จำนวนชุดข้อมูล RADARSAT ที่เหมาะสมสำหรับการประเมินพื้นที่ปลูกข้าวในลุ่มน้ำชี

Optimum number of RADARSAT datasets for estimation of rice cropping areas in Chi watershed

เริงศักดิ์ กตเวทิน[1*] และ ปาณัทช์ เจิมไธสง[2]

Roengsak Katawatin[1*] and Panat Jirmthaisong[2]

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้ดำเนินการเพื่อศึกษาหาจำนวนชุดข้อมูลภาพเรดาร์ที่เหมาะสมสำหรับทำแผนที่แสดงพื้นที่ปลูกข้าวแยกจากสิ่งปกคลุมที่ดิน หรือการใช้ที่ดินอื่นๆ ในเขตลุ่มน้ำชี ทั้งนี้ข้อมูลภาพเรดาร์ที่นำมาพิจารณาได้จากดาวเทียม RADARSAT-1 SAR fine mode 4 ชุด บันทึกเมื่อวันที่ 29 มิ.ย. 16 ส.ค. 28 ก.ย. และ 27 ต.ค. 2550 ในการหาจำนวนชุดข้อมูลภาพเรดาร์ที่เหมาะสมสำหรับทำแผนที่แสดงพื้นที่ปลูกข้าว ทำโดยเปรียบเทียบผลที่ได้จากการใช้วิธี Maximum Likelihood ของ Supervised Classification วิเคราะห์ข้อมูล RADARSAT-1 SAR สองกลุ่ม กลุ่มที่ 1 ประกอบด้วยชุดข้อมูลทั้ง 4 ชุด ข้างต้น กลุ่มที่ 2 ประกอบด้วยชุดข้อมูล 3 ชุด ซึ่งผ่านการคัดเลือกโดยใช้ Feature Selection Algorithm แล้ว ซึ่งได้แก่ ชุดข้อมูลวันที่ 29 มิ.ย. 16 ส.ค. และ 28 ก.ย. 2550 ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า แผนที่ซึ่งได้จากการใช้ข้อมูลทั้ง 4 ชุด กับ แผนที่จากการใช้ข้อมูลที่คัดเลือกแล้วเพียง 3 ชุด ต่างมีความถูกต้องอยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ คือ Overall Accuracies > 84 %, Producer's Accuracies และ User's Accuracies สำหรับ ชั้นจำแนก (class) นาข้าว > 83 % นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบโดยใช้ KHAT ร่วมกับ Z-statistic ยังพบว่าแผนที่ทั้งสองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ดังนั้นจึงสรุปว่าควรใช้ข้อมูล 3 ชุด เนื่องจากใช้งบประมาณน้อยกว่า แต่ให้ผลใกล้เคียงกัน

คำสำคัญ: พื้นที่ปลูกข้าว, ลุ่มน้ำชี, ข้อมูลภาพเรดาร์

Abstract: This study was carried out to determine optimum number of radar image datasets for mapping areas occupied by rice crop in Chi watershed. Four sets of RADARSAT-1 SAR fine mode data were taken into consideration. These included the datasets acquired on 29th Jun., 16th Aug., 28th Sep., and 27th Oct. 2007. The optimum number of data sets was determined by comparing performances of the classifications using different number of datasets. These included (1) the classification using all 4 sets of data described above, and (2) the classification using 3 sets of selected data, i.e., data acquired on 29th Jun., 16th Aug., and 28th Sep. The selection of datasets was made by using Feature Selection Algorithm. The results showed that the optimum number of datasets was 3. This is because the use of all the 4 sets and the 3 selected sets of data both yielded satisfactory results, i.e., Overall Accuracies > 84 %, Producer's Accuracies and User's Accuracies for rice cropping areas > 83 %. In addition, analysis of KHAT and Z-statistic showed that there was no significant difference between the map generated using 4 sets of data and that using 3 sets of data.

Keywords: rice cropping area, Chi watershed, RADAR data

[1] ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
Department of Plant Science and Agricultural Resources, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University

[2] กลุ่มวิชาการเพื่อการพัฒนาที่ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 5 กรมพัฒนาที่ดิน
Technical Subdivision, Land Development Regional Office 5, Land Development Department

* Corresponding author: roekat@kku.ac.th

บทนำ

ข้าวเป็นพืชหลักที่สำคัญทั้งเพื่อการยังชีพและการส่งออกของประเทศไทย การประเมินพื้นที่ปลูกข้าวในแต่ละปีเป็นสิ่งจำเป็นที่จะช่วยสนับสนุนให้การตัดสินใจในการวางแผนจัดการด้านการผลิตและการตลาด สามารถทำได้อย่างถูกต้องเหมาะสม ข้อมูลเกี่ยวกับพื้นที่ปลูกและ ผลผลิตของข้าวรายปีโดยทั่วไปได้มาจากการสำรวจเก็บข้อมูลภาคสนาม ซึ่งใช้เวลา และสิ้นเปลืองงบประมาณสูง ดังนั้นจึงมีการนำเอาเทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกล (remote sensing) มาช่วยในการสำรวจ โดยเฉพาะเทคโนโลยีเกี่ยวกับการใช้ข้อมูลภาพเรดาร์ ซึ่งสามารถบันทึกข้อมูลได้ในเกือบทุกสภาพอากาศ และใช้แยกดิน น้ำ และพืชพรรณออกจากกันได้ดี (Lillesand and Kiefer, 2004) จัดว่ามีความเหมาะสมสำหรับใช้ลากขอบเขตพื้นที่ปลูก และติดตามการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกในฤดูฝน มากกว่าข้อมูลที่บันทึกด้วย optical sensors ซึ่งประสบปัญหาเนื่องจากสภาพอากาศไม่อำนวยอยู่เสมอ Shao et al. (2001) รายงานว่า ข้อมูลจากการรับรู้จากระยะไกล ที่บันทึกในระบบ Synthetic Aperture Radar (SAR) มีความเด่นในด้านการประยุกต์กับงานด้านการเกษตร ในภูมิภาคเขตร้อนหรือกึ่งร้อน สำหรับข้าว Oza et al. (2008) สรุปผลจากงานวิจัยที่ผ่านมาถึงความสำเร็จของการใช้ข้อมูล SAR ซึ่งบันทึกในแบนด์ C (C-band SAR) จากดาวเทียมต่างๆ เช่น ERS, RADARSAT, และ ENVISAT ฯลฯ ในการคาดคะเนพื้นที่ปลูกข้าวหลายพื้นที่

อย่างไรก็ตามการใช้ข้อมูลภาพเรดาร์เพื่อศึกษาพื้นที่ปลูกข้าว อาจจะให้ผลที่มีความถูกต้องแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น จำนวนชุดของข้อมูลที่ใช้ เวลาที่บันทึกข้อมูลแต่ละชุด วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล ความละเอียดของการจำแนกที่ต้องการ และสภาพแวดล้อมของนาข้าวในแต่ละพื้นที่ ฯลฯ (Oza et al., 2008; Li and Yeh, 2004; Shao et al., 2001; Guo, 2001; Kaojaroen, 2000; Liew et al., 1998)

ในด้านจำนวนชุดข้อมูลที่ใช้ ถึงแม้จะพบว่าการใช้ข้อมูล SAR เพียง 1 ชุด (single date) ช่วยให้สามารถได้ข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งปกคลุมที่ดินหรือการใช้ที่ดิน ซึ่งถูกต้องดีพอสำหรับการใช้ประโยชน์บางประการ แต่ก็มีข้อจำกัดโดยเฉพาะในสภาพที่มีพืชปกคลุมหนาแน่นหรือมีสิ่งปกคลุมที่ดินหลากหลายชนิด (Dobson et al., 1995; Dobson et al., 1996) ดังนั้นในการทำแผนที่แสดงพื้นที่ปลูกข้าวและติดตามการเจริญเติบโตของข้าวโดยใช้ข้อมูลภาพเรดาร์จึงต้องใช้ข้อมูลมากกว่า 1 ชุด ซึ่งบันทึกในวันที่ต่างกัน (multi-temporal data) Kaojarern (2000) เปรียบเทียบความถูกต้องของแผนที่นาข้าวซึ่งผลิตโดยการวิเคราะห์ข้อมูลภาพเรดาร์ ERS-2 SAR ที่บันทึกในวันต่างๆ กันตลอดฤดูการปลูกข้าวจำนวน 4 ชุด 5 ชุด และ 6 ชุด ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ยิ่งใช้จำนวนชุดข้อมูลสูง ผลที่ได้จะยิ่งมีความถูกต้องมากขึ้น อย่างไรก็ตามการใช้ข้อมูล 4 ชุดเพียงพอที่จะให้ผลซึ่งมีความถูกต้องมากกว่า 85% นอกจากนั้นการใช้ข้อมูล SAR น้อยชุดกว่านี้ ในบางกรณีอาจจะให้ผลที่ดีพอ Shao et al. (2001) รายงานว่า การทำแผนที่แสดงพื้นที่ปลูกข้าวโดยใช้ข้อมูลภาพเรดาร์ควรมีข้อมูลอย่างน้อย 3 ชุด ซึ่งบันทึกในช่วงเวลาต่างๆ ของการเจริญเติบโต คือ ระยะหลังปักดำ ระยะออกรวง และระยะสุกแก่ แต่หากข้อมูลภาพเรดาร์ที่ใช้เป็นชนิด multi-parameter การใช้ข้อมูลเพียง 2 ชุด อาจให้ผลที่ถูกต้องในระดับที่ยอมรับได้

เอกสารรายงานวิจัยต่างๆ ที่ผ่านมาบ่งชี้ว่า การใช้ชุดข้อมูลภาพเรดาร์ที่บันทึกต่างวัน (dates) กันเพื่อประเมินพื้นที่ปลูกข้าว ยิ่งมากชุดยิ่งได้ผลที่มีความถูกต้องสูง แต่เนื่องจากข้อมูลภาพเรดาร์มีราคาแพง จำนวนชุดข้อมูลจึงควรจำกัดให้ใช้เท่าที่จำเป็นเท่านั้น วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ คือ การหาจำนวนชุดข้อมูล RADARSAT-1 SAR ที่เหมาะสมสำหรับทำแผนที่แสดงพื้นที่ปลูกข้าวในเขตลุ่มน้ำชี ซึ่งมีสภาพภูมิประเทศเป็นลูกคลื่นลอนตื้น อันอาจทำให้ผลการใช้ข้อมูลภาพเรดาร์ต่างจากการศึกษาในภูมิภาคอื่น

พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษามีลักษณะเป็นตัวแทนที่ดีของลุ่มน้ำชี ทั้งในด้านสภาพพื้นที่ และการใช้ที่ดิน ตั้งอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 16° 15' และ 16° 24' N และเส้นแวงที่ 102° 43' และ 102° 59' E ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 200,000 ไร่ (**Figure 1**) พื้นที่ดังกล่าวส่วนใหญ่อยู่ในเขตตำบลท่าพระ อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น และมีบางส่วนอยู่ในเขตตำบลโพนงาม และตำบลเขาไร่ อำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม

จากการสำรวจภาคสนาม พบว่า สภาพพื้นที่โดยทั่วไปทางตอนเหนือของพื้นที่ศึกษาจะเป็นที่ลุ่ม มีแม่น้ำชีไหลผ่านในแนวตะวันออก-ตะวันตก ส่วนทางตอนใต้ของพื้นที่ศึกษา มีสภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาด และมีที่ลุ่มระหว่างเนิน

สิ่งปกคลุมที่ดิน หรือการใช้ที่ดินในบริเวณพื้นที่ศึกษามีลักษณะเช่นเดียวกับที่พบทั่วไปในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ กล่าว คือ ประกอบไปด้วยนาข้าวในรูปแบบต่างๆ ได้แก่ นาลุ่ม นาดอน และนาระหว่างเนิน นอกจากนี้ยังมีสิ่งปกคลุมที่ดิน หรือการใช้ที่ดินประเภทอื่นๆ ที่สำคัญได้แก่ พืชไร่ ป่า แหล่งน้ำ และชุมชน เป็นต้น

วิธีการศึกษา

ข้อมูล RADARSAT-1 SAR

ใช้ข้อมูล RADARSAT-1 SAR fine mode ซึ่งมีรายละเอียดเชิงพื้นที่ 8 เมตร และขนาดภาพ 50 X 50 กม^2 จำนวน 4 ชุด (dataset) บันทึกเมื่อวันที่ 29 มิถุนายน 16 สิงหาคม 28 กันยายน และ 27 ตุลาคม 2550 ข้อมูลทั้ง 4 ชุดนี้ ถูกปรับ (calibrate) เพื่อแปลงค่า digital number ให้เป็นค่าการสะท้อนกลับของสัญญาณเรดาร์ (backscatter) และปรับแก้ความคลาดเคลื่อนทางภูมิศาสตร์ (geometric correction) โดยอ้างอิงกับแผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหาร ชุด L 7018 มาตราส่วน 1:50,000 แล้ว resampling ให้มีขนาด pixel 10 เมตร จากนั้นทำการ กรองข้อมูลเพื่อลดปัญหา speckle (speckle filtering) โดยใช้ Lee filter

การทำแผนที่แสดงพื้นที่ปลูกข้าว

การสำรวจภาคสนาม

ทำการสำรวจภาคสนามเก็บข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลภาพเรดาร์เพื่อทำแผนที่แสดงพื้นที่ปลูกข้าว แยกออกจากสิ่งปกคลุมที่ดิน หรือการใช้ที่ดินอื่นๆ จำนวนจุดที่เก็บข้อมูลทั้งหมด (sampling sites) มี 101



Figure 1 Location of the study area ( ) in Khon Kaen Province (part of Chi watershed).

Table 1 Number of sampling sites, training sites, and test sites used in the digital analysis of RADARSAT-1 SAR data for mapping of paddy fields and other land covers or uses.

Land cover or use	Sampling sites	Training sites	Test sites
Paddy rice	64	27	37
Field crops	21	11	10
Forest	16	10	6

จุด แบ่งเป็น ข้อมูลสำหรับการจำแนกเพื่อทำแผนที่ 48 จุด (training sites) และ ข้อมูลสำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของแผนที่ 53 จุด (test sites) ตามวิธีการจำแนกและการตรวจสอบความถูกต้องที่ได้อธิบายภายหลัง **Table 1** แสดงจำนวนจุดเก็บข้อมูลในพื้นที่ของสิ่งปกคลุมที่ดิน หรือการใช้ที่ดินต่างๆ

แบบแผนการจำแนก (classification scheme)

จากการสำรวจภาคสนาม สามารถกำหนดแบบแผนการจำแนกพื้นที่ปลูกข้าวและสิ่งปกคลุมที่ดิน หรือการใช้ที่ดินอื่นๆ ซึ่งประกอบด้วย 3 ชั้นจำแนก (class) ดังนี้

ชั้นจำแนกที่ 1: ข้าว (Paddy rice)
ชั้นจำแนกที่ 2: พืชไร่ (Field crops)
ชั้นจำแนกที่ 3: ป่าไม้ (Forest)

เนื่องจากในการศึกษานี้เน้นการวิเคราะห์ข้อมูลภาพเรดาร์ด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อแยกพื้นที่ปลูกข้าวออกจากพื้นที่เกษตรอื่นๆและป่าไม้ ดังนั้นจึงไม่พิจารณาแหล่งน้ำ ทางน้ำ ชุมชน และถนน ซึ่งข้อมูลสิ่งปกคลุมที่ดินทั้งสี่ประเภทหลังนี้ สามารถนำมาจากแหล่งอื่น เช่น ข้อมูลเวคเตอร์ของกรมแผนที่ทหาร ฯลฯ และเพิ่มลงในแผนที่จากการวิเคราะห์ข้อมูลภาพเรดาร์ด้วยคอมพิวเตอร์ได้ภายหลังหากต้องการ

การคัดเลือกชุดข้อมูลภาพเรดาร์สำหรับใช้ในการศึกษา

ในการศึกษานี้คัดเลือกชุดข้อมูลที่เหมาะสมโดยใช้ Feature Selection Algorithm (Jensen, 1996) กล่าวโดยย่อสำหรับการใช้ algorithm นี้ คือ จากข้อมูลทั้งหมด 4 ชุด ซึ่งบันทึกต่างวันที่ (date) กัน ตามที่ระบุข้างต้น ใช้ค่า Transformed Divergence เป็นหลักสำหรับการเลือกกลุ่มของชุดข้อมูล (group) ที่จะสามารถแยกนาข้าวได้ดีที่สุด ในกรณี (ก) กลุ่มประกอบด้วยชุดข้อมูล 3 ชุด (ข) กลุ่มประกอบด้วยชุดข้อมูล 2 ชุด และ (ค) กลุ่มประกอบด้วยชุดข้อมูล 1 ชุด

การจำแนกข้อมูลภาพเรดาร์ด้วยวิธี Supervised Classification

การทำแผนที่แสดงพื้นที่ปลูกข้าว ในปี 2550 ใช้มาตรการจำแนกแบบ Maximum Likelihood ของ Supervised Classification จำแนกกลุ่มของชุดข้อมูล RADARSAT-1 SAR กลุ่มต่างๆที่คัดเลือกจากวิธีข้างต้น ซึ่งได้แก่ กลุ่มที่ประกอบด้วยชุดข้อมูลภาพเรดาร์ทั้ง 4 ชุด และ กลุ่มที่ประกอบด้วยชุดข้อมูลซึ่งผ่านการคัดเลือกแล้วว่าดีที่สุด 3 ชุด

อนึ่ง สำหรับกลุ่มที่ประกอบด้วยชุดข้อมูล 2 ชุด และกลุ่มที่ประกอบด้วยชุดข้อมูล 1 ชุด ไม่ถูกนำมาใช้ในการศึกษานี้ เนื่องจากผลการวิเคราะห์ค่า Transformed Divergence (รายงานในหัวข้อผลการศึกษา) แสดงให้เห็นว่า ความสามารถในการแยกพื้นที่ของชั้นจำแนกต่างๆ ออกจากกัน อยู่ในเกณฑ์ต่ำถึงต่ำมาก

การประเมินความถูกต้องของแผนที่ (mapping accuracy)

การประเมินความถูกต้องของแผนที่แสดงพื้นที่ปลูกข้าว ซึ่งสร้างขึ้นจากการวิเคราะห์ข้อมูล RADARSAT-1 SAR 4 ชุด และ 3 ชุด ทำโดยใช้ตาราง Error Matrix และการคำนวณค่าความถูกต้องทางสถิติ ได้แก่ ค่า

KHAT และ Z-statistic, Overall Accuracy, Producer's Accuracy และ User's Accuracy จากตารางดังกล่าว

Congalton and Green (2009) อธิบายว่า Error Matrix เป็นตารางแสดงหน่วยตัวอย่าง (sample units เช่น pixel, cluster ของ pixels, หรือ polygons ฯลฯ) ซึ่งถูกจัดเข้าใน ชั้นจำแนกใด ชั้นจำแนกหนึ่งบนแผนที่ เปรียบเทียบกับหน่วยตัวอย่างบนสภาพพื้นที่จริงของตำแหน่งทางภูมิศาสตร์เดียวกัน ส่วนค่า KHAT แสดงความสอดคล้อง (agreement) ระหว่างผลการจำแนก (classified data) กับความเป็นจริงบนพื้นที่ (reference data) ในการศึกษานี้ ค่า KHAT ถูกใช้ร่วมกับ Z-statistic เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของแผนที่ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูล RADARSAT-1 SAR ตามวิธีที่อธิบายข้างต้น ว่าดีกว่าวิธีการสุ่มหรือไม่ และเปรียบเทียบระหว่างแผนที่ที่ได้จากการวิเคราะห์กลุ่มข้อมูล RADARSAT-1 SAR ซึ่งมีจำนวนชุดต่างกัน

ค่า Overall Accuracy เป็นค่าที่แสดงสัดส่วนโดยรวมของหน่วยตัวอย่างซึ่งถูกจำแนกอย่างถูกต้องบนแผนที่ ค่า Producer's Accuracy แสดงโอกาส (probability) ที่หน่วยตัวอย่างบนพื้นที่จริงของชั้นจำแนกใด ชั้นจำแนกหนึ่ง ถูกจำแนกอย่างถูกต้องบนแผนที่ และ ค่า User's Accuracy เป็นค่าบ่งชี้ถึงโอกาสซึ่งหน่วยตัวอย่างของชั้นจำแนกใด ชั้นจำแนกหนึ่งบนแผนที่สอดคล้องกับสภาพพื้นที่จริง ในการศึกษานี้ค่าความถูกต้องต่างๆ ข้างต้น คำนวณได้จากการเปรียบเทียบ pixels ซึ่งถูกจัดเข้าชั้นจำแนกใด ชั้นจำแนกหนึ่งบนแผนที่ กับ pixels ของสภาพจริงที่จุดตรวจสอบ ในสนาม ณ.ตำแหน่งเดียวกัน

ค่าทางสถิติทั้งหลายข้างต้นแต่ละค่า ไม่มีเกณฑ์กำหนดแน่นอนว่าควรเป็นเท่าใดจึงจะถือว่ายอมรับได้ โดยทั่วไปแล้วค่าเหล่านี้จะถูกใช้ประกอบการพิจารณาว่าแผนที่มีความถูกต้องดีพอหรือไม่ตามความเห็นของผู้ที่เกี่ยวข้อง อย่างไรก็ตามในกรณีของค่า KHAT นั้น Landis and Koch (1977, cited after Congalton and Green, 2009) เสนอแนะไว้กว้างๆ ว่า ค่า KHAT > 0.8 แสดงว่าผลการจำแนก กับความเป็นจริงบนพื้นที่มีความสอดคล้องกันสูง KHAT 0.4-0.8 แสดงว่า ผลการจำแนกกับความเป็นจริงบนพื้นที่มีความสอดคล้องกันปานกลาง และ KHAT < 0.4 แสดงว่า ผลการจำแนก กับความเป็นจริงบนพื้นที่มีความสอดคล้องกันต่ำ

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การคัดเลือกชุดข้อมูลสำหรับใช้ในการวิเคราะห์

ในการคัดเลือกชุดข้อมูลสำหรับใช้ในการวิเคราะห์จากชุดข้อมูลภาพเรดาร์ 4 ชุด (datasets) ซึ่งกำหนดให้เป็นกลุ่มของชุดข้อมูล (group) กลุ่มที่ 1 เมื่อใช้ Feature Selection Algorithm คัดเลือกกลุ่มของชุดข้อมูลที่ดีที่สุด 3 ชุด 2 ชุด และ 1 ชุด ซึ่งในที่นี้ เรียกว่ากลุ่มที่ 2 กลุ่มที่ 3 และ กลุ่มที่ 4 ตามลำดับ ได้ผลดัง **Table 2** ผลที่ได้นี้ถูกใช้กำหนดจำนวนชุดข้อมูลสำหรับการทดสอบทำแผนที่นาข้าวต่อไป

Table 2 Groups of RADARSAT-1 SAR datasets consisting of 4, 3, 2 and 1 best datasets.

Group	Datasets	Dates of data acquisition
1	4	29 Jun.; 16 Aug.; 28 Sep.; and 7 Oct. 2007
2	3	29 Jun.; 16 Aug.; and 28 Sep. 2007
3	2	16 Aug.; and 28 Sep. 2007
4	1	16 Aug. 2007

Table 3 Signature separability, as represented by the Transformed Divergence values, for different class comparisons.

Group of datasets[1/]	Transformed Divergence (average)	Transformed Divergence[2/] (class comparison)		
		Class 1 vs Class 2	Class 1 vs Class 3	Class 2 vs Class 3
1 (4 datasets)	1.9545	1.9096	1.9484	1.9994
2 (3 datasets)	1.9101	1.8940	1.9207	1.9964
3 (2 datasets)	1.6904	0.6891	1.4912	1.9711
4 (1 dataset)	1.1237	0.3978	0.3576	0.0949

[1/] *See Table 2 for explanation of each group*

[2/] *Class 1 = Paddy rice; Class 2 = Field crops; Class 3 = Forest*

Table 3 แสดงความสามารถในการแยกพื้นที่ของชั้นจำแนกต่างๆ (signature separability) จากข้อมูลภาพเรดาร์เชิงเลขแต่ละกลุ่มที่ใช้ ด้วยค่า Transformed Divergence เมื่อพิจารณาจากเกณฑ์ของ PCI (1994) ที่ระบุว่า ค่า Transformed Divergence >1.9000 - 2.0000 แสดงถึงความสามารถในการแยกพื้นที่ของชั้นจำแนกต่างๆ ในระดับดี (good between-class separability) ค่า Transformed Divergence >1.0000 - 1.9000 แสดงถึงความสามารถในการแยกพื้นที่ของชั้นจำแนกต่างๆ ในระดับต่ำ (poor between-class separability) และค่า Transformed Divergence $\leq$ 1.0000 แสดงถึงความสามารถในการแยกพื้นที่ของชั้นจำแนกต่างๆ ในระดับต่ำมาก (very poor between-class separability) ตารางนี้ชี้ให้เห็นว่า ในกรณีที่ใช้ข้อมูลทั้ง 4 ชุด (ข้อมูลกลุ่มที่ 1) ความสามารถแยกพื้นที่ classes ต่างๆ ออกจากกันโดยรวมอยู่ในเกณฑ์สูง นาข้าวกับพืชไร่ นาข้าวกับป่าไม้ และพืชไร่กับป่าไม้ก็แยกจากกันได้ดี การจำแนกพื้นที่โดยใช้ข้อมูล 3 ชุด (ข้อมูลกลุ่มที่ 2) ก็ให้ผลในลักษณะใกล้เคียงกัน

สำหรับข้อมูลกลุ่มที่ 3 (ประกอบด้วยชุดข้อมูล 2 ชุด) และ กลุ่มที่ 4 (ประกอบด้วยชุดข้อมูล 1 ชุด) ค่า Transformed Divergence แสดงให้เห็นว่า ความสามารถในการแยกพื้นที่ชั้นจำแนกต่างๆ ออกจากกันอยู่ในเกณฑ์ต่ำถึงต่ำมาก ในการศึกษานี้ การจำแนกและทำแผนที่แสดงพื้นที่ปลูกข้าวและสิ่งปกคลุมที่ดินหรือการใช้ที่ดินอื่นๆจึงใช้เฉพาะข้อมูลภาพเรดาร์กลุ่มที่ 1 และ 2 เท่านั้น

ความถูกต้องของแผนที่นาข้าวซึ่งได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลภาพเรดาร์ 4 ชุด

ผลการประเมินความถูกต้องใน **Table 4** แสดงว่าโดยทั่วไปแล้วแผนที่นี้มีความถูกต้องอยู่ในเกณฑ์สูง ความถูกต้องโดยรวมของแผนที่ซึ่งแสดงโดย Overall Accuracy มีค่า 88.68% หมายความว่า 88.68% ของพื้นที่ทั้งหมดบนแผนที่ถูกจำแนกอย่างถูกต้อง KHAT มีค่า 0.7710 หมายความว่าข้อมูลบนแผนที่มีความถูกต้องค่อนข้างดี เมื่อเปรียบเทียบกับ ข้อมูลของสภาพจริงจากจุดสำรวจ ภาคสนาม และเมื่อวิเคราะห์ค่า Z- statistic พบว่า ผลที่ได้ดีกว่าผลการทำแผนที่โดยวิธีการสุ่มที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

สำหรับความถูกต้องของแต่ละชั้นจำแนก เมื่อพิจารณาค่า Producer's Accuracy พบว่า พื้นที่ทุกชั้นจำแนก มีค่าสูง คือ อยู่ในช่วง 80.00 ถึง 100.00 % หมายความว่า พื้นที่จริงประมาณ > 80% ถูกจำแนกอย่างถูกต้องบนแผนที่ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ดี ส่วน User's Accuracy สำหรับ ชั้นจำแนกที่ 1 และ ชั้นจำแนก

Table 4 Performance of the digital classification using 4 sets of RADARSAT-1 SAR data (Group of datasets 1).

Test site[1/]	Classified map[1/]			Total	Producer's Accuracy (%)
	Class 1	Class 2	Class 3		
Class 1	33	4	0	37	89.19
Class 2	1	8	1	10	80.00
Class 3	0	0	6	6	100.00
Total	34	12	7	53	
User's Accuracy (%)	97.06	66.67	85.71		
Overall Accuracy = 88.68 %		KHAT = 0.7710		Z = 5.6562 **	

[1/] *Class 1 = Paddy rice; Class 2 = Field crops; Class 3 = Forest*

*** Significant at the 99 % confidence level*

ที่ 3 อยู่ในระดับสูง คือ 97.06 และ 85.71 % ตามลำดับ หมายความว่า บนแผนที่ พื้นที่ > 85 % ของ ชั้นจำแนกที่ 1 และ 3 ตรงกับสภาพจริง ซึ่งจัดว่าอยู่ในเกณฑ์ดี ในขณะที่พื้นที่ซึ่งเป็นพืชไร่ (ชั้นจำแนกที่ 2) มีค่า User's Accuracy ต่ำกว่า คืออยู่ในระดับปานกลาง (66.67 %) เนื่องจากเกิดความสับสนในการจำแนกระหว่างพื้นที่ปลูกพืชไร่กับพื้นที่ปลูกข้าว (ชั้นจำแนกที่ 1) พื้นที่จำนวนหนึ่งซึ่งถูกจำแนกเป็น ชั้นจำแนกที่ 2 บนแผนที่ ในความเป็นจริงคือ ชั้นจำแนกที่ 1

สำหรับความถูกต้องของแต่ละชั้นจำแนก เมื่อพิจารณาค่า Producer's Accuracy พบว่า พื้นที่ทุกชั้นจำแนก มีค่าสูง คือ อยู่ในช่วง 83.33 ถึง 90.00 % ส่วน User's Accuracy สำหรับ ชั้นจำแนกที่ 1 และชั้นจำแนกที่ 3 อยู่ในระดับสูง คือ 93.94 ถึง 100.00 % ในขณะที่พื้นที่ซึ่งเป็นพืชไร่ (ชั้นจำแนกที่ 2) มีค่า User's Accuracy ต่ำกว่า คืออยู่ในระดับปานกลาง (60.00%) เนื่องจากพื้นที่จำนวนหนึ่งซึ่งถูกจำแนกเป็น ชั้นจำแนกที่ 2 บนแผนที่ ในความเป็นจริงคือ ชั้นจำแนกที่ 1

ความถูกต้องของแผนที่นาข้าวซึ่งได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลภาพเรดาร์ 3 ชุด

แผนที่ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลภาพเรดาร์ 3 ชุด แสดงพื้นที่ปลูกข้าว และสิ่งปกคลุมที่ดิน หรือการใช้ที่ดินอื่นๆ มีความถูกต้องในระดับดีใกล้เคียงกับเมื่อวิเคราะห์ข้อมูลภาพเรดาร์ 4 ชุด ตามที่อธิบายข้างต้น

ผลการประเมินความถูกต้องใน **Table 5** แสดงว่าโดยทั่วไปแล้วแผนที่นี้มีความถูกต้องอยู่ในเกณฑ์สูง ความถูกต้องโดยรวมของแผนที่ซึ่งแสดงโดย Overall Accuracy มีค่า 84.91% และ KHAT มีค่า 0.6989 เมื่อวิเคราะห์ค่า Z- statistic พบว่า ผลที่ได้ดีกว่าผลการทำแผนที่โดยวิธีการสุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากแผนที่ซึ่งได้จากการวิเคราะข้อมูลภาพเรดาร์ 4 ชุด ข้างต้น

สรุป

งานวิจัยนี้ดำเนินการเพื่อศึกษาหาจำนวนชุดข้อมูลภาพเรดาร์ที่เหมาะสมสำหรับทำแผนที่แสดงพื้นที่ปลูกข้าวในเขตลุ่มน้ำชี ทั้งนี้ข้อมูลภาพเรดาร์ที่ใช้ ได้จากดาวเทียม RADARSAT-1 SAR fine mode 4 ชุด บันทึกเมื่อวันที่ 29 มิ.ย. 16 ส.ค. 28 ก.ย. และ 27 ต.ค. 50

การศึกษาทำโดยเปรียบเทียบผลที่ได้จากการใช้วิธี Maximum Likelihood ของ Supervised Classification วิเคราะห์ข้อมูล RADARSAT-1 SAR สองกลุ่ม กลุ่มที่ 1 ประกอบด้วยชุดข้อมูลทั้ง 4 ชุดข้างต้น กลุ่มที่ 2 ประกอบด้วยชุดข้อมูล 3 ชุด ซึ่งผ่านการคัดเลือกโดยใช้ Feature Selection Algorithm แล้ว ซึ่งได้แก่ ชุดข้อมูลวันที่ 29 มิ.ย. 16 ส.ค. และ 28 ก.ย. 2550

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า แผนที่ซึ่งได้จากการใช้ข้อมูลภาพเรดาร์ทั้ง 4 ชุด กับ แผนที่จากการใช้ข้อมูลที่คัดเลือกแล้วเพียง 3 ชุด ต่างมีความถูกต้องอยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ คือ Overall Accuracies > 84 %, ส่วน Producer's Accuracies และ User's Accuracies สำหรับ ชั้นจำแนกนาข้าว > 83 % นอกจากนี้ยังพบว่าแผนที่ทั้งสองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกันโดยใช้ KHAT ร่วมกับ Z-statistic ดังนั้นในกรณีนี้ควรใช้ข้อมูล 3 ชุด เนื่องจากใช้งบประมาณน้อยกว่า แต่ให้ผลใกล้เคียงกัน

เอกสารอ้างอิง

Congalton, R.G., and K. Green. 2009. Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices. 2nd edition. Lewis Publishing, NY.

Dobson, M.C., F.T. Ulaby, and L.E. Pierce. 1995. Land cover classification and estimation of terrain attributes using synthetic aperture radar. Remote Sensing of Environment. 51: 191-214.

Dobson, M.C., L.E. Pierce, and F.T. Ulaby. 1996. Knowledge-based land cover classification using ERS-1/JERS-1 SAR composites. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. 34: 83-99.

Guo, H. 2001. Radar Remote Sensing Applications in China. Taylor and Francis, London.

Jensen, J.R. 1996. Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective. Prentice Hall, NJ.

Kaojarern. S. 2000. Rice Ecosystem Mapping and Soil Moisture Monitoring for Rainfed Lowland using Radar Remote Sensing in Northeastern Thailand. Asian Institute of Technology, School of Advanced Technologies, Bangkok.

Li, X., and A.G. Yeh. 2004. Multitemporal SAR images for monitoring cultivation systems using case-based reasoning. Remote Sensing of Environment. 90: 524-534.

Liew, S. C., S. P. Kam, T.P. Tuong, P. Chen, V. Q. Minh, and H. Lim. 1998. Application of multi-temporal ERS-2 synthetic aperture radar in delineating rice cropping systems in the Mekong River Delta, Vietnam. IEEI Transactions on Geoscience and Remote Sensing. 36:1412-1420

Lillesand, T.M., and R.W. Kiefer. 2004. Remote Sensing and Image Interpretation. 5th edition. John Wiley and Sons, Inc., NY.

Oza, S.R., S. Panigraphy, and J.S. Parihar. 2008. Concurrent use of active and passive microwave remote sensing data for monitoring of rice crop. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. 10: 296-304.

PCI. 1994. Manual of PACE Multispectral Analysis Version 5.3. PCI Inc., ON.

Shao, Y., X. Fan., H. Liu., J. Xiao., S. Ross., B. Brisco., R. Brown., and G. Staples. 2001. Rice monitoring and production estimation using multi-temporal RADARSAT. Journal of Remote Sensing of Environment. 76: 310-325.