

การเปรียบเทียบดัชนีน้ำแบบ NDWI, MNDWI1 และ MNDWI2 จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 สำหรับสกัดพื้นที่แหล่งน้ำผิวดิน บริเวณตัวเมือง จังหวัดขอนแก่น

Comparison of NDWI, MNDWI1 and MNDWI2 Indices from Sentinel-2 Satellite Images for Extracting Urban Surface Water Bodies in Khon Kaen

ไชยฤทธิ์ เสวตวงศ์¹, พิพัธ์ เรืองแสง^{1,*}

Chaiyarit Sawetwong¹, Pipat Reungsang^{1,*}

¹ การรับรู้จากระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002 ประเทศไทย

¹ Remote Sensing and Geographic Information System, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002, Thailand

* Corresponding Author: Pipat Reungsang, reungsang@kku.ac.th

Received:

4 August 2021

Revised:

18 November 2021

Accepted:

22 November 2021

คำสำคัญ:

การรับรู้จากระยะไกล, การสกัดพื้นที่น้ำผิวดิน, Sentinel-2, NDWI

Keywords:

Remote Sensing, Surface Water Bodies Extraction, Sentinel-2, NDWI

บทคัดย่อ: งานวิจัยชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์เปรียบเทียบประสิทธิภาพการสกัดพื้นที่น้ำผิวดินโดยใช้ดัชนี NDWI, MNDWI1 และ MNDWI2 ร่วมกับเทคนิคค่าขีดแบ่งอัตโนมัติแบบ Otsu กับค่าขีดแบ่งตามทฤษฎี จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 บริเวณตัวเมืองจังหวัดขอนแก่นปี ค.ศ. 2016 ผลการศึกษาพบว่า เมื่อเปรียบเทียบกับแผนที่น้ำผิวดินที่ได้จากภาพถ่ายความละเอียดสูง Google Earth ความถูกต้องโดยรวมและสัมประสิทธิ์แคปปาในการสกัดพื้นที่น้ำผิวดินของดัชนี MNDWI2 ด้วยเทคนิคค่าขีดแบ่งอัตโนมัติแบบ Otsu มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.989 กับ 0.343 ตามลำดับ การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าดัชนี MNDWI2 สามารถนำมาใช้ในการสกัดพื้นที่น้ำผิวดินในเขตเมืองได้

Abstract: The objective of this research is to compare effectiveness of urban surface water bodies extraction using NDWI MNDWI1 and MNDWI2 indices from 2016 Sentinel-2 satellite image in Khon Kaen. Results of the study show that MNDWI2 index provided highest overall accuracy and Kappa coefficient values of 0.989 and 0.343, respectively compare to surface water area interpreted from Google Earth high resolution image. Our study reveals that MNDWI2 index can be used for urban surface extraction.

1. บทนำ

จังหวัดขอนแก่นเป็นจังหวัดที่มีจำนวนผู้ใช้น้ำประปาต่อเดือนสูงเป็นอันดับ 4 ของการประปาส่วนภูมิภาค (การประปาส่วนภูมิภาค, 2564) และมีการเจริญเติบโตของเมืองที่สูงขึ้นเรื่อยๆ (Ongsomwang, Pattanakiat, & Srisuwan, 2019) ประกอบกับผลกระทบจากสภาวะโลกร้อนที่เพิ่มความเสี่ยงต่อภัยพิบัติทางธรรมชาติ ทั้ง น้ำท่วม, ภาวะความร้อน และ น้ำแล้ง จึงต้องมีแผนการจัดการทรัพยากรน้ำได้อย่างเหมาะสมและเพียงพอ (Beringer, Inmuong, & Kaomuangnoi, 2018)

เทคโนโลยีการรับรู้ระยะไกลภาพถ่ายดาวเทียมถูกนำมาติดตามพื้นที่น้ำผิวดินทั้งด้านปริมาณและคุณภาพ รวมถึงภัยพิบัติด้านน้ำขนาดมาตราส่วนระดับโลกมาหลายสิบปีซึ่งประหยัดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการเมื่อเทียบกับการดำเนินการโดยเครื่องบินและทางภาคพื้นดิน (Chawla, Karthikeyan, & Mishra, 2020) ประกอบกับการพัฒนาด้วยเทคโนโลยีในช่วง 10 ถึง 15 ปี ที่ผ่านมามีความสามารถในการติดตามน้ำผิวดินในขนาดมาตราส่วนละเอียดระดับพื้นที่ได้ (Topp, Pavelsky, Jensen, Simard, & Ross, 2020) ในบรรดาภาพถ่ายดาวเทียมแบบ Optical ที่สามารถเข้าถึงข้อมูลโดยไม่ค่าใช้จ่ายนั้น ดาวเทียม Sentinel-2 เป็นดาวเทียมที่มีรายละเอียดเชิงพื้นที่มากที่สุดและใช้ติดตามน้ำผิวดินได้เป็นอย่างดี (Huang, Chen, Zhang, & Wu, 2018)

เทคนิคการจำแนกน้ำผิวดินโดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมสามารถแบ่งได้ 4 วิธีหลักๆ คือ ใช้ภาพหนึ่งช่วงคลื่น, การทำดัชนี, การเรียนรู้ด้วยเครื่อง และ Spectral unmixing โดยการทำดัชนีภาพถ่ายดาวเทียมเป็นวิธีการที่นิยมมากที่สุดพร้อมทั้งมีวิธีการคำนวณที่ไม่ซับซ้อนทำให้ง่ายต่อการใช้งานและได้รับการพิสูจน์แล้วว่าเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการจำแนกพื้นที่น้ำผิวดิน ถึงแม้ว่าวิธี Machine learning มีความถูกต้องมากที่สุดแต่ต้องใช้เวลาในการคำนวณที่ซับซ้อนกว่า

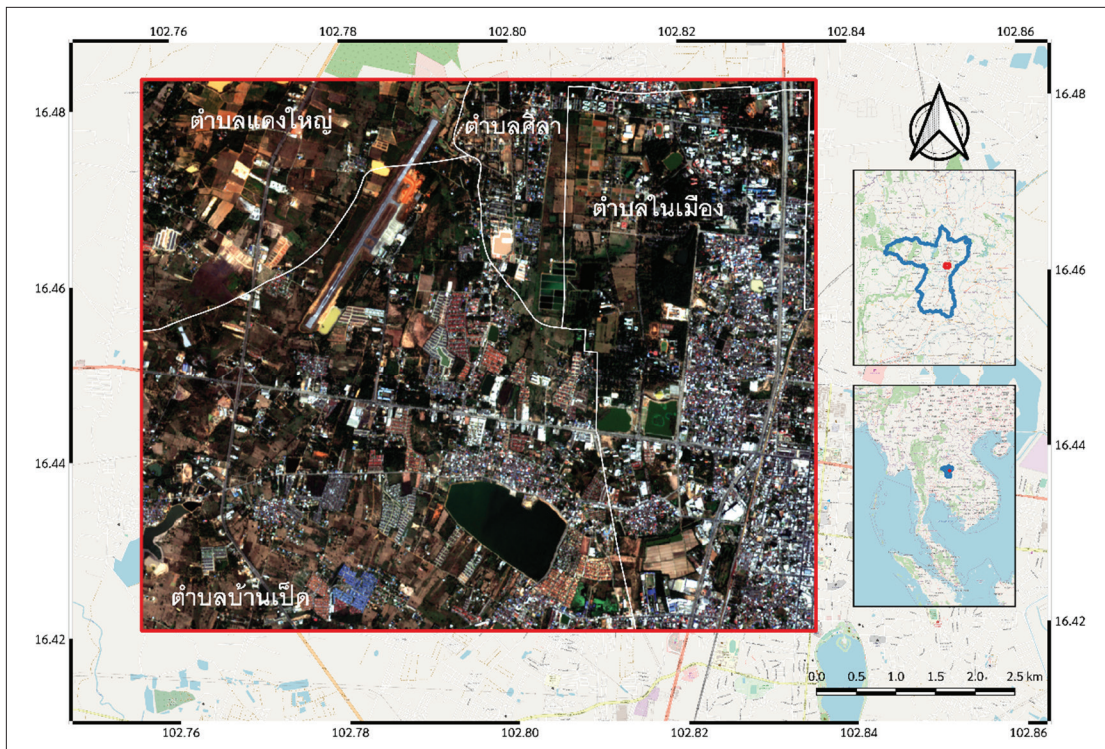
วิธีทั้งหมด (Bijeesh & Narasimhamurthy, 2020) ดัชนี NDWI และ MNDWI มีหลายแบบที่สามารถนำมาใช้สกัดพื้นที่น้ำผิวดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Ji, Zhang, & Wylie, 2009) โดยในช่วงคลื่นแสงสีเขียวกับ ใกล้อินฟราเรด มาสร้างดัชนี NDWI (McFeeters, 2007) และได้ปรับปรุงดัชนี NDWI เป็น MNDWI ให้สามารถสกัดพื้นที่น้ำผิวดินพร้อมกับความคงทนต่อสิ่งก่อสร้างมากขึ้น (Xu, 2007) จากการนำช่วงคลื่นแสงสีเขียว กับ อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้น1 และ อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้น2 มาสร้าง MNDWI1 และ MNDWI2 (Acharya, Subedi, & Lee, 2018; Ji *et al.*, 2009; Özelkan, 2020) ประเทศไทยมีงานศึกษาประสิทธิภาพดัชนี NDWI และ MNDWI มาใช้สกัดพื้นที่น้ำผิวดินร่วมกับการใช้ค่าขีดแบ่งอัตโนมัติในพื้นที่ชลประทาน (โสธดา คงสังข์ และชุตติเทพ วงษ์เพ็ชร, 2019) การใช้ดัชนี NDWI หาแหล่งน้ำเพื่อพัฒนาเป็นแหล่งน้ำถาวร (ศรัญญา หารมาก, 2562) และใช้หาแหล่งน้ำผิวดินทั้งประเทศ (วัชรระ ดอนลาว, 2563) ในระหว่างปี 2557 ถึง 2561 โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 และถ่ายในช่วงหน้าร้อนของประเทศไทย แต่ยังไม่มีการศึกษาการสกัดพื้นที่น้ำผิวดินในเขตเมืองของไทย

ดังนั้น งานศึกษานี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการสกัดพื้นที่น้ำผิวดินโดยใช้ดัชนี NDWI, MNDWI1 และ MNDWI2 จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 ในบริเวณตัวเมืองจังหวัดขอนแก่น

2. วิธีการดำเนินการศึกษา

2.1 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษามีขนาด 59,299,200 ตารางเมตร ซึ่งกว้าง 8,520 เมตร และยาว 6,960 เมตร ตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกของตัวเมืองขอนแก่น พื้นที่ศึกษานี้ครอบคลุมพื้นที่ ตำบลแดงใหญ่ ตำบลบ้านเป็ด ตำบลศิลา และตำบลในเมือง แสดงดังภาพประกอบ 1 (ภาพผสมสีจริงของดาวเทียม Sentinel-2)



ภาพประกอบ 1 แสดงพื้นที่ศึกษา (กรอบสีแดง)

2.2 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

ดาวเทียม Sentinel-2 ติดตั้งเครื่องมือ Multi Spectral Instrument (MSI) บันทึกข้อมูล 13 ช่วงคลื่น ตั้งแต่ในช่วงคลื่นตั้งแต่ช่วง Visible, Near infrared และ Short wave infrared มีความละเอียดเชิงพื้นที่ปานกลาง ตั้งแต่ 10 เมตร ถึง 60 เมตร (Drusch *et al.*, 2012) สามารถโหลดข้อมูลจาก <https://earthexplorer.usgs.gov/> เลือกภาพประกอบไม่มีเมฆปกคลุม บันทึกภาพเมื่อวันที่ 28 ธันวาคม 2559 ระดับของข้อมูลภาพอยู่ที่ L1C ช่วงคลื่นที่นำมาใช้งานคือ ช่วงคลื่นที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่ 10 เมตร ได้แก่ช่วงคลื่นที่ 2 (Blue), 3 (Green), 4 (Red) และ 8 (NIR) กับช่วงคลื่นที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่ 20 เมตร ได้แก่ช่วงคลื่น 11 (SWIR1) และ 12 (SWIR2)

เตรียมข้อมูลภาพถ่าย Sentinel-2 โดยใช้เครื่องมือ Cen2Cor ในโปรแกรม SNAP ทำการปรับ

แก้ความถูกต้องเชิงรังสี เปลี่ยนระดับข้อมูลจาก L1C (Top-Of-Atmosphere) เป็น L2A (Bottom-Of-Atmosphere) (Louis *et al.*, 2016) นำมาตัดภาพให้เหลือเฉพาะพื้นที่ศึกษาเพื่อลดเวลาการประมวลผลข้อมูล แล้วใช้เครื่องมือ Sen2Res ทำการเพิ่มความละเอียดเชิงพื้นที่จาก 20 เมตร ของช่วงคลื่นที่ 11 และ 12 เป็น 10 เมตร (Brodu, 2016)

ข้อมูลภาพถ่ายความละเอียดเชิงพื้นที่สูงของ Google Earth จากเครื่องมือ Historical Imagery ของโปรแกรม Google Earth Pro มีประสิทธิภาพสูงที่สามารถใช้เป็นข้อมูลในการตรวจสอบความถูกต้องด้านต่างๆ เช่น ของการตัดแยกการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Tan *et al.*, 2021) เมื่อใช้ร่วมกับกับภาพผสมสีจริงจากดาวเทียม Landsat-8 มีประโยชน์ในการในการใช้ตรวจสอบพื้นที่น้ำผิวดิน (Acharya *et al.*, 2018) ใช้คัดแยกกลุ่มของลักษณะน้ำผิวดินที่ความลึกต่างกัน (Özelkan, 2020) และใช้ร่วมกับดาวเทียม

Sentinel-2 สามารถใช้สร้างแผนที่ขอบเขตพื้นที่น้ำผิวดินจากการลากขอบเขตความด้วยสายตา (Du *et al.*, 2016 ; Yang, Zhao, Qin, Zhao, & Liang, 2017) งานศึกษานี้จึงนำภาพประกอบบันทึกเมื่อวันที่ 21 ธันวาคม 2559 มาใช้สร้างแผนที่ขอบเขตพื้นที่น้ำผิวดินเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการตรวจสอบความถูกต้องในบริเวณศึกษา

2.3 วิธีการคำนวณดัชนี NDWI

แม้ว่าการนำภาพหนึ่งช่วงคลื่นมาใช้หาพื้นที่น้ำผิวดินได้โดยตรง แต่การทำดัชนีสามารถลดค่าผิดปกติที่เกิดจากเมฆและเงาได้ ซึ่งการเลือกช่วงคลื่นต่างๆ มาใช้ทำดัชนีนั้นเลือกจากลักษณะการสะท้อนและการดูดกลืนพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าจากวัตถุเป้าหมายที่ต้องการสกัดข้อมูลออกมา (Bijeesh & Narasimhamurthy, 2020)

ดัชนีน้ำแตกต่างปกติ MNDWI (Modified Normalized Difference Water Index) ได้ถูกพัฒนาเพื่อสกัดพื้นที่น้ำผิวดิน จากการที่น้ำมีรูปแบบสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่น Green มาก และสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่น NIR น้อย ซึ่งสามารถแยกน้ำออกจากพืชพรรณและดินที่มีสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่น NIR ที่สูง ทำให้พื้นที่น้ำผิวดินจะมีค่ามากกว่า 0 ขณะที่ดินหรือพืชพรรณจะมีค่าใกล้เคียงหรือน้อยกว่า 0 สามารถคำนวณได้ดังสมการ (1) (McFeeters, 2007)

$$NDWI = (\rho_{Green} - \rho_{NIR}) / (\rho_{Green} + \rho_{NIR}) \quad (1)$$

เมื่อ ρ_{Green} คือ ค่า ของช่วงคลื่นที่ 3 และ ρ_{NIR} คือ ค่า ของช่วงคลื่นที่ 8 ค่าที่ออกมาจะอยู่ในช่วงระหว่าง -1 ถึง 1

ดัชนีน้ำแตกต่างปกติ MNDWI (modified normalized Difference Water Index) พัฒนามาจากดัชนี NDWI เนื่องจากพบว่าดัชนี NDWI มี

ลักษณะการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่น Green และ NIR รูปแบบเดียวกับสิ่งปลูกสร้าง จึงเลือกใช้ช่วงคลื่น SWIR1 มาใช้งานแทนช่วงคลื่น NIR ทำให้พื้นที่น้ำผิวดินจากดัชนี MNDWI มีค่ามากกว่าดัชนี NDWI และทำให้สิ่งปลูกสร้างมีค่าจากมากกว่า 0 เป็นน้อยกว่า 0 เช่นเดียวกับดินและพืชพรรณที่มีค่าน้อยกว่า 0 (Xu, 2007) เนื่องจากมี SWIR อยู่ 2 ช่วงคลื่น คือ SWIR1 และ SWIR2 ดังนั้น MNDWI สามารถคำนวณได้ 2 สมการ คือ MNDWI1 ดังสมการ (2) และ MNDWI2 สามารถคำนวณได้ดังสมการ (3) (Acharya *et al.*, 2018 ; Li *et al.*, 2020 ; Özelkan, 2020)

$$MNDWI1 = (\rho_{Green} - \rho_{SWIR1}) / (\rho_{Green} + \rho_{SWIR1}) \quad (2)$$

เมื่อ ρ_{Green} คือ ค่า ของช่วงคลื่นที่ 3 และ ρ_{NIR} คือ ค่า ของช่วงคลื่นที่ 11 ค่าที่ออกมาจะอยู่ในช่วงระหว่าง -1 ถึง 1

$$MNDWI2 = (\rho_{Green} - \rho_{SWIR2}) / (\rho_{Green} + \rho_{SWIR2}) \quad (3)$$

เมื่อ ρ_{Green} คือ ค่า ของช่วงคลื่นที่ 3 และ ρ_{NIR} คือ ค่า ของช่วงคลื่นที่ 12 ค่าที่ออกมาจะอยู่ในช่วงระหว่าง -1 ถึง 1

2.4 วิธีการวิเคราะห์ค่าขีดแบ่ง

ค่าขีดแบ่ง (Threshold) อัตโนมัตินี้แบบ Otsu เป็นการเลือกค่าขีดแบ่งอัตโนมัติจากฮิสโตแกรมของภาพแสดงความเข้มระดับสีเทา (Gray Scale) แบบไม่ต้องสอน (Unsupervised) การแยกภาพพื้นหลังออกจากภาพพื้นหน้าจากการสร้างกลุ่มจุดภาพ 2 กลุ่มที่มีความแปรปรวนภายในกลุ่มน้อยที่สุด (Otsu, 1979) ซึ่งเป็นที่นิยมนำมาใช้ในการสกัดน้ำผิวดินจากข้อมูลภาพจากการรับรู้ระยะไกลเป็นอย่างมาก (Bijeesh &

Narasimhamurthy, 2020) งานศึกษานี้ใช้เครื่องมือ Binary Thresholding function ในโปรแกรม ArcGIS 10.8 เป็นสมการที่ใช้หลักการคำนวณแบบ Otsu (“Binary Thresholding function—ArcMap | Documentation,” n.d.) ทำการขีดแบ่งอัตโนมัติกับดัชนี NDWI, MNDWI1 และ MNDWI2 เลือกค่าของกลุ่มที่มีค่าเท่ากับ 1 เป็นตัวกำหนดพื้นที่น้ำผิวดิน

ค่าขีดแบ่งตามทฤษฎีของดัชนี NDWI, MNDWI1 และ MNDWI2 เลือกค่าที่มากกว่า 0 จากเครื่องมือ Raster Calculator ในโปรแกรม ArcGIS 10.8 เป็นตัวกำหนดพื้นที่น้ำผิวดิน

2.5 วิธีการประเมินผล

การประเมินผลข้อมูลจากการคำนวณตาราง Confusion matrix (ตาราง 1) เป็นการนำผลจากการขีดแบ่งอัตโนมัติแบบ Otsu และการขีดแบ่งตามทฤษฎี ที่ได้จากการสกัดพื้นที่น้ำผิวดินจากดัชนี NDWI, MNDWI1 และ MNDWI2 มาตรวจสอบความถูกต้องกับแผนที่ขอบเขตพื้นที่น้ำผิวดินที่ได้สร้างขึ้น จะได้ผลลัพธ์ 4 รูปแบบ ดังนี้ (1) True positive (TP) คือ จุดภาพประกอบดัชนีบอกว่าเป็นน้ำตรงกับพื้นที่น้ำของแผนที่ขอบเขตพื้นที่น้ำผิวดินที่ได้สร้างขึ้น (2) False negative (FN) คือ จุดภาพประกอบดัชนีบอกว่าไม่ใช่แต่เป็นพื้นที่น้ำของแผนที่ขอบเขตพื้นที่น้ำผิวดินที่ได้สร้างขึ้น (3) False positive (FP) คือ จุดภาพประกอบดัชนีบอกว่าเป็นน้ำแต่ไม่ใช่พื้นที่น้ำของแผนที่ขอบเขตพื้นที่น้ำผิวดินที่ได้สร้างขึ้น และ (4) True

negative (TN) คือ จุดภาพประกอบดัชนีบอกว่าไม่ใช่ น้ำตรงกับพื้นที่ไม่ใช่ของแผนที่ขอบเขตพื้นที่น้ำผิวดินที่ได้สร้างขึ้น ซึ่งค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) สามารถคำนวณได้ดังสมการ (4) (Story & Congalton, 1986)

$$\text{ค่าความถูกต้องโดยรวม} = (TP + TN) / (TP + FN + FP + TN) \quad (4)$$

การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์แคปปาหรือค่าสัมประสิทธิ์โคเฮนแคปปา (Cohen’s kappa coefficient) เป็นการคำนวณหาความสอดคล้องของข้อมูล 2 ชุด (McHugh, 2012) เมื่อนำมาใช้ในงานศึกษานี้จึงเป็นการนำผลการสกัดพื้นที่น้ำผิวดินของแต่ละดัชนีด้วยค่าขีดแบ่งทั้งแบบอัตโนมัติและค่าขีดแบ่งตามทฤษฎีมาหาความสอดคล้องแผนที่ขอบเขตพื้นที่น้ำผิวดินที่สร้างขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์แคปปาสามารถนำค่าในตาราง Confusion matrix มาคำนวณได้ดังสมการ (5) (Acharya *et al.*, 2018)

$$Kc = (T \times (TP + TN) - \Sigma) / (T^2 - \Sigma) \quad (5)$$

เมื่อ T คือ $(TP + FN + FP + TN)$

Σ คือ $((TP + FP) \times (TP + FN)) + ((FN + TN) \times (FP + TN))$

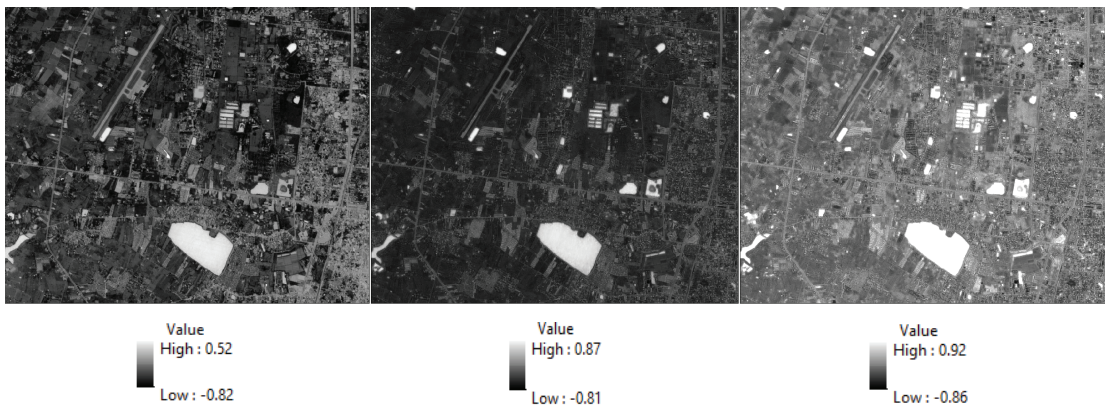
ตาราง 1 แสดง Confusion matrix

Confusion matrix		แผนที่ขอบเขตพื้นที่น้ำผิวดินที่สร้างขึ้น (Reference Data)	
		น้ำ	ไม่ใช่ น้ำ
แผนที่ขอบเขตพื้นที่น้ำผิวดินจากการสกัดดัชนีแต่ละแบบ (Classified Data)	น้ำ	TP	FP
	ไม่ใช่ น้ำ	FN	TN

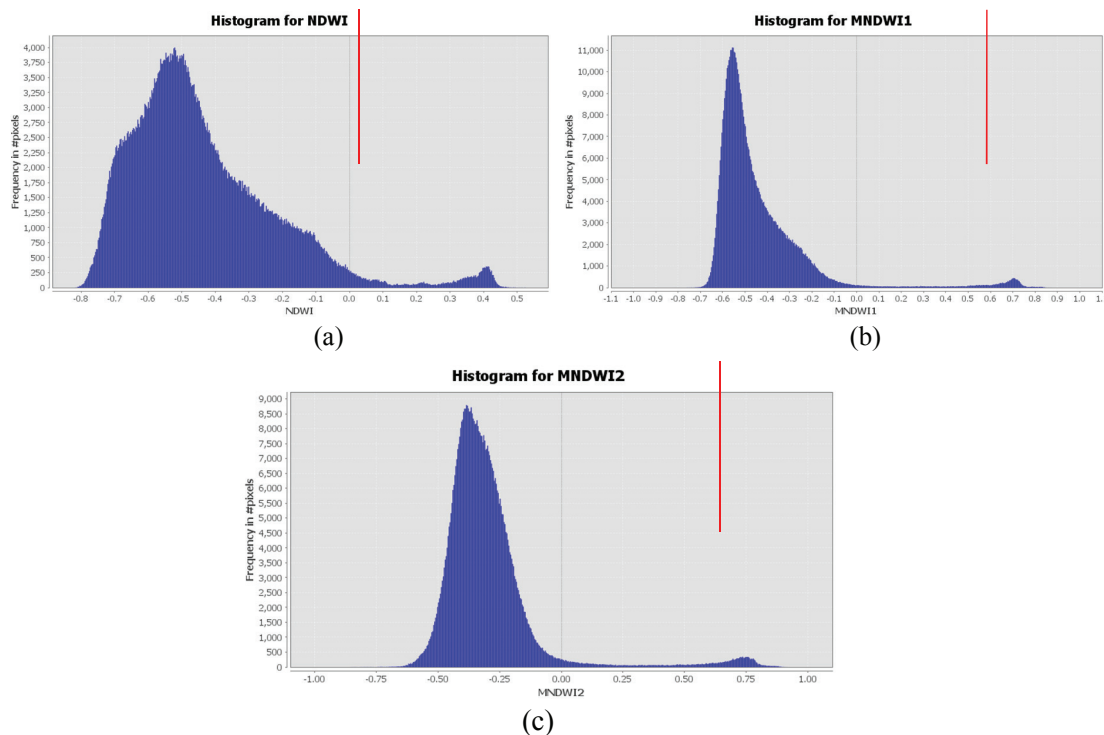
ค่าสัมประสิทธิ์แคปปาที่คำนวณได้จะแปลผลได้เป็น 0.00-0.20 คือ ไม่สอดคล้องกัน, 0.21-0.39 คือ สอดคล้องกันต่ำ, 0.40-0.59 คือ สอดคล้องกันปานกลาง, 0.60-0.79 คือ สอดคล้องกันดี, 0.80-0.90 คือ สอดคล้องกันสูง และ >0.90 คือ สอดคล้องกันเกือบจะสมบูรณ์แบบ (McHugh, 2012)

3. ผลการศึกษาและการอภิปรายผล

ผลการคำนวณดัชนี NDWI, MNDWI1 และ MNDWI2 จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 ในบริเวณตัวเมืองจังหวัดขอนแก่นได้ผลลัพธ์ดังภาพประกอบ 2 มีช่วงความกว้างของข้อมูลดัชนีจากมากไปน้อย คือ NDWI, MNDWI1 และ MNDWI2 ตามลำดับ



ภาพประกอบ 2 แสดงการคำนวณดัชนี NDWI, MNDWI1 และ MNDWI2

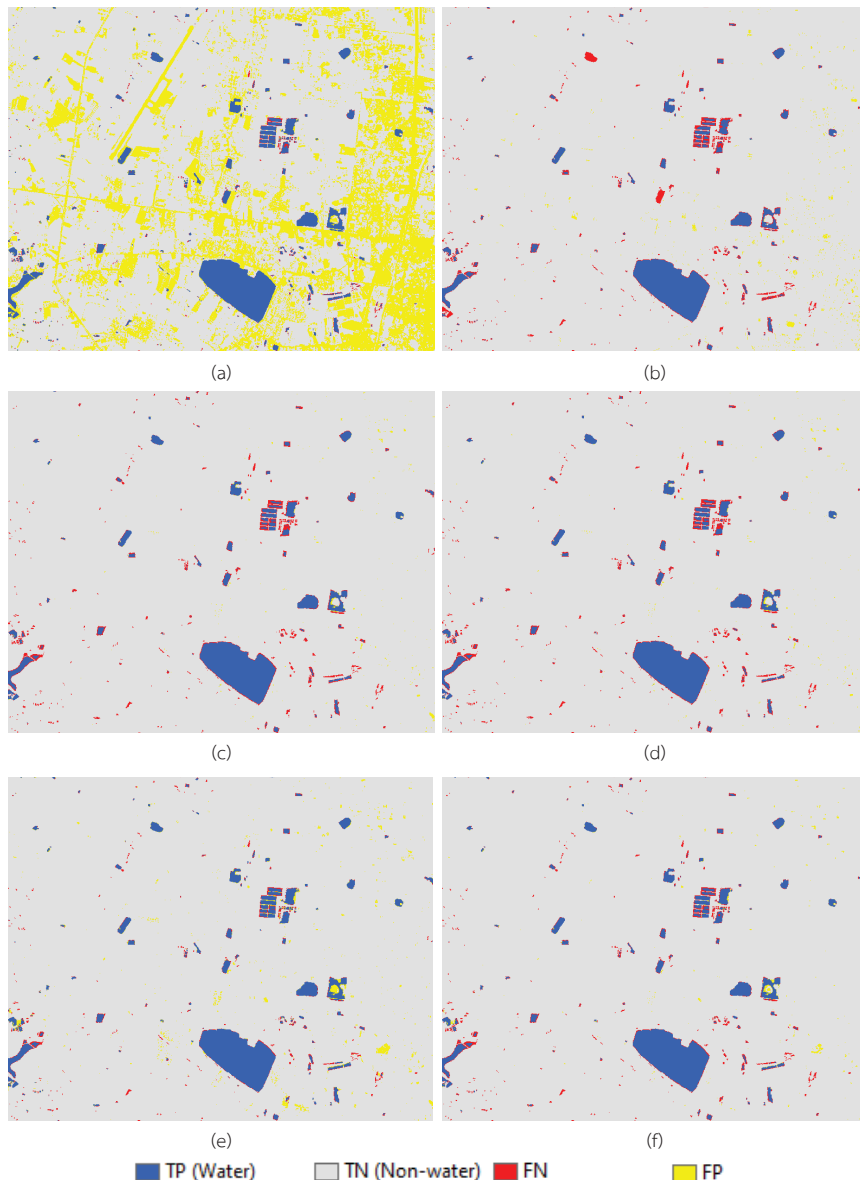


ภาพประกอบ 3 แสดงค่าขีดแบ่งโดยวิธีอัตโนมัติแบบ Otsu (เส้นสีแดง) ค่าขีดแบ่งตามทฤษฎี (เส้นสีเทา) บนฮิสโตแกรมของดัชนี NDWI (a), MNDWI1 (b) และ MNDWI2 (c)

ผลการสกัดพื้นที่น้ำผิวดินจากค่าขีดแบ่ง โดยวิธีอัตโนมัติแบบ Otsu มีค่าขีดแบ่งที่เหมาะสมอยู่ที่ -0.3546, 0.0195 และ 0.1178 กับค่าขีดแบ่งตามทฤษฎีที่ค่าเท่ากับ 0 ของดัชนี NDWI, MNDWI1 และ MNDWI2 ตามลำดับ แสดงอยู่บนฮิสโตแกรม (Histogram) ดังภาพประกอบ 3

ผลการคำนวณความถูกต้องด้วยตาราง Confusion matrix แสดงดังตาราง 2 (จำนวนจุด

ภาพ) เมื่อแบ่งพื้นที่ตามผลของ ของค่าขีดแบ่งอัตโนมัติแบบ Otsu กับค่าขีดแบ่งตามทฤษฎี จากดัชนี NDWI, MNDWI1 และ MNDWI2 แสดงดังภาพประกอบ 4 (จุดภาพขนาด 10 ตารางเมตร) และผลการคำนวณค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) และผลการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (Cohen's kappa coefficient) แสดงดังตาราง 3



ภาพประกอบ 4 แสดงผลการขีดแบ่งอัตโนมัติแบบ Otsu กับแบบตามทฤษฎี ของดัชนี NDWI (a) - (b), MNDWI1 (c)-(d), MNDWI2 (e)-(f)

ตาราง 2 แสดงผลการคำนวณตาราง Confusion matrix

ดัชนี	ค่าขีดแบ่งอัตโนมัติแบบ Otsu				ค่าขีดแบ่งอัตโนมัติแบบ Otsu			
	TP	TN	FN	FP	TP	TN	FN	FP
NDWI	23,141	425,922	1,994	141,935	18,042	564,650	7,093	3,207
MNDWI1	18,788	566,967	6,347	890	18,788	566,967	6,347	890
MNDWI2	20,064	566,522	5,071	1,335	21,625	563,165	3,510	4,692

ตาราง 3 แสดงผลการคำนวณค่าความถูกต้องโดยรวมและผลการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์แคปปา

ดัชนี	ความถูกต้องโดยรวม		สัมประสิทธิ์แคปปา	
	ค่าขีดแบ่งอัตโนมัติแบบ Otsu	ค่าขีดแบ่งตามทฤษฎี	ค่าขีดแบ่งอัตโนมัติแบบ Otsu	ค่าขีดแบ่งตามทฤษฎี
NDWI	0.757	0.983	0.246	0.338
MNDWI1	0.988	0.988	0.341	0.341
MNDWI2	0.989	0.986	0.343	0.342

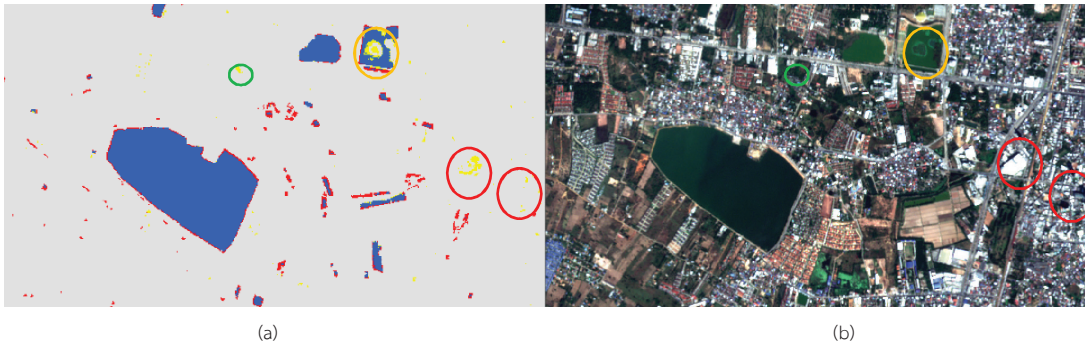
ผลจากการสกัดพื้นที่น้ำผิวดินจากดัชนี NDWI ดังภาพประกอบ 4 (a) ด้วยค่าขีดแบ่งอัตโนมัติแบบ Otsu แสดงให้เห็นพื้นที่ Fail positive (FP) แสดงด้วยพื้นที่สีเหลืองทั่วทั้งพื้นที่ศึกษา ซึ่งเป็นพื้นที่ปลูกสร้างในรูปแบบถนน, อาคาร และสนามบิน เมื่อเทียบกับผลจากการสกัดพื้นที่ผิวน้ำด้วยค่าขีดแบ่งตามทฤษฎี (b) พบว่ามีพื้นที่ Fail positive ลดลงเป็นอย่างมาก เนื่องจากฮิสโตแกรมของดัชนี NDWI ดังภาพประกอบ 3 (a) มียอดย่อยหลายยอดและมีฐานของกราฟที่กว้าง จึงทำให้ประสิทธิภาพในการคัดแยกพื้นที่น้ำผิวดินด้วยค่าขีดแบ่งโดยวิธีอัตโนมัติแบบ Otsu ลดลง ทำให้ค่าความถูกต้องโดยรวมและค่าสัมประสิทธิ์แคปปามีค่าน้อยที่สุดคือ 0.757 และ 0.246 ของค่าขีดแบ่งอัตโนมัติแบบ Otsu และ 0.983 และ 0.334 ของค่าขีดแบ่งตามทฤษฎี ตามลำดับ

ผลจากการสกัดพื้นที่น้ำผิวดินจากดัชนี MNDWI1 ด้วยค่าขีดแบ่งอัตโนมัติแบบ Otsu ดังภาพประกอบ 4 (c) และด้วยค่าขีดแบ่งตามทฤษฎี (d) แม้ว่าพื้นที่ Fail positive (FP) น้อยมาก แต่

ก็มีประสิทธิภาพในการสกัดพื้นที่น้ำผิวดิน (True positive) ต่ำที่สุด เมื่อเทียบกับทั้ง 2 ดัชนีที่เหลือ ดังผลการคำนวณตามตาราง Confusion matrix ในตาราง 3 ซึ่งมีค่าเท่ากันเนื่องจากค่าขีดแบ่งทั้ง 2 วิธีมีค่าใกล้เคียงกันมากดังภาพประกอบ 3 (b) โดยที่มีค่าความถูกต้องโดยรวมมีประสิทธิภาพเป็นลำดับที่ 2 คือมีค่าอยู่ที่ 0.988

ผลจากการสกัดพื้นที่น้ำผิวดินจากดัชนี MNDWI2 ด้วยค่าขีดแบ่งอัตโนมัติแบบ Otsu ดังภาพประกอบ 4 (e) และผลการคำนวณค่าความถูกต้องโดยรวมและผลการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์แคปปา อยู่ที่ 0.989 และ 0.343 ตามลำดับ ดังตาราง 3 พบว่ามีความถูกต้องสูงที่สุด รองลงมาเป็นการขีดแบ่งด้วยค่าตามทฤษฎี ที่มีค่าสัมประสิทธิ์แคปปา อยู่ที่ 0.342

แม้ว่าดัชนี MNDWI2 ด้วยค่าขีดแบ่งอัตโนมัติแบบ Otsu มีประสิทธิภาพในการสกัดพื้นที่น้ำผิวดินบริเวณเมืองมากที่สุด แต่ยังพบความผิดพลาดในการสกัดพื้นที่น้ำหลงเหลืออยู่โดยเฉพาะบริเวณทางตะวันตก



ภาพประกอบ 5 แสดงพื้นที่การสกัดพื้นที่น้ำผิวดินผิดพลาดจากดัชนี MNDWI2 ด้วยค่าขีดแบ่งอัตโนมัติแบบ Otsu (a) และภาพผสมมีจริง (b)

เฉียงใต้ของพื้นที่ศึกษา ดังภาพประกอบ 5 (a) เมื่อเทียบกับภาพผสมสีจริงดังภาพประกอบ 5 (b) ซึ่งเป็นพื้นที่หลังคาสีสว่างขนาดใหญ่ของห้างสรรพสินค้า และหลังคาสีสว่างของอาคารในพื้นที่เมืองในพื้นที่ศึกษาแสดงด้วยวงกลมสีแดง พื้นที่พืชที่ขึ้นปิดทับผิวน้ำแสดงด้วยวงกลมสีส้ม และพื้นที่ดินขึ้นแสดงด้วยวงกลมสีเขียว

4. สรุปผลการวิจัย

ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการสกัดพื้นที่น้ำผิวดินโดยใช้ดัชนี NDWI, MNDWI1 และ MNDWI2 ร่วมกับเทคนิคค่าขีดแบ่งอัตโนมัติแบบ Otsu กับค่าขีดแบ่งตามทฤษฎี จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 บริเวณตัวเมืองจังหวัดขอนแก่น ปี ค.ศ. 2016 พบว่าการสกัดพื้นที่น้ำผิวดินด้วยด้วยค่าขีดแบ่งอัตโนมัติแบบ Otsu จากดัชนี MNDWI2 มีผลการคำนวณค่าความถูกต้องโดยรวมและผลการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์แคปปา อยู่ที่ 0.989 และ 0.343 ตามลำดับ ตามมาด้วยดัชนี MNDWI1 ที่มีประสิทธิภาพน้อยกว่าเพียงเล็กน้อย มีผลการคำนวณค่าความถูกต้องโดยรวมและผลการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์แคปปา จากแบ่งอัตโนมัติแบบ Otsu กับค่าขีดแบ่งตามทฤษฎีเท่ากันอยู่ที่ 0.988 และ 0.341 ตามลำดับ ดังนั้น ดัชนี MNDWI2 จึงสามารถนำมาใช้สกัดพื้นที่น้ำผิวดินในพื้นที่เมืองได้

แม้ว่ายังพบความผิดพลาดในการสกัดพื้นที่น้ำหลงเหลืออยู่ซึ่งเป็นพื้นที่หลังคาสีสว่างขนาดใหญ่ของห้างสรรพสินค้า หลังคาสีสว่างของอาคารในพื้นที่เมือง พืชที่ขึ้นปกคลุมผิวน้ำ และพื้นที่ดินขึ้น ซึ่งจำเป็นต้องหาวิธีในการคัดกรองข้อมูลแปลกปลอมออกก่อนทำการสกัดพื้นที่น้ำผิวดินโดยใช้ดัชนี MNDWI2 เช่น ข้อมูลความสูงภูมิประเทศ แต่ข้อมูลดังกล่าวที่สามารถเข้าถึงได้โดยไม่ค่าใช้จ่ายมีขนาดจุดภาพใหญ่กว่าขนาดจุดภาพของภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 จึงไม่ได้นำข้อมูลความสูงภูมิประเทศมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้

ด้วยข้อจำกัดด้านขนาดความละเอียดของจุดภาพจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 จึงไม่สามารถสกัดพื้นที่น้ำผิวดินที่มีขนาดเล็กและรูปร่างที่เล็กกว่าได้ งานวิจัยครั้งนี้ไม่ให้น้ำหนักเกี่ยวกับความแตกต่างของความละเอียดเชิงจุดภาพของข้อมูลภาพจาก Google Earth และข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2

5. เอกสารอ้างอิง

วัชรระ ดอนลาว และสวรินทร์ ฤกษ์อยู่สุข. (2563). การสกัดข้อมูลพื้นที่แหล่งน้ำบนภาพถ่ายดาวเทียมด้วยยูเกิลเอร์ธเอนจิน. วารสารวิทยาการเพื่อการพัฒนาวัฒนธรรมเชิงพื้นที่ (JSID), 1(2), 14–23. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/jsid/article/view/243981>

- ศรัญญา หารมาก และสรวิศ สุภเวชย์ (2562). *การประมวลผลข้อมูลจากดาวเทียมเพื่อหาพื้นที่ที่มีศักยภาพพัฒนาเป็นแหล่งน้ำถาวร*. [วิทยานิพนธ์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์]. <https://ethesis.lib.ku.ac.th/dspace/handle/123456789/137>
- โสธดา คงสังข์, จุติเทพ วงษ์เพ็ชร และชูพันธุ์ ชมภูจันทร์. (2562). การจำแนกพื้นที่ผิวน้ำจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 OLI โดยใช้วิธีดัชนีน้ำแบบ NDWI. *วารสารสมาคมสำรวจข้อมูลระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย*, 20(ฉบับพิเศษ), 260–272.
- Acharya, T.D., Subedi, A., & Lee, D.H. (2018). Evaluation of water indices for surface water extraction in a Landsat 8 scene of Nepal. *Sensors*, 18(2), 2580. <https://doi.org/10.3390/S18082580>
- Beringer, A.L., Inmuong, Y., & Kaomuangnoi, K. (2018). Understanding urban vulnerabilities to climate change impacts in Khon Kaen and Mukdahan in Thailand. *Social Science Asia*, 4(4), 1–13. <https://doi.org/10.14456/ssa.2018.28>
- Bijeesh, T.V., & Narasimhamurthy, K.N. (2020). Surface water detection and delineation using remote sensing images: A review of methods and algorithms. *Sustainable Water Resources Management*, 6, 68, 1–23. <https://doi.org/10.1007/S40899-020-00425-4>
- Binary Thresholding function—ArcMap | Documentation. (n.d.). Retrieved October 9, 2021, Retrieved from <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/manage-data/raster-and-images/binary-thresholding-function.htm>
- Brodu, N. (2016). Super-resolving multiresolution images with band-independent geometry of multispectral pixels. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 55(8), 4610–4617. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2017.2694881>
- Chawla, I., Karthikeyan, L., & Mishra, A. K. (2020). A review of remote sensing applications for water security: Quantity, quality, and extremes. *Journal of Hydrology*, 585, 124826. <https://doi.org/10.1016/J.JHYDROL.2020.124826>
- Drusch, M., Del Bello, U., Carlier, S., Colin, O., Fernandez, V., Gascon, F., & Bargellini, P. (2012). Sentinel-2: ESA's optical high-resolution mission for GMES operational services. *Remote Sensing of Environment*, 120, 25–36. <https://doi.org/10.1016/J.RSE.2011.11.026>
- Du, Y., Zhang, Y., Ling, F., Wang, Q., Li, W., & Li, X. (2016). Water bodies' mapping from Sentinel-2 imagery with modified normalized difference water index at 10-m spatial resolution produced by sharpening the SWIR band. *Remote Sensing*, 8(4), 354. <https://doi.org/10.3390/rs8040354>

- Huang, C., Chen, Y., Zhang, S., & Wu, J. (2018). Detecting, extracting, and monitoring surface water from space using optical sensors: A review. *Reviews of Geophysics*, 56(2), 333–360. <https://doi.org/10.1029/2018RG000598>
- Ji, L., Zhang, L., & Wylie, B. (2009). Analysis of dynamic thresholds for the normalized difference water index. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 75(11), 1307–1317. <https://doi.org/10.14358/PERS.75.11.1307>
- Li, J., Pei, Y., Zhao, S., Xiao, R., Sang, X., & Zhang, C. (2020). A review of remote sensing for environmental monitoring in China. *Remote Sensing*, 12(7), 1130. <https://doi.org/10.3390/RS12071130>
- Louis, J., Debaecker, V., Pflug, B., Main-Knorn, M., Bieniarz, J., Mueller-Wilm, U., & Gascon, F. (2016). Sentinel-2 Sen2Cor: L2A processor for users. in *Living Planet Symposium* (pp. 1–8).
- McFeeters, S. K. (2007). The use of the normalized difference water index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing*, 17(7), 1425–1432. <https://doi.org/10.1080/01431169608948714>
- McHugh, M.L. (2012). Interrater reliability: The Kappa statistic. *Biochemia Medica*, 22(3), 276–282. <https://doi.org/10.11613/bm.2012.031>
- Ongsomwang, S., Pattanakiat, S. & Srisuwan, A. (2019). Impact of land use and land cover change on ecosystem service values: A case study of Khon Kaen city, Thailand. *Environment and Natural Resources Journal*, 17(4), 43–58. <https://doi.org/10.32526/ENNRJ.17.4.2019.30>
- Otsu, N. (1979). A threshold selection method from gray-level histograms. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 9(1), 62–66.
- Özelkan, E. (2020). Water body detection analysis using NDWI indices derived from Landsat-8 OLI. *Polish Journal of Environmental Studies*, 29(2), 1759–1769. <https://doi.org/10.15244/PJOES/110447>
- Story, M., & Congalton, R. G. (1986). Accuracy assessment: A user's perspective. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 52(3), 397–399.
- Tan, M.L., Tew, Y.L., Chun, K.P., Samat, N., Shaharudin, S.M., Mahamud, M.A., & Tangang, F.T. (2021). Improvement of the ESA CCI Land cover maps for water balance analysis in tropical regions: A case study in the Muda River Basin, Malaysia. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 36, 100837. <https://doi.org/10.1016/J.EJRH.2021.100837>

- Topp, S.N., Pavelsky, T.M., Jensen, D., Simard, M., & Ross, M.R.V. (2020). Research trends in the use of remote sensing for inland water quality science: Moving towards multidisciplinary applications. *Water*, 12(1), 169. <https://doi.org/10.3390/W12010169>
- Xu, H. (2007). Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 27(14), 3025–3033. <https://doi.org/10.1080/01431160600589179>
- Yang, X., Zhao, S., Qin, X., Zhao, N., & Liang, L. (2017). Mapping of urban surface water bodies from Sentinel-2 MSI imagery at 10 m resolution via NDWI-Based image sharpening. *Remote Sensing*, 9(6), 596. <https://doi.org/10.3390/RS9060596>