

การแปลงภาพถ่ายดาวเทียมที่มีเส้นถนนจากแบบแรสเตอร์ให้อยู่ในรูปแบบวัตถุเชิงพื้นที่

Image Vectorization of Road Satellite Data Sets

ธีรพงศ์ ปานบุญยืน¹

Teerapong Panboonyuen¹

พีรพล เวทีกุล¹

Peerapon Vateekul¹

กุลสวัสดิ์ จิตจรรยาวิทย์²

Kulsawasd Jitkajornwanich²

¹คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

¹Faculty of Engineering, Chulalongkorn University

²สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ

²Geo-Informatics and Space Technology Development

(องค์การมหาชน)

Agency (Public Organization)

บทคัดย่อ

การสกัดข้อมูลประเภทวัตถุเชิงพื้นที่ (geo-spatial objects) ออกจากภาพถ่ายดาวเทียมเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญในการวิเคราะห์ข้อมูล (data analysis) แบบเชิงพื้นที่ (spatial) หรือแบบช่วงเวลาเชิงพื้นที่ (spatio-temporal) โดยทั่วไปวัตถุเชิงพื้นที่ของภาพถ่ายดาวเทียมประกอบด้วย เส้น (lines) และรูปหลายเหลี่ยมหรือพื้นที่ (polygons) ซึ่งหมายถึง ถนน และส่วนที่ไม่ใช่ถนนตามลำดับ บทความนี้เสนอวิธีการแปลงข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม (satellite raster images) ที่มีถนนปนอยู่ในรูปแบบจุดภาพ (pixels) ให้อยู่ในรูปแบบวัตถุเชิงพื้นที่ที่มีข้อมูลเส้นและรูปหลายเหลี่ยมสกัดเป็นที่เรียบร้อยแล้ว วิธีการนำเสนอประกอบไปด้วยสามขั้นตอน เริ่มต้นจากการสกัดแยกพื้นที่ถนนออกมาจากรัตเทอร์อื่นๆ โดยใช้การจัดกลุ่มแบบเคมีนส์ (k-means clustering) ลำดับถัดมานำเฉพาะรูปส่วนพื้นที่ถนนมาสกัดเส้น โดยใช้การดำเนินการแบบมอร์โฟโลจิคอล (morphological operation) ในการสร้างโครงเส้นหลัก (skeletonization) จากนั้นเพิ่มความราบเรียบให้กับเส้นที่ได้โดยใช้วิธีการดักลาสพาร์เกอร์ (Ramer-Douglas-Peucker) ขั้นตอนสุดท้ายจะนำเฉพาะรูปส่วนที่ไม่ใช่ถนนมาสกัดรูปหลายเหลี่ยมโดยใช้วิธีการจำแนกแบบแลนด์คัฟเวอร์ (land cover classification) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสามารถนำขั้นตอนวิธีไปใช้กับภาพถ่ายดาวเทียมที่ประกอบไปด้วยพื้นที่ถนนแล้วได้ผลการทดลองที่แม่นยำมากขึ้นในการสกัดเส้นและพื้นที่ออกมาจากภาพถ่ายดาวเทียม

คำสำคัญ: การจัดกลุ่มของเคมีนส์ วิธีการดักลาสพาร์เกอร์วิธีการจำแนกแบบแลนด์คัฟเวอร์

ABSTRACT

Data extraction of geo-spatial objects from satellite images is an important processing step in enabling data analysis on geo-spatial or spatio-temporal data, which commonly composes of line (road) and polygon (area) layers. In this paper, we present a technique for converting satellite data (raster images), that contains roads, in the form of pixels into the form of spatial objects that contain lines and polygons. There are three main steps in our algorithm. First, roads are extracted from other objects by employing *k-means clustering*. Second, the line extraction is applied only to the road areas by using *morphological operation* to skeletonize the image, and then, enhancing the result by using *Ramer-Douglas-Peucker* algorithms. Finally, polygons can be extracted by applying *land-cover classification* only to non-road objects. The experiments showed that lines (road networks) and polygons (areas) can be accurately extracted out of satellite imagery, simultaneously.

KEYWORDS: k-means clustering, Ramer-Douglas-Peucker, land cover classification

1. บทนำ

การแปลงภาพถ่ายในรูปแบบเวกเตอร์ (image vectorization) เป็นขั้นตอนสำคัญในการแปลงภาพถ่ายดาวเทียม (satellite image) ที่อยู่ในรูปแบบแรสเตอร์ซึ่งมีการจัดเก็บในรูปแบบของจุดภาพ (pixel) ให้อยู่ในรูปแบบของวัตถุเชิงพื้นที่ (spatial object) ซึ่งประกอบไปด้วยองค์ประกอบสำคัญ 3 ส่วน ได้แก่ จุด (point) เส้น (line) และพื้นที่ (polygon) โดยผลลัพธ์ที่ได้จะเหมาะสมและสามารถนำไปวิเคราะห์ด้วย

วิธีการทางภูมิศาสตร์ได้ ในงานวิจัยชิ้นนี้มุ่งเน้นในการแปลงภาพให้อยู่ในรูปแบบของเส้น และพื้นที่ เนื่องจากข้อมูลจุดหรือสถานที่ มักที่จะต้องอ้างอิงจากแหล่งข้อมูลภายนอกอื่น ๆ นอกเหนือจากรูปภาพถ่ายดาวเทียม

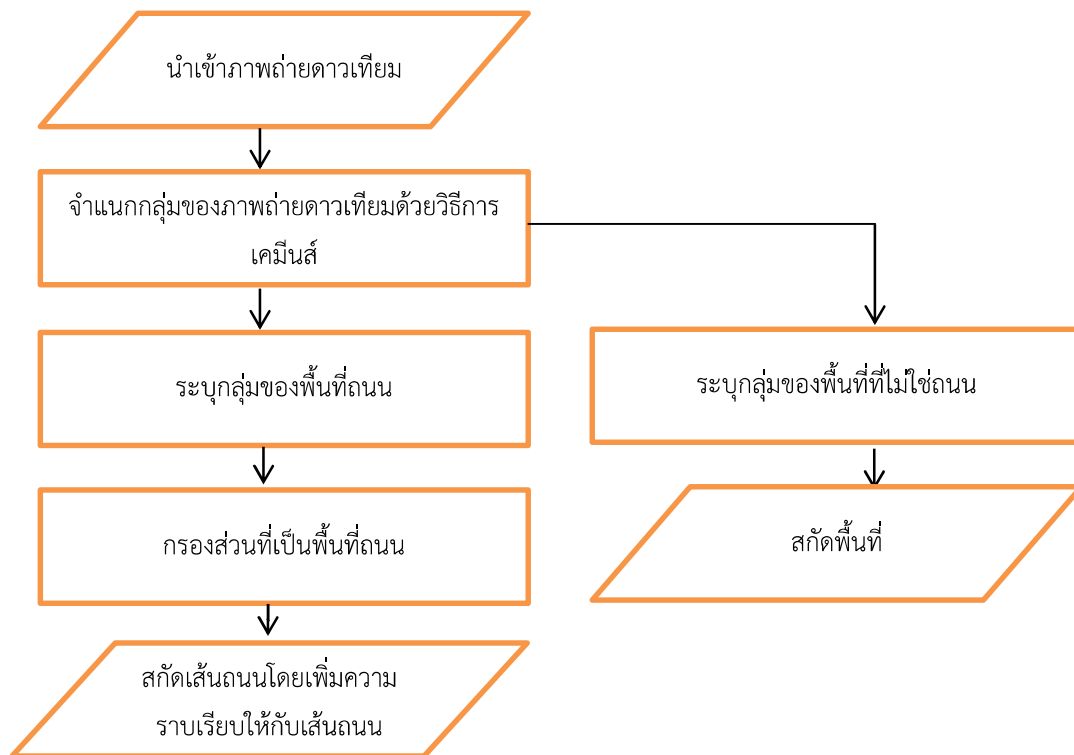
โดยทั่วไปวิธีการที่ใช้การแปลงข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมที่มีถนนบนอยู่ในรูปแบบจุดภาพให้อยู่ในรูปแบบวัตถุเชิงพื้นที่จะใช้วิธีไฮโมแกรม ซึ่งจะเป็นการทำ thresholding (Jin, H., Feng, Y. & Li, B., 2008) นำมาแบ่งส่วนของพื้นที่ต่าง ๆ ออกจากกัน แต่วิธีการเหล่านี้อาจจะต้องใช้ค่าขีดแบ่ง (threshold) ที่เหมาะสมจึงจะสามารถแบ่งพื้นที่ออกมาได้อย่างแม่นยำ และอีกวิธีที่นิยมใช้คือการจัดกลุ่มให้กับพื้นที่ต่าง ๆ ด้วยวิธีการของเคมีนส์ (k-means) (Annadate, C.A. & Lobo, P.L.M.R.J., 2014) ซึ่งจะแบ่งพื้นที่ออกเป็นกลุ่มของพื้นที่ต่าง ๆ โดยการแบ่งกลุ่มนั้นจะดูจากจุดภาพที่มีลักษณะคล้ายกันจะถูกจัดไว้ในกลุ่มเดียวกัน และการจำแนกจุดภาพจะจำแนกจุดภาพโดยใช้จุดศูนย์กลางของกลุ่มจุดภาพที่ได้จากการจัดกลุ่มโดยใช้ระยะทางยูคลิด (Euclidean distance) โดยทำการเปรียบเทียบระยะทางยูคลิดโดยจุดภาพใด ๆ จะถูกจำแนกให้อยู่ในกลุ่มจุดภาพที่มีระยะทางยูคลิดระหว่างจุดภาพนั้นกับจุดศูนย์กลางของกลุ่มจุดภาพต่ำที่สุด จากนั้นเมื่อได้กลุ่มของภาพแล้วจึงนำส่วนของเฉพาะกลุ่มพื้นที่ถนนนำมาสกัดเพื่อหาเส้นถนนโดยวิธีที่นิยม คือ วิธีการมอร์ฟโอโลจีคอลโดยใช้ตัวปฏิบัติการชนิด skeleton (Mena, J.B., 2006) ซึ่งสามารถสร้างเส้นโครงหลักของถนนจากพื้นที่ถนนได้โดยตรง แต่วิธีการนี้มีข้อเสียคือเส้นถนนที่ได้จะไม่มี ความราบเรียบ โดยจะมีกิ่งย่อย (branch) ที่แตกออกจากเส้นโครงสร้างถนนออกมาเป็นจำนวนมาก

ดังนั้น บทความฉบับนี้จึงเสนอการแปลงภาพถ่ายดาวเทียมที่มีถนนให้อยู่ในรูปแบบของเวกเตอร์ โดยผลลัพธ์ที่ได้ประกอบด้วยพื้นที่ต่าง ๆ (polygon) และเส้นโครงสร้างถนน (line) มีการเพิ่มความเรียบ โดยการกำจัดกิ่งย่อยด้วยวิธีการดักลาสพาร์เกอร์ (Douglas-Peucker) เข้ามาช่วยในการทำเวกเตอร์ด้วยวิธีการมาตรฐานที่ประกอบไปด้วยเคมีนส์ และมอร์ฟโอโลจีคอลแบบ skeleton ในส่วนของการทดลองได้ทดสอบกับ 3 รูปถ่ายดาวเทียมที่มีปริมาณสัดส่วนพื้นที่ถนนแตกต่างกัน บนตัววัดผลต่าง ๆ อย่างละเอียด

โครงสร้างของบทความฉบับนี้ประกอบไปด้วย 5 บท ได้แก่ บทที่ 1 กล่าวถึงบทนำและที่มาของงานวิจัยชิ้นนี้ บทที่ 2 อธิบายถึงขั้นตอนการแปลงภาพในรูปแบบเวกเตอร์ที่นำเสนอ บทที่ 3 แสดงขั้นตอนการทดลองและวิธีการวัดผล โดยผลการทดลองได้สรุปและอภิปรายในบทที่ 4

2. ขั้นตอนการแปลงภาพในรูปแบบเวกเตอร์

ขั้นตอนการแปลงภาพในรูปแบบเวกเตอร์ประกอบไปด้วยวิธีจำแนกกลุ่มของภาพถ่ายดาวเทียมโดยใช้วิธีการเคมีนส์ซึ่งจะทำให้ได้กลุ่มของพื้นที่ต่าง ๆ โดยขั้นตอนแรกจะใช้กลุ่มของพื้นที่ถนนนำมาสกัดเพื่อให้ได้เส้นถนน เมื่อได้เส้นถนนเสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงทำการสกัดส่วนที่เป็นพื้นที่ต่าง ๆ ที่ได้จากแบ่งกลุ่มด้วยวิธีการเคมีนส์ ซึ่งได้แสดงผังงานทั้งหมดในการสกัดเส้นถนนและจำแนกพื้นที่ออกจากภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อให้อยู่ในรูปแบบวัตถุเชิงพื้นที่ไว้ที่รูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงผังงานทั้งหมดการแปลงภาพถ่ายดาวเทียมจากรูปแบบจุดภาพให้อยู่ในรูปแบบวัตถุเชิงพื้นที่

2.1. เทคนิคการจัดกลุ่มข้อมูลแบบเคมีนส์

เทคนิคการจัดกลุ่มข้อมูลแบบเคมีนส์ นำมาใช้เพื่อการจัดกลุ่มข้อมูลภาพที่เป็นภาพถ่ายดาวเทียมโดยเป็นการจัดกลุ่มของจุดภาพทั้งหมดโดยจุดภาพที่มีลักษณะการสะท้อนจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าคล้ายกันจะถูกจัดไว้ในกลุ่มเดียวกัน (Annadate, C.A. & Lobo, P.L.M.R.J., 2014), (นารีนาน รัชสุนทร, รัชศักดิ์ สารนอก, วีระโชติธรรมมาภรณ์, ปรุณศักดิ์ อัทพฒ, 2557) เทคนิคนี้สามารถสรุปขั้นตอนย่อได้ดังนี้

กำหนดให้ $x_k = [x_1, x_2, x_3 \dots x_L]^T$ โดย x_1, x_2, \dots, x_L คือ แต่ละค่าจุดภาพของภาพถ่ายดาวเทียม โดย C เป็นจำนวนกลุ่มของข้อมูล

- 1) กำหนดค่าเริ่มต้นจุดศูนย์กลาง (R,G,B) ของแต่ละกลุ่มเป็น $\mu_1, \mu_2, \mu_3 \dots \mu_C$ เมื่อ μ_k เป็นเวกเตอร์ที่ k^{th} ขนาด $L \times 3$
- 2) จัดกลุ่มให้กับจุดภาพโดยจุดภาพแต่ละจุดจะถูกนำไปจำแนกให้อยู่ในกลุ่มจุดภาพที่มีระยะทางยูคลิดระหว่างจุดภาพนั้นกับระยะทางของกลุ่มจุดภาพต่ำที่สุด ระยะทางยูคลิดระหว่างจุดภาพ x_k กับจุดศูนย์กลาง μ_k หาได้จากสมการ (2.1)

$$ED = \sqrt{\sum_{i=1}^L (x_{ik} - \mu_{ik})^2} \quad (2.1)$$

- 3) คำนวณเพื่อหาจุดศูนย์กลางใหม่ของกลุ่มจุดภาพเมื่อจุดศูนย์กลางของกลุ่มจุดภาพที่ k^{th} ซึ่งเขียนได้โดย $\mu_k = [\mu_1, \mu_2, \mu_3 \dots \mu_L]^T$ และ μ_i เมื่อ $i = 1, 2, 3, \dots, L$ คำนวณได้จากสมการที่ (2.2)

$$\mu_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N x_{ij} \quad (2.2)$$

- 4) ทำซ้ำในข้อ 2-3 จนกระทั่งจุดศูนย์กลางของแต่ละกลุ่มจุดภาพไม่เปลี่ยนแปลง หรืออีกทางหนึ่งอาจจะกำหนดค่าขีดเริ่ม (Threshold) มาใช้ตรวจสอบเมื่อมีค่าน้อยกว่าค่าขีดเริ่มก็ให้หยุดการทำงาน

2.2. วิธีการมอร์ฟোলอจิคอลและวิธีการดักลาสพาร์เกอร์

วิธีการมอร์ฟোলอจิคอลเป็นการประมวลผลภาพโดยใช้การถ่ายเทหรือเปลี่ยนรูปของรูปภาพหรือวัตถุ เช่น การทำให้หนา การทำให้บาง และการเติมให้เต็มด้วยการกระทำบนพื้นฐานของเซต (Mena, J.B., 2006) ซึ่งเป็นการแยกบริเวณวัตถุออกจากพื้นหลังของภาพหรือเป็นการหาขอบของภาพอีกวิธีหนึ่ง

ภาพถ่ายดาวเทียมหลังจากได้พื้นที่ส่วนที่เป็นพื้นที่ถนนมาแล้วจะผ่านกระบวนการมอร์ฟোলอจิคอลโดยเลือกใช้ตัวปฏิบัติการชนิด skeleton ซึ่งข้อดีก็คือสามารถสร้างเส้นโครงหลักให้กับพื้นที่ถนนได้เลยซึ่งก็คือเส้นถนนที่ได้โดยประยุกต์เข้ากับวิธีการของดักลาสพาร์เกอร์ ซึ่งเป็นวิธีการในการลดจำนวนโหนดให้น้อยลง (Jin, H., Feng, Y. & Li, B., 2008) ซึ่งจะส่งผลทำให้เส้นถนนที่ได้มีความราบเรียบมากขึ้น

2.3. วิธีการจำแนกแบบแลนดคัพเวอร์

วิธีการจำแนกแบบแลนดคัพเวอร์เป็นการจำแนกภาพถ่ายดาวเทียมออกเป็นพื้นที่ต่าง ๆ เช่น พื้นที่ป่าไม้พื้นที่ถนน พื้นที่ปลูกสัตว์ พื้นที่ว่างเปล่า โดยในงานวิจัยชิ้นนี้เลือกใช้เคมีนส์เป็นตัวจำแนกแบบแลนดคัพเวอร์โดยการกำหนดกลุ่มที่หนึ่งเป็นกลุ่มของพื้นที่สีเขียวแสดงแทนพื้นที่ป่าไม้ กลุ่มที่สองเป็นกลุ่มของพื้นที่สีน้ำตาลแสดงแทนพื้นที่ดิน และกลุ่มสุดท้ายเป็นกลุ่มของพื้นที่สีเทาแสดงแทนพื้นที่ถนน

3. ขั้นตอนการทดลองและวิธีการวัดผล

ขั้นตอนการทดลองประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอนที่สำคัญโดยทดสอบกับภาพถ่ายดาวเทียม 3 ภาพโดยภาพถ่ายดาวเทียมที่นำมาใช้ในการทดลองได้จากดาวเทียม LANDSAT 8 ภายใต้การบริหารจัดการของ USGS โคจรสูงเหนือพื้นโลก 705 กิโลเมตร (รูปที่ 2 (ก), (ค)) และภาพถ่ายดาวเทียมจาก Google (รูปที่ 2 (ข)) โดยทั้ง 3 ภาพถ่ายดาวเทียมมีคุณสมบัติเป็นภาพถ่ายดาวเทียมที่มีความละเอียดสูง โดยในบทความนี้เลือกภาพถ่ายที่มีความละเอียดสูงมาทำการทดลองจึงจะสามารถใช้กับวิธีการที่นำเสนอไปได้โดยแสดงภาพถ่ายดาวเทียมทั้ง 3 ภาพไว้รูปที่ 2



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 2 แสดงภาพถ่ายดาวเทียมที่มีถนนบนอยู่ในแต่ละแบบ โดย ภาพ (ก) เป็นภาพถ่ายดาวเทียมที่ถ่ายโดยดาวเทียม LANDSAT 8 ภายใต้การบริหารจัดการของ USGS ลำดับถัดมาภาพ (ข) เป็นภาพถ่ายดาวเทียมที่ถ่ายโดยดาวเทียมของ Google และภาพสุดท้ายภาพ (ค) เป็นภาพถ่ายดาวเทียมที่ถ่ายโดยดาวเทียม LANDSAT 8 ภายใต้การบริหารจัดการของ USGS

โดยนำภาพถ่ายดาวเทียมทั้ง 3 ภาพไปใช้กับขั้นตอนการทดลองซึ่งขั้นตอนแรกเป็นการนำภาพถ่ายดาวเทียมเข้ามาทำการสกัดจุดภาพด้วยวิธีการเคมินส์เพื่อหากลุ่มของพื้นที่ต่างๆโดยกำหนดกลุ่มสีค่าเริ่มต้นแต่ละกลุ่มออกเป็น 3 กลุ่ม ดังต่อไปนี้

กลุ่มที่ 1 คือกลุ่มสีเขียว ค่า RGB = [0 150 0]

กลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มสีน้ำตาล ค่า RGB = [150 150 0]

กลุ่มที่ 3 คือ กลุ่มสีเทา ค่า RGB = [150 150 150]

เมื่อกำหนดค่าเริ่มต้นจุดศูนย์กลางของกลุ่มจุดภาพในการจัดกลุ่มด้วยวิธีการเคมินส์ และหลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการของเคมินส์จะพบว่าได้พื้นที่หลักๆออกมาเป็น 3 พื้นที่ ในขั้นตอนถัดมาจะเป็นส่วนของการทดลองแรกซึ่งเป็นการนำเฉพาะส่วนพื้นที่ถนนที่ได้ (กลุ่มที่ 3) มาสกัดหาเส้นหลัก (เส้นถนน) โดยใช้การดำเนินการแบบมอร์โฟโลจิคอล (morphological operation) ซึ่งเลือกใช้ตัวปฏิบัติการชนิด skeleton มาทำการสร้างเส้นโดยใช้วิธีการของดักลาสพาร์เกอร์ซึ่งนำมาลดจำนวนโหนดให้น้อยลงโดยจะทำให้เส้นถนนดูราบเรียบยิ่งขึ้น เมื่อได้เส้นถนนเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะนำไปสู่การทดลองที่สองคือการจำแนกพื้นที่ต่างๆ โดยวิธีการแบบแลนต์คัพเวอร์โดยในงานวิจัยชิ้นนี้ได้เลือกใช้เคมินส์เพราะสามารถระบุกลุ่มของพื้นที่ต่าง ๆ โดยได้กล่าวถึงการระบุกลุ่มสีไปข้างต้นแล้วนั้น จึงนำมาประยุกต์ใช้ในการจำแนกพื้นที่โดยมองว่ากลุ่มที่หนึ่งคือกลุ่มพื้นที่สีเขียวจะเหมือนเป็นกลุ่มของพื้นที่ป่าไม้ กลุ่มที่สองเป็นกลุ่มสีน้ำตาลเป็นกลุ่มของพื้นที่ดิน และกลุ่มสุดท้ายคือกลุ่มสีเทาเป็นกลุ่มของพื้นที่ถนน

ในขั้นตอนสุดท้ายเป็นส่วนของการวัดผลโดยจะประเมินประสิทธิภาพของวิธีการที่ได้ออกแบบไว้สามารถประเมินได้จากวัดผลการวัดผลการจำแนกข้อมูลการประเมินความถูกต้องของผลการจำแนกโดยแบ่งการประเมินประสิทธิภาพออกเป็นสองการประเมิน คือ การประเมินที่ 1 จะทำการประเมินประสิทธิภาพกับส่วนที่เป็นพื้นที่ถนนโดยเฉพาะซึ่งใช้ค่าในการประเมิน 3 ค่า (Annadate, C.A. & Lobo, P.L.M.R.J., 2014), (Sujatha, C. & Selvathi, D., 2015) คือ ค่าความครบถ้วน (Completeness) ค่าความถูกต้อง (Correctness) และค่าคุณภาพ (Quality) และการประเมินที่ 2 จะทำการประเมินประสิทธิภาพกับส่วนที่เป็นพื้นที่อื่นๆที่เหลือโดยใช้ค่าในการประเมิน 4 ค่า (นารีนาถ รักสุนทร, รัชศักดิ์ สารนอก, วีระโชติธรรมภรณ์, ปรุณศักดิ์ อัดพุดม, 2557) คือ การวัดความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy) การวัดความถูกต้องในแง่ผู้ใช้ (Recall) การวัดความถูกต้องในแง่ผู้จำแนก (Precision) และการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa Coefficient)

ตารางที่ 1 แสดงวิธีการคำนวณค่าสำหรับประเมินประสิทธิภาพต่าง ๆ

ค่าความครบถ้วน (Completeness)	$\frac{TP}{TP + FN}$
ค่าความถูกต้อง (Correctness)	$\frac{TP}{TP + FP}$
ค่าคุณภาพ (Quality)	$\frac{TP}{TP + FP + FN}$

** TP = True Positive, FP = False Positive, FN = False Negative

4. ผลการทดลอง

ผลการทดลองแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มผลการทดลอง คือ ผลการสกัดเส้นถนนจากภาพถ่ายดาวเทียม และผลการสกัดพื้นที่จากภาพถ่ายดาวเทียม โดยแต่ละผลการทดลองถูกใช้กับภาพถ่ายดาวเทียมเป็นจำนวนการทดลองละ 3 ภาพ ดังต่อไปนี้

4.1 ผลการสกัดพื้นที่และเส้นถนนจากภาพถ่ายดาวเทียม

4.1.1 ผลการทดสอบบนภาพทดสอบที่ 1

ผลจากการใช้วิธีการของเคมินส์ทำให้ได้กลุ่มของพื้นที่ถนนซึ่งแสดงผลของกลุ่มพื้นที่ถนนไว้ที่ รูป 3(ข) ซึ่งนำไปสู่ผลการทดลองของการสกัดเส้นถนนจากกลุ่มพื้นที่ถนนด้วยวิธีการมอร์โฟโลจิคอลและวิธีการดักลาสพาร์เกอร์ โดยแสดงรูปผลการทดลองของเส้นไว้ที่รูป 3(ค)



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 3 แสดงรูปผลการทดลองของการทดลองที่ 1 “ภาพทดสอบที่ 1” (ก) รูปภาพถ่ายดาวเทียมเริ่มต้นแบบแรสเตอร์ (ข) รูปเฉพาะส่วนพื้นที่ถนน และ (ค) รูปเส้นถนนหลังจากการสกัดเส้นเสร็จสิ้น

4.1.2 ผลการทดสอบบนภาพทดสอบที่ 2

ผลจากการใช้วิธีการของเคมินส์ทำให้ได้กลุ่มของพื้นที่ถนนซึ่งแสดงผลของกลุ่มพื้นที่ถนนไว้ที่ รูป 4(ข) ซึ่งนำไปสู่ผลการทดลองของการสกัดเส้นถนนจากกลุ่มพื้นที่ถนนด้วยวิธีการมอร์โฟโลจิคอลและวิธีการดักลาสพาร์เกอร์ โดยแสดงรูปผลการทดลองของเส้นไว้ที่รูป 4(ค)



(ก)



(ข)

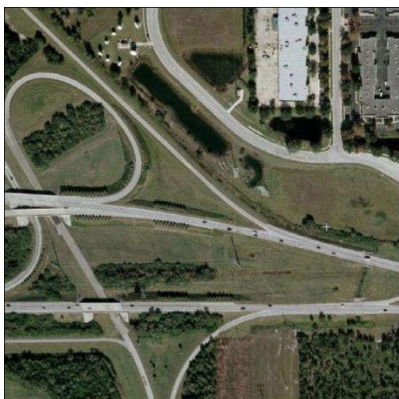


(ค)

รูปที่ 4 แสดงรูปผลการทดลองของการทดลองที่ 1 “ภาพทดสอบที่ 2” โดยรูป (ก) เป็นการนำเข้าภาพถ่ายดาวเทียม ถัดมารูป (ข) เป็นรูปเฉพาะส่วนพื้นที่ถนน และรูป (ค) รูปเส้นถนนหลังจากการสกัดเส้นเสร็จสิ้น

4.1.3 ผลการทดสอบบนภาพทดสอบที่ 3

ผลจากการใช้วิธีการของเคมินส์ทำให้ได้กลุ่มของพื้นที่ถนนซึ่งแสดงผลของกลุ่มพื้นที่ถนนไว้ที่ รูป 5(ข) ซึ่งนำไปสู่ผลการทดลองของการสกัดเส้นถนนจากกลุ่มพื้นที่ถนนด้วยวิธีการมอร์ฟโลจิคอลและวิธีการดักลาสพาร์เกอร์ โดยแสดงรูปผลการทดลองของเส้นไว้ที่รูป 5(ค)



(ก)

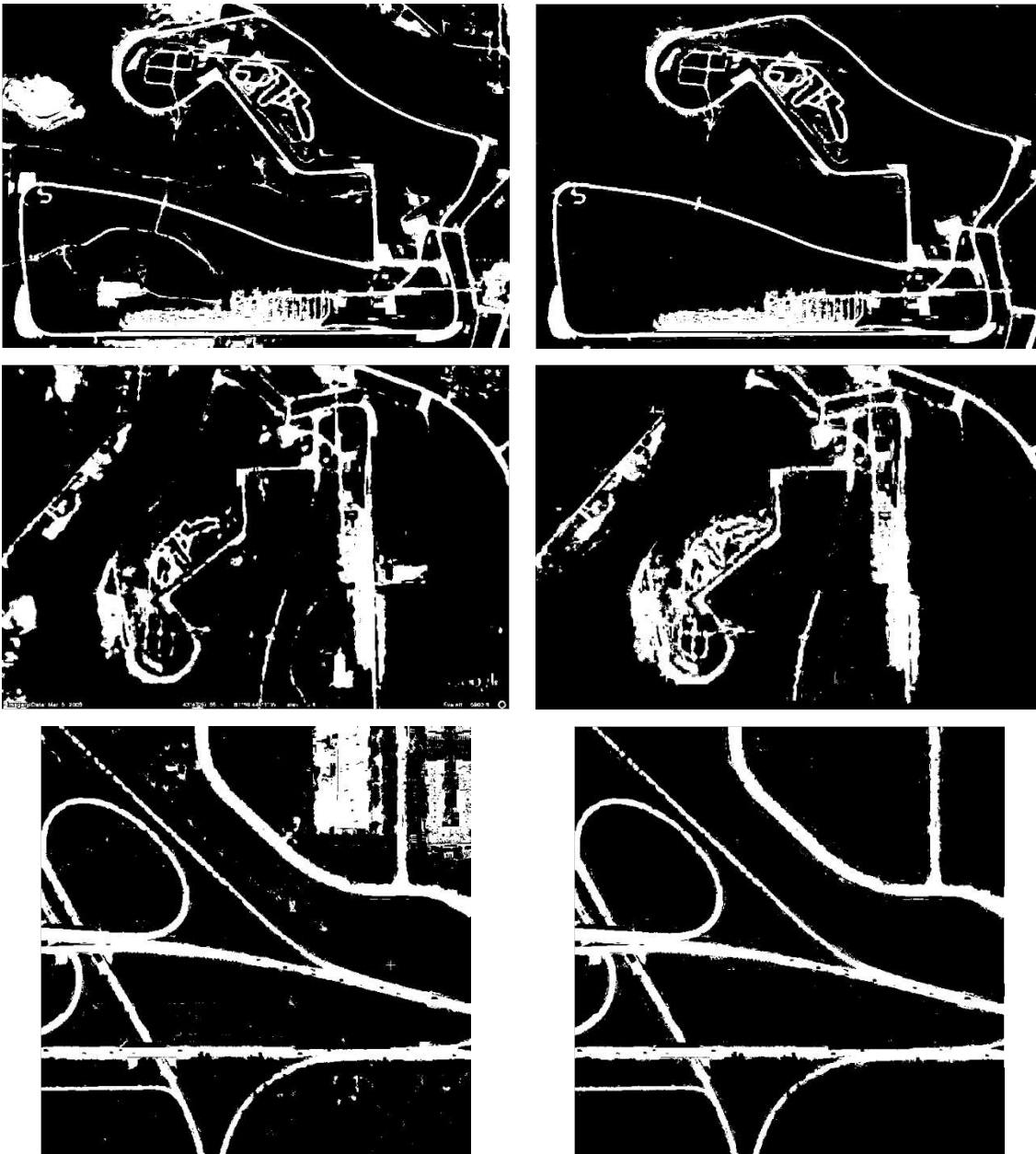


(ข)



(ค)

รูปที่ 5 แสดงรูปผลการทดลองของการทดลองที่ 1 “ภาพทดสอบที่ 3” โดยรูป (ก) เป็นการนำเข้าภาพถ่ายดาวเทียม ถัดมารูป (ข) เป็นรูปเฉพาะส่วนพื้นที่ถนน และรูป (ค) รูปเส้นถนนหลังจากการสกัดเส้นเสร็จสิ้น



พื้นที่ถนนที่ได้ (ภาพที่ได้จากโปรแกรม)

พื้นที่ถนนที่ได้ (ภาพที่ใช้อ้างอิง)

รูปที่ 6 แสดงรูปผลการทดลองในส่วนของพื้นที่ถนนที่ได้จากโปรแกรมเปรียบเทียบกับพื้นที่ถนนที่เป็นภาพสำหรับไว้อ้างอิง

ผลลัพธ์ที่ได้จากการสกัดพื้นที่ถนนพบว่าค่าความถูกต้อง (Correctness) ที่ได้มีค่าสูง โดยภาพทดสอบที่ 3 มีค่าความถูกต้อง (Correctness) สูงถึง 98.98 เปอร์เซ็นต์ซึ่งส่งผลให้เส้นถนนที่ได้มีความแม่นยำสูง ในขณะที่เมื่อเปรียบเทียบกับภาพทดสอบที่ 1 ซึ่งค่าความถูกต้อง (Correctness) ถึง 77.61 เปอร์เซ็นต์ แต่ค่าค่าความครบถ้วน (Completeness) และค่าคุณภาพ (Quality) มีค่า 56.11 และ 48.29 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับซึ่งค่าที่ได้จะไม่สูงมากซึ่งสาเหตุอาจจะมาจากภาพทดสอบที่ 1 มีพื้นที่ถนนปะปนมากที่สุด

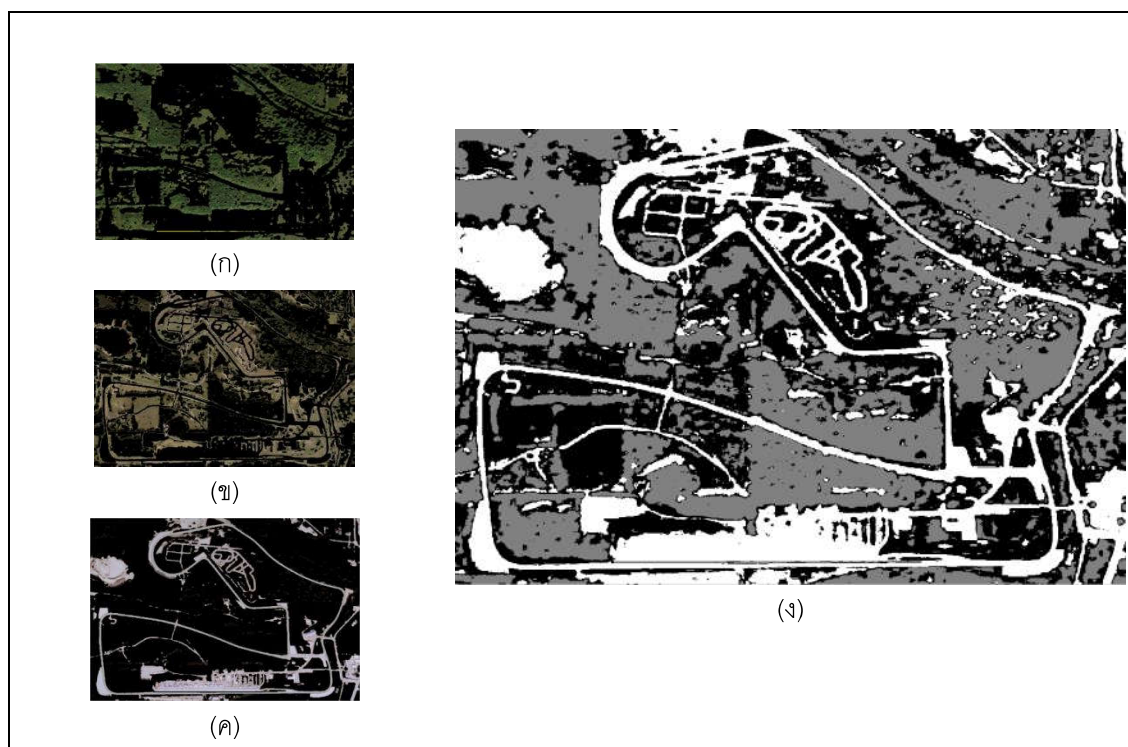
ตารางที่ 2 ผลการประเมินค่าความถูกต้องที่ได้จากการสกัดพื้นที่ถนน

	Completeness(%)	Correctness(%)	Quality(%)
ภาพที่ 1 (TP= 156, FP=45, FN=122)	56.11	77.61	48.29
ภาพที่ 2 (TP= 71, FP=4, FN=46)	60.68	94.66	58.67
ภาพที่ 3 (TP= 488, FP=5, FN=102)	82.71	98.98	82.01

4.2 ผลการสกัดพื้นที่จากภาพถ่ายดาวเทียม

4.2.1 ผลการทดสอบบนภาพทดสอบที่ 1

ในรูปที่ 7 การวัดความถูกต้องของผลจำแนกนั้นจะใช้ตัวอย่างจุดภาพของป่าไม้ 166 จุดภาพ ดิน 627 จุดภาพ และถนน 383 จุดภาพ จำนวนรวมทั้งหมด 1,176 จุดภาพโดยผลของการสกัดพื้นที่ของภาพที่ 1 พบว่ามีค่าความถูกต้องโดยรวมสูงถึง 91.41 เปอร์เซ็นต์ และค่าสัมประสิทธิ์แค็ปปาสูงถึง 0.85 ส่งผลให้การสกัดพื้นที่ในภาพทดสอบที่ 1 ค่อนข้างมีประสิทธิภาพและความแม่นยำสูงโดยดูได้จากตารางที่ 3 ประกอบ



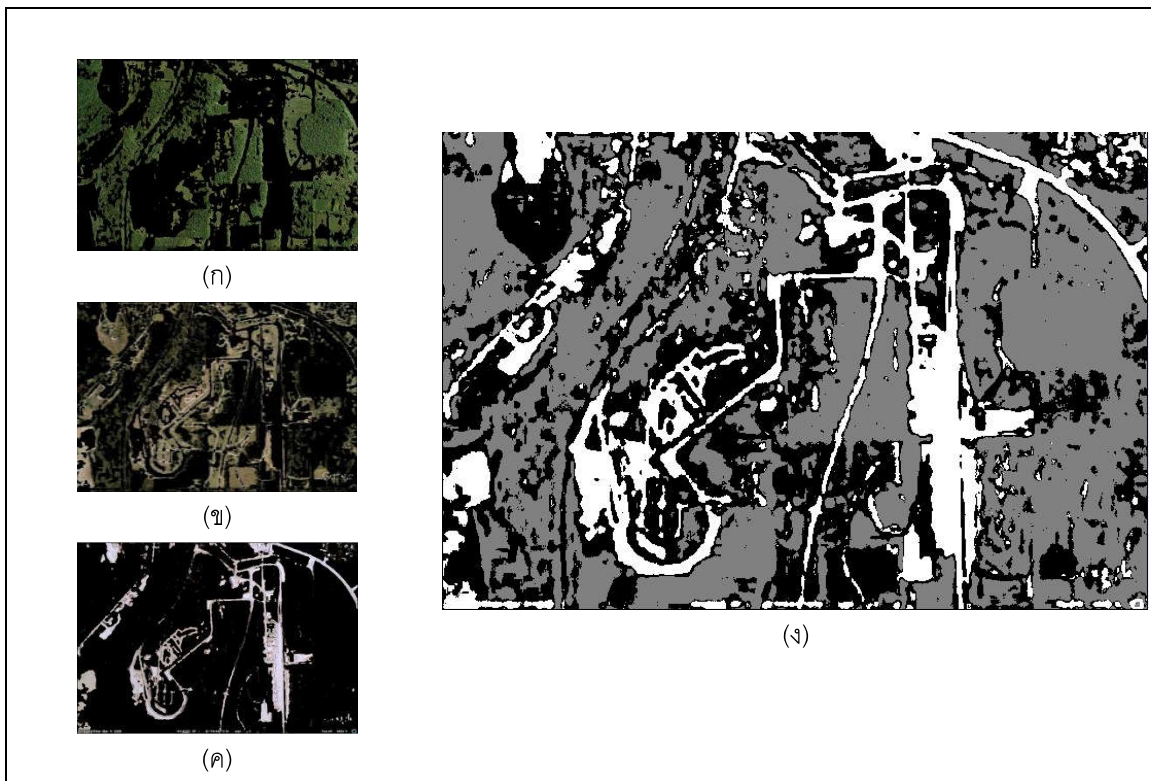
รูปที่ 7 แสดงรูปผลการทดลองที่ 2 “ภาพทดสอบที่ 1” โดยรูป (ก) แสดงในส่วน of พื้นที่กลุ่มสีเขียวคือพื้นที่กลุ่มป่าไม้ รูป (ข) แสดงส่วนของพื้นที่กลุ่มสีน้ำตาลคือพื้นที่กลุ่มพื้นดิน รูป (ค) แสดงส่วนพื้นที่กลุ่มสีเทาคือพื้นที่กลุ่มถนน และรูป (ง) เป็นการสกัดพื้นที่ทั้งหมดโดยแทนกลุ่มสีเขียวเป็นกลุ่มของถนน กลุ่มสีดำเป็นกลุ่มของพื้นดิน และกลุ่มสีเทาเป็นกลุ่มของป่าไม้

ตารางที่ 3 ประเมินค่าความถูกต้องที่ได้จากการสกัดพื้นที่ของ“ภาพทดสอบที่ 1”

ผลการจำแนก	ตัวอย่าง			ผลรวมของ ผลการ จำแนก	Recall(%)	Error (%)
	ป่าไม้	ดิน	ถนน			
ป่าไม้	125	30	0	155	125/155=80.64	19.36
ดิน	39	577	10	626	577/626=92.17	7.83
ถนน	2	20	373	395	373/395=94.43	5.57
ผลรวมตัวอย่าง	166	627	383	1176		
Precision(%)	125/166 =75.30	577/627 =92.02	273/383 =71.27	ความถูกต้องโดยรวม = (125+577+373)/1176 = 91.41% Kappa Index = 0.85		
Error of commission(%)	24.7	7.98	28.73			

4.2.2 ผลการทดสอบบนภาพทดสอบที่ 2

ในรูปที่ 8 การวัดความถูกต้องของผลจำแนกนั้นจะใช้ตัวอย่างจุดภาพของป่าไม้ 549 จุดภาพ ดิน 303 จุดภาพ และถนน 128 จุดภาพ จำนวนรวมทั้งหมด 980 จุดภาพโดยผลของการสกัดพื้นที่ของภาพทดสอบที่ 2 พบว่ามีค่าความถูกต้องโดยรวมสูงถึง 87.44 เปอร์เซ็นต์ และค่าสัมประสิทธิ์แค็ปปาเท่ากับ 0.77 ส่งผลให้การสกัดพื้นที่ในภาพที่ 2 มีประสิทธิภาพและความแม่นยำในระดับดีโดยดูได้จากตารางที่ 4 ประกอบ



รูปที่ 8 แสดงรูปผลการทดลองที่ 2 “ภาพทดสอบที่ 2” รูป (ก) แสดงในส่วนของพื้นที่กลุ่มสีเขียวคือพื้นที่กลุ่มป่าไม้ รูป (ข) แสดงส่วนของพื้นที่กลุ่มสีน้ำตาลคือพื้นที่กลุ่มพื้นดิน รูป (ค) แสดงส่วนของพื้นที่กลุ่มสีเทาคือพื้นที่กลุ่มถนน และรูป (ง) เป็นการสกัดพื้นที่ทั้งหมดโดยแทนกลุ่มสีขาวเป็นกลุ่มของถนน กลุ่มสีดำเป็นกลุ่มของพื้นดิน และกลุ่มสีเทาเป็นกลุ่มของป่าไม้

ตารางที่ 4 ประเมินค่าความถูกต้องที่ได้จากการสกัดพื้นที่ของ“ภาพทดสอบที่ 2”

ผลการจำแนก	ตัวอย่าง			ผลรวมของ ผลการ จำแนก	Recall(%)	Error (%)
	ป่าไม้	ดิน	ถนน			
ป่าไม้	504	61	0	565	$504/565=89.20$	10.80
ดิน	44	242	17	303	$242/303=79.86$	20.14
ถนน	1	0	111	112	$111/112=99.10$	0.90
ผลรวมตัวอย่าง	549	303	128	980		
Precision(%)	$504/549$ $= 91.80$	$242/303$ $= 79.86$	$111/128$ $= 86.71$	ความถูกต้องโดยรวม = $(504+242+111)/980 = 87.44\%$ Kappa Index = 0.77		
Error of commission(%)	8.20	20.14	13.29			

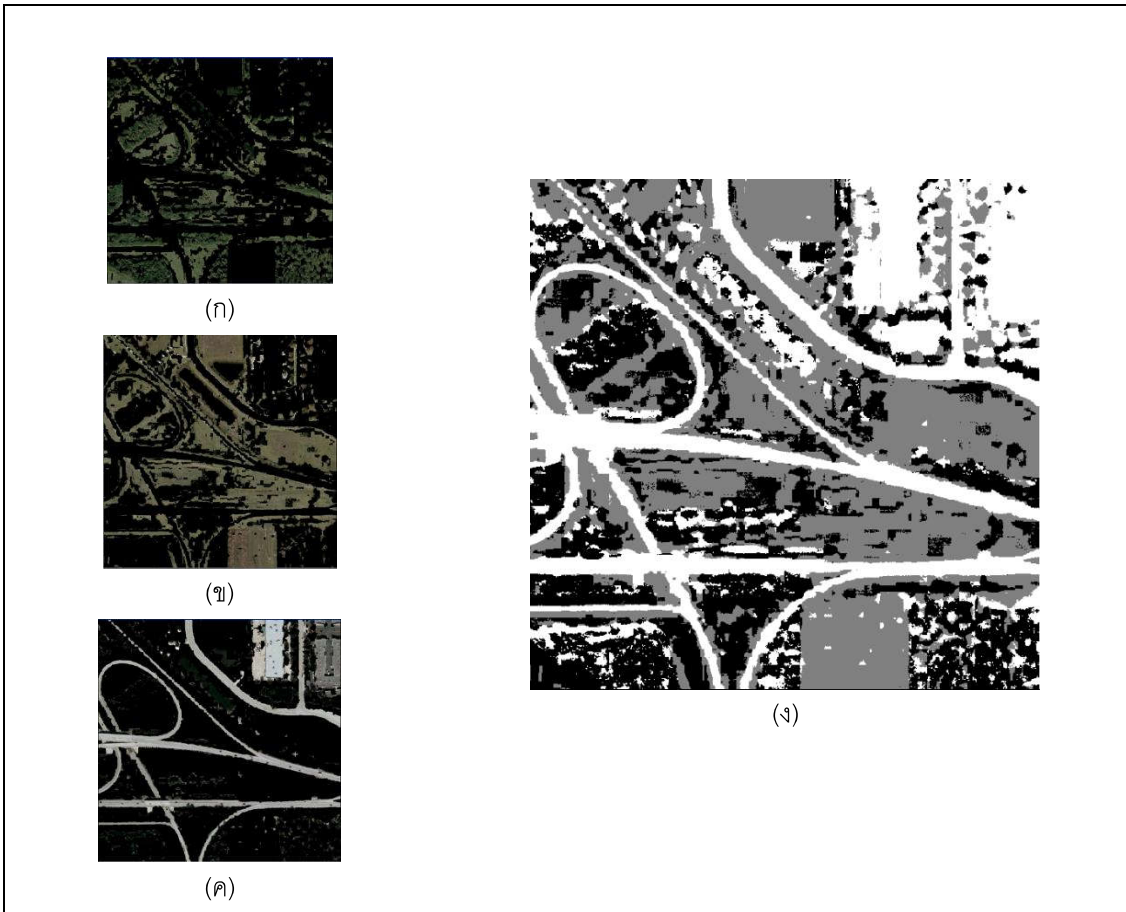
4.2.3 ผลการทดสอบบนภาพทดสอบที่ 3

ในรูปที่ 9 การวัดความถูกต้องของผลจำแนกนั้นจะใช้ตัวอย่างจุดภาพของป่าไม้ 208 จุดภาพ ดิน 188 จุดภาพ และถนน 415 จุดภาพ จำนวนรวมทั้งหมด 811 จุดภาพโดยผลของการสกัดพื้นที่ของภาพทดสอบที่ 3 พบว่ามีค่าความถูกต้องโดยรวมสูงถึง 91.98 เปอร์เซ็นต์ และค่าสัมประสิทธิ์แคปป่าสูงถึง 0.87 ส่งผลให้การสกัดพื้นที่ในภาพที่ 3 คอนข้างมีประสิทธิภาพและความแม่นยำสูงโดยดูได้จากตารางที่ 5 ประกอบ

จากตารางพบว่าความถูกต้องของผลการจำแนกโดยรวมเมื่อค่าเริ่มต้นของจุดศูนย์กลางข้อมูลที่ได้จากการสกัดจุดภาพพบว่าผลการจำแนกถนนมีความถูกต้องสูงสุดทั้งนี้เนื่องจากจุดศูนย์กลางของกลุ่มจุดภาพถนนมีความแตกต่างจากของป่าไม้และดินค่อนข้างมาก การพิจารณาผลของการจำแนกข้อมูลนอกจากจะพิจารณาจากความถูกต้องโดยรวม และสัมประสิทธิ์แคปป่าแล้วยังต้องคำนึงถึง Precision และ Recall โดยค่า Precision จะวัดความถูกต้องของผลการจำแนกและค่า Recall จะวัดความน่าเชื่อถือของค่า Precision หรือบอกถึงโอกาสที่ตัวอย่างที่ถูกจำแนกได้อย่างถูกต้องนั้นเป็นชนิดของตัวอย่างพื้นที่นั้นจริง

ตารางที่ 5 ประเมินค่าความถูกต้องที่ได้จากการสกัดพื้นที่ของ“ภาพทดสอบที่ 3”

ผลการจำแนก	ตัวอย่าง			ผลรวมของ ผลการ จำแนก	Recall(%)	Error (%)
	ป่าไม้	ดิน	ถนน			
ป่าไม้	193	6	22	221	$193/22=87.33$	12.67
ดิน	2	173	13	188	$173/188=92.02$	7.98
ถนน	13	9	380	402	$380/402=94.52$	5.48
ผลรวมตัวอย่าง	208	188	415	811		
Precision(%)	$193/208$ $= 92.78$	$173/188$ $= 92.02$	$380/415$ $= 91.56$	ความถูกต้องโดยรวม = $(193+173+380)/811 = 91.98\%$ Kappa Index = 0.87		
Error of commission(%)	7.22	7.98	8.44			



รูปที่ 9 แสดงรูปผลการทดลองที่ 2 “ภาพทดสอบที่ 3” โดยรูป (ก) แสดงในส่วนของพื้นที่กลุ่มสีเขียวคือพื้นที่กลุ่มป่าไม้ รูป (ข) แสดงส่วนของพื้นที่กลุ่มสีน้ำตาลคือพื้นที่กลุ่มพื้นดิน รูป (ค) แสดงส่วนพื้นที่กลุ่มสีเทาคือพื้นที่กลุ่มถนน และรูป (ง) เป็นการสกัดพื้นที่ทั้งหมดโดยแทนกลุ่มสีเขียวเป็นกลุ่มของถนน กลุ่มสีเทาเป็นกลุ่มของพื้นดิน และกลุ่มสีดำเป็นกลุ่มของป่าไม้

5. สรุปผลการทดลอง

การแปลงภาพถ่ายดาวเทียมจากแบบแรสเตอร์มาเป็นแบบเวกเตอร์นั้นในงานวิจัยนี้แปลงออกมาอยู่ในรูปแบบของเส้นและพื้นที่ โดยใช้วิธีการจัดกลุ่มของเคมีนส์ในการจัดกลุ่มของเป็นพื้นที่ของกลุ่มต่าง ๆ โดยแบ่งเป็นกลุ่มของพื้นที่ป่าไม้ กลุ่มของพื้นที่ดิน และกลุ่มของพื้นที่ถนน โดยเริ่มการนำพื้นที่ถนนไปสกัดเส้นออกมาแล้วเพิ่มความราบเรียบเข้าไป ขั้นตอนถัดมาจึงทำการจำแนกพื้นที่ออกเป็นพื้นที่ต่าง ๆ ตามกลุ่มสีที่ได้กำหนดจากค่าเริ่มต้นจุดศูนย์กลางของวิธีการเคมีนส์ จากนั้นทำการประเมินประสิทธิภาพกับส่วนที่เป็นพื้นที่ถนนโดยพบว่าค่าความครบถ้วน (Completeness) ค่าความถูกต้อง (Correctness) และค่าคุณภาพ (Quality) ที่ได้มีค่าสูงทำให้ประสิทธิภาพในส่วนของการสกัดถนนออกมาจากภาพถ่ายดาวเทียมโดยใช้วิธีการที่นำเสนอไปส่งผลให้พื้นที่ถนนที่สกัดได้มีความแม่นยำสูง และประเมินประสิทธิภาพส่วนพื้นที่ที่เหลือทั้งหมดพบว่าค่า การวัดความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy) พร้อมด้วยค่าการวัดความถูกต้องในแง่ผู้ใช้ (Recall) การวัดความถูกต้องในแง่ผู้จำแนก (Precision) และการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์แค็ปปา (Kappa Coefficient) มีค่าสูงเช่นกันทำให้ประสิทธิภาพในส่วนของการสกัดพื้นที่ออกมาจากภาพถ่ายดาวเทียมโดยใช้กระบวนการสกัดพื้นที่ที่นำเสนอไปมีความแม่นยำสูงเช่นเดียวกัน

6. ข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยนี้เลือกใช้งานภาพถ่ายดาวเทียมที่มีองค์ประกอบไปด้วยลักษณะของพื้นที่สีเขียว สีน้ำตาล สีเทาเป็นหลักเนื่องจากในงานวิจัยกำหนดค่าจุดศูนย์กลางเริ่มต้นออกเป็นสามกลุ่มดังที่กล่าวไปในบทที่ 3 แต่ถ้ามีกรณีนอกเหนือจากกลุ่มสีเหล่านี้ก็สามารถทำได้เพียงแต่ต้องไปกำหนดสีให้กับค่าจุดศูนย์กลางเริ่มต้นหรืออาจจะเพิ่มจำนวนกลุ่มจุดศูนย์กลางไปอีกก็ได้

เอกสารอ้างอิง

นาเรีนารถ รักสุนทร, รัชศักดิ์ สารนอก, วีระโชติธรรมมาภรณ์, ปรุณศักดิ์ อัดพุ่ม, (2557). “การกำหนดค่าเริ่มต้นของเทคนิคการจัดกลุ่มข้อมูลแบบ k-means ในการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น”, การประชุมวิชาการเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศแห่งชาติ ประจำปี 2557. กรุงเทพฯ: สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน).

Annadate, C.A. & Lobo, P.L.M.R.J., (2014). Road Extraction Using K-Means Clustering and. **International Conference on Image Information Processing (ICIIP 2011)**, 290–292.

Jin, H., Feng, Y. & Li, B., (2008). Road Network Extraction with New Vectorization and Pruning from High-resolution RS Images 2 Performance of the proposed approach. **Proceedings of International Conference on Image and Vision Computing New Zealand**, 26–28.

Mena, J.B., (2006). Automatic vectorization of segmented road networks by geometrical and topological analysis of high resolution binary images. **Knowledge-Based Systems**, 19(1994), 704–718.

Sujatha, C. & Selvathi, D., (2015). Connected component-based technique for automatic extraction of road centerline in high resolution satellite images. **EURASIP Journal on Image and Video Processing**, 2015(1), from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84925740504&partnerID=tZOtx3y1>.