หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

ผลการศึกษา

5.1 ท้องที่ที่ต้องการศึกษา

จากการเลือกท้องที่ที่ต้องการศึกษาแบบเฉพาะเจาะจง (purposive) กำหนดเลือกจังหวัดกระบี่ ซึ่งมีเนื้อที่เพาะปลูกปาล์มมาก เป็นอันดับหนึ่งของประเทศไทย ทำการสั่งภาพถ่ายดาวเทียมขาว-ดำ และเทปข้อมูลจากดาวเทียม (CCT) หมายเลข THAILAND 129-54 ที่ทำการบันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 11 มีนาคม 2527 เวลา 09.45 น. จากภาพถ่ายดาวเทียมขาว-ดำ และเทปข้อมูลจากดาวเทียม (CCT) จะครอบคลุมพื้นที่ประเทศไทยเป็นอาณาบริเวณ 185 x 185 ตารางกิโลเมตร ได้แก่ จังหวัดสุราษฎร์ธานี พังงา กระบี่ สตูล และนครศรีธรรมราช ทำการตรวจสอบภาพถ่ายดาวเทียมประกอบกับแผนที่ภูมิประเทศ เพื่อกำหนดตำแหน่งบริเวณที่ตั้งของจังหวัดกระบี่ คำนวณหาจุดพิกัดว่าเป็นหมายเลขแนวนอน (line) และแนวดิ่ง (pixel) ที่เท่าไรในเทป CCT อย่างคร่าวๆ (รูปที่ 19-1)

5.2 การจัดเรียงข้อมูลในเทปข้อมูลจากดาวเทียม (CCT) ใหม่ (Reformatting)

ผลจากการกำหนดจุดพิกัดอย่างคร่าวๆ ทำการจัดเรียงข้อมูลในเทป CCT จากการเรียงข้อมูลแบบ Band Interleaved by line (BIL) เป็นแบบ Band Interleaved by pixel (BIP) ในระหว่างแนวนอน (line) ที่ 1,700 ถึง 2,000 และแนวดิ่ง (pixel) ที่ 200 ถึง 500 เก็บข้อมูลที่จัดเรียงใหม่นี้ไว้ในจานแม่เหล็ก (Disk) ที่เรียกว่า Reformatted file โดยใช้ชุดคำสั่ง Phase 0 ของโปรแกรม MOA-RECOGX

5.3 การสร้างภาพพิมพ์คอมพิวเตอร์ (Grey map)

โดยการใช้ชุดคำสั่ง Phase 1 ของโปรแกรม MOA-RECOGX สร้างภาพพิมพ์คอมพิวเตอร์ เพื่อตรวจสอบกับภาพถ่ายดาวเทียมขาว-ดำ ประกอบกับแผนที่ภูมิประเทศ และภาพถ่ายทางอากาศว่าท้องที่ที่ต้องการจะศึกษาอยู่ตำแหน่งใดของภาพพิมพ์คอมพิวเตอร์

ซึ่งจะต้องใช้ภาพพิมพ์คอมพิวเตอร์เป็นบริเวณกว้างกว่าบริเวณที่ต้องการศึกษา (study area) กำหนดให้โปรแกรมจัดช่วงระดับสีเทาของจุดภาพเป็นแบบอัตโนมัติ (Automatic Level Setting) ออกเป็น 7 ระดับ ซึ่งใช้สัญลักษณ์ แต่ละระดับดังนี้ (รูปที่ 20-1 , 20-2 , 20-3 , และ 20-4)

สัญลักษณ์	พิมพ์ซ้ำด้วย	ช่วงระดับสีเทา
M	$	0 - 66.00
X	-	66.00 - 72.22
O	/	72.22 - 77.00
/	ไม่มีการพิมพ์ซ้ำ	77.00 - 82.19
+	ไม่มีการพิมพ์ซ้ำ	82.19 - 89.00
.	ไม่มีการพิมพ์ซ้ำ	89.00 -101.00
blank	ไม่มีการพิมพ์ซ้ำ	101.00 -199.00

5.4 บริเวณที่ศึกษา (Study area)

จากภาพพิมพ์คอมพิวเตอร์ (Grey map) นำไปตรวจสอบข้อมูลภาคพื้นดิน เพื่อที่จะกำหนดขอบเขต (Boundary) ของบริเวณที่ศึกษา ทั้งนี้พิจารณาแนวเส้นธรรมชาติ เช่น แม่น้ำ ลำธาร ป่า และถนน จากภาคพื้นดินที่ปรากฏในภาพพิมพ์คอมพิวเตอร์ กำหนดหมายเลขแนวนอน (line) และแนวตั้ง (pixel) จากภาพพิมพ์คอมพิวเตอร์เป็นจุดพิกัด ลากเส้นขอบเขตแสดงบริเวณที่ศึกษาเป็นรูปสี่เหลี่ยม (rectangular) จุดพิกัดดังกล่าวเป็นแนวนอนที่ 1,855 ถึง 1,943 และแนวตั้งที่ 330 ถึง 415 ทำการสั่งให้คอมพิวเตอร์รับทราบเกี่ยวกับจุดพิกัดดังกล่าวนี้ ว่าจุดภาพหรือข้อมูลที่อยู่ในบริเวณที่ศึกษานี้เท่านั้นที่จะนำมาใช้ในการจำแนกประเภทข้อมูล บริเวณที่ศึกษาครอบคลุมจุดภาพทั้งหมด 7,654 จุดภาพหรือคิดเป็นเนื้อที่ประมาณ 22,732 ไร่

ผลจากการตรวจสอบข้อมูลภาคพื้นดิน (Ground Truth) พบว่า บริเวณที่ศึกษาตั้งอยู่ในระหว่างเส้นรุ้ง (Latitude) เหนือ ที่ 5° 8′ ถึง 8° 16′ และเส้นแวง (Longtitude) ตะวันออก ที่ 98° 56′ ถึง 98° 20′ ซึ่งบริเวณดังกล่าวอยู่ในบริเวณหมู่ที่

3, 4, 6, 9, 13 ตำบลกระบี่น้อย หมู่ที่ 1 ตำบลห้วยยูงตก อำเภอเมืองกระบี่ และหมู่ที่ 2 ตำบลเขาพนม อำเภอเมือง เขาพนม จังหวัดกระบี่ ท้องที่บริเวณที่ศึกษาตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของตัวจังหวัดห่างออกไปประมาณ 15 กิโลเมตร เศษ สามารถเดินทางโดยใช้ถนนสายเพชรเกษมช่วง กระบี่-ตรัง เดินทางออกจากตัวอำเภอเมืองไปประมาณ 12 กิโลเมตร ถึงทางเข้าวิทยาลัยเกษตรกรรมกระบี่ทางซ้ายมือ โดยใช้เส้นทางกระบี่-เขาพนม ไปอีกประมาณ 6 กิโลเมตร ก็จะถึงทางเข้าพื้นที่บริเวณที่ศึกษา ซึ่งอยู่เลยที่ตั้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มของบริษัทสหอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม จำกัด (United Palm oil Industry co.ltd) ไปเล็กน้อย บริษัทดังกล่าวมีสวนปาล์มน้ำมันอยู่ในบริเวณที่ศึกษา ลักษณะภูมิศาสตร์ของบริเวณที่ศึกษาส่วนใหญ่เป็นเนินเขาเตี้ยๆ มีที่ราบน้อยมาก เป็นดินร่วนปนทรายและดินลูกรัง (Lateritic soil) เต็มไปด้วยป่าโปร่ง (Dry Dipterocarp Forest) ที่นาข้าว บ่อลูกรัง และปาล์มน้ำมันซึ่งเป็นของบริษัทอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม จำกัด เพียงรายเดียว ซึ่งเป็นปาล์มน้ำมันอายุตั้งแต่ 3-8 ปี ให้ผลผลิตแล้วเป็นบางส่วน

สำหรับจุดอ้างอิง (Reference point) ของจุดพิกัดทั้ง 4 มุมของพื้นที่บริเวณที่ศึกษา ได้รายละเอียดดังนี้

จุดพิกัดที่ 1 เป็นแนวนอนที่ 1855 กับแนวดิ่งที่ 330 ซึ่งเป็นจุดมุมซ้ายบนของบริเวณที่ศึกษา อยู่ในบริเวณหมู่ที่ 13 ตำบลกระบี่น้อย อำเภอเมือง จังหวัดกระบี่ สภาพท้องที่ทั่วไปเป็นนาตอนใช้ปลูกข้าวเจ้า

จุดพิกัดที่ 2 เป็นแนวนอนที่ 1943 กับแนวดิ่งที่ 330 ซึ่งเป็นจุดมุมซ้ายล่างของบริเวณที่ศึกษา อยู่ในบริเวณหมู่ที่ 6 ตำบลกระบี่น้อย อำเภอเมือง จังหวัดกระบี่ สภาพท้องที่ทั่วไปเป็นลักษณะป่าโปร่ง ถัดเข้าไปจะเป็นสวนปาล์มน้ำมัน

จุดพิกัดที่ 3 เป็นแนวนอนที่ 1943 กับแนวดิ่งที่ 415 ซึ่งเป็นจุดมุมขวาล่างของบริเวณที่ศึกษา อยู่ในบริเวณหมู่ที่ 1 ตำบลยูงตก อำเภอเมืองกระบี่ จังหวัดกระบี่ สภาพท้องที่ทั่วไปเป็นที่นาตอนติดกับป่าละเมาะ

จุดพิกัดที่ 4 เป็นแนวนอนที่ 1855 กับแนวดิ่งที่ 415 ซึ่งเป็นจุดมุมขวาบนของบริเวณที่ศึกษา อยู่ในบริเวณหมู่ที่ 2 ตำบลเขาพนม อำเภอเขาพนม จังหวัดกระบี่ สภาพท้องที่ทั่วไปเป็นภูเขามีความลาดชัน (slope) สูง เต็มไปด้วยป่าผสม (Mixed forest)

นอกจากนั้นยังทำการศึกษาดูว่า ลักษณะการกระจายของจุดภาพทั้งหมดในบริเวณการแจกแจง เป็นแบบปกติ ปรากฏว่ามีลักษณะการกระจาย เป็นโค้งแบบรูประฆังคว่ำ (Bell shape) ซึ่งอนุโลมได้ว่าเป็นการแจกแจงแบบปกติ (รูปที่ 21)

5.5 ผลการกำหนดพื้นที่ตัวอย่าง (Training area)

จากข้อมูลภาคพื้นดินที่เก็บรวบรวมได้จากการศึกษาสภาพท้องที่ นำมาประกอบการพิจารณากำหนดพื้นที่ตัวอย่างออกเป็น 4 ประเภทข้อมูล (class) คือ ป่าไม้ (FORT) ปาล์มน้ำมัน (OPLM) นาข้าว (RICE) และถนน (ROAD) ซึ่งรวมบริเวณที่ว่างเปล่า (ideal land) ซึ่งมีการเปิดหน้าดินไว้แล้วด้วย ในแต่ละประเภทข้อมูลกำหนดจำนวนพื้นที่ตัวอย่างไม่เท่ากันตามขนาดของประเภทข้อมูลประเภทนั้นๆ ลากเส้นขอบเขตของพื้นที่ตัวอย่างของแต่ละประเภทข้อมูลลงในภาพพิมพ์คอมพิวเตอร์ (Grey map) ที่ได้จาก Phase 1 สำหรับจุดพิกัดแสดงเส้นขอบเขตของพื้นที่ตัวอย่างและอักษรย่อแทนประเภทข้อมูลที่ใช้แสดงไว้ในตารางที่ 2

ผลจากการกำหนดพื้นที่ตัวอย่างพบว่า (รูปที่ 22)

ข้อมูลประเภทป่าไม้มี 3 พื้นที่ดินตัวอย่าง ครอบคลุมจำนวนจุดภาพ 138 จุดภาพ คิดเป็นเนื้อที่ประมาณ 410 ไร่

ข้อมูลประเภทปาล์มน้ำมันมี 5 พื้นที่ตัวอย่าง ครอบคลุมจำนวนจุดภาพ 218 จุดภาพ คิดเป็นเนื้อที่ประมาณ 647 ไร่

ข้อมูลประเภทข้าวมี 2 พื้นที่ตัวอย่าง ครอบคลุมจำนวนจุดภาพ 95 จุดภาพ คิดเป็นเนื้อที่ประมาณ 282 ไร่

ข้อมูลประเภทถนนมี 2 พื้นที่ตัวอย่าง ครอบคลุมจำนวนจุดภาพ 46 จุดภาพ คิดเป็นเนื้อที่ประมาณ 136 ไร่

ตารางที่ 2 แสดงประเภทข้อมูล และขอบเขตของพื้นที่ตัวอย่าง

ประเภทข้อมูล	กลุ่มหรือชั้น (class)	จำนวนพื้นที่ตัวอย่าง	แนวบรรทัดที่ (Lines)	จุดภาพที่ (Column)
ป่าไม้ (FORT)	1	3	1848-1856	343-347
			1954-1958	361-369
			1887-1892	417-424
ปาล์มน้ำมัน (OPLM)	2	5	1888-1898	370-373
			1896-1903	401-424
			1886-1892	385-392
			1863-1865	388-399
			1874-1876	404-409
ข้าว (RICE)	3	2	1870-1874	313-321
			1925-1929	421-430
ถนน (ROAD)	4	2	1902-1903	372-378
			1873-1888	437-438

โดยการใช้ชุดคำสั่ง Phase 2 ของโปรแกรม MOA-RECOGX คำนวณค่าสถิติต่างๆ เช่น ค่าเมตริกสหสัมพันธ์ (Correlation matrix) ค่าเฉลี่ยตัวอย่าง (Sample mean vector) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) และเมตริความแปรปรวนร่วม (Covariance matrix) ค่าสถิติเหล่านี้จะเก็บไว้ในแฟ้มข้อมูล (file) ที่สร้างขึ้นใหม่ตลอดจนกราฟแผนภูมิแท่ง (Histogram) และกราฟเบี่ยงเบนร่วม (Coincident spectral plot) ซึ่งอธิบายถึงวัตถุประสงค์ของค่าสถิติและกราฟต่างๆ ที่กล่าวมาแล้วได้ดังนี้

1. Correlation matrix เพื่อใช้พิจารณาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ศึกษาแต่ละประเภทที่ทำการบันทึกโดยดาวเทียม LANDSAT-4 ในแต่ละแบนด์ว่ามีความสัมพันธ์กันมาก-น้อย และเป็นไปในทิศทางใด ถ้าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) ของข้อมูลที่บันทึกโดยดาวเทียมระหว่างแบนด์คู่ใด เป็นทางบวก (positively correlated) แสดงถึงข้อมูลที่ได้จากแบนด์คู่นั้นๆ มีความสัมพันธ์กันมาก ไม่สามารถแยกออกได้เด่นชัด หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า หมายถึง ค่าระดับสีเทา (Greytone level) ของจุดภาพ (pixel) ที่บันทึกจากแบนด์คู่หนึ่งๆ มีค่าใกล้เคียงกันหรือแตกต่างกันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่กำกับอยู่ คือ ถ้าเป็นเครื่องหมายบวกจะแสดงถึงค่าของระดับสีเทาจะมีค่าสูงหรือต่ำไปในทางเดียวกัน แต่ถ้าเป็นเครื่องหมายลบจะแสดงถึงของระดับสีเทาจะมีค่าสูงหรือต่ำไปในทิศทางตรงกันข้าม ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้สามารถช่วยในการพิจารณาตัดสินใจเลือกใช้แบนด์ที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ ในเมื่อจำเป็นต้องเลือกใช้จำนวนแบนด์ให้น้อยเพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับเครื่องคอมพิวเตอร์ แต่ในการศึกษาครั้งนี้กำหนดใช้ครบทั้ง 4 แบนด์ จึงไม่จำเป็นต้องพิจารณาค่าสหสัมพันธ์ดังกล่าว

2. Sample mean vector เพื่อใช้ศึกษาดูค่าเฉลี่ยของค่าระดับสีเทาของจุดภาพแต่ละประเภทข้อมูลในแต่ละแบนด์ และเป็นค่าประมาณเชิงสถิติที่ใช้ในการจำแนกข้อมูลของแต่ละวิธีการทางสถิติ

3. Standard deviation เพื่อใช้ศึกษาดูการกระจายของข้อมูลที่ศึกษาแต่ละประเภทในแต่ละแบนด์ และนำไปใช้ในการจำแนกข้อมูล

ผลจากการคำนวณค่าเฉลี่ยตัวอย่างและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลที่ศึกษาแต่ละประเภท ในแต่ละแบนด์ ดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลประเภทต่างๆ จาก 12 พื้นที่ตัวอย่าง

ประเภทข้อมูล / แบนด์ที่	ป่าไม้		ปาล์มน้ำมัน		นาข้าว		ถนน	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
แบนด์ที่ 4	40.50	2.88	48.40	2.99	72.18	10.24	53.93	5.94
แบนด์ที่ 5	35.03	3.96	52.78	4.64	97.37	19.32	73.30	13.32
แบนด์ที่ 6	82.96	5.88	81.30	4.91	99.91	14.73	91.66	6.66
แบนด์ที่ 7	105.28	8.46	99.71	7.02	107.97	12.84	101.70	10.42

นอกจากนั้น เพื่อทำการทดสอบดูว่าค่าสถิติต่างๆ ที่คำนวณได้นี้เหมาะสมหรือมีความเชื่อถือได้ต่อการนำไปใช้ในการจำแนกข้อมูลหรือไม่ จึงทำการสร้างแผนภูมิแท่ง (Histogram) ของข้อมูลแต่ละประเภท หรือ class จากพื้นที่ตัวอย่าง เพื่อดูการกระจายของข้อมูลว่ามีการแจกแจงแบบปกติ (Normal distribution) หรือไม่ ถ้าไม่เป็นจะต้องทำการแก้ไข โดยการกำหนดประเภทข้อมูลและพื้นที่ตัวอย่างอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือทั้งสองอย่าง โดยอาจลดหรือเพิ่มจำนวนประเภทข้อมูลลองจนจำนวนพื้นที่ตัวอย่างให้เหมาะสม ดังนั้น การปฏิบัติงานในขั้นตอนดังกล่าวนี้ อาจจะต้องกระทำหลายครั้งจนกว่าจะได้ตามที่ต้องการ ผลจากการศึกษาจากแผนภาพฮูกแท่ง ปรากฏว่า ข้อมูลประเภท (class) ป่าไม้และปาล์มน้ำมันมีการกระจายที่อาจอนุโลมได้ว่า เป็นแบบปกติ เป็นโค้งรูประฆังคว่ำ(Bell shape) โดยเฉพาะใน Band ที่ 5 ส่วนข้อมูลประเภทถนนก็อาจอนุโลมได้ว่ามีการกระจาย เป็นแบบปกติเป็นโค้งรูประฆังคว่ำ เช่นเดียวกัน โดยเฉพาะในแบนด์ที่ 6 ทั้งนี้สอดคล้องกับคุณสมบัติของแบนด์แต่ละแบนด์จะมีช่วงคลื่นที่เหมาะสม กับการเก็บข้อมูลแต่ละประเภทตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 1 หน้าที่ 16 ของบทที่ 2 (รูปที่ 27, 28, 29 และ 30)

5.6 การทดลองจำแนกประเภทข้อมูล (Pre-classification)

โดยการใช้ชุดคำสั่ง Phase 4 ของโปรแกรม MOA-RECOGX นำค่าสถิติต่างๆ ที่คำนวณได้มาทดลองจำแนกประเภทข้อมูล ตลอดจนศึกษาดูความคล้ายคลึงและสม่ำเสมอของแต่ละประเภทข้อมูลในพื้นที่ตัวอย่าง เพื่อเพิ่มความมั่นใจในการกำหนดพื้นที่ตัวอย่างและค่าสถิติที่จะนำไปใช้ในการจำแนกประเภทข้อมูลทั้งหมด ผลการทดลองจำแนกประเภทข้อมูลในแต่ละวิธีการสถิติแสดงไว้ในตารางที่ 4, 5, และ 6 ตามลำดับ

5.7 การจำแนกประเภทข้อมูลทั้งหมด

จากวิธีการทางสถิติที่ใช้เพื่อการจำแนกข้อมูลจากดาวเทียมทั้ง 3 วิธี คือ Level slicing, Euclidean distance และ Maximum-Likelihood ที่กล่าวโดยละเอียดแล้วในบทที่ 3 เมื่อนำมาใช้ในการจำแนกข้อมูลเพื่อประมาณค่าข้อมูลประเภทต่างๆ ตามที่กำหนดในบริเวณที่ศึกษา (study site) ผลของการจำแนกในแต่ละวิธีการสถิติ ปรากฏผลดังนี้

5.7.1 Level slicing โดยการใช้ค่าสถิติ คือ ค่าเฉลี่ยตัวอย่าง (Sample mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ที่คำนวณได้จากพื้นที่ตัวอย่างของข้อมูลแต่ละประเภททั้ง 4 Band คำนวณหาค่าระดับสีเทาสูงสุด (maximum) และค่าระดับสีเทาต่ำสุด (minimum) กล่าวคือ

ค่าระดับสีเทาสูงสุด = ค่าเฉลี่ยตัวอย่าง + (k) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ค่าระดับสีเทาต่ำสุด = ค่าเฉลี่ยตัวอย่าง - (k) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ค่าระดับสีเทาสูงสุดและต่ำสุดจะเป็นช่วงที่ใช้เป็นเกณฑ์พิจารณาจำแนกข้อมูลแต่ละประเภท ถ้าค่าระดับสีเทาของจุดภาพ (pixel) ใดอยู่ในช่วงดังกล่าวนี้ก็จะถูกจัดให้อยู่ข้อมูลประเภทนั้นๆ สำหรับค่าระดับสีเทาสูงสุดและต่ำสุดที่คำนวณได้ในแต่ละแบนด์ ปรากฏในตารางที่ 7 และผลการจำแนกประเภทข้อมูล เมื่อพิจารณาเฉพาะค่าระดับสีเทาของจุดภาพที่อยู่ภายใต้เส้นโค้งปกติเป็นร้อยละ 68, 95 และ 99 หรือกำหนดพิจารณาเฉพาะค่าระดับสีเทาของจุดภาพที่อยู่ในช่วง $\bar{x} \pm (1)S.D.$, $\bar{x} \pm (2)S.D.$ และ $\bar{x} \pm (3)S.D.$ ตามลำดับ เมื่อ $\bar{x}$ คือ ค่าเฉลี่ยของประเภทข้อมูลประเภทหนึ่งในแบนด์หนึ่ง และ S.D. คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการจำแนกแสดงไว้ในตารางที่ 8

ตารางที่ 4 ผลการทดลองจำแนกประเภทข้อมูลด้วยวิธี Level Slicing ในพื้นที่ตัวอย่าง

ประเภทข้อมูล	พื้นที่ตัวอย่างที่	ร้อยละของจำนวนจุดภาพที่จำแนกเป็น				ทุกพื้นที่ตัวอย่างของแต่ละประเภทข้อมูล
		ป่าไม้	ปาล์มน้ำมัน	นาข้าว	ถนน	
ป่าไม้	1	76.9	14.6	8.5	-	74.5
	2	68.4	18.9	12.7	-	
	3	75.3	10.2	14.5	-	
ปาล์มน้ำมัน	1	13.5	86.5	-	-	84.6
	2	16.6	73.4	5.3	4.7	
	3	10.6	8.39	5.5	-	
	4	9.9	90.1	-	-	
	5	6.8	93.2	-	-	
นาข้าว	1	-	-	97.3	2.7	91.9
	2	.5	-	90.5	9.0	
ถนน	1	-	-	13.3	86.7	87.4
	2	3.5	-	6.5	90.0	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5 ผลการทดลองจำแนกประเภทข้อมูลด้วยวิธี Euclidean distance ในพื้นที่ตัวอย่าง

ประเภทข้อมูล	พื้นที่ตัวอย่างที่	ร้อยละของจำนวนจุดภาพที่จำแนก เป็น				ทุกพื้นที่ตัวอย่างของแต่ละประเภทข้อมูล
		ป่าไม้	ปาล์มน้ำมัน	นาข้าว	ถนน	
ป่าไม้	1	72.4	15.7	5.9	6.0	75.4
	2	73.0	24.2	2.8	-	
	3	86.7	13.3	-	-	
ปาล์มน้ำมัน	1	5.3	92.7	-	2.0	87.72
	2	11.5	88.5	-	-	
	3	3.7	96.3	-	-	
	4	16.6	81.4	-	2.0	
	5	18.3	79.7	1.5	0.5	
นาข้าว	1	-	-	92.7	7.3	88.5
	2	-	10.7	86.3	3.0	
ถนน	1	-	-	4.3	95.7	93.0
	2	-	5.7	4.0	90.3	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6 ผลการทดลองจำแนกประเภทข้อมูลด้วยวิธี Maximum-likelihood ในพื้นที่ตัวอย่าง

ประเภทข้อมูล	พื้นที่ตัวอย่างที่	ร้อยละของจำนวนจุดภาพที่จำแนกเป็น				ทุกพื้นที่ตัวอย่างของแต่ละประเภทข้อมูล
		ป่าไม้	ปาล์มน้ำมัน	นาข้าว	ถนน	
ป่าไม้	1	93.2	6.8	-	-	94.8
	2	91.5	4.3	4.2	-	
	3	98.2	1.8	-	-	
ปาล์มน้ำมัน	1	2.3	97.6	0.1	-	94.9
	2	3.8	96.2	-	-	
	3	1.8	98.2	-	-	
	4	10.5	86.5	3.0	-	
	5	8.5	90.9	-	0.6	
นาข้าว	1	-	-	99.3	0.7	96.9
	2	-	-	94.4	5.6	
ถนน	1	-	3.3	10.0	86.7	88.6
	2	-	-	7.6	92.4	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7 ค่าระดับสีเทาสูงสุดและต่ำสุดที่ใช้ในวิธี Level Slicing

ประเภทข้อมูล	Band 4		Band 5		Band 6		Band 7		k
	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	
ป่าไม้	43.40	37.64	38.99	31.07	88.84	77.08	113.74	96.82	
ปาล์มน้ำมัน	51.39	45.41	57.42	48.14	86.21	76.39	106.73	92.69	
นาข้าว	82.42	61.94	116.69	78.05	113.92	84.46	120.82	95.14	1
ถนน	59.87	47.99	86.62	59.98	97.81	84.49	112.20	91.28	
ป่าไม้	46.28	34.76	42.95	27.11	94.72	71.23	122.20	88.36	
ปาล์มน้ำมัน	54.38	42.42	62.06	43.50	91.12	71.48	113.75	85.67	
นาข้าว	92.66	51.70	126.01	58.73	128.65	69.73	133.66	82.30	2
ถนน	65.81	42.05	99.94	46.66	104.47	77.83	122.54	80.86	
ป่าไม้	49.16	31.88	46.91	23.15	100.60	65.32	130.66	79.90	
ปาล์มน้ำมัน	57.37	39.43	66.70	38.86	96.03	66.57	120.77	78.65	
นาข้าว	102.90	41.46	155.33	39.41	143.38	55.00	146.59	69.37	3
ถนน	71.75	36.11	113.26	33.34	111.13	71.17	132.96	70.44	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 8 ผลการจำแนกประเภทข้อมูลโดยวิธี Level slicing

ประเภทข้อมูล	สัญลักษณ์	(1) S.D.		(2) S.D.		(3) S.D.	
		จำนวนจุดภาพ	เนื้อที่ (ไร่)	จำนวนจุดภาพ	เนื้อที่ (ไร่)	จำนวนจุดภาพ	เนื้อที่ (ไร่)
ป่าไม้	A	564	1675.08	2085	6192.45	2662	7906.14
ปาล์มน้ำมัน	B	728	2169.16	3166	9403.02	3989	11847.33
นาข้าว	C	55	163.35	116	344.52	64	190.08
ถนน	D	323	959.31	1284	3813.48	894	2655.18
จำแนกไม่ได้	blank	5984	17772.48	1003	2978.91	45	133.65
รวม		7654	22732.38	7654	22732.38	7654	22732.38

5.7.2 Euclidean distance โดยการใช้ค่าสถิติเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยตัวอย่างและค่าความแปรปรวนในแต่ละแบนด์แทนค่าลงไปใน Discriminant function ที่ (35) คือ

$$g_i(X) = \sum_{j,k=1}^{4} \frac{(x_j - m_{ij})^2}{s_{ijj}}$$

จะพิจารณาจุดภาพนั้นเป็นข้อมูลประเภทที่ i ถ้าค่าระดับสีเทาของจุดภาพนั้นมีระยะห่างจากค่าเฉลี่ยตัวอย่างน้อยที่สุด กล่าวคือ พิจารณา Pixel X เป็นข้อมูลประเภทที่ i เมื่อ

$$g_i(X) > g_i(X) \quad \text{สำหรับทุกค่าของ} \quad i \neq j$$

ผลการจำแนกโดยพิจารณาตัดทอนจุดภาพที่คาดว่าจะไม่สามารถจำแนกได้ โดยใช้ดัชนีการตัดทอนจุดภาพ (Thresholding index) ออกร้อยละ 31.73 , 5 และไม่มีการตัดทอนจุดภาพเลย ดังในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ผลการจำแนกประเภทข้อมูลโดยวิธี Euclidean distance

ประเภทข้อมูล	สัญลักษณ์	(1) S.D.		(2) S.D.		(3) S.D.	
		จำนวนจุดภาพ	เนื้อที่ (ไร่)	จำนวนจุดภาพ	เนื้อที่ (ไร่)	จำนวนจุดภาพ	เนื้อที่ (ไร่)
ป่าไม้	A	288	855.36	699	2076.03	1060	3148.20
ปาล์มน้ำมัน	B	373	1107.81	905	2687.85	1400	4158.00
นาข้าว	C	15	44.55	41	121.77	75	222.75
ถนน	D	98	291.06	424	1259.28	848	2518.56
จำแนกไม่ได้	blank	6880	20433.60	5585	16587.45	4271	12684.87
รวม		7654	22732.38	7654	22732.38	7654	22732.38

5.7.3 Maximum-likelihood โดยการใช้ค่าสถิติเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยตัวอย่างและเมตริกความแปรปรวนร่วมแทนค่าลงไปใน Discriminant function ที่ (26) คือ

$$g_i(X) = \ln|h(\theta_i)| - \frac{1}{2}\ln|S_i| - \frac{1}{2}(X-M_i)'S_i^{-1}(X-M_i)$$

จาก (9-1) และ (9-2) ดังนั้น จะได้ Discriminant function ตัวใหม่ คือ

$$g_i^1(X) = \frac{1}{2}\ln|S_i| + \frac{1}{2}(X - M_i)'S_i^{-1}(X - M_i)$$

พิจารณาจุดภาพนั้นเป็นข้อมูลประเภทที่ i ถ้า $g_i(X)$ นั้นมีค่าสูงสุด

$$g_i(X) > g_i(X) \quad \text{สำหรับทุกค่าของ} \quad i \neq j$$

ผลการจำแนกโดยใช้ดัชนีการตัดทอนจุดภาพที่คาดว่าจะไม่สามารถจำแนกได้ในระดับต่างๆ กัน ดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ผลการจำแนกประเภทข้อมูลโดยใช้วิธี Maximum-Likelihood

ดัชนีการตัดทอนจุดภาพ		0		6		8		9		10	
ประเภทข้อมูล	สัญลักษณ์	จำนวนจุดภาพ	เนื้อที่ (ไร่)	จำนวนจุดภาพ	เนื้อที่ (ไร่)	จำนวนจุดภาพ	เนื้อที่ (ไร่)	จำนวนจุดภาพ	เนื้อที่ (ไร่)	จำนวนจุดภาพ	เนื้อที่ (ไร่)
ป่าไม้	A	2517	7475.49	2510	7454.70	2460	7306.20	2415	7172.55	2023	6008.31
ปาล์มน้ำมัน	B	3977	11811.69	3968	11784.96	3881	11526.57	3816	11333.52	3044	9040.68
นาข้าว	C	548	1627.56	533	1583.01	518	1538.46	510	1514.70	469	1392.93
ถนน	D	612	1817.64	611	1814.67	595	1767.15	584	1734.48	496	1473.12
จำแนกไม่ได้	blank	-	-	32	94.04	192	570.24	329	977.13	1622	4817.34
รวม		7654	22732.38	7654	22732.38	7654	22732.38	7654	22732.38	7654	22732.38

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.8 การทดสอบความถูกต้อง (Map Accuracy Test)

เมื่อนำผลการจำแนกประเภทข้อมูลด้วยวิธีการทางสถิติทั้ง 3 วิธี ที่พิจารณาเฉพาะจุดภาพ (pixel) ซึ่งอยู่ในพื้นที่ได้เส้นโค้งปกติ เป็นบริเวณที่เท่าๆ กัน คือ ร้อยละ 95.45 ของพื้นที่ได้เส้นโค้งทั้งหมด โดยการนำภาพพิมพ์คอมพิวเตอร์ (Grey map) ที่แสดงผลการจำแนกประเภทข้อมูลแต่ละวิธีการทางสถิติ (รูปที่ 34,37 และ 40) มาแบ่งออกเป็นบล๊อค (block) เท่าๆ กันได้ 306 บล๊อค ในแต่ละบล๊อคผลการจำแนกด้วยวิธีการทางสถิติแต่ละวิธีจะแสดงจำนวนจุดภาพที่จำแนกได้ไม่เท่ากัน ทั้งนี้ในแต่ละวิธีการทางสถิติที่ใช้อาจมีส่วนที่จำแนกไม่ได้ อย่างไรก็ตาม จำนวนจุดภาพที่จำแนกได้ในแต่ละบล๊อคจะมีจำนวนจุดภาพได้ไม่เกิน 25 จุดภาพ หรือคิดเป็นเนื้อที่ประมาณ 74.3 ไร่ สำหรับการสุ่มหาบล๊อคตัวอย่างนั้นกระทำโดยให้หมายเลขสุ่ม (Random Number) เรียงกันจาก 1, 2, 3 ..., จนถึง 306 โดยเรียงลำดับหมายเลขแบบงูเลื้อย (Supentine system) แล้วทำการสุ่มหาบล๊อคตัวอย่างโดยวิธีสุ่มแบบมีระบบ (Systematic sampling) ได้จำนวนบล๊อคตัวอย่างทั้งหมด 10 ตัวอย่าง ในแต่ละบล๊อคตัวอย่างทำการตรวจสอบทางภาคพื้นดินว่าผลการจำแนกประเภทข้อมูลที่ได้จากวิธีการทางสถิติเป็นข้อมูลประเภทใด (class) แท้จริงแล้วเป็นข้อมูลประเภทใด คำนวณหาความถูกต้องของผลการจำแนกประเภทข้อมูล ด้วยวิธีการทางสถิติกับผลการสำรวจภาคพื้นดินในรูปของ Confusion matrix ได้ค่า Overall Mapping Accuracy (MA) ในรูปร้อยละ ดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 11, 12 และ 13 (10 : 259)

ตารางที่ 11 ผลการทดสอบความถูกต้องของผลการจำแนกประเภทข้อมูลด้วยวิธี Level-Slicing

ผลการตรวจสอบภาคพื้นดิน	ผลการจำแนกด้วยวิธีการทางสถิติ				รวม	% MA
	ป่าไม้	ปาล์มน้ำมัน	นาข้าว	ถนน		
ป่าไม้	29	25	-	4	58	38
ปาล์มน้ำมัน	16	81	-	8	105	62
นาข้าว	-	-	4	2	6	67
ถนน	2	-	-	15	17	48
รวม	47	106	4	29	186	69

ตารางที่ 12 ผลการทดสอบความถูกต้องของผลการจำแนกประเภทข้อมูลด้วยวิธี Euclidean distance

ผลการตรวจสอบภาคพื้นดิน	ผลการจำแนกด้วยวิธีการทางสถิติ				รวม	% MA
	ป่าไม้	ปาล์มน้ำมัน	นาข้าว	ถนน		
ป่าไม้	14	6	-	4	24	50
ปาล์มน้ำมัน	2	22	-	5	29	59
นาข้าว	-	-	-	-	-	-
ถนน	2	2	-	11	15	46
รวม	18	30	-	20	68	69

ตารางที่ 13 ผลการทดสอบความถูกต้องของผลการจำแนกประเภทข้อมูลด้วยวิธี Maximum-likelihood

ผลการตรวจสอบภาคพื้นดิน	ผลการจำแนกด้วยวิธีการทางสถิติ				รวม	% MA
	ป่าไม้	ปาล์มน้ำมัน	นาข้าว	ถนน		
ป่าไม้	59	26	2	2	89	53
ปาล์มน้ำมัน	18	98	-	2	118	68
นาข้าว	4	-	13	3	20	59
ถนน	-	-	-	16	16	70
รวม	81	124	15	23	243	77

5.9 ระยะเวลาคอมพิวเตอร์ที่ใช้

ในส่วนหนึ่งของการศึกษา เพื่อเปรียบเทียบวิธีการทางสถิติที่ใช้จำแนกข้อมูลจากดาวเทียมนี้นอกจากนำผลของการจำแนกข้อมูลในแต่ละวิธีแล้วยังพิจารณาถึงเวลาคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการจำแนกข้อมูลโดยใช้วิธีการทางสถิติในแต่ละวิธี ซึ่งเป็นการศึกษาเฉพาะเวลาที่ใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ในส่วนที่เป็นการปฏิบัติงานเกี่ยวกับการจัดการข้อมูลขาเข้า (Input) ควบคุมการทำงาน การทำงานในหน่วยความจำของเครื่อง (CPU) และการจัดการข้อมูลขาออก (Output) เท่านั้น มิได้รวมระยะเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานในขั้นตอนอื่นๆ อาทิเช่น การปฏิบัติงานสนาม (Field work) การเตรียมวัสดุ-อุปกรณ์ ตลอดจนเครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ หรือการเตรียมงานเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลขาเข้า ตลอดจนการจัดการเกี่ยวกับข้อมูลขาออกที่เป็นผลลัพธ์ เป็นต้น ซึ่งระยะเวลาในส่วนต่างๆ ที่กล่าวนี้ส่วนใหญ่จะใช้เวลาร่วมกัน และกระทำภายใต้สภาวะการณ์ต่างๆ เหมือนกัน เมื่อปฏิบัติงานในครั้งใดครั้งหนึ่งก็จะเป็นการปฏิบัติงานที่สามารถนำไปใช้เพื่อการวิเคราะห์หรือจำแนกโดยวิธีการสถิติในแต่ละวิธีการ ดังนั้น เวลาที่แตกต่างกันก็จะเป็นส่วนของเวลาคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในแต่ละวิธีการสถิติเท่านั้น เมื่อนำเวลาคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในแต่ละวิธีการสถิติอันจะเป็นผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายด้วย โดยแยกเป็นขั้นตอนที่สำคัญๆ เปรียบเทียบได้ดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 14 เวลาคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการจำแนกข้อมูลในแต่ละวิธีการสถิติ

การปฏิบัติงาน	เวลา	Level-Slicing				Euclidean distance				Maximum-likelihood				จำนวนจุดภาพ (lines x pixels)	หมายเหตุ
		CPU		Duration		CPU		Duration		CPU		Duration			
		นท.	วท.	นท.	วท.	นท.	วท.	นท.	วท.	นท.	วท.	นท.	วท.		
Phase 0		3	2.8	18	-	3	2.8	28	-	3	2.8	18	-	62,500	Reformatting
Phase 1		2	7.8	12	15.6	2	7.8	10	10.6	2	7.8	12	6.7	27,000	ปฏิบัติงาน 2 ครั้ง
Phase 2		1	5.3	10	6.0	1	5.3	10	6.0	1	5.3	10	6.0	497	ปฏิบัติงาน 2 ครั้ง
Phase 3		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Phase 4		-	42.7	3	1.9	1	7.5	3	2.6	1	20.8	4	40.1	7,654	ปฏิบัติงาน 3 ครั้ง
Phase 5		-	-	-	-	-	-	-	-	-	42.7	1	5.7	7,654	ปฏิบัติงาน 1 ครั้ง
Phase 6		-	-	-	-	-	-	-	-	-	27.6	1	38.1	7,654	ปฏิบัติงาน 1 ครั้ง
รวม		6	48.6	53	23.5	7	23.4	41	19.2	7	47.0	56	36.6		

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.10 การเปรียบเทียบผลการจำแนกประเภทข้อมูล

ในการเปรียบเทียบผลการจำแนกประเภทข้อมูลของแต่ละวิธีการทางสถิตินั้น เมื่อเปรียบเทียบกับการจำแนกเฉพาะบริเวณที่เป็นสวนปาล์มน้ำมันของบริษัทสหอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม จำกัด ซึ่งตั้งอยู่ในบริเวณที่ศึกษา (study area) และได้ทำการรังวัดเนื้อที่ทั้งหมดของบริษัทดังกล่าวได้ 8,049 ไร่ เมื่อหักเนื้อที่ส่วนอื่นๆ ที่ไม่ใช่เนื้อที่เพาะปลูกปาล์มน้ำมัน เช่น ถนน นาข้าว ป่าไม้ ตลอดจนโรงเรือนบ่อลูกรังและที่รกร้างว่างเปล่าออกแล้วเหลือเนื้อที่เพาะปลูกปาล์มน้ำมันจริงๆ เท่ากับ 5,735 ไร่ ถ้าผลการจำแนกประเภทข้อมูลเฉพาะบริเวณสวนปาล์มน้ำมันของบริษัท วิธีการทางสถิติวิธีการใดให้ผลการจำแนกประเภทข้อมูลเป็นปาล์มน้ำมันเมื่อคิดเป็นเนื้อที่แล้วใกล้เคียงกับเนื้อที่เพาะปลูกปาล์มน้ำมันของบริษัท ก็จะพิจารณาได้ว่าวิธีการทางสถิตินั้นให้ผลการจำแนกประเภทข้อมูลได้ถูกต้องที่สุด ทั้งนี้จะนำผลการจำแนกประเภทข้อมูลทั้ง 3 วิธีที่พิจารณาเฉพาะจุดภาพ (pixel) ซึ่งอยู่ในพื้นที่ใต้เส้นโค้งปกติเป็นบริเวณที่เท่าๆ กัน คือ ร้อยละ 95.45 ของพื้นที่ใต้เส้นโค้งทั้งหมด ผลการเปรียบเทียบแสดงไว้ในตารางที่ 15

ตารางที่ 15 การเปรียบเทียบผลการจำแนกประเภทข้อมูลด้วยวิธีการทางสถิติทั้ง 3 วิธี กับผลการรังวัดเนื้อที่เพาะปลูกปาล์มน้ำมัน

เนื้อที่เพาะปลูกจากการรังวัด (ไร่)	Level - Slicing		Euclidean distance		Maximum-likelihood	
	เนื้อที่ (ไร่)	ผลต่าง %	เนื้อที่ (ไร่)	ผลต่าง %	เนื้อที่ (ไร่)	ผลต่าง %
5,735	3775.8	-16.73	1735.1	-76.02	6121.2	+ 6.73

5.11 สรุปผล

จากผลการจำแนกประเภทข้อมูลด้วยวิธีการทางสถิติ เมื่อนำมาวิเคราะห์สรุปผลโดยการตรวจสอบความถูกต้อง (Map Accuracy Test) เปรียบเทียบผลการจำแนกประเภทข้อมูลกับเนื้อที่เพาะปลูกจริงที่รังวัดแล้ว ตลอดจนระยะเวลาคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในแต่ละวิธีการทางสถิติ จะเห็นว่าวิธีการทางสถิติ Maximum-likelihood เป็นวิธีการที่เหมาะสมให้ผลการจำแนกประเภทข้อมูลได้ถูกต้องกว่าวิธีการทางสถิติอีก 2 วิธีการ แม้ว่าวิธีการของ Maximum-likelihood จะใช้เวลาคอมพิวเตอร์มากกว่าก็เพียงเล็กน้อย เนื่องจากวิธีการทางสถิติดังกล่าวนี้ใช้ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมสำเร็จรูป MOA-RECOGX การจำแนกประเภทข้อมูลมากกว่าอีก 2 วิธีการ กล่าวคือ ในขณะที่ Level Slicing และ Euclidean distance ใช้เพียง 4 ขั้นตอน ได้แก่ Phase 0, 1, 2 และ 4 ส่วน Maximum-likelihood ใช้ 5 ขั้นตอน ได้แก่ Phase 0, 1, 2, 4, 5 และ 6 ทั้งนี้ได้นำผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบของวิธีการสถิติต่างๆ มาสรุป แสดงไว้ในตารางที่ 16

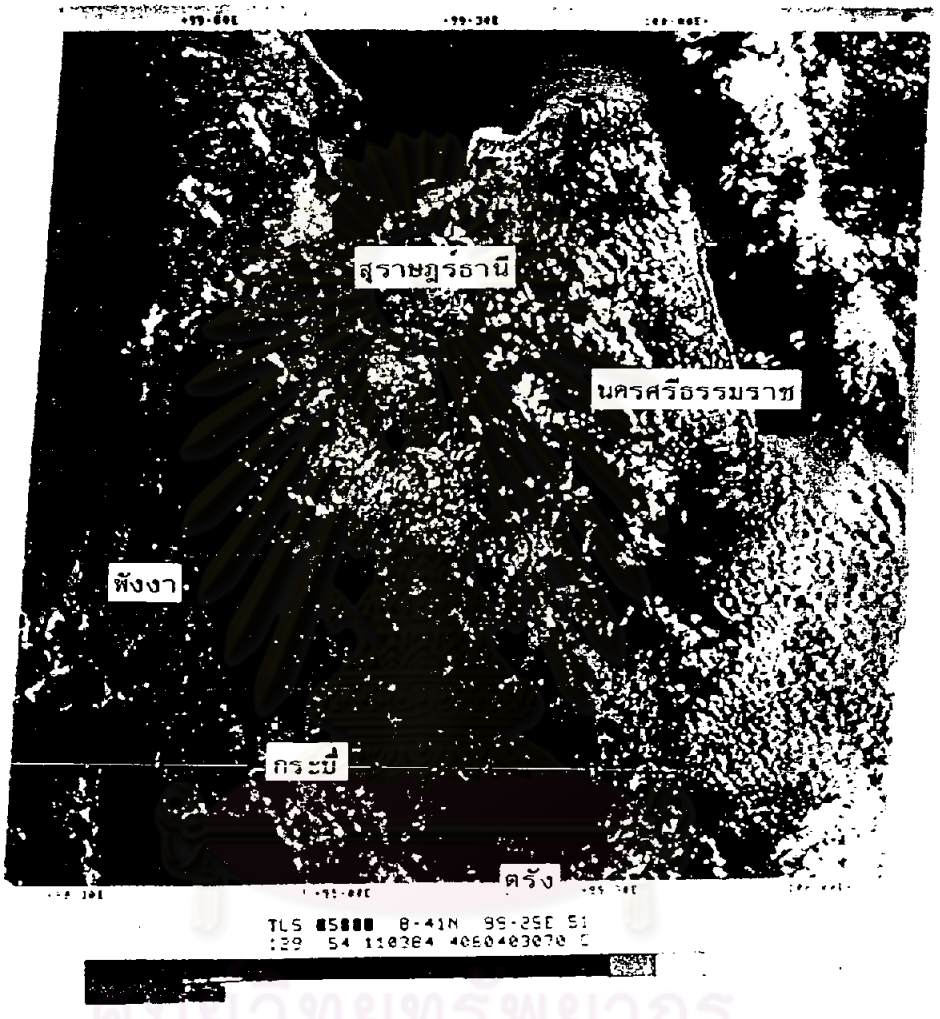
ตารางที่ 16 สรุปผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการจำแนกประเภทข้อมูลด้วยวิธีการทางสถิติทั้ง 3 วิธี

รายการ	หน่วย	LS	ED	ML
1. ผลการจำแนกประเภทข้อมูลทั้งบริเวณที่ศึกษาทั้งหมด (study area)				
1.1 ป่าไม้ (FORT)	ไร่	6,192.45	2,076.03	7,454.70
1.2 ปาล์มน้ำมัน (OPLM)	ไร่	9,403.02	2,687.85	11,784.96
1.3 นาข้าว (RICE)	ไร่	344.52	121.77	1,583.01
1.4 ถนน (ROAD)	ไร่	3,813.48	1,259.28	1,814.67
1.5 จำแนกไม่ได้ (BLANK)	ไร่	2,978.91	16,587.45	94.04
2. การทดสอบความถูกต้อง (MA)	ร้อยละ	69	69	77
3. ระยะเวลาคอมพิวเตอร์ที่ใช้	นาที	43.23	41.19	56.36
4. ผลการจำแนกประเภทข้อมูลเป็นปาล์มน้ำมันเฉพาะในบริเวณที่รังวัดได้เนื้อที่เพาะปลูกปาล์มน้ำมันจริงเท่ากับ 5,735ไร่				
4.1 ผลการจำแนก	ไร่	4,775.80	1,375.10	6,121.20
4.2 ผลต่างเมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อที่รังวัด	ร้อยละ	-16.73	-16.73	+6.72

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบวิธีการทางสถิติทั้งสามนี้ กล่าวได้ว่า Maximum-likelihood จะใช้ในการจำแนกข้อมูลได้ดีกว่า Euclidean distance และ Level slicing เพราะเหตุผลเสริมดังที่ได้สรุปไว้ดังนี้

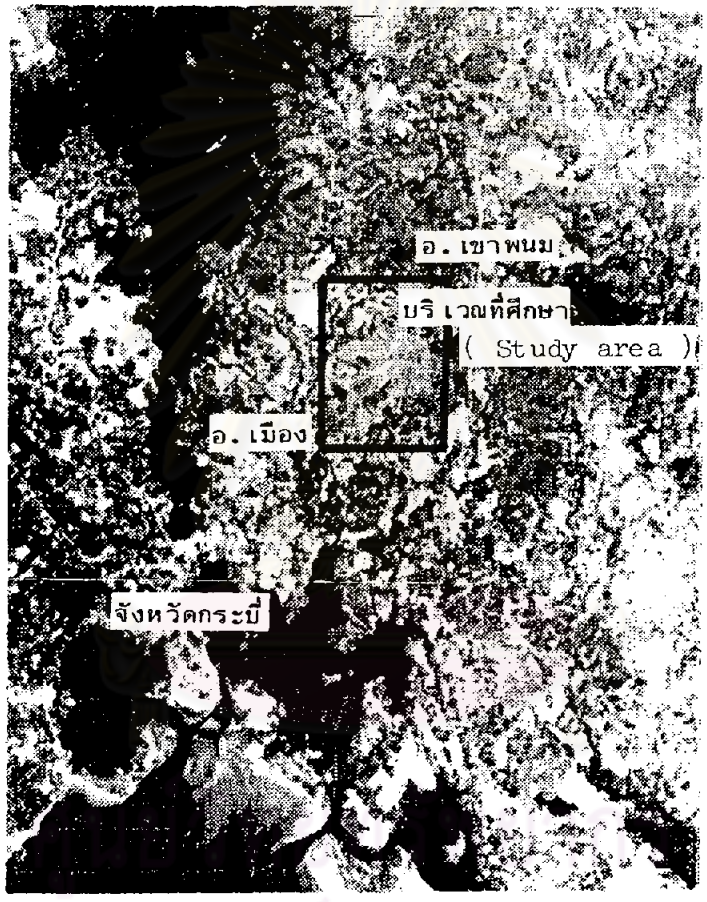
วิธีการ	เหตุผล
Level slicing	1. ค่าระดับสีเทา (Greytone-level) ของจุดภาพในแต่ละ class อาจเท่ากัน ทำให้ไม่สามารถตัดสินใจได้ว่าจุดภาพนั้นควรอยู่ใน class ไหน (unclassified) 2. ค่าระดับสีเทา (Greytone-level) ของจุดภาพในแต่ละ class อาจมากกว่าค่าระดับสีเทาสูงสุดหรือน้อยกว่าค่าระดับสีเทาต่ำสุด ทำให้ไม่สามารถตัดสินใจได้ว่าจุดภาพนั้นอยู่ใน class ไหน 3. เกณฑ์การตัดสินใจขึ้นอยู่กับการพิจารณาของผู้วิจัย (subjective) ซึ่งอาจผิดพลาดได้
Euclidean distance	1. ระยะทางระหว่างจุดภาพกับค่าเฉลี่ยของแต่ละ class นี้อาจเท่ากัน ทำให้ $g_i(X)=g_i(X)$ จึงตัดสินใจไม่ได้ว่าจุดภาพนั้นควรอยู่ใน class ไหน 2. เป็นฟังชั่นที่เกิดจากสมมติฐาน (assume) ว่า Priori probability และค่าแปรปรวนร่วมของค่าระดับสีเทาของจุดภาพเท่ากับทุกแบนด์ ซึ่งอาจไม่เป็นไปตามสมมติฐานก็ได้ จึงเป็นการใช้ข้อมูลข่าวสารที่ไม่ครบถ้วนในการตัดสินใจ
Maximum-Likelihood	1. เป็นการใช้ข้อมูลข่าวสารครบถ้วนมาใช้ในการตัดสินใจ ทำให้ค่าที่คำนวณได้จากฟังชั่นการตัดสินใจจะคำนวณได้ทุกค่า (หรือ ทุกจุดภาพ) จึงสามารถจำแนกได้ทุกจุดภาพ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 19 - 1 ภาพถ่ายดาวเทียม ขาว-ดำ หมายเลข THAILAND 129-54 ครอบคลุมอาณาบริเวณจังหวัดสุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช พังงา กระบี่ และตรัง เป็นบริเวณ 185 x 185 ตารางกิโลเมตร

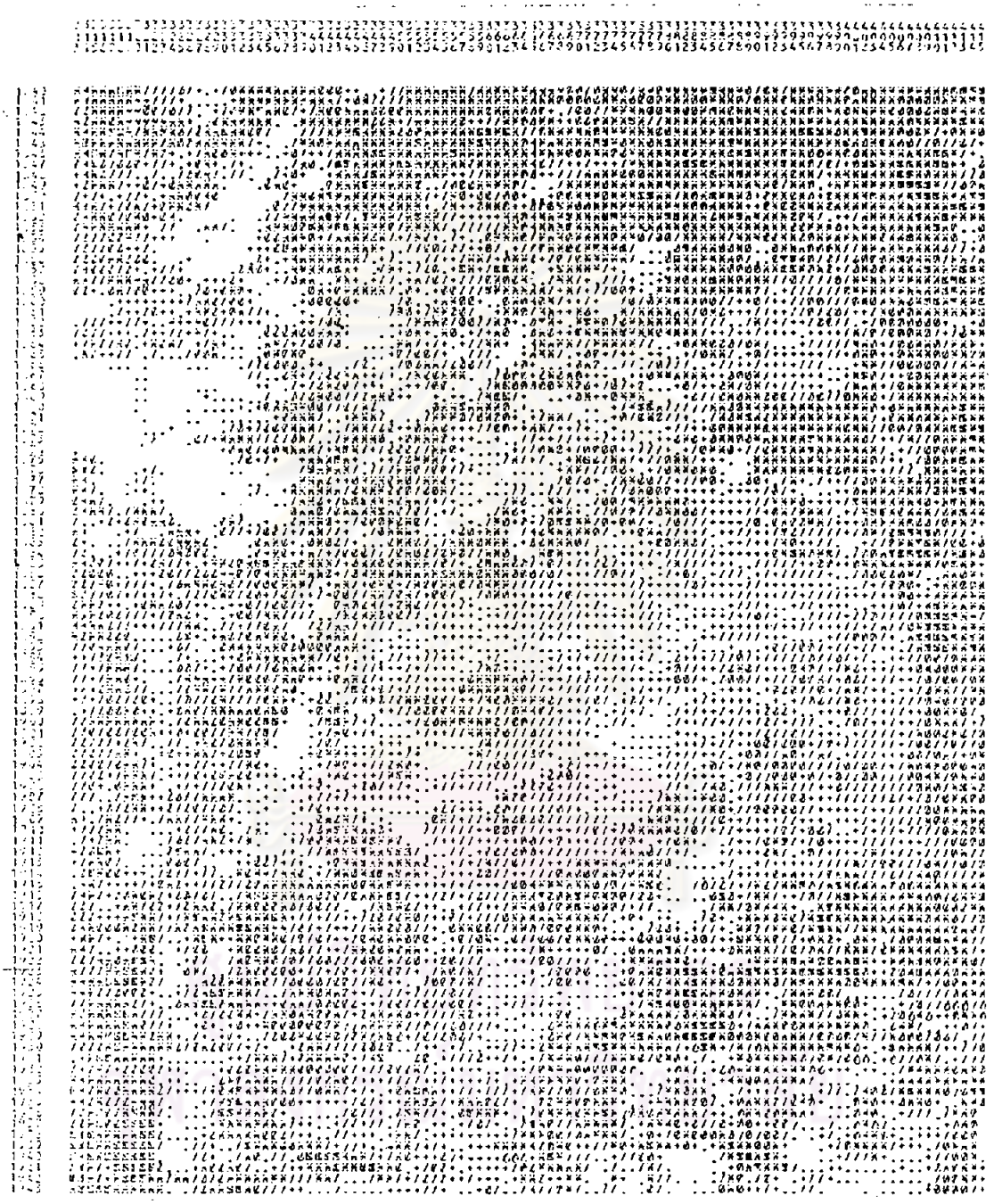
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



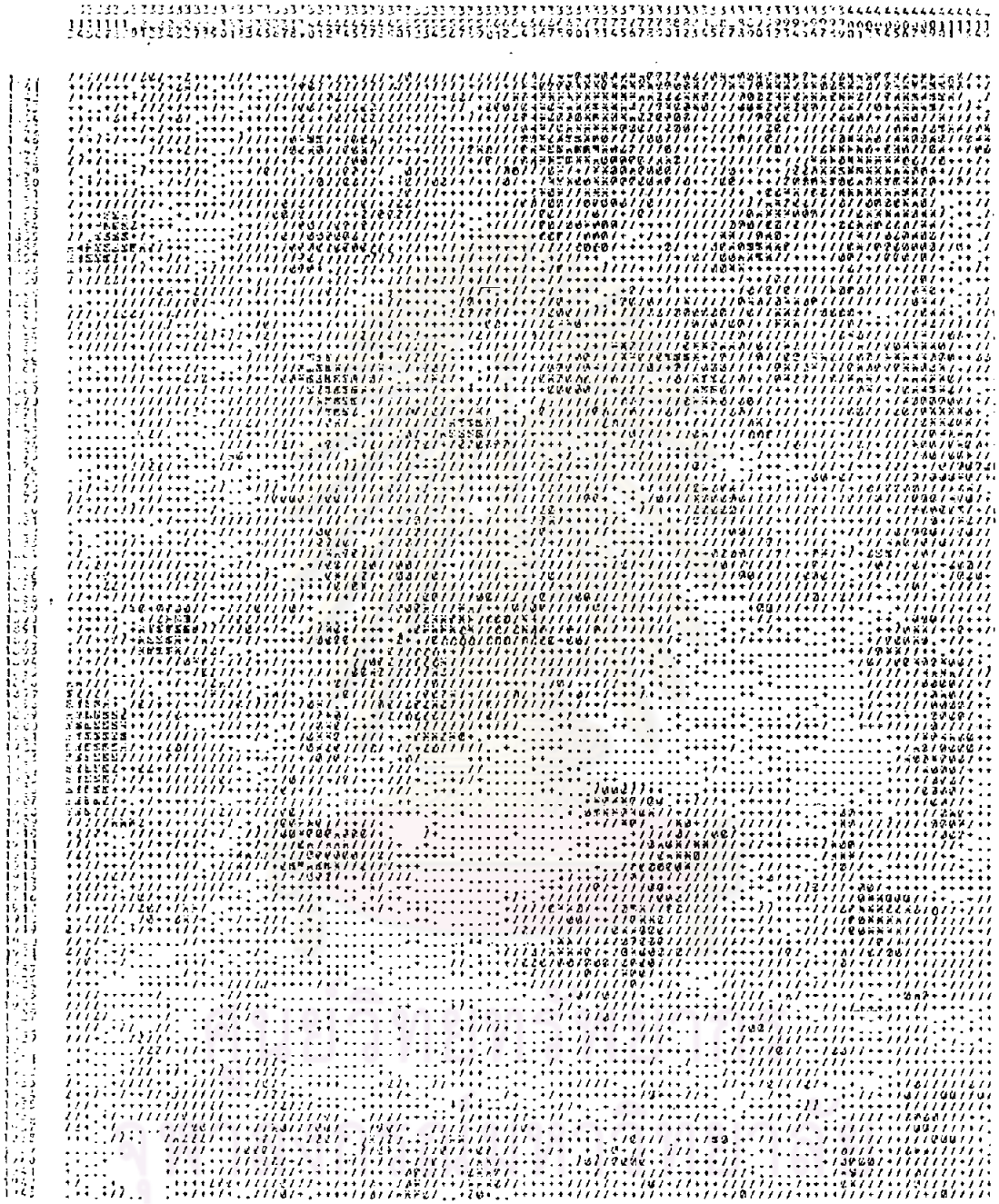
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 19 - 2 ภาพถ่ายดาวเทียม ขาว-ดำ ขยายใหญ่ แสดงบริเวณที่ศึกษา

รูปที่ 20-1 ภาพพิมพ์คอมพิวเตอร์ (Gray - map) ของแบนด์ที่ 4 แสดงบริเวณที่ศึกษา

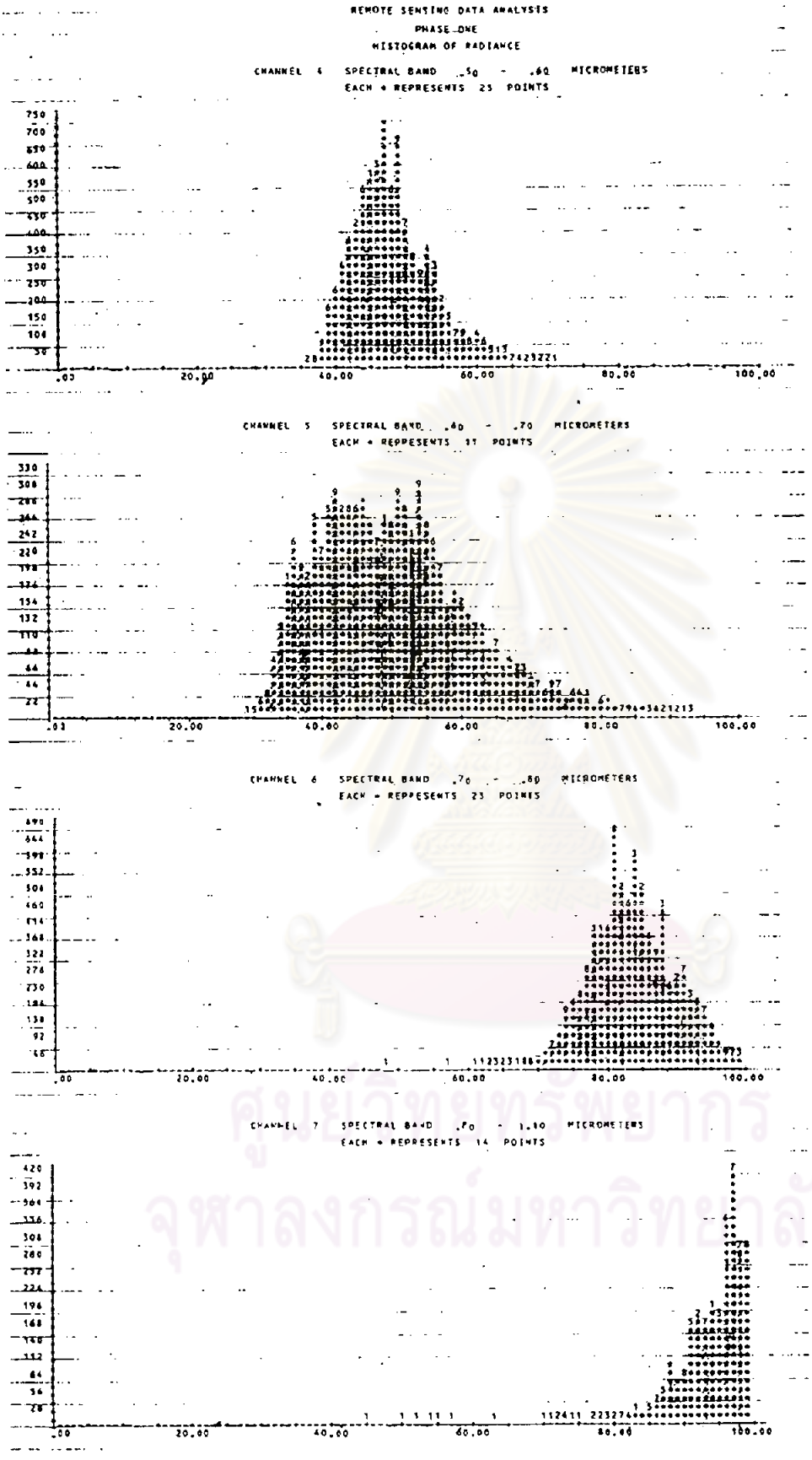


รูปที่ 20-2 ภาพพิมพ์คอมพิวเตอร์ (Gray - map) ของแผนที่ 5 แสดงบริเวณที่ศึกษา

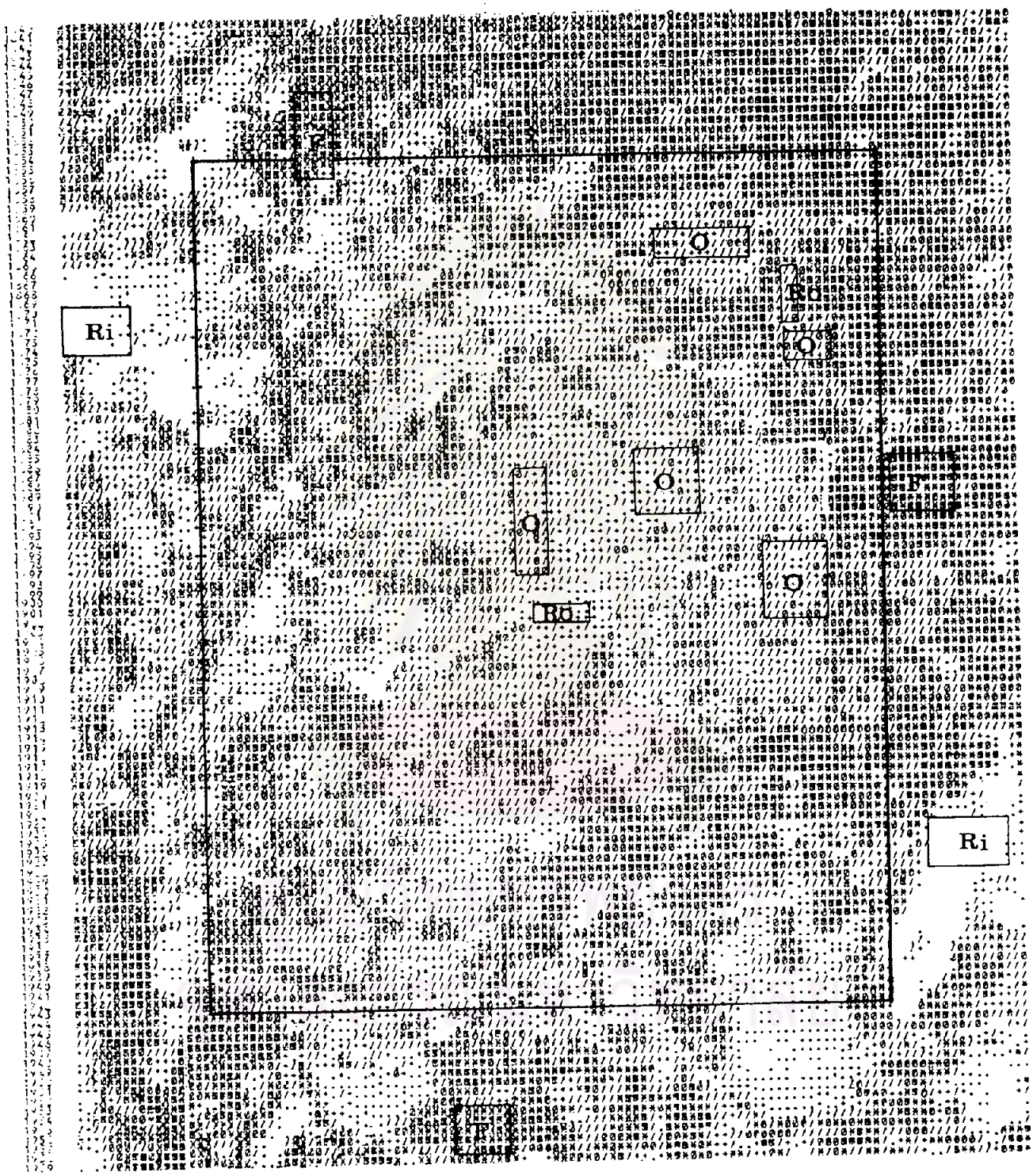


รูปที่ 20-3 ภาพพิมพ์คอมพิวเตอร์ (Gray - map) ของแผนที่ 6 แสดงบริเวณที่ศึกษา

รูปที่ 20-4 ภาพพิมพ์คอมพิวเตอร์ (Gray - map) ของแบนด์ที่ 7 แสดงบริเวณที่ศึกษา



รูปที่ 21 แผนภูมิแท่ง (Histogram) แสดงลักษณะการแจกแจงค่าระดับสีเทาของบริเวณที่ศึกษาในแต่ละแบนด์

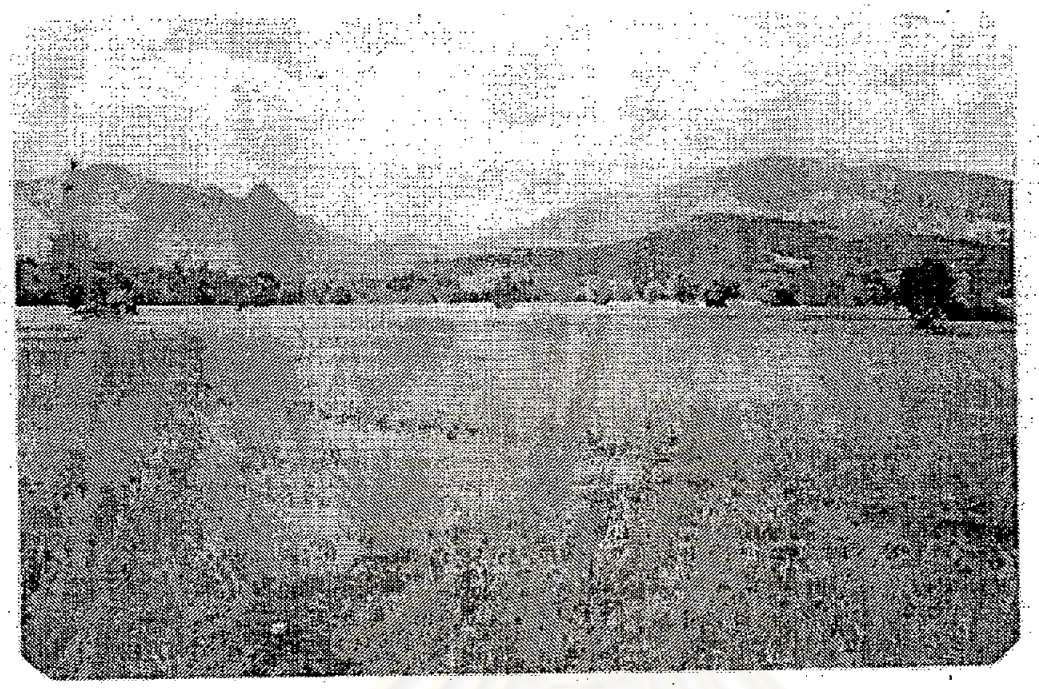


รูปที่ 22 แสดงขอบ เขตของบริ เวณที่ศึกษา (Study area) และขอบ เขตของพื้นที่ตัวอย่าง (Training area) ของแต่ละประ เภทข้อมูล (Class)

F = ป่าไม้ , O = ปาล์มน้ำมัน , R_i = นาข้าว , R_o = ถนน

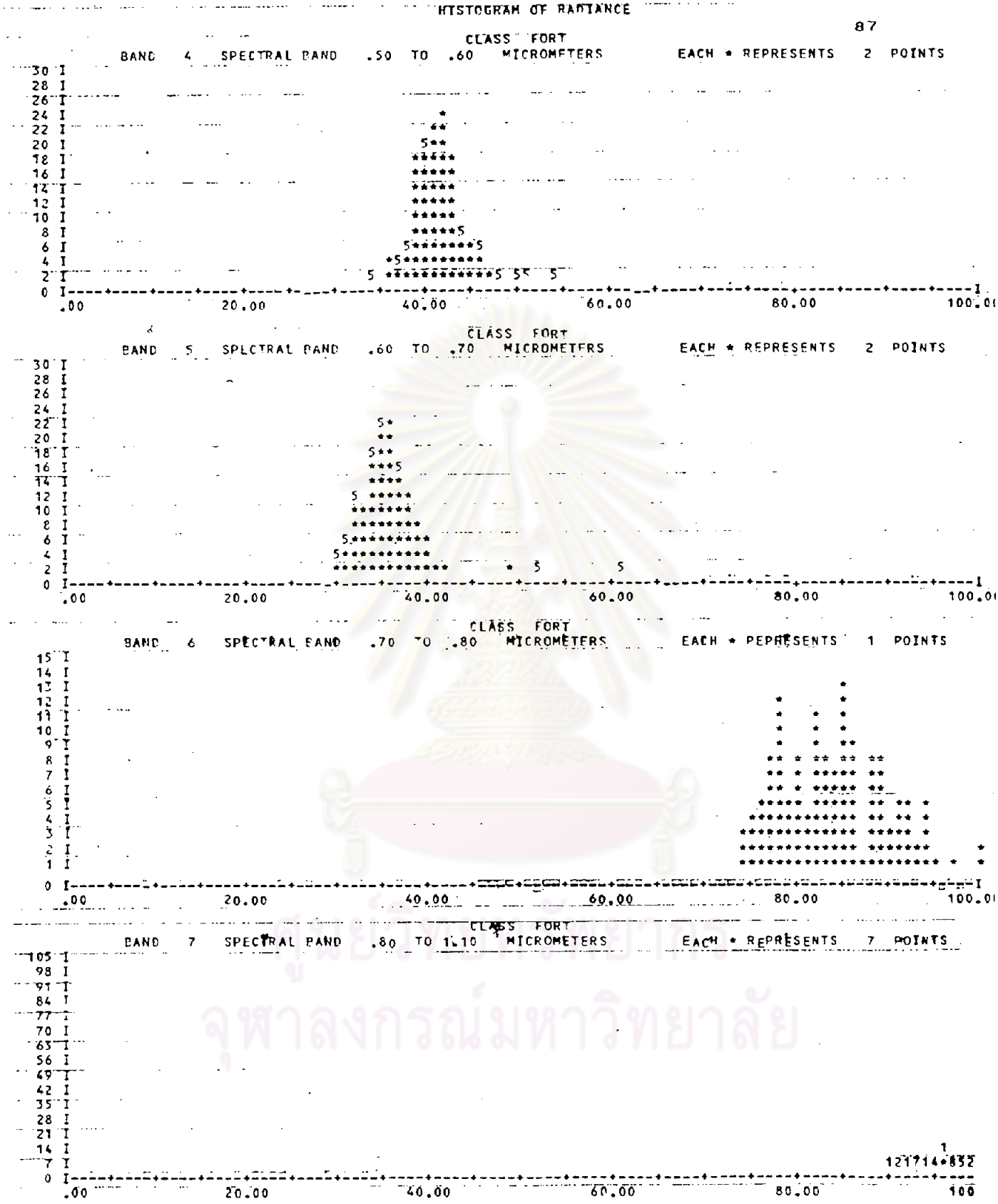
รูปที่ 23 พื้นที่ตัวอย่างของข้อมูลประเภทป่าไม้

รูปที่ 24 พื้นที่ตัวอย่างของข้อมูลประเภทปาล์มน้ำมัน

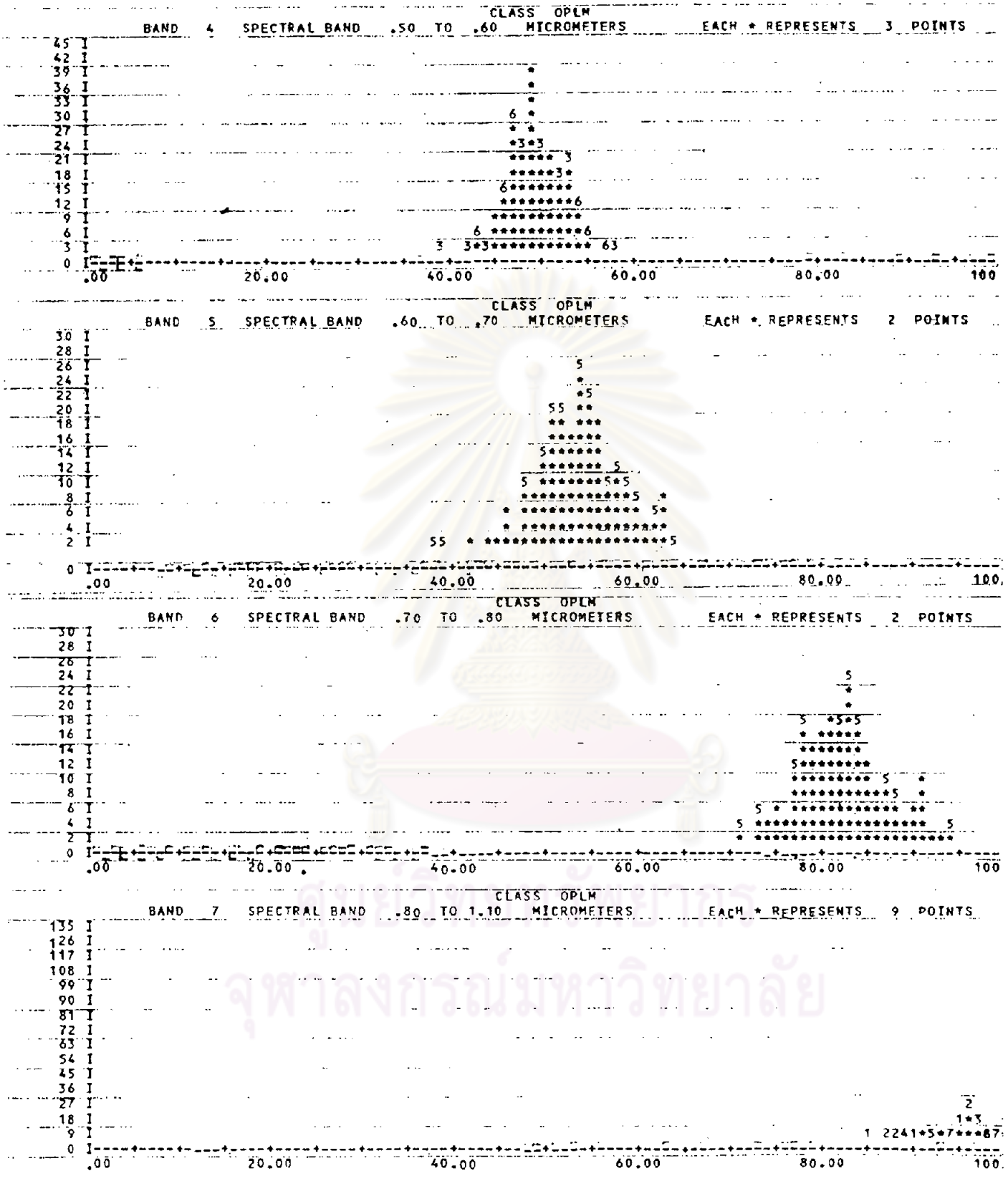


รูปที่ 25 พื้นที่ตัวอย่างของข้อมูลประเภทข้าว

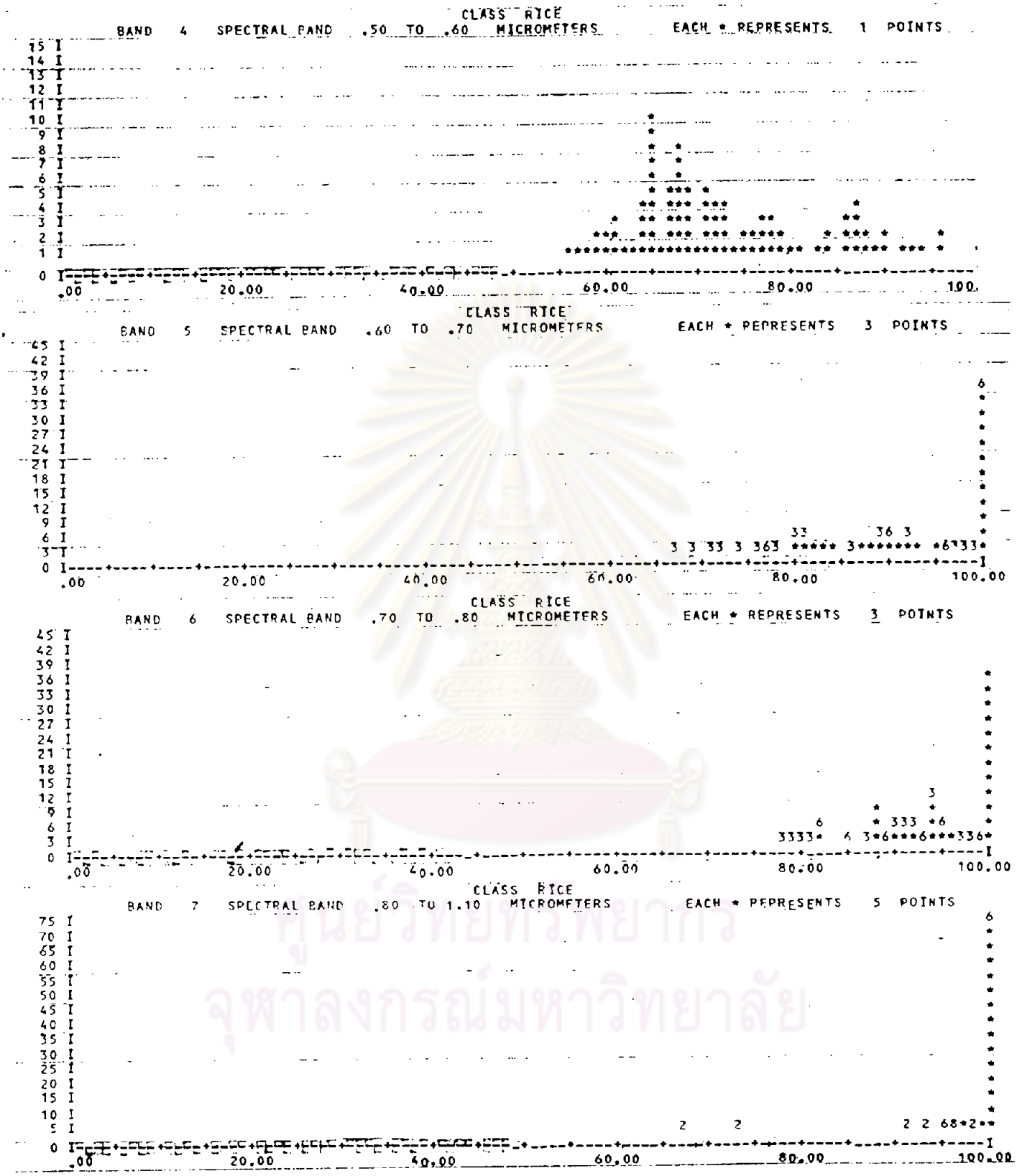
รูปที่ 26 พื้นที่ตัวอย่างของข้อมูลประเภทถนน



รูปที่ 27 แผนภูมิแท่งแสดงลักษณะการแจกแจงค่าระดับสีเทาของประเภทข้อมูล ป่าไม้ ในพื้นที่ตัวอย่าง



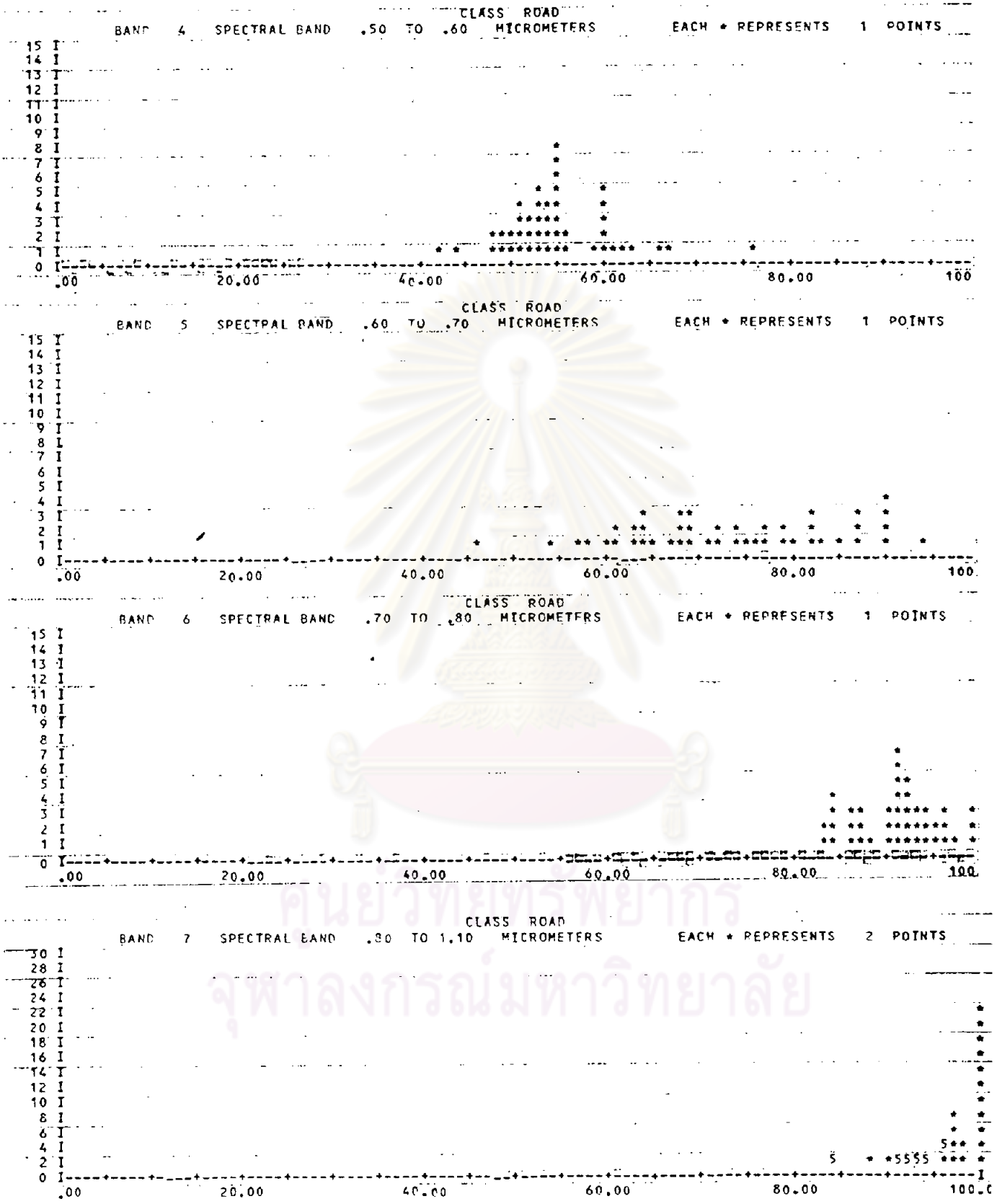
รูปที่ 28 แผนภูมิแท่งแสดงลักษณะการแจกแจงค่าระดับสีเทาของประเภทข้อมูล ปาล์มน้ำมัน ในพื้นที่ตัวอย่าง



รูปที่ 29 แผนภูมิแท่งแสดงลักษณะการแจกแจงค่าระดับสีเทาของประเภทข้อมูล

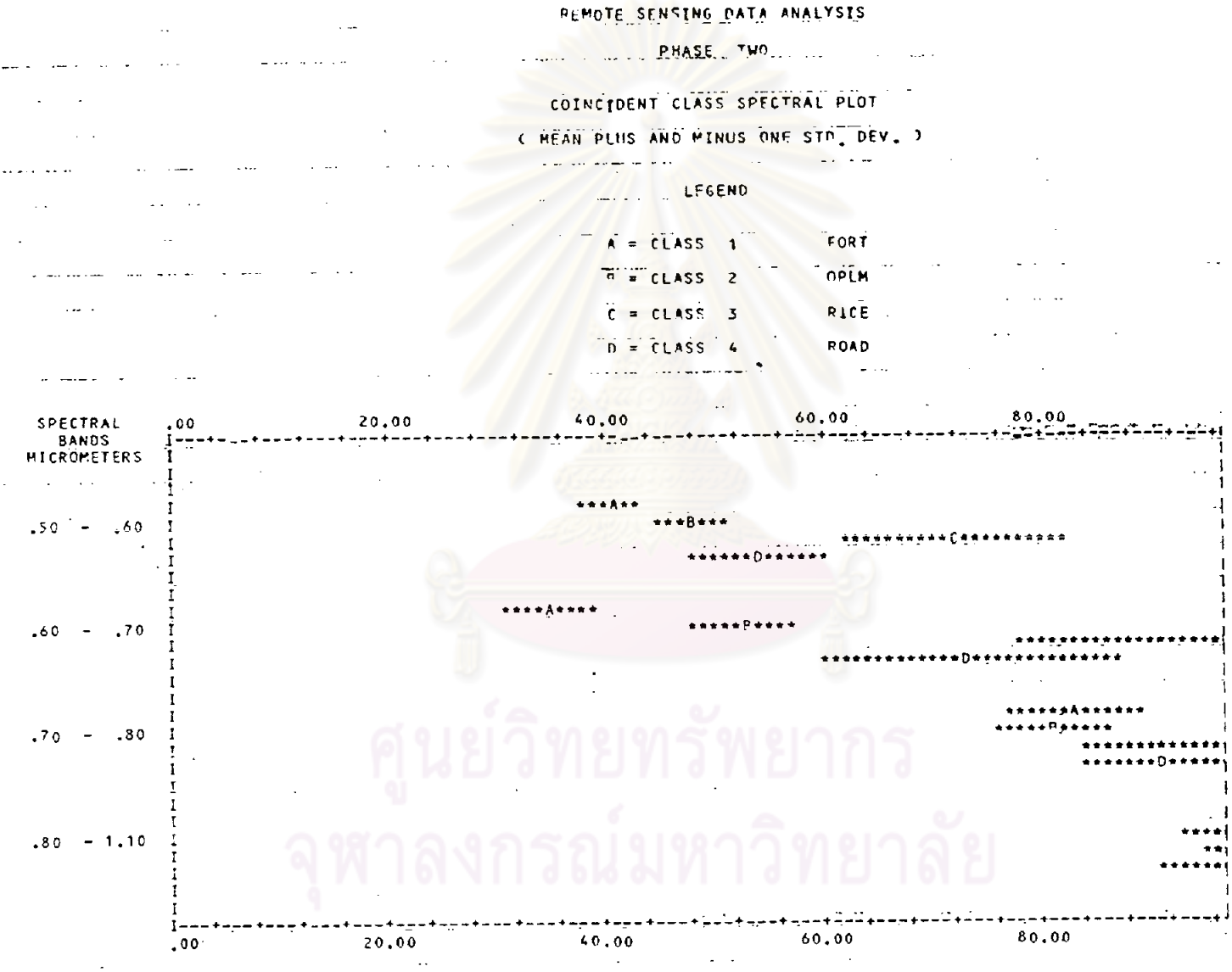
ข้าว ในพื้นที่ตัวอย่าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 30 แผนภูมิแท่งลักษณะการแจกแจงค่าระดับสีเทาของประเภทข้อมูล ถนน ในพื้นที่ตัวอย่าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 31 Coincident Spectral Plot ของประเภทข้อมูลทั้ง 4 ประเภท ที่ได้จากพื้นที่ตัวอย่าง

CLASS FORT

CORRELATION MATRIX

1.00			
.42	1.00		
-.02	-.37	1.00	
-.04	-.43	.91	1.00

THE MEAN VECTOR

40.52 35.03 82.96 105.28

THE STANDARD DEVIATIONS

2.88 3.96 5.88 8.46

CLASS OPLM

CORRELATION MATRIX

1.00			
.61	1.00		
.24	.09	1.00	
.18	-.06	.86	1.00

THE MEAN VECTOR

48.40 52.78 81.30 99.71

THE STANDARD DEVIATIONS

2.99 4.64 4.91 7.02

CLASS RICE

CORRELATION MATRIX

1.00			
.91	1.00		
.82	.88	1.00	
.67	.68	.89	1.00

THE MEAN VECTOR

72.18 97.37 99.19 107.98

THE STANDARD DEVIATIONS

10.24 19.32 14.73 12.84

CLASS ROAD

CORRELATION MATRIX

1.00			
.81	1.00		
.75	.60	1.00	
.27	-.11	.63	1.00

THE MEAN VECTOR

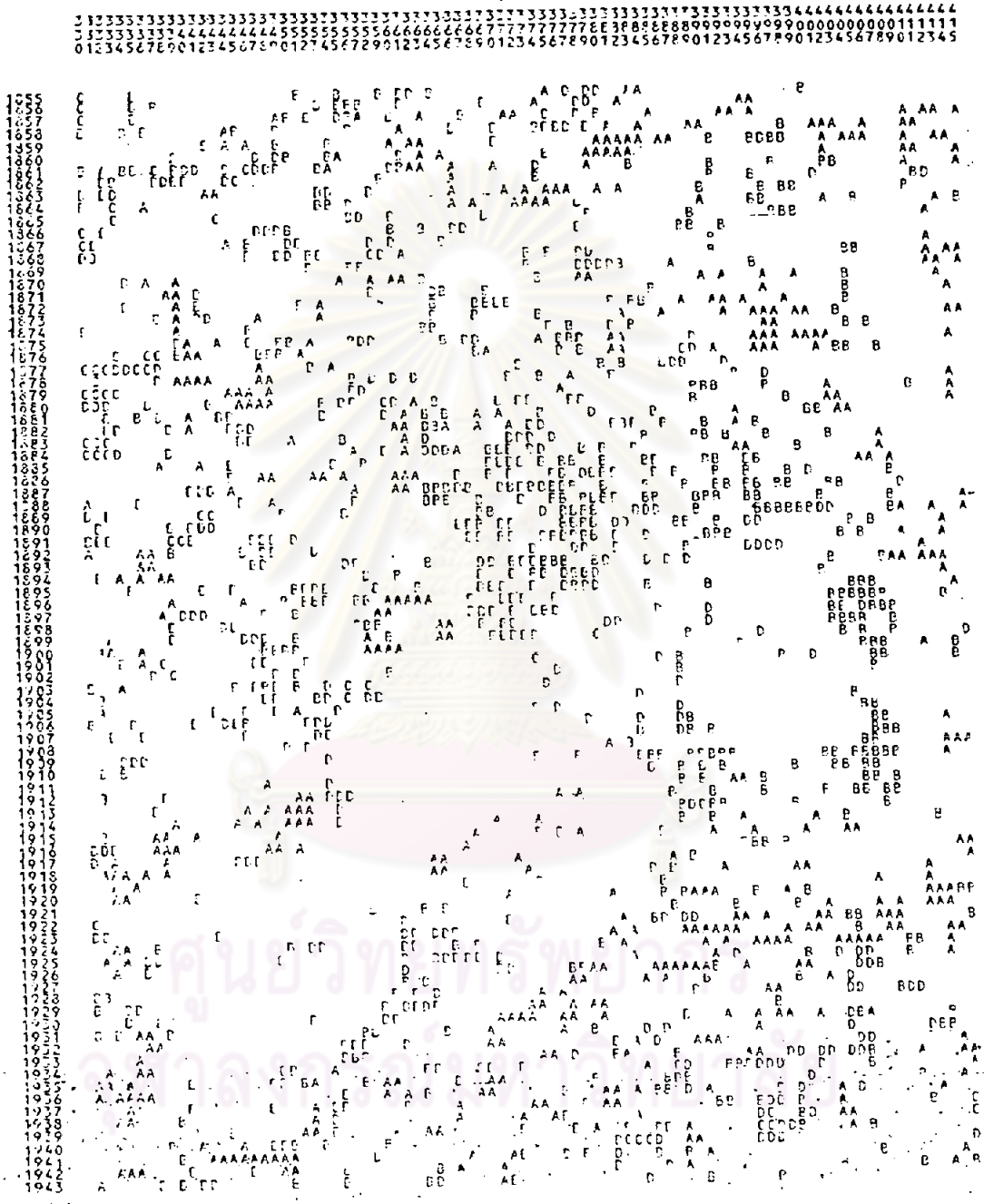
53.93 73.30 91.15 101.70

THE STANDARD DEVIATIONS

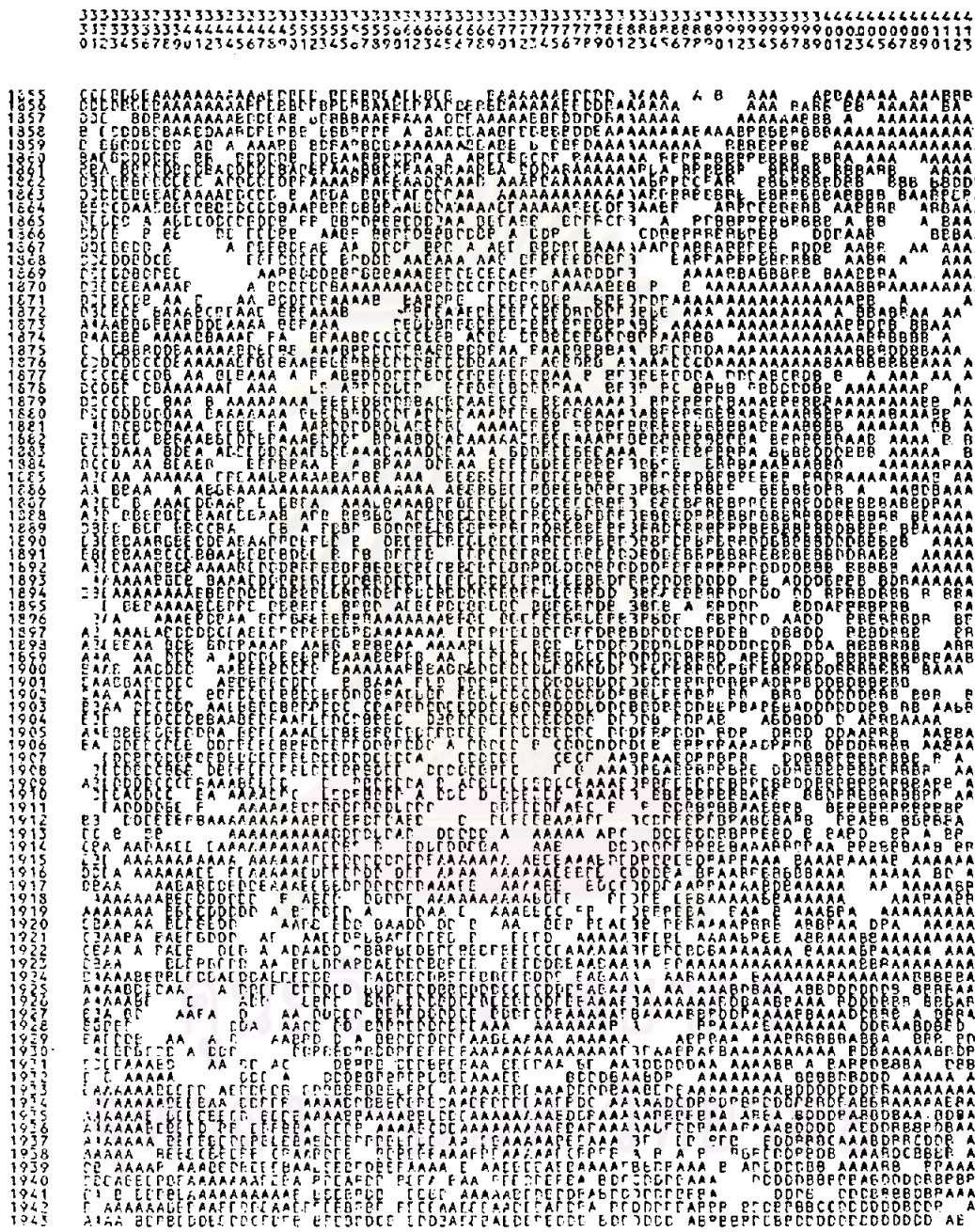
5.94 13.32 6.66 10.42

รูปที่ 32 ค่าสถิติที่ได้จากพื้นที่ตัวอย่างในแต่ละประเภทข้อมูล

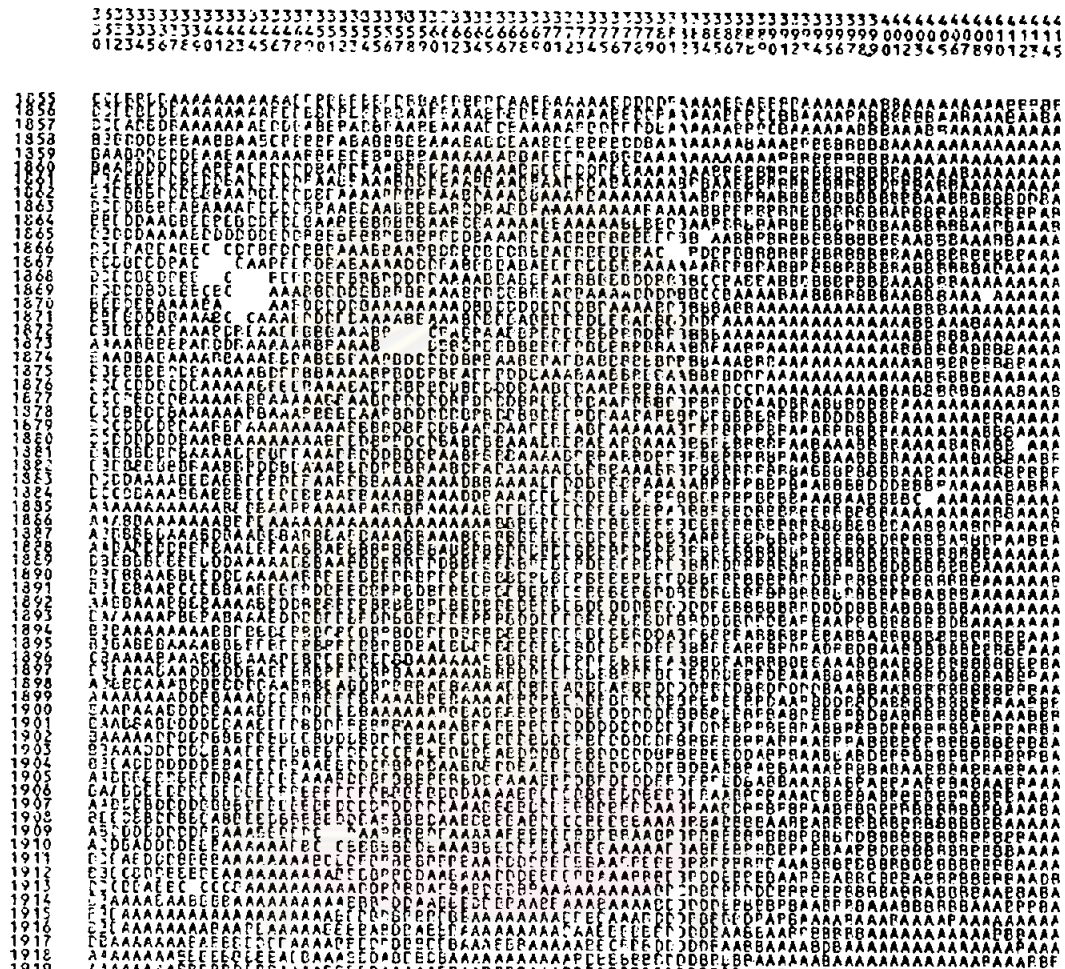
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



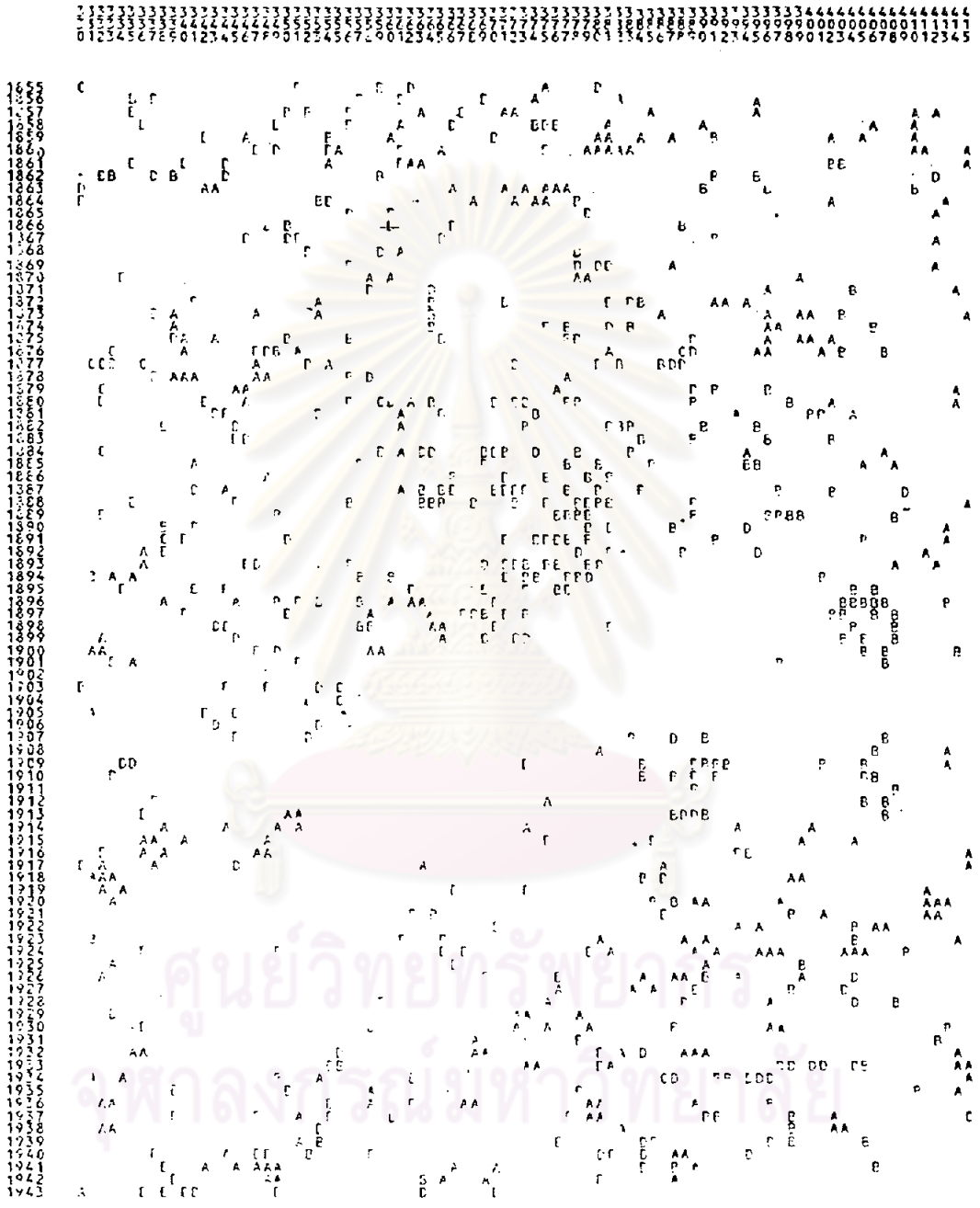
รูปที่ 33 ผลการจำแนกประเภทข้อมูลด้วยวิธี Level - slicing โดยใช้ค่าระดับสีเทาสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ $\pm$ 1 S.D.



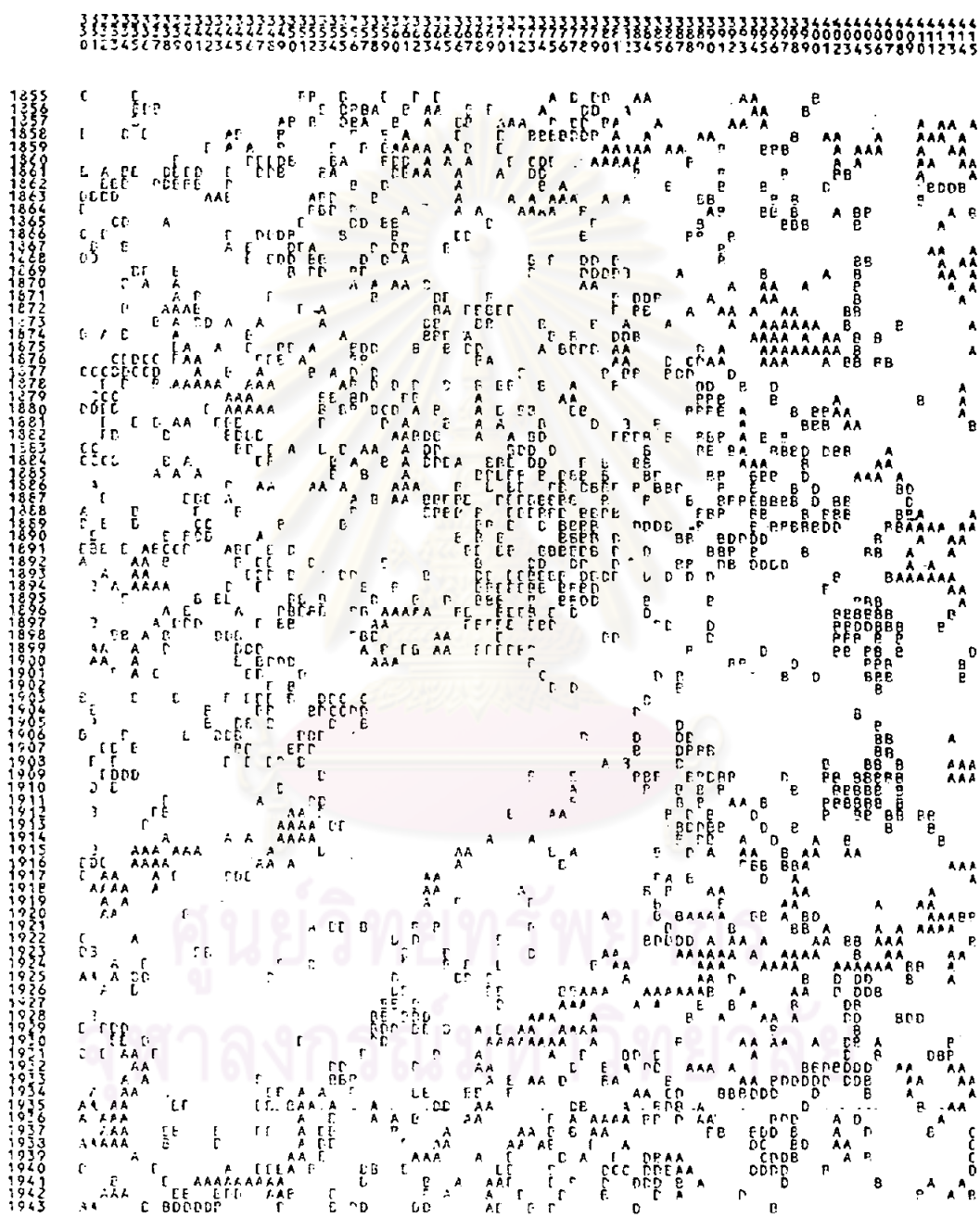
รูปที่ 34 ผลการจำแนกประเภทข้อมูลด้วยวิธี Level - slicing โดยใช้ค่าระดับสีเทาสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ $\pm$ 2 S.D.



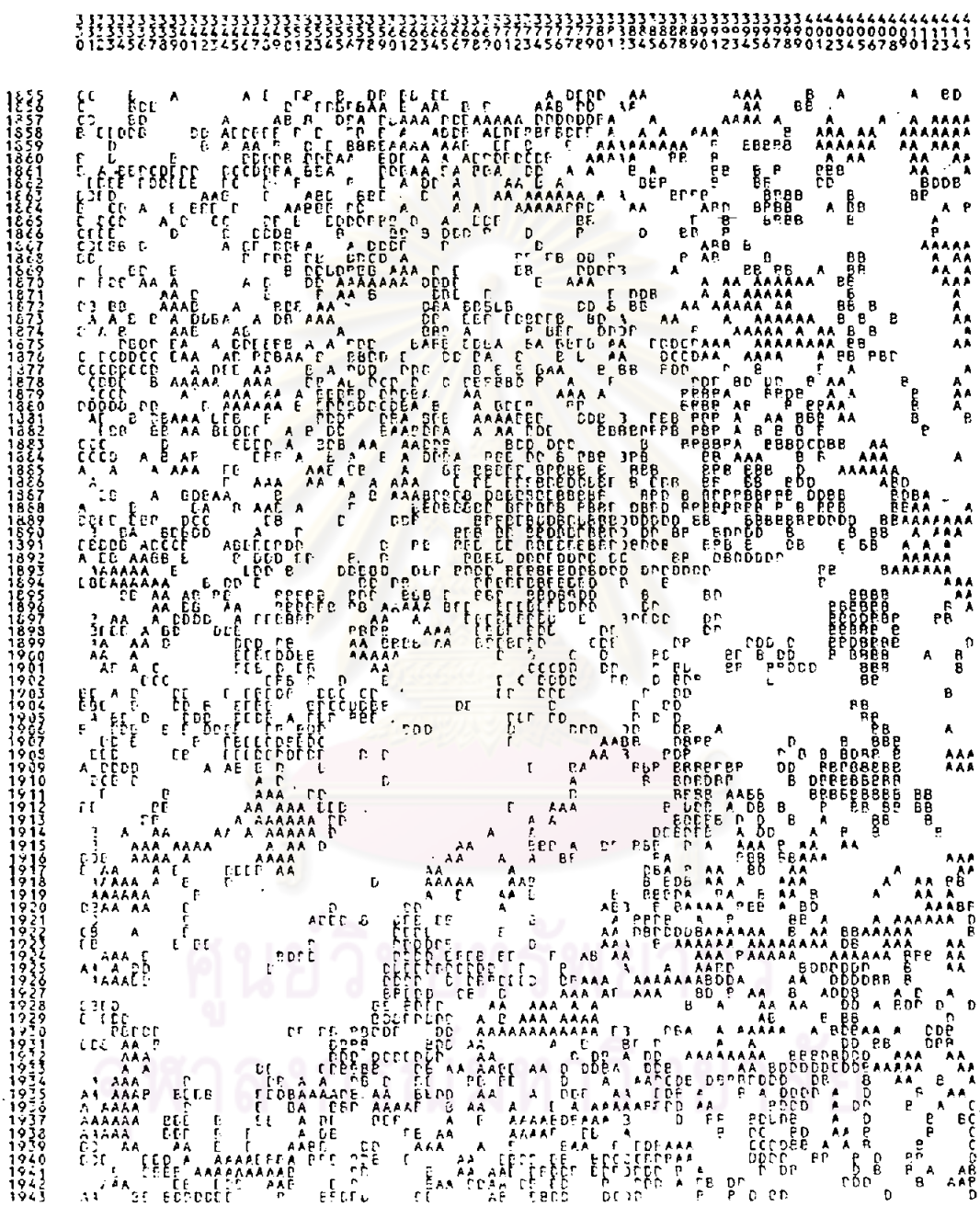
รูปที่ 35 ผลการจำแนกประเภทข้อมูลด้วยวิธี Level - slicing โดยใช้ค่าระดับสีเทาสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ $\pm$ 3 S.D.



รูปที่ 36 ผลการจำแนกประเภทข้อมูลด้วยวิธี Euclidean distance โดยใช้ดัชนีตัดทอนจุดภาพเท่ากับ 1

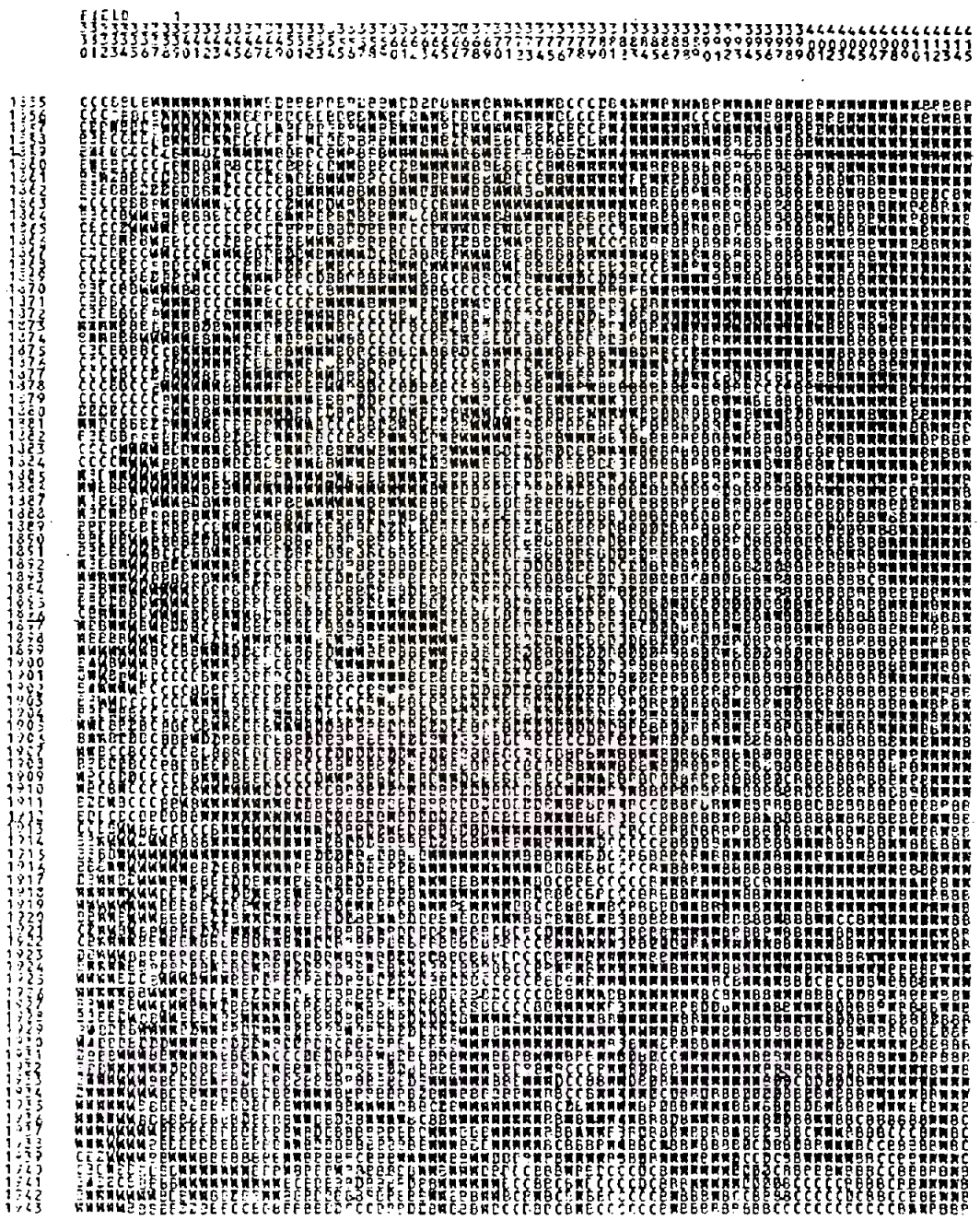


รูปที่ 37 ผลการจำแนกประเภทข้อมูลด้วยวิธี Euclidean distance โดยใช้ดัชนีตัดทอนจุดภาพเท่ากับ 2

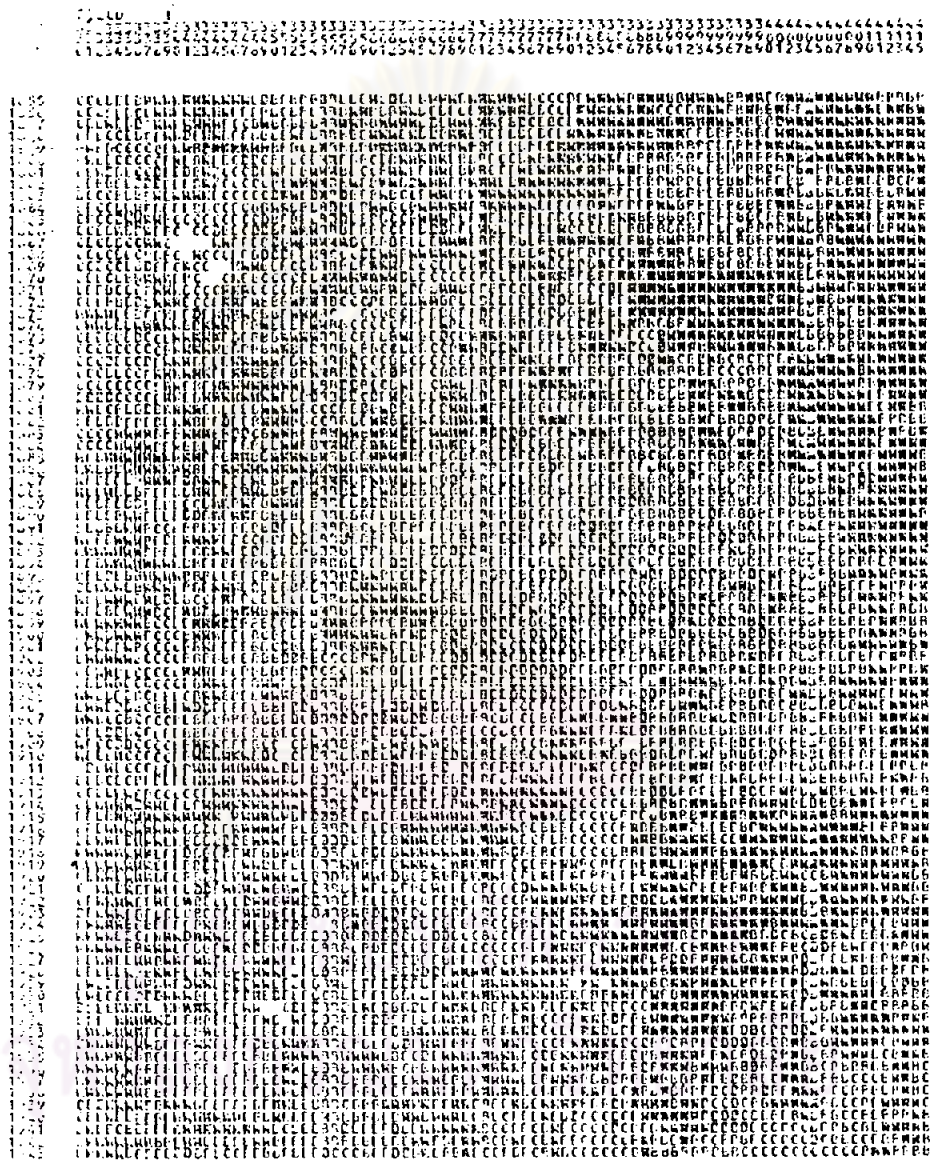


รูปที่ 38 ผลการจำแนกประเภทข้อมูลด้วยวิธี Euclidean distance โดยใช้ศัชนี

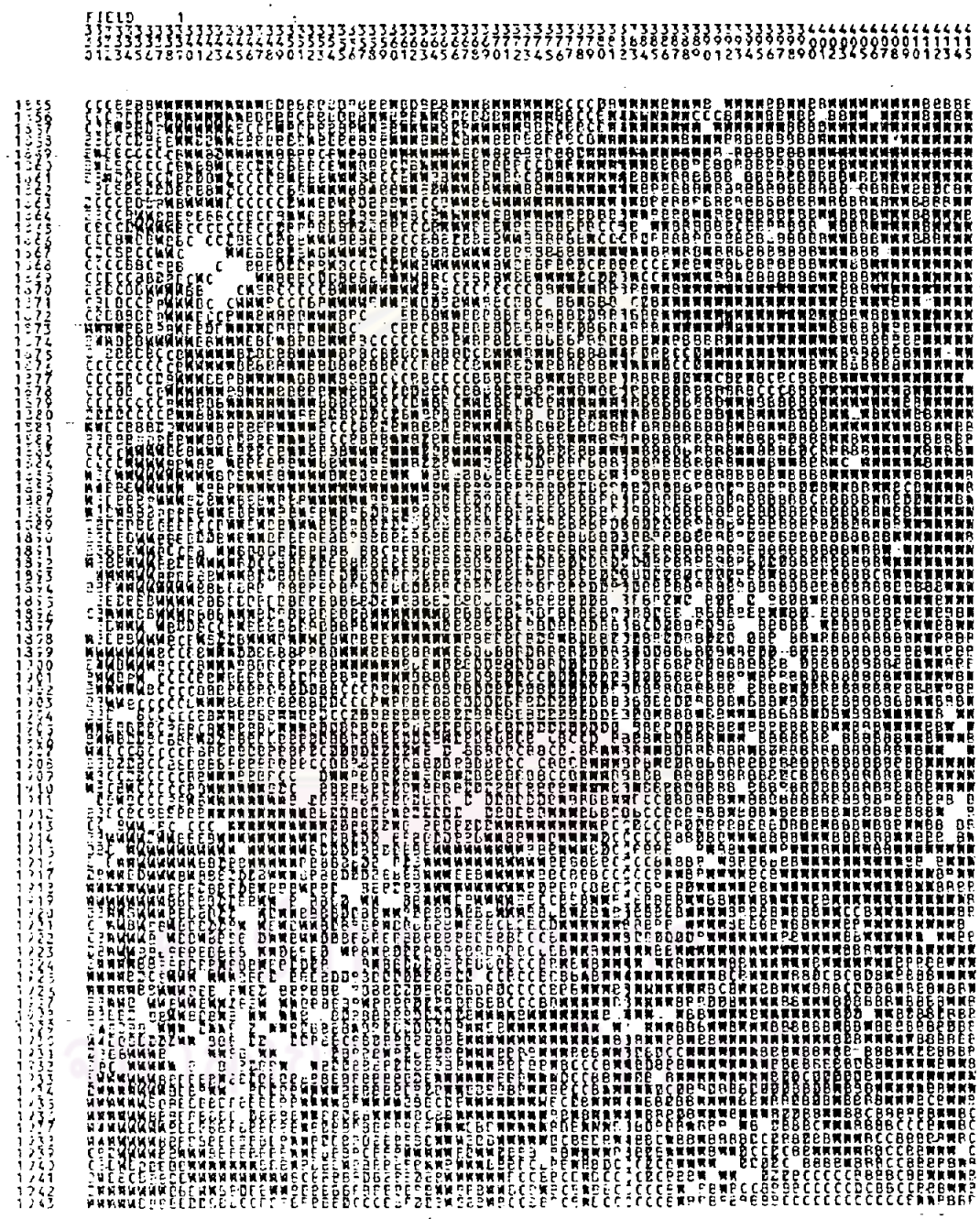
ตัดทอนจุดภาพเท่ากับ 3



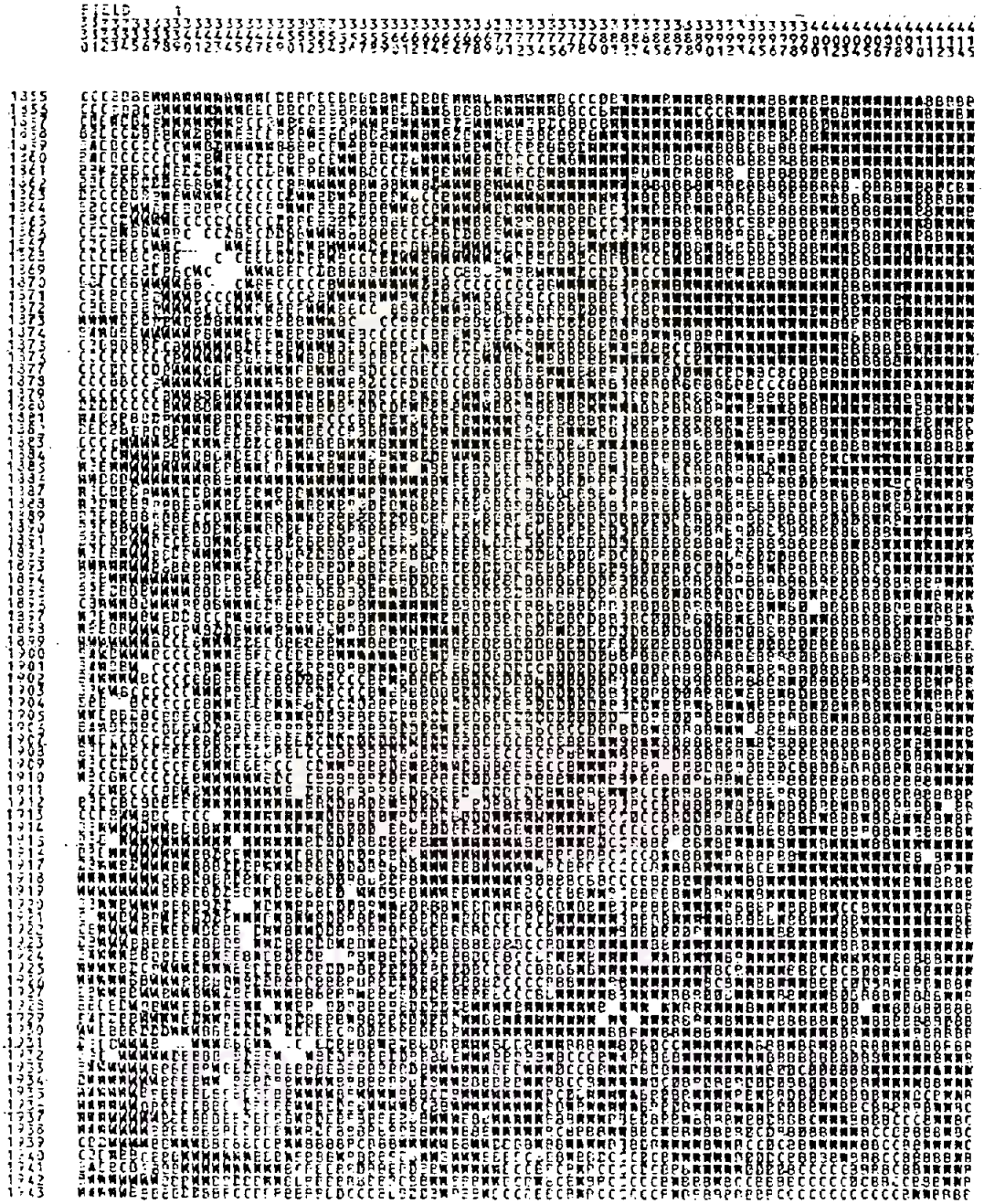
รูปที่ 39 ผลการจำแนกประเภทข้อมูลด้วยวิธี Maximum-likelihood โดยใช้ดัชนีการตัดทอนจุดภาพเท่ากับ 0



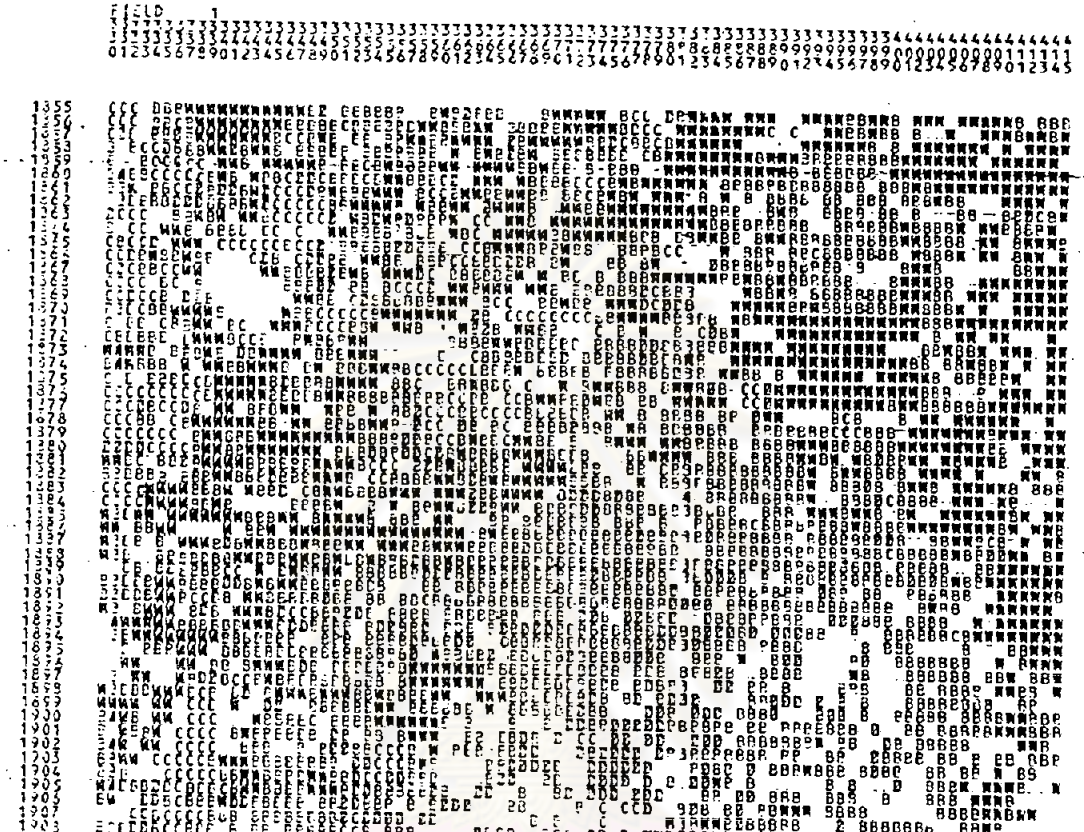
รูปที่ 40 ผลการจำแนกประเภทข้อมูลด้วยวิธี Maximum-likelihood โดยใช้ดัชนีการตัดทอนจุดภาพเท่ากับ 6



รูปที่ 41 ผลการจำแนกประเภทข้อมูลด้วยวิธี Maximum-likelihood โดยใช้ดัชนีการตัดทอนจุดภาพเท่ากับ 8



รูปที่ 42 ผลการจำแนกประเภทข้อมูลด้วยวิธี Maximum-likelihood โดยใช้ดัชนีการตัดทอนจุดภาพเท่ากับ 9



รูปที่ 43 ผลการจำแนกประเภทข้อมูลด้วยวิธี Maximum-likelihood โดยใช้

ดัชนีการตัดทอนจุดภาพเท่ากับ 10