บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี และ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดทฤษฎีการหลอม

Van Der Meer(1997) กล่าวถึง การหลอมภาพหรือการรวมภาพที่มีรายละเอียดภาพต่างกันได้ถูกประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางในหลายสาขาด้านรีโมทเซ็นซิง ซึ่งมีเป้าหมายที่สำคัญ คือ เพื่อเพิ่มรายละเอียดในการมองเห็นข้อมูลที่ได้จากการรวมข้อมูลรายละเอียดต่ำกับข้อมูลที่มีรายละเอียดสูง ผลที่ได้ก็คือ ปรับปรุงให้ภาพมีความสวยงามเพิ่มขึ้น โดยการนำค่าสถิตมาคำนวณหาวาริโอแกรม (Variogram) จากการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มรายละเอียดภาพมากขึ้นไม่มีผลต่อค่ากลางเฉลี่ย (Mean) และ ค่ามัธยฐาน(Median) ของฮิสโตแกรมของภาพ แต่มีผลทำให้ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน(Standard diviation) และการแผ่ออกของกราฟลดลง ซึ่งอัตราการเปลี่ยนแปลงของการแผ่ออกจะขึ้นอยู่กับลักษณะทางพื้นที่ของภาพ สำหรับข้อมูลที่มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน เช่น มีความต่อเนื่องทางพื้นที่ทำให้มีช่วงการกระจายของข้อมูลน้อย การแผ่ออกของกราฟจะลดลงมากกว่าข้อมูลที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน สรุปได้ว่าการหลอมภาพมีเป้าหมายเพื่อปรับปรุงรายละเอียดของการมองเห็นและการตีความ ซึ่งจะประสบผลสำเร็จในข้อมูลที่เป็นเนื้อเดียวกัน มากกว่าข้อมูลที่มีเนื้อต่างกัน

Van Genderen และ Pohl(1994) กล่าวถึง ความหมายทั่วไปของ การหลอมภาพ คือ การรวมภาพสองภาพหรือมากกว่า ที่แตกต่างกัน เพื่อสร้างเป็นภาพใหม่ โดยใช้อัลกอริทึมที่แน่นอน (EARSEL-SEE-EMP Working Group, 1999) ได้นิยามความหมายของการหลอม ข้อมูล คือ กรอบ (Framework) ที่เป็นทางการ ซึ่งแสดงความหมาย และเครื่องมือสำหรับข้อตกลงเกี่ยวกับข้อมูลตั้งต้นจากแหล่งข้อมูลที่แตกต่างกัน เป้าหมาย คือ การที่จะได้รับข้อมูลที่มีคุณภาพสูงสุด (Pohl, 1996) ได้นิยาม คำว่า การหลอมภาพ ไว้ว่า เป็นอัลกอริทึมที่ใช้รวมภาพสองภาพหรือมากกว่า ที่มีความแตกต่างกันเพื่อสร้างภาพใหม่ที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (Digital Number : DN) และมีความสัมพันธ์กับข้อมูลที่มีอรรถาธิบาย (Attribute) แตกต่างกันในเชิงพื้นที่ เชิงคลื่นและช่วงเวลา เพื่ออินทิเกรตข้อมูลที่สมบูรณ์เข้าไว้ด้วยกัน (Franklin and blodgett,1993) อธิบายว่า การหลอม (Fusion) เป็นการคำนวณผลของค่าใหม่สามค่าให้กับจุดภาพ(Pixel) บนพื้นฐานของข้อมูลที่นำเข้า ซึ่งมีความสัมพันธ์กันในด้านของตำแหน่งบนภาพ โดยที่ภาพอาจมีความแตกต่างกัน ในด้านเชิงพื้นที่ (Spatial),เชิงคลื่น (Spectral) และ ช่วงเวลา (Temporal) (Van Genderen et al., 1994) กล่าวว่า ภาพที่ได้รับการตีความเรียบร้อยแล้ว จะมีสารสนเทศหรือความรู้ ก่อนที่จะถูกนำไปหลอม ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในหลากหลายสาขา (Harris and Graham, 1976) ได้ถูกอ้างถึงใน (Pohl,1996) กล่าวว่า เราต้องการข้อมูลนำเข้าที่มีความสมบูรณมากกว่าข้อสนเทศที่มีความซ้ำซ้อน (Pohl and Van Genderen,1995b กล่าว ถึงการเน้นถึงคุณภาพ จะทำให้เกิดความผิดพลาด เนื่องจากคุณภาพนั้น ไม่ใช่ความหมายที่ถูกจำเพาะ

เจาะจงลงไป โดยทั่วไปความหมาย คือ ผลของการหลอมข้อมูลต้องเป็นที่น่าพอใจและเหมาะสมต่อการนำไปประยุกต์ใช้ ไม่ใช่คุณภาพ แต่มันอาจจะเกี่ยวข้องกับผลลัพธ์ของกลุ่มข้อมูที่เกี่ยวข้องในการที่จะเพิ่มอัตถประโยชน์ หรือความเข้มแข็งให้กับกระบวนการทำงาน (Mangolini, 1994 ; Shen ,1990 ; Rogers and Wood,1990) ที่ถูกอ้างถึงใน(Pohl,1996) กล่าวว่า การหลอมภาพหรือหลอมข้อมูลนั้นจะสามารถทำได้ ในหลายระดับแตกต่างกัน ตามขั้นตอนของการหลอมข้อมูล ดังนี้ ระดับจุดภาพ(Pixel level), ระดับภูมิลักษณ์ (Feature level) และ ระดับการตัดสินใจ (Decision level)

การหลอมภาพระดับข้อมูลภาพดาวเทียม หมายถึง การหลอมในระดับต่ำสุดที่ถูกอ้างถึงในการรวมภาพ เพื่อวัดพารามิเตอร์ทางกายภาพ ส่วนมากใช้ข้อมูลที่เป็นจุดภาพ (Raster) ที่ผ่านการลงทะเบียนร่วมกัน(Co-register) แล้ว หรือผ่านการใส่พิกัด (Geocoded) แล้ว

Mangolini(1994) กล่าวถึง การหลอมภาพในระดับภูมิลักษณ์ เพื่อต้องการดึงข้อมูลออกมาจากข้อมูลหลาย ๆ แหล่ง โดยวิธีการแบ่งเป็นส่วน ๆ ภูมิลักษณ์ที่ได้จะมีลักษณะเหมือนข้อมูลตั้งต้น ซึ่งจะขึ้นกับสภาพแวดล้อมของข้อมูล เช่น มิติ(Dimension) รูปร่าง(Shape)และเพื่อนบ้าน(Neighbourhood) ดังนั้นวัตถุที่เหมือนกันที่ได้จากข้อมูลหลาย ๆ แหล่ง จะเป็นตัวกำหนดค่าให้กันและกัน จากนั้นก็จะถูกหลอมเข้าด้วยกันเพื่อใช้วิธีสถิติในประเมินผลต่อไป Schowengerdt,1980 (Carter ,1998) ได้เสนอการรวมภาพรายละเอียดต่ำกับภาพรายละเอียดสูง เพื่อให้ได้รายละเอียดสูงในทุก ๆ ช่อง(channel) ของภาพรายละเอียดต่ำ ซึ่งข้อมูลชุดนี้สามารถนำมารวมกัน เพื่อวิเคราะห์ต่อไปได้ (Campbell, 1993) กล่าวถึง การใช้วิธีการรวมกันเชิงเส้น (Linear combination) ของภาพตั้งต้น โดยทำการจัดข้อมูลใหม่ (Resampling) ให้ภาพหลายช่วงคลื่น แล้วแทนที่ด้วยภาพรายละเอียดสูง ระบบแพนโครมาติก(Li ,1993) การผนวกรวมข้อมูลจากต่างตัวรับสัญญาณกันจะเป็นประโยชน์อย่างมาก ในการที่จะทำให้ได้ข้อมูลที่สมบูรณ์จากข้อมูลที่มีความหลากหลาย และเป็นการเพิ่มความสำคัญให้กับกระบวนการประมวลผลข้อมูลภาพดิจิตอล ด้วยข้อมูลที่ถูกรวบรวมมาจากต่างตัวรับสัญญาณกัน ในช่วงเวลาที่ต่างกันสามารถรวมกัน เพื่อทำการวิเคราะห์ได้ โดยการรวมกันนี้สามารถทำได้กับข้อมูลที่ต่างชนิดกันด้วย ซึ่งจะส่งผลให้ผู้ใช้ ได้รับประโยชน์จากข้อมูลแต่ละส่วนที่ถูกนำมารวมกันให้เป็นหนึ่งเดียว

Shen (1990) กล่าวถึง การหลอมข้อมูลเพื่อการตัดสินใจหรือการตีความ เป็นการใช้วิธีเพิ่มค่าเข้าไปในข้อมูลของภาพตั้งต้น เมื่อทำการประมวลผล จะสามารถดึงเอาข้อมูลที่ต้องการออกมา ซึ่งข้อมูลสนเทศที่ได้จะถูกรวมเข้ากับกฎของ Bayes หรือ Dempster-shafer's ซึ่งจะเป็นตัวช่วยทำให้แปลตีความได้ง่ายขึ้น และช่วยแก้ปัญหาความแตกต่างของภาพตั้งต้น เพื่อให้เราสามารถทำความเข้าใจในวัตถุที่เราทำการสำรวจได้ง่ายขึ้น (Huang, 1994) กล่าวว่า ทุกวันนี้ได้มี ความพยายามที่จะเพิ่มความสามารถของเทคนิคการประมวลผลภาพ เพื่อเน้นข้อมูลภาพหลายช่วงคลื่น โดยทำการรวมข้อมูลหลาย ๆ ชนิดเข้าด้วยกัน เพื่อสร้างภาพที่มีประสิทธิภาพ ทั้งในเรื่องความหลากหลายของช่วงคลื่น ความหลากหลายของรายละเอียดภาพ ความหลากหลายของช่วงเวลา และ ความหลากหลายของตัวรับสัญญาณ เพื่อ

สะดวกต่อการตีความด้วยสายตาจากความเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้นทั้งในระยะสั้นและระยะยาว ในระยะสั้นก็ เช่น มีหิมะปกคลุม มีน้ำท่วมขัง ส่วนในระยะยาวก็ เช่น การขยายตัวของเมืองรอบนอก ดังนั้น การตรวจหาติดตามประเมินผลความเปลี่ยนแปลงในระบบนิเวศน์ เพื่อใช้เป็นกลยุทธ์ในการพัฒนาและจัดการทรัพยากรในระบบนิเวศน์ ข้อมูลที่ได้จากดาวเทียมและเครื่องบิน ช่วยในการติดตามระบบใหญ่บนพื้นผิวโลก สามารถแสดงภาพและเตรียมข้อมูลเพื่อช่วยในการตรวจหาความเปลี่ยนแปลง Miline,1988 (Huang, 1994) กล่าวถึง การตรวจหาความเปลี่ยนแปลงทั่วไปจากข้อมูลรีโมทเซ็นซิ่งจะเกี่ยวกับลักษณะของพืชพรรณ, การเพิ่มขึ้นของการเพาะปลูก และ การขยายตัวของเมือง การบันทึกการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินในแต่ละช่วงเวลา เป็นการประยุกต์ใช้งานที่สำคัญของการใช้ข้อมูลดิจิตอลของรีโมทเซ็นซิ่ง Wald,1997(Civio,1999) กล่าวว่า การผนวกรวมทั้งด้านเชิงคลื่นและด้านพื้นที่จากข้อมูลหลาย ๆ ตัวรับสัญญาณ สามารถสร้างความสะดวกในการตีความด้วยสายตา X.Li et al., 1998 (Civio,1999) ได้ทำการรวมภาพ LANDSAT TM 6 แบนด์ ที่มีรายละเอียดทางพื้นดิน 30 เมตร กับ ภาพ SPOT(PAN) ซึ่งมีรายละเอียดภาคพื้นดิน 10 เมตร ทำให้ได้ข้อมูลที่รวมรายที่ดีทางพื้นดินของข้อมูล SPOT (PAN) เข้ามาอยู่ในข้อมูลทั้ง 6 แบนด์ ของ TM ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีประโยชน์สำหรับการติดตามทรัพยากรธรรมชาติต่อไป

2.2 การปรับแก้ทางเรขาคณิต (Geometric Correction)

ข้อมูลรีโมทเซ็นซิงที่ได้จากดาวเทียมหรือเครื่องบินมักมีความบิดเบี้ยวทางเรขาคณิตจากการเคลื่อนตัวของพาหนะ ข้อมูลที่บันทึกได้จะมีความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่ง เมื่อข้อมูลถูกนำใช้เพื่อทำแผนที่หรือนำมาเปรียบเทียบกันสำหรับข้อมูลที่ได้จากต่างช่วงเวลาแต่อยู่ในพื้นที่เดียวกัน เมื่อเกิดความบิดเบี้ยวของข้อมูล ดังนั้นจึงต้องทำการปรับแก้ทางเรขาคณิตก่อน เพื่อให้ข้อมูลที่อยู่ในตำแหน่งเดียวกันบนพื้นดินมีพิกัดที่อ้างอิงเดียวกัน ถึงจะนำมาใช้ในการวิเคราะห์ได้ Konecny,1976 (Pohl,1996) กล่าวว่า การใช้จุดควบคุม(Control Point)และฟังก์ชันในการปรับแก้ สำหรับการประมาณค่าพารามิเตอร์ของสัมประสิทธิ์ของโพลีโนเมียลและการกำหนดจุดควบคุมในภาพมีหลายขั้นตอน

ดนุพล ตันโยภาส (2539) กล่าวว่า การปรับแก้เชิงเรขาคณิตมีวัตถุประสงค์ เพื่อขจัดความเพี้ยนทางเรขาคณิตของภาพ ซึ่งกระทำโดยการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างระบบพิกัดภาพและระบบพิกัดภูมิศาสตร์ มีทฤษฎีและหลักการสำหรับการปรับแก้ข้อมูลภาพ เพื่อให้ข้อมูลมีพิกัดหรือมีตำแหน่งที่สามารถอ้างอิงได้ ดังนี้

2.2.1 การปรับแบบภาพกับจุดควบคุมทางพื้นดิน (Image to GCP or Map) เป็นการปรับแก้ตำแหน่งทางเรขาคณิตของข้อมูล โดยใช้จุดควบคุมที่ทราบค่าตำแหน่งทางพื้นดินหรือแผนที่ภูมิประเทศที่มีค่าพิกัดทางภูมิศาตร์อยู่แล้วเป็นสิ่งอ้างอิง ผลลัพธ์ทำให้ข้อมูลมีตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ในระบบเดียวกันกับระบบพิกัดที่นำมาใช้อ้างอิง

2.2.2 การปรับแบบภาพกับภาพ (Image to Image Registration) เป็นการปรับแก้ตำแหน่งทางเรขาคณิตของข้อมูลที่ครอบคลุมพื้นที่บริเวณเดียวกัน โดยใช้ภาพบริเวณพื้นที่เดียวกันที่ได้รับการปรับแก้ทางเรขาคณิตแล้วเป็นสิ่งอ้างอิง ผลลัพธ์ทำให้ข้อมูลมีตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ในระบบเดียวกับระบบพิกัดที่นำมาใช้อ้างอิง

ขั้นตอนในการปรับแก้ทางเรขาคณิตสามารถแบ่งได้เป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

1. การรีจิสเตอร์ สำหรับการปรับแบบภาพกับจุดควบคุมทางพื้นดิน เป็นการเลือกจุดที่มีความเด่นชัดบนภาพเพื่อทำการวัดพิกัด แล้วค้นหาจุดที่เลือกในภาคสนามและทำการวัดพิกัด

สำหรับการปรับแก้แบบภาพกับภาพ เป็นการเลือกจุดเด่นชัดบนภาพที่มีพิกัดแล้ว และเลือกจุดเดียวกันบนภาพที่จะนำมาทำให้มีพิกัด

2. การคำนวณปรับแก้ เป็นการคำนวณเพื่อหาพารามิเตอร์ของการแปลงพิกัด โดยการปรับแก้ทางเรขาคณิตใช้สมการคณิตศาสตร์พหุนาม(Polynomial Equation) โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least square method) ความถูกต้องแม่นยำขึ้นอยู่กับระดับยกกำลังของสมการพหุนามและขึ้นอยู่กับจำนวนจุดควบคุมและการกระจายของจุดควบคุม โดยสมการแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงสมการโพลิโนเมียลที่ใช้ในการปรับแก้ทางเรขาคณิต

ชนิดสมการ	สมการที่ใช้ในการแปลง	จำนวนจุดควบคุมที่ต้องการ
คณิตศาสตร์ พหุนาม ระดับ 1	$x = a_1 + a_2X + a_3Y$ $y = b_1 + b_2X + b_3Y$	3
คณิตศาสตร์ พหุนาม ระดับ 2	$x = a_1 + a_2X + a_3Y + a_4X^2 + a_5y^2 + a_6XY$ $y = b_1 + b_2X + b_3Y + b_4X^2 + b_5Y^2 + b_6XY$	6
คณิตศาสตร์ พหุนาม ระดับ 3	$x = a_1 + a_2X + a_3Y + a_4X^2 + a_5Y^2 + a_6XY + a_7X^3 + a_8Y^3 + a_9X^2Y + a_{10}Y^2X$ $y = b_1 + b_2X + b_3Y + b_4X^2 + b_5Y^2 + b_6XY + b_7X^3 + b_8Y^3 + b_9X^2Y + b_{10}Y^2X$	10

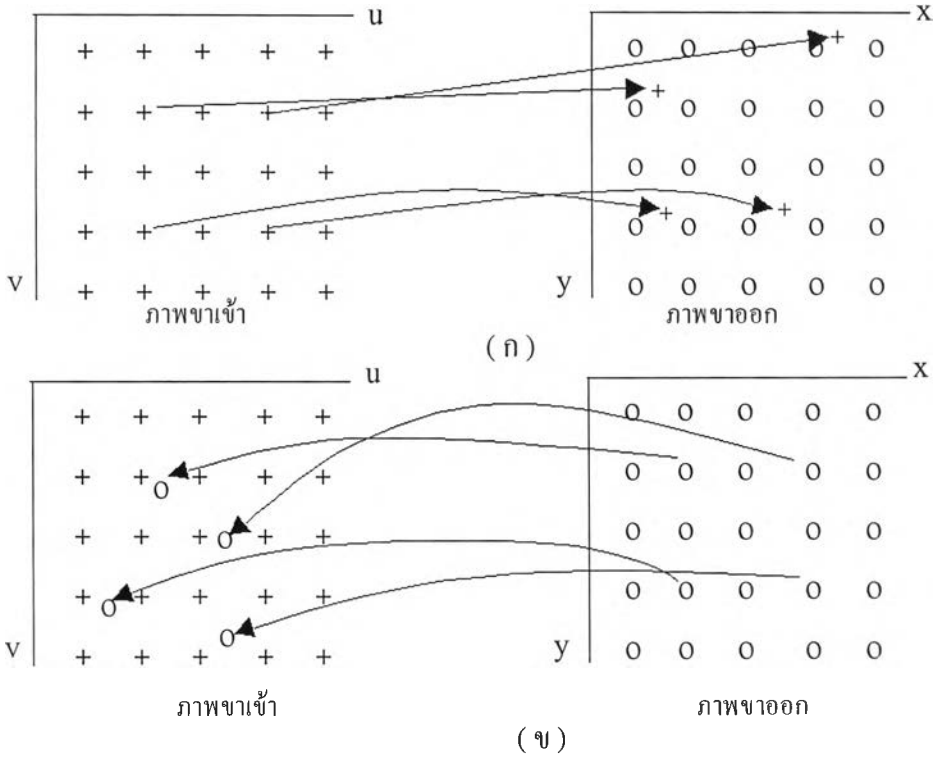
โดย x ,y เป็นค่าพิกัดจุดอ้างอิง และ X , Y เป็นค่าพิกัดภาพดาวเทียม (ดนุพล ตันโยภาส,2539)

2.3 การจัดข้อมูลใหม่และการปรับค่าDN (Resampling)

ในขั้นตอนสุดท้ายของการปรับแก้ทางเรขาคณิตนั้น ภาพในระบบพิกัดภูมิศาสตร์ จะถูกสร้างขึ้นโดยการจัดข้อมูลใหม่ ซึ่งเทคนิคในการจัดข้อมูลใหม่ มี 2 แบบ ดังนี้

1) การฉายจากภาพขาเข้าไปสู่ภาพขาออก หรือ direct method ทุกจุดของภาพขาเข้าจะถูกฉายไปยังระนาบของภาพขาออก ดังรูปที่ 2.1 (ก)

2) การฉายจากภาพขาออกไปสู่ภาพขาเข้า หรือ indirect method จุดภาพที่มีระยะห่างเท่า ๆ กัน ในระนาบภาพ ขาออกจะถูกฉายไปยังระนาบของภาพขาเข้า ดังรูปที่ 2.1 (ข) วิธีนี้เป็นวิธีนิยมใช้มากกว่า เพราะประหยัดเวลาในการประมวลผล ตำแหน่งของข้อมูลจะตรงกับตำแหน่งที่อ้างอิงพอดี ไม่ต้องมีการคำนวณผลลัพธ์ใหม่อีกครั้ง



รูปที่ 2.1 แสดงวิธีการจัดข้อมูลใหม่ (ก) การฉายจากภาพขาเข้าไปยังภาพขาออก (ข) การฉายจากภาพขาออกไปยังภาพขาเข้า(สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ,2540)

ในการจัดข้อมูลใหม่ทำให้ตำแหน่งของจุดภาพก่อนปรับและหลังการปรับแก้ทางเรขาคณิตไม่ตรงกัน สำหรับข้อมูลการสำรวจระยะไกลค่าดังกล่าว คือ ตัวเลขที่บันทึกได้(Digital Number : DN) จากตัวรับสัญญาณ ของจุดภาพที่มาจากข้อมูลเดิมไม่ตรงพอดีกับตำแหน่งของจุดภาพใหม่ ดังนั้น ตำแหน่งของจุดภาพใหม่จะต้องได้รับการประมาณค่า DN ใหม่ ซึ่งเป็นการประมาณค่า DN ของจุดภาพที่ไม่รู้ค่าจากจุดภาพรอบ ๆ ที่ทราบค่า ซึ่งค่าใหม่นี้ได้จากการประมาณค่าในช่วง (Interpolation) โดยจะเป็นการจัดค่าระดับ DN ของข้อมูลขึ้นมาใหม่ให้กับภาพที่มีการปรับแก้ทางเรขาคณิตแล้ว ดังนั้นจึงมีขั้นตอนการปรับค่าหรือขั้นตอนการประมาณค่าในช่วงของค่า DN เพื่อให้เป็นค่าที่สอดคล้องกับตำแหน่งของจุดภาพ โดยมีวิธีการในการปรับปรุงค่า DN อยู่ 3 วิธีการ ดังนี้

1) การประมาณค่าจากจุดภาพที่ใกล้ที่สุด (Nearest Interpolation) เป็นการปรับปรุงค่าจุดภาพใหม่ โดยการนำเอาค่าDNของจุดภาพเดิมที่มีตำแหน่งใกล้กับจุดภาพใหม่มากที่สุดมาใช้เป็นค่าDNใหม่ วิธีนี้เป็นวิธีที่ง่ายและรวดเร็ว

2) การประมาณค่าด้วยวิธีเชิงเส้นสองทาง(Bi–linear Interpolation)เป็นการปรับปรุงค่าจุดภาพ โดยการนำเอาค่าDN ของจุดภาพเดิม 4 จุดที่อยู่รอบ ๆ ตำแหน่งของจุดภาพใหม่มา เพื่อใช้คำนวณหาค่าDNใหม่ วิธีนี้ข้อมูลเชิงคลื่นที่ได้หลังการประมาณค่าในช่วงจะมีความเรียบหรือมีความต่อเนื่องของข้อมูล

3) การประมาณค่าด้วยวิธีลูกบาศก์ (Cubic Interpolation) เป็นการปรับปรุงค่าDNใหม่ โดยการนำเอาค่าความสว่างของจุดภาพเดิม 16 จุดที่อยู่ล้อมรอบตำแหน่งของจุดภาพใหม่มา เพื่อใช้คำนวณหาค่า DN ใหม่ วิธีนี้การคำนวณจะใช้เวลามากกว่าเมื่อเทียบกับวิธีอื่น

การประมาณค่าในช่วง เพื่อปรับปรุงค่าDNในแต่ละวิธีมีการสูญเสียข้อมูล William(1991)กล่าวถึงวิธีการปะมาณค่าในช่วงเป็นการใช้ฟังก์ชันที่เรียกว่า Square,Triangle และ Cubic B-apline ไพศาล สันติธรรมนนท์(2546) ได้ทดลองทำการปรับปรุงค่าDN ที่เรียกว่า วิธี จุดภาพที่ใกล้ที่สุด วิธีเชิงเส้นสองทางและวิธีลูกบาศก์ สามารถสรุปผลที่ได้ ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงการสูญเสียข้อมูลจากการประมาณค่า ด้วยวิธีการต่าง ๆ

William		ไพศาล สันติธรรมนนท์	
วิธีการประมาณค่า	การสูญเสียข้อมูล(%)	วิธีการประมาณค่า	การสูญเสียข้อมูล(%)
Square	15.7	จุดภาพที่ใกล้ที่สุด	15
Triangle	3.7	เชิงเส้นสองทาง	4
Cubic B-apline	0.3	ลูกบาศก์	<1

Berstein ,1975 (Huang,1994) แสดงการเปรียบเทียบ วิธีการในการปรับปรุงค่าDN แบบการประมาณค่าวิธีลูกบาศก์ ไม่ได้ช่วยในการปรับปรุงในการมองเห็น ได้ดีกว่าแบบเชิงเส้นสองทาง แต่ใช้เวลามากกว่าถึง 2 เท่า ซึ่งสำหรับในปัจจุบันความเร็วของคอมพิวเตอร์ในการประมวลผลสูงขึ้น โดยทั่ว ๆ ไป หากไม่ใช่การแปลงข้อมูลที่มีปริมาณมาก ทั้ง 2 วิธีนี้ ใช้เวลาไม่ต่างกัน

2.4 เทคนิคในการหลอมภาพ

EARSEL-SEE-EMP Working Group (1999) กล่าวถึง การใช้เทคนิคการหลอมภาพจากหลาย ๆ ตัวรับสัญญาณในงานรีโมทเซ็นซิ่ง ซึ่งภาพจากระยะไกลทั้งในปัจจุบันและอนาคต เช่น LANDSAT, SPOT , MOS , ERS , JERS และ EOS จะขึ้นอยู่กับตัวรับสัญญาณที่ใช้ในการบันทึก ที่จะเป็นตัวบ่งบอกถึงจำนวนครั้งและความบ่อยในการได้มาซึ่งข้อมูลบนโลก ข้อมูลภาพดาวเทียมในช่วงคลื่นที่ตามองเห็น, อินฟราเรดและไมโครเวฟ ที่มีรายละเอียดทางพื้นดินและรายละเอียดเชิงคลื่นสูง จะมีเพียงบางส่วนของโลกเท่านั้น ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องใช้เทคนิคในการดำเนินการ เพื่อที่จะพัฒนาให้ได้มาซึ่งข้อมูลภาพดาวเทียมที่มาจากหลาย ๆ ตัวรับสัญญาณ

Pohl (1996) โดยทั่วไป สามารถแบ่งเทคนิคการหลอมข้อมูลออกได้เป็น 3 เทคนิค คือ

1. เทคนิคทางด้านสี (Colour-related techniques)

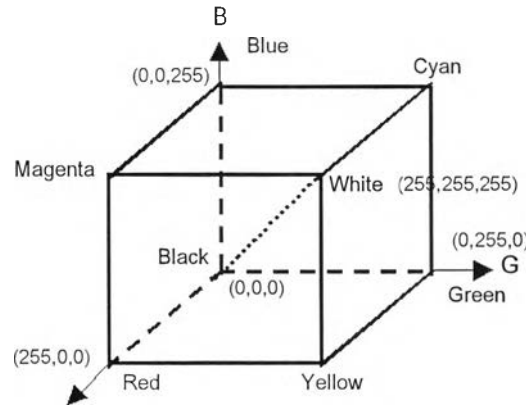
2. เทคนิคทางสถิติ (Statistical techniques)

3. เทคนิคทางคณิตศาสตร์(Arithmetic Techniques)

โดยในกลุ่มแรกจะเป็นการกล่าวถึงการรวมสีผสมของ 3 ช่อง (Channel) ในระบบสีองค์ประกอบพื้นฐาน คือ แดง เขียว น้ำเงิน หรือนิยมเรียกย่อว่า RGB หรือลักษณะอื่นที่คล้ายคลึงกันในระบบสีของ Intensity Hue Saturation(IHS) กับ Hue Saturation Value(HSV) สำหรับวิธีทางสถิติได้ถูกพัฒนาบนพื้นฐานของหลักสถิติ เช่น Principal Component Analysis(PCA) และ สหสัมพันธ์(Regression) ส่วนวิธีทางคณิตศาสตร์ จะใช้หลักทางเลขคณิตอย่างง่าย ๆ เช่น บวก ลบ คูณ หาร หรือฟังก์ชันอื่น ๆ กระทำกับข้อมูล โดยการเพิ่มเติม ลดทอน ความแรงสัญญาณก่อนทำการหลอมเข้าด้วยกัน

2.4.1 เทคนิคทางด้านสี (Colour Related Techniques)

Gilespie(1980) กล่าวว่า ระบบสีจำนวนมากได้ถูกพัฒนาขึ้นในหลายๆ ปีที่ผ่านมา มีหลายระบบที่พัฒนาการบอกจำนวนสีของภาพ และการรับรู้สีของมนุษย์ ภาพสี 1 ภาพ สามารถสร้างโดยการผสมค่า DN ของภาพขาว-ดำ 3 ภาพ ซึ่งจะแสดงผลด้วยสีผสมเชิงบวก(Additive color) คือ ใช้แม่สีหลักของแสง 3 สี ได้แก่ สีแดง(R) สีเขียว(G) สีน้ำเงิน(B) ในการทำให้เกิดสี เพื่อแสดงภาพบนอุปกรณ์จอภาพชนิดแอคทีฟ เช่น มอนิเตอร์ ที่มีการแสดงผลด้วยแม่สีของแสง ซึ่งเป็นวิธีแสดงสีแบบสีผสมเชิงบวก ความแตกต่างของสีที่ปรากฏบนจอภาพ จะขึ้นอยู่กับการเลือกภาพ 3 ช่วงคลื่นให้อยู่ใน 3 สีหลัก ซึ่งลูกบาศก์ระบบสีผสมเชิงบวก ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงลูกบาศก์ระบบสีผสมเชิงบวก(Huang , 1994)

สำหรับเทคนิคการหลอมข้อมูลทางด้านสีที่สำคัญ ดังนี้

ก) RGB Color composite (Red :Green :Blue)

เป็นการนำข้อมูล ที่เกิดจากการที่เซนเซอร์ตอบสนองต่อช่วงคลื่นในช่วงต่าง ๆ 3 แบนด์ มากำหนดให้อยู่ในระบบสี 3 สี คือ แดง, เขียวและน้ำเงิน เพื่อให้ได้ภาพสีผสมของข้อมูลที่เกิดจากการผสมของสีของทั้ง 3 แบนด์

Robertson and O'callaghan ,1988 (Huang , 1994) แม้ว่าระบบสี RGB จะเป็นระบบที่มักใช้ในการแสดงภาพของข้อมูล 3 แบนด์ ของรีโมทเซ็นซิ่งที่ง่ายและได้ประสิทธิภาพตามจำนวนข้อมูลที่มีอยู่

ความแตกต่างทางสีของข้อมูลจะถูกกำหนดด้วยการผสมสีแดง, สีเขียวและ สีน้ำเงิน จึงยากที่จะรับรู้หรืออธิบายในรูปของตัวเลข Pohl et al.(1994) ความเป็นไปได้ในการผสมสีนั้น มีอยู่หลากหลาย ซึ่งการหลอมข้อมูลจะแสดงความแตกต่างของ ภูมิลักษณ์ที่ขึ้นอยู่กับการเลือกช่วงคลื่นของข้อมูลภาพที่จะนำเข้า การเลือกความเทาที่มีอยู่ 0-255 ระดับ ของข้อมูลเป็นสิ่งที่สำคัญมากต่อการผสมสี จะเป็นการดีถ้าหากมีการสลับช่วงคลื่นก่อนที่จะแสดงผลการทำภาพสีผสมร่วมกับข้อมูลอื่น ๆ Russ(1995) กล่าวถึงการเลือกข้อมูล 3 ช่วงคลื่น มาใส่ไว้ในสีหลักสามสี ได้แก่ สีแดง สีเขียวและสีน้ำเงิน หลังจากที่ทำการผสมกันแล้ว จะสามารถแสดงผลด้วยสื่อ(Media) ต่าง ๆ เช่น จอภาพ(Monitor) ส่วน DN จะถูกเก็บอยู่ในตารางสี(Look Up Table:LUT) และจะถูกใช้เป็นตัวเลือกความสว่างของสีแดง เขียว น้ำเงิน ก่อนที่จะมาแสดงผลบนจอภาพ ซึ่งการปรับแต่งฮิสโตแกรมของตารางสีของภาพ จะช่วยในการเน้นสีของภาพ เพื่อช่วยในการแปลตีความด้วยสายตา

ข) IHS Color Transformation (Intensity : Hue : Saturation)

Harrison and Jupp(1990) กล่าวว่า IHS คือ การทำการแปลงสีจากระบบสี RGB ที่เกิดจากการทำสีผสม (Color Composite) ของข้อมูลที่มีรายละเอียดเชิงคลื่นมากช่วง ไปสู่ระบบสี IHS และจะนำข้อมูลดาวเทียมที่มีรายละเอียดทางพื้นดินสูงเข้ามาแทนในส่วนของความสว่าง(Intensity) หลังจากนั้นก็จะทำการแปลงข้อมูลที่ได้ให้กลับมาสู่ในระบบสี RGB ก็จะได้ข้อมูลดาวเทียมใหม่ที่ดีขึ้น มีรายละเอียดทางพื้นดินสูงเท่ากับข้อมูลที่เข้ามาแทน

การใช้วิธีการแปลงของ IHS ในการหลอมภาพสามารถทำได้ 2 วิธี คือ โดยตรงและการแทนที่ วิธีแรก จะใช้การแปลงจากระบบ 3 channel และให้ค่า I,H,และ S ในแต่ละ channel Rast et al.(1991) กล่าวว่า วิธีที่สอง จะแปลงจาก 3 channel ของข้อมูลที่อยู่ในระบบ RGB ให้เป็น IHS โดยจะแยกสีไปเป็นค่าความสว่างเฉลี่ย หรือ Intensity ซึ่งจะสัมพันธ์กับพื้นผิว หรือ Hue และความบริสุทธิ์ หรือ Saturation Carper et al(1990) โดยทั้งสองวิธีนี้ข้อมูลที่ได้จะสัมพันธ์กับ พื้นผิว การสะท้อน หรือ การผสม Grasso(1993) หลังจากนั้นองค์ประกอบหนึ่งอย่าง จะถูกแทนที่ด้วยภาพที่ 4 ซึ่งเป็นภาพที่ผนวกรวมทุกอย่างไว้ในการศึกษาที่ถูกเผยแพร่ การแทนที่ในตัวใดตัว หนึ่งของ IHS ก็คือ การขยายความคมชัดของภาพ

Gillespie et al.(1986) กล่าวว่า IHS ได้กลายเป็นกระบวนการมาตรฐานในการวิเคราะห์ภาพ ซึ่งเป็นการเน้นภาพให้มีข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กันสูง (Daily,1983) โดยเฉพาะในงานที่เน้นพวกภูมิสัณฐาน(Geomorphology)ทางธรณีวิทยา Carper et al (1990) ด้านการปรับปรุงรายละเอียดเชิงพื้นที่ และ (Ehlers,1991;Harris et al,1990) ด้านการหลอมข้อมูลที่มีความแตกต่างกัน(Welch และ Ehlers,1987) ได้ใช้ IHS อัลกอริทึม ในการรวมภาพหลายแบนด์ (Multispectral band) ด้วย SPOT-1(PAN) Harris et. al(1990) กล่าวถึง การรวมข้อมูลหลายอย่าง ๆ เข้ากับข้อมูลจากระบบเรดาร์(Synthetic Aperture Radar : SAR) เพื่อให้ได้ภาพสีที่เหมาะสมในการวิเคราะห์เชิงคุณภาพและปริมาณ การรวมภาพเรดาร์โดยใช้วิธี IHS ช่วยในการทำแผนที่ภูมิประเทศในบริเวณที่มีพื้นผิวและมีรูปแบบเฉพาะของตัวเอง ซึ่งข้อมูลเรดาร์จะสามารถแสดงภูมิสัณฐานได้ ซึ่งเกิดจากความสูงต่ำของภูมิประเทศ

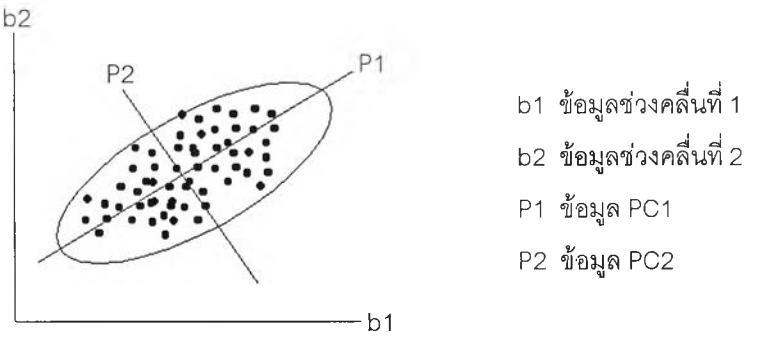
(Chavez et al.,1991) การใช้เทคนิคของ IHS ในการหลอมภาพ มีมากมาย แต่มักมีพื้นฐานอยู่บนหลักเบื้องต้นอันเดียว คือ จะเป็นการแทนที่ I ใน 3 ขององค์ประกอบของ I, H หรือ S ของข้อมูลในภาพอื่น โดยเฉพาะใน I มักจะถูกแทนที่มากที่สุด Grasso(1993) กล่าวถึงรายละเอียดเชิงพื้นที่ของภาพดาวเทียมสามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นด้วยการใช้วิธี IHS ซึ่งการแปลงเชิงตัวเลขนี้ สามารถใช้กับข้อมูลจากหลายๆ แหล่งที่มา เช่น มาจากยานอวกาศ (Space-borne) และ อากาศยาน (Air borne) โดยกระบวนการนี้สามารถใช้หลอมข้อมูลภาพ LANDSAT (MSS) เข้ากับ ภาพ SPOT(PAN) และภาพถ่ายทางอากาศ จึงทำให้การแปลข้อมูลในระดับที่ลึกลงไปถูกปรับปรุงให้ดีขึ้น เนื่องจากข้อมูลรายละเอียดสูง จากทั้ง 2 แหล่งนั้น แสดงอยู่ในมาตราส่วนใหญ่ ทำให้สามารถจำแนกพื้นผิวของวัตถุ และวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของลักษณะภูมิประเทศได้ดีขึ้น Pohl(1996) กล่าวว่า เพื่อการเพิ่มประสิทธิภาพในการแปลงภาพสู่ระบบ IHS จะต้องทำการแยกส่วนข้อมูลที่มีรายละเอียดเชิงพื้นที่ที่ดีให้เป็น I และให้ข้อมูลรายละเอียดเชิงคลื่นที่ดีเป็น H, S จะทำให้ได้ผลลัพธ์ของข้อมูลที่ดี

การประยุกต์ใช้งานของ IHS ในงานด้านธรณีวิทยาถูกตีพิมพ์ครั้งแรกโดย Zobrist et al. ในปี ค.ศ.1979 เขาแนะนำให้ยืดช่วง H ก่อนที่จะทำการรวมและแปลงกลับเข้าสู่ระบบ RGB เรียกว่า วิธีการยืดความคมชัด(Contrast stretch) (Ehlers,1991) ซึ่งสามารถทำได้ทั้งในส่วนของ I, H และ S ข้อดีของ ผลลัพธ์ที่ได้ คือ มีการเน้นความคมชัดของข้อมูลภาพสีของภาพที่หลอมแล้ว

2.4.2 เทคนิคทางสถิติ(Statistical Technique)

ก) Principal Component Analysis(PCA)

Principal Component Analysis (PCA) คือ วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก ใช้สำหรับลดมิติของข้อมูลที่มีหลายช่วงคลื่นให้เหลือเพียงตัวแทนองค์ประกอบหลัก ด้วยการหาความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงของข้อมูลและใช้การแปลงแบบเส้นตรง เพื่อให้ข้อมูลไปอยู่ในระบบแกนใหม่ ซึ่งจะมีแนวโน้มของ DN ของทุกข้อมูลมารวมกันไว้ในองค์ประกอบที่ 1 (ดนุพล ตันโยภาส,2539) ในกรณีข้อมูลหลายช่วงคลื่นที่มีจำนวนมากกว่า 4 ช่วงคลื่น ช่วงคลื่นทั้งหมดไม่สามารถนำมาจัดทำภาพสีผสม RGB ได้พร้อมกันทุกช่วงคลื่น ดังนั้นจึงมีการผนวกรวมข้อมูลทุกช่วงคลื่นเข้าด้วยกัน เพื่อให้ได้ข้อมูลใหม่ที่มีความสมบูรณ์กรณีตัวอย่าง การแปลงความสัมพันธ์ข้อมูล 2 ช่วงคลื่น ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงหลักการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก(ดนุพล ตันโยภาส,2539)

2.4.3 เทคนิคทางคณิตศาสตร์(Arithmetic Technique)

ก) เชิงเลขคณิต (Arithmetic)

Augenstein,1994 (Pohl, 1996) กล่าวว่า การทำ Color Normalization หรือ ที่เรียกว่า Brovey Transformation เป็นวิธีทางคณิตศาสตร์ ด้วยการรวมภาพสีและภาพที่มีรายละเอียดทางพื้นดินสูงเข้าด้วยกัน เพื่อทำให้ภาพสีมีความคมชัดและมีรายละเอียดทางพื้นดินเท่ากับภาพรายละเอียดสูง โดยในตำแหน่งเดียวกันของแต่ละแบนด์ของค่า DN ของภาพสีจะถูกทำเป็นอัตราส่วนกับผลรวมค่า DNของภาพสีทั้ง 3 แบนด์ แล้วนำมาคูณขยายกับข้อมูลรายละเอียดสูง

สมการที่ใช้ใน Brovey Transformation

$$DN_{fused} = \frac{DN_{b1}}{DN_{b1} + DN_{b2} + DN_{bn}} * DN_{highres} \quad \text{.....(2.4)}$$

DN_{fused} = ค่า DN ที่ได้จากการ Transform

$DN_{b1}, DN_{b2}, DN_{bn}$ = ค่า DN ของภาพ Input

$DN_{highres}$ = ค่า DN ของภาพที่มีรายละเอียดสูงกว่า

ข) การบวกและการคูณ (Addition and Multiplication Integration)

Addition and Multiplication Integration เป็นการนำข้อมูลภาพดาวเทียมที่จะทำการหลอมมาทำการบวกและคูณ โดยมีการนำค่าตัวแปรมาใช้ในการคำนวณค่า DN ของข้อมูลใหม่

สมการที่ใช้ในการคำนวณ(Yesou et al. ,1993b)

$$DN_f = A(W_1 * DN_a + W_2 * DN_b) + B \quad \text{.....(2.5)}$$

DN_f = ค่า DN ผลลัพธ์ของการหลอม

DN_a, DN_b = ค่า DN นำเข้าของข้อมูลดาวเทียม

A = ค่าขยาย

B = ค่าไบแอส(Bias)

W_1, W_2 = ค่าตัวแปรที่ใช้ในการถ่วงน้ำหนัก

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Cliché G และคณะ (1985) ทำการผนวกรวมข้อมูลภาพ SPOT แพนโครมาติก รายละเอียดทางพื้นดิน 10 เมตร กับ ภาพหลายช่วงคลื่น รายละเอียดทางพื้นดิน 20 เมตร จะทำให้ได้ภาพที่มีรายละเอียดสูงขึ้น ทำให้สามารถมองเห็นรายละเอียดได้ดีขึ้น เพื่อให้เหมาะกับการนำไปแปลความหมาย Chavez et al.(1986) กล่าวถึง การรวมข้อมูล 2 อย่างที่ต่างกัน คือ TM กับ NHAP(National High Altitude Photography) ทำให้ได้ภาพที่ดีขึ้น ทั้งคุณสมบัติเชิงคลื่นและรายละเอียดเชิงพื้นที่ เพื่อทำแผนที่จากภาพ

ดาวเทียม มาตราส่วน 1:24,000 (Carper et al ,1990) กล่าวถึงการรวมภาพ SPOTแพนโครมาติก กับภาพหลายช่วงคลื่น เพื่อสร้างภาพสีผสมที่สามารถใช้เพื่อปรับปรุงการแปลตีความด้วยสายตาได้ดีขึ้น (Cho et al., 1993) ได้แสดงการรวมเทคนิคการแปลภาพของมนุษย์กับคอมพิวเตอร์บนพื้นฐานของการประมวลผลภาพเชิงเลข (Digital image processing) ซึ่งข้อดีของการรวมภาพดิจิตอลที่ต่างชนิดกัน คือ ผู้ใช้สามารถดึงเอาลักษณะเด่นของแต่ละข้อมูลออกมาได้นำข้อมูล SPOT และ NVI(Normal Vegetation Index) มาซ้อนทับกับข้อมูลการใช้ที่ดินเดิม เพื่อตรวจหาความเปลี่ยนแปลงของการใช้ที่ดินและทำแผนที่ภูมิประเทศในมาตราส่วน 1: 50,000 หรือ เล็กกว่า Civco และ Hurd(1999) ทำการหลอมข้อมูล TM กับ ภาพ SPOT แพนโครมาติก เพื่อปรับปรุงรายละเอียดเชิงพื้นที่ โดยใช้วิธีการหลอม 2 วิธี คือ Brovey Transform และ inverse PCA พบว่าวิธีที่ให้คุณภาพของข้อมูลหลังการหลอมที่ดี คือ วิธี PCA ซึ่งวิธีการทำ คือ ทำการปรับรายละเอียดทางพื้นดินของข้อมูลภาพ TM (30 เมตร) ให้เป็น 10 เมตร เพื่อลงทะเบียนร่วมกับ SPOT (PAN) 10 เมตร หลังจากนั้น ภาพ TM ที่ปรับรายละเอียดเป็น 10 เมตร และ SPOT(PAN) จะถูกแปลงเข้าสู่ Forword PCA แล้วทำการ Inverse PCA จะได้ภาพ TM ที่มีรายละเอียดทางพื้นดิน 10 เมตร ทำให้สามารถแปลตีความข้อมูลด้วยสายตาได้ดีขึ้น โดยเฉพาสิ่งปลูกสร้างที่อยู่โดดเดี่ยว เมื่อเทียบกับการจำแนกด้วยภาพ TM เพียงอย่างเดียวและเหมาะสมยิ่งขึ้นในการตรวจหาพื้นที่สิ่งปลูกสร้างที่มีความหนาแน่นต่ำ Schiewe (2001) ใช้เทคนิค Pixel base ในการรวมภาพหลาย ๆ มาตราส่วนและหลาย ๆ ช่วงคลื่น เพื่อปรับปรุงการตีความด้วยสายตา ซึ่งพบว่าควรรักษาข้อมูลด้านเชิงคลื่นในทุก ๆ ความสัมพันธ์ของข้อมูลในแต่ละแบนด์ เพื่อรักษาค่า DN ตั้งต้นของข้อมูล และในพื้นที่ที่ต่างกันควรมีสมการ ในการแปลงความคมชัดที่ต่างกันด้วย