การศึกษาการขยายตัวของเมืองด้วยเทคนิควิธี random forest กรณีศึกษา อำเภอเมืองสงขลา จังหวัดสงขลา

A Study of urban expansion with random forest techniques : A case study of Mueang Songkhla District, Songkhla Province

จิรวัฒน์ จันทองพูน[1,*] พัณณิตา ไล่สาม[2] สัณห์ฤทัย แซ่หว่อง[3] และ พรนรายณ์ บุญราศรี[4]

[1,2,3,4] สาขาวิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จ.สงขลา

**Corresponding author; E-mail address: jirawat.j@rmutsv.ac.th*

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะการขยายตัวของเมืองในเขตพื้นที่เทศบาลนครสงขลาและเทศบาลเขารูปช้าง อำเภอเมืองสงขลา จังหวัดสงขลา ด้วยเทคโนโลยีการสำรวจระยะไกล ประกอบด้วยชุดข้อมูลที่ครอบคลุมใน 3 ช่วงเวลา คือ ภาพถ่าย Landsat-5 ในปี พ.ศ. 2547 ภาพถ่าย Landsat-8 ในปี พ.ศ. 2556 และภาพถ่าย Sentinel-2 ในปี พ.ศ. 2563 ด้วยเทคนิควิธี Random Forest และอนุกรมเวลา และทำการตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกด้วยจากการลงสำรวจภาคสนามร่วมกับ google earth

จากผลการศึกษาพบว่า ในปี พ.ศ. 2547 มีพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างทั้งหมด 10.371 ตร.กม. หรือร้อยละ 28.21 ของพื้นที่ทั้งหมด ความถูกต้องโดยรวมจากการจำแนกอยู่ที่ร้อยละ 80 ส่วนปี พ.ศ. 2556 มีพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างทั้งหมด 20.039 ตร.กม. หรือร้อยละ 54.51 ของพื้นที่ทั้งหมด ความถูกต้องโดยรวมจากการจำแนกอยู่ที่ร้อยละ 85 และในปี พ.ศ. 2563 มีพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างทั้งหมด 20.589 ตร.กม. หรือร้อยละ 56.01 ของพื้นที่ทั้งหมด ความถูกต้องโดยรวมจากการจำแนกอยู่ที่ร้อยละ 82 และผลสรุปของการศึกษาครั้งนี้พบว่า การขยายตัวของในระยะเวลา 16 ปี ของเทศบาลนครสงขลาและเทศบาลเขารูปช้าง มีพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างเพิ่มขึ้นเท่ากับ 10.218 ตร.กม. หรือ ร้อยละ 27.80 ของพื้นที่ทั้งหมด

คำสำคัญ: การขยายตัวของเมือง, แรนดอมฟอร์เรส, การสำรวจระยะไกล

Abstract

The aim of this study used remote sensing technology to study the urban expansion in the Songkhla city municipality and Khao Roop Chang subdistrict municipality. The data urban expansion was collected in three periods: Landsat-5 (1999), Landsat-8 (2013) and Sentinel-2 (2020) by random forest and time series methods, followed by validating data from field survey and google earth.

The results showed that thematic map 1999 was classified as building and build up area, equal to 10.371 sq.km. or 28.21 percent of the total area. Meanwhile, overall accuracy is equal to the 80 percent. While, during to 2013 showed that building and buildup area, equal to 20.039 sq.km. or 54.51 percent of the total area. And, overall accuracy is equal to the 85 percent. In addition, during to 2020 showed that building and buildup area, equal to 20.589 sq.km. or 56.01 percent of the total area. Furthermore, overall accuracy is equal to the 82 percent. A summary of this study found that urban expansion over 16 years of Songkhla city municipality and Khao Roop Chang subdistrict municipality was approximately 10.218 sq.km. or 27.80 percent of the total area.

Keywords: urban expansion, random forest, remote sensing

1. ความเป็นมาและความสำคัญ

ตำบลบ่อยางและตำบลเขารูปช้าง ตั้งอยู่ในเขตเทศบาลเป็นชุมชนเมือง ซึ่งเป็นศูนย์กลางของหน่วยงานต่าง ๆ ของจังหวัด มีลักษณะเป็นแหลมอยู่ระหว่างทะเลสาบสงขลากับฝั่งอ่าวไทย มีพื้นที่ประมาณ 5,793.75 ไร่ และมีเขตพื้นที่ติดต่อกันกับเทศบาลเมืองเขารูปช้าง ซึ่งมีรูปร่างลักษณะคล้ายช้างหันหัวไปทางทิศเหนือ มีเนื้อที่ทั้งหมด 17,181 ไร่ ตั้งอยู่ในตอนกลางของอำเภอเมืองสงขลา จังหวัดสงขลา มีลักษณะกึ่งชุมชนเมือง การใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละพื้นที่นั้นแปรผันตามการเปลี่ยนแปลงของสถานภาพประชากร เศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม สามารถปรับเปลี่ยนได้ตลอดเวลา

การเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรเป็นปัจจัยหลักในการขยายตัวของพื้นที่เมือง ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นอย่างมาก พื้นที่เกษตรกรรมได้มีการเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่ชุมชนอย่างรวดเร็ว เพื่อตอบสนองการขยายตัวของเมืองใหญ่ เป็นการเห็นถึงความเปลี่ยนแปลงซึ่งจะต้องมีการสำรวจและติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทเมืองและสิ่งปลูกสร้าง ในปัจจุบันนั้นมีวิธีการสำรวจที่หลากหลาย

เช่น วิธีการสำรวจภาคสนาม วิธีการสำรวจด้วยภาพถ่ายทางอากาศ และวิธีการสำรวจที่นิยมสำหรับพื้นที่ในบริเวณกว้างและมีระยะเวลาที่จำกัดจะนิยมใช้การสำรวจระยะไกล โดยเฉพาะอย่างยิ่งดาวเทียม Landsat ซึ่งเป็นดาวเทียมที่มีวิวัฒนาการตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันไปอย่างรวดเร็วทำให้เกิดความหลากหลายในการนำไปประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ เพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้สามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลในการติดตามตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ทางธรรมชาติและที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ได้เป็นอย่างดี ปัจจุบันมีการพัฒนาขึ้นมาเป็นดาวเทียมดวงล่าสุด คือ ดาวเทียม Sentinel-2 มาใช้ในการสำรวจหาพื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้างด้วยวิธีการจำแนกแบบควบคุม (Supervise classification) และการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีแรนดอมฟอร์เรสเป็นวิธีการจำแนกที่จัดอยู่ในกลุ่ม (Machine learning; ML) หรือการทำให้ระบบคอมพิวเตอร์เรียนรู้ได้ด้วยตนเองโดยใช้ข้อมูลเป็นโมเดลในการจำแนกประเภท แต่แรนดอมฟอร์เรสไม่ได้ทำได้แค่การจำแนกประเภทเพียงเท่านั้นยังช่วยจำแนกข้อมูลได้อย่างต่อเนื่อง และลดความซ้ำซ้อนของข้อมูลทำให้สร้างผลลัพธ์ที่เหมาะสมและแม่นยำ เมื่อนำโมเดลในการจำแนกประเภทที่มีประสิทธิภาพร่วมกับชุดภาพถ่ายดาวเทียมที่ความละเอียดสูง [1-4] เพื่อนำมาวิเคราะห์รูปแบบการขยายตัวของพื้นที่เมืองและเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินเทศบาลนครสงขลาและเทศบาลเมืองเขารูปช้าง

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินสามารถทำได้หลายวิธี ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้จะใช้การสำรวจข้อมูลระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อศึกษาลักษณะการขยายตัวของเมืองในเขตพื้นที่เทศบาลนครสงขลาและเทศบาลเมืองเขารูปช้าง อำเภอเมืองสงขลา จังหวัดสงขลา รวบรวมชุดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-5 Landsat-8 และ Sentinel-2 ในปีพ.ศ.2543 ถึง ปีพ.ศ.2563 โดยใช้เทคนิควิธี Random Forest จำแนกประเภทของข้อมูลต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นการตั้งถิ่นฐานที่อยู่อาศัยการใช้ประโยชน์ที่ดิน การวิเคราะห์ทิศทางที่เกี่ยวข้องเพื่อศึกษาการขยายตัวของพื้นที่ว่าไปในทิศทางใดและการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ สามารถเปรียบเทียบการขยายตัวของเขตเมืองตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันในระยะเวลา 16 ปี หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำมาใช้ในการวางแผนจัดระบบการพัฒนาเชิงพื้นที่ในเทศบาลนครสงขลาและเทศบาลเมืองเขารูปช้างได้

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

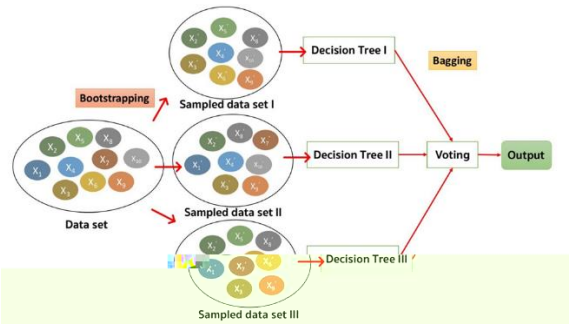
2.1 ข้อมูลดาวเทียม Sentinel-2

ดาวเทียม Sentinel-2 ถูกพัฒนาขึ้นภายใต้โครงการ Global Monitoring for Environment and Security (GMES) ซึ่งเป็นความร่วมมือระหว่างคณะกรรมาธิการยุโรป (European Commission) และองค์การอวกาศยุโรป (European Space Agency) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างขีดความสามารถของสหภาพยุโรป ในการจัดหาและใช้ประโยชน์สารสนเทศที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมและความมั่นคง ดาวเทียม Sentinel-2 เป็นดาวเทียมวงโคจรกว้าง (Wide-swath) ถูกสร้างขึ้นเพื่อบันทึกภาพพื้นผิวโลกต่อเนื่องจากดาวเทียม Landsat และ SPOT ถูกส่งขึ้นสู่วงโคจรเมื่อปี พ.ศ. 2556 ประกอบด้วยดาวเทียม Sentinel-2A และ Sentinel-2B ปฏิบัติงานภายในวงโคจรเดียวกัน แต่ตำแหน่งของดาวเทียมต่างกัน 180 องศา ที่ระดับความสูง 786 กิโลเมตร ความกว้างแนวบันทึกภาพ 290 กิโลเมตร รอบเวลาในการโคจรกลับมาบันทึกภาพที่เดิม ณ ตำแหน่งเส้นศูนย์สูตร ทุก ๆ 5 วัน และมีอายุการปฏิบัติงาน 7.25 ปี มีระบบบันทึกภาพ Multispectral Instrument (MSI) บันทึกภาพทั้งหมด 13 แถบความถี่

2.2 การจำแนก Random Forest

วิธีการ Random Forest เป็นโมเดลประเภทหนึ่งของ Machine Learning ถูกพัฒนาขึ้นจากวิธีการต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) ต่างกันที่วิธีการแรนดอมฟอร์เรสเป็นการเพิ่มจำนวนต้นไม้เป็นต้นไม้หลายๆ ต้น ทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานสูงขึ้น แม่นยำมากขึ้น ซึ่งโมเดลแรนดอมฟอร์เรสเป็นโมเดลที่ได้รับความนิยมไปอย่างมากในการใช้ Machine Learning

หลักการของโมเดล Random Forest คือ สร้างโมเดลจากวิธีการต้นไม้ตัดสินใจหลาย ๆ โมเดลย่อย ๆ (ตั้งแต่ 10 โมเดลถึงมากกว่า 1000 โมเดล) โดยแต่ละโมเดลจะได้รับชุดข้อมูลไม่เหมือนกัน ซึ่งเป็น subset ของชุดข้อมูลทั้งหมด ตอนทำ prediction ก็จะให้แต่ละโมเดลวิธีการต้นไม้ตัดสินใจทำคาดการณ์ของผลของโมเดลตัวเอง และคำนวณผล คาดการณ์ด้วยการ vote output ที่ถูกเลือกโดยโมเดลวิธีการต้นไม้มากที่สุด (กรณี classification) หรือหาค่ากลางจาก output ของแต่ละ Decision Tree (กรณี regression) ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 หลักการของ Random Forest

2.3 ดัชนีของภาพถ่ายดาวเทียม [4]

2.3.1 ดัชนี NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

ค่าที่บอกถึงสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมพื้นผิว หาได้จากผลต่างของค่าการสะท้อนในช่วงคลื่น NIR กับช่วงคลื่นสีแดง หารกับผลรวมของค่าการสะท้อนในช่วงคลื่น NIR กับช่วงคลื่นสีแดง ดังสมการที่ 1

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

2.3.2 ดัชนี NDWI (Normalized Difference Water Index)

เป็นดัชนีที่ใช้ในการตรวจสอบระดับความชื้นในดินหรือพืชพรรณจากปริมาณรังสีของดวงอาทิตย์ที่สะท้อนมาจากดินหรือพืชพรรณในช่วงคลื่นตามองเห็นสีเขียว (Green) และอินฟราเรดใกล้ (NIR) ต่อผลรวมของปริมาณ

การสะท้อนพลังงานทั้งสองคลื่นและดัชนีที่แสดงความสัมพันธ์ ความชื้นพื้นผิว โดยพื้นที่ที่มีค่าดัชนี NDWI ต่ำกว่า 0.0 แสดงว่าบริเวณนั้นเป็นพื้นดิน ส่วนพื้นที่ที่มีค่าดัชนี NDWI สูงกว่า 0.0 แสดงว่าเป็นพื้นที่ที่มีความชื้นปกคลุม ดังสมการที่ 2

$$NDWI = \frac{Green-NIR}{Green+NIR} \quad (2)$$

2.3.3 ดัชนี NDBI (Normalized Difference Built-up Index: NDBI)

ค่าดัชนีที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวในเมืองและประเภทสิ่งปกคลุมดินโดยอัตราส่วนระหว่างผลต่างของปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดสั้น (SWIR) กับปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นตามองเห็นสีแดง (Red) ต่อผลรวมของปริมาณการสะท้อนพลังงานทั้งสองช่วงคลื่น ดังสมการที่ 3

$$NDBI = \frac{SWIR-Red}{SWIR+Red} \quad (3)$$

2.4 วิธีการประเมินความถูกต้อง

เป็นการพิจารณาข้อมูลผลการจำแนกชั้นข้อมูล ณ ตำแหน่งที่ตั้งหน่วยตัวอย่าง (จุดตรวจสอบ) เปรียบเทียบความสอดคล้องกันกับความเป็นจริงที่พบในภาคสนามที่ถือว่าเป็นข้อมูลอ้างอิง แล้วทำการแจกแจงให้อยู่ในรูปของตารางข้อมูลที่เรียกว่า Error Matrix หรือ Confusion Matrix ดังตาราง 1 โดยสามารถใช้วิเคราะห์หาค่าแสดงความถูกต้องได้หลายลักษณะ ดังนี้

2.4.1 ความถูกต้องของผู้ผลิต (Producer's Accuracy)

สามารถสะท้อนให้เห็นประสิทธิภาพของการชั้นข้อมูลของตัวจำแนก (Classifier) เป็นการวัดว่าในชั้นข้อมูลหนึ่ง ๆ ตัว

2.4.2 ความถูกต้องของผู้ใช้ (User's Accuracy)

มีความหมายที่สามารถสะท้อนประสิทธิผลของการจำแนกสามารถบ่งบอกความน่าเชื่อถือในการนำข้อมูลในแต่ละชั้นข้อมูลไปใช้

2.4.3 ความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy)

เป็นการแสดงความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลที่มีความสอดคล้องตรงกันระหว่างจุดตรวจสอบกับข้อมูลอ้างอิงคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของจุดตรวจสอบทั้งหมดโดยไม่คำนึงถึงลักษณะของความผิดพลาด

2.4.4 ค่าสถิติแคปปา (Kappa Statistics)

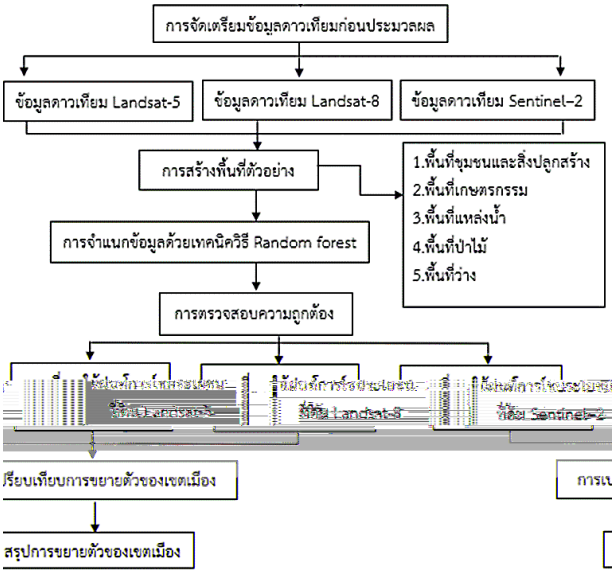
เป็นการแสดงความถูกต้องโดยรวมเช่นกัน แต่มีการพิจารณาลักษณะของความผิดพลาดที่เกิดขึ้นใน Error Matrix ด้วย การใช้สถิติแคปปาเป็นการประเมินความถูกต้องที่ถือว่ามีการพิจารณาทั้งความสอดคล้องกันระหว่างข้อมูลตรวจสอบกับข้อมูลอ้างอิงที่เป็นไปตามโอกาสที่เป็นไปตามจริง [5]

ตารางที่ 1 การแจกแจงความผิดพลาด

			Commission Errors →			
			Reference Data (Ex, Class from field)			
			Class 1	Class 2	Class k	Sum
↓ Omission Errors	Classified Data	Class 1	n_{11}	n_{12}	n_{1k}	n_{1+}
		Class 2	n_{21}	n_{22}	n_{2k}	n_{2+}
		.	.	.	.	.
		.	.	.	.	.
		.	.	.	.	.
		Class k	n_{k1}	n_{k2}	n_{kk}	n_{k+}
		Sum	n_{+1}	n_{+2}	n_{+k}	n

3. วิธีการดำเนินงาน

การศึกษาการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยเทคโนโลยีภูมิศาสตร์ในเขตพื้นที่เทศบาลนครสงขลาและเทศบาลเมืองเขารูปช้าง อำเภอเมืองสงขลา จังหวัดสงขลา สามารถอธิบายขั้นตอนได้ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 วิธีการดำเนินงาน

จากรูปที่ 2 สามารถอธิบายขั้นตอนการดำเนินการวิจัยได้ดังต่อไปนี้

3.1 ค้นคว้าและรวบรวมข้อมูล

รวบรวมข้อมูลเขตพื้นที่เทศบาลนครสงขลาและเทศบาลเมืองเขารูปช้าง อำเภอเมืองสงขลา จังหวัดสงขลา โดยใช้ข้อมูลดาวเทียม Landsat-5 วันที่ 23 เมษายน พ.ศ.2547 ข้อมูลดาวเทียม Landsat-8 วันที่ 18 สิงหาคม พ.ศ.2556 และ ข้อมูลดาวเทียม Sentinel-2 วันที่ 11 เมษายน พ.ศ.2563 เพื่อศึกษาพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน

3.2 การจัดเตรียมข้อมูลดาวเทียมก่อนประมวลผล [6]

สามารถแบ่งย่อยเป็น 4 ขั้นตอน คือ

3.2.1 การเปลี่ยนความละเอียดภาพ (Resampling)

เป็นการทำให้ค่าความละเอียดของจุดภาพในแต่ละ Band เท่ากัน

3.2.2 การตัดภาพดาวเทียม (Subset Image)

เป็นการตัดขอบเขตของข้อมูลให้มีขนาดเล็กลง เพื่อให้ง่ายต่อการประมวลผลการจำแนกสิ่งปกคลุมดิน โดยให้ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา

3.2.3 การแปลงระบบพิกัด (Reprojection)

เป็นการเปลี่ยนระบบพิกัดของข้อมูลดาวเทียม

3.2.4 การตัดขอบเขต (Mask)

เป็นการตัดขอบเขตข้อมูลดาวเทียมตามขอบเขตพื้นที่ศึกษาโดยนำเข้าข้อมูลขอบเขตพื้นที่ศึกษา

3.3 การสร้างพื้นที่ตัวอย่าง (Training Area)

3.3.1 การใช้ค่าดัชนี NDVI

เพื่อช่วยในการสร้างพื้นที่ตัวอย่างที่ใช้ในการจำแนก โดยคำนวณค่าดัชนี NDVI โดยกำหนดค่า NDVI 0.60-1.00 มีพืชพรรณหนาแน่น 0.30-0.59 พืชพรรณเบาบางและ -1.00-0.29 จะไม่มีพืชพรรณ ดังแสดงในรูปที่ 3

3.3.2 การใช้ค่าดัชนี NDWI

เพื่อช่วยในการสร้างพื้นที่ตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์หาพื้นที่ที่ค่าดัชนี NDWI สำหรับพื้นที่ตัวอย่าง ดังแสดงในรูปที่ 3

3.3.3 การใช้ค่าดัชนี NDBI

เพื่อช่วยในการสร้างพื้นที่ตัวอย่างที่ใช้ในการจำแนก โดยค่าดัชนีสิ่งปลูกสร้าง (NDBI) อยู่ที่ 0.62-0.43 ดังแสดงในรูปที่ 3

3.3.4 การผสมสีจริง

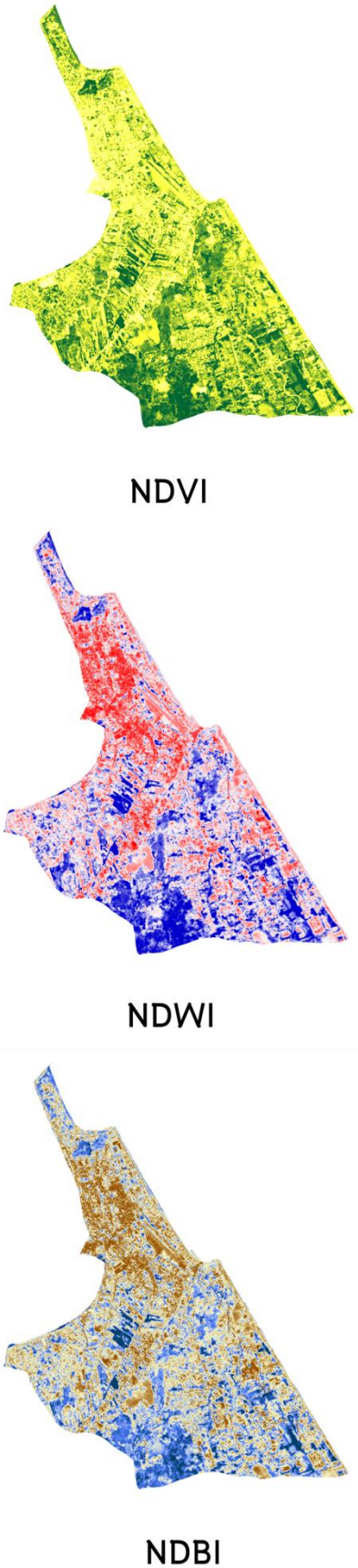
เพื่อหาพื้นที่ป่าไม่ผลัดใบ โดยพื้นที่ที่มีพืชพรรณสมบูรณ์จะแสดงด้วยสีเขียวสว่าง จากนั้นทำการสร้างพื้นที่ป่าไม่ผลัดใบ

3.3.5 การผสมสีเท็จ

เพื่อหาพื้นที่ป่าผลัดใบ โดยพื้นที่ป่าผลัดใบจะแสดงด้วยสีน้ำเงิน จากนั้นทำการสร้างพื้นที่ป่าผลัดใบ

3.4 การจำแนกข้อมูลจำแนกข้อมูลเทคนิควิธี Random forest

นำเข้าข้อมูลที่ทำการจัดการข้อมูลแล้วและมีข้อมูลเวกเตอร์ของพื้นที่ตัวอย่างทั้ง 5 ประเภท โดย Landsat-5 มีชั้นข้อมูลดังนี้ band 1 – band 7 และภาพดัชนี NDVI NDWI NDBI Landsat-8 มีชั้นข้อมูลดังนี้ Band 1 - band 11 และภาพดัชนี NDVI NDWI NDBI Sentinel-2 มีชั้นข้อมูลดังนี้ band 2 - band 8A band 11 – band 12 และภาพดัชนี NDVI NDWI NDBI แล้วจึงทำการจำแนกข้อมูลแบบควบคุม โดยกำหนด Random forest Classifier แล้วจึงทำการประมวลผล



รูปที่ 3 ดัชนีต่าง ๆ ของภาพสำหรับการสร้างพื้นที่ตัวอย่าง

3.5 การตรวจสอบความถูกต้อง

3.5.1 จำนวนจุดตรวจสอบ

ทำการคำนวณจำนวนจุดตรวจสอบด้วยวิธีการอิงหลักการความน่าจะเป็นทวินาม (Binomial Probability) เพื่อหาค่าความถูกต้องของการจำแนก

3.5.2 กำหนดจุดตรวจสอบ

เป็นรูปแบบ Cluster Sampling โดย กำหนดจุดตรวจสอบในแต่ละชั้นข้อมูลตามสัดส่วนพื้นที่ของลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยตัวอย่างหรือจุดตรวจสอบที่ใช้เป็นไปโดยสุ่ม มีข้อกำหนดที่ทุกชั้นข้อมูลจะได้รับการประเมินทำการสร้างจุดตรวจสอบ

3.5.3 ลงสำรวจความถูกต้อง

พื้นที่สำรวจความถูกต้องของผลการจำแนกจากตำแหน่งจุดตรวจสอบที่ได้ เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง และทำการตรวจสอบความถูกต้องด้วยภาพถ่ายดาวเทียมออนไลน์ Google Earth Pro

3.5.4 ประเมินความถูกต้อง

ทำการประเมินผลการจำแนกจากข้อมูลการลงพื้นที่ตรวจสอบความถูกต้องในขั้นตอนที่ 3 ด้วยตารางประเมินผลการจำแนก Confusion Matrix ทำการคำนวณค่าความถูกต้องโดยรวม

3.6 การเปรียบเทียบการขยายตัวของเขตเมือง

เปรียบเทียบการขยายตัวของเมืองจากการจำแนกแบบกำกับดูแล โดยศึกษาเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินแบ่งออกเป็น 3 ช่วงเวลา คือ ในช่วงปี พ.ศ. 2547 พ.ศ. 2556 และปี พ.ศ. 2563 จากข้อมูลดาวเทียม Landsat-5, Landsat-8 และ Sentinel-2 เพื่อหารูปแบบการเติบโตของพื้นที่เทศบาลนครสงขลาและเทศบาลเมืองเขารูปช้าง

4. ผลการศึกษา

ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-5, Landsat-8 และ Sentinel-2 แบบกำกับดูแลด้วยเทคนิควิธีแรนดอมฟอร์เรส ซึ่งผลจากการวิเคราะห์ภาพข้อมูลดาวเทียมจะแบ่งเป็น 2 ช่วงการศึกษา คือ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547 ถึง ปี พ.ศ. 2556 และปี พ.ศ.2556 ถึง ปีพ.ศ. 2563

4.1 ผลจากการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน

จากผลการจำแนกดังแสดงในรูปที่ 4 พบว่า

4.1.1 ปี พ.ศ.2547

จากการจำแนกพบว่า พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างมีพื้นที่ 10.371 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 28.21 ของพื้นที่ พื้นที่เกษตรกรรมมีพื้นที่ 0.815 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 2.22 ของพื้นที่ พื้นที่ป่าไม้ 15.756 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 42.86 ของพื้นที่ พื้นที่ว่าง 8.474 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 23.05 ของพื้นที่ และพื้นที่น้ำ 1.344 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 3.66 ของพื้นที่

4.1.2 ปี พ.ศ.2556

จากการจำแนกพบว่า พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างมีพื้นที่ 20.039 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 54.51 ของพื้นที่ พื้นที่เกษตรกรรมมีพื้นที่ 1.959 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 5.32 ของพื้นที่ พื้นที่ป่าไม้ 9.203 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 25.04 ของพื้นที่ พื้นที่ว่าง 3.417 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 9.23 ของพื้นที่ และพื้นที่น้ำ 2.142 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 5.83 ของพื้นที่

4.1.3 ปี พ.ศ.2563

จากการจำแนกพบว่า พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างมีพื้นที่ 20.589 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 56.01 ของพื้นที่ พื้นที่เกษตรกรรมมีพื้นที่ 0.376 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 1.02 ของพื้นที่ พื้นที่ป่าไม้ 8.379 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 22.79 ของพื้นที่ พื้นที่ว่าง 6.199 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 16.86 ของพื้นที่ และพื้นที่น้ำ 1.217 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 3.31 ของพื้นที่



รูปที่ 4 ผลจากการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยวิธี Random forest

4.2 ผลจากการประเมินความถูกต้อง

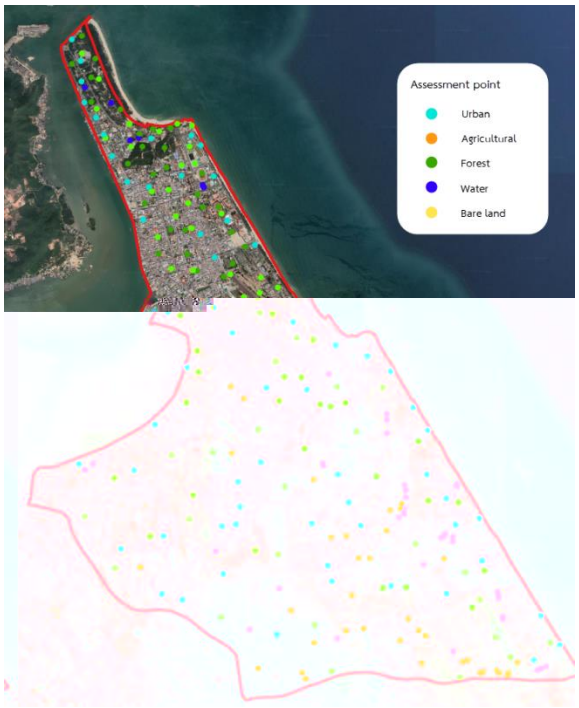
จากผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน ดังแสดงผลในรูปที่ 5 และการประเมินความถูกต้อง ทางผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบกับวิธี Maximum Likelihood ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมและได้รับการยอมรับ เพื่อแสดงความน่าเชื่อถือของวิธีการ Random forest จากการสุ่มเลือกจุดตรวจสอบ โดยกำหนดจำนวนจุดตรวจสอบที่โอกาสความน่าจะเป็นที่จุดนั้นน่าจะถูกต้องเท่ากับร้อยละ 85 และร้อยละความผิดพลาดที่ยอมรับได้เท่ากับร้อยละ 5 ซึ่งจากระดับความเชื่อมั่นที่กำหนดจากตารางการแจกแจงมาตรฐาน Z-score ที่ร้อยละ 95 มีค่าเท่ากับ 1.96 โดยแทนค่าลงในสมการที่ 4 ซึ่งกระจายทุกประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดิน ดังแสดงในรูปที่ 5 ในแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินต้องไม่ซ้ำกับจุดที่ใช้เป็นพื้นที่ตัวอย่าง

$$n = \frac{z^2 (p)(q)}{e^2} \quad (4)$$

$$= \frac{1.96^2(85)\,(15)}{5^2}$$

$$= 196 \text{ จุด}$$

เมื่อ n คือ จำนวนจุดตรวจสอบอย่างน้อย
Z คือ ค่ามาตรฐาน
p คือ โอกาสที่จะเกิดความถูกต้อง
q คือ โอกาสที่จะเกิดความผิดพลาด
e คือ ค่าความคลาดเคลื่อนสุ่ม



รูปที่ 5 ตำแหน่งจุดตรวจสอบการจำแนก

ซึ่งวิธีการจำแนกด้วยวิธี Random Forest สามารถตั้งค่าพารามิเตอร์สำหรับการประมวลผลได้ ทางผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการจำแนกในสามกรณี คือ จำนวนรอบการคำนวณที่ 100, 300 และ 500 รอบ และเงื่อนไขการใช้ภาพดัชนี (index) เข้ามาช่วยสำหรับการจำแนก คือ Case 1 คือ Sentinal-2 (10 band) + NDVI + NDWI + NDBI, Case 2 คือ Sentinal-2 (10 band) + NDVI + NDWI, Case 3 คือ Sentinal-2 (10 band) + NDVI, Case 4 คือ Sentinal-2 (10 band) จากผลการทดสอบ ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่า จำนวนรอบที่ให้ค่าความถูกต้องมากที่สุด คือ 500, 300 และ 100 รอบ ตามลำดับ ซึ่งแปรผันตามระยะเวลาที่ใช้ในการประมวลผล คือ เมื่อกำหนดเพิ่มรอบการประมวลผลทำให้เพิ่มความถูกต้องของการประมวลผลมากยิ่งขึ้น แต่ทำให้ระยะเวลาในการประมวลผลเพิ่มขึ้นเช่นกัน ซึ่งระยะเวลาจะขึ้นอยู่กับขนาดพื้นที่ในการประมวลผล และอีกพารามิเตอร์หนึ่ง คือ การนำภาพดัชนีเข้ามาช่วยในการประมวลผล พบว่า สามารถเพิ่มความถูกต้องได้มากขึ้นเพียงเล็กน้อย ในช่วงของชั้นข้อมูลที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน เช่น ชั้นข้อมูลป่าไม้และชั้นข้อมูลเกษตรกรรมก็สามารถจำแนกผลลัพธ์ได้ดีมากขึ้นเล็กน้อย หรือเงาที่เกิดบริเวณภูเขาที่มักถูกตีความเป็นชั้นข้อมูลแหล่งน้ำ สามารถให้ผลลัพธ์ที่ดีขึ้นเมื่อใช้ดัชนี NDWI + NDVI และภาพดัชนีสามารถนำมาช่วยสำหรับการคัดเลือกตัวอย่าง (training areas) เพื่อให้ผลการจำแนกได้ผลลัพธ์ที่ดียิ่งขึ้น

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์การจำแนกด้วยวิธี Random Forest (PA = Producer's Accuracy, UA = User's Accuracy, OA = Overall Accuracy, Kappa = Kappa coefficient)

จำนวนรอบเท่ากับ 100								
LU	Case 1		Case 2		Case 3		Case 4	
	PA	UA	PA	UA	PA	UA	PA	UA
U	87	77	88	75	88	77	88	75
A	74	85	72	48	71	56	71	63
F	64	84	57	86	58	89	62	86
W	93	81	86	100	94	97	89	100
B	71	64	78	66	78	66	76	66
OA	77		75		77		77	
Kappa	70		68		70		71	
จำนวนรอบเท่ากับ 300								
LU	Case 1		Case 2		Case 3		Case 4	
	PA	UA	PA	UA	PA	UA	PA	UA
U	88	77	87	77	88	75	87	77
A	79	70	71	81	70	70	73	70
F	64	86	68	82	63	84	60	84
W	86	100	86	97	89	100	91	97
B	76	66	76	64	78	66	79	64
OA	78		78		77		77	
Kappa	72		72		71		71	
จำนวนรอบเท่ากับ 500								
LU	Case 1		Case 2		Case 3		Case 4	
	PA	UA	PA	UA	PA	UA	PA	UA
U	89	81	90	77	87	77	85	77
A	76	93	74	93	75	67	76	81
F	73	84	73	84	64	89	69	86
W	86	97	86	100	86	97	86	97
B	84	68	80	67	79	66	77	64
OA	82		81		78		79	
Kappa	77		76		72		73	

จากการคำนวณในสมการที่ 4 ได้ทำการกำหนดจุดตรวจสอบในพื้นที่ทั้งหมด 230 จุด และจากการสำรวจภาคสนามและภาพถ่ายดาวเทียมออนไลน์ google earth พบว่า Random Forest ช่วยแก้ปัญหาด้านการจำแนกที่ผิดพลาด (Misclassification) ที่พบในการจำแนกด้วย Maximum

likelihood ผลการจำแนกด้วย Random Forest และ Maximum likelihood ดังในรูปที่ 6 ในการตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกได้ใช้ชุดข้อมูลสำหรับการทดสอบชุดเดียวกัน ผลจากการจำแนกด้วย Random Forest ให้ค่า Overall Accuracy ร้อยละ 82 และค่าสัมประสิทธิ์ Kappa เท่ากับ 77 สูงกว่าผลการจำแนกด้วย Maximum likelihood ที่ให้ค่า Overall Accuracy ร้อยละ 68 ค่าสัมประสิทธิ์ Kappa เท่ากับ 59 ดังแสดงไว้ในตาราง 3 แสดงให้เห็นว่า ความถูกต้องจากการจำแนกข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม และความถูกต้องจากการตีความหมายข้อมูลภาคพื้นดินจากวิธีการจำแนก Random Forest ให้ค่าความสอดคล้องที่ดีกว่าวิธีการจำแนกแบบ Maximum likelihood



รูปที่ 6 การเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างวิธี Random forest และ Maximum Likelihood

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบความถูกต้องจากการจำแนกของ 2 วิธี

Random Forest							
LU	U	A	F	W	B	Total	User's Accuracy
U	54	0	4	2	7	67	81
A	0	25	1	0	1	27	93
F	1	4	37	2	0	44	84
W	1	0	0	31	0	32	97
B	5	4	9	1	41	60	68
Total	61	33	51	36	49	230	
Producer's Accuracy	89	76	73	86	84		
overall accuracy = 82%							
Kappa statistics = 77							
Maximum Likelihood							
landuse class	U	A	F	W	B	Total	User's Accuracy
U	49	0	4	1	15	69	71
A	0	24	2	0	1	27	89
F	0	8	36	0	0	44	82
W	14	0	8	8	2	32	25
B	4	4	10	0	40	58	69
Total	67	36	60	9	58	230	
Producer's Accuracy	73	67	60	89	69		
overall accuracy = 68%							
Kappa statistics = 59							

4.3 ผลจากศึกษาการขยายตัวของเขตเมือง

การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน ใช้ภาพข้อมูลดาวเทียม 3 ภาพ คือ Landsat-5, Landsat-8 และ Sentinel-2 ด้วยวิธีการ Random forest ผลการวิเคราะห์การจำแนกพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อสังเกตทิศทางการขยายตัวของเมืองสงขลา โดยการซ้อนทับข้อมูลดาวเทียมทั้งสองช่วงปี พบว่าการขยายตัวของเมืองจากอดีตถึงปัจจุบัน พบว่าพื้นที่เมืองในปี พ.ศ. 2547 มีเนื้อที่ 22,975 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 28 ของพื้นที่ทั้งหมด และใน พ.ศ. 2556 มีเนื้อที่ 12,524 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 54 ของพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งในช่วง ปี พ.ศ. 2556 พื้นที่เมืองจะขยายตัวเมืองไปในทิศทางของตำบลบ่อยาง พื้นที่เมืองได้เพิ่มมากขึ้นจากเดิมเป็น 2 เท่า ต่อมา คือ ปี พ.ศ. 2563 มีเนื้อที่ 12,537 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 56 ของพื้นที่ทั้งหมด จะเห็นได้ว่าพื้นที่เมืองช่วง ปี พ.ศ. 2563 จะเพิ่มขึ้น ดังแสดงไว้ในรูปที่ 7-8 ซึ่งจะมากในส่วนพื้นที่เทศบาลเมืองเขารูปช้างและแนวโน้มการขยายตัวของเมืองในจะไปในทิศทางของตำบลเขารูปช้าง และขยายตัวตามแนวเส้นทางคมนาคม ดังแสดงในรูปที่ 9

รูปที่ 7 พื้นที่สรุปความเป็นเมืองในเขตเทศบาลนครสงขลาและเขารูปช้าง

รูปที่ 9 การซ้อนทับขยายตัวของเมือง

5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลจากศึกษา

ผลจากการจำแนกสิ่งปกคลุมดินด้วยเทคนิควิธี Random forest เพื่อศึกษาการขยายตัวของเมืองสงขลา โดยการซ้อนทับข้อมูลภาพดาวเทียมย้อนหลังไป 16 ปี พบว่า การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษามีพื้นที่เมืองเพิ่มขึ้น โดยบริเวณพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง หรือพื้นที่เมืองนั้นจะขยายตัวเพิ่มขึ้นจากแนวของบริเวณพื้นที่ที่มีสิ่งปลูกสร้างเดิม หรือมีความเป็นเมืองอยู่แล้วโดยเฉพาะอย่างยิ่งการขยายตัวตามแนวถนน เนื่องจากปัจจัยเรื่องความสะดวกในการเข้าถึงพื้นที่ อีกทั้งขนาดพื้นที่เกษตรกรรมที่ลดลงเนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพื้นที่เกษตรไปเป็นพื้นที่เมือง โดยในปี พ.ศ. 2547 พื้นที่เมืองสงขลามีแค่ 10.371 ตร.กม. ต่อมาในปี พ.ศ. 2556 พื้นที่เมืองเพิ่มขึ้นมาเป็น 2 เท่าจากพื้นที่เดิม และในปี พ.ศ.2563 พื้นที่เมืองสงขลาเพิ่มมา 0.550 ตารางกิโลเมตร สังเกต

รูปที่ 8 การขยายตัวของพื้นที่เมือง

พัฒนาทางเศรษฐกิจ รวมทั้งกำหนดทิศทางและรูปแบบของการขยายเมืองไปในทางที่เหมาะสม

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การกำหนดค่าพารามิเตอร์

การกำหนดค่าพารามิเตอร์และการใช้ภาพดัชนีมีผลต่อความถูกต้องต่อการจำแนกผลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ดังนั้น ควรกำหนดค่าพารามิเตอร์ให้เหมาะสมโดยการพิจารณาจากความถูกต้องที่ต้องการ และขนาดพื้นที่

5.2.2 ความถูกต้องเชิงพื้นที่

หากพื้นที่ศึกษามีขนาดเล็ก และต้องการความถูกต้องสูง อาจเลี่ยงการใช้ภาพถ่ายดาวเทียมที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่ดีกว่า 10 เมตร หรือใช้ชุดข้อมูลอื่น ๆ ร่วมสำหรับการประมวลผล เช่น ภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ ภาพถ่ายดาวเทียมประเภท Synthetic Aperture Radar (SAR) เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.ศรีวิชัย สำหรับการสนับสนุนเครื่องมือสำรวจ และทรัพยากรสำหรับใช้ใน

งานวิจัยเอกสารอ้างอิง

[1] Kozlova.A.A , Khyzhniak.A.V., Piestova.I.A. (2018). Synergetic Use of Sentinel-1 and Sentinel-2 Data for Analysis of Urban Development and Green Spaces. *Geoinformatics* 2018, 14-17 May 2018, Kiev, Ukraine, DOI: 10.3997/2214-4609.201801846.

[2] Kopecká.M , Szatmári.D., Rosina.K.. (2017). Analysis of Urban Green Spaces Based on Sentinel-2A: Case Studies from Slovakia. Land 2017, 6, 25; DOI: 10.3390/land6020025.

[3] Misra.M , Kumar.D., Shekhar.S. (2020). Assessing Machine Learning Based Supervised Classifers For Built-Up Impervious Surface Area Extraction From Sentinel-2 Images. *Urban Forestry & Urban Greening 53,* 1618-8667; doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126714.

[4] Osgouei.P.E , Kaya.S., Sertel.E, Alganci.U. (2019). Separating Built-Up Areas from Bare Land in Mediterranean Cities Using Sentinel-2A Imagery. *Remote Sens. 2019*, 11, 345; DOI: 10.3390/rs11030345.

[5] กาญจน์เขจร ชูชีพ. (2561). การประเมินความถูกต้อง (Accuracy Assessment). Remote Remote Sensing Technical Note No. 3.

[6] กิติศักดิ์ พรมโสภา. (2556). การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้วยดาวเทียม Sentinal-1 พื้นที่ศึกษาอำเภอด่านซ้าย จังวัดเลย. สาขาวิชาภูมิศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร. เข้าถึงได้จาก : http://shorturl.asia/dW3Gc (วันที่ค้นข้อมูล 9 พฤษภาคม 2564).

[7] กรมพัฒนาที่ดิน. (2555). มาตราฐานขี้กำหนดข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน (FGDS) ชั้นข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.lddservice.org/services/ PDF/paperacademic/FGDS_landUse.pdf (วันที่ค้นข้อมูล 13 พฤษภาคม 2564)

[8] จิตชัย เผ่าอินจันทร์. (2531). ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการขยายตัวของเขตเทศบาลเมืองนนทบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. เข้าถึงได้จาก : http://shorturl.asia/7HtS3 (วันที่ค้นข้อมูล 9 พฤษภาคม 2564).

[9] สามารถ เนียมชาวนา และศศิธร บุตรสันเทียะ. (2556). ศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินและค่าดัชนีความต่างที่สำคัญจากข้อมูลดาวเทียมในเขตอำเภอเมือง. เข้าถึงได้จาก : http://shorturl.asia/Kuk2T (วันที่ค้นข้อมูล 10 พฤษภาคม 2564).