT   CUM. PCNT

                                  10%       20%       30%       40%       50%
                                   +         +         +         +         +         +         +         +         +         +
                                   +         +         +         +         +         +         +         +         +         +
                                   +         +         +         +         +         +         +         +         +         +
   1   0.00    0.00   +
   2   0.00    0.00   +
   3   0.00    0.00   +
   4   0.00    0.00   +
   5   0.00    0.00   +
   6   0.00    0.00   +
   7   0.00    0.00   +
   8   0.00    0.00   +
   9   0.00    0.00   +
  10   0.00    0.00   +
  11  14.62   14.62   ***************
  12  36.92   51.54   *************************************
  13  42.31   93.85   ******************************************
  14   6.15  100.00   ******

                        WATER     CHANNEL #  2

* SIGNALS HISTOGRAM PLOT

TOTAL # OF POINTS USED=  130.          TOTAL # OF POINTS OUT OF RANGE    40.

 VALUE   PCNT   CUM. PCNT

                                  10%       20%       30%       40%       50%
                                   +         +         +         +         +         +         +         +         +         +
                                   +         +         +         +         +         +         +         +         +         +
                                   +         +         +         +         +         +         +         +         +         +
   1  64.62   64.62   ****************************************************************
   2   0.00   64.62   +
   3   0.00   64.62   +
   4   0.00   64.62   +
   5   0.00   64.62   +
   6   0.00   64.62   +

                        WATER     CHANNEL #  4
```

รูปที่ 24 (ต่อ) Histogram Plot ของ Training Class ทั้ง 5 ปี พ.ศ. 2516

```
* LIGHALS HISTOGRAM PLOT

OTAL # OF POINTS USED=  169.          TOTAL # OF POINTS OUT OF RANGE      0.

 VALUE   PCNT   CUM. PCNT

                                  10%       20%       30%       40%       50%
                                   +         +         +         +         +
                                   +         +         +         +         +
                                   +         +         +         +         +
                                   +         +         +         +         +
                                   +         +         +         +         +
  1   0.00    0.00   +
  2   0.00    0.00   +
  3   0.00    0.00   +
  4   0.00    0.00   +
  5   0.00    0.00   +
  6   0.00    0.00   +
  7   0.00    0.00   +
  8   0.00    0.00   +
  9   0.00    0.00   +
 10   0.00    0.00   +
 11   0.00    0.00   +
 12   0.00    0.00   +
 13   0.00    0.00   +
 14   0.00    0.00   +
 15   0.00    0.00   +
 16   0.00    0.00   +
 17   0.00    0.00   +
 18   0.00    0.00   +
 19   0.00    0.00   +
 20   0.00    0.00   +
 21   0.00    0.00   +
 22   0.00    0.00   +
 23   0.00    0.00   +
 24   1.18    1.18   ++
 25   2.37    3.55   +++
 26   7.69   11.24   ++++++++
 27   4.14   15.38   +++++
 28   7.10   22.49   ++++++++
 29   8.28   30.77   +++++++++
 30   5.92   36.69   ++++++
 31  10.06   46.75   ++++++++++
 32  10.06   56.80   ++++++++++
 33   5.33   62.13   ++++++
 34   4.14   66.27   +++++
 35   7.10   73.37   ++++++++
 36   1.78   75.15   ++
 37   4.73   79.88   +++++
 38   2.37   82.25   +++
 39   5.33   87.57   ++++++
 40   1.78   89.35   ++
 41   3.55   92.90   ++++
 42   1.78   94.67   ++
 43   1.78   96.45   ++
 44   0.00   96.45   +
 45   2.37   98.82   +++
 46   1.18  100.00   ++

                        OTHER     CHANNEL #  2

* LIGHALS HISTOGRAM PLOT

OTAL # OF POINTS USED=  159.          TOTAL # OF POINTS OUT OF RANGE      0.

 VALUE   PCNT   CUM. PCNT

                                  10%       20%       30%       40%       50%
                                   +         +         +         +         +
                                   +         +         +         +         +
                                   +         +         +         +         +
                                   +         +         +         +         +
                                   +         +         +         +         +
  1   0.00    0.00   +
  2   0.00    0.00   +
  3   0.00    0.00   +
  4   0.00    0.00   +
  5   0.00    0.00   +
  6   0.00    0.00   +
  7   0.00    0.00   +
  8   0.00    0.00   +
  9   0.00    0.00   +
 10   1.18    1.18   ++
 11   2.37    3.55   +++
 12   1.78    5.33   ++
 13   1.18    6.51   ++
 14   5.33   11.83   ++++++
 15   4.73   15.57   +++++
 16   8.28   24.85   +++++++++
 17   2.96   27.81   +++
 18  13.61   41.42   ++++++++++++++
 19  15.79   56.21   +++++++++++++++
 20  17.75   73.96   ++++++++++++++++++
 21  11.24   85.21   ++++++++++++
 22   7.10   92.31   +++++++
 23   2.96   95.27   +++
 24   1.78   97.04   ++
 25   1.18   98.22   ++
 26   0.59   98.82   +
 27   0.59   99.41   +

                        OTHER     CHANNEL #  4
```

รูปที่ 24 (ต่อ) Histogram Plot ของ Training Class ทั้ง 5 ปี พ.ศ. 2519

```
* SIGNALS HISTOGRAM PLOT

TOTAL # OF POINTS USED=    35.          TOTAL # OF POINTS OUT OF RANGE      0.

  VALUE   PCNT   CUM. PCNT

                                  10%       20%       30%       40%       50%
                                   +         +         +         +         +
                                   +         +         +         +         +
                                   +         +         +         +         +
                                   +         +         +         +         +
                                   +         +         +         +         +
    1   0.00    0.00   +
    2   0.00    0.00   +
    3   0.00    0.00   +
    4   0.00    0.00   +
    5   0.00    0.00   +
    6   0.00    0.00   +
    7   0.00    0.00   +
    8   0.00    0.00   +
    9   0.00    0.00   +
   10   0.00    0.00   +
   11   0.00    0.00   +
   12   0.00    0.00   +
   13   0.00    0.00   +
   14   0.00    0.00   +
   15   0.00    0.00   +
   16   0.00    0.00   +
   17   0.00    0.00   +
   18  14.29   14.29   +*****************
   19  28.57   42.86   +**********************************
   20  40.00   82.86   +****************************************************
   21  14.29   97.14   +*****************
   22   2.86  100.00   +***

                        MOVE     CHANNEL #   2

* SIGNALS HISTOGRAM PLOT

TOTAL # OF POINTS USED=    35.          TOTAL # OF POINTS OUT OF RANGE      0.

  VALUE   PCNT   CUM. PCNT

                                  10%       20%       30%       40%       50%
                                   +         +         +         +         +
                                   +         +         +         +         +
                                   +         +         +         +         +
                                   +         +         +         +         +
                                   +         +         +         +         +
    1   0.00    0.00   +
    2   0.00    0.00   +
    3   0.00    0.00   +
    4   0.00    0.00   +
    5   0.00    0.00   +
    6   0.00    0.00   +
    7   0.00    0.00   +
    8   0.00    0.00   +
    9   0.00    0.00   +
   10   0.00    0.00   +
   11  14.29   14.29   +*****************
   12  22.86   37.14   +****************************
   13  17.14   54.29   +*********************
   14  25.71   80.00   +*******************************
   15  11.43   91.43   +**************
   16   8.57  100.00   +**********

                        MOVE     CHANNEL #   4

* PLOT COMPLETED.
```

รูปที่ 24 (ต่อ) Histogram Plot ของ Training Class ทั้ง 5 ปี พ.ศ. 2519

ดูว่าทับกันมากน้อยเพียงไร ถ้าทับกันมากหรือเป็น subset กัน ก็อาจต้องรวมข้อมูลเป็นประเภทเดียวกัน หรือถ้าทับกันน้อยก็อาจต้องเลือก training area ใหม่ แล้วแต่กรณีที่เหมาะสม รูปที่ 25 แสดงการเบี่ยงเบนข้อมูลของทุก training class ในปี พ.ศ. 2516 โดยใช้ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานเท่ากับ 1 จะเห็นว่าค่าเบี่ยงเบนของป่าทำลาย กับป่าทึบ ทับกันเล็กน้อยในแบนด์ 7 แต่ไม่ทับกันเลยในแบนด์ 5 ส่วนค่าเบี่ยงเบนของป่าทำลายกับป่าชายเลนทับกันเล็กน้อยในแบนด์ 5 แต่ไม่ทับกันเลยในแบนด์ 7 ส่วนรูปที่ 26 แสดงการเบี่ยงเบนข้อมูลของทุก training class ในปี พ.ศ. 2519 โดยใช้ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานเท่ากับ 1 เช่นเดียวกัน มีข้อที่น่าสังเกตคือ ค่าเบี่ยงเบนของป่าทำลายกับป่าชายเลนทับกันทั้งสองแบนด์ แม้จะได้หา training area ใหม่แล้วก็ตาม ซึ่งจะได้อธิบายถึงสาเหตุต่อไป

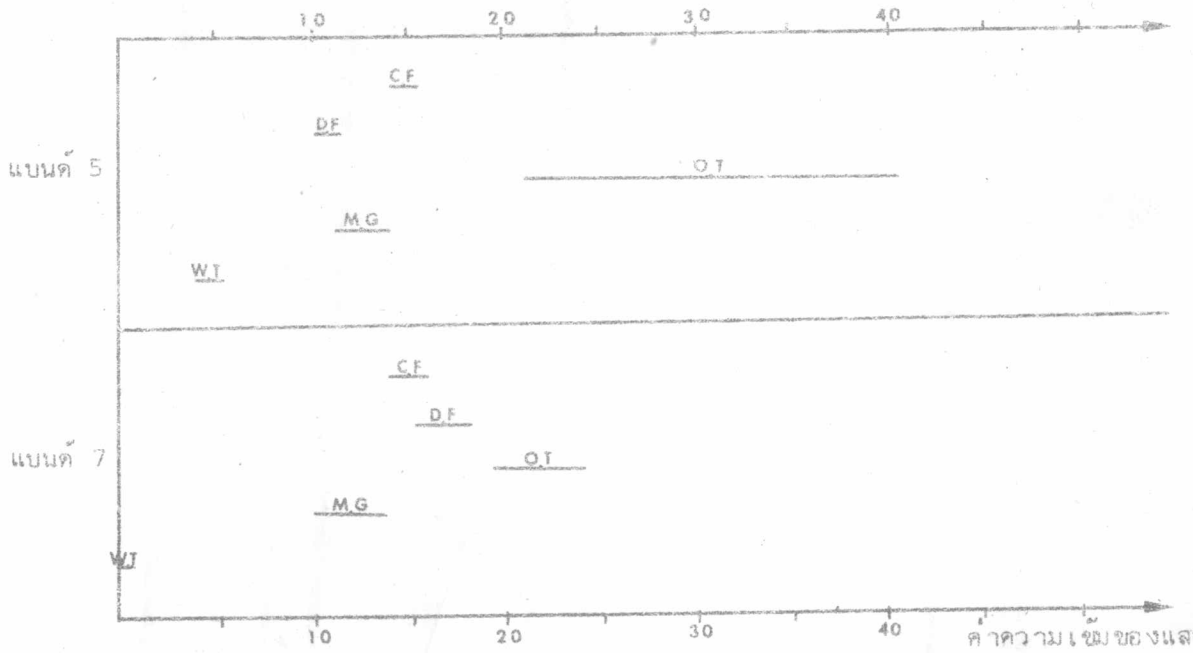
เพื่อให้เห็นถึงการเบี่ยงเบนและการกระจายข้อมูลได้ชัดเจนยิ่งขึ้น จึงได้สเก็ตภาพการกระจายข้อมูลภาคตัดขวาง แบนด์ 5 และ 7 ของ training area ทั้ง 5 โดยที่การกระจายของข้อมูลจะแทนได้ด้วยสมการ[1] ดังนี้

$$(X-\mu)^{t}\Sigma^{-1}(X-\mu) = c \quad ; \quad c \text{ คือค่าคงที่}$$

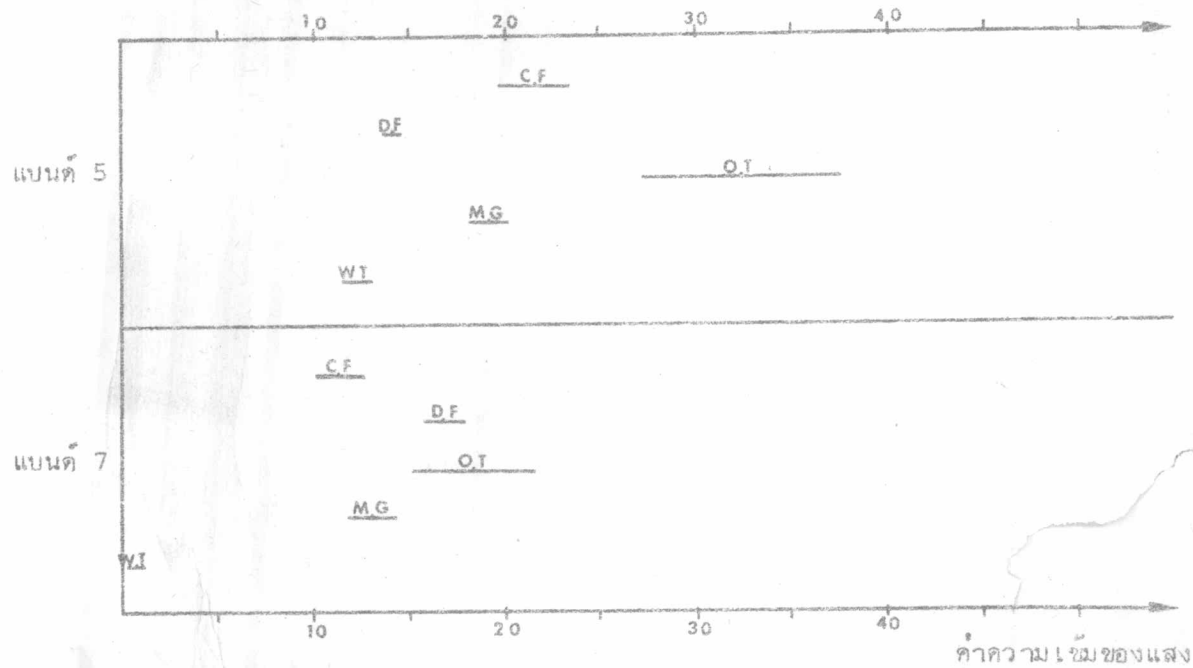
ภาพที่ได้จากสมการกำลังสอง (Quadratic form) นี้ของสองแบนด์ จะมีลักษณะเป็น ellipsoids ที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ที่ค่า mean vector (ดูวิธีการคำนวณในภาคผนวก ก) ในรูปที่ 27 และ 28 สเก็ตภาพข้อมูลแบนด์ 5 และแบนด์ 7 โดยใช้ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานเท่ากับ 1 ในรูปที่ 28 จะเห็นได้ชัดว่า การกระจายข้อมูลของป่าทำลาย และป่าชายเลนนั้น มีบางส่วนที่ทับกัน ทั้งนี้เนื่องจากค่าเฉลี่ย อันเป็นจุดศูนย์กลางของทั้งสองใกล้กันมาก แม้ว่าจะได้ทดลองเปลี่ยน training area เพื่อหาค่าสถิติใหม่แต่ก็ยังให้ภาพที่ทับกันอยู่ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า คุณลักษณะของข้อมูลทั้งสองประเภทนี้ใกล้เคียงกันมาก ทั้งที่ตามประเภท

---

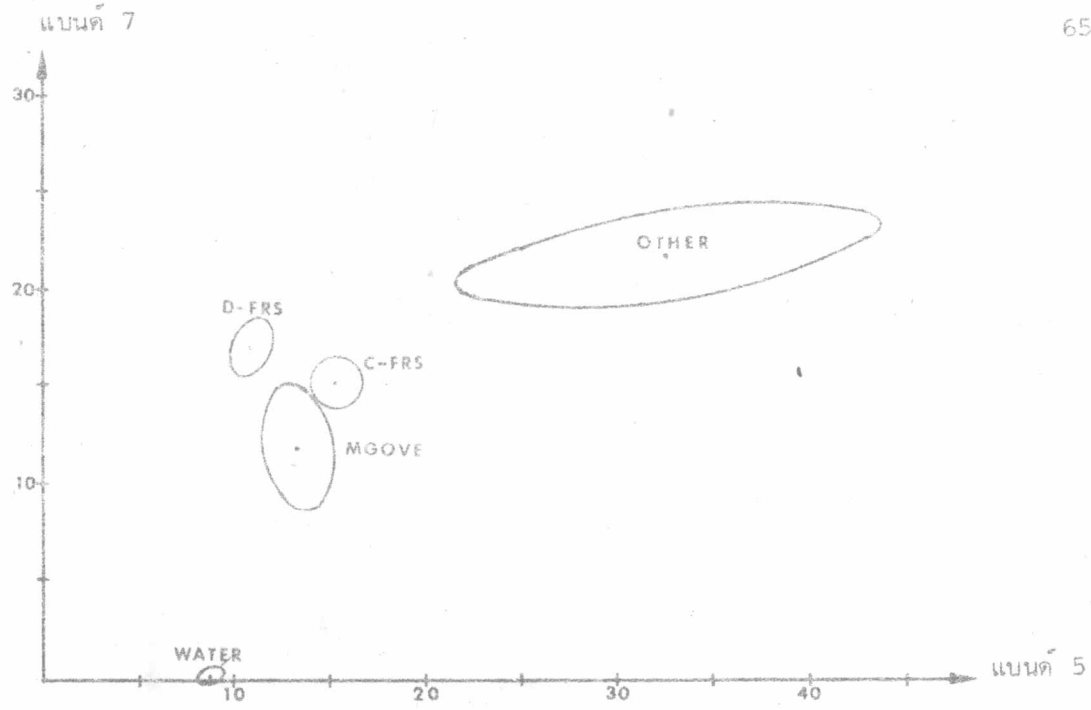
[1] R.O. Duda and P.E. Hart , Pattern Recognition and Scene Analysis, (New York : John Villey and Sons, 1973), p. 24.



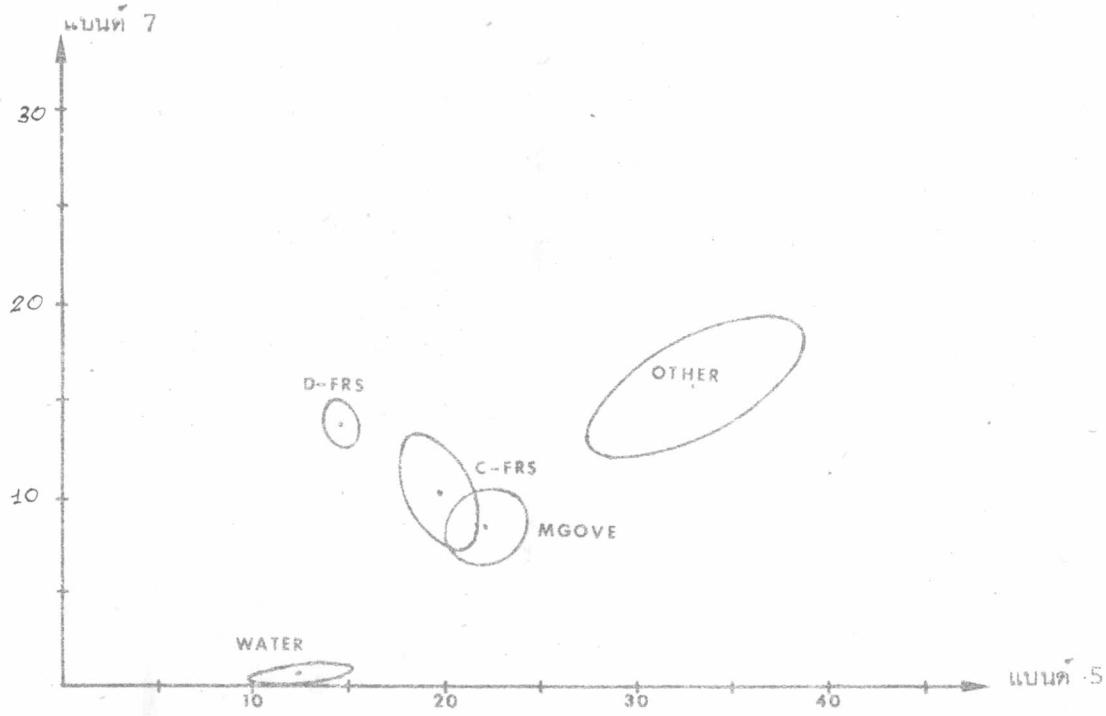
รูปที่ 25 การเบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ย ของ Training Class ทั้ง 5 ปี พ.ศ. 2516 โดยใช้ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานเท่ากับ 1



รูปที่ 26 การเบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ย ของ Training Class ทั้ง 5 ปี พ.ศ. 2519 เมื่อใช้ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานเท่ากับ 1



รูปที่ 27 การกระจายข้อมูล ของ Training Class ทั้ง 5 ปี พ.ศ. 2516 โดยใช้ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานเท่ากับ 1



รูปที่ 28 การกระจายข้อมูล ของ Training Class ทั้ง 5 ปี พ.ศ. 2519 โดยใช้ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานเท่ากับ 1

ข้อมูลแล้วน่าจะแตกต่างกันโดยสิ้นเชิง

และยังได้คำนวณค่า divergence ซึ่งเป็นค่าที่ใช้วัดความแตกต่าง (dissimilarity) ระหว่าง class และจะแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการจำแนกข้อมูล (โดยทางอ้อม) ได้อีกด้วย การคำนวณค่าdivergence ระหว่าง class 2 class จะคำนวณโดยใช้สูตรทั่วไปสำหรับ 2 density function ใด ๆ ในกรณีของตัวแปรปกติ (normal variable) ที่มี covariance matrix ไม่เท่ากัน ซึ่งแสดงได้ด้วยสมการ[1] ดังนี้

$$D(i,j|c_1,\ldots,c_n) = \frac{1}{2}\text{tr}\ (\Sigma_i-\Sigma_j)(\Sigma_j^{-1}-\Sigma_i^{-1}) + \frac{1}{2}\text{tr}\ (\Sigma_i^{-1}+\Sigma_j^{-1})(\mu_i-\mu_j)(\mu_i-\mu_j)^t$$

ในที่นี้ $c_1,\ldots,c_n$ คือ channel ที่ต้องการ

และ tr A (traceA) คือผลบวกของ diagonal elements ของ A

i และ j คือ class 2 class ใด ๆ ที่จะหาค่า divergence

สำหรับข้อมูลในปี พ.ศ. 2516 นั้น ค่า divergence ระหว่าง class ที่เป็นป่าทำลายและป่าชายเลนจาก channel ที่ 2 และ 4 โดยคำนวณจากค่าสถิติต่าง ๆ ของ class ทั้งสองตามที่ปรากฏในรูปที่ 21 ได้ค่าดังนี้คือ

$$D\ (i,j/c_2,\ c_4) = 14.5795$$

สำหรับข้อมูลในปี พ.ศ. 2519 ค่า divergence ที่คำนวณจากค่าสถิติของ class ทั้งสอง ตามที่ปรากฏในรูปที่ 22 ได้ค่าดังนี้คือ

$$D(i,j/c_2,c_4) = 5.6814$$

เพื่อเปรียบเทียบให้เห็นว่าค่า divergence ที่คำนวณได้ของทั้งสองปีนี้ มีค่าน้อยมาก จึงได้คำนวณค่า divergence ของ 2 class อื่นที่มีคุณลักษณะแตกต่างกันอย่างเห็น

---

[1]Philip H. Swain and John C. Lindenlaul, "Pattern Recognition: A Basis for Remote Sensing Data Analysis," Remote Sensing Technology and Applications (Indiana: Purdue University, July 31. August 11, 1972): 60.

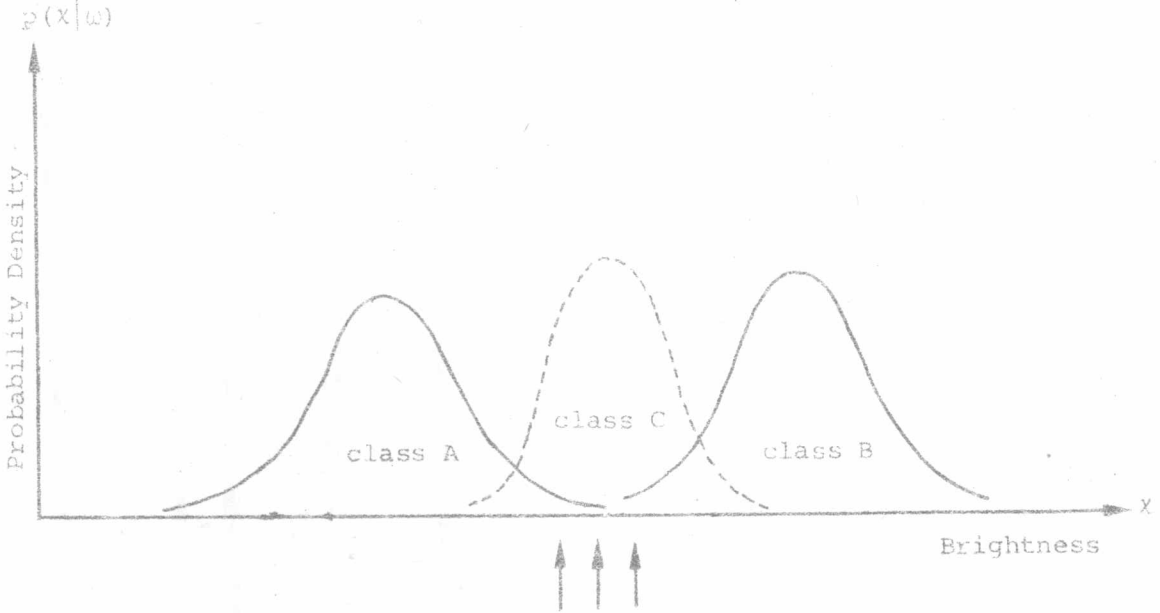
ได้ชัด เช่น ระหว่างป่าชายเลนกับทะเล ซึ่งคำนวณได้โดยวิธีเดียวกันได้ค่าในปี พ.ศ. 2516 เท่ากับ 746.0608 และในปี พ.ศ. 2519 เท่ากับ 323.1349 จึงแสดงให้เห็นว่า class ป่าชายเลนกับป่าทำลายนั้นใกล้กันมากทั้งสองปี จะเห็นว่าในรูปที่ 27 ขอบเขต (boundary) ของป่าชายเลน กับป่าทำลายอยู่เกือบชิดกัน ส่วนรูปที่ 28 นั้น ขอบเขตทั้งสองทับกันเล็กน้อย

การจำแนกภาพ (Classification)

ในการจำแนกภาพนั้นขั้นตอนหนึ่งที่จะขาดเสียไม่ได้ก็คือ การลองจำแนกภาพ (preclassify) ว่าได้ผลตามต้องการหรือไม่ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกภาพอีกชั้นหนึ่ง หากยังมีข้อบกพร่องหรือมีสิ่งใดผิดสังเกต ก็ต้องแก้ไขปรับปรุงค่าสถิติเสียก่อน เช่น เลือก training area ใหม่ จนกว่าจะได้ผลเป็นที่น่าพอใจ แล้วจึงนำค่าประมาณเหล่านั้นไปใช้จำแนกภาพกับข้อมูลทั้งหมด

1. ผลการจำแนกภาพ ปี พ.ศ. 2516

เดิมได้ลองจำแนกภาพโดยใช้ข้อมูลเพียง 4 ประเภท คือ ป่าทึบ ป่าชายเลน ทะเล และอื่น ๆ ในการจำแนกภาพ ได้ลองจำแนกภาพดูหลายแห่งแต่ยังไม่ได้ผลตามที่ต้องการ เช่น การลองจำแนกภาพบริเวณตอนบนของพื้นที่ที่ศึกษา คือ ตั้งแต่บรรทัดที่ 152-200 และจุดที่ 1-250 ทุกบรรทัดเว้นบรรทัด และทุกจุดเว้นจุด ผลปรากฏว่ามีหลายจุดที่ถูกจำแนกให้เป็นป่าชายเลนทั้งที่ในบริเวณนี้ไม่น่าจะมีป่าชายเลนอยู่เลย จึงได้เพิ่มประเภทข้อมูลขึ้นอีกคือ ป่าทำลาย ได้ผลการจำแนกภาพดีขึ้น โดยผลเกือบจะเป็นป่าทำลายล้วน จากรูปที่ 29 แสดงให้เห็นว่าการกระจายข้อมูลของ training class A และ B นั้นอยู่ห่างกันเกินไป จึงทำให้การจำแนกภาพข้อมูลที่อยู่ระหว่าง class ทั้งสอง(แนวศรชี้) จะมีโอกาสผิดได้ไม่ว่าจะจำแนกให้เป็น class A หรือ B หากเพิ่ม class C (เส้นประ) ขึ้นมาระหว่าง class A และ B จะช่วยให้การจำแนกภาพได้ผลดียิ่งขึ้น



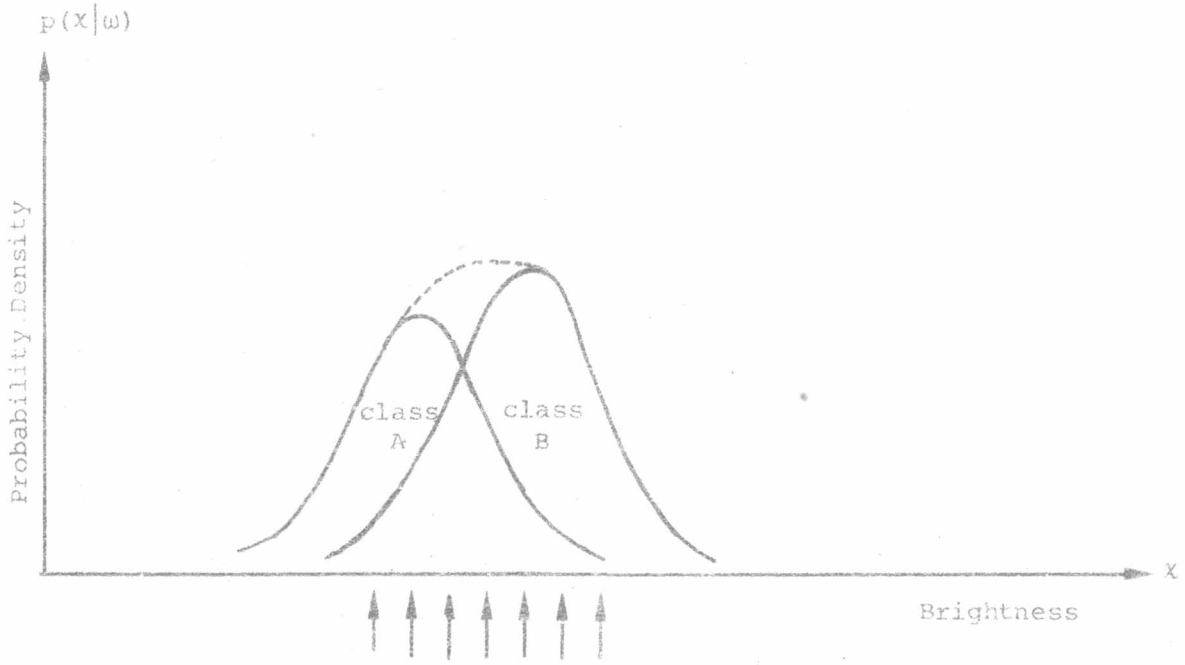
รูปที่ 29 แสดงการกระจายข้อมูล ของ Training Class ที่อยู่ห่างกัน

และในรูปที่ 31 แสดงภาพเปรียบเทียบผลการจำแนกภาพเมื่อใช้ข้อมูล 4 และ 5 ประเภท นอกจากนี้ยังได้ลองจำแนกภาพด้วยข้อมูล 5 ประเภทในบริเวณอื่น ๆ ดูบ้าง เช่น บริเวณทะเล และบริเวณป่าชายเลน ก็ให้ผลเป็นที่น่าพอใจ จึงใช้ข้อมูลทั้ง 5 ประเภทนี้ในการจำแนกภาพทั้งหมด ดังได้แสดงผลการจำแนกภาพในรูปที่ 33 จะเห็นว่าทางด้านขวาของภาพยาวตลอดลงมาจนถึงตอนกลางภาพ พื้นที่ส่วนใหญ่ยังเป็นป่าอยู่ ทางด้านซ้ายของภาพมักจะเป็นพื้นที่แผ้วถางและทำลาย ส่วนตอนล่างจะเป็นพื้นที่อื่น ๆ เช่น พื้นที่เพาะปลูก ทำสวน เป็นต้น

2. ผลการจำแนกภาพ ปี พ.ศ. 2519

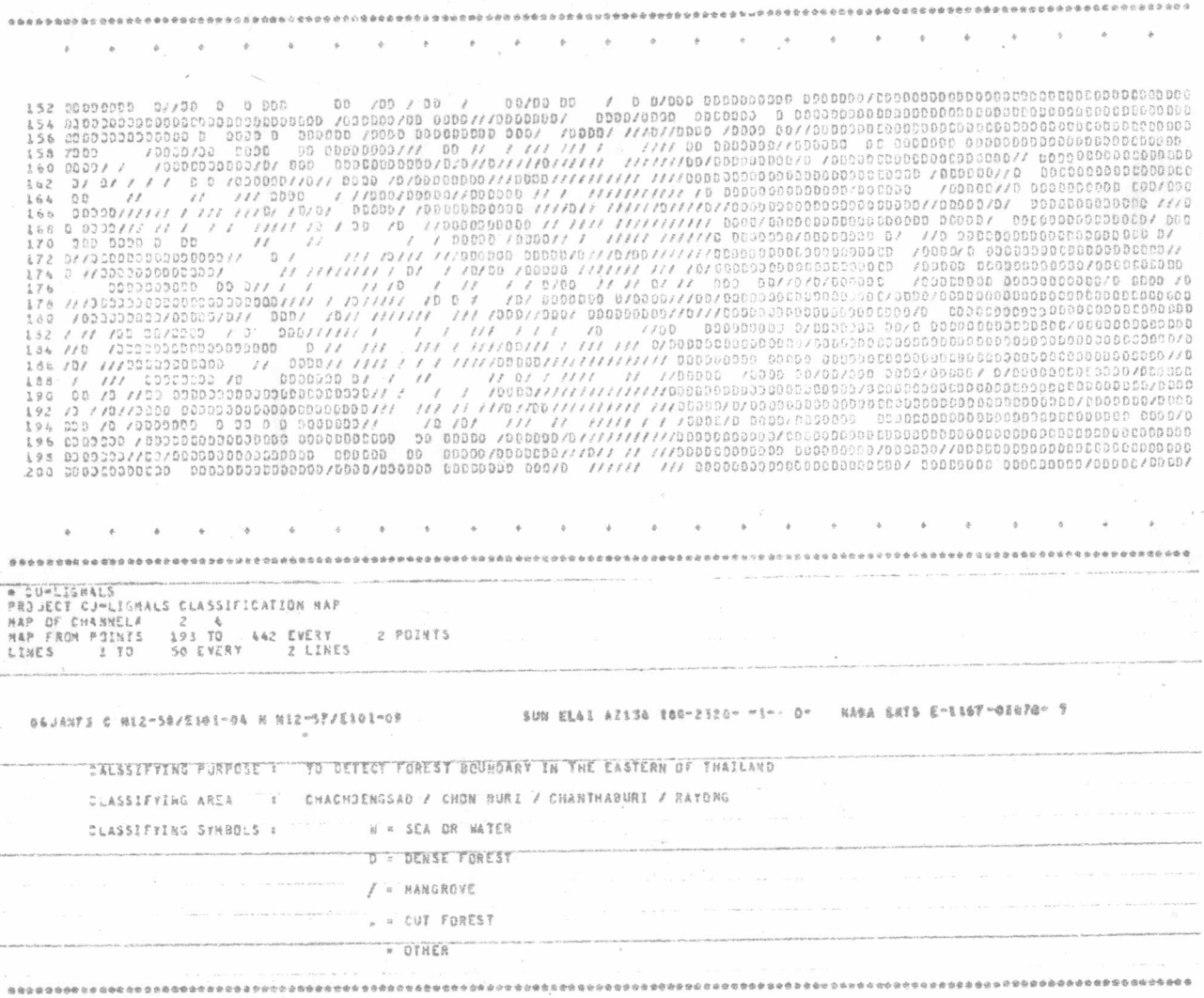
ได้ใช้ประเภทข้อมูลใน ปี พ.ศ. 2516 เป็นบรรทัดฐานทั้ง 5 ประเภท เมื่อหาค่าสถิติต่าง ๆ ได้แล้วลองจำแนกภาพในบริเวณตอนบนของพื้นที่ที่ศึกษาเช่นเดียวกับ ปี พ.ศ. 2516 คือบรรทัดที่ 1-50 และจุดที่ 193-442 บรรทัดเว้นบรรทัดและจุดเว้นจุด พบว่ายังมีการจำแนกภาพคลาดเคลื่อนอยู่ระหว่างป่าชายเลนและป่าทำลาย แม้ว่าจะทดลองหาค่าสถิติของข้อมูลทั้งสองใหม่ โดยยึดหลักว่าให้ข้อมูลทั้งสองนี้ทับกันน้อยที่สุด แต่ผลจากการลองจำแนก

ภาพก็ยังให้ผลคละกันอยู่อีก ทั้งนี้ก็ด้วยเหตุผลอันเนื่องมาจากว่าข้อมูลทั้งสองมีคุณลักษณะใกล้เคียงกันดังได้กล่าวมาแล้วนั่นเอง แต่ตามประเภทข้อมูลแล้วทั้งสองน่าจะแตกต่างกันโดยสิ้นเชิง จึงมิได้รวมเข้ามาอยู่ในประเภทเดียวกัน นอกจากนี้ยังได้ลองจำแนกภาพในบริเวณอื่น ๆ อีก เช่น บริเวณที่มีป่าชายเลน ก็ให้ผลคละกันเช่นเดียวกัน รูปที่ 30 แสดงให้เห็นถึงการกระจายข้อมูลของ training class ที่อยู่ใกล้กันมากจึงทำให้การจำแนกภาพข้อมูลที่อยู่ระหว่าง class ทั้งสอง (แนวศรชี้) เกิดความผิดพลาดได้ ไม่ว่าจะจำแนกให้เป็น class A หรือ B หากทั้งสองเป็น class ที่คล้ายคลึงกัน เช่น ข้าวโพดกับข้าวฟ่าง ก็สามารถรวมกันเป็น class เดียวกันได้ (แนวเส้นประ) แต่การจำแนกภาพใน ปี พ.ศ. 2519 นี้ ป่าชายเลนกับป่าทำลาย ไม่จัดว่าอยู่ในประเภทเดียวกัน จึงมิได้รวมกันเข้ามา

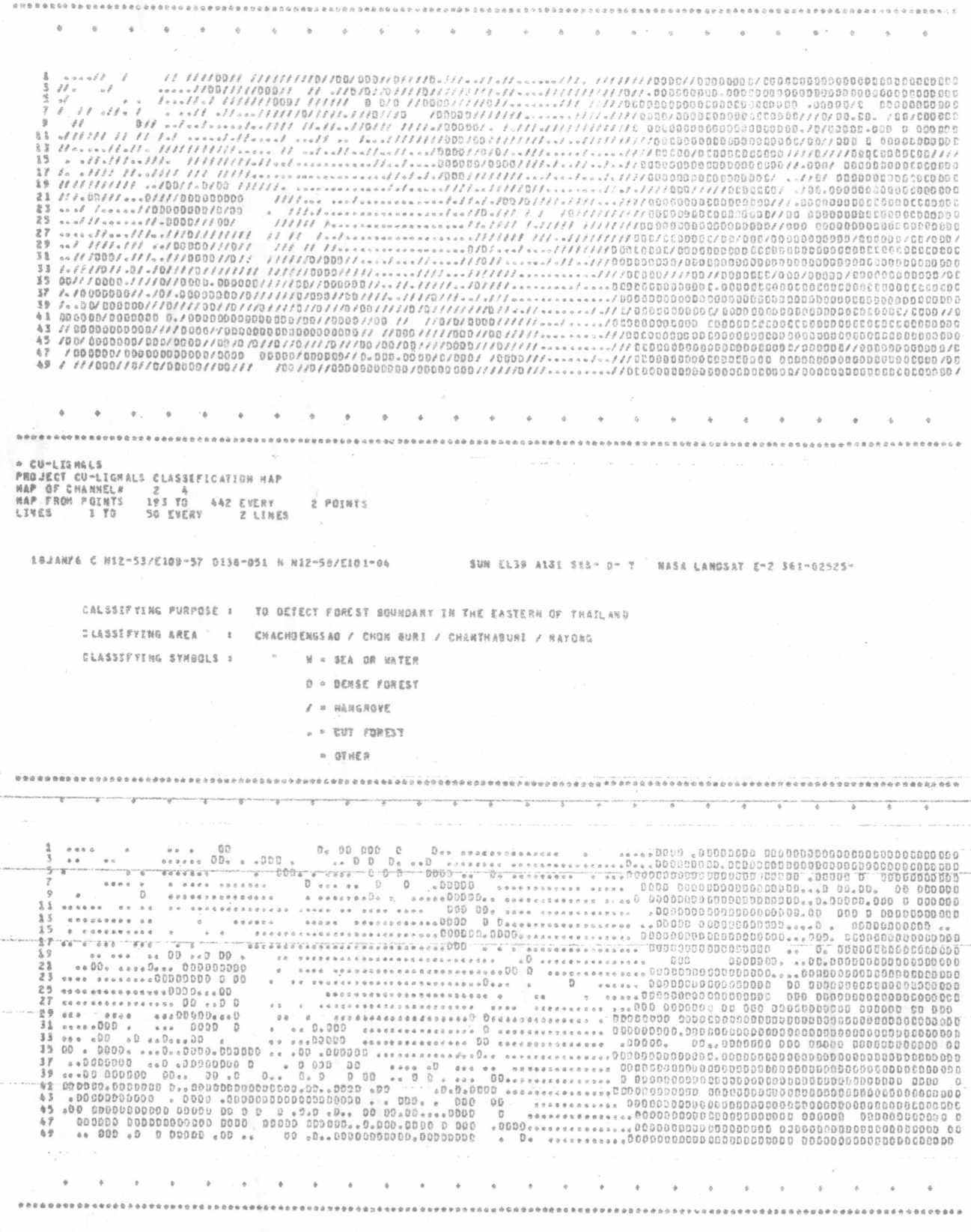


รูปที่ 30 การกระจายข้อมูลของ Training Class ที่อยู่ใกล้กัน

ท้ายสุดจึงตัดสินใจแบ่งพื้นที่การศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่มีป่าชายเลน และส่วนที่ไม่มีป่าชายเลน ส่วนแรกจะใช้ข้อมูล 4 ประเภท คือ ป่าทึบ ป่าชายเลน ทะเล และอื่น ๆ ในการจำแนกอีกส่วนหนึ่งก็จะใช้ข้อมูล 4 ประเภทเช่นเดียวกัน แต่เป็นป่าทึบ ป่าทำลาย ทะเล



รูปที่ 31 เปรียบเทียบผลการลองจำแนกภาพ เมื่อใช้ข้อมูล 4 และ 5 ประเภท ปี.พ.ศ. 2516



รูปที่ 32 เปรียบเทียบผลการลองจำแนกภาพ เมื่อใช้ข้อมูล 4 และ 5 ประเภท ปี พ.ศ. 2519

และอื่น ๆ อันเป็นการใช้ a priori knowledge มาช่วยในการจำแนกภาพ (ดูการเปรียบเทียบผลการจำแนกภาพต่าง ๆ ในรูปที่ 32) จากรูปที่ 32 นี้ จะเห็นได้ว่าในบริเวณป่าทำลายซึ่งมีป่าชายเลนปนอยู่ด้วยเป็นจำนวนมากเมื่อจำแนกภาพโดยใช้ข้อมูลทั้ง 5 ประเภท เกือบจะเป็นป่าทำลายล้วน เมื่อใช้ข้อมูลในการจำแนกภาพเพียง 4 ประเภท ผลการจำแนกภาพทั้งหมดได้แสดงไว้ในรูปที่ 34 ส่วนที่แยกใช้ข้อมูลป่าชายเลน คือ บรรทัดที่ 1371-1600 จุดที่ 193-442 และบรรทัดที่ 1091-1600 จุดที่ 443-692 โดยเป็นบรรทัดเว้นบรรทัด และจุดเว้นจุด จะเห็นว่าทางด้านขวาของภาพยาวตลอดลงมาจนถึงตอนกลางภาพยังเป็นพื้นที่ป่าอยู่ แต่พื้นที่รอบนอกลดลงเนื่องจากถูกบุกรุกแผ้วถางเข้ามาอย่างเห็นได้ชัด (เมื่อเปรียบเทียบกับรูปที่ 33) ส่วนทางด้านซ้ายและตอนล่างของภาพก็เช่นเดียวกัน เป็นพื้นที่ที่ถูกแผ้วถางทำลายและอื่น ๆ เข้าไปในบริเวณที่เคยเป็นป่ามากขึ้น

การคำนวณหาการเปลี่ยนแปลงเนื้อที่ป่าไม้ระหว่าง ปี พ.ศ. 2516 และ พ.ศ. 2519

การคำนวณเนื้อที่ป่าไม้ หรือเนื้อที่อื่นใดที่ต้องการทราบนั้น สามารถทำได้โดยง่าย เพียงแต่ทราบค่าดังต่อไปนี้คือ

1. จำนวนจุด (pixel) ของเนื้อที่ที่ต้องการทราบ ในกรณีนี้สัญญลักษณ์ที่ใช้พิมพ์แทนข้อมูลแต่ละประเภทนั้น โปรแกรมจะเป็นผู้นับว่ามีจำนวนเท่าไร

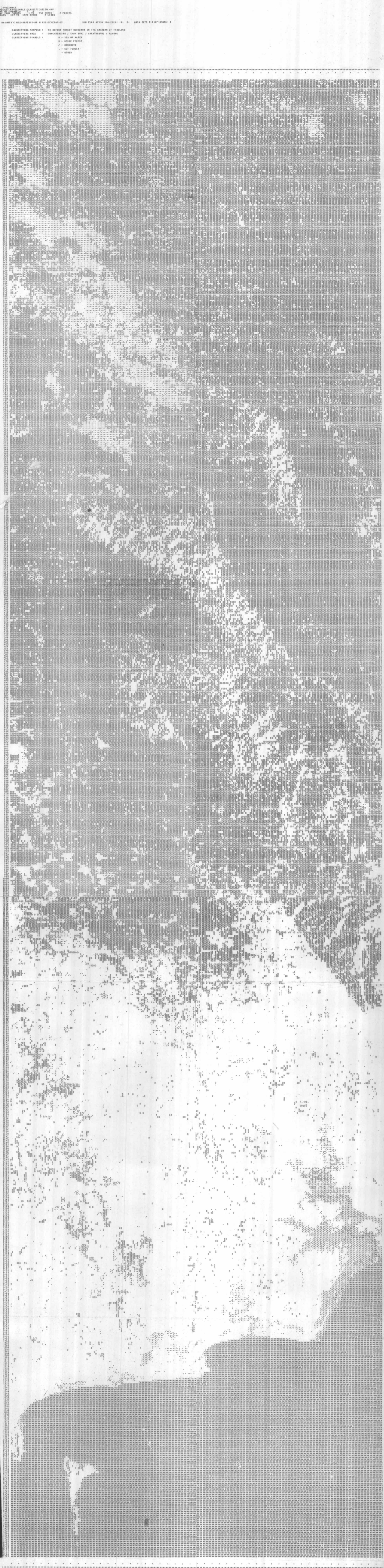
2. ขนาดพื้นที่ต่อ 1 จุด ซึ่งเราทราบว่าแต่ละจุดมีขนาดพื้นที่เท่ากับ 56 x 79 เมตร[1]

3. จำนวนจุดที่ใช้แทนต่อ 1 จุด เช่น การจำแนกภาพในวิทยานิพนธ์นี้จำแนกทุกบรรทัดเว้นบรรทัด และทุกจุดเว้นจุด ดังนั้น 1 จุดของการจำแนก จะแทนข้อมูล 4 จุดในเนื้อที่จริง

ผลจากการจำแนกภาพดังรูปที่ 33 และ 34 สามารถคำนวณพื้นที่ของสัญญลักษณ์ต่าง ๆ ได้ดังแสดงในตารางที่ 3

---

[1] The Space Devision of the General Electric, LANDSAT-3 Reference Manual (1977): 4-40



SUMMARY OF POINT VALUES AREA OF EACH CHARACTER

W =	13687	PIXELS	189.11715 KM.SQ.
D =	47297	PIXELS	653.94771 KM.SQ.
/ =	2176	PIXELS	30.50650 KM.SQ.
- =	7402	PIXELS	102.98579 KM.SQ.
BLANK =	33563	PIXELS	340.84284 KM.SQ.
TOTAL =	98125	PIXELS	1356.41970 KM.SQ.

รูปที่ 33 ผลการจำแนกภาพ บริเวณที่ใช้ศึกษาทั้งหมด ปี พ.ศ. 2516

รูปที่ 34 ผลการจำแนกภาพ บริเวณที่ใช้ศึกษาทั้งหมด ปี พ.ศ. 2519

ประเภทข้อมูล	สัญญลักษณ์	พื้นที่				ผลแตกต่าง	
		พ.ศ. 2516		พ.ศ. 2519			
		ตร.กม.	%	ตร.กม.	%	ตร.กม.	%
ทะเล	W	465.56	13.40	456.15	13.14	9.41	2.02
ป่าทึบ	D	1705.40	49.11	1481.07	42.65	224.33	13.15
ป่าชายเลน	/	103.80	2.99	35.16	1.01	68.64	66.12
ป่าทำลาย	.	191.27	5.51	193.54	5.57	-2.27	-1.19
อื่น ๆ	blank	1006.81	28.99	1306.92	37.63	-300.11	-29.81
	Total	3472.84	100.00	3472.84	100.00		

ตารางที่ 3 เนื้อที่และการเปลี่ยนแปลงเนื้อที่ของประเภทข้อมูลทั้ง 5 แบนด์ ในปี พ.ศ. 2516 และ พ.ศ. 2519

จากตารางพื้นที่ป่าไม้ คือ ป่าทึบ ใช้สัญญลักษณ์ D และ ป่าชายเลนใช้สัญญลักษณ์ /

ดังนั้นผลจากการจำแนกภาพด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์นี้ กล่าวได้ว่าในพื้นที่ที่ทำการศึกษามีเนื้อที่ป่าไม้อยู่ 1809.10 ตร.กม. ในปี พ.ศ. 2516 และในช่วงระยะเวลา 3 ปีต่อมา คือในปี พ.ศ. 2519 มีเนื้อที่ป่าเหลืออยู่ 1516.23 ตร.กม. เนื้อที่ป่าลดลงอันเนื่องจากการบุกรุกและแผ้วถาง มีจำนวนถึง 292.97 ตร.กม. ซึ่งคิดเป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 16.19 %

เปรียบเทียบผลการจำแนกภาพด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์กับการแปลภาพด้วยสายตา

ผลจากการแปลภาพด้วยสายตานั้นได้จาก การสำรวจและการศึกษาสภาพการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าไม้ในท้องที่ภาคตะวันออก ด้วยภาพถ่ายดาวเทียม[1] โดยกรมป่าไม้ แต่เนื่องจากข้อมูลที่มีอยู่นี้เป็นข้อมูลของทั้งภาค จึงจำเป็นต้องปรับค่าเหล่านี้เสียใหม่ลงให้เท่ากับพื้นที่ที่ศึกษาด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยยึดผลการแปลภาพด้วยสายตาดังกล่าวเป็นบรรทัดฐาน โดยมีขั้นตอนการปฏิบัติดังนี้

1. ตีกรอบพื้นที่ที่ศึกษาด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ในวิทยานิพนธ์นี้ ลงในภาพถ่ายจากดาวเทียม ขาว-ดำ หมายเลขภาพ THAILAND ID 760118-4-7 ขนาดมาตราส่วน 1 : 250,000 โดยคำนวณตำแหน่งจุดพิกัดในภาพถ่ายตามจุดพิกัดของ gray map ปี พ.ศ. 2519 (ดังในตารางที่ 1) จากนั้นตรวจสอบและแก้ไขพื้นที่ที่ลงไว้แล้วในภาพถ่ายกับภาพ gray map ที่มีอยู่ (ตามรูปที่ 17-20) เช่น ดูความเข้มของสี (Tone) ขอบเขตและจุดต่าง ๆ ให้ตรงกัน เพื่อให้ได้พื้นที่ที่ใกล้เคียงกันที่สุด

2. นำแผนที่ที่ได้จากการแปลภาพด้วยสายตาของพื้นที่ป่าไม้ภาคตะวันออก ซึ่งมีขนาด 1 : 250,000 เช่นเดียวกัน วางทาบลงบนภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ลง กรอบพื้นที่เรียบร้อยแล้วตามหัวข้อที่ 1 เปรียบเทียบให้ตรงกัน แล้วเขียนกรอบลงในแผนที่เช่นเดียวกัน

3. ใช้เครื่องมือวัดพื้นที่ (Polar Planimeter) ลากไปตามขอบเขตที่แสดงพื้นที่ป่าไม้ของปี พ.ศ. 2516 และ ปี พ.ศ. 2519 ค่าที่ได้คำนวณเนื้อที่ออกมาเป็น ตร.กม. ก็จะได้เนื้อที่ป่าไม้ที่แปลด้วยสายตาตามต้องการ ผลจากการวัดและคำนวณดังแสดงในตารางที่ 4 โดยที่การวัดเนื้อที่ในแต่ละปีจะวัดไม่น้อยกว่า 3 ครั้ง พื้นที่บางแห่งทำการวัด 5-6 ครั้ง เพื่อให้เป็นที่แน่ใจว่าการวัดนั้นใช้ได้ จากนั้นจึงหาค่าเฉลี่ยออกมาทั้งสองปี นำเนื้อที่ทั้งสองปีมาลบกันจะได้เป็นเนื้อที่การเปลี่ยนแปลง

---

[1] นายบุญชนะ กลั่นคำสอน และ ธงชัย จารุพัฒน์, "การสำรวจและศึกษาหาความเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าไม้ในท้องที่ภาคตะวันออกด้วยภาพถ่ายดาวเทียม," หน้า 27.

เนื้อที่ป่าไม้ (ตร.กม.)			การเปลี่ยนแปลงคิดเป็น %
ปี 2516	ปี 2519	เปลี่ยนแปลง	
2046.35	1732.43	313.92	15.34

ตารางที่ 4 เนื้อที่และการเปลี่ยนแปลงเนื้อที่ป่าไม้ระหว่างปี พ.ศ. 2516 และปี พ.ศ. 2519 จากการแปลภาพด้วยสายตา

ผลจากการแปลภาพด้วยสายตานั้น ในปี พ.ศ. 2516 มีเนื้อที่ป่าอยู่ 2046.35 ตร.กม. ส่วนปี พ.ศ. 2519 เนื้อที่ป่าลดลงเหลือ 1732.43 ตร.กม. ซึ่งเป็นผลจากการแผ้วถางทำลายไปถึง 313.92 ตร.กม. เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 15.34 %

จะเห็นว่าเนื้อที่ที่ได้จากการแปลภาพด้วยสายตานี้ จะมากกว่าผลที่ได้จากการจำแนกภาพด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ทั้งสองปี รวมถึงเนื้อที่การเปลี่ยนแปลงก็มากกว่าด้วย ทั้งนี้ก็เนื่องจากว่าการวิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์นั้นสามารถวิเคราะห์ลงไปได้ทีละจุด (pixel) ว่าแต่ละจุดนั้น ใช่ป่าหรือไม่ แม้แต่จุดที่ต่างกันเพียงเล็กน้อย ซึ่งยากต่อการวิเคราะห์ด้วยสายตา ก็จะบอกความแตกต่างกันได้เมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ ทำให้กำหนดขอบเขตได้ละเอียดกว่า ดังนั้นหากเนื้อที่ป่าไม้ที่เหลืออยู่นั้นใกล้เคียงกับการวิเคราะห์ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์แล้วก็จะยิ่งเป็นที่น่าวิตกมากขึ้นว่ามีเนื้อที่ป่าที่เหลืออยู่นั้นน้อยกว่าที่เคยทราบกันถึง 216 ตร.กม. หรือ 12.48 %

ดังได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 1 ถึงการแปลภาพด้วยสายตาว่าจะต้องอาศัยประสบการณ์และความชำนาญเป็นอย่างมากในการแจกแจงความแตกต่างของวัตถุโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของสี (tone) ความหยาบละเอียด (texture) เงา (shadow) และขนาด (size) การเขียนขอบเขตของข้อมูลแต่ละประเภทจะต้องมีความระมัดระวังมากหากวัตถุที่มีสีใกล้เคียงกันก็ย่อมมีความผิดพลาดได้ง่าย เพราะในขณะที่วัตถุมีความแตกต่างกันถึง 64 ระดับนี้ สายตามนุษย์เราจะสามารถแจกแจงความแตกต่างได้ประมาณ 16 ระดับเท่านั้น และการเขียนขอบเขตวัตถุขนาดเล็กที่มีไม่กี่ pixel จะทำให้ยากมาก จึงอาจกล่าวได้ว่า

เหล่านี้เป็นสาเหตุที่ทำให้การแปลภาพด้วยสายตามีเนื้อที่ป่าไม้มากกว่าการจำแนกภาพด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์

สถิติการใช้เวลาคอมพิวเตอร์

เวลาคอมพิวเตอร์ในการวิจัยนี้ ส่วนหนึ่งจะใช้ไปในการศึกษาและทดลอง ซึ่งเป็นงานพัฒนาและปรับปรุงโปรแกรมเพื่อให้ปฏิบัติงานได้ตามต้องการ ส่วนเวลาในการปฏิบัติงานจริง (operation) นั้นมากเป็นสองเท่า ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากพื้นที่ที่ศึกษานั้นมีขนาดใหญ่ และจำนวนข้อมูล (video data) นั้นมีจำนวนมาก และยังเป็นข้อมูลของสองปีอีกด้วย อย่างไรก็ดีเวลาคอมพิวเตอร์ที่ได้นี้ได้จากการบันทึกเวลาบน SPO (elapse time) และการทำงานบางอย่างก็มิได้มีการบันทึกเวลา[1] เช่นการบรรจุ (load) ข้อมูลลง disk หรือขึ้นเทป เวลาในการพิมพ์โปรแกรมและผลได้ (output) ต่าง ๆ จาก back up ขึ้นเครื่องพิมพ์ (line printer) อีกทั้งงานศึกษาและทดลองบางครั้งขาดการบันทึก เป็นต้น ดังนั้นเวลาที่แสดงนี้จึงมิใช่เวลาทั้งหมดที่ใช้ในงานวิจัย ซึ่งสามารถสรุปเวลาโดยประมาณของขั้นตอนการทำงานแต่ละโปรแกรม ดังแสดงไว้ในตารางที่ 5

และจากตารางที่ 5 เวลาที่ใช้ไปในการศึกษาและทดลองโดยตลอดประมาณ 13 ชั่วโมง 30 นาที และเวลาในการปฏิบัติงานจริงประมาณ 22 ชั่วโมง 40 นาที เวลาต่าง ๆ ดังกล่าวนี้ สรุปเป็นสถิติเวลา (ความเร็ว) ที่น่าสนใจได้ดังตารางที่ 6

สถิติเวลาดังกล่าว ในตารางที่ 5 และที่ 6 นี้ เป็นเวลาการทำงานในขั้นตอนต่าง ๆ ซึ่งแบ่งตามโปรแกรม หากแบ่งตามขั้นตอนการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลในวิทยานิพนธ์นี้ จะแสดงได้ดังตารางที่ 7

---

[1] เวลาต่าง ๆ เหล่านี้ ที่มิได้มีการบันทึกเวลานั้นประมาณว่าใช้เวลาไปทั้งหมดประมาณ 20 - 25 ชั่วโมง

ขั้นตอนการทำงาน	ศึกษาและทดลอง						ปฏิบัติงานจริง						ขนาดของพื้นที่ โดยประมาณ
	Compile			Test Run			Bench Mark			Classification			
	ชม	นท	ว	ชม	นท	ว	ชม	นท	ว	ชม	นท	ว	
Reformatting	1	44	27	1	28	19		40	35	3	26	54	1700ℓx830px4bx2y
Data from Tape to Disk		25	26		14	44		17	44	3	40	14	800ℓx250px2bx2y
Automatic Leyel Set		3	13		4	20		8	00		8	17	
Gray Map		5	46		10	55		3	13		34	41	800ℓx250px2bx2y
Training Set Analysis		40	56		26	41					33	08	
Histogram		3	21		4	48					11	11	
Classification		54	10	6	57	52				12	58	04	800ℓx250px2bx2y
Total	3	57	19	9	27	39	1	08	32	21	32	29	ℓ=line , p=pixel b=band , y=year

ตารางที่ 5 ประมาณการใช้เวลาคอมพิวเตอร์ในการทำงานแต่ละโปรแกรมในวิทยานิพนธ์นี้

ขั้นตอนการทำงาน	สถิติเวลา บรรทัด/นาที	หมายเหตุ[1]
Reformatting	17	ทุกบรรทัด ทุกจุด ทุกแบนด์ ในแต่ละ Strip
Data from Tape to Disk	34	ทุกบรรทัด ทุกจุด 1 แบนด์ ได้ข้อมูล 1 disk area
	15	ทุกบรรทัดเว้นบรรทัด จุดเว้นจุด 1 แบนด์ ได้ข้อมูลพร้อมกัน 2 disk areas
Gray Map	200	
Classify	5	4 ประเภทข้อมูล 2 แบนด์
	4	5 ประเภทข้อมูล 2 แบนด์
	3.5	5 ประเภทข้อมูล 3 แบนด์
Automatic Level Set	100	บรรทัดเว้นบรรทัด จุดเว้นจุด
Histogram Training Set Analysis	≈ 1 นาที	ต่อ training area ขนาด 60 จุด สำหรับ 2 แบนด์

ตารางที่ 6 สถิติเวลาการทำงานแต่ละโปรแกรมในวิทยานิพนธ์นี้

[1] ในที่นี้แต่ละบรรทัดจะมีข้อมูล 125 จุด ยกเว้นใน Reformatting ซึ่งในแต่ละบรรทัดจะมีข้อมูลประมาณ 3320 จุด

	ขั้นตอนการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูล	เวลา		
		ชม.	นาที	วินาที
1	Reformatting	7	20	15
2	Bench Mark (Coordinating)		28	57
3	DTAP & Normalized Gray Map	5	27	36
4	Statistics (Training Set Analysis & Histogram)	2	00	05
5	Preclassify	7	52	02
6	Classify	12	58	04
	Total	36	06	59

ตารางที่ 7 เวลาตามขั้นตอนการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูล

เวลาการปฏิบัติงานในตารางที่ 7 นี้ รวมถึงเวลาในขั้นทดลองและพัฒนาโปรแกรมด้วย ยกเว้น Bench Mark และ Classify นับเฉพาะเวลาในการปฏิบัติงานจริง เพราะงานทดลองและพัฒนาโปรแกรมต่าง ๆ ถือว่าอยู่ในขั้น Preclassify

ข้อสังเกตจากการวิจัย

ข้อสังเกตนี้ ได้พยายามรวบรวมสิ่งต่าง ๆ ที่น่าสนใจที่ได้ประสบในระหว่างการทำวิจัย ซึ่งอาจรวบรวมไม่ได้ทุกแง่ทุกมุม แต่ก็พยายามรวบรวมเท่าที่จะทำได้ มีดังนี้คือ

1. ขนาดของ training area

ขนาดของ training area จะใหญ่หรือเล็ก และมีจำนวนจุดเท่าใดนั้น ขึ้นอยู่

กับประเภทข้อมูลที่เราต้องการศึกษา และลักษณะข้อมูลที่อยู่ในสภาพ gray map เช่น พื้นที่ป่าชายเลนใน gray map นั้นมีขอบเขตค่อนข้างเล็ก ดังนั้นขนาด training area ก็จะเล็ก เพราะถูกจำกัดให้อยู่ภายในขอบเขตนี้ ส่วนพื้นที่ป่าทึบหรือทะเลนั้น มีขอบเขตกว้างใหญ่ก็ย่อมเลือก training area ให้มีขนาดใหญ่ได้ การเลือก training area นั้น หากเลือกให้มีสัญญลักษณ์ประเภทเดียว หรือน้อยประเภทที่สุดแล้ว training area ใหญ่หรือเล็กก็จะให้ค่าสถิติออกมาใกล้เคียงกัน ดูรูปที่ 35 ได้ลองเพิ่มขนาดของ training area ขึ้นอีก ค่าสถิติที่ได้ก็ใกล้เคียง กับค่าสถิติที่แสดงในรูปที่ 21

2. ขนาดของ training class

ขนาดของ training class จะขึ้นอยู่กับขนาดและจำนวนของ training area นั่นคือ แต่ละ training class จะมีมากกว่า 1 training area ก็ได้ รูปที่ 36 คือค่าสถิติของ training class ทั้ง 5 ที่ได้เพิ่มทั้งขนาดและจำนวน training area ก็ยังให้ค่าใกล้เคียงกับค่าในรูปที่ 21 และยังให้ผลการจำแนกภาพใกล้เคียงกับรูปเดิม ดูรูปที่ 37 เปรียบเทียบกับรูปที่ 33 บริเวณเดียวกัน

3. จำนวน class ที่เหมาะสม

การเลือกจำนวน class จะเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในการจำแนกภาพเสมอว่าจะใช้กี่ประเภทดี ประการแรกสุดนั้น จะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ หรือความต้องการของผู้วิจัยเอง ประการต่อมาก็คือผลการจำแนกภาพว่าถูกต้องอยู่ในเกณฑ์ที่ต้องการหรือไม่ ซึ่งอาจจะต้องเพิ่มหรือลดจำนวน class จากเดิมก็ได้ ดังเช่นผลการจำแนกภาพ ของปี พ.ศ. 2516 ครั้งแรกได้เลือก training class 4 class เมื่อลองจำแนกภาพดูแล้วปรากฏว่ายังไม่ได้ผลตามต้องการ จึงเพิ่ม class อีกเป็น 5 class (ดูรูปที่ 31)

4. เวลาในการจำแนกภาพ

ในการจำแนกภาพโดยวิธี Maximum Likelihood นี้ จะต้องนำค่าสถิติต่าง ๆ คือ mean vector inverse และ determinant ของ covariance matrix ไปคำนวณค่า discriminant functions ตามสูตรคือ

STATISTICS

B=FRS

SUMX	TPTS	SUMXY
5299.	368	76431.
6240.	368	89890. 106368.

MEAN VECTOR

14.39946
16.95652

COVARIANCE MATRIX

0.34954
0.10189 1.52601

INVERSE MATRIX

2.91779
-0.19507 0.66921

IDENTITY MATRIX

1.00000
0.00000 1.00000

DET = 0.52232

OTHER

SUMX	TPTS	SUMXY
8303.	255	277013.
4759.	255	157796. 91307.

MEAN VECTOR

32.56078
18.66275

COVARIANCE MATRIX

26.22366
11.17807 9.80707

INVERSE MATRIX

0.07417
-0.08454 0.19832

IDENTITY MATRIX

1.00000
-0.00000 1.00000

DET = 132.22815

WATER

SUMX	TPTS	SUMXY
3158.	255	39268.
160.	255	2009. 160.

MEAN VECTOR

12.38431
0.62745

COVARIANCE MATRIX

0.62338
0.10831 0.23468

INVERSE MATRIX

1.74401
-0.80488 4.63265

IDENTITY MATRIX

1.00000
0.00000 1.00000

DET = 0.13458

รูปที่ 35 - ตัวอย่างค่าสถิติ เมื่อใช้ Training Area ใหญ่ขึ้น ปี พ.ศ. 2516

```
* READY TO PROCEED
REWINDING INPUT TAPE - STAND BY


2 2 4 513
C-FRS D-FRS THERM GOV EWATER
  190   200     2  121   131     2
  370   384     2  139   155     2
  628   636     2  320   374     2
  686   714     2  214   250     2
  748   790     2   75   107     2
 1252  1274     2  355   385     2
 1316  1334     2  183   197     2
 1340  1350     2  153   175     2
 1310  1324     2  405   415     2
 1386  1400     2  465   475     2
 1576  1586     2   43    61     2
 1602  1636     2  335   359     2
 1662  1678     2  157   179     2
```

STATISTICS

C-FRS

SUMX	TPTS	SUMXY
1572.	108	22988.
1725.	108	25097. 27679.

MEAN VECTOR

14.55556
15.97222

COVARIANCE MATRIX

0.99689
-0.10592 1.18614

INVERSE MATRIX

1.01273
0.09043 0.85115

IDENTITY MATRIX

1.00000
-0.00000 1.00000

DET = 1.17123

D-FRS

SUMX	TPTS	SUMXY
11603.	1079	125593.
19207.	1079	207250. 345723.

MEAN VECTOR

10.75348
17.80074

COVARIANCE MATRIX

0.76108
0.69677 3.54747

INVERSE MATRIX

1.36378
-0.28951 0.33549

IDENTITY MATRIX

1.00000
0.00000 1.00000

DET = 2.26854

รูปที่ 36 ตัวอย่างค่าสถิติ เมื่อเปลี่ยน Training Area ใหม่ ปี พ.ศ. 2516

OTHER

SUMX	TPTS	SUMXY
10025.	354	309899.
7491.	354	215512. 159961.

MEAN VECTOR

28.31921
21.16102

COVARIANCE MATRIX

73.65142
9.55470 4.09017

INVERSE MATRIX

0.01948
-0.04551 0.35080

IDENTITY MATRIX

1.00000
0.00000 1.00000

DET = 209.95446

MGOVE

SUMX	TPTS	SUMXY
635.	48	8447.
545.	48	7198. 6337.

MEAN VECTOR

13.22917
11.35417

COVARIANCE MATRIX

0.98892
-0.25310 3.16977

INVERSE MATRIX

1.03230
0.08243 0.32206

IDENTITY MATRIX

1.00000
0.00000 1.00000

DET = 3.07059

WATER

SUMX	TPTS	SUMXY
3458.	402	29964.
132.	402	1166. 140.

MEAN VECTOR

8.60199
0.32836

COVARIANCE MATRIX

0.54444
0.07615 0.24104

INVERSE MATRIX

1.92168
-0.60713 4.34052

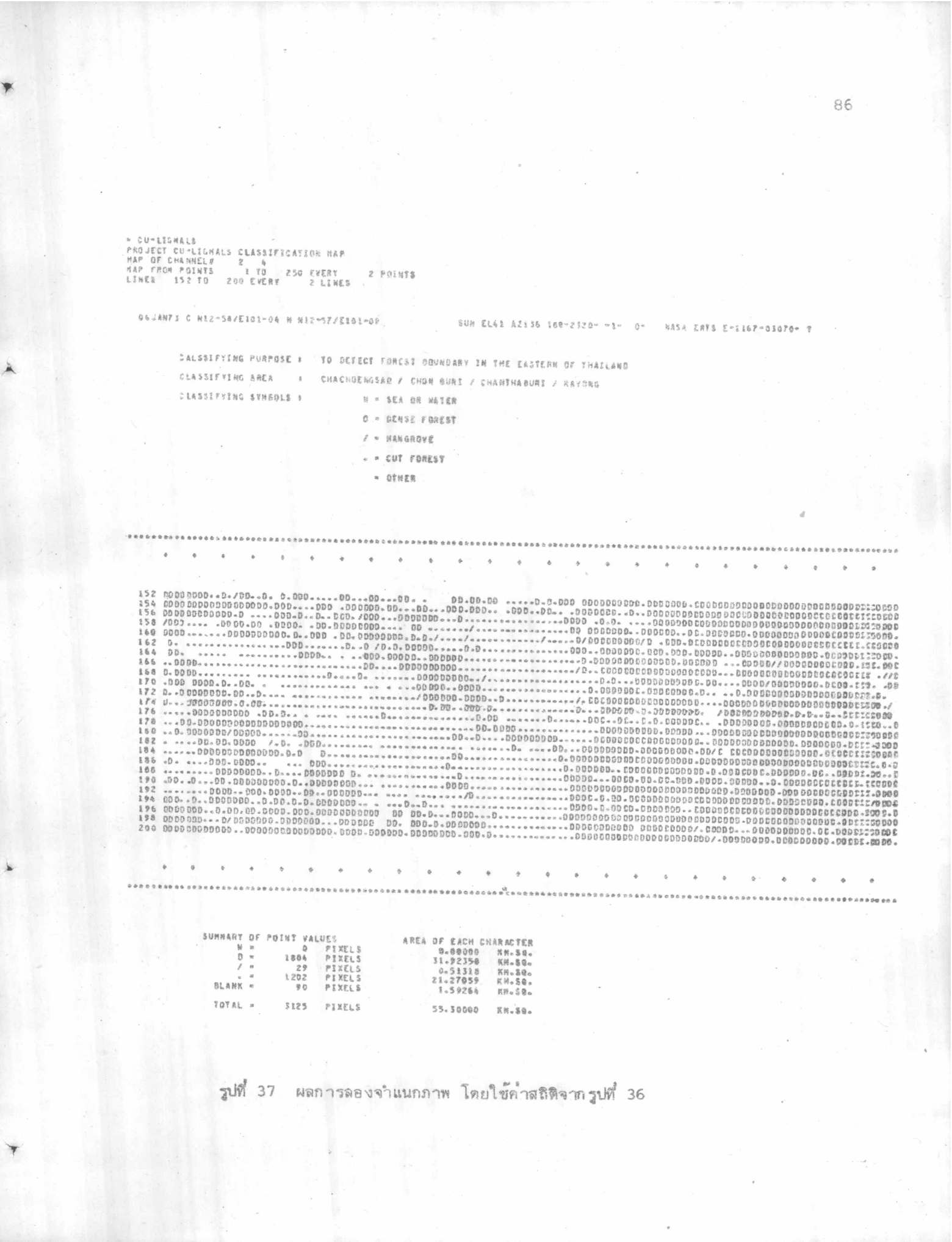
IDENTITY MATRIX

1.00000
0.00000 1.00000

DET = 0.12543

รูปที่ 33 (ต่อ) ผลการจำแนกภาพบริเวณที่ใช้ศึกษาทั้งหมด ปี พ.ศ. 2516.

```
* CU-SIGNALS
PROJECT CU-SIGNALS CLASSIFICATION MAP
MAP OF CHANNEL#    2  4
MAP FROM POINTS      1 TO    250 EVERY      2 POINTS
LINES    152 TO    200 EVERY      2 LINES


 06JAN75 C N12-58/E101-04 M N12-57/E101-05              SUN EL41 AZ136 160-2120- -1-  0-   NASA ERTS E-1167-03070- 7


       CALSSIFYING PURPOSE :   TO DETECT FOREST BOUNDARY IN THE EASTERN OF THAILAND

       CLASSIFYING AREA    :   CHACHOENGSAO / CHON BURI / CHANTHABURI / RAYONG

       CLASSIFYING SYMBOLS :          N = SEA OR WATER

                                      O = DENSE FOREST

                                      / = MANGROVE

                                      . = CUT FOREST

                                        = OTHER
```



```
SUMMARY OF POINT VALUES                 AREA OF EACH CHARACTER
        N =       0   PIXELS                    0.00000   KM.SQ.
        O =    1804   PIXELS                   31.92350   KM.SQ.
        / =      29   PIXELS                    0.51318   KM.SQ.
        . =    1202   PIXELS                   21.27059   KM.SQ.
    BLANK =      90   PIXELS                    1.59264   KM.SQ.

    TOTAL =    3125   PIXELS                   55.30000   KM.SQ.
```

รูปที่ 37 ผลการลองจำแนกภาพ โดยใช้ค่าสถิติจากรูปที่ 36

โดยที่จะต้องคำนวณค่า discriminant นี้ ไปทีละ class ในแต่ละ class จะต้องคำนวณให้ครบแบนด์ที่เลือกไว้ แล้วจึงเลือกค่า discriminant ใน class ที่ให้ค่าสูงสุด ทำอย่างนี้ไปเรื่อย ๆ ทีละจุด ๆ จนกว่าจะครบทุกจุดในพื้นที่ที่ศึกษา จะเห็นได้ว่าเวลาที่เสียไปในการคำนวณแต่ละจุดนั้น เนื่องจากต้องทำงานวนอยู่ใน loop ตามจำนวน class และแบนด์นั่นเอง ดังนั้นการเพิ่มหรือลดจำนวน class และจำนวนแบนด์ จะมีผลต่อเวลาในการจำแนกภาพ จากสถิติพบว่า

จะใช้เวลาคำนวณ	5 บรรทัด/นาที	เมื่อใช้ข้อมูล	4 class ใน 2 แบนด์
"	4 บรรทัด/นาที	"	5 class ใน 2 แบนด์
"	3.5 บรรทัด/นาที	"	5 class ใน 3 แบนด์

5. การเพิ่มความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการวิจัยการวิเคราะห์ข้อมูลจากดาวเทียมสำรวจทรัพยากร LANDSAT-1 และ 2 ครั้งนี้ ทำให้เราทราบถึงข้อพึงระวังอย่างหนึ่ง กล่าวคือขนาดความกว้างยาวของหนึ่ง pixel ซึ่งมี resolution 79 x 79 ตร.เมตร นั้น มีขนาดใหญ่พอที่จะครอบคลุมพื้นที่ได้มากว่าหนึ่งประเภท ซึ่งอาจทำให้ค่าความเข้มของ pixel นั้นผิดไปจากความจริงได้ สำหรับการวิจัยต่อจากนี้ไป จึงควรแก้ปัญหานี้ด้วยวิธี Clustering[1] อย่างไรก็ตาม ปัญหานี้น่าจะหมดไป เนื่องจากขนาด resolution ของ LANDSAT-3 จะ เท่ากับ 40 x 40 ตร. เมตร ทำให้ความผิดพลาดของค่าความเข้มของ pixel ลดน้อยลง

---

[1]Philip H. Swain and John C. Lindenlaub, "Pattern Recognition: A Basis for Remote Sensing Data Analysis," Remote Sensing Technology and Applications (Indiana: Prudue University, July 31. August 11, 1972): 65.