

การสกัดข้อมูลพื้นที่แหล่งน้ำบนภาพถ่ายดาวเทียมด้วยกูเกิลเอิร์ธเอนจิน

Water Feature Extraction using Google Earth Engine

วัชระ ดอนลาว^{1*}, สวารินทร์ ฤกษ์อยู่สุข²

Watchara Donlao^{1*}, Sawarin Lerk-u-suke²

¹ บริษัท กราฟเมติกส์ จำกัด อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

² สาขาวิชาภูมิสารสนเทศศาสตร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

*Corresponding author: wcr.donlao@hotmail.com

Received: May 4, 2020

Revised: August 3, 2020

Accepted: August 10, 2020

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาและประยุกต์ใช้งานกูเกิลเอิร์ธเอนจินในการสกัดข้อมูลพื้นที่แหล่งน้ำจากภาพถ่ายดาวเทียม เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่แหล่งน้ำในประเทศไทย ในช่วงปี พ.ศ. 2557 ถึง 2561 ด้วยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแลนด์แซต 8 (ในช่วงฤดูร้อนของแต่ละปี) ที่มีให้บริการจากกูเกิลเอิร์ธเอนจิน การจำแนกพื้นที่แหล่งน้ำจะอาศัยการพิจารณาค่าดัชนีผลต่างของน้ำแบบนอร์มัลไลซ์ (Normalized Difference Water Index - NDWI) และการสกัดข้อมูลพื้นที่แหล่งน้ำจากค่าขีดแบ่งจากงานวิจัยที่มีการเผยแพร่และอ้างอิงอย่างแพร่หลายและค่าขีดแบ่งจากการสุ่มจุดตัวอย่างพื้นที่แหล่งน้ำ ผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษาพบว่าประเทศไทยมีพื้นที่แหล่งน้ำในช่วงปี พ.ศ. 2557 ถึง 2561 เท่ากับ 15,434.28, 13,706.93, 9,634.60, 13,890.91 และ 14,924.75 ตารางกิโลเมตร และ 17,144.93, 10,188.76, 12,800.49, 9,951.64 และ 11,037.56 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ

จากผลการศึกษาพบว่า กูเกิลเอิร์ธเอนจินเปิดให้ใช้งานได้แบบไม่มีค่าใช้จ่ายสำหรับหน่วยงานด้านการศึกษา มีข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมให้เลือกใช้งานจากดาวเทียมหลายดวงและยังมีภาพถ่ายดาวเทียมย้อนหลังมากกว่า 20 ปี นอกจากนี้ยังมีการจัดเก็บข้อมูลและประมวลผลบนคลาวด์ ผู้ใช้งานสามารถทำงานผ่านเว็บเบราว์เซอร์ โดยไม่ต้องทำการดาวน์โหลดข้อมูลและประหยัดพื้นที่จัดเก็บข้อมูลรวมถึงทรัพยากรสำหรับการประมวลผลข้อมูล

คำสำคัญ: กูเกิลเอิร์ธเอนจิน / ดัชนีผลต่างของน้ำแบบนอร์มัลไลซ์ / การสกัดข้อมูล

Abstract

The research aims to study and apply Google Earth Engine (GEE) to extract waterbody feature from satellite images in order to monitor changes in waterbodies in Thailand, during 2014 to 2018 by using the satellite images of Landsat 8 (in summer period of Thailand). In terms of the Normalized Difference Water Index (NDWI) dataset in Google Earth Engine platform and threshold value which used to extract the waterbody derived from the standard value in referenced research and the computed value from the training point, it shows that the water body areas in Thailand during the year 2014 to 2018 are 15,434.28, 13,706.93, 9,634.60, 13,890.91, 14,924.75 Square kilometer (km²) and 17,144.93, 10,188.76, 12,800.49, 9,951.64, and 11,037.56 Square kilometer (km²) respectively. According to the findings of the study, Google Earth Engine is now free available for non-commercial use and educational purpose and provide many satellite images from over the past 20 years. Furthermore, Google

Earth Engine and their services can be store and analyze a huge of data on Google's cloud platform without requirement to download the data for analyst and processing in personal computer.

Keyword: Google Erath Engine (GEE) / Normalized Difference Water Index (NDWI) / Feature Extraction

1. บทนำ

การติดตามการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยเทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกลนั้น มีการประยุกต์ใช้งานมาอย่างต่อเนื่อง ทั้งในด้านการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน [1] การเปลี่ยนแปลงของพืชพรรณและป่าไม้ [2] การเปลี่ยนแปลงของพื้นที่เมือง [3] และการตรวจวัดพื้นที่แหล่งน้ำและการสกัดพื้นที่แหล่งน้ำ [4] แม้จะมีการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกลมาอย่างยาวนาน ที่ผ่านมามีงานวิจัยส่วนมากมักทำการจัดหาหรือดาวน์โหลดข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศหรือข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมมาทำงานด้วยคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

กูเกิลเอิร์ธเอนจิน (Google Earth Engine – GEE) เป็นระบบที่ใช้เทคโนโลยีคลาวด์เป็นพื้นฐาน (Cloud-based) ทำให้การเข้าถึงการใช้งานทรัพยากรต่าง ๆ ของระบบการให้บริการหรือแพลตฟอร์ม (Platform) ได้อย่างสะดวกและมีประสิทธิภาพผ่านการทำงานบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตด้วยเว็บเบราว์เซอร์ การทำงานในลักษณะนี้สามารถทำงานกับการประมวลผลข้อมูลเชิงตำแหน่ง (Geospatial data) ที่มีจำนวนมากและเพิ่มมากขึ้นตลอดเวลาได้อย่างสะดวก [5] และยังมีระบบเอพีไอ (Application Programming Interface – API) ที่ช่วยในเขียนคำสั่งต่าง ๆ เพื่อใช้ในการประมวลผลข้อมูลหรือสร้างงานประยุกต์ที่เกี่ยวข้อง ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การนำเทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกลที่มีการให้บริการจากกูเกิลเอิร์ธเอนจิน มาประยุกต์ใช้ในงานการวิเคราะห์เชิงตำแหน่ง สามารถช่วยให้การวิเคราะห์และวางแผนเพื่อบริหารจัดการเชิงตำแหน่งบนพื้นฐานของข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ทรัพยากรน้ำจึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างมาก เมื่อปี พ.ศ. 2558 ประเทศไทยได้เกิดภัยแล้งครั้งใหญ่ เนื่องจากมีปริมาณฝนสะสมเฉลี่ยทั้งประเทศเพียง 1,251 มิลลิเมตร น้อยกว่าค่าเฉลี่ยปกติที่ 1,467 มิลลิเมตร จากข้อมูลสามสิบปีย้อนหลัง [6] อยู่ประมาณ 14.73%

อย่างไรก็ดี ข้อมูลจากการสำรวจภาคสนามยังมีข้อจำกัดในเรื่องของงบประมาณในการตรวจวัดข้อมูล การรวบรวมและการเข้าถึงข้อมูล การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดังกล่าวจึงมีความจำเป็นในการเสริมประสิทธิภาพการทำงาน รวมถึงส่งเสริมการประยุกต์ใช้งานการรับรู้จากระยะไกลให้เป็นที่รู้จักในวงกว้างและการใช้งานอย่างแพร่หลาย

2. วัตถุประสงค์

งานวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นการศึกษาเทคนิคการประมวลผลภาพเชิงเลขสำหรับการสกัดข้อมูลพื้นที่แหล่งน้ำจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมและการศึกษาคุณสมบัติและการประยุกต์ใช้งานกูเกิลเอิร์ธเอนจินเพื่อตรวจหาพื้นที่แหล่งน้ำแบบหลายช่วงเวลาเพื่อเป็นแนวทางสำหรับการสกัดข้อมูลเชิงตำแหน่งจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม รวมถึงแนวทางการติดตามการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมบนพื้นผิวโลกอย่างมีประสิทธิภาพ

3. วิธีการศึกษา

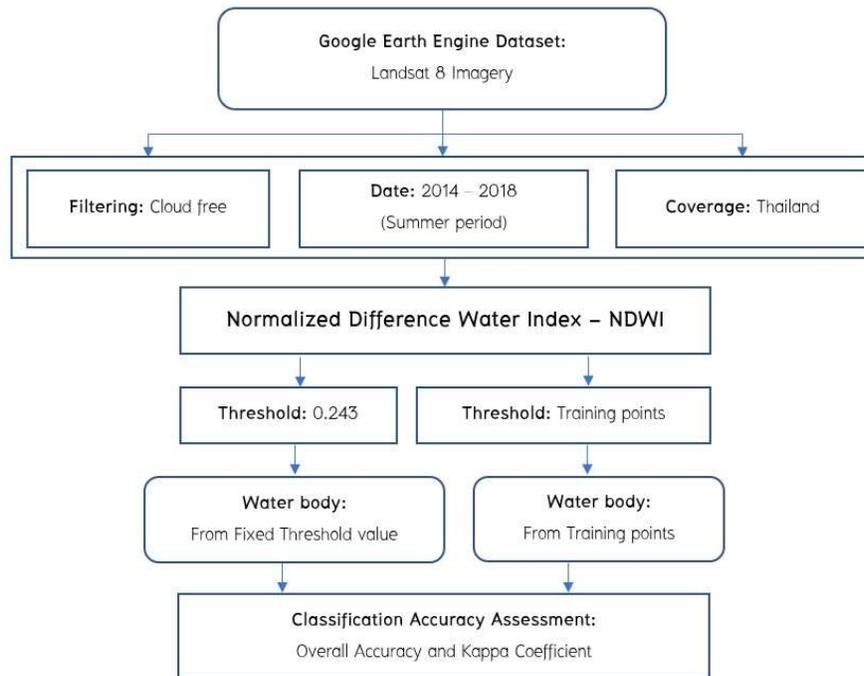
การศึกษาค้นคว้านี้ได้ทำการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับการประมวลผลภาพเชิงเลขและเทคนิคการสกัดข้อมูล (Feature Extraction) จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมโดยอาศัยการประมวลผลภาพเชิงเลข (Digital Image Processing) เทคนิคนี้เป็นกระบวนการนำค่าของจุดภาพ (Pixel Value) มาคำนวณด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์เพื่อปรับเน้นข้อมูลที่สนใจให้มีความแตกต่างจากข้อมูลอื่น ๆ บนภาพอย่างชัดเจน

วิธีการที่เลือกใช้ในการตรวจพื้นที่แหล่งน้ำนั้นจะอาศัยเทคนิคการสร้างข้อมูลดัชนีความแตกต่างของน้ำแบบนอร์มัลไลซ์ (Normalized Difference Water Index – NDWI) ตามแนวทางของ Gao [7] และ McFeeters [8] ที่ได้พัฒนาต่อยอดมาจากเทคนิคการสร้างข้อมูลดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index – NDVI) ที่ได้รับความนิยมในการศึกษาพืชพรรณด้วยการรับรู้จากระยะไกลมาอย่างยาวนาน เทคนิคนี้มีจุดเด่นคือ การอ่อนไหวต่อการกระเจิงของละอองลอยในชั้นบรรยากาศ (Atmospheric Aerosol Scattering) ค่อนข้างต่ำ [7],[8] เนื่องจากการเลือกใช้ช่วงคลื่นย่านความยาวประมาณ 0.86 และ 1.24 ไมโครเมตร

ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ใช้ในการศึกษา จะเลือกใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแลนดแซท 8 (LANDSAT 8) ที่ได้รับการพัฒนาร่วมกันระหว่างองค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติ (National Aeronautics and Space Administration – NASA) และสำนักงานสำรวจธรณีวิทยาแห่งสหรัฐอเมริกา (United States Geological Survey – USGS) ข้อมูลภาพที่ได้จะมาจากสองเครื่องรับรู้ (Sensor) ประกอบด้วย เครื่องสร้างภาพพื้นดินดำเนินการ (Operational Land Imager – OLI) และเครื่องรับรู้อินฟราเรดความร้อน (Thermal Infrared Sensor – TIRS) ข้อมูลภาพที่ได้จะมี 3 ความละเอียดเชิงจุดภาพได้แก่ ความละเอียด 15 เมตรสำหรับข้อมูลภาพช่วงคลื่นแพนโครแมติก (Panchromatic) ความละเอียด 30 เมตรสำหรับข้อมูลภาพช่วงคลื่นสายตามองเห็นได้ (Visible) ช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Near InfraRed – NIR) และช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น (Short-Wave InfraRed – SWIR) และ 100 เมตร สำหรับข้อมูลภาพช่วงคลื่นความร้อน (Thermal) [9] โดยการสร้างข้อมูลดัชนีความแตกต่างของน้ำแบบนอร์มัลไลซ์ (NDWI) นั้นจะเลือกใช้ข้อมูลภาพจากช่วงคลื่นสายตามองเห็นได้ (ช่วงคลื่นสีเขียว) และช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (NIR) ที่มีความละเอียดจุดภาพเท่ากันคือ 30 เมตร การเลือกใช้ข้อมูลในช่วงคลื่นดังกล่าวสามารถจำแนกพื้นที่แหล่งน้ำแบบเปิด (Open water) ได้ดีกว่าการใช้งานข้อมูลในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้และช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น [8] ดังสมการต่อไปนี้

$$NDWI = ((GREEN - NIR)/(GREEN + NIR)) \quad (\text{สมการที่ 1})$$

ในการดำเนินงานครั้งนี้จะทำการจำแนกพื้นที่แหล่งน้ำโดยอาศัยค่าขีดแบ่ง (Threshold) เพื่อทำการสกัดพื้นที่แหล่งน้ำจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแลนดแซท 8 ในช่วงฤดูร้อน (มีนาคม – พฤษภาคม) ของปี พ.ศ. 2557 ถึง 2561 โดยค่าขีดแบ่งจะได้มาจากสองวิธี คือ ค่าขีดแบ่งมาตรฐานที่ให้ค่าความถูกต้องของการจำแนกพื้นที่ทะเลสาบน้ำจืด (Lake Water) สูงที่สุดจากงานวิจัยของ Xu [10] ที่มีค่าขีดแบ่งเท่ากับ 0.243 และค่าขีดแบ่งจากการหาค่าเฉลี่ยจากจุดตัวอย่าง (Training Point) ที่ทำการคัดเลือกโดยผู้วิจัยจากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพื้นที่แหล่งน้ำ (W) จำนวน 30 จุดเพื่อเป็นตัวแทนของพื้นที่แหล่งน้ำในแต่ละช่วงเวลาโดยมีค่าเท่ากับ 0.174, 0.309, 0.097, 0.305 และ 0.295 ตามลำดับ หลังจากนั้นจะทำการประเมินความถูกต้องของการจำแนกพื้นที่แหล่งน้ำโดยอาศัยจุดตรวจสอบ (Check Points) ที่ผู้วิจัยทำการคัดเลือกจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแล้วจึงทำการเปรียบเทียบพื้นที่แหล่งน้ำที่สามารถสกัดได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมและทำผังการดำเนินงานสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1 ดังนี้



รูปที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

4. ผลการศึกษา

จากการสร้างข้อมูลภาพดัชนีความแตกต่างของน้ำแบบนอร์แมลไลซ์จากภาพดาวเทียมแลนดแซท 8 ในช่วงฤดูร้อน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557 ถึง 2561 เพื่อใช้ในการสกัดหาข้อมูลพื้นที่แหล่งน้ำและพื้นที่แหล่งน้ำที่จำแนกได้จากการใช้ค่าขีดแบ่งที่ได้จากการลุ่มจุดตัวอย่างสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2, 3 และ 4 ดังนี้



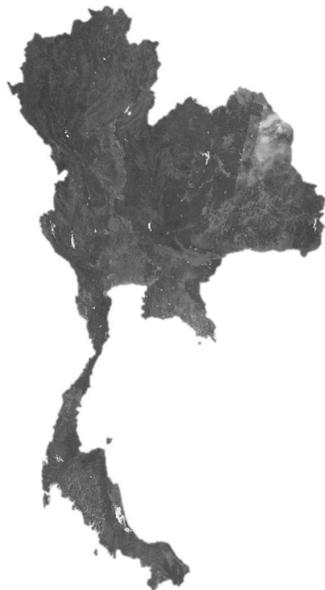
(a) พ.ศ. 2557



(b) พ.ศ. 2558



(c) พ.ศ. 2559



(d) พ.ศ. 2560



(e) พ.ศ. 2561

รูปที่ 2 ข้อมูลภาพตัดชันนี้ความแตกต่างของน้ำแบบนอร์มัลไลซ์จากภาพดาวเทียมแลนด์แซท 8 ระหว่างปี พ.ศ. 2557 ถึง พ.ศ. 2561



(a) พ.ศ. 2557



(b) พ.ศ. 2558



(c) พ.ศ. 2559

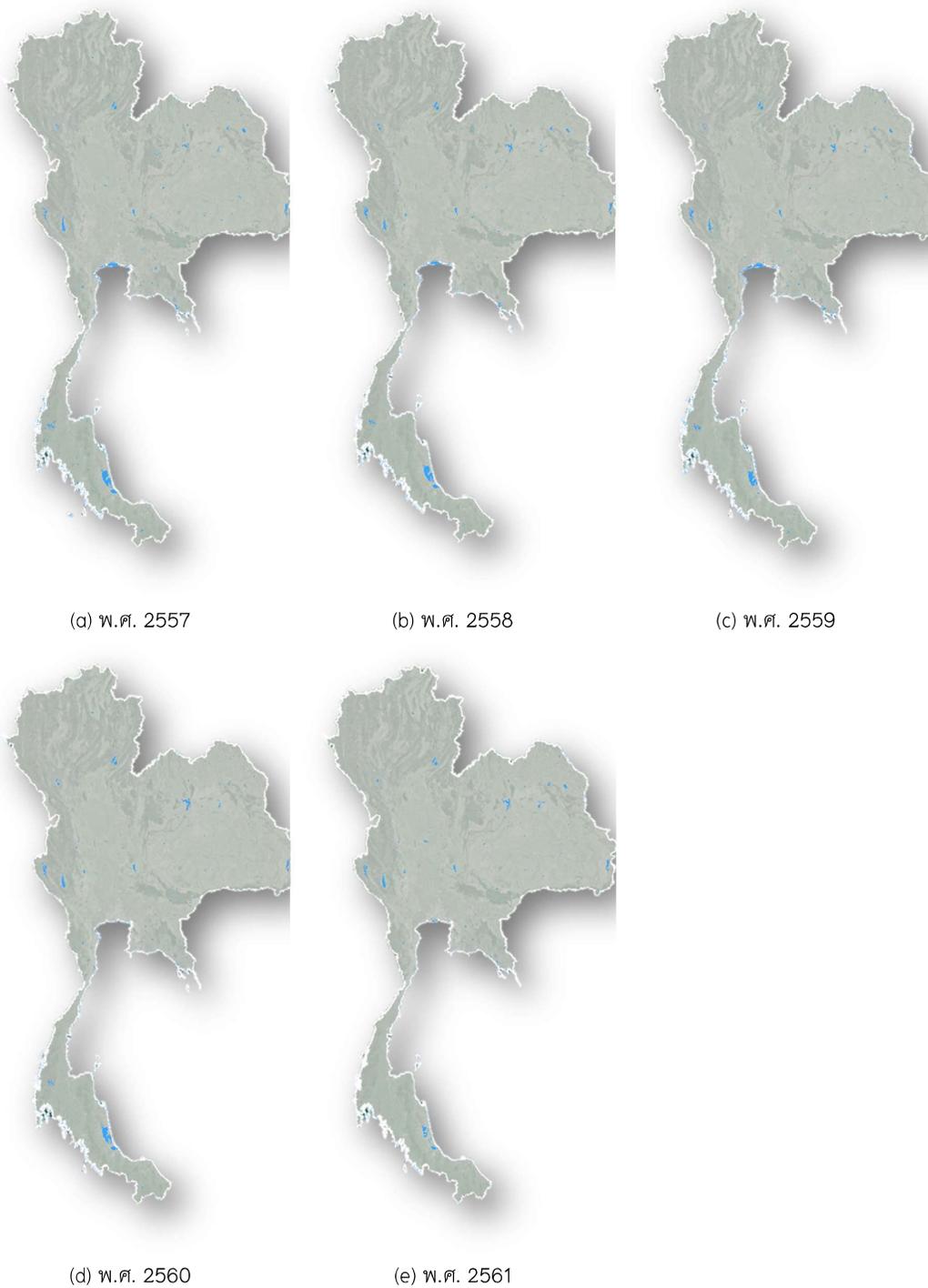


(d) พ.ศ. 2560



(e) พ.ศ. 2561

รูปที่ 3 พื้นที่แหล่งน้ำที่สกัดได้จากการใช้ค่าขีดแบ่งที่ได้จากค่ามาตรฐานจากงานวิจัย



รูปที่ 4 พื้นที่แหล่งน้ำที่สกัดได้จากการใช้ค่าขีดแบ่งที่ได้จากการลุ่มจุดตัวอย่าง

หลังจากได้คุณภาพของพื้นที่แหล่งน้ำโดยอาศัยค่าขีดแบ่งจากทั้งสองวิธีแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการประเมินความถูกต้องของการจำแนกโดยอาศัยจุดตรวจจุดสอบที่ผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกบนภาพถ่ายดาวเทียมบริเวณที่เป็นแหล่งน้ำขนาดใหญ่และสามารถจำแนกกว่าเป็นพื้นที่แหล่งน้ำได้อย่างชัดเจน จำนวน 30 จุด (บริเวณเขื่อนสิริกิติ์ อำเภอท่าปลา จังหวัดอุตรดิตถ์) ค่าเฉลี่ยผลของการประเมินความถูกต้องของการจำแนกพื้นที่แหล่งน้ำโดยอาศัยค่าขีดแบ่งที่แตกต่างกัน สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องของการจำแนกพื้นที่แหล่งน้ำโดยอาศัยค่าขีดแบ่งที่แตกต่างกัน

ค่าขีดแบ่ง	ความถูกต้องโดยรวม(ร้อยละ)	ค่าสัมประสิทธิ์แคปปา
จากงานวิจัยของ Xu [3]	90.15	0.80
จากค่าเฉลี่ยการสุ่มจุดตัวอย่าง	85.96	0.72

ตารางที่ 2 ขนาดพื้นที่แหล่งน้ำที่คำนวณได้จากค่าขีดแบ่งที่แตกต่างกัน

ปีพ.ศ.	พื้นที่แหล่งน้ำ			
	จากงานวิจัยของ Xu [3]		จากค่าเฉลี่ยการสุ่มจุดตัวอย่าง	
	ตารางกิโลเมตร	ไร่	ตารางกิโลเมตร	ไร่
2557	15,434.28	9,646,427.81	17,144.93	10,715,579.44
2558	13,706.93	8,566,828.31	10,188.76	6,367,977.56
2559	9,634.60	6,021,622.69	12,800.49	8,000,304.75
2560	13,890.91	8,681,815.69	9,951.64	6,219,776.25
2561	14,924.75	9,327,970.69	11,037.56	6,898,471.88

5. สรุป อภิปรายผลการศึกษา

จากการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ พบว่ากูเกิลเอิร์ธเอนจิน เป็นแพลตฟอร์มการให้บริการผ่านเครือข่ายที่มีประสิทธิภาพสูง ในการสกัดข้อมูลพื้นที่แหล่งน้ำจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม โดยอาศัยวิธีการทำอัตราส่วนช่วงคลื่น (Band Ratio) ในการสร้างข้อมูลภาพดัชนีความแตกต่างของน้ำแบบนอร์มัลไลซ์ (NDWI) และการสกัดข้อมูลพื้นที่แหล่งน้ำด้วยการใช้ค่าแบ่งบนภาพเพื่อจำแนกพื้นที่แหล่งน้ำ สามารถช่วยให้ผู้ใช้งานติดตามการเปลี่ยนแปลงของสภาพพื้นที่ได้อย่างต่อเนื่องยาวนาน (บางชุดข้อมูลมากกว่า 20 ปี เช่น ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแลนด์ซัท) ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ทุกส่วนบนพื้นผิวโลก ความละเอียดเชิงจุดภาพของข้อมูลมีหลากหลาย (ความละเอียดสูงมาก ไปจนถึงความละเอียดต่ำ ขึ้นอยู่กับระดับการเข้าถึงของบริการ) ประสิทธิภาพการคำนวณข้อมูลขนาดใหญ่ผ่านการประมวลผลบนคลาวด์ที่สามารถทำงานได้อย่างรวดเร็ว รวมถึงผู้ใช้งานสามารถทำการปรับเปลี่ยนวิธีการดำเนินงานได้อย่างง่ายดายผ่านตัวแก้ไขรหัส (Code Editor) ด้วยภาษาจาวาสคริปต์และไพธอน ที่เรียนรู้ได้ไม่ยากนัก เนื่องจากมีความคลึงกับการใช้ภาษาอังกฤษ (English-liked) ในการเขียนคำสั่ง โดยอาศัยเพียงเว็บเบราว์เซอร์และเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ทำให้ผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องจัดหาอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ประสิทธิภาพสูงในการทำงาน นอกจากนี้พื้นที่แหล่งน้ำแล้ว ผู้ที่สนใจสามารถประยุกต์วิธีการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ในการศึกษาสิ่งปกคลุมดินแบบอื่นได้อีก ไม่ว่าจะเป็นพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่าไม้ (อาศัยการพิจารณาดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ (Normal Difference Vegetation Index

- NDVI) หรือพื้นที่ลุ่มปลูกสร้าง (อาศัยการพิจารณาดัชนีความแตกต่างปลูกสร้าง (Normal Difference Built-up Index - NDBI) เป็นต้น

อย่างไรก็ดี จากผลการศึกษาพบว่า แม้จะทำการสุ่มจุดตัวอย่างเพื่อหาค่าขีดแบ่งที่เหมาะสมสำหรับการจำแนกพื้นที่แหล่งน้ำในแต่ละช่วงเวลาที่เราได้เก็บข้อมูลแล้วก็ตาม ความถูกต้องของการจำแนกพื้นที่แหล่งน้ำก็ไม่ได้สูงไปกว่าการใช้ค่าขีดแบ่งมาตรฐานจากงานวิจัยของ Xu [10] โดยสาเหตุอาจเนื่องมาจากกระบวนการสุ่มจุดตัวอย่างที่มีจำนวนน้อยเกินไป (30 จุด) และจุดสุ่มตัวอย่างไม่ได้เป็นตัวแทนที่ดีและเหมาะสมของพื้นที่แหล่งน้ำทั้งประเทศไทย แต่แนวทางนี้น่าจะเหมาะสมสำหรับการศึกษาและติดตามการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ขนาดเล็กและมีความเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneity) ของพื้นที่เจอร์มากกว่า ดังงานวิจัยของ ชยกร พุ่มนวล [11] ที่ได้ทำการศึกษาวิธีการจำแนกพื้นที่แหล่งน้ำจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแลนด์แซทแบบหลายช่วงเวลาของบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ พบว่า การใช้ข้อมูลภาพดัชนีความแตกต่างของน้ำแบบนอร์แมลไลซ์ (NDWI) และการสกัดข้อมูลพื้นที่แหล่งน้ำด้วยการใช้ค่าแบ่งบนภาพเพื่อจำแนกพื้นที่แหล่งน้ำโดยใช้การสุ่มจุดพื้นที่ตัวอย่างนั้นให้ความถูกต้องของการจำแนกสูงที่สุดมากกว่ากระบวนการอื่นที่เลือกใช้

นอกจากนี้ยังมีข้อสังเกตการใช้งานดัชนีความแตกต่างของน้ำแบบนอร์แมลไลซ์ (NDWI) จากงานวิจัยของ Gao [7] ที่ระบุไว้ว่า ดัชนีความแตกต่างของน้ำแบบนอร์แมลไลซ์ (NDWI) นั้นไม่สามารถจัดค่าการสะท้อนของดินได้ทั้งหมด ซึ่งหากพิจารณาความเป็นจริงจะพบว่า บนข้อมูลภาพทั้งจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมและข้อมูลดัชนีความแตกต่างของน้ำแบบนอร์แมลไลซ์ (NDWI) นั้น ไม่สามารถทำการแยกความแตกต่างของพื้นที่แหล่งน้ำออกจากพื้นที่ข้างเคียงได้อย่างชัดเจน หากความคมชัดของจุดภาพกับจุดภาพรอบข้างค่อนข้างต่ำหรือค่าการสะท้อนของจุดภาพมีการเจือปน เช่น บริเวณน้ำตื้นที่มีค่าการสะท้อนของตะกอนดินปะปน หรือการสะท้อนของพื้นที่แหล่งน้ำที่มีวัตถุอื่นปะปนในน้ำ (พืชพรรณลอยน้ำ แพลงตอน) เป็นต้น การเลือกใช้งานดัชนีอื่น ๆ ที่ทันสมัยและมีประสิทธิภาพในการจำแนกพื้นที่น้ำเป็นทางเลือกที่น่าสนใจสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Salmon, B. P., Kleyhans, W., Bergh, F., Olivier, J., Grobler, T., Wessels, K. (2013). Land Cover Change Detection Using the Internal Covariance Matrix of the Extended Kalman Filter Over Multiple Spectral Bands. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 6, 1079–1085.
- [2] Yismaw, A., Birhanu, G. A., Addisu, S., Zewudu, F. (2014). Forest Cover Change Detection Using Remote Sensing and GIS in Banja District, Amhara Region, Ethiopia. *International Journal of Environmental Monitoring and Analysis*, 2(6), 354–360.
- [3] Abdelkader, E. G., David, J. M., Said, E. G., Joseph, K. (2017). Analysis of urban growth and sprawl from remote sensing data: Case of Fez, Morocco. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 6(1), 160–169.
- [4] Rokni, K., Ahmad, A., Selamat, A., Hazini, S. (2014). Water Feature Extraction and Change Detection Using Multitemporal Landsat Imagery. *Remote Sensing*, 6, 4173–4189.
- [5] Noel, G., Matt, H., Mike, D., Simon, I. David, T., Rebecca, M. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 202, 18–27.

- [6] สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน) (2561). สืบค้น 18 สิงหาคม 2561, จาก <https://www.thaiwater.net/current/2559/drought59/body.html>
- [7] Gao, B. (1996). NDWI—A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing of Environment*, 58(3), 257–266.
- [8] McFeeters, S. K. (1996). McFEETERS, S. K. (1996). 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.
- [9] National Aeronautics and Space Administration (NASA), (2560). Landsat 8. Retrieved 18 August 2560 from <https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-8/>
- [10] Hanqiu Xu. (2006). Modification of normalized difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 27(14), 3025–3033.
- [11] ชยกร พุ่มนวล (2560). การสกัดข้อมูลและการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงแหล่งน้ำด้วยข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซทแบบหลายช่วงเวลา กรณีศึกษา บึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ (ปริญญาโท วิทยาศาสตรบัณฑิต). พะเยา: มหาวิทยาลัยพะเยา