เทคนิคการสำรวจข้อมูลระยะไกลเพื่อเน้นพื้นน้ำในเขตชายฝั่งทะเลจังหวัดระนอง

Remote Sensing Technique for Enhancing Water Bodies in Ranong Coastal Zone

ภูวดล โดยดี

Puvadol Doydee

ภาควิชาการจัดการประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ 10900

e-mail: puvadol.d@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การสำรวจข้อมูลระยะไกลเป็นเครื่องมือหนึ่งที่ใช้สำหรับศึกษาทรัพยากรแหล่งน้ำและทรัพยากรธรณีบนพื้นที่ขนาดใหญ่ ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-5 TM ถูกเลือกเป็นข้อมูลเพื่อใช้ในบทความนี้ วัตถุประสงค์ของการศึกษาคือการประยุกต์ใช้การสำรวจข้อมูลระยะไกลเพื่อเน้นพื้นน้ำ รวมทั้งประเมินขนาดพื้นน้ำและพื้นดินในเขตชายฝั่งทะเลจังหวัดระนองเฉพาะขอบเขตของพื้นที่ศึกษา วิธีการศึกษาใช้สูตรทางคณิตศาสตร์แบบมีเงื่อนไข เพื่อทำการเน้นพื้นน้ำโดยใช้ค่าการสะท้อนแสงในแต่ละจุดภาพ ระหว่างช่วงคลื่นสีแดงกับช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ จากการศึกษาพบว่าสูตรทางคณิตศาสตร์แบบมีเงื่อนไขดังกล่าว สามารถแยกพื้นน้ำออกพื้นดินได้อย่างชัดเจนและพบว่าขนาดทั้งหมดของพื้นที่ศึกษาคือ 153,720.70 ไร่ โดยแบ่งออกเป็นพื้นดิน 61,387.11 ไร่ และพื้นน้ำ 92,333.59 ไร่ ปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้การสำรวจข้อมูลระยะไกลด้านการจัดการทรัพยากรน้ำมากขึ้น ได้รับความสนใจและถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจในหลาย ๆ ภาคส่วน ดังนั้นบทความนี้สามารถใช้เพื่อเป็นทางเลือกในการสำรวจพื้นน้ำโดยใช้เทคนิคการสำรวจข้อมูลระยะไกล และสำหรับเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องต่อไป

คำสำคัญ: การสำรวจข้อมูลระยะไกล, การเน้นพื้นน้ำ, สูตรทางคณิตศาสตร์, จ. ระนอง

ABSTRACT

Remote sensing provides a mean of observing water and land cover features over large areas. Satellite image data (Landsat-5 TM) was used as input dataset. The study aims to emphasis and quantifies the area of water and land in Ranong costal zone as study area. Mathematical formula algorithm was established to enhancing water bodies using digital number (DN) values between red wavelength (visible) and short wave infrared (SWIR). There were obviously distinguished only two

features namely: water and land. The result from unsupervised classification and calculated statistic technique revealed a total area of study area as 153,720.70 Rai which classified into land feature for 61,387.11 Rai and water for 92,333.59 Rai. As the application of satellite remote sensing in water resources are becoming more and more numerous in supporting to different sectors and community interests. This study may provide alternative choice for enhancing water bodies and serve as baseline information for related study.

KEY WORDS: remote sensing, enhancing water bodies, mathematical formula, Ranong

บทนำ

ปัจจุบันข้อมูลจากดาวเทียมสำรวจทรัพยากรมีบทบาทสำคัญเป็นอย่างมาก ในการนำไปประยุกต์ใช้เพื่อการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (Natural Resources and Environmental Management) ในหลายสาขา เช่น ด้านป่าไม้ ด้านการเกษตร ด้านอุทกวิทยาและแหล่งน้ำ ด้านการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ด้านธรณีวิทยาและธรณีสัณฐาน ด้านสมุทรศาสตร์และทรัพยากรชายฝั่ง ด้านการทำแผนที่ ด้านภัยธรรมชาติ ด้านสิ่งแวดล้อม และด้านการท่องเที่ยว เป็นต้น [1]

บทความนี้มีเป้าหมายสำหรับงานด้านแหล่งน้ำและทรัพยากรชายฝั่ง มีงานวิจัยจำนวนมากที่ใช้ข้อมูลจากดาวเทียมในการศึกษาโครงการด้านสมุทรศาสตร์และทรัพยากรชายฝั่ง เช่น การแพร่กระจายของตะกอนในทะเล คุณภาพน้ำบริเวณชายฝั่ง การติดตามและประเมินพื้นที่เพาะเลี้ยงชายฝั่ง พื้นที่นาเกลือ รวมทั้งอุณหภูมิพื้นผิวทะเล เป็นต้น ซึ่งผลที่เกิดจากการวิเคราะห์ก่อให้เกิดข้อมูลที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการวางแผนและการตัดสินใจด้านการจัดการทรัพยากรประมงและกิจกรรมการเดินสมุทร [5] ทรัพยากรชายฝั่งและทะเล (Coastal and Marine Resources) เช่น พื้นที่หาดหินกับแหล่งปะการัง หาดโคลนกับทรัพยากรป่าไม้ชายเลน ระบบนิเวศพื้นทรายและแหล่งหญ้าทะเล ได้มีนักวิจัยหลายท่านให้ความสนใจที่จะประยุกต์ใช้เทคนิคการสำรวจข้อมูลระยะไกล แต่ยังมีการศึกษาค่อนข้างน้อย ที่พบบ่อยคือการประเมินปริมาณคลอโรฟิลล์ ปริมาณสารแขวนลอย เป็นต้น

เทคนิคการสำรวจข้อมูลระยะไกล (Remote Sensing Technique) สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการหาทำเลที่เหมาะสมในการพัฒนาเป็นท่าเรือ สถานที่สำหรับการท่องเที่ยว ด้านการประมง ด้วยศักยภาพจากดาวเทียมความละเอียดสูง สามารถแยกแยะพื้นที่ ที่มีลักษณะต่าง ๆ เช่น สามารถใช้เทคนิคการสำรวจข้อมูลระยะไกลเป็นเครื่องมือในการวางแผนการฟื้นฟูพื้นที่ที่เสื่อมโทรม สามารถตรวจสอบพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากมลพิษทางน้ำด้วยระบบการทำงานของดาวเทียมซึ่งโคจรทุกวันจึงทำให้นักสำรวจและพัฒนาสามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างรวดเร็วทันท่วงที พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม การบุกรุกทำลายทรัพยากรธรรมชาติต่าง ๆ สามารถตรวจสอบปัญหามลพิษหรือสารเคมีปนเปื้นบนผิวน้ำ เช่น ตรวจสอบคราบน้ำมันจากเรือสินค้าต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี [1]

บทความนี้ส่วนหนึ่งเรียบเรียงจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยเน้นให้ความสำคัญกับงานวิจัยด้านแหล่งน้ำและทรัพยากรชายฝั่ง อีกส่วนหนึ่งเป็นการเสนอวิธีการที่สามารถเน้นพื้นน้ำ เพื่อเป็นการประเมินพื้นที่ศึกษาเบื้องต้น

เพื่อใช้สำหรับการวางแผนการทำวิจัยในขั้นต่อ ๆ ไป อย่างไรก็ตามพื้นน้ำในบทความนี้ไม่ได้คำนึงถึงระดับความลึก (Bathymetry) เพราะเป็นการใช้ข้อมูลดาวเทียมในรูปแบบสองมิติ (2-Dimension) ไม่ได้สร้างแบบจำลองแบบสามมิติ (Digital Evaluation Model-DEM) บทความนี้แสดงสูตรคณิตศาสตร์แบบมีเงื่อนไขเพื่อการเน้นพื้นน้ำ (Enhancing Water Bodies) เพื่อสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับค่าการสะท้อน (Digital Number-DN) ในแต่ละแบนด์ของข้อมูลดาวเทียม

เทคนิคการสำรวจข้อมูลระยะไกลกับแหล่งน้ำ

ทรัพยากรแหล่งน้ำ (Water Resources) ประกอบด้วยแหล่งน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม บทความนี้เลือกแหล่งน้ำบริเวณชายฝั่ง จ. ระนอง การเน้นพื้นน้ำ (Water Bodies) ด้วยเทคนิคการสำรวจข้อมูลระยะไกลโดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT- 5 ระบบ Thematic Mapper (TM) มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นการประเมินเบื้องต้นว่าพื้นที่ศึกษาที่นักวิจัยมีความสนใจ (Area of Interest-AOI) นั้นมีแหล่งน้ำหรือไม่ มีลักษณะ ขอบเขต และขนาดพื้นที่เท่าไหร่

แหล่งน้ำที่ทำการจำแนกโดยข้อมูลจากภาพถ่ายทางอากาศ หรือจากภาพดาวเทียมที่เป็นแบบขาวดำ Panchromatic เพียงชั้นข้อมูลเดียวนั้นทำได้ยาก เช่น SPOT Panchromatic imagery เป็นต้น เป็นที่ทราบกันดีในกลุ่มนักวิชาการด้านการสำรวจข้อมูลระยะไกลว่า พื้นน้ำจะมีการดูดซับช่วงคลื่นอินฟราเรดสั้นได้เป็นอย่างดี ทำให้มีการสะท้อนกลับต่ำ อย่างไรก็ตามค่าการสะท้อนของพื้นน้ำขึ้นอยู่กับพื้นที่ที่เกี่ยวเนื่อง ความลึกของแหล่งน้ำ และสิ่งที่ปนเปื้อนอยู่ในมวลน้ำ ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการดูดซับและการสะท้อนของแสง โดยปกติแล้วค่าการสะท้อนของแบนด์ 5 (อินฟราเรดสั้น) จะมีค่าอยู่ประมาณต่ำกว่า 20 ซึ่งอาจพิจารณาเบื้องต้นได้ว่าเป็นพื้นน้ำ และช่วงคลื่นที่มีการสะท้อนของน้ำได้ดีคือช่วงคลื่นที่ตามองเห็น เช่น คลื่นสีน้ำเงินและสีแดง [2] เพื่อความถูกต้องในศึกษาค่าการสะท้อนควรใช้เครื่องมือ Cell Coordinate Tool-CCT เพื่อตรวจสอบค่าการสะท้อนในระดับจุดภาพ (Pixel) สาเหตุที่บทความนี้ได้ให้ความสำคัญกับงานด้านแหล่งน้ำ เพราะว่าการศึกษาส่วนใหญ่ที่ผ่านมาเป็นงานด้านป่าไม้ด้านการเกษตร พบว่ามีการประยุกต์ใช้เทคนิคการสำรวจข้อมูลระยะไกลกับสิ่งแวดล้อมทางบก เช่น มีการสร้างแบบจำลองที่เรียกว่า Normalized Difference vegetation index (NDVI) เพื่อศึกษางานด้านการกระจายของพืชพรรณ [4] และการศึกษาด้านธรณีวิทยาและธรณีสัณฐาน เป็นต้น [8, 9]

การสำรวจข้อมูลระยะไกลกับการศึกษาด้านแหล่งน้ำจึงมีความจำเป็น เพื่อติดตามคุณภาพน้ำชายฝั่งโดยพบว่าปริมาณสารแขวนลอยที่มีจำนวนมากเกินไป เป็นปัญหาที่พบได้บ่อยในระบบนิเวศแหล่งน้ำเป็นสาเหตุทำให้น้ำเกิดความขุ่น ส่งผลให้แสงไม่สามารถส่งผ่านลงไปยังแหล่งน้ำพื้นล่างได้ทำให้มีผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำและการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำ หญ้าทะเล สาหร่าย และปะการัง

บทความนี้ต้องการประยุกต์ใช้ข้อมูลแต่ละแบนด์ของภาพถ่ายดาวเทียม ดังนั้นต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับคุณลักษณะและศักยภาพของแบนด์ที่บรรจุอยู่ในชุดข้อมูลของภาพถ่ายดาวเทียม โดยปกติแล้วปริมาณตะกอนในน้ำจะพบมากบริเวณชายฝั่งหรือใกล้กับเกาะ ดังนั้นข้อมูลดาวเทียมถูกเน้นเพื่อแสดงพื้นน้ำบริเวณต่าง ๆ จึงเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาด้านแหล่งน้ำและทรัพยากรชายฝั่ง

คุณลักษณะและศักยภาพของดาวเทียม LANDSAT-5 TM

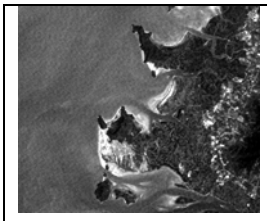
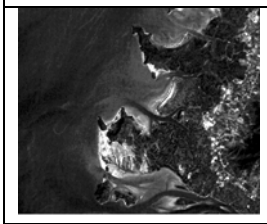
คุณลักษณะทั่วไปของชุดข้อมูล (Dataset) ดาวเทียม LANDSAT-5 TM ที่ใช้ในบทความนี้แสดงในรูปที่ 1 โดยเป็นข้อมูลแบบราสเตอร์ มี Geodetic Datum แบบ WGS84 และมี Map Projection แบบ NUTM Zone 47 ความละเอียดของภาพของทุกแบนด์คือ 30 เมตร ยกเว้นแบนด์ 6 มีความละเอียดภาพ 120 เมตร ซึ่งเป็นข้อมูลของข้อมูล (Metadata) เฉพาะบทความนี้เท่านั้น

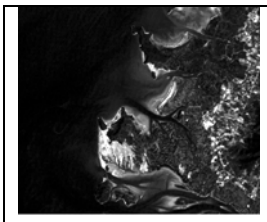
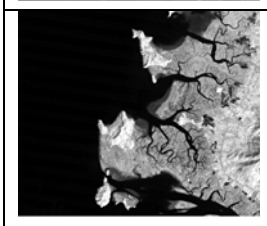
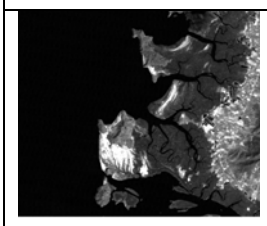
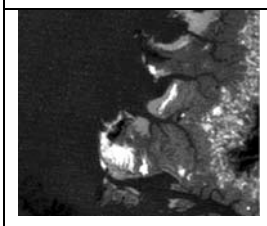
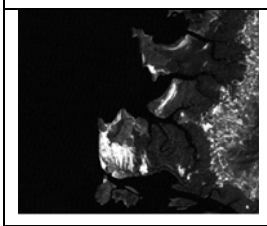
Data Type:	Raster
File Name:	E:\Doydee\GISTDA 52\Ranong.ers
Geodetic Datum:	WGS84
Map Projection:	NUTM47
Rotation:	0.00000 degrees counterclockwise
Data Value Type:	Unsigned 8 Bit Integer
Null Cell Value:	None
Number of Bands:	7
Number of Lines:	583
Number of Cells per Line:	675
Cell Size X:	30 meters
Cell Size Y:	30 meters
File Size:	2754675 bytes

รูปที่1 แสดงสารสนเทศ (Information) ของชุดข้อมูลดาวเทียม LANDSAT-5

ศักยภาพการใช้ประโยชน์ของอุปกรณ์รับรู้ของดาวเทียม LANDSAT-5 TM โดยถึงอธิบายคุณสมบัติของแต่ละแบนด์ รวมทั้งได้ระบุความยาวคลื่นซึ่งได้ทำการปรับปรุงจากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ แสดงใน ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ศักยภาพการใช้ประโยชน์และภาพพื้นที่ศึกษาแบบ grey scale จากดาวเทียม LANDSAT 5แต่ละแบนด์ [1]

	แบนด์: 1 ความยาวคลื่น (นาโนเมตร): 450-520 (น้ำเงิน) ศักยภาพการใช้ประโยชน์: ใช้ตรวจสอบลักษณะน้ำตามชายฝั่ง แสดงความแตกต่างหรือใช้แยกประเภทต้นไม้ชนิดผลัดใบและไม่ผลัดใบออกจากกันแสดงความแตกต่างหรือแยกดินจากพืชพรรณต่าง ๆ ที่มีความไวต่อการมีหรือไม่มีคลอโรฟิลล์
	แบนด์: 2 ความยาวคลื่น (นาโนเมตร): 520-600 (เขียว) ศักยภาพการใช้ประโยชน์: แสดงการสะท้อนพลังงานสีเขียวจากพืชพรรณที่เจริญเติบโตแล้ว

	แบนด์: 3 ความยาวคลื่น (นาโนเมตร): 630-690 (แดง) ศักยภาพการใช้ประโยชน์: แสดงความแตกต่างของการดูดกลืนคลอโรฟิลล์ในพืชพรรณชนิดต่าง ๆ กัน และมีประโยชน์ต่อการตรวจสอบคุณภาพน้ำที่มีการปนเปื้อนของเหล็ก
	แบนด์: 4 ความยาวคลื่น (นาโนเมตร): 760-900 (อินฟราเรดใกล้) ศักยภาพการใช้ประโยชน์: ใช้ตรวจวัดปริมาณมวลชีวะ แสดงความแตกต่างของน้ำและส่วนที่ไม่ใช่น้ำ
	แบนด์: 5 ความยาวคลื่น (นาโนเมตร): 1550-1750 (อินฟราเรดคลื่นสั้น) ศักยภาพการใช้ประโยชน์: ใช้ตรวจความชื้นในพืช แสดงความแตกต่างของหิมะกับเมฆ
	แบนด์: 6 ความยาวคลื่น (นาโนเมตร): 1040-1250 (อินฟราเรดความร้อน) ศักยภาพการใช้ประโยชน์: ใช้ตรวจการเหี่ยวเฉาอันเนื่องจากความร้อนในพืช แสดงความแตกต่างของความร้อนบริเวณที่ศึกษา แสดงความแตกต่างของความชื้นของดิน
	แบนด์: 7 ความยาวคลื่น (นาโนเมตร): 2080-2350 (อินฟราเรดสะท้อน) ศักยภาพการใช้ประโยชน์: ใช้ตรวจความร้อนในน้ำ ใช้แยกประเภทแร่ธาตุและหินชนิดต่าง ๆ

การใช้ประโยชน์จากการสำรวจข้อมูลระยะไกล สำหรับการศึกษาแหล่งน้ำบริเวณที่มีความตื้นบริเวณชายฝั่งมีความสำคัญต่อการจัดการทรัพยากรชายฝั่งทะเล การติดตามรวมทั้งการทำแผนที่ [6] นักวิจัยส่วนใหญ่ มีความเห็นตรงกันว่า ปริมาณสารแขวนลอยสามารถแสดงได้ในรูปของแผนที่เฉพาะเรื่องโดยใช้เทคนิคการสำรวจข้อมูลระยะไกล [7] แต่ไม่มีการศึกษาเพื่อแสดงแหล่งต้นน้ำลำธารมากนัก ซึ่งเป็นบริเวณที่มีความเปราะบางเพราะหากต้นน้ำมีปัญหาปลายน้ำก็จะมีปัญหาเช่นกัน ตามลักษณะการไหลของน้ำ ดังนั้นความเข้าใจเกี่ยวกับคุณลักษณะและศักยภาพของดาวเทียมจึงมีความสำคัญและสามารถนำไปสู่ความสำเร็จในการศึกษาเรื่องดังกล่าว

การเน้นที่พื้นน้ำโดยใช้สูตรทางคณิตศาสตร์แบบมีเงื่อนไข

แบบจำลองเพื่อศึกษาแหล่งน้ำที่ไม่ได้มีเงื่อนไขและมีรูปแบบคล้าย ๆ กลับ NDVI ที่มีชื่อว่า Normalize Difference Water Index (NDWI) [3] มีสูตรคือ

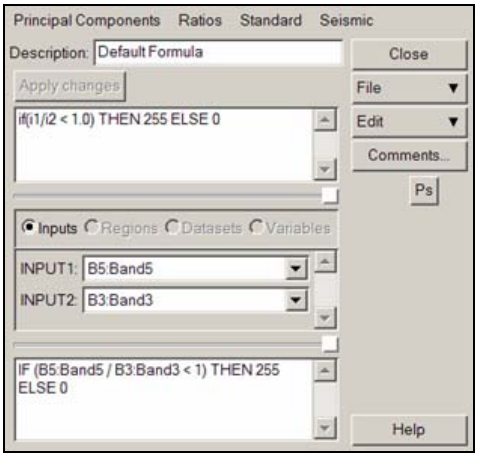
$$NDWI = (NIR - SWIR) / (NIR + SWIR) \quad (1)$$

โดย NIR คือ ช่วงคลื่น near-Infra-red (760-900 nm) หรือ แบนด์ 4 และ SWIR คือช่วงคลื่น Short Wave Infra-red (1550-1750 nm) หรือ แบนด์ 5

วัตถุประสงค์ของบทความนี้ คือต้องการเสนออีกแนวทางหนึ่งเพื่อเน้นพื้นที่แหล่งน้ำโดยใช้สูตรทางคณิตศาสตร์แบบมีเงื่อนไขโดยใช้คุณสมบัติของแบนด์ในข้อมูลดาวเทียม LANDSAT-5 TM เรียกว่า Highlighting Water Formula [2] (รูปที่ 2) มีสูตรคือ

$$\text{If } (i1/i2 < 1.0) \text{ then } 255 \text{ else } 0 \qquad (2)$$

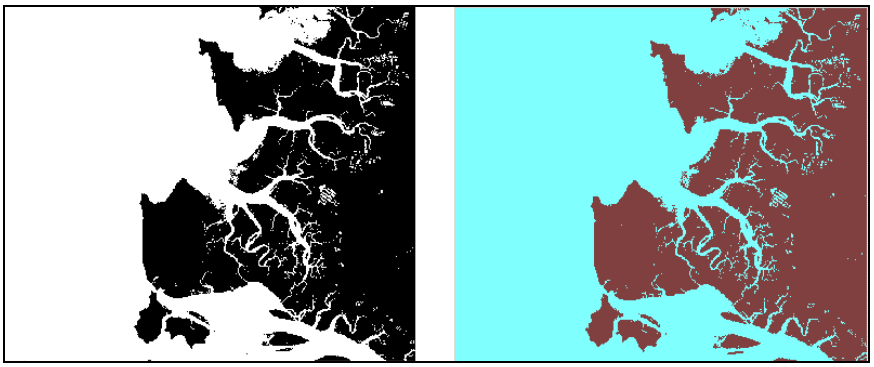
โดย i1 คือแบนด์ 5 และ i2 คือแบนด์ 3 ของดาวเทียม LANDSAT-5 TM



รูปที่ 2 แสดงหน้าต่างของ Algorithm เขียนสูตรทางคณิตศาสตร์แบบมีเงื่อนไข โดยมี data input จำนวน 2 แบนด์ คือแบนด์ 5 เป็น input1 และ แบนด์ 3 เป็น input2 (เฉพาะข้อมูลดาวเทียม LANDSAT เท่านั้น)

วิธีการนี้ใช้หลักการทำงานแบบ Algorithm ที่ถูกพัฒนาอยู่ในซอฟแวร์ ER Mapper การเน้นพื้นน้ำจากข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 TM ทำได้โดยการเลือกแบนด์ 3 และ แบนด์ 5 จากนั้นทำการซ้อนทับทั้งสองแบนด์กัน ด้วยระดับสีเทาปกติจากนั้นให้เขียนสูตร (2) ทำการรันโปรแกรมจะสามารถทำให้พื้นดินแยกกับพื้นน้ำได้อย่างเด่นชัดและมีค่าการสะท้อนแบบสุดขั้วคือ 0 และ 255

เนื่องจากข้อมูลที่ได้จะมีเพียงสองประเภทเท่านั้นจึงง่ายต่อการทำการจำแนกแบบ Unsupervised classification ด้วยวิธี Maximize livelihood ได้จำนวนสองพื้นที่ปกคลุมคือ พื้นดิน และพื้นน้ำ และสามารถคำนวณพื้นที่ได้ต่อไป (รูปที่ 3)



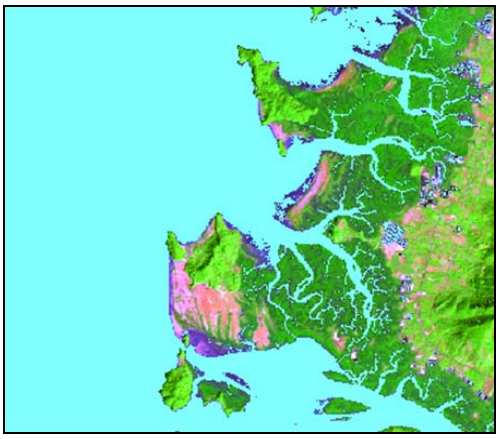
รูปที่ 3 ภาพได้หลังจากการใช้สูตรคณิตศาสตร์เพื่อกำหนดให้พื้นน้ำมีค่า 255 และพื้นดินมีค่า 0 (ซ้าย) และภาพที่ผ่านกระบวนการทำ Unsupervised classification กำหนดให้สีฟ้าแทนพื้นน้ำ และสีน้ำตาลแทนพื้นที่บก (ขวา)

การคำนวณค่าพื้นที่ทั้งหมด พื้นน้ำ และพื้นดินจากภาพที่ผ่านกระบวนการทำ Unsupervised classification แล้วนั้นสามารถคำนวณได้โดยใช้หลักการของ Pixel Statistic Calculation ทำให้ทราบข้อมูลพื้นที่ โดยพบว่าขนาดทั้งหมดของพื้นที่ศึกษาคือ 153,720.70 ไร่ แบ่งเป็นออกพื้นดินจำนวน 61,387.11 ไร่ และพื้นน้ำจำนวน 92,333.59 ไร่ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 แสดงขนาดของพื้นดินและพื้นน้ำในหน่วยวัดแบบต่าง ๆ

ประเภท	เฮกตาร์	ตารางกิโลเมตร	ไร่
พื้นดิน	9,821.938	98.219	61,387.11
พื้นน้ำ	14,773.375	147.734	92,333.59
รวม	24,595.313	245.953	153,720.70

เพื่อให้เกิดความสะดวกในการศึกษาจุดกำเนิดของแหล่งต้นน้ำ และลักษณะพื้นที่การใช้ประโยชน์บริเวณแหล่งน้ำ สามารถทำการสร้างภาพดาวเทียมผสมสีเท็จแบบ RGB-542 (รูปที่ 4) เพื่อใช้แสดงเป็นพื้นหลัง (Backdrop) และทำการซ้อนทับ (Overly) เฉพาะพื้นน้ำสีฟ้าเท่านั้น ทำให้สามารถแปลตีความด้วยสายตาได้ โดยอ้างอิงจากรายละเอียดต่าง ๆ ของหลักการการสำรวจข้อมูลระยะไกล เช่น ความเข้มของสีและ ขนาด รูปร่าง เนื้อภาพ รูปแบบ ความสูงและเงา ที่ตั้ง และความเกี่ยวพันบนพื้นดิน [1]



รูปที่ 4 ภาพที่ได้จากการซ้อนทับพื้นน้ำกับภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 (แบนด์ 5 4 2 – แดง เขียว น้ำเงิน)

สรุป

การสำรวจข้อมูลระยะไกลเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์และมีความคุ้มค่า สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อสนับสนุนกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้ในทุกระดับ [1] ช่วยในการตัดสินใจด้านการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อมของนักสำรวจและนักวิจัยได้เป็นอย่างดียิ่ง บทความนี้ผู้เขียนเสนอการประยุกต์ใช้ในด้านแหล่งน้ำและทรัพยากรชายฝั่ง อธิบายการเน้นพื้นน้ำโดยใช้สูตรทางคณิตศาสตร์แบบมีเงื่อนไขเบื้องต้น ผลที่ได้สามารถใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนการจัดการแหล่งน้ำและทรัพยากรชายฝั่ง ตลอดจนใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ, “ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ”, สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ, **กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 80 หน้า, พ.ศ. 2547**

[2] ER Mapper 5.5, “Level one training workbook: Helping people manage the earth”, **Earth Resources Mapping, 382 p, 1997**

[3] C. Gao, “NDWI- A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space”, **Remote Sensing of Environment, Vol 58: 257-266, 1996**

[4] J. Jackson, M. Le Vine, Y. Hsu, A. Oldak, J. Starks and T. Swift , “Soil moisture mapping at regional scales using microwave radiometry: the Southern Great Plains hydrology experiment”, **IEEE Trans Geosci Remote Sens, 37:2136–51, 1999**

[5] M. Lillesand, W. Kiefer, and W. Chipman, “Remote Sensing and Image Interpretation- sixth edition”, **New York: Wiley, Canada, 756 p, 2008**

[6] D. Philpot, “Bathymetric mapping with passive multispectral imagery”, **Appl. Opt. 28(8):1569–1578, 1989**

[7] C. Ritchie and R. Schiebe, “Water quality. In: Schultz GA, Engman ET, editors”, **Remote sensing in hydrology and water management. Berlin, Germany: Springer-Verlag, p. 287–303, 2000**

[8] P. Wigneron, A. Chanzy, C. Calvet and N. Bruguier, “A simple algorithm to retrieve soil moisture and vegetation biomass using passive microwave measurements over crop fields”, **Remote Sens Environ, 51:331–41, 1995**

[9] P. Wigneron, P. Waldteufel, A. Chanzy, C. Calvet and Y. Kerr, “Two-D microwave interferometer retrieval capabilities of over land surfaces (SMOS Mission)”, **Remote Sens Environ, 73(3): 270–82, 2000**