

การประเมินพื้นที่สิ่งปลูกสร้างด้วยดัชนีปรับปรุงค่าสิ่งปลูกสร้าง ร่วมกับภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 และ Sentinel - 2A Evaluation of Built - Up Areas Using Modified Built - Up Index with Landsat 8 and Sentinel - 2A Data

วิลาวณีย์ ประสมทรัพย์¹, ตินณิ์ ธิรกุลโตมร¹, อธิวัฒน์ ภิญโญยาง¹, นลินี นากุดนอก² และ สหรัษฎ์ ปิณฑุเหล็กม²

Wilawan Prasomsup¹, Tinn Thirakultomom¹, Athiwat Phinyoyang¹, Nalinee Nakutnok² and Saharat Pidnguheluxm²

¹สาขาการขนส่ง คณะระบบรางและการขนส่ง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ประเทศไทย

²สาขาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ประเทศไทย

¹Transportation Department, Faculty of Railway Systems and Transportation, Rajamangala University of Technology Isan, Thailand

²Survey Engineering Department, Faculty of Engineering and Technology, Rajamangala University of Technology Isan, Thailand

Received : 12 February 2024, Received in revised form : 5 May 2024, Accepted : 19 May 2024

Available online : 5 June 2024

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์และที่มา : ดัชนีปรับปรุงค่าสิ่งปลูกสร้าง (MBUI) ได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินจากภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 แต่ยังไม่มีการประยุกต์ใช้ดัชนีนี้กับข้อมูลที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่ที่สูงกว่า การวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการประยุกต์ใช้ MBUI ร่วมกับภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 และ Sentinel - 2A ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล เพื่อทำการประเมินและตรวจสอบความถูกต้องของพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง ที่ได้จากข้อมูลที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่แตกต่างกัน สำหรับใช้เป็นแนวทางในการเลือกใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมในการประเมินพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง

วิธีดำเนินการวิจัย : กำหนดให้ทำการแปลงค่า NDVI, NDBI และ MNDWI ให้เป็นค่าจำนวนเต็ม (0 และ 254) โดยใช้เงื่อนไขของค่าขีดแบ่งเดียวกันทุกภาพ ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบสุ่มในการวางตำแหน่งจุดตัวอย่าง และประเมินความถูกต้องด้วยสถิติเชิงพรรณนาแบบง่ายและสถิติเชิงวิเคราะห์แบบหลายตัวแปร

ผลการวิจัย : ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 และ Sentinel - 2A มีพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง 2,956.79 และ 2,906.61 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ และมีค่า KHAT เท่ากับร้อยละ 75.36 และ 79.71 ตามลำดับ

สรุปผลการวิจัย : เงื่อนไขการแปลงค่า NDVI, NDBI และ MNDWI ที่ถูกสร้างขึ้นสำหรับภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้กับภาพถ่ายจากดาวเทียม Sentinel - 2A ที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่มากกว่า อีกทั้งยังให้ค่าความถูกต้องสูงกว่า

คำสำคัญ : ดัชนีปรับปรุงค่าสิ่งปลูกสร้าง ; พื้นที่สิ่งปลูกสร้าง ; Landsat 8 ; Sentinel - 2A

Abstract

Background and Objectives : The Modified Built-up Index (MBUI) has been developed only for land use classification from Landsat 8 satellite imagery, but it has not been applied to data with higher spatial resolution. Therefore, this research aims to apply MBUI with Landsat 8 and Sentinel - 2A satellite images in the Bangkok Metropolitan Region to assess and verify the accuracy of built-up areas obtained from data with spatial resolution. They are different for use as guidelines in selecting satellite image data to determine built-up areas.

Methodology : The NDVI, NDBI, and MNDWI values were converted to integer values (0 and 254) using the same threshold condition for every image. A random sampling method was used to determine the sample point locations, and the accuracy was assessed using simple and multivariate analytical statistics.

Main Results : The results found that the Landsat 8 and Sentinel - 2A satellite images had built-up areas of 2,956.79 and 2,906.61 km², respectively, and had KHAT values of 75.36% and 79.71%, respectively.

Conclusions : The NDVI, NDBI, and MNDWI transformation conditions developed for Landsat 8 satellite images can be applied to Sentinel - 2A data for higher spatial resolution and accuracy.

Keywords : Modified Built - up Index; built - up area; Landsat 8; Sentinel - 2A

*Corresponding author. E - mail : wilawan.pa@rmuti.ac.th

บทนำ

การศึกษาเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินด้วยข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมส่วนใหญ่ มักนำภาพถ่ายจากดาวเทียมความละเอียดปานกลาง (Moderate Resolution) ที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่ 5 - 30 เมตร โดยอาศัยเทคนิคในการจำแนกที่หลากหลายและแตกต่างกันออกไปตามการประยุกต์ใช้งาน การจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน โดยเฉพาะการประยุกต์ใช้กับการจำแนกพื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้างนิยมใช้ดัชนีความเป็นเมืองที่พิจารณาจากการสะท้อนของพื้นที่เมืองหรือพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง โดยดัชนีที่นิยมนำมาใช้ อาทิ Urban Index (UI) (Kawamura *et al.*, 1996), Built - up Area Extraction Index (BAEI) (Bouzekri, *et al.*, 2005), Normalized Difference Built - up Index (NDBI) (Zha *et al.*, 2003), Enhanced Built - Up and Bareness Index (EBBI) (As - syakur *et al.*, 2012) และ Built - up Areas Saliency Index (BASi) (Shao *et al.*, 2014) เป็นต้น ผลลัพธ์ที่ได้มักแสดงเป็นข้อมูลค่าการสะท้อนที่อยู่ในช่วง - 1 ถึง 1 ค่าสูงบ่งชี้ถึงความน่าจะเป็นพื้นที่เมืองหรือพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง ด้วยเหตุนี้ Zha *et al.* (2003) จึงได้พัฒนาวิธีการแบ่งค่าของข้อมูลดังกล่าวเพื่อให้่ายต่อการแปลตีความ โดยใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat ร่วมกับดัชนีความแตกต่างพืชพรรณแบบนอร์มอลไลซ์

(Normalized Difference Vegetation Index: NDVI) และ NDBI (ดัชนีความแตกต่างสิ่งปลูกสร้างแบบนอร์มอลไลซ์) ในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินออกเป็น 6 ประเภท ได้แก่ พื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่โล่ง พื้นที่ป่า พื้นที่เพาะปลูก แม่น้ำ และทะเลสาบ พบว่าผลลัพธ์ที่ได้มีความถูกต้องสูงกว่าการใช้ NDBI เพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ He *et al.* (2010) ได้พัฒนาดัชนีสิ่งปลูกสร้าง (Built - Up Index: BUI) ด้วยการยืดค่าการสะท้อนของ NDVI และ NDBI ที่มีค่าเป็นบวกให้มีค่าเท่ากับ 254 และค่าลบให้มีค่าเท่ากับ 0 กำหนดให้มีการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินเป็น 2 ประเภท ได้แก่ พื้นที่สิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่ไม่ใช่สิ่งปลูกสร้าง ต่อมา Prasomsup *et al.* (2020) ได้พัฒนาดัชนีปรับปรุงค่าสิ่งปลูกสร้าง (Modified Built - Up Index: MBUI) ในการจำแนกข้อมูลเป็น 2 ประเภท ได้แก่ พื้นที่สิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่ไม่ใช่สิ่งปลูกสร้าง โดยนำดัชนีปรับปรุงความแตกต่างปกติของน้ำแบบนอร์มอลไลซ์ (Modified Normalized Difference Water Index: MNDWI) เข้ามาใช้ในการจำแนกพื้นที่ชุ่มน้ำและพื้นที่แหล่งน้ำออกจากพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง ซึ่งการแบ่งค่าการสะท้อนของ NDVI, NDBI และ MNDWI มีความซับซ้อนมากขึ้นและเป็นสมการที่ถูกรวบรวมขึ้นเพื่อใช้กับภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 โดยเฉพาะผลลัพธ์ที่ได้จากการจำแนกพื้นที่สิ่งปลูกสร้างมีความถูกต้องสูงกว่าผลลัพธ์ที่ได้จาก BUI สำหรับการวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ใช้ MBUI ร่วมกับภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 และ Sentinel - 2A ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล (กรุงเทพมหานคร นครปฐม นนทบุรี ปทุมธานี สมุทรปราการ และสมุทรสาคร) มีพื้นที่ครอบคลุมกว่า 7,669 ตารางกิโลเมตร (LDD, 2023) เพื่อทำการประเมินและตรวจสอบความถูกต้องของพื้นที่สิ่งปลูกสร้างได้จาก MBUI จากข้อมูลที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่ที่ต่างกัน สำหรับใช้เป็นแนวทางในการเลือกใช้อ้างอิงภาพถ่ายจากดาวเทียมในการประเมินพื้นที่สิ่งปลูกสร้างต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการประเมินพื้นที่สิ่งปลูกสร้างด้วย MBUI ร่วมกับภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 และ Sentinel - 2A มีการดำเนินงาน 3 ส่วนหลัก (Figure 1) ได้แก่

1. การรวบรวมและเตรียมข้อมูล (Data Collection and Preparation)

ภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 และ Sentinel - 2A เป็นภาพที่ถูกบันทึกในช่วงวันและเวลาที่ไม่มีเมฆปกคลุม (Table 1) ทำการสุ่มตัวอย่างซ้ำ (Resampling) ให้กับภาพถ่ายจากดาวเทียม Sentinel - 2A ช่วงคลื่นตามองเห็นสีเขียว (Band 3), ช่วงคลื่นตามองเห็นสีแดง (Band 4) และช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Band 8) จากความละเอียดเชิงพื้นที่ 10 เมตร ให้มีความละเอียดเชิงพื้นที่เท่ากับช่วงคลื่นอินฟราเรดสั้น (Band 11) ขนาด 20 เมตร ด้วยวิธีการ Nearest Neighbor Substitution จากนั้นทำการต่อ (Mosaic) และตัด (Subset) ภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 และ Sentinel - 2A

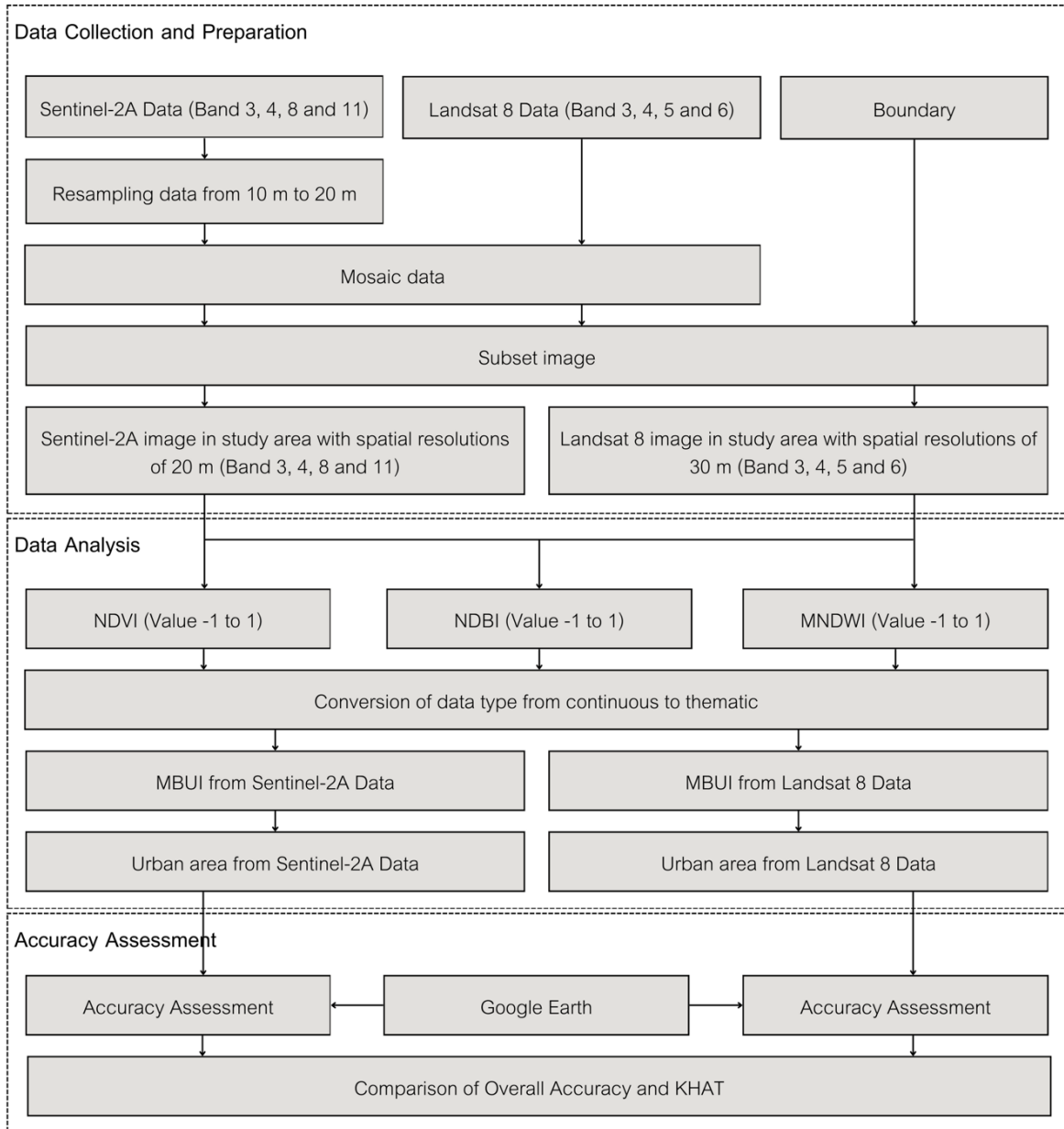


Figure 1 Workflow

Table 1 Summary of the satellite data used in this study.

Description	Landsat 8	Sentinel - 2A
Image data	129/50 and 129/51	T47PNR, T47PPQ, T47PPR, and T47PQR
Date	27/02/2023	25/02/2023
Band	Band 3 (Green) Spatial Resolution 30 m, Band 4 (Red) Spatial Resolution 30 m, Band 5 (NIR) Spatial Resolution 30 m, and Band 6 (SWIR) Spatial Resolution 30 m	Band 3 (Green) Spatial Resolution 10 m, Band 4 (Red) Spatial Resolution 10 m, Band 8 (NIR) Spatial Resolution 10 m, and Band 11 (SWIR) Spatial Resolution 20 m

2. การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis)

2.1 การคำนวณค่า NDVI ได้ถูกพัฒนาโดย Rouse *et al.* (1974) เป็นการนำค่าการสะท้อนของพลังงานในช่วงคลื่น NIR และ RED มาทำสัดส่วนกับค่าผลบวกของทั้งสองช่วงคลื่น เพื่อปรับให้เป็นลักษณะการกระจายแบบปกติดังสมการที่ (1) NDVI เป็นดัชนีที่ได้รับการพิสูจน์แล้วว่าเป็นหนึ่งในดัชนีพืชพรรณที่สามารถใช้อธิบายการเจริญเติบโตของพืชพรรณได้อย่างมีประสิทธิภาพ (USGS, 2023) สามารถบ่งชี้ถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพความเป็นจริงของพื้นผิวโลกเป็นข้อมูลที่สำคัญในการประเมินกิจกรรมของพืช การสังเคราะห์แสง การตรวจสอบพืช และการจำแนกประเภทสิ่งปกคลุมดิน (Cao *et al.*, 2018) NDVI จะมีค่าระหว่าง - 1 ถึง 1 NDVI จะมีค่าเป็นบวกในกรณีที่พื้นผิวมีพืชพรรณปกคลุมเนื่องจากมีค่าการสะท้อนในช่วงคลื่น NIR สูงกว่าช่วงคลื่น RED มีค่าติดลบในกรณีที่พื้นผิวเป็นน้ำเนื่องจากมีค่าการสะท้อนในช่วงคลื่น NIR ต่ำกว่าช่วงคลื่น RED และมีค่าใกล้เคียงกับศูนย์ในกรณีที่พื้นผิวที่เป็นดินเนื่องจากมีค่าการสะท้อนระหว่างสองช่วงคลื่นใกล้เคียงกัน พบในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินพืชในระดับภูมิภาคและระดับโลก (Xue & Su, 2017)

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1)$$

2.2 การคำนวณค่า NDBI เป็นการนำอัตราส่วนระหว่างผลต่างของปริมาณค่าการสะท้อนของพลังงานในช่วงคลื่น SWIR และ NIR ต่อผลรวมของปริมาณการสะท้อนของพลังงานทั้งสองช่วงคลื่น เพื่อปรับให้เป็นลักษณะการกระจายแบบปกติดังสมการที่ (2) Dousset & Gourmelon (2003) ได้ให้ความหมายของ NDBI ว่าเป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวในเมืองและประเภทการใช้ที่ดินหรือสิ่งปกคลุมดิน การวิเคราะห์ข้อมูลจากการตรวจจับดาวเทียมที่นำเสนอความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสะท้อนของคลื่นที่บ่งบอกถึงความหนาแน่นของวัตถุสิ่งก่อสร้างทั้งกลางวันและกลางคืนกับอุณหภูมิในแต่ละช่วงเวลา NDBI จะมีค่าอยู่ในช่วง - 1 ถึง 1 หากบริเวณใดมีสิ่งปลูกสร้างปกคลุมดินเป็นจำนวนมากก็ยังมีค่า

NDBI สูงและจะแสดงค่า NDBI ต่ำในพื้นที่ที่มีพืชพรรณหนาแน่นเช่นกัน ผลจากการวิจัยโดย Zha *et al.*, 2003 ที่ให้เห็นว่าค่าบวกของ NDBI แสดงถึงพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง (เมือง) และค่าลบของ NDBI แสดงถึงพื้นที่ที่ไม่ใช่สิ่งปลูกสร้าง (เมือง)

$$NDBI = \frac{SWIR - NIR}{SWIR + NIR} \quad (2)$$

2.3 การคำนวณค่า MNDWI เป็นดัชนีที่พัฒนามาจากดัชนีความแตกต่างปกติของน้ำแบบนอร์มอลไลซ์ (Normalized Difference Water Index: NDWI) (McFeeters, 1996) ที่พิสูจน์แล้วว่าทำงานได้ดีในการแยกพื้นที่แหล่งน้ำและพืชพรรณแต่มีข้อจำกัดในการแยกดินและสร้างพื้นที่แหล่งน้ำ Xu (2005) จึงได้พัฒนา MNDWI ขึ้น โดยลดการปะปนของผลลัพธ์ที่ไม่ใช่พื้นที่แหล่งน้ำเช่น พื้นที่เมือง ดิน หรือพืชพรรณ โดยเฉพาะพื้นที่ซึ่งเป็นแหล่งน้ำแบบเปิด (Open Water) Szabó *et al.*, 2016 พบว่า MNDWI มีความสามารถในการจำแนกพื้นที่แหล่งน้ำออกจากพื้นที่อื่น ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดย MNDWI สามารถคำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างผลต่างของปริมาณการสะท้อนของพลังงานในช่วงคลื่น GREEN และ SWIR ต่อผลรวมของปริมาณการสะท้อนพลังงานทั้งสองช่วงคลื่น ดังสมการที่ (3) ผลลัพธ์ของ MNDWI ที่ได้มีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 ซึ่งค่าบวกจะแสดงถึงพื้นที่ที่เป็นแหล่งน้ำ (Ji *et al.*, 2009)

$$MNDWI = \frac{GREEN - SWIR}{GREEN + SWIR} \quad (3)$$

2.4 การคำนวณค่า MBUI (Prasomsup *et al.*, 2020) เป็นดัชนีที่ได้รับการปรับปรุงมาจาก BUI (Zha *et al.*, 2003; He *et al.*, 2010) มีการทำงานร่วมกันระหว่าง BUI (NDVI และ NDBI) และ MNDWI เพื่อเน้นค่าความแตกต่างของสิ่งปลูกสร้างจากการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอื่น โดยทำการแปลงค่า NDVI, NDBI และ MNDWI ให้อยู่ในรูปของค่าจำนวนเต็ม โดยใช้ค่าขีดแบ่ง (Threshold) มีการกำหนดเงื่อนไข ดังนี้

If “Mean value of index” > 0

If “Index value” $\geq$ Mean value of index

Recode = 254

Else Recode = 0

Else

If “Index value” $\geq$ (Mean value of index)⁵ - 0.02

Recode = 254

Else Recode = 0

ดัชนี MBUI สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (4) และทำการจัดกลุ่มข้อมูลใหม่ (Recode) โดยกำหนดให้ค่า MBUI ที่น้อยกว่า 0 (- 254 และ - 508) มีค่าเท่ากับ 0 (การใช้ประโยชน์ที่ดินชนิดอื่น ๆ) และค่า MBUI ที่มากกว่าหรือเท่ากับ 0 (0 และ 254) มีค่าเท่ากับ 1 (พื้นที่สิ่งปลูกสร้าง) จากการศึกษาของ Hutasavi & Chen (2021) พบว่า MBUI แสดงประสิทธิภาพได้ดีกว่า BUI และ NDBI

$$MBUI = (NDVI - NDBI) - MNDWI \quad (4)$$

3. การตรวจสอบความถูกต้อง (Accuracy Assessment)

การคำนวณขนาดตัวอย่างบนพื้นฐานทฤษฎีความน่าจะเป็นของการแจกแจงแบบทวินาม (Binomial Distribution) โดยกำหนดให้ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานปกติ ณ ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับร้อยละ 95 ความถูกต้องที่ต้องการของแผนที่โดยรวมเท่ากับร้อยละ 90 ความผิดพลาดที่ยอมให้เกิดขึ้นได้เท่ากับร้อยละ 5 จะได้ขนาดจุดตัวอย่างทั้งหมด 138.29 จุด หรือประมาณ 138 จุด เพื่อนำไปใช้ในการสุ่มตัวอย่าง การศึกษานี้เลือกใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบสุ่ม (Random Sampling) จากนั้นไปเปรียบเทียบข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินกับภาพถ่ายจากดาวเทียมในโปรแกรม Google Earth (ข้อมูลอ้างอิง) และประเมินความถูกต้องด้วยการสร้างเมทริกซ์ความผิดพลาด (Error Matrix) สถิติเชิงพรรณนาแบบง่าย (Simple Description Statistics) และสถิติเชิงวิเคราะห์แบบหลายตัวแปร (Multivariate Analytical Statistics)

ผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย MBUI

ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 และ Sentinel - 2A บริเวณกรุงเทพมหานครและปริมณฑลมีจำนวนจุดภาพทั้งหมด 8,528,139 และ 19,175,868 จุดภาพ ตามลำดับ คิดเป็นเนื้อที่ 7,675.325 และ 7,670.347 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ ผลการคำนวณค่า NDVI มีค่าอยู่ระหว่าง - 0.191 ถึง 0.598 และ - 1.000 ถึง 0.837 ตามลำดับ ผลการคำนวณค่า NDBI มีค่าอยู่ระหว่าง - 0.477 ถึง 0.621 และ - 0.676 ถึง 1.000 ตามลำดับ และผลการคำนวณค่า MNDWI มีค่าอยู่ระหว่าง - 0.684 ถึง 0.405 และ - 0.820 ถึง 0.711 ตามลำดับ

ค่าดัชนี NDVI, NDBI และ MNDWI จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 หลังทำการ Recode (Table 2) ได้ถูกแบ่งผลลัพธ์ออกเป็น 2 ส่วน (Figure 2(a), 3(a) และ 4(a)) คือ

(1) ค่าจำนวนเต็ม 0 สำหรับ NDVI (พื้นที่ที่ไม่ใช่พืชพรรณ) พบว่ามีจำนวนจุดภาพทั้งหมด 4,500,469 จุดภาพ คิดเป็นเนื้อที่ 4,050.42 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 52.77) สำหรับ NDBI (พื้นที่ที่ไม่ใช่สิ่งปลูกสร้าง) มีจำนวนจุดภาพ 5,785,783 จุดภาพ คิดเป็นเนื้อที่ 5,207.20 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 67.84) และสำหรับ MNDWI (พื้นที่ที่ไม่ใช่แหล่งน้ำ) มีจำนวนจุดภาพทั้งหมด 7,467,453 จุดภาพ คิดเป็นเนื้อที่ 6,720.71 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 87.56)

(2) ค่าจำนวนเต็ม 254 สำหรับ NDVI (พื้นที่ที่เป็นพืชพรรณ) พบว่ามีจำนวนจุดภาพทั้งหมด 4,027,670 จุดภาพ คิดเป็นเนื้อที่ 3,624.90 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 47.23) สำหรับ NDBI (พื้นที่ที่เป็นสิ่งปลูกสร้าง) มีจำนวนจุดภาพทั้งหมด 2,742,356 จุดภาพ คิดเป็นเนื้อที่ 2,468.12 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 32.16) และสำหรับ MNDWI (พื้นที่ที่เป็นแหล่งน้ำ) มีจำนวนจุดภาพทั้งหมด 1,060,686 จุดภาพ คิดเป็นเนื้อที่ 954.62 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 12.44)

ค่าดัชนี NDVI, NDBI และ MNDWI จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Sentinel - 2A หลังทำการ Recode ได้ถูกแบ่งผลลัพธ์ออกเป็น 2 ส่วน เช่นกัน (Figure 2(b), 3(b) และ 4(b)) คือ

(1) ค่าจำนวนเต็ม 0 สำหรับ NDVI (พื้นที่ที่ไม่ใช่พืชพรรณ) พบว่ามีจำนวนจุดภาพทั้งหมด 9,533,606 จุดภาพ คิดเป็นเนื้อที่ 3,813.44 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 49.72) สำหรับ NDBI (พื้นที่ที่ไม่ใช่สิ่งปลูกสร้าง) มีจำนวนจุดภาพทั้งหมด 10,223,552 จุดภาพ คิดเป็นเนื้อที่ 4,089.42 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 53.31) และสำหรับ MNDWI (พื้นที่ที่ไม่ใช่แหล่งน้ำ) มีจำนวนจุดภาพทั้งหมด 17,378,297 จุดภาพ คิดเป็นเนื้อที่ 6,951.32 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 90.63)

(2) ค่าจำนวนเต็ม 254 สำหรับ NDVI (พื้นที่ที่เป็นพืชพรรณ) พบว่ามีจำนวนจุดภาพทั้งหมด 9,642,262 จุดภาพ คิดเป็นเนื้อที่ 3,856.90 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 50.28) สำหรับ NDBI (พื้นที่ที่เป็นสิ่งปลูกสร้าง) มีจำนวนจุดภาพทั้งหมด 8,952,316 จุดภาพ คิดเป็นเนื้อที่ 3,580.93 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 46.69) และสำหรับ MNDWI (พื้นที่ที่เป็นแหล่งน้ำ) มีจำนวนจุดภาพทั้งหมด 1,797,571 จุดภาพ คิดเป็นเนื้อที่ 719.03 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 9.37)

Table 2 Area and proportion of area after recoding NDVI, NDBI and MNDWI value.

Satellite Index	Value	Landsat 8 (30 m)		Sentinel - 2A (20 m)	
		Area (sq.km.)	Proportion of Area (%)	Area (sq.km.)	Proportion of Area (%)
NDVI	0	4,050.42	52.77	3,813.44	49.72
	254	3,624.90	47.23	3,856.90	50.28
NDBI	0	5,207.20	67.84	4,089.42	53.31
	254	2,468.12	32.16	3,580.93	46.69
MNDWI	0	6,720.71	87.56	6,951.32	90.63
	254	954.62	12.44	719.03	9.37

ผลการคำนวณ MBUI ได้ผลลัพธ์ 4 ค่า (Value) ดังแสดงใน Table 3 ค่า MBUI ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 (Figure 5 (a)) ที่มีค่าเท่ากับ - 508 มีจำนวนจุดภาพทั้งหมด 37,025 จุดภาพ คิดเป็นเนื้อที่ 33.32 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 0.43) ค่าเท่ากับ - 254 มีจำนวนจุดภาพทั้งหมด 3,773,820 จุดภาพ คิดเป็นเนื้อที่ 3,396.44 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 44.25) ค่าเท่ากับ 0 มีจำนวนจุดภาพทั้งหมด 1,431,975 จุดภาพ คิดเป็นเนื้อที่ 1,288.78 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 16.79) และค่าเท่ากับ 254 มีจำนวนจุดภาพทั้งหมด 3,285,319 จุดภาพ คิดเป็นเนื้อที่ 2,956.79 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 38.52)

ค่า MBUI ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Sentinel - 2A (Figure 5 (b)) ที่มีค่าเท่ากับ - 508 มีจำนวนจุดภาพทั้งหมด 89,295 จุดภาพ คิดเป็นเนื้อที่ 35.72 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 0.47) ค่าเท่ากับ - 254 มีจำนวนจุดภาพทั้งหมด 8,633,097 จุดภาพ คิดเป็นเนื้อที่ 3,453.24 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 45.02) ค่าเท่ากับ 0 มีจำนวนจุดภาพทั้งหมด 3,186,952 จุดภาพ คิดเป็นเนื้อที่ 1,274.78 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 16.62) และค่าเท่ากับ 254 มีจำนวนจุดภาพทั้งหมด 7,266,524 จุดภาพ คิดเป็นเนื้อที่ 2,906.61 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 37.89)

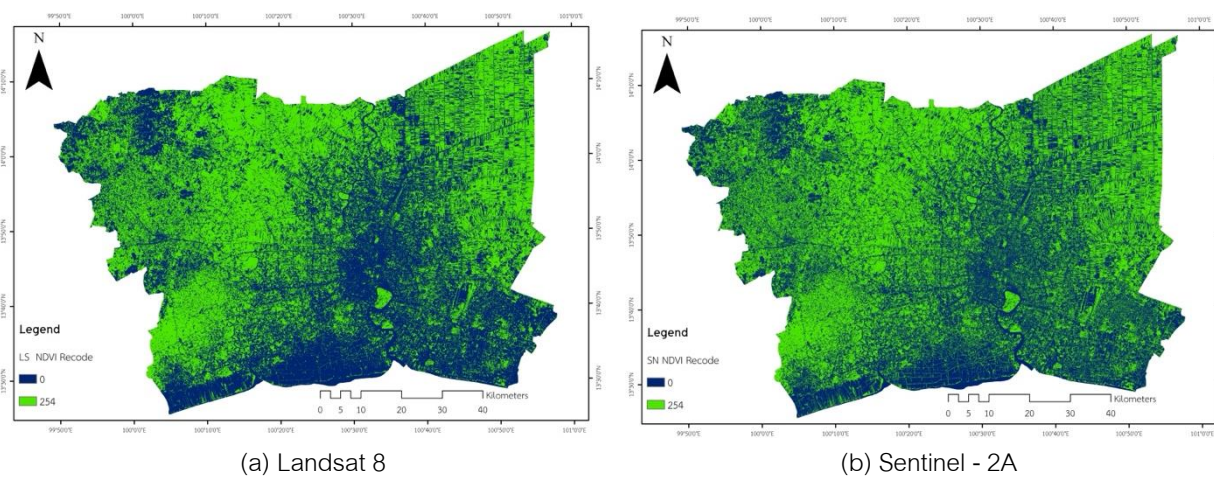


Figure 2 NDVI in Bangkok Metropolitan Region

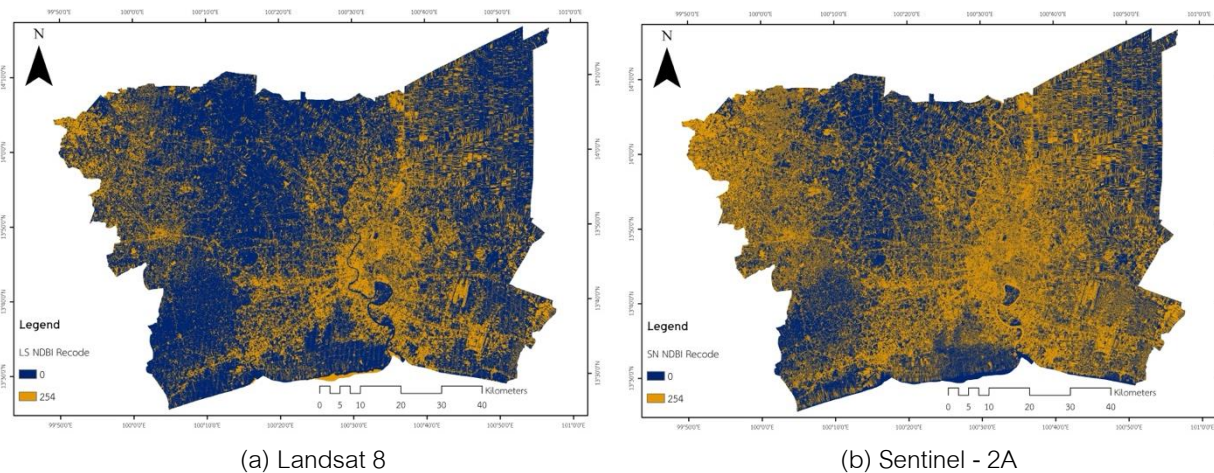


Figure 3 NDBI in Bangkok Metropolitan Region

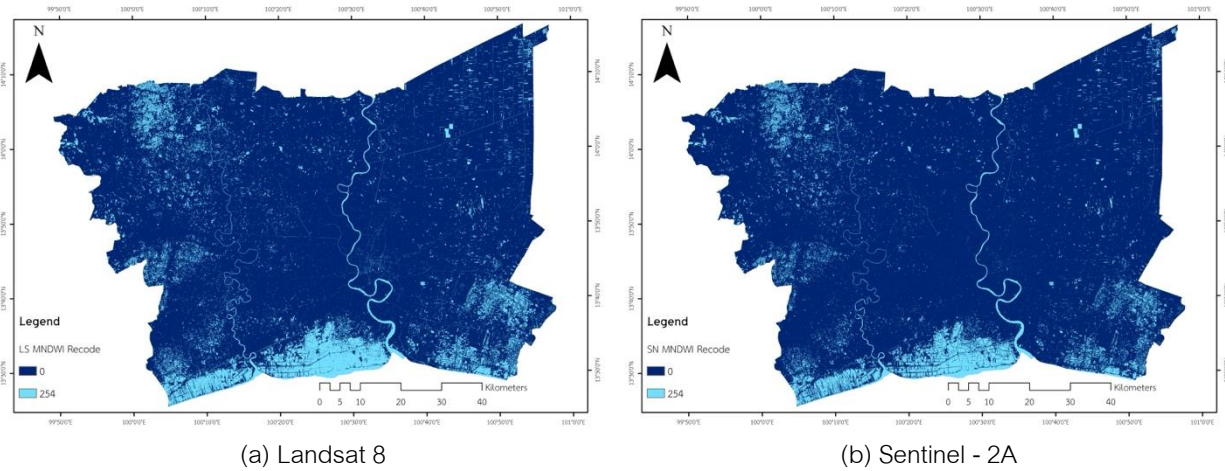


Figure 4 MNDWI in Bangkok Metropolitan Region

Table 3 MBUI values obtained from Landsat 8 and Sentinel - 2A satellite data

MBUI value	Landsat 8		Sentinel - 2A	
	Area (sq.km.)	Proportion of Area (%)	Area (sq.km.)	Proportion of Area (%)
- 508	33.32	0.43	35.72	0.47
- 254	3,396.44	44.25	3,453.24	45.02
0	1,288.78	16.80	1,274.78	16.62
254	2,956.79	38.52	2,906.61	37.89
SUM	7,675.33	100.00	7,670.35	100.00

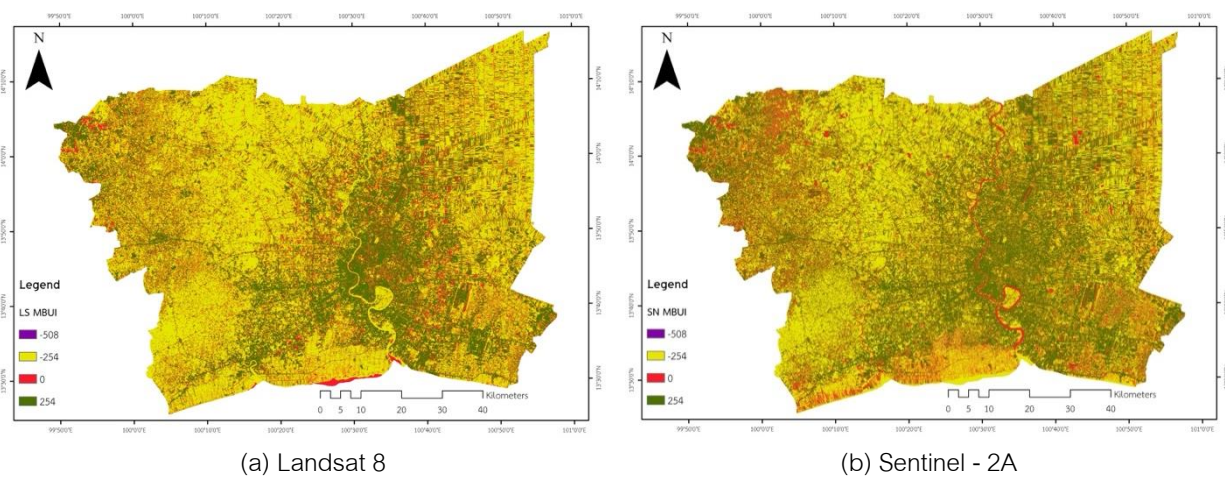


Figure 5 MBUI obtained from satellite data

ทำการแปลงค่าข้อมูล (Recode) โดยกำหนดให้ค่า MBUI ที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0 (0, - 254 และ - 508) มีค่าเป็น 0 (การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอื่น ๆ) และค่า MBUI ที่มากกว่า 0 (254) มีค่าเป็น 1 (พื้นที่สิ่งปลูกสร้าง) การจัดกลุ่มของข้อมูลใหม่แสดงได้ดัง Table 4 หลังจาก Recode ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 มีพื้นที่สิ่งปลูกสร้างจำนวน 3,285,319 จุดภาพ คิดเป็นเนื้อที่ 2,956.79 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 38.52) และการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอื่น ๆ จำนวน 5,242,820 จุดภาพ คิดเป็นเนื้อที่ 4,718.54 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 61.48) (Figure 6 (a)) สำหรับข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Sentinel - 2A มีพื้นที่สิ่งปลูกสร้างจำนวน 7,266,524 จุดภาพ คิดเป็นเนื้อที่ 2,906.61 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 37.89) และ การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอื่น ๆ จำนวน 11,909,344 จุดภาพ คิดเป็นเนื้อที่ 4,763.74 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 62.11) (Figure 6 (b))

Table 4 MBUI recode from Landsat 8 and Sentinel - 2A data

MBUI value	Landsat 8		Sentinel - 2A	
	Area (sq. km.)	Proportion of Area (%)	Area (sq. km.)	Proportion of Area (%)
1 (Built - up Areas)	2,956.79	38.52	2,906.61	37.89
0 (Other Land Uses)	4,718.54	61.48	4,763.74	62.11
SUM	7,675.33	100.000	7,670.35	100.000

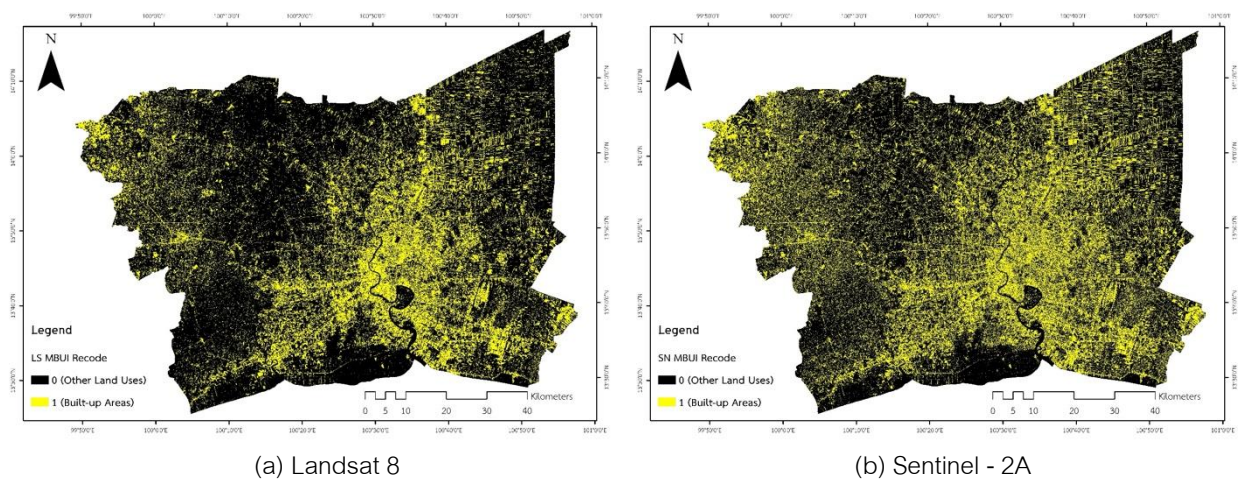


Figure 6 Building area from MBUI

2. การตรวจสอบความถูกต้อง (Accuracy Assessment)

ผลการสุ่มตัวอย่างด้วยวิธี Random Sampling สำหรับ MBUI ที่ได้จากภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 และ Sentinel - 2A จำนวน 138 จุดตัวอย่าง แสดงดัง Figure 7 (a) และ 7 (b) ตามลำดับ ผลการประเมินความถูกต้องระหว่างข้อมูลสิ่งปลูกสร้างที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 และ Sentinel - 2A กับข้อมูลอ้างอิง โดยอาศัยสถิติเชิงพรรณนา และการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa hat coefficient: KHAT) (Table 5) สรุปได้ดังนี้

(1) ผลการประเมินความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) ระหว่างข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 กับข้อมูลอ้างอิงคิดเป็นร้อยละ 87.68 และข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Sentinel - 2A กับข้อมูลอ้างอิงคิดเป็นร้อยละ 89.86

(2) ความถูกต้องของผู้ผลิต (Producer's Accuracy) และความผิดพลาดส่วนที่ขาดหายไป (Omission Error) ระหว่างข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 กับข้อมูลอ้างอิงในพื้นที่สิ่งปลูกสร้างเท่ากับร้อยละ 88.24 และ 11.76 ตามลำดับ ในพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอื่น ๆ เท่ากับร้อยละ 87.14 และ 12.86 ตามลำดับ และระหว่างข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Sentinel - 2A กับข้อมูลอ้างอิงในพื้นที่สิ่งปลูกสร้างเท่ากับร้อยละ 90.14 และ 8.96 ตามลำดับ ในพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอื่น ๆ เท่ากับร้อยละ 88.73 และ 11.27 ตามลำดับ

(3) ความถูกต้องของผู้ใช้ (User's Accuracy) และความผิดพลาดส่วนที่เกินเข้ามา (Commission Error) ที่ระหว่างข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 กับข้อมูลอ้างอิง ในส่วนของพื้นที่สิ่งปลูกสร้างร้อยละ 86.96 และ 13.04 ตามลำดับ ในพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอื่น ๆ เท่ากับร้อยละ 88.41 และ 11.59 ตามลำดับ และระหว่างข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Sentinel - 2A กับข้อมูลอ้างอิงในพื้นที่สิ่งปลูกสร้างเท่ากับร้อยละ 88.41 และ 11.59 ตามลำดับ ในส่วนของพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอื่น ๆ เท่ากับร้อยละ 91.30 และ 8.70 ตามลำดับ

(4) ผลการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของความสอดคล้องที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 กับข้อมูลอ้างอิงเท่ากับร้อยละ 75.36 แสดงถึงความสอดคล้องหรือความถูกต้องปานกลาง และค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของความสอดคล้องที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Sentinel - 2A กับข้อมูลอ้างอิง เท่ากับร้อยละ 79.71 แสดงถึงความสอดคล้องหรือความถูกต้องปานกลางเช่นกัน ซึ่งใกล้เคียงกับค่า KHAT ในเกณฑ์ที่แสดงถึงความสอดคล้องหรือความถูกต้องสูงระหว่างแผนที่การจำแนกและข้อมูลอ้างอิง (ร้อยละ 80) แสดงให้เห็นว่าการประยุกต์ใช้ MBUI ในการจำแนกสิ่งปลูกสร้างจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Sentinel - 2A มีความถูกต้องสูงกว่าข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 เท่ากับร้อยละ 4.35

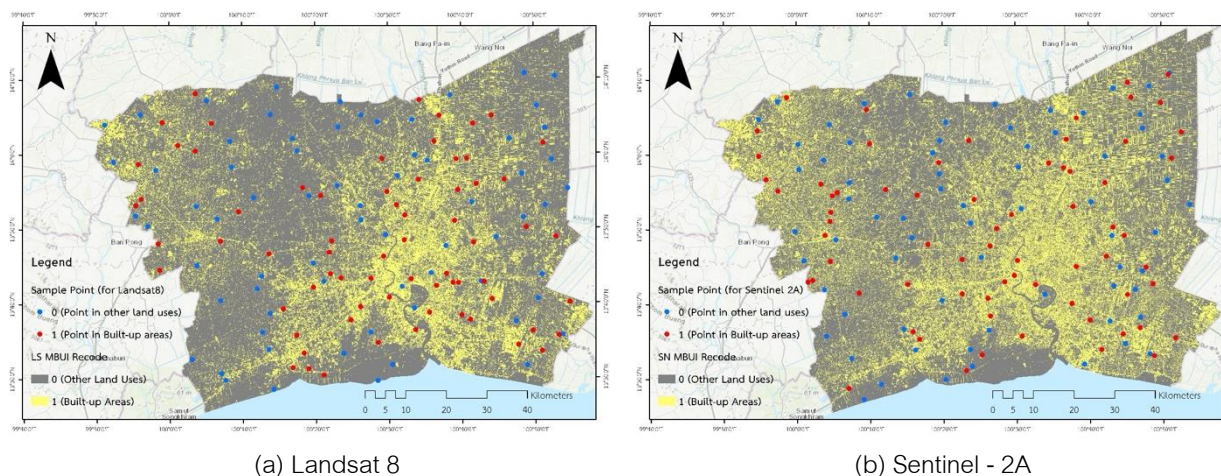


Figure 7 Random sampling for MBUI data

Table 5 Error matrix between the MBUI values obtained from Landsat 8 Sentinel - 2A and the reference data

Type		Google Earth (Reference Data) in 2023			User's Accuracy (%)
		Built - up Areas (1)	Other Land Uses (0)	SUM	
MBUI Value (Landsat 8)	Built - up Areas (1)	60	9	69	86.96
	Other Land Uses (0)	8	61	69	88.41
	SUM	68	70	138	
Producer's Accuracy (%)		88.24	87.14		
Overall Accuracy (%)			87.68		
KHAT (%)			75.36		
MBUI Value (Sentinel - 2A)	Built - up Areas (1)	61	8	69	88.41
	Other Land Uses (0)	6	63	69	91.30
	SUM	67	71	138	
Producer's Accuracy (%)		91.04	88.73		
Overall Accuracy (%)			89.86		
KHAT (%)			79.71		

วิจารณ์ผลการวิจัย

การจำแนกพื้นที่สิ่งปลูกสร้างด้วยข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 และ Sentinel - 2A พบว่า มีพื้นที่สิ่งปลูกสร้างเท่ากับ 2,956.79 และ 2,906.61 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ โดยมีค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ 87.68 และ 89.86 ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าร้อยละ 85 ตามคำแนะนำของ Anderson (1971) และสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Vaddiraju *et al.* (2022) และ Maqsoom *et al.* (2022) มีค่า KHAT เท่ากับร้อยละ 75.36 และ 79.71 ตามลำดับ Landis & Koch (1977) กำหนดให้ค่าร้อยละ 61 ถึง 80 ถือเป็นค่าความสอดคล้องดี (Substantial) อยู่ในเกณฑ์ที่สามารถนำไปใช้งานต่อไปได้ ภายใต้เงื่อนไขในการกำหนดค่าขีดแบ่งและการแปลงค่าข้อมูลเดียวกัน การประยุกต์ใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Sentinel - 2A ที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่มากกว่าจะส่งผลให้การจำแนกพื้นที่สิ่งปลูกสร้างมีค่าความถูกต้องสูงกว่าการประยุกต์ใช้กับข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 ในขอบเขตพื้นที่ศึกษาเดียวกัน แต่ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 จะใช้จำนวนภาพน้อยกว่าข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Sentinel - 2A ส่งผลให้การประมวลผลข้อมูลก่อนการวิเคราะห์ใช้เวลาสั้นกว่าด้วยเช่นกัน พื้นที่สิ่งปลูกสร้างที่ทำการจำแนกด้วยข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Sentinel - 2A ให้ค่าความถูกต้องสูงกว่าข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 เท่ากับร้อยละ 4.35 ซึ่งการใช้ MBUI ในพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของสิ่งปลูกสร้างมาก

หรือมีพื้นที่ศึกษาขนาดเล็กนั้นจะให้ผลลัพธ์การดำเนินการที่ดีกว่าพื้นที่ที่มีความหลากหลายของประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน เนื่องจาก MBUI ได้ถูกสร้างขึ้นเพื่อจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินเพียง 2 ประเภทเท่านั้น จึงส่งผลให้การพิจารณาการลดการปะปนของประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยการเพิ่มความละเอียดเชิงพื้นที่ หรือการลดขนาดของพื้นที่ศึกษาลง มีความถูกต้องสูงขึ้น

สรุปผลการวิจัย

ค่าดัชนีที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 และ Sentinel - 2A หลังทำการแปลงค่าข้อมูลภายใต้เงื่อนไขเดียวกันได้ค่าผลลัพธ์จำนวนเต็ม 0 (ไม่ใช่พืชพรรณ, ไม่ใช่สิ่งปลูกสร้าง, และไม่ใช่แหล่งน้ำ) สำหรับ NDVI มีเนื้อที่ร้อยละ 52.77 และ 49.72 ตามลำดับ สำหรับ NDBI มีเนื้อที่ร้อยละ 67.84 และ 53.31 ตามลำดับ และสำหรับ MNDWI มีเนื้อที่ร้อยละ 87.56 และ 90.63 ตามลำดับ ในส่วนของผลลัพธ์จำนวนเต็ม 254 (พืชพรรณ, สิ่งปลูกสร้าง, และแหล่งน้ำ) แปรผกผันกับค่าผลลัพธ์จำนวนเต็ม 0 ผลลัพธ์จากการคำนวณค่าดัชนีปรับปรุงค่าสิ่งปลูกสร้างด้วยข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 พบว่ามีพื้นที่สิ่งปลูกสร้างเท่ากับ 2,956.79 ตารางกิโลเมตร มีค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ 87.68 และมีค่า KHAT เท่ากับร้อยละ 75.36 และข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Sentinel - 2A พบว่ามีพื้นที่สิ่งปลูกสร้างเท่ากับ 2,906.61 ตารางกิโลเมตร มีค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ 89.86 และมีค่า KHAT เท่ากับร้อยละ 79.71 โดยข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 และ Sentinel - 2A มีค่าความสอดคล้องปานกลางอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถนำไปใช้งานต่อได้ ในพื้นที่ศึกษาเดียวกันข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Sentinel - 2A จะต้องใช้จำนวนภาพมากกว่าข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 จึงส่งผลต่อเวลาที่ใช้ในการประมวลผลข้อมูลก่อนการวิเคราะห์ แต่จะให้ข้อมูลที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่และค่าความถูกต้องโดยรวมสูงกว่าด้วยเช่นกัน

เอกสารอ้างอิง

Anderson, J.R. (1971). Land use classification schemes used in selected recent geographic applications of remote sensing. *Photogrammetric Engineering*, 37(4), 379 - 387.

As - syakur, A.R., Adnyana, I.W.S., Arthana, I.W., & Nuarsa, I.W. (2012). Enhanced Built - Up and Bareness Index (EBBI) for Mapping Built - Up and Bare Land in an Urban Area. *Remote Sensing*, 4(10), 2957 - 2970.



- Bouzekri, S., Lasbet, A.A., Lachehab, A. (2005). A New Spectral Index for Extraction of Built - Up Area Using Landsat - 8 Data. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 43(4), 867 - 873.
- Cao, R., Chen, Y., Shen, M., Chen, J., Zhou, J., Wang, C., & Yang, W. (2018). A simple method to improve the quality of NDVI time - series data by integrating spatiotemporal information with the Savitzky - Golay filter. *Remote Sensing of Environment*, 217, 244 - 257.
- Dousset, B., & Gourmelon F. (2003). Satellite multi - sensor data analysis of urban surface temperatures and land cover. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 58(1 - 2), 43 - 54.
- He, C., Shi, P., Xie, D., & Zhao, Y. (2010) Improving the Normalized Difference Built - Up Index to Map Urban Built - Up Areas Using a Semiautomatic Segmentation Approach. *Remote Sensing Letters*, 1(4), 213 - 221.
- Hutasavi, S., & Chen, D. (2021). Multi - Temporal Mapping of Built - up Areas Using Daytime and Nighttime Satellite Images Based on Google Earth Engine Platform. *International Journal of Civil and Architectural Engineering*, 15(6), 345 - 353.
- 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.
- Kawamura, M., Jayamana, S., & Tsujiko, Y. (1996). Relation between Social and Environmental Conditions in Colombo Sri Lanka and the Urban Index Estimated by Satellite Remote Sensing Data. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 31(Part B7), 321 - 326.
- Land Development Department (LDD). Ministry of Agriculture and Cooperatives. (2023). *Land Use*.
<https://dinonline.ldd.go.th/> (in Thai)
- Landis J.R., & Koch G.G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33, 159 - 174.



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, 1425 - 1432.

Maqsoom, A., Aslam, B., Yousafzai, A. Ullah,S., & Imran, M. (2022). Extracting built - up areas from spectro - textural information using machine learning. *Soft Computing*, 26, 7789 - 7808.

Prasomsup, W., Piyatadsananon, P., Aunphoklang, W., & Boonrang, A. (2020). Extraction Technic for Built - up Area Classification in Landsat 8 Imagery. *International journal of environmental science and development*, 11(1), 15 - 20.

Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A., & Deering, D.W. (1974). Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS. In *Third ERTS - 1 Symposium*. (pp. 309 - 317). Washington, D.C.: Goddard Space Flight Center.

Shao, Z., Tian, Y., & Shen, X. (2014). BASI: a new index to extract built - up areas from high - resolution remote sensing images by visual attention model. *Remote Sensing Letters*, 5(4), 305 - 314.

Szabó, S, Gacsi, Z., & Boglárka, B. (2016). Specific features of NDVI, NDWI and MNDWI as reflected in land cover categories. *Landscape and Environment*, 10(3 - 4), 194 - 202.

USGS. (U.S. Geological Survey). (2023). *Landsat Normalized Difference Vegetation Index*. [https://www.usgs.gov/landsat - missions/landsat - normalized - difference - vegetation - index](https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-normalized-difference-vegetation-index).

Vaddiraju, S.C., T, R., & Savitha, C. (2022). Determination of impervious area of Saroor Nagar Watershed of Telangana using spectral indices, MLC, and machine learning (SVM) techniques. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194, 258.

Xu, H. (2005). A Study on Information Extraction of Water Body with the Modified Normalized Difference Water Index (MNDWI). *Journal of Remote Sensing*, 9, 589 - 595.



Xue, J., & Su, B. (2017). Significant Remote Sensing Vegetation Indices A Review of Developments and Applications. *Journal of Sensors*, 2017, Article ID 1353691.

Zha, Y., Gao, J., & Ni, S. (2003). Use of normalized difference built - up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 24(3), 583 - 594.