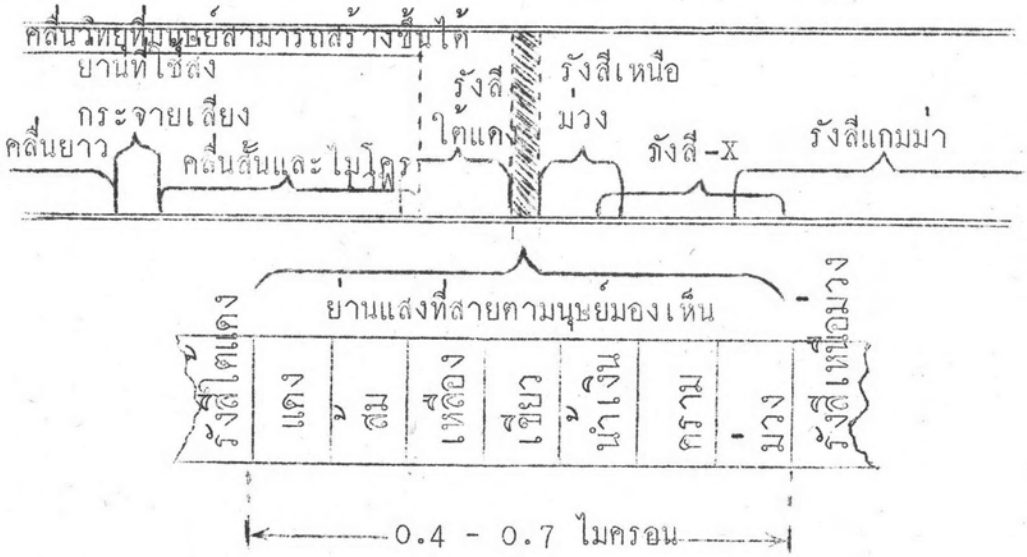
บทที่ 5

การแปลภาพโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์เข้าช่วย

5.1 คุณลักษณะของคลื่นแสง

คลื่นแสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งมีความถี่สูงมาก แสงสีขาวหรือแสงที่ได้รับจากดวงอาทิตย์ เมื่อผ่านปริซึมแสงที่มีคลื่นยาวจะเบี่ยงเบนจากเดิมเล็กน้อย แต่แสงที่มีความยาวคลื่นสั้นจะเบี่ยงเบนจากเดิมไปมาก ทำให้ผลที่ได้ออกมาเป็นแถบแสงสีต่าง ๆ เรียกว่า สเปคตรัม สเปคตรัมนี้ประกอบด้วยแสงย่านต่าง ๆ มากมาย แต่ที่สายตามนุษย์สามารถมองเห็นได้นั้นมีเพียง 7 สี คือ ม่วง คราม น้ำเงิน เขียว เหลือง แสด แดง นอกจากนั้นเป็นย่านแสงที่เรามองไม่เห็น เช่น ย่านรังสีใต้แดง ย่านรังสีเหนือม่วง ย่านไมโครเวฟ เป็นต้น



ภาพที่ 22 แสดงให้เห็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าย่านต่าง ๆ

ภาพที่ 22 แสดงให้เห็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในย่านต่าง ๆ แสงที่สายตามนุษย์มองเห็นจะอยู่ในช่วง 0.4 - 0.7 ไมครอน คลื่นที่มีความยาวคลื่นมากก็ยิ่งมีความถี่ต่ำ หรือคลื่นที่มีความยาวคลื่นน้อยก็จะยิ่งมีความถี่สูง ตามสมการ

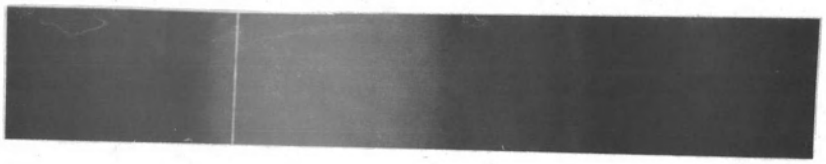
$$\lambda = \frac{c}{f}$$

ในเมื่อ λ = ความยาวคลื่น (ไมครอน, อังสตรอม)

c = ความเร็วของแสง (3×10^8 เมตร/วินาที)

f = ความถี่ (รอบต่อนาที, เฮิร์ทซ์, กิโลเฮิร์ทซ์,.....)

เราจะสังเกตพบว่า คลื่นวิทยุที่มนุษย์ประดิษฐ์ขึ้นมาได้ในขณะนี้ยังไม่สามารถประดิษฐ์ให้มีความถี่เท่ากับแสงได้



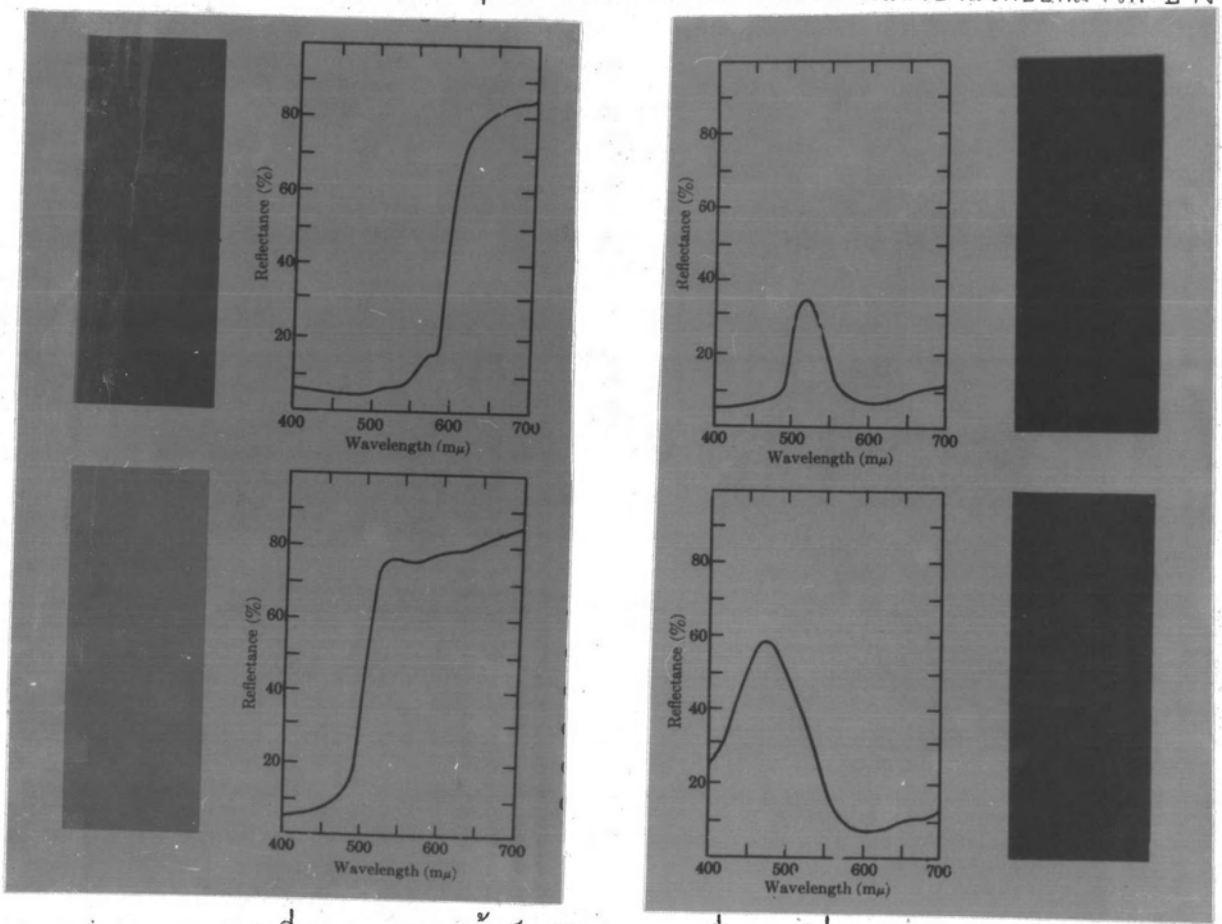
ภาพที่ 23 แสดงให้เห็นแถบแสงที่มนุษย์สามารถมองเห็นได้

จากภาพที่ 23 เราจะพบว่าแถบแสงสีต่าง ๆ นั้นมีความเหลื่อมล้ำกันที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่ามันเป็นคลื่นแสงที่ต่อเนื่อง (Continuous wave) ที่มีความเข้มของการสะท้อนแปรผันตามความยาวคลื่น ดังที่จะเห็นได้ชัดในภาพที่ 24

ในภาพที่ 24 เราจะเห็นว่าแถบแสงสีใดสีหนึ่งนั้นมีความเข้มได้ตลอดย่าน 0.4 - 0.7 ไมครอน แต่แสงสีหนึ่ง ๆ จะมีความเข้มมากในบริเวณใดบริเวณหนึ่ง เช่น แสงสีแดงจะมีความเข้มของการสะท้อนมากในช่วง 0.6 - 0.7 ไมครอน

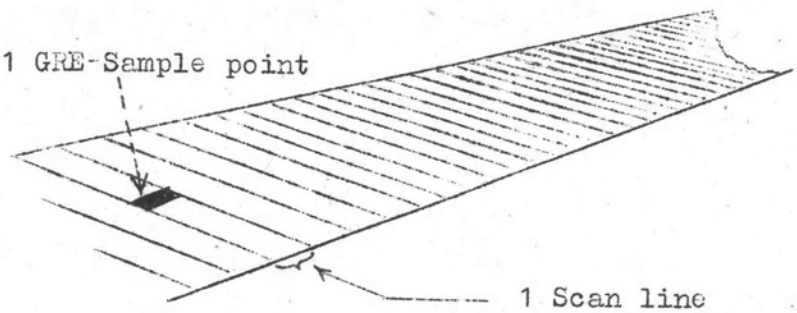
ด้วยคุณลักษณะอันนี้เมื่อเรามาพิจารณาถึงวัตถุต่าง ๆ ที่มีอยู่บนผิวโลก เราก็จะพบว่าวัตถุชนิดหนึ่ง ๆ นั้นสามารถส่งแสงออกมาได้หลายย่านแสงทั้งที่สายตาคนเรามองเห็น และมองไม่เห็น สายตาของมนุษย์มีจุดอ่อนตรงที่ว่า เมื่อมองดูวัตถุในที่ไกล ๆ แล้วจะแยกสีต่างๆ ไม่ออก ยกตัวอย่างเช่น มองดูต้นไม้สีเขียวซึ่งมีดอกสีเหลืองจากที่สูง เราจะมองเห็นต้นไม้นั้นเป็นสีเขียวอ่อนเพียงอย่างเดียว และถ้ายิ่งมองไกลออกไปอีกก็จะเห็นเป็นสีฟ้า แต่เครื่องบันทึกภาพแบบมัลติสเปคตรัลสแคนเนอร์ไม่เป็นเช่นนั้น มันเป็นเสมือนดวงตาหลาย ๆ ข้างซึ่ง

แต่ละช้างจะมองเห็นได้ดีในย่านแสงแคบ ๆ ย่านเดียว ดังนั้น เครื่องบันทึกภาพระบบนี้จึงสามารถทำการแยกให้เราทราบว่าวัตถุอย่างหนึ่งนั้นจะสามารถส่งคลื่นแสงย่านใดออกมาได้ บ้าง



ภาพที่ 24 แสดงให้เห็นลักษณะของคลื่นแสงสีต่าง ๆ

ตามที่เราได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 ถึงลักษณะการบันทึกภาพโดยระบบการสแคนน์ว่ามันจะทำการบันทึกที่ละ 1 Scan line



ภาพที่ 25 ลักษณะของ Scan line และ GRE-Sample point

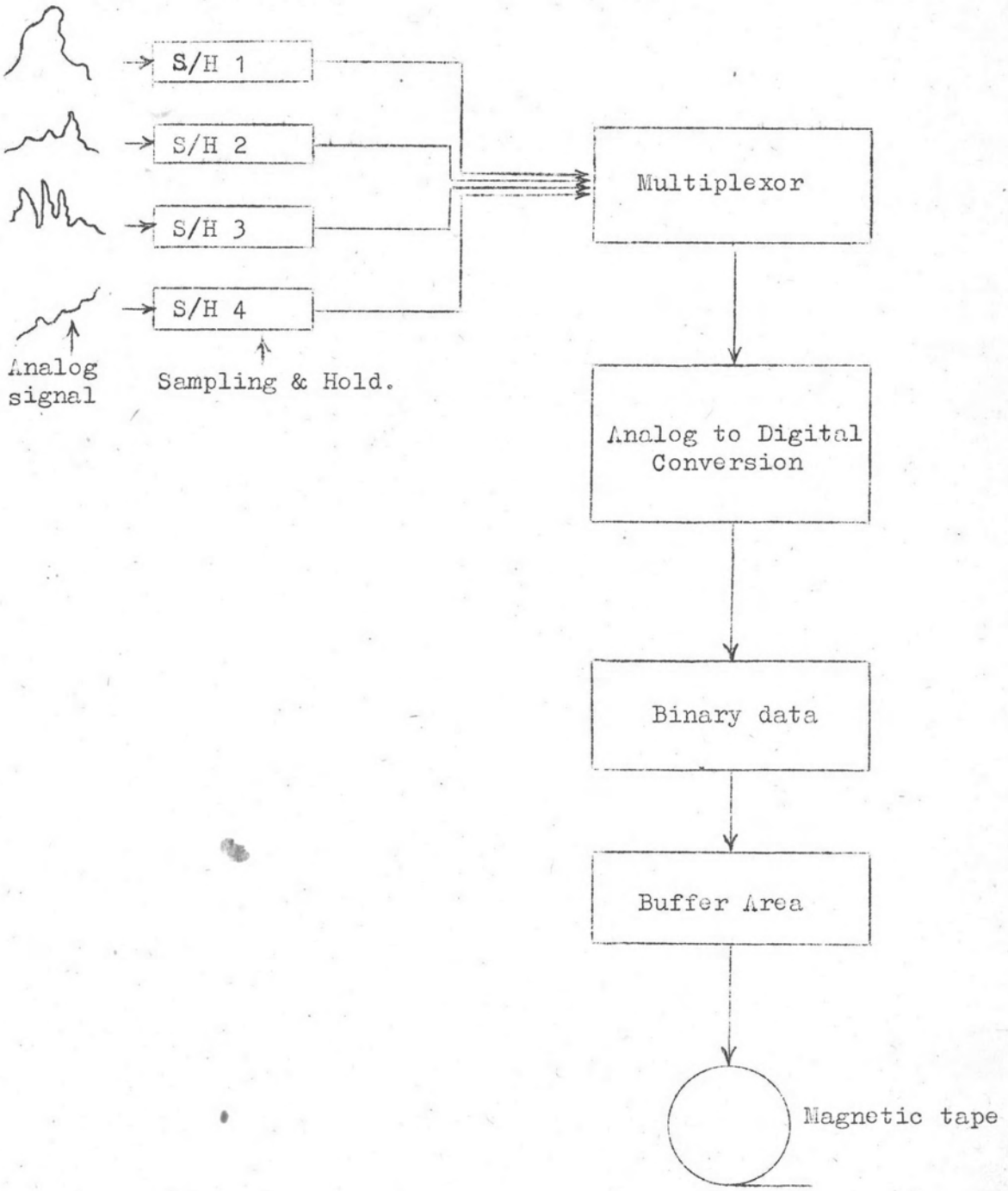
ตามภาพที่ 25 เป็นการแสดงให้เห็นว่า 1 Scan line นั้นประกอบไปด้วยหลาย GRE - Sample points 1 GRE - Sample point หมายถึงจุดหนึ่งจุดบน 1 Scan line ของภาพที่ได้รับจากการบันทึก หรือหมายถึงพื้นที่จตุรัสอันหนึ่งบนพื้นโลกจะมีขนาดใหญ่หรือเล็กขึ้นอยู่กับระดับความสูงที่ทำการบันทึกภาพและมาตราส่วนที่ใช้ ตามปกติ 1 GRE - Sample point ที่ได้จากการบันทึกโดยทางเครื่องบินจะมีขนาดตั้งแต่ 20 x 20 ตารางฟุต ไปจนถึง 6 x 6 ตารางนิ้ว ซึ่งเมื่อคำนึงกรรมวิธีบันทึกภาพแล้วเปลี่ยนเป็นข้อมูลทางดิจิตอลจะได้รับสัญญาณ 1 ตัว

5.2 การเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกให้เป็นดิจิตอล (A/D conversion)

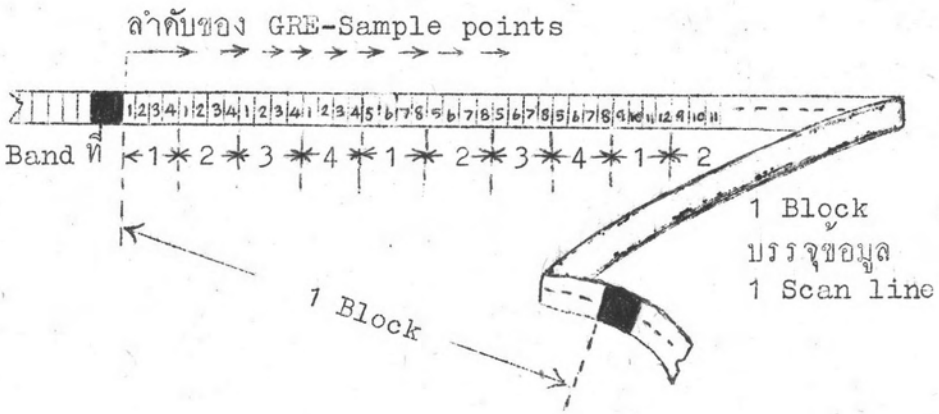
เนื่องจากคลื่นแสงที่เราได้จาก 1 Scan line จะมีรูปคลื่นในลักษณะต่อ - เนื่องกัน (Continuous waveform) หรือกล่าวได้ว่า ข้อมูลที่เราได้รับนั้นอยู่ในรูปสัญญาณอนาลอก (Analog) เราสามารถที่จะเปลี่ยนสัญญาณอันนี้ให้มีค่าเป็นเลข Binary ได้ โดยใช้กรรมวิธีการเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกให้เป็นข้อมูลดิจิตอล (Analog to Digital Conversion)

ตามภาพที่ 26 สัญญาณที่ได้มาจากเครื่องบันทึกแต่ละย่านแสง (Channel or Band) จะถูกแซมปลิ้ง (Sampling) และโฮลด์ (Hold) ต่อจากนั้นจึงแยกเข้าไปที่ตัวเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกให้เป็นดิจิตอล โดยมีมัลติเพลกซ์เซอร์ (Multiplexor) เป็นตัวจัดเรียงลำดับ ผลที่ได้ก็คือค่าตัวเลขไบนารี่ของแต่ละ Band ต่อเนื่องกัน ตัวเลขเหล่านี้จะถูกส่งไปรอไว้ที่ Buffer เมื่อครบจำนวน 1 Block จึง Write ลงบนเทปแม่เหล็ก ตามภาพที่ 27 ข้อมูลที่ถูกบันทึกลงบนเทปแม่เหล็กนั้น รวมกันเป็นแฟ้มข้อมูลของเลขไบนารี่ ดังนั้นบางแห่งเขาจึงเรียกแฟ้มข้อมูลนี้ว่า "Binary File" และลักษณะของข้อมูลที่เรียงสลับกันไปจึงทำให้เรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่า "Interleaf Tape file"

ค่าตัวเลขที่ได้มานั้นเราถือว่าเป็นเปอร์เซนต์ของการสะท้อนแสงของวัตถุ (% of Reflectance or Radiance) สมมุติว่าเราใช้ 8 bits A/D สำหรับสร้างค่าตัวเลขดิจิตอล เราจะเห็นว่าค่าตัวเลขจะมีค่าได้ตั้งแต่ 00000000 - 11111111 หรือค่าตัวเลขฐาน 10 มีค่าได้ตั้งแต่ 0 - 255 หมายความว่ามันมีค่าได้ 256 ระดับ เนื่องด้วยข้อ มูล



ภาพที่ 26 การเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกให้เป็นดิจิตอล



ภาพที่ 27 ลักษณะการเก็บข้อมูลบนเทปแม่เหล็ก

อยู่ในลักษณะของเลข Binary ดังนั้นการประมวลผลข้อมูลจะใช้ Binary Mode จากการทดลองมากครั้งหรือการมีประสพการณ์เพียงพอ จะทำให้เราสามารถแทนค่าตัวเลขในช่วงต่าง ๆ ได้ด้วยสัญญลักษณ์ตัวหนึ่ง ๆ ในย่านแสงอันเดียวกัน เมื่อใช้ต่างแชนแนลกัน สัญญลักษณ์ที่ได้ออกมาย่อมแตกต่างกัน

ตัวอย่างเช่น

แชลแนล 9 ย่านความยาวคลื่น 0.62 - 0.66 ไมครอน จะใช้สัญญลักษณ์แทนค่าเลขไบนารี่ดังต่อไปนี้

0 - 166	แทนด้วย	(Blank)
167 - 172	"	—
173 - 177	"	=
178 - 181	"	/
182 - 186	"	I
187 - 192	"	*
193 - 195	"	٧
196 - 198	"	·O
199 - 200	"	8
201 - 211	"	M

212 - 218	แทนด้วย	W
219 - 225	"	W
226 - 232	"	W
233 - 239	"	W
240 - 246	"	W
247 - 255	"	W
ข้อมูลผิดพลาด	"	S

แชลแนล 12 ย่านความยาวคลื่น 0.80 - 1.00 ไมครอน จะใช้สัญญลักษณ์แทนค่าเลขไบนารี่ ดังต่อไปนี้

0 - 148	แทนด้วย	(Blank)
149 - 155	"	-
156 - 164	"	=
165 - 169	"	/
170 - 173	"	I
174 - 177	"	*
178 - 180	"	X
181 - 181	"	0
182 - 185	"	8
186 - 200	"	M
201 - 209	"	W
210 - 218	"	W
219 - 227	"	W
228 - 236	"	W
237 - 245	"	W
246 - 255	"	W
ข้อมูลผิดพลาด	"	S

จากตัวอย่างที่ผ่านมานี้แสดงให้เห็นว่า เมื่อใช้แชลแนลต่างกัน สัญญลักษณ์ที่เราใช้แทนวัสดุอันหนึ่งจะอยู่ในช่วงที่แตกต่างกัน หรือเหลื่อมล้ำกันก็ได้ ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่าเมื่อเราใช้แชลแนลที่ต่างกัน ความสามารถในการรับการสะท้อนของวัตถุชิ้นเดียวกันจะต้อง ไม่เท่ากัน ยกตัวอย่างเช่นสัญญลักษณ์ * สมมติว่ามันให้ความหมายว่าเป็นต้นไม้ใหญ่มีดอกสีแดงและสีเหลืองปนกันอยู่ เช่นต้นหางนกยูง แชลแนล 9 ย่อมมีขีดความสามารถในการรับแสงย่านสีเหลืองและสีแดงได้ดีกว่าแชลแนล 12 ช่วงที่กำหนดไว้ให้รับการสะท้อนของวัตถุจากแชลแนล 12 จึงเป็นช่วงที่แคบกว่า และมีขนาด (Magnitude) หรือค่าตัวเลขน้อยกว่าแชลแนล 9 กล่าวคือแชลแนล 12กำหนดไว้ว่าถ้าข้อมูลที่บันทึกได้มีค่า 174 - 177 ละก็ให้ตีความหมายออกมาเป็น * ทันที ส่วนแชลแนล 9 กำหนดช่วงของข้อมูลไว้ในช่วง 187 - 192

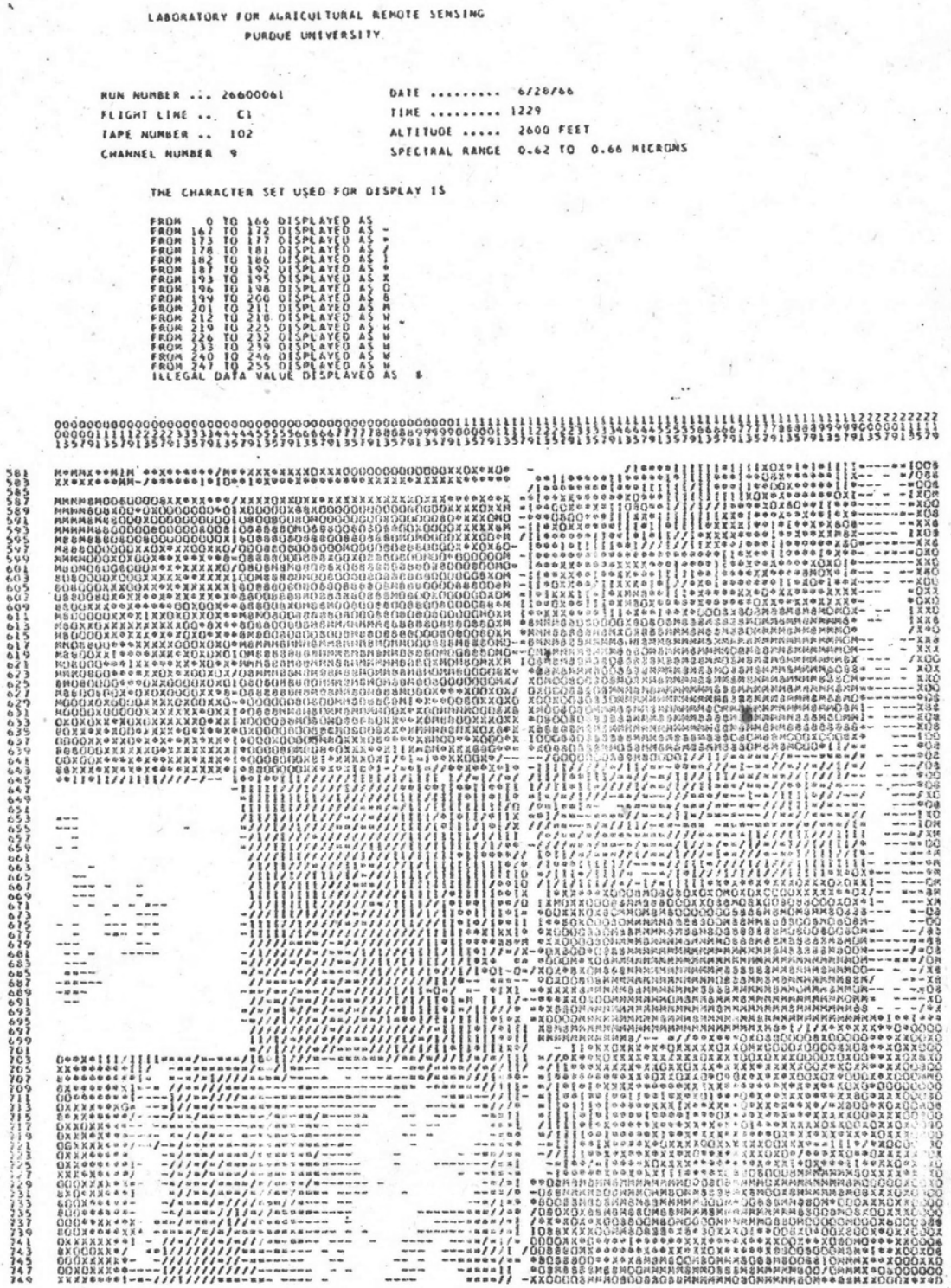
เราจะมีความสามารถในการกำหนดสัญญลักษณ์ขึ้นมาชี้ว่าสัญญลักษณ์ตัวไหนควรจะใช้แทนวัตถุอะไรได้ ก็ต่อเมื่อเราทำการทดลองบันทึกภาพของวัตถุนั้นด้วยแชลแนลต่าง ๆเสียก่อน และเมื่อมีประสพการณ์มาก ๆ เราก็สามารถกำหนดสัญญลักษณ์ต่าง ๆ ลงไปได้ทันที

5.3 เกรย์แมพ (Gray map)

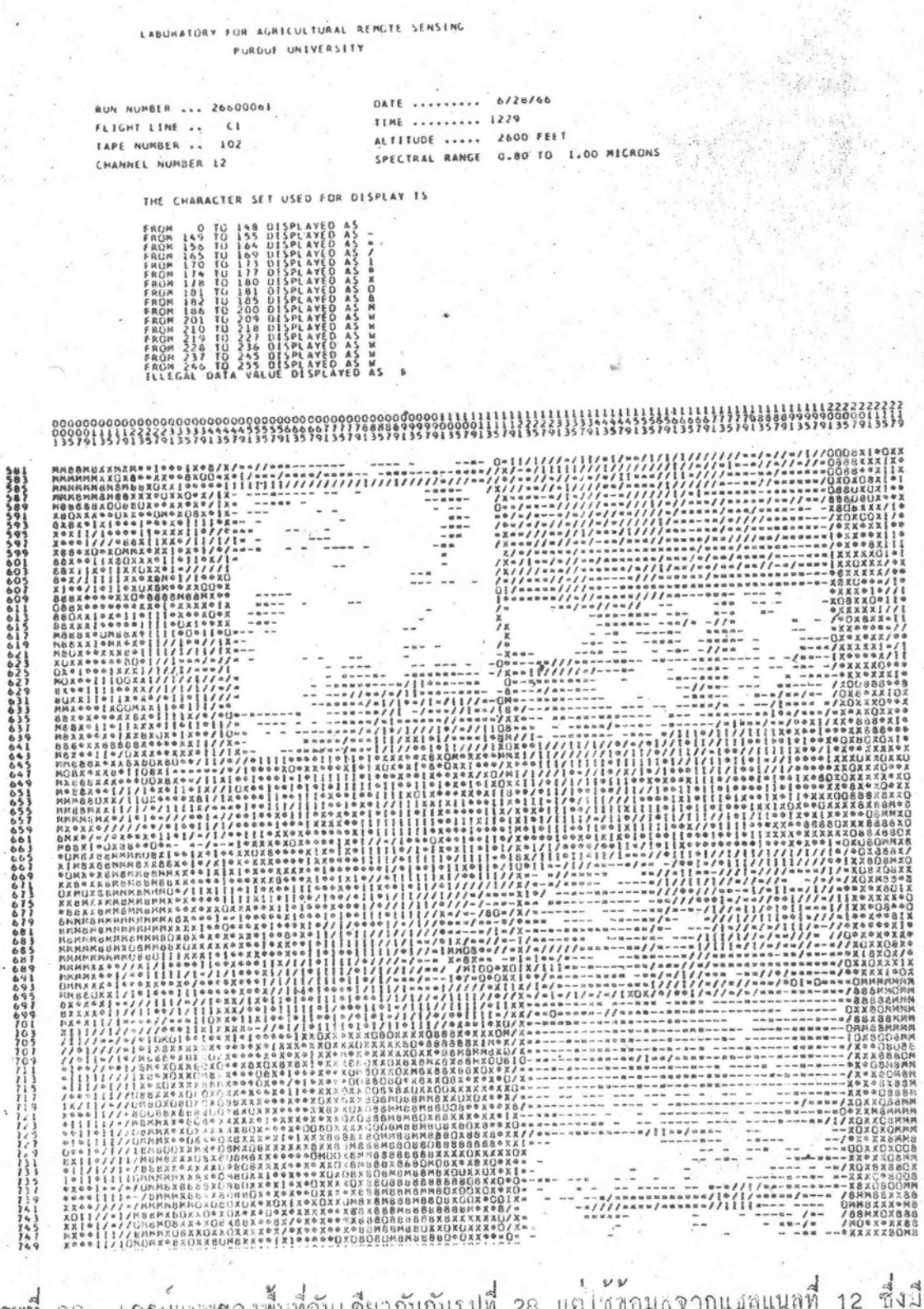
เกรย์แมพคือแผนที่ซึ่งได้มาจากกรรมวิธีการประมวลผลข้อมูลที่บันทึกได้ โดยเครื่องบันทึกภาพแบบมัลติสเปคตรัลสแคนเนอร์ โดยการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ ลักษณะของเกรย์แมพจะมีลักษณะเข้มจางตามลักษณะของภาพที่ได้มาจากการบันทึกโดยเครื่องมัลติสเปคตรัลสแคนเนอร์ หรืออาจจะมีลักษณะความเข้มจางแตกต่างกับลักษณะของภาพก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้ (User)

เกรย์แมพสร้างขึ้นมาได้โดยใช้ข้อมูลจากแฟ้มข้อมูลเทปแม่เหล็กโดยใช้การประมวลผลโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Computer programming) ผลที่ได้เราจะให้แสดงผล (Display) ออกทางจอภาพรังสีคาโถด หรือทาง printer ก็ได้ แต่ส่วนมากแล้วเขาจะให้พิมพ์ออกมาทาง printer ทั้งนี้เพราะว่าจอภาพรังสีคาโถดมีขีดจำกัดมากในการแสดงผลของข้อมูล

เกรย์แมพที่ได้ออกมานั้นจะแทนค่าแต่ละ GRE - Sample point ด้วยสัญญลักษณ์ตัวใดตัวหนึ่ง การเรียกชื่อของเกรย์แมพอาจเรียกชื่อได้อีกหลายอย่าง แต่ที่นิยมเรียก



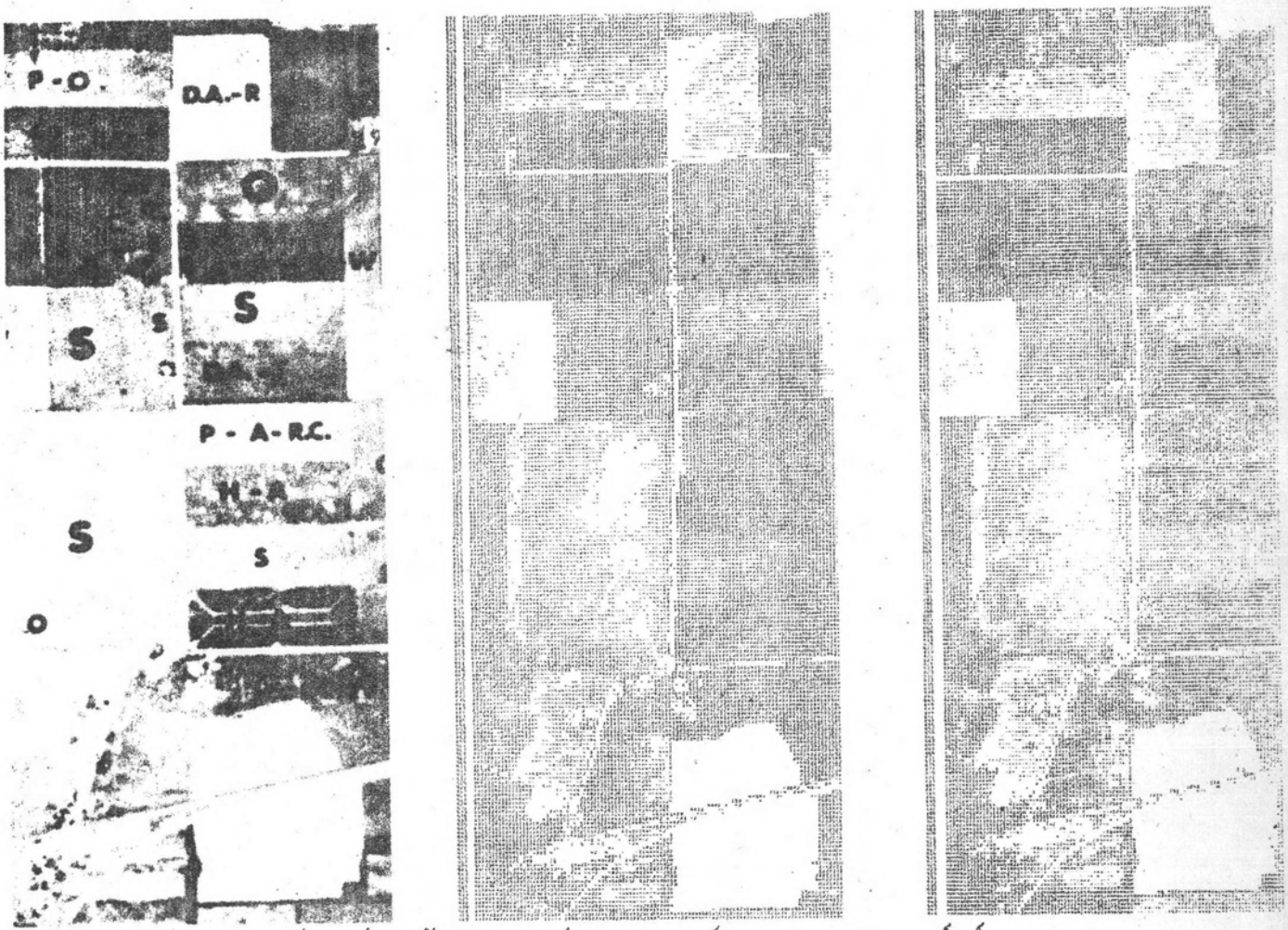
ภาพที่ 28 ตัวอย่างเกรย์แมพ สร้างโดยศูนย์คอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเปอร์ดู สหรัฐอเมริกา ใช้ข้อมูลจากแชลแนลที่ 9 ซึ่งมีความกว้างของย่าน 0.62 - 0.66 ไมครอน



ภาพที่ 29 เกรย์แมพของพื้นที่อันเดียวกันกับรูปที่ 28 แต่ใช้ข้อมูลจากแฮลแนลที่ 12 ซึ่งมีความกว้างของย่าน 0.80 - 1.00 ไมครอน

กันก็มี Gray Scale print-out และ Alphanumeric printout

เกรย์แมพอาจใช้สัญลักษณ์ 1 ตัวแทนหลาย ๆ GRE - Sample point ก็ได้ เช่น ตัวอย่างที่แสดงไว้ในภาพที่ 28 และภาพที่ 29 เป็นเกรย์แมพที่สร้างโดยศูนย์คอมพิวเตอร์มหาวิทยาลัยเปอร์ดูว์ ทั้งสองภาพที่เห็นนั้นเขาแทน 4 GRE - Sample points ด้วยสัญลักษณ์ 1 ตัว ตัวเลขที่อยู่ทางด้านซ้ายคือหมายเลขของ Scan line ตัวเลขทางด้านบนแสดงลำดับของ GRE - Sample points เราจะสังเกตเห็นว่าสัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่ปรากฏอยู่นั้นมีขนาดเล็กลงกว่าสัญลักษณ์ที่เราได้จาก printer เราเรียกลักษณ์เช่นนี้ว่า เกรย์แมพย่อ (Reduced Graymap) วัตถุประสงค์ที่เขาย่อเกรย์แมพให้มีขนาดเล็กลงก็เพื่อที่จะให้เกรย์แมพ มีลักษณะล้อเลียนกับภาพที่ได้จากการบันทึกโดยเครื่องมัลติสเปคตรัลสแคนเนอร์ เพื่อความกะทัด



ภาพที่ 30 เกรย์แมพย่อ สร้างโดยศูนย์คอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเปอร์ดูว์

รัด หรือเพื่อสะดวกในการต่อภาพ (Mosaic) เมื่อเวลาที่จะดูรายละเอียดจากเกรย์แมพย่อ เขาก็จะใช้แว่นขยายส่องดู

ภาพที่ 30 คือเกรย์แมพย่อที่มีขนาดเล็กลงไปอีก รูปทางซ้ายเป็นภาพที่ได้จากการบันทึกโดยเครื่องมัลติสเปคตรัลสแคนเนอร์ทางเครื่องบิน ตัวอักษรที่เห็นบนภาพถ่ายนั้นคือสภาพความเป็นจริงของผิวโลก (Ground truth) ซึ่งผู้ที่ทำการวิเคราะห์แยกแยะเป็นผู้กำหนดลงไป รูปกลางและรูปขวาเป็นเกรย์แมพย่อที่ได้มาจาก 2 แชลแนลที่ต่างกัน

เราจะสังเกตเห็นว่าข้อมูลที่ปรากฏบนเกรย์แมพนั้น ที่ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่ง อาจจะมีสัญญลักษณ์เหมือนหรือไม่เหมือนกันก็ได้ ทั้งนี้เนื่องจากความแตกต่างของแชลแนลที่ใช้ตามที่เราได้กล่าวมาแล้ว และถึงแม้ว่าเราจะใช้แชลแนลเดียวกันแต่ว่าทำการบันทึกภาพพื้นที่อันเดียวกันและสภาพดินฟ้าอากาศ ผลที่ได้ออกมาจะต้องแตกต่างกันไป ด้วยเหตุนี้ทฤษฎีความน่าจะเป็น (Probability Theory) จึงได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์วิเคราะห์แยกแยะภาพ

5.4 การใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็นในการตัดสินใจ

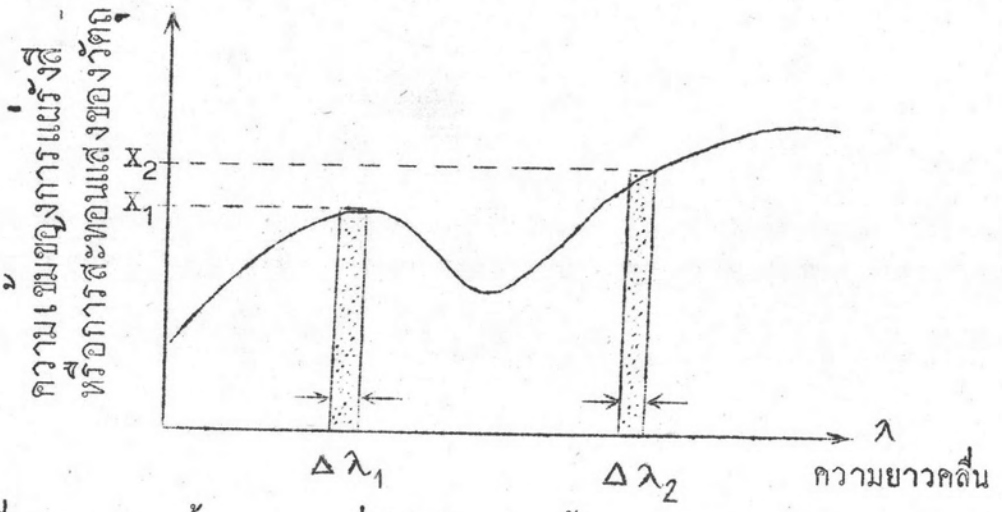
ในทางคณิตศาสตร์ เมื่อเราทำการทดลองบันทึกภาพโดยใช้เครื่องมัลติสเปคตรัลสแคนเนอร์ N แชลแนล เราก็สามารถที่จะแทนสัญญาณที่ได้รับจาก 1 GRE - Sample point ได้โดยใช้ N - dimension column vector ซึ่งสามารถเขียนออกมาเป็นสมการได้ว่า

$$\underline{X} = \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_N \end{pmatrix} \qquad \text{โดยที่ } i = 1,2.....,N$$

ซึ่ง X_i หมายถึงความเข้มของแสงซึ่งแชลแนลต่าง ๆ รับได้จากการแผ่รังสีหรือสะท้อนของวัตถุ (Radiance or Reflectance)

แนวความคิดสำคัญที่จะใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นตัวแยกประเภทของวัสดุต่าง ๆ

บนผิวโลกนั้นก็คือความเข้าใจเกี่ยวกับ "N - dimension spectral space" ซึ่งหมายถึง Space ที่ประกอบด้วยค่าตัวเลขซึ่งแทนความเข้มของคลื่นแสงที่ได้รับในเมื่อทำการบันทึกโดย N แชลแนล



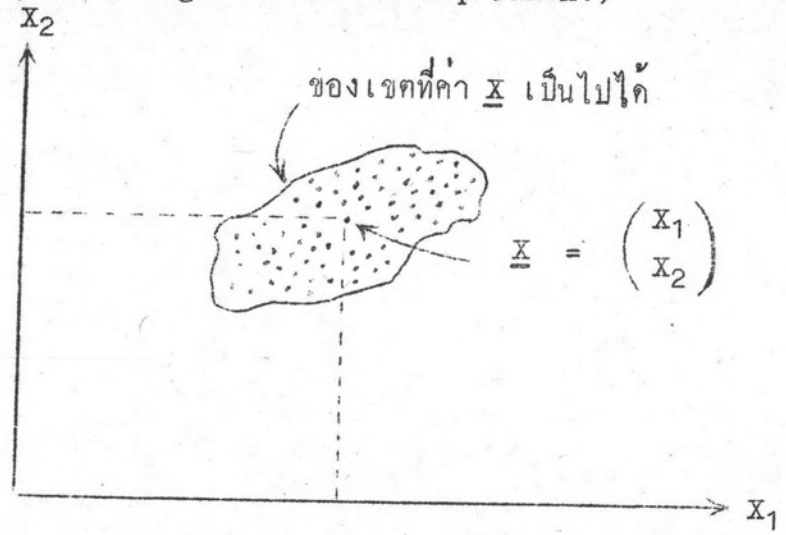
ภาพที่ 31 ความเข้มของการแผ่รังสีหรือการสะท้อนของ 1 GRE - Sample point $\underline{X}$

พิจารณาจากภาพที่ 31 เราจะเห็นว่าความเข้มที่เกิดจากการสะท้อนหรือการแผ่รังสีของวัตถุนั้นจะปรากฏออกมาเป็นรูปลักษณะโค้งที่ต่อเนื่อง หมายความว่าวัตถุชิ้นเดียวนั้นจะสามารถส่งคลื่นแสงออกมาได้หลายช่วงต่อเนื่องกัน

กรรมวิธีการบันทึกภาพของเครื่องมัลติสเปคตรัลสแคนเนอร์นั้นจะใช้การบันทึกการส่งคลื่นแสงของวัตถุด้วยจำนวนแชลแนลซึ่งมีความสามารถในการรับย่านแสงต่าง ๆ เป็นจำนวนที่แน่นอนตามที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 3.1 และย่านแสงของแต่ละแชลแนล จะต้องมีความกว้างที่เหมาะสมที่สามารถจะทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลได้ $\Delta\lambda_1$ และ $\Delta\lambda_2$ ที่เห็นในภาพที่ 31นั้น คือย่านแสง(Band) ที่กำหนดขึ้นเป็น 2 แชลแนลใด ๆ X_1, X_2 เป็นค่าความเข้มของการแผ่รังสีหรือการสะท้อนของ 1 GRE - Sample point $\underline{X}$ เมื่อนำไปเขียนแทนด้วยเวคเตอร์ก็จะได้เป็น 2 - Dimension column vector $\underline{X} = \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \end{pmatrix}$ จากภาพที่ 31 เราสามารถนำมาพล็อตเป็นภาพที่ 32 ได้

ภาพที่ 32 สร้างขึ้นโดยใช้แกนทั้งสองแทนขนาดของความเข้มที่ได้รับจาก 2 แชลแนล "ขอบเขตที่ค่า $\underline{X}$ เป็นไปได้" หมายถึงค่าของความเข้มที่เป็นไปได้ของ 1 GRE -

Sample point $\underline{X}$ ซึ่งได้รับจากการบันทึกโดย 2 แชลแนลของเครื่องบันทึกภาพ ทั้งนี้ความหมายที่ชัดเจนของมันนั้นหมายถึงว่าเมื่อเราทำการบันทึกความเข้มที่ได้จากการส่งคลื่นแสงของวัสดุอันหนึ่งด้วยแชลแนล 2 แชลแนลหลาย ๆ ครั้ง เราจะได้รับค่าความเข้มหลาย ๆ ค่า เนื่องจากการส่งคลื่นแสงของวัสดุอันหนึ่งนั้น มีข้อจำกัดที่ส่งผลกระทบกระเทือนอยู่หลายประการ เช่นการเปลี่ยนแปลงของชั้นบรรยากาศ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุตามสภาพแวดล้อม ฯลฯ เพราะฉะนั้นค่าของ X_1 จึงกระจายอยู่ในช่วงอันหนึ่ง และค่าของ X_2 ก็เช่นเดียวกัน จึงทำให้เราได้รับเซ็ทอันหนึ่งซึ่งมีขอบเขต(boundary) ที่แน่นอน ถ้าหากทำการทดลองหลาย ๆ ครั้ง (Large numbers of Experiment)



ภาพที่ 32 แสดงขอบเขตของค่า $\underline{X}$ ที่เป็นไปได้

ในการวิเคราะห์แยกแยะนั้นเราจะใช้ฟังค์ชั่นของการตัดสินใจ (Decision function) เป็นฟังค์ชั่นที่บ่งถึงขอบเขตที่เป็นไปได้ของการรับคลื่นแสงจากวัสดุประเภทต่าง ๆ ซึ่งขอบเขตอันนี้จะมีค่าแน่นอนอันหนึ่ง (Unique regions) และสอดคล้องตามประเภทของวัสดุ (Class)

เทคนิคที่ใช้ตัดสินใจนั้นมีอยู่หลายแบบ มีทั้งแบบง่าย ๆ และยุ่งยากซับซ้อนซึ่งให้ผลที่ได้รับอยู่ในระดับความพอใจของผู้ใช้ต่าง ๆ กัน แต่จุดมุ่งหมายที่สำคัญของเทคนิคแบบต่าง ๆ ก็คือสามารถวิเคราะห์แยกแยะได้ว่า $\underline{X}$ หรือ GRE - Sample point หนึ่ง ๆ นั้นจัดอยู่

ในวัสดุประเภทใด สำหรับการวิจัยครั้งนี้จะกล่าวถึงเทคนิค 2 แบบคือ

ก. เทคนิคแบบเลฟเวลสไลซิ่ง (Level Slicing Technique)

ข. เทคนิคแบบยูคลิเดียนดิสแทนซ์ (Euclidean distance Technique)

ก่อนที่เราจะใช้เทคนิคทั้ง 2 แบบนี้ สิ่งที่ควรทราบก็คือ Mean vector และ Variance vector

Mean vector สำหรับวัสดุ A (class A) สามารถเขียนได้ว่า

$$\underline{M}^A = \begin{pmatrix} m_1 \\ m_2 \\ \vdots \\ m_n \end{pmatrix} \qquad \text{โดยที่} \quad i = 1,2,\ldots\ldots, N \text{ แชนแนล}$$

ในเมื่อ

$$m_i = \frac{1}{n_A} \sum_{k=1}^{n_A} X_{ik}$$

โดยที่ n_A = จำนวน Sample point ที่เกิดขึ้นจากการบันทึกภาพวัสดุ A

k = Sample index มีค่า $1 \longrightarrow n_A$

Variance Vector สำหรับวัสดุ A (class A) สามารถเขียนได้ว่า

$$\underline{\underline{\Sigma}}^A = \begin{pmatrix} \sigma_{11} & & & \\ & \sigma_{22} & & \\ & & \ddots & \\ & & & \sigma_{NN} \end{pmatrix} \qquad i = 1,2,\ldots\ldots,N$$

ซึ่ง $\sigma_{ii} = \frac{1}{n_A} \sum_{k=1}^{n_A} (X_{ik} - m_i)^2$ เป็น Variance ของแชลแนลที่ i

จาก Variance Vector เราสามารถหาความบ่ายเบนมาตรฐาน (Standard Diviation) ของวัสดุ A เมื่อทำการบันทึกได้จากแชลแนลที่ i ว่า

$$S_i^A = (\sigma_{ii})^{1/2}$$

5.4.1 เทคนิคแบบเลฟเวลสไลซิ่ง

เทคนิคอันนี้ใช้การคำนวณหาค่าต่ำสุด และค่าสูงสุดของความเข้มของคลื่นแสง(Radiance or Reflectance Value) ที่รับได้จากแต่ละแชลแนล GRE - Sample point $\underline{X}$ จะจัดอยู่ในวัสดุประเภท A ได้ก็ต่อเมื่อแต่ละ component ของ $\underline{X}$ ตกอยู่ในช่วงต่ำสุดถึงสูงสุด เขียนออกมาเป็นสมการได้ว่า

GRE - Sample point $\underline{X}$ จะจัดอยู่ในวัสดุประเภท A ก็ต่อเมื่อ

$(C_i^{lower})_A \leq X_i \leq (C_i^{upper})_A$ สำหรับทุกค่าของ i = 1,2,3.....N แชลแนล

ซึ่ง c_i^{lower} = lower bound ของค่าความเข้มของวัสดุ A ที่รับได้โดยแชลแนล i

c_i^{upper} = upper bound ของค่าความเข้มของวัสดุ A ที่รับได้โดยใช้แชลแนล i

ซึ่งค่า lower bound และ upper bound นั้นหาได้จากค่า Mean และ Standard Deviation ดังต่อไปนี้

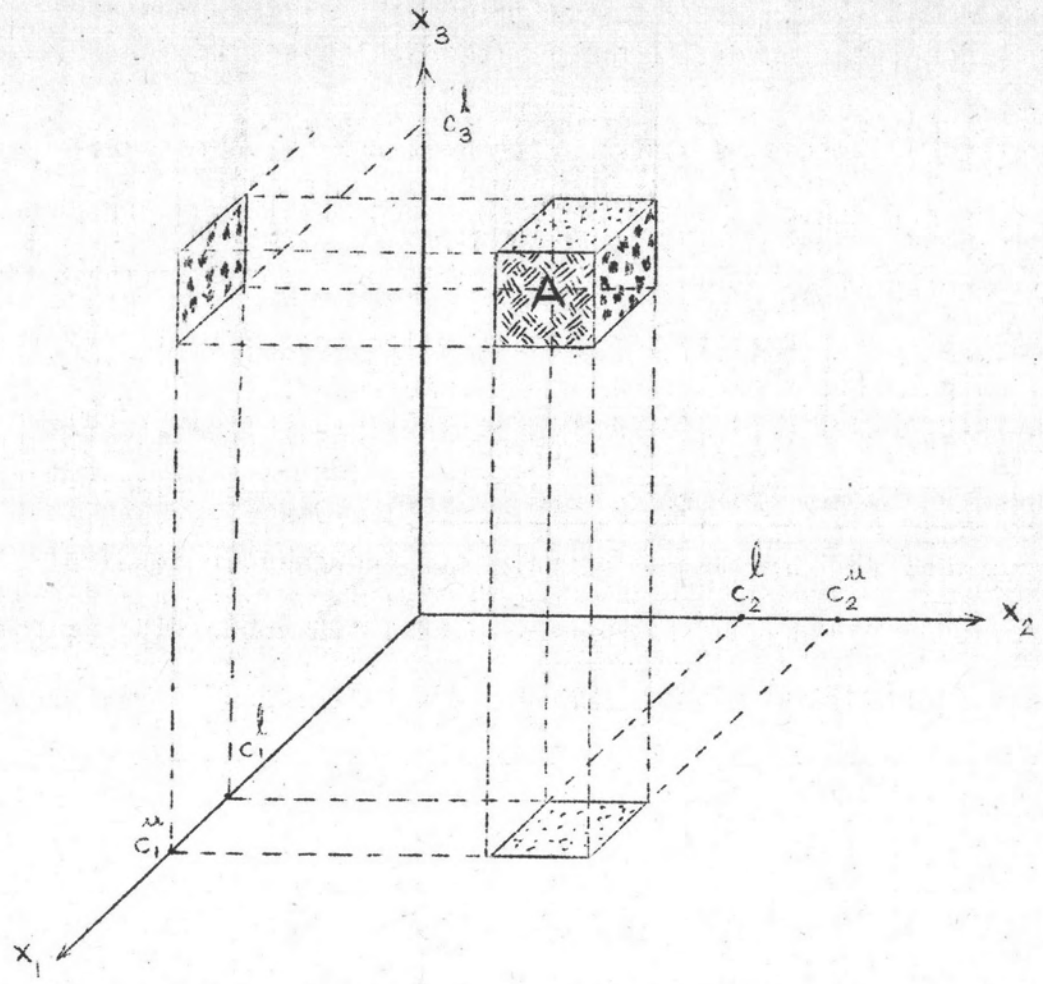
$$(C_i^{lower})_A = m_i^A - kS_i^A$$

$$(C_i^{upper})_A = m_i^A + kS_i^A$$

ในเมื่อ k = any real number (Standard Score)

ถ้าหากว่าการกระจายของข้อมูลของวัสดุแต่ละประเภทไม่กระจายในลักษณะโค้งปรกติ (Normal or Gaussion Curve) ค่าสูงสุดและต่ำสุดของการส่งคลื่นแสงของวัสดุแต่ละประเภท จะหาได้โดยการใช้ฮิสโตแกรม (Histogram)

ไม่ว่าการกระจายของข้อมูลจะเป็นเส้นโค้งปกติหรือไม่ วิธีการที่เราจะต้องคำนึงถึงอยู่เสมอก็คือ การกำหนดขอบเขตอย่างแน่นอนว่าจะให้ boundary มีค่าเท่าใด



ภาพที่ 33 แสดงขอบเขตที่เป็นไปได้สำหรับค่าความเข้มของคลื่นแสงที่รับได้จาก 3 แชลแนล

พิจารณาภาพที่ 33 ท่านจะเห็นการเขียนรูปทางด้านเรขาคณิต เพื่อใช้ในการอธิบายเทคนิคแบบเลฟเวลสไลซิ่ง รูปนี้สมมุติขึ้นมาว่า เราใช้เครื่องบันทึกภาพ 3 แชลแนล หรือ 3 Spectral Space Boundary ของมันจะอยู่ในลักษณะคล้ายลูกบาศก์ เราเรียกลักษณะเช่นนี้ว่า Rectangular Solid หรือ Hyper rectangular

เมื่อดูจากรูปเราจะกล่าวได้ว่า Sample points ใด ๆ ที่มีค่าตกอยู่ในขอบเขตของปริมาตรอันนี้ Sample pointsนั้น ๆ มาจากวัสดุ A (class A)

กรณีย์ที่จะทำให้เกิดความคลุมเครือได้ก็คือกรณีย์ที่ Region หรือ Boundary ของแต่ละ class เช่น class A, class B, class C เกิดมาตัดกันเข้า เมื่อเราพบปัญหาเช่นนี้ เราจะต้องหาระยะห่างของ GRE - Sample points จากจุดเซ็นทรอยซ์ของแต่ละ

Region เราจะถือว่า sample points อันนั้น เป็นวัสดุประเภทใด ก็แล้วแต่ว่า sample points นั้นอยู่ห่างจากจุดเซ็นทรอยซ์ของ class ใดน้อยที่สุด

5.4.2 กฎยูคลิเดียนดิสแทนซ์

กฎยูคลิเดียนดิสแทนซ์เป็นกฎที่มีความเหมาะสมที่สุดที่จะนำไปใช้ในการตัดสินใจในเมื่อข้อมูลมีการกระจายเป็นแบบ Statistically independent across channels ในการใช้กฎอันนี้สิ่งที่เราจะต้องหาเสียก่อนก็คือค่า mean และ variance ของความเข้มของคลื่นแสงที่ได้รับในแต่ละแชลแนลสำหรับ class ใด ๆ และสิ่งสำคัญที่เราจะขาดเสียมิได้ก็คือการแปลงข้อมูล (Transformation) ซึ่งอยู่ในแชลแนลต่าง ๆ ที่เราใช้วิเคราะห์แยกแยะ เกิดความเป็นอิสระต่อกันจริง ๆ เมื่อเราใช้กฎข้อนี้ เราจะพบว่าขอบเขตของความน่าจะเป็น จะอยู่ในลักษณะรูปวงรี

ฟังค์ชั่นที่ใช้ในการตัดสินใจว่า GRE - Sample points $\underline{X}$ ใด ๆ เป็นวัสดุ A สำหรับกฎยูคลิเดียนดิสแทนซ์ คือ

$$f_A(\underline{X}) = \sum_{i=1}^{N} \frac{(X_i - m_i^A)^2}{(\sigma_{ii})_A}$$

ซึ่ง $i = 1,2,3,\ldots\ldots, N$ แชลแนล

GRE - Sample point $\underline{X}$ จะจัดว่าเป็นวัสดุ A ก็ต่อเมื่อ

$$f_A(\underline{X}) < T_A$$

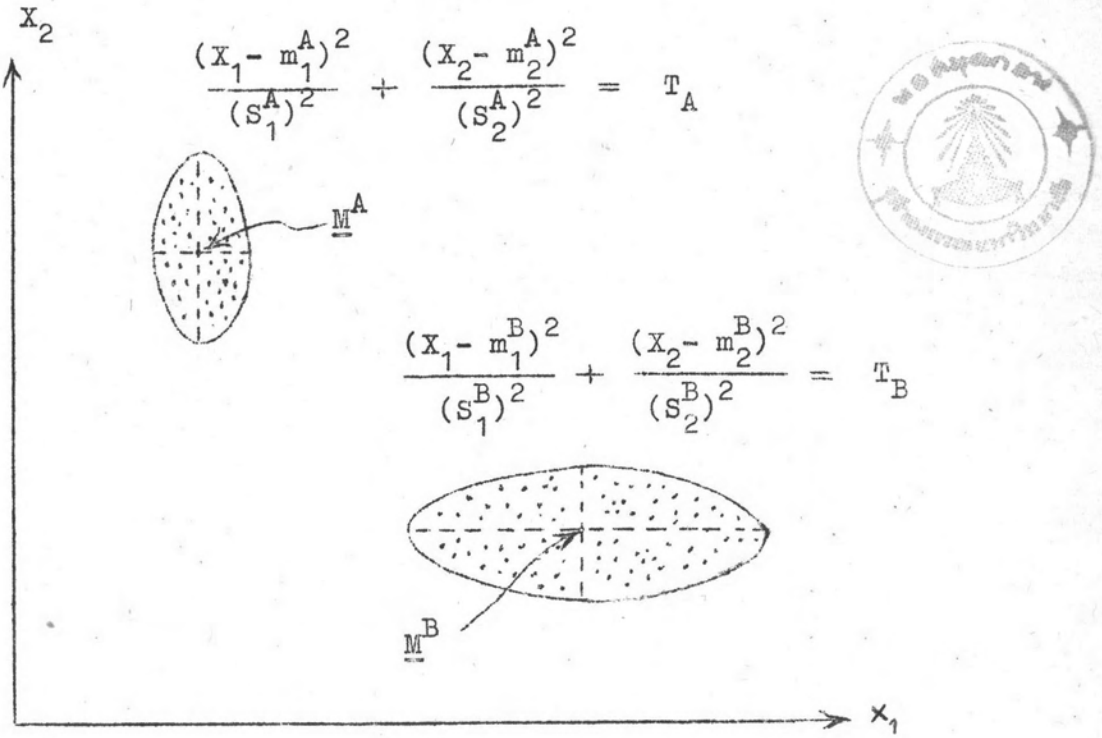
ในเมื่อ T_A คือค่าที่ใช้ในการตัดสินใจ (Threshold value) ซึ่งมีค่าเปลี่ยนแปลงไปต่าง ๆ กันตามแต่เราต้องการ ทั้งนี้เพื่อให้ผลลัพท์ที่ได้มีค่าเหมาะสมที่สุด(Optimum value)

ในทำนองเดียวกันเมื่อมาพิจารณา class B บ้าง เราก็จะได้ผลว่า

$$f_B(\underline{X}) = \sum_{i=1}^{N} \frac{(X_i - m_i^B)^2}{(\sigma_{ii})_B}$$

และ GRE - Sample point $\underline{X}$ จะจัดว่าเป็นวัสดุ B ก็ต่อเมื่อ

$$f_B(\underline{X}) < T_B$$



ภาพที่ 34 แสดงขอบเขตของค่าที่จะใช้ตัดสินใจ เมื่อใช้ 2 แชลแนล วิเคราะห์แยกแยะข้อมูลที่เป็นวัสดุ A และ B

ในทางเรขาคณิต ยูคลิเดียนดิสแทนซ์วัดได้โดยถือระยะห่างจาก unknow vector $\underline{X}$ ถึง mean vector $\underline{M}$ สำหรับ class หนึ่ง ๆ โดยพิจารณาการ weight by variance ของ mean ในแต่ละแชลแนล ค่ายูคลิเดียนดิสแทนซ์ยิ่งน้อยเท่าใด แสดงว่า GRE - Sample point $\underline{X}$ เข้าใกล้ mean มากเท่านั้น ซึ่งจะทำให้เราตัดสินใจได้ว่า $\underline{X}$ เป็นวัสดุใด การเลือกใช้ค่าตัดสินใจที่เหมาะสมจะทำให้เราได้ค่า $\underline{X}$ เข้าใกล้ mean มากที่สุด

จากภาพที่ 34 แสดงให้เห็นขอบเขตของค่าที่จะใช้ตัดสินใจ ซึ่งการกระจายของค่าที่ใช้ในการตัดสินใจมีการกระจายเป็นรูปวงรี(Ellipsoid) ก็เพราะว่าเราพิจารณาเพียง 2 แชลแนล ถ้าหากว่าเราใช้มากกว่า 2 แชลแนลขึ้นไป การกระจายของค่าที่ใช้ตัดสินใจ

จะมีลักษณะการกระจายเป็นรูป Hypervolume of Ellipsoids

ค่าที่ใช้ตัดสินใจ(Threshold values) สามารถหาได้ตามสมการที่ปรากฏอยู่ในภาพที่ 34 T_A และ T_B คือค่าที่ได้จากการทดลองบันทึกภาพเป็นจำนวนหลาย ๆ ครั้งสมมุติว่าขณะนี้เราได้ค่า T_A และ T_B มีค่าสูงสุดที่แน่นอนอันหนึ่ง ซึ่งทำให้เกิดขอบเขตของ Ellipsoids ดังที่เห็นในรูป ถ้าเราลดค่า T_A และ T_B ลงรูป Ellipsoids ก็ย่อมจะเล็กลงด้วย สาเหตุที่เราจำเป็นต้องลดค่า T_A และ T_B ลงก็เนื่องมาจากเราต้องการที่จะไม่ให้ค่า GRE - Sample points ของวัสดุอื่น ๆ มาตกอยู่ใน Region ของ class A หรือ class B แต่ในขณะเดียวกันถ้าหากว่าเราลดค่า T_A และ T_B ให้เหลือน้อยเกินควร GRE - Sample points ของ class A และ class B ก็ไม่สามารถที่จะมาตกอยู่ใน Region ได้หมดทั้ง ๆ ที่ GRE - Sample points นั้นเป็น class A และ class B ดังนั้นในการประมวลผลจริง ๆ แล้วค่าที่ใช้ตัดสินใจ (Threshold values) จะต้องคำนวณหาโดย Linear programming เพื่อ Maximize การแยกแยะ class ที่ถูกต้อง และ Minimize class ที่ผิดประเภท

ถ้าหากว่า GRE - Sample points ใด ๆ สอดคล้องกับการทดสอบตามกฎยูคลิเดียนดิสแทนซ์ตั้งแต่ 2 ครั้งขึ้นไป ก็แสดงว่า Sample point นั้นมีค่า Distance น้อยที่สุด และจะน้อยลงอีกในเมื่อรูป Hyper Ellipsoids นั้นประกอบด้วยวงรีที่เหลื่อมล้ำกัน กรณีนี้ขอบเขตที่เราจะพิจารณาจะพิจารณาตั้งแต่ส่วนที่ตัดกันเข้าไป

5.5 ตัวอย่างการวิเคราะห์แยกแยะภาพ

ตามที่ได้กล่าวมาแล้วว่าทฤษฎีของความน่าจะเป็นได้เข้ามามีบทบาทในการวิเคราะห์แยกแยะภาพซึ่งได้มาจากการบันทึกภาพระยะไกลโดยเครื่องบันทึกภาพแบบมัลติสเปคตรัลสแคนเนอร์ ดังนั้นสิ่งที่เราจะหลีกเลี่ยงไม่ได้ก็คือการทดลองบันทึกภาพของวัสดุต่าง ๆ จำนวนหลาย ๆ ครั้ง เพื่อหาค่าสถิติต่าง ๆ สำหรับวัสดุประเภทหนึ่ง ๆ แล้วนำค่าสถิตินั้นมาใช้สำหรับวิเคราะห์แยกแยะข้อมูลซึ่งได้มาจากการบันทึกภาพครั้งใหม่

ตามภาพที่ 35 เป็นเกรย์แมพย่อของพื้นที่ทำการกสิกรรมอันหนึ่งซึ่งได้จากการสำรวจบันทึกภาพทางเครื่องบินของมหาวิทยาลัยเปอร์ดูว์ เมื่อวันที่ 28 มิถุนายน พ.ศ.

2509 สัญญลักษณ์ต่าง ๆ ที่ปรากฏนั้นแทนความเข้มระดับต่าง ๆ ที่รับได้จากแชลแนลที่ 4 ซึ่งอยู่ในย่าน 0.48 - 0.50 ไมครอน โดยใช้สัญญลักษณ์ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

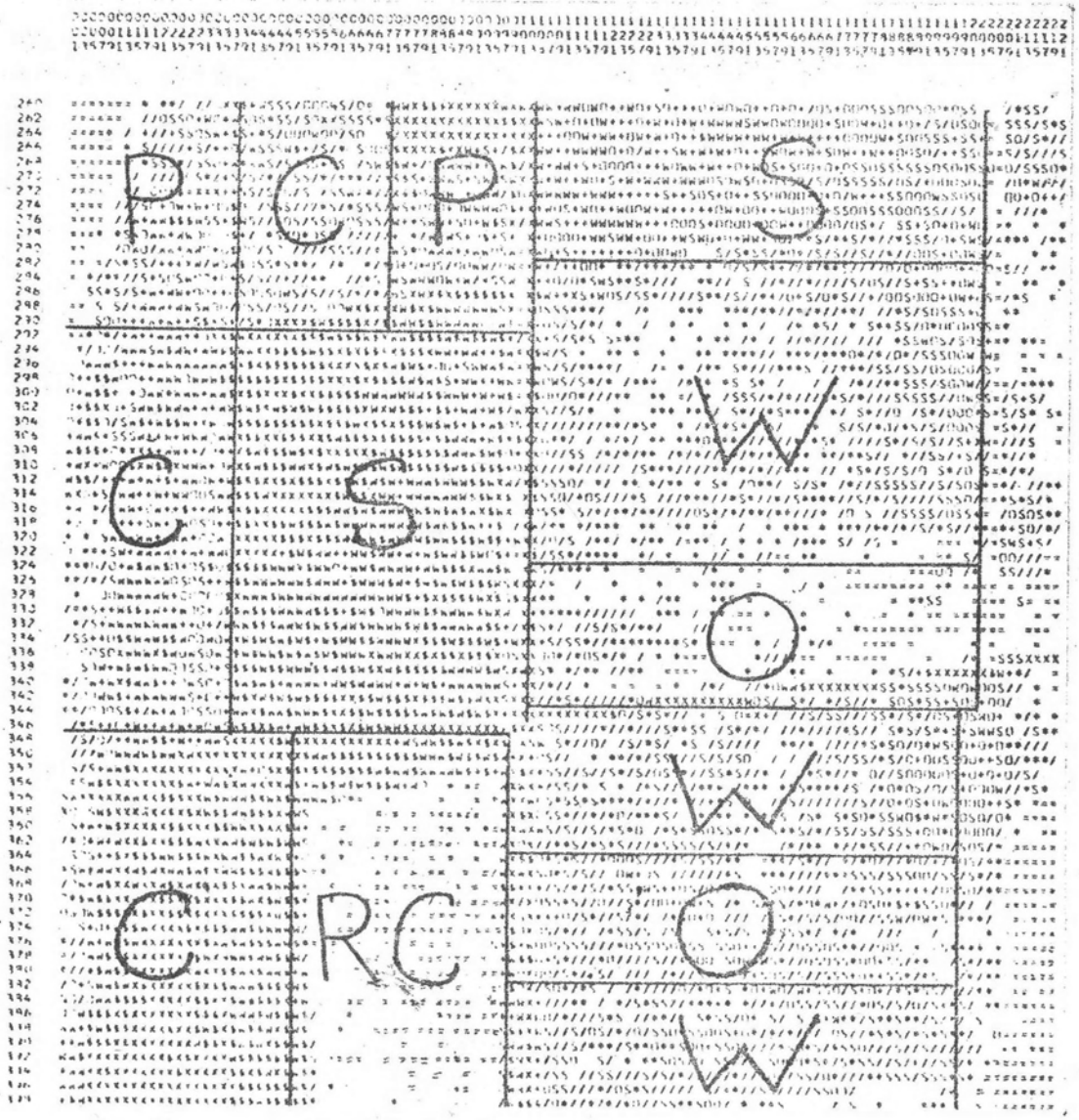
0.00 - 54.68	แทนด้วย	=
54.68 - 54.21	"	(blank)
56.21 - 57.33	"	*
57.33 - 58.41	"	/
58.41 - 59.46	"	S
59.46 - 60.48	"	O
60.48 - 61.56	"	+
61.56 - 63.62	"	W
63.62 - 65.71	"	#
65.71 -256.00	"	X

เราจะสังเกตเห็นว่า เกรย์แมพนี้เริ่มต้นที่ Scan line 260 หมายความว่าในการวิเคราะห์แยกแยะภาพครั้งหนึ่ง ๆ เขาจะทำการแยกแยะเฉพาะบริเวณที่สนใจเท่านั้น ทั้งนี้เพราะคำนึงถึงความประหยัดเป็นสำคัญ

ตัวอักษรที่เขียนกำกับลงบนส่วนต่าง ๆ นั้น คือ Ground thruth ซึ่งใช้แทนพืชประเภทต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

c	=	corn	คือ ข้าวโพด
P	=	Pasture	คือทุ่งหญ้ารก
S	=	Soybean	คือถั่ว
W	=	Wheat	คือข้าวสาลี
RC	=	Red Clover	คือหญ้าซึ่งเป็นอาหารของสัตว์เลี้ยง

เขากำหนด Ground thruth ขึ้นได้โดยพิจารณาจากภาพถ่ายทางอากาศที่ได้จากเครื่องบิน ของบริเวณเดียวกัน การใส่ Ground thruth ลงไปเช่นนี้ก็เพื่อจุดมุ่งหมาย



ภาพที่ 35 เกรย์แมพย่อพร้อมด้วย Ground Thruth

ที่จะให้เกิดข้อผิดพลาดที่พืชชนิดหนึ่ง ๆ เช่น ข้าวโพด ถูกแยกประเภทว่าเป็นพืชชนิดอื่นน้อยที่สุด

การสำรวจครั้งนี้ 1 - GRE Sample point หรือสัญญลักษณ์บนเกรย์แมพย่อ 1 ตัวนั้นได้มาจากพื้นที่ 20 x 20 ตารางฟุต

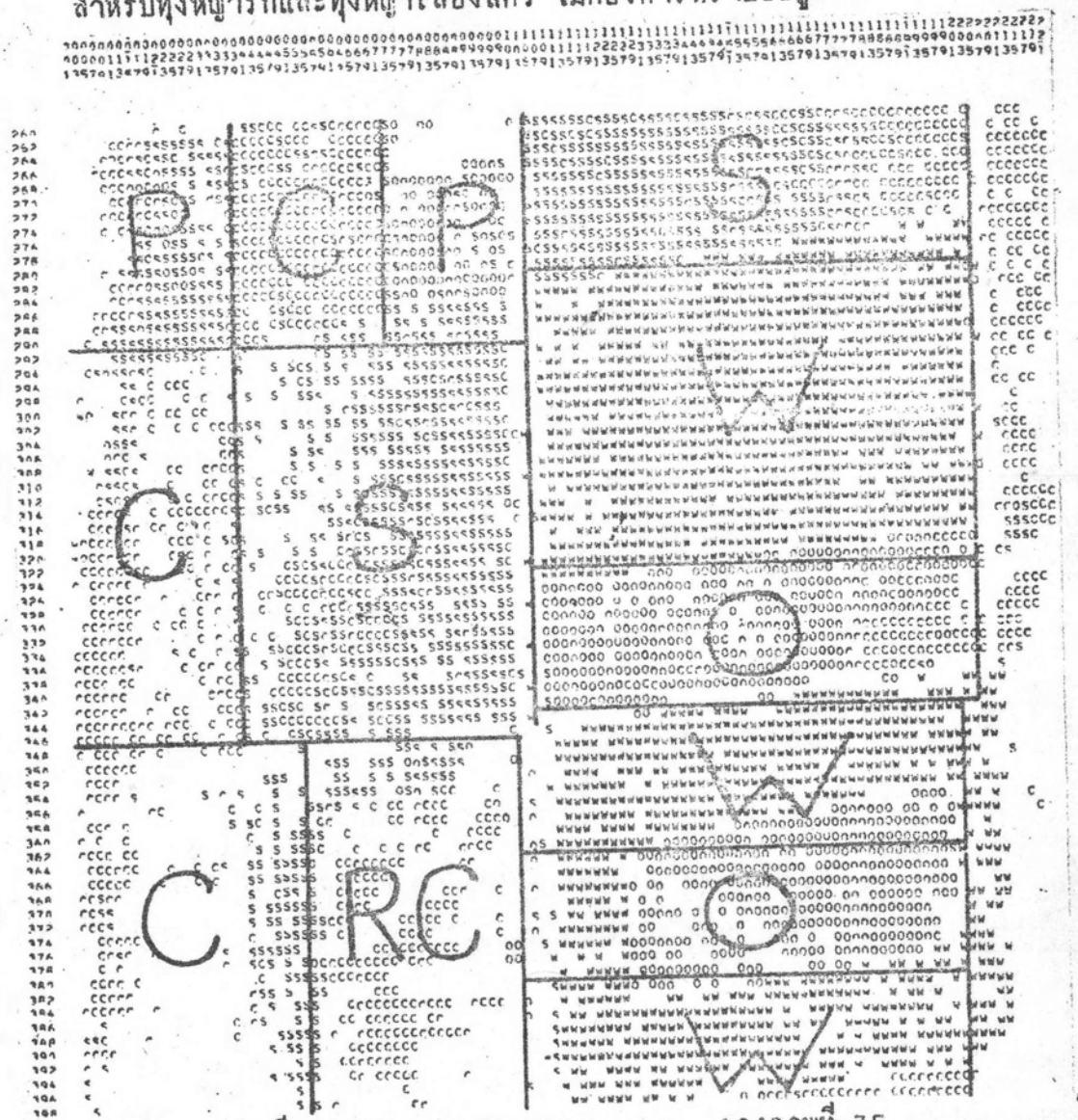
จากการประมวลผลโดยใช้โปรแกรม RECOG ของมหาวิทยาลัยแห่งรัฐโคโลราโด และค่าสถิติต่าง ๆ สำหรับพืชชนิดหนึ่ง ๆ จะได้ผลออกมาตามภาพที่ 36 เราจะสังเกตเห็น

ว่าพื้นที่บริเวณหนึ่ง ๆ ที่มี ground thruth กำกับไว้จะมีพืชชนิดอื่น ๆ ปะปนอยู่ด้วย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับข้อมูลที่บันทึกได้จาก สภาพความเป็นจริงของพื้นที่

ผลจากการวิเคราะห์แยกแยะภาพปรากฏว่าพื้นที่บริเวณนี้ประกอบด้วย

ข้าวโพด	19.25%
ข้าวโอ๊ต	10.69%
ถั่ว	16.01%
ข้าวสาลี	20.77%

สำหรับทุ่งหญ้ารกและทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ ไม่ต้องการทราบข้อมูล



ภาพที่ 36 Classification map ของภาพที่ 35