

การพัฒนาฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ภูมิอากาศ ในระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว

เมธี เอกะสิงห์¹ และ จุไรพร แก้วทิพย์²

คำนำ

ข้อมูลภูมิอากาศรายวันเป็นข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการคาดคะเนผลผลิตพืช อย่างไรก็ตาม สถานีตรวจอากาศในประเทศไทยมีจำนวนน้อยและกระจายอยู่ไม่ทั่วถึง ซึ่งทำให้การประมาณค่าข้อมูลในพื้นที่ที่อยู่ไกลจากสถานีไม่ถูกต้อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ที่มีภูมิประเทศลาดชัน และในบางครั้งอาจตัดสินใจเลือกสถานีที่เป็นตัวแทนทำได้ลำบาก เนื่องจากบริเวณที่ต้องการอยู่ระหว่างสถานีตรวจอากาศหลายสถานี ทำให้การจำลองผลผลิตพืชในพื้นที่ที่อยู่ห่างไกลสถานีทำได้ยาก ดังนั้นการพัฒนาฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ภูมิอากาศในระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าวจึงเป็นสิ่งจำเป็น เนื่องจากสามารถจัดเก็บ เรียกใช้ และแสดงข้อมูลเชิงพื้นที่ของภูมิอากาศ ณ ตำแหน่งใดๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ฐานข้อมูลที่ได้สามารถแปลงเป็นแฟ้มข้อมูลที่สามารถนำเข้าในแบบจำลองข้าว CERES-Rice รวมทั้งแสดงผลในรูปของแผนที่ภูมิอากาศเพื่อประกอบการวางแผนการปลูกพืชและจัดการทรัพยากรธรรมชาติ เนื่องจากการประมาณผลผลิตข้าวโดยอาศัยแบบจำลองข้าวต้องการปริมาณน้ำฝน (RTOT), จำนวนวันฝนตก (RNUM), อุณหภูมิสูงสุด (TMAX), อุณหภูมิต่ำสุด (TMIN) และรังสีอาทิตย์ (SRAD) ดังนั้นจึงต้องพัฒนาวิธีการแปลงข้อมูลเชิงตำแหน่งของสถานีตรวจอากาศที่กระจายอยู่ภายในและรอบๆ จังหวัดเชียงใหม่และพิษณุโลก ให้เป็นข้อมูลภูมิอากาศเชิงพื้นที่

การประมาณค่าข้อมูลภูมิอากาศเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การประมาณค่าโดยอาศัยรูปเหลี่ยม Thiessen (Lal and Al-Mushidani; Creutin and Obled, 1982) ซึ่งข้อมูลภูมิอากาศภายในรูปเหลี่ยมแต่ละรูปมีค่าสมมาเสมอเท่ากันตลอดและเท่ากับค่าที่วัดได้จากสถานีอุตุนิยมวิทยาในรูปเหลี่ยม Thiessen นั้น ส่วนวิธีการถ่วงน้ำหนักตามระยะทาง (Inverse Distance Weighting, IDW) ค่าที่ประมาณได้ขึ้นอยู่กับระยะทางระหว่างตำแหน่งของสถานีตรวจอากาศกับจุดที่ต้องการประมาณค่าหนึ่งๆ (Bonham-Carter, 1994) กล่าวคือบริเวณที่อยู่ใกล้สถานีตรวจอากาศจะมีค่าที่ประมาณได้ใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้ ณ สถานีตรวจอากาศ วิธีนี้จะให้ผลดีเมื่อมีการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเครือข่ายสถานีตรวจอากาศที่มีความหนาแน่นเพียงพอ

¹ ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

² ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

การหาค่าถ่วงน้ำหนักเพื่อใช้ประมาณค่าข้อมูลภูมิอากาศ ณ ตำแหน่งใดๆ สามารถทำได้โดยวิธีการ Kriging เช่นกัน ในวิธีการนี้การคำนวณค่าถ่วงน้ำหนักได้จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคู่ข้อมูลทุกคู่ที่จับบันทึกได้ ณ สถานีตรวจอากาศสองสถานีที่ห่างกันเป็นระยะทางต่างๆ ทุกคู่สถานีในพื้นที่ศึกษา และแสดงความสัมพันธ์ดังกล่าวในรูปของวาริโอแกรม (variogram) ดังนั้นจึงอาจใช้โมเดลทางคณิตศาสตร์คำนวณหาค่าถ่วงน้ำหนักเพื่อนำไปประมาณค่าข้อมูลภูมิอากาศ ณ ตำแหน่งใดๆ ได้ในพื้นที่ศึกษา Tabios and Sallas (1985) ได้เปรียบเทียบการประมาณค่าปริมาณน้ำฝนโดยวิธีการ Kriging พบว่าให้ผลลัพธ์ที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าวิธีการอื่น อย่างไรก็ตามในพื้นที่ที่มีภูมิประเทศเป็นภูเขาสูงและมีระดับความสูงแตกต่างกันมาก ความแปรปรวนของภูมิอากาศในพื้นที่อาจได้รับอิทธิพลจากความสูงของพื้นที่จากน้ำทะเล โดยเฉพาะอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝน ดังนั้นการประมาณค่าข้อมูลภูมิอากาศในเชิงพื้นที่จึงควรนำระดับความสูงเข้ามาเป็นตัวแปรร่วมในการวิเคราะห์ค่าถ่วงน้ำหนักด้วย

วิธีการหนึ่งที่สามารถนำตัวแปรอื่นเข้ามาร่วมวิเคราะห์กับข้อมูลเชิงตำแหน่งของสถานีอุตุนิยมวิทยาในทิศตะวันออก-ตะวันตกและเหนือ-ใต้ คือวิธีการ Co-kriging ซึ่งจะต้องมีการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (covariance) ก่อนที่จะทำการวิเคราะห์ตามขั้นตอนของวิธีการ Kriging จากการศึกษาที่ผ่านมาในหลายพื้นที่แถบภูเขาสูงพบว่าการนำระดับความสูงมาร่วมในการประมาณค่าปริมาณน้ำฝนโดยวิธีการ Co-kriging ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าวิธีอื่น (Phillips et al., 1992; Garen et al., 1994) ข้อจำกัดของวิธีการวิเคราะห์แบบ Co-kriging คือต้องการซอฟต์แวร์ที่ช่วยการวิเคราะห์ที่เฉพาะเจาะจง ซึ่งในปัจจุบันซอฟต์แวร์ที่มีอยู่ยังมีขีดความสามารถจำกัด รวมทั้งใช้เวลานานเกินไปในการประมวลผลเมื่อต้องการประมาณค่าข้อมูลภูมิอากาศให้ได้ผลลัพธ์เป็นกริดที่กินบริเวณกว้าง สำหรับจัดเก็บเป็นชั้นข้อมูลในระบบ GIS

นอกจากจะใช้ระดับความสูงจากน้ำทะเลแล้ว Daly and Taylor (1996) ยังใช้ทิศทางของความลาดชันของพื้นที่ในการประมาณค่าปริมาณน้ำฝนในบริเวณภูมิประเทศที่เป็นเทือกเขา ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพลออโรกราฟิก (orographic effects) ทำให้พื้นที่บริเวณเทือกเขาด้านรับลมมรสุม มีปริมาณน้ำฝนเพิ่มขึ้นตามระดับความสูง การประมาณค่าปริมาณน้ำฝนบริเวณดังกล่าวสามารถทำได้โดยการใช้โมเดล PRISM (Precipitation Elevation Regressions on Independent Slopes Model) ซึ่งพบว่าให้ค่าความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าน้อยกว่าวิธีอื่น และถึงแม้ว่าผลลัพธ์จาก PRISM สามารถจัดเก็บในระบบ GIS ได้ดี แต่ในปัจจุบันโปรแกรมนี้ยังอยู่ในระหว่างการพัฒนา อีกทั้งยังไม่ได้มีการเผยแพร่อย่างกว้างขวาง

การประมาณค่าข้อมูลภูมิอากาศเชิงพื้นที่ที่มีประสิทธิภาพทั้งในแง่ลดความคลาดเคลื่อนและการเชื่อมโยงกับ GIS ได้แก่ วิธีการ Thin Plate Spline, TPS (Hutchinson and Gessler, 1994; Hutchinson, 1996) วิธีการนี้ต้องการข้อมูลนำเข้าเป็นข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ยรายคาบที่มีการบันทึกไว้ ณ สถานีอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่ศึกษา นอกจากนี้ยังใช้ระดับความสูงของพื้นที่เพื่อประมาณค่าข้อมูลภูมิอากาศ แล้วสร้างเป็นกริดที่สามารถแสดงข้อมูลภูมิอากาศเป็นข้อมูลต่อเนื่องในระบบ GIS ได้ เนื่องจากวิธีการนี้สามารถประมาณค่าข้อมูลภูมิอากาศที่อาจมีการบันทึกไม่

สมบูรณ์แต่มีข้อมูลเฉลี่ยรายคาบพร้อมจำนวนปีที่บันทึก ประกอบกับการประมวลผลที่มีประสิทธิภาพและสามารถเชื่อมโยงกับ GIS ได้ดี ดังนั้นจึงมีศักยภาพที่จะนำมาทดสอบเพื่อการประมาณค่าข้อมูลภูมิอากาศเชิงพื้นที่ในงานวิจัยนี้

เมื่อพิจารณาจากผลงานวิจัยข้างต้น การพัฒนาฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ภูมิอากาศในระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าวจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าข้อมูลภูมิอากาศเชิงพื้นที่โดยวิธีการ Thiessen, IDW, Kriging และ TPS สำหรับนำไปสร้างฐานข้อมูลเชิงพื้นที่จากข้อมูลภูมิอากาศรายวันซึ่งสามารถเชื่อมโยงได้กับแบบจำลองการเจริญเติบโตของพืชเพื่อนำไปใช้ร่วมกับข้อมูลอื่นในการทำนายผลผลิตของพืช

วิธีการศึกษา

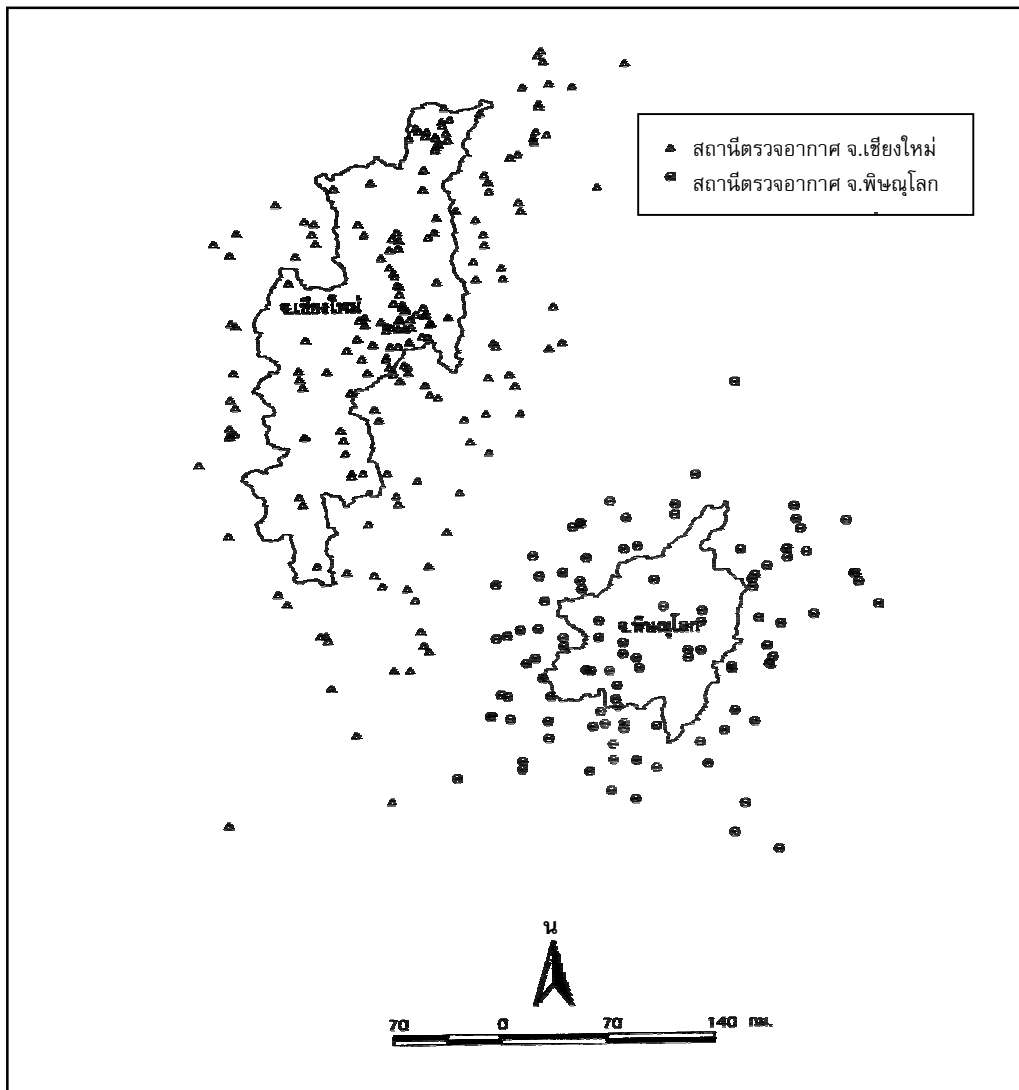
แหล่งข้อมูลและขอบเขตของการศึกษา

ข้อมูลภูมิอากาศที่ใช้ในโครงการวิจัยนี้ ได้แก่ ข้อมูลปริมาณน้ำฝน จำนวนวันฝนตก อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และค่ารังสีอาทิตย์ รวมทั้งรายละเอียดของสถานีตรวจอากาศ เช่น ชื่อสถานีและตำแหน่งที่ตั้ง ได้มาจาก 4 หน่วยงานอันได้แก่ กรมอุตุนิยมวิทยา กรมชลประทาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน และมูลนิธิโครงการหลวงซึ่งจะเป็นข้อมูลในส่วนของสถานีตรวจอากาศบนพื้นที่สูงในจังหวัดเชียงใหม่ สำหรับข้อมูลน้ำฝน อุณหภูมิ และค่ารังสีอาทิตย์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ทั้งภายในจังหวัดและจังหวัดที่อยู่ใกล้เคียงมีจำนวน 200, 54 และ 6 สถานี ตามลำดับ ส่วนจังหวัดพิษณุโลกเป็น 105, 19 และ 6 สถานี ตามลำดับเช่นกัน จำนวนปีของข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์แตกต่างกันตามประวัติของสถานีตรวจอากาศ นั่นคือมีตั้งแต่ 5-40 ปี การกระจายตัวของสถานีตรวจอากาศที่ใช้ในการศึกษาแสดงดังรูปที่ 3-1

การเตรียมข้อมูลเพื่อใช้ในการประมาณค่าเชิงพื้นที่

การตรวจสอบความถูกต้อง

การเตรียมข้อมูลสำหรับใช้ในการประมาณค่าเชิงพื้นที่ภูมิอากาศนี้ เริ่มจากการนำข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่อยู่ในรูปของตารางข้อมูล และที่เก็บเป็น text file มาตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลก่อน เพื่อขจัดข้อผิดพลาดจากการนำเข้าข้อมูลและจากความผิดปกติของข้อมูลจากแหล่งข้อมูลเดิม ถ้าพบว่ามีช่วงเวลาใดที่ช่วงของข้อมูลขาดหายเป็นเวลานาน ผิดปกติในปีใดของสถานีใด จะพิจารณาตัดข้อมูลในปีนั้นออกจากรฐานข้อมูล หรือถ้าสถานีใดมีจำนวนปีในการเก็บข้อมูลน้อยกว่า 5 ปี ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากบางสถานีเพิ่งตั้งใหม่หรือมีการเก็บข้อมูลที่ไม่ดีนัก สถานีนั้นจะไม่ถูกนำมาวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลอื่น เพราะอาจทำให้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลผิดพลาดได้จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ค่าสถิติเชิงพรรณนาต่างๆ เช่น ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นต้น เพื่อดูความผิดปกติของข้อมูลแต่ละสถานี จากนั้นจึงแปลงฐานข้อมูลรายวันให้เป็นรายเดือนต่อไป



รูปที่ 3-1 สถานีตรวจอากาศที่บันทึกข้อมูลที่ใช้ในการสร้างชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ภูมิอากาศในจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดพิษณุโลก

การแปลงฐานข้อมูลรายวันเป็นรายเดือน

การจัดเก็บฐานข้อมูลภูมิอากาศเชิงพื้นที่เป็นชั้นข้อมูลรายเดือนแทนที่จะเป็นรายวันในระบบ GIS ทำให้ความต้องการเนื้อที่ในการจัดเก็บน้อยลง แต่สามารถแปลงกลับมาเป็นข้อมูลรายวันได้เมื่อต้องการนำเข้าไปในแบบจำลอง CERES-Rice โดยใช้ชุดโปรแกรมย่อย WGEN (Pickering et al., 1994; Hansen et al., 1994) ในโปรแกรม DSSAT ได้ นอกจากนี้ข้อมูลภูมิอากาศเชิงพื้นที่รายเดือนยังเหมาะที่จะนำไปวิเคราะห์เป็นเขตภูมิอากาศเพื่อสร้างหน่วยแผนที่สำหรับการจำลอง (Simulation Mapping Unit, SMU) ในการประมาณผลผลิตข้าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ฐานข้อมูลภูมิอากาศรายเดือนที่ต้องการประกอบตัวรหัสสถานีตรวจอากาศ พิกัดของสถานี ค่ารังสีอาทิตย์เฉลี่ยรายเดือน อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือน อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือน ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน และจำนวนวันฝนตกเฉลี่ยรายเดือน การแปลงข้อมูลภูมิอากาศรายวันเป็นรายเดือนทำได้โดยการจัดข้อมูลทั้งหมดให้อยู่ในรูปแบบ DSSAT สามารถอ่านได้ โปรแกรมจะประมวลผลและให้ผลลัพธ์เป็นแฟ้มข้อมูลดังกล่าวของแต่ละสถานีตามต้องการ จากนั้นจึงนำค่าที่ได้ไปใช้ในการประมาณค่าเชิงพื้นที่ นอกจากนี้โปรแกรม DSSAT ยังสามารถสร้างข้อมูลรายวันที่ขาดหายก่อนที่จะแปลงเป็นข้อมูลรายเดือนอีกด้วย

สำหรับข้อมูลรังสีอาทิตย์นั้นเนื่องจากแบบจำลอง CERES-Rice ต้องการข้อมูลที่มีหน่วยเป็น MJ/m²/d ดังนั้นจึงทำการแปลงข้อมูลจำนวนชั่วโมงที่มีแสงแดดให้เป็นค่ารังสีอาทิตย์โดยใช้สมการความสัมพันธ์ระหว่างค่ารังสีอาทิตย์ที่ผิวโลก (Rg) กับค่ารังสีอาทิตย์ที่ผิวบรรยากาศโลก (extraterrestrial radiation, Ra) ตามรายงานของ Oldeman and Fere (1982)

ขั้นตอนนี้สามารถดำเนินการได้ในโปรแกรม DSSAT หลังจากการนำเข้าและตรวจสอบข้อมูลรายวันจำนวนชั่วโมงที่มีแสงแดดแล้ว สร้างแฟ้มข้อมูลรังสีอาทิตย์เฉลี่ยรายเดือนด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ภูมิอากาศใน DSSAT เช่นเดียวกับข้อมูลภูมิอากาศอื่นๆ

ชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่รายเดือนที่ได้จากขั้นตอนที่กล่าวมาข้างต้น จะนำไปวิเคราะห์เพื่อประมาณค่าแบบต่อเนื่องในเชิงพื้นที่ พร้อมทั้งจัดเก็บข้อมูลในรูปกริด ซึ่งแต่ละกริดมีขนาด 2x2 ตารางกิโลเมตรในขั้นตอนต่อไป ทั้งนี้เพื่อเป็นการลดจำนวนข้อมูลและเวลาในการจำลองให้เหมาะสมกับการทำงานบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์โดยไม่สูญเสียรายละเอียดของข้อมูลภูมิอากาศมากนัก

การประมาณค่าแบบต่อเนื่องในเชิงพื้นที่

ทำการสร้างชั้นข้อมูล (coverage) ของสถานีตรวจอากาศใน ARC/INFO (ESRI, 1994a) โดยการนำเข้าหมายเลขกำกับและพิกัดของสถานีตรวจอากาศเป็นไฟล์ประเภท ASCII เนื่องจากพิกัดของสถานีเป็นระบบพิกัดภูมิศาสตร์ (geographic coordinates) ที่มีหน่วยเป็นองศาและลิปดาของเส้นรุ้ง (latitude) และเส้นแวง (longitude) จึงต้องแปลงระบบพิกัดเป็นระบบ Universal Transverse Mercator (UTM) ที่มีหน่วยระยะทางเป็นเมตรซึ่งเป็นระบบพิกัดมาตรฐานสำหรับชั้นข้อมูลทุกชั้นในการศึกษา นี้ ดังนั้นในขั้นตอนนี้ ชั้นข้อมูลปริมาณน้ำฝน จำนวนวันฝนตก อุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุด และรังสีอาทิตย์ จึงเป็นชั้นข้อมูลประเภท point ที่มีพิกัดของสถานีตรวจวัดเป็นระบบ UTM ทั้งหมด

ได้ทำการทดสอบการประมาณค่าเชิงพื้นที่ทั้งหมด 4 วิธีการด้วยกันคือ วิธี Thiessen, วิธีถ่วงน้ำหนักผกผันตามระยะทาง (IDW), วิธีถ่วงน้ำหนักแบบ Kriging และวิธี Thin Plate Spline (TPS)

วิธี Thiessen

การกำหนดเขตของแต่ละสถานีตรวจอากาศด้วยวิธี Thiessen ทำได้โดยการลากเส้นแบ่งครึ่งและตั้งฉากกับเส้นเชื่อมระหว่างสองสถานีตรวจวัดภูมิอากาศที่อยู่ใกล้เคียง จุดตัดของเส้นแบ่งครึ่งและตั้งฉากคือมุมของรูปเหลี่ยม Thiessen ภายในรูปเหลี่ยมจะมีค่าข้อมูลภูมิอากาศค่าเดียวกัน พื้นที่ของรูปเหลี่ยมจะขึ้นอยู่กับความหนาแน่น (จำนวน/พื้นที่) ของสถานีตรวจอากาศ บริเวณที่มีความหนาแน่นของสถานีตรวจอากาศสูง รูปหลายเหลี่ยมจะมีปริมาณมากแต่มีเนื้อที่น้อย แต่ถ้าในพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของสถานีวัดน้ำฝนน้อย รูปเหลี่ยม Thiessen จะใหญ่และมีปริมาณน้อย (Watson, 1992) วิธีการนี้สามารถดำเนินการได้โดยอัตโนมัติในโปรแกรม ARC/INFO ด้วยการนำเข้าตำแหน่งที่ตั้งของสถานีตรวจอากาศให้เป็นข้อมูลประเภทจุด (point) ซึ่งค่าข้อมูลภูมิอากาศที่ได้จะเป็นไปตามค่าที่วัดได้จากสถานีตรวจอากาศที่ตกอยู่ในพื้นที่รูปเหลี่ยมนั้นๆ

วิธี IDW

วิธีการนี้ใช้หลักการถ่วงน้ำหนักระหว่างระยะทางจากจุดที่ต้องการหาค่ากับตำแหน่งที่ตั้งของสถานีตรวจอากาศ ด้วยการนำชั้นข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งของสถานีเชื่อมต่อกับข้อมูลบรรยายรายเดือนภูมิอากาศ แล้วจึงใช้คำสั่งในโปรแกรม ARC/INFO GRID (ESRI, 1994b) คือ IDW ในการสร้างข้อมูลเชิงพื้นที่ภูมิอากาศ ซึ่งจะได้ผลเป็นกริดที่มีค่าต่อเนื่องกัน และสามารถนำไปสร้างเป็นเส้นชั้นแสดงข้อมูลภูมิอากาศได้

วิธี Kriging

วิธีการนี้ประมาณค่าถ่วงน้ำหนักโดยใช้แบบจำลอง semivariogram ในโปรแกรม GS+ (Robertson, 1998) เพื่อวิเคราะห์หาค่าวาเรียนซ์ในการประมาณค่าข้อมูล ณ ตำแหน่งที่ไม่ได้บันทึกข้อมูล การดำเนินการเริ่มจากนำเข้าพิกัดของสถานีและค่าข้อมูลภูมิอากาศรายเดือนที่ได้ในขั้นตอนที่ผ่านมา ทำการวิเคราะห์ค่า semivariance (γ) และเลือกโมเดลที่ดีที่สุดที่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง γ และระยะทาง (lag distance) สำหรับแต่ละชุดข้อมูล โดยพิจารณาจากค่า coefficient of determination (r^2) และ residual sum square (RSS) ของแต่ละโมเดล ถ้าค่า r^2 ให้ค่าต่ำผิดปกติ ต้องตรวจสอบการกระจายตัวของค่าวาเรียนซ์ (variogram cloud) ของข้อมูล ถ้าพบ outlier ให้ตรวจสอบว่าเป็นข้อมูลจากสถานีตรวจอากาศคูใด แล้วทำการขจัดข้อมูลคูนั้นออกจากการวิเคราะห์ ก่อนจะทำการเลือกโมเดลใหม่ที่มีค่า r^2 สูงสุดหรือให้ค่า RSS ต่ำที่สุด เมื่อได้โมเดลที่อธิบายวาริโอแกรมได้ดีที่สุดแล้วจึงทำการประมาณค่าเชิงพื้นที่ต่อไป ผลที่ได้จากการประมาณค่าเป็นกริดที่มีค่าต่อเนื่อง นอกจากนี้ยังแสดงค่าวาเรียนซ์ในรูปแบบแผนที่ได้ ซึ่งทำให้สามารถพิจารณาติดตั้งสถานีตรวจอากาศเพิ่มเติม ณ ตำแหน่งใดในพื้นที่ได้ถ้าต้องการ

วิธี TPS

การประมาณค่าโดยวิธี TPS นอกจากจะใช้ข้อมูลรหัสสถานีตรวจอากาศ ชื่อสถานีตรวจอากาศ ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีพิกัดเป็นเส้นแวงและเส้นรุ้ง และข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือน พร้อมทั้งค่าความเรียบของข้อมูลแต่ละเดือนแล้ว ยังต้องการความสูงจากระดับน้ำทะเลของที่ตั้งสถานี แยกเก็บเป็นรายชนิดข้อมูล ประกอบด้วยแฟ้มข้อมูลปริมาณน้ำฝน จำนวนวันฝนตก อุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุด เพื่อใช้ในโปรแกรม ANUSPLIN v.3.2 (Hutchinson, 1997) จากนั้นโปรแกรมจะคำนวณค่าสถิติโดยสรุปของข้อมูล พร้อมทั้งรายงานค่าความคลาดเคลื่อน (residuals) ของแต่ละสถานีตรวจอากาศให้ เพื่อประโยชน์ในการตรวจสอบความผิดพลาดของพิกัดหรือความสูงจากระดับน้ำทะเลของแต่ละสถานี ในที่สุดจะคำนวณค่า generalized cross validation (GCV) และค่า root mean square error (RMSE) ซึ่งเป็นค่าสำหรับวัดระดับความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าข้อมูลของแต่ละเดือนได้ เมื่อได้ค่า surface coefficient ที่ทำให้ค่า GCV และ RMSE ของการประมาณค่าที่ต่ำที่สุดแล้ว ให้เก็บเป็นแฟ้มข้อมูลเพื่อนำไปสร้างเป็นชั้นข้อมูลภูมิอากาศแบบต่อเนื่องในขั้นตอนต่อไป

การสร้างชั้นข้อมูลภูมิอากาศรายเดือนแบบต่อเนื่องทำได้โดยใช้โปรแกรมย่อย ESOCIM ในโปรแกรม ANUCLIM v.1.8 (Hutchinson et al., 1998) ซึ่งต้องการข้อมูลภูมิประเทศเชิงตัวเลข (Digital Elevation Model, DEM) ตามวิธีการสร้างที่อธิบายอย่างละเอียดในเมธีและคณะ (2541) และ surface coefficient ของข้อมูลภูมิอากาศรายเดือนแต่ละชนิดซึ่งสร้างขึ้นจากโปรแกรม ANUSPLIN ในขั้นตอนที่ผ่านมา เมื่อได้ชั้นข้อมูลปริมาณน้ำฝน จำนวนวันฝนตก อุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุดแล้ว จึงแปลงระบบพิกัดเป็น UTM เพื่อใช้วิเคราะห์ร่วมกับชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่อื่นๆ

การประมาณค่าข้อมูลปริมาณน้ำฝน จำนวนวันฝนตก อุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุด จะใช้วิธีการทั้ง 4 วิธีในการประมาณค่า ก่อนที่จะเลือกวิธีการประมาณค่าที่ดีที่สุดมาใช้กับแต่ละชนิดข้อมูลสำหรับข้อมูลรังสีอาทิตย์นั้น เนื่องจากจำนวนสถานีตรวจอากาศที่บันทึกข้อมูลจำนวนชั่วโมงที่มีแสงแดดมีจำนวนเพียง 6 สถานีรอบจังหวัดเชียงใหม่ และ 6 สถานีรอบจังหวัดพิษณุโลก จึงไม่อาจประมาณค่าโดยวิธี Kriging ได้ ดังนั้นจึงทำการประมาณค่ารังสีอาทิตย์เชิงพื้นที่ด้วยวิธี IDW ใน ARC/INFO ผลที่ได้จัดเก็บเป็นแฟ้มข้อมูลประเภทกริดเช่นเดียวกันกับข้อมูลภูมิอากาศอื่น

การเปรียบเทียบความแม่นยำในการประมาณค่า

ทำการเปรียบเทียบความแม่นยำในการประมาณค่าของข้อมูลภูมิอากาศ โดยวิธี Cross validation ด้วยการตัดข้อมูลภูมิอากาศที่บันทึกไว้ ณ สถานีตรวจอากาศ 1 สถานีแล้วทำการประมาณค่าเหล่านั้น ณ ตำแหน่งสถานีที่ตัดข้อมูลนั้นออก โดยใช้วิธีการประมาณค่าของแต่ละวิธี ดังรายละเอียดที่ได้กล่าวไปแล้ว ถ้าทำการตัดข้อมูลภูมิอากาศออกครั้งละสถานีเป็นจำนวนมาก ครั้งพอ สามารถนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลที่วัดจริงได้ ณ สถานีเหล่านั้น พร้อมทั้งคำนวณเป็นค่า RMSE ซึ่งจะบ่งชี้ความแม่นยำของการประมาณค่าได้

การสร้างเขตภูมิอากาศ

การสร้างเขตภูมิอากาศทำได้โดยวิธีการวิเคราะห์กลุ่ม (cluster analysis) ซึ่งวิเคราะห์ความคล้ายคลึงกันของข้อมูลภูมิอากาศของพื้นที่แต่ละกริดซึ่งมีขนาด 2x2 ตารางกิโลเมตร ที่สร้างขึ้นจากการประมาณค่าและสร้างชั้นข้อมูลต่อเนื่องโดยวิธี TPS การวิเคราะห์กลุ่มดำเนินการในโปรแกรม SPSS และใช้วิธี K-mean hierarchical clustering (Sharma, 1996) โดยกำหนดให้มี 10 กลุ่มทั้งในจังหวัดเชียงใหม่และพิษณุโลก

การกำหนดเขตภูมิอากาศสำหรับการจำลองผลผลิตข้าวนาปีและข้าวนาปรังนั้นดำเนินการแยกกัน เนื่องจากภูมิอากาศที่กำหนดการเจริญเติบโตของข้าวนาปีและข้าวนาปรังแตกต่างกัน กล่าวคือปริมาณน้ำฝนและจำนวนวันฝนตกมีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวนาปี โดยเฉพาะเขตอาศัยน้ำฝนมากกว่าที่จะเป็นอุณหภูมิ สำหรับอุณหภูมิต่ำสุดและสูงสุดนั้นจะเป็นตัวกำหนดผลผลิตของข้าวนาปรัง ซึ่งต้องอาศัยน้ำชลประทานมากกว่าที่จะเป็นปริมาณน้ำฝนและจำนวนวันฝนตก เนื่องจากช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงฤดูแล้ง ดังนั้นการวิเคราะห์กลุ่มเพื่อกำหนดเขตภูมิอากาศของข้าวนาปีในจังหวัดเชียงใหม่จึงใช้ชั้นข้อมูลภูมิอากาศระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงธันวาคมซึ่งอยู่ในช่วงฤดูข้าวนาปี ส่วนเขตภูมิอากาศสำหรับการจำลองผลผลิตข้าวนาปรังในจังหวัดเชียงใหม่ ใช้ชั้นข้อมูลระหว่างเดือนมกราคมถึงมิถุนายน อย่างไรก็ตามข้อมูลภูมิอากาศทั้งสองฤดูปลูกที่ใช้ในการวิเคราะห์กลุ่ม ประกอบด้วยชั้นข้อมูลรายเดือนเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝน จำนวนวันฝนตก อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ของแต่ละกริดขนาด 2x2 ตารางกิโลเมตร เช่นเดียวกัน

สำหรับจังหวัดพิษณุโลกนั้นเนื่องจากการปลูกข้าวนาปรังสามารถทำได้ 2 รุ่น โดยที่รุ่นแรกปลูกในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์ ส่วนรุ่นที่ 2 อยู่ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงมิถุนายน ดังนั้นจึงได้จัดเขตภูมิอากาศออกเป็น 3 ช่วง ช่วงแรกเป็นเขตภูมิอากาศสำหรับปลูกข้าวนาปีซึ่งสร้างโดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงธันวาคม ช่วงที่สองเป็นเขตภูมิอากาศสำหรับการปลูกข้าวนาปรังรุ่นที่ 1 สร้างขึ้นโดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศระหว่างเดือนตุลาคมถึงมีนาคม และช่วงที่สามเป็นเขตภูมิอากาศสำหรับการปลูกข้าวนาปรังรุ่นที่ 2 โดยการวิเคราะห์กลุ่มจากข้อมูลภูมิอากาศระหว่างเดือนมกราคมถึงมิถุนายน เขตภูมิอากาศทั้งสามช่วงสามารถนำไปใช้ได้กับการปลูกข้าวในจังหวัดพิษณุโลกไม่ว่าช่วงฤดูปลูกจะเป็นช่วงใดของปี

สำหรับข้อมูลอธิบายที่ใช้ประกอบในแต่ละเขตภูมิอากาศนั้นได้มาจากการนำเขตภูมิอากาศและข้อมูลภูมิอากาศที่เป็นกริดทั้งหมดมาวิเคราะห์สถิติเชิงพื้นที่ในโปรแกรม ArcView ดังนั้นจะได้เขตภูมิอากาศที่มีสถิติของข้อมูลภูมิอากาศที่ต้องการประจำแต่ละเขต

ผลของการวิเคราะห์กลุ่มสามารถจัดเก็บเป็นแฟ้มข้อมูลประกอบด้วยหมายเลขระบุตำแหน่งกริด หมายเลขเขตภูมิอากาศ และข้อมูลภูมิอากาศรายเดือนเฉลี่ยของเขตภูมิอากาศนั้นๆ จากนั้นจึงแปลงให้อยู่ในรูปของชั้นข้อมูลซึ่งมีพิกัด UTM ใน GIS เพื่อประโยชน์ในการแสดงผลและวิเคราะห์ร่วมกับชั้นข้อมูลอื่นๆ และเพื่อสร้างเป็น SMU สำหรับจำลองผลผลิตข้าวในแบบจำลอง CERES-Rice ต่อไป

ผลการศึกษา

การสร้างชั้นข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือน

หลังจากนำเข้าข้อมูลภูมิอากาศต่างๆ ที่บันทึกได้ตามสถานีตรวจอากาศแล้ว โปรแกรม DSSAT จะคำนวณค่าสถิติต่างๆ ของทั้งปริมาณน้ำฝน จำนวนวันฝนตก อุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุด และค่ารังสีอาทิตย์ และจัดเก็บในแฟ้มข้อมูลภูมิอากาศ (.CLI) ประจำสถานีซึ่งมีพิกต์บอกตำแหน่งของสถานีนั้นๆ (ตารางที่ 3-1) ข้อมูลที่ได้ในตารางนี้จะถูกแปลงเป็น item ของตารางประกอบชั้นข้อมูลตำแหน่งของสถานีตรวจอากาศเพื่อนำไปสร้างชั้นข้อมูลภูมิอากาศรายเดือนเฉลี่ยเชิงพื้นที่ การประมาณค่าเชิงพื้นที่ของข้อมูลภูมิอากาศ

ตารางที่ 3-1 แฟ้มข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือนที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลภูมิอากาศรายวัน
ในโปรแกรม DSSAT

```

*CLIMATE : FANG
@ INSI   LAT   LONG  ELEV  TAV  AMP  SRAY  TMXY  TMNY  RAIY
CMO1    19.530 99.140 0    26.2  5.8  19.0  32.1  20.2  1377
@START  DURN  ANGA  ANGB  REFHT WNDHT SOURCE
1975    19    0.25  0.50 -99.0 -99.0 Calculated_from_daily_data
@ GSST   GSDU
1       365

*MONTHLY AVERAGES
@ MTH   SAMN  XAMN  NAMN  RTOT  RNUM  SHMN  AMTH  BMTH
1      18.2  28.9  15.0  8.5   0.7  -99.0 0.250 0.500
2      19.9  32.3  17.9  11.4  0.9  -99.0 0.250 0.500
3      21.8  35.4  19.9  14.4  1.6  -99.0 0.250 0.500
4      22.0  37.0  24.5  82.6  6.1  -99.0 0.250 0.500
5      24.2  39.2  26.1  182.2 14.7 -99.0 0.250 0.500
6      17.6  33.6  23.9  175.0 14.4 -99.0 0.250 0.500
7      14.5  30.4  22.8  216.5 17.1 -99.0 0.250 0.500
8      15.3  28.6  21.9  268.1 19.2 -99.0 0.250 0.500
9      17.9  29.8  21.8  235.2 13.7 -99.0 0.250 0.500
10     20.9  32.0  18.5  123.4 9.4  -99.0 0.250 0.500
11     18.1  29.9  16.5  45.4  3.8  -99.0 0.250 0.500
12     17.7  28.4  13.7  14.0  1.0  -99.0 0.250 0.500

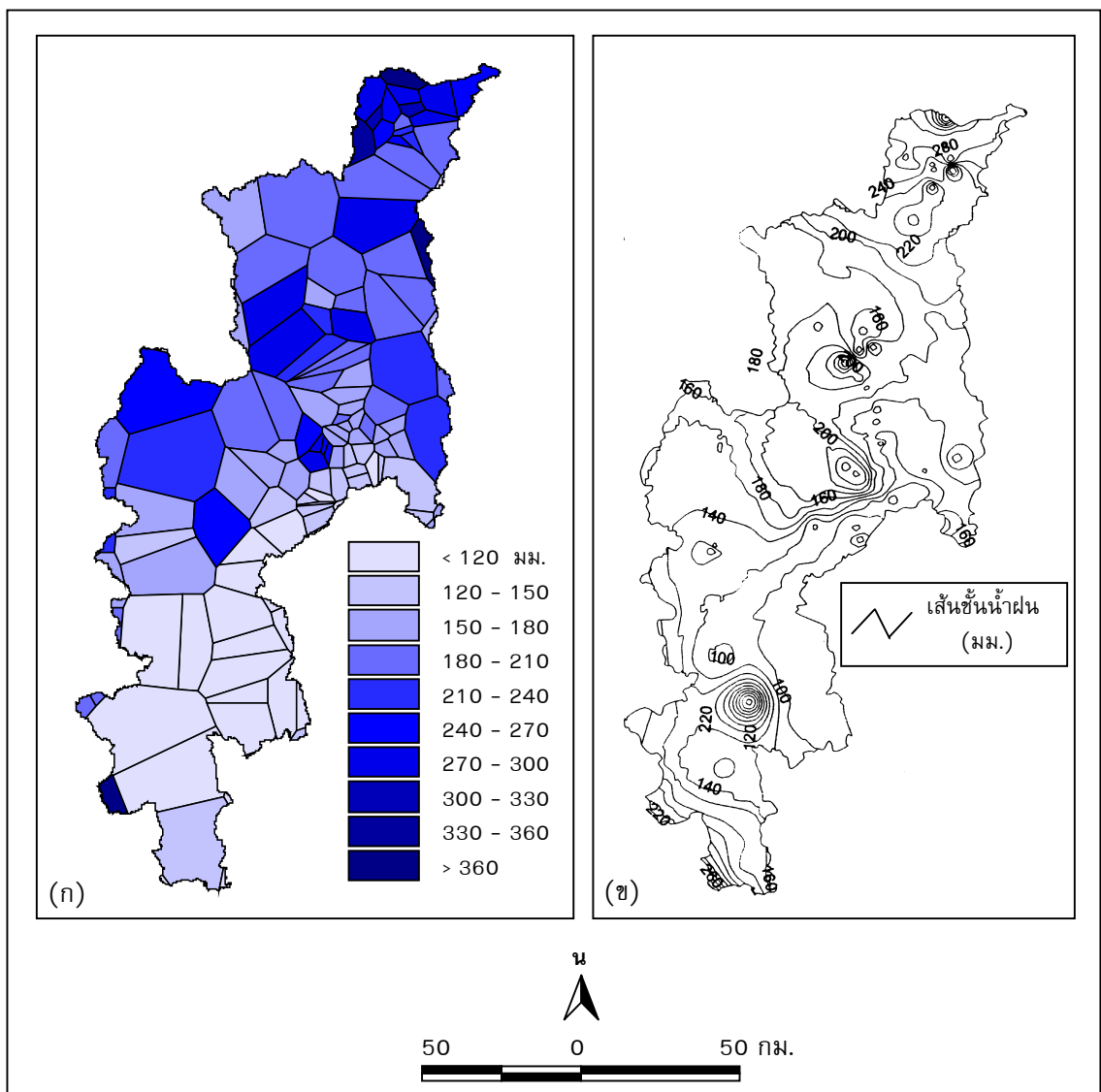
*FLAGGED DATA COUNT
BEGYR  BEGDY  ENDYR  ENDDY
1988   1    1996   365
@
TOTAL  : 13148 3287 3287 3287 3287
VALID  : 13148 3287 3287 3287 3287
MISSING: 0      0      0      0      0
ERROR  : 0      0      0      0      0
ABOVE  : 0      0      0      0      0
BELOW  : 0      0      0      0      0
RATE   : 0      0      0      0      0
    
```

การประมาณข้อมูลภูมิอากาศเชิงพื้นที่โดยวิธี Thiessen และ IDW สามารถดำเนินการได้ในโปรแกรม ARC/INFO โดยที่วิธี Thiessen ให้ผลลัพธ์ที่แสดงเป็นแผนที่ซึ่งประกอบด้วยรูปหลายเหลี่ยมดังรูปที่ 3-2(ก) ผู้ใช้แผนที่สามารถประมาณค่าข้อมูลภูมิอากาศได้จากค่าของข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ยของสถานีตรวจอากาศที่อยู่ในรูปเหลี่ยมแต่ละรูปนั้น สำหรับวิธี IDW จะให้ผลเป็นข้อมูลภูมิอากาศที่มีความต่อเนื่องกัน ซึ่งจะแสดงผลได้ทั้งข้อมูลราสเตอร์และเส้นชั้นภูมิอากาศ เช่น เส้นชั้นน้ำฝน (Isohyte) ดังรูปที่ 3-2(ข) แผนที่นี้จะมีค่าของปริมาณน้ำฝนกำกับอยู่บนเส้นชั้นน้ำฝน การสร้างชั้นข้อมูลภูมิอากาศโดยวิธี Kriging ในโปรแกรม GS+ สามารถทำได้สะดวก ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนในช่วงที่มีฝนตกมาก เช่น เดือนสิงหาคมของจังหวัดเชียงใหม่ และเดือนกันยายนในจังหวัดพิษณุโลก เมื่อวิเคราะห์ค่าวาริโอแกรมแล้วนำไปเทียบเคียงกับโมเดลทางคณิตศาสตร์ พบว่าจะเข้าได้กับโมเดล Gaussian และ Exponential ตามลำดับ และค่าวาริโอแกรมแบบรอบทิศทาง (Omnidirectional) สามารถ “fit” โมเดลทางคณิตศาสตร์ได้ดีกว่า จึงนำโมเดลนี้ไปประมาณค่าน้ำฝนเฉลี่ยและสร้างชั้นข้อมูลน้ำฝนรายเดือนแบบต่อเนื่องได้ดังตัวอย่างในรูปที่ 3-3(ก) และ 3-3(ข) ตามลำดับ แผนที่ดังกล่าวได้รับการจัดเก็บเป็น coverage ซึ่งโปรแกรมเรียกใช้ในโครงการวิจัยนี้ (พนมศักดิ์ และคณะ 2543) สามารถเรียกข้อมูลเพื่อแสดงผลบนจอภาพและพิมพ์เป็นแผนที่ได้ สำหรับข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดในบริเวณจังหวัดเชียงใหม่พบว่า การกระจายตัวของค่า semivariance เป็นแบบไม่มีทิศทางแน่ชัด และความสัมพันธ์ระหว่างค่า semivariance ของอุณหภูมิสูงสุดและระยะทางระหว่างสถานีตรวจอากาศ (lag distance) สามารถอธิบายได้โดยโมเดลประเภท Spherical เป็นส่วนใหญ่ โดยมีเฉพาะข้อมูลในเดือนมีนาคมเท่านั้นที่อธิบายได้โดยโมเดลแบบ Exponential (ตารางที่ 3-2) ค่า r^2 เฉลี่ยของทุกเดือนเท่ากับ 0.71 ในทำนองเดียวกันความสัมพันธ์ระหว่างค่า semivariance ของอุณหภูมิต่ำสุดและระยะทาง (lag) ระหว่างสถานีตรวจอากาศสามารถอธิบายได้โดยโมเดลแบบ Spherical ยกเว้นข้อมูลในเดือนกุมภาพันธ์ เมษายน และพฤศจิกายนที่มีลักษณะเป็น Exponential (ตารางที่ 3-3) โดยมีค่า r^2 เฉลี่ยเท่ากับ 0.87

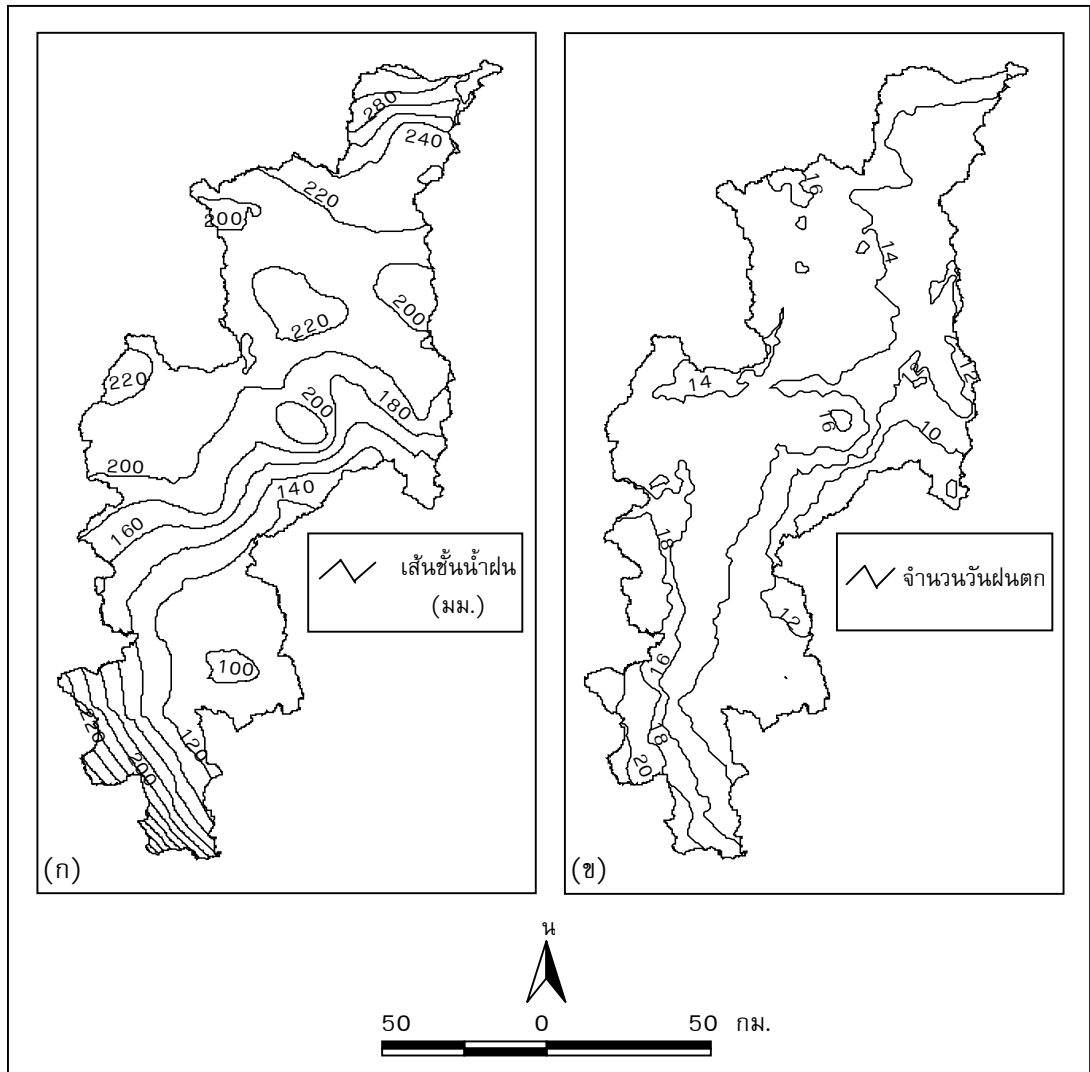
การประมาณค่าอุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุดอย่างต่อเนื่องเชิงพื้นที่โดยวิธีการ Kriging ดำเนินการโดยอาศัยค่าพารามิเตอร์ที่อธิบายโมเดลของแต่ละเดือนดังปรากฏในตารางที่ 3-2 และ 3-3 ผลที่ได้จัดเก็บเป็นข้อมูลในรูปของกริดตัวอย่างของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดของจังหวัดเชียงใหม่แสดงดังรูปที่ 3-4(ก) และ 3-4(ข) ซึ่งสามารถนำไปวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลปริมาณน้ำฝนเพื่อสร้างเป็นเขตภูมิอากาศต่อไป

สำหรับการประมาณค่าโดยวิธี TPS พบว่าแผนที่ปริมาณน้ำฝนและจำนวนวันฝนตกเฉลี่ยรายเดือนที่สร้างขึ้นโดยใช้ค่า surface coefficient ซึ่งให้ค่า RMSE ต่ำที่สุด จะให้รายละเอียดการกระจายตัวแบบต่อเนื่องของฝนได้ดีโดยเฉพาะบริเวณพื้นที่ซึ่งมีภูมิประเทศเป็นภูเขาสูง ดังเห็นได้ชัดเจนในรูปที่ 3-5 ซึ่งเป็นชั้นข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเดือนกรกฎาคมในจังหวัดเชียงใหม่ โดยที่ระดับความสูงของพื้นที่มีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำ ฝนเฉลี่ย สำหรับจังหวัดพิษณุโลกที่มีความแตกต่างระหว่างระดับความสูงของพื้นที่น้อยกว่าจังหวัดเชียงใหม่ ผลของการประมาณค่าเชิงพื้นที่ของ

ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยและจำนวนวันฝนตกเฉลี่ยจะได้ดังรูปที่ 3-6 ส่วนข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดนั้น การประมาณค่าโดยวิธีนี้จะช่วยลดค่าความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าได้อย่างชัดเจนทั้งในจังหวัดเชียงใหม่และพิษณุโลก เนื่องจากในจังหวัดเชียงใหม่มีภูมิประเทศที่มีระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลแตกต่างกันมากเมื่อเทียบกับจังหวัดพิษณุโลก ดังนั้นการใช้ระดับความสูงเป็นตัวแปรที่นำไปประมาณค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดจึงสามารถลดค่า RMSE ได้อย่างมาก รูปที่ 3-7 เป็นตัวอย่างแผนที่อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยเดือนเมษายนและอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยเดือนมกราคมในจังหวัดเชียงใหม่ที่สร้างขึ้นโดยวิธี TPS และการประมาณค่าอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยและอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยในจังหวัดพิษณุโลกให้ผลทำนองเดียวกันดังรูปที่ 3-8



รูปที่ 3-2 (ก) ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย ประมาณค่าโดยวิธี Thiessen และ (ข) เส้นชั้นน้ำฝนเฉลี่ยเดือนกรกฎาคม ซึ่งประมาณค่าโดยวิธี IDW ในบริเวณจังหวัดเชียงใหม่



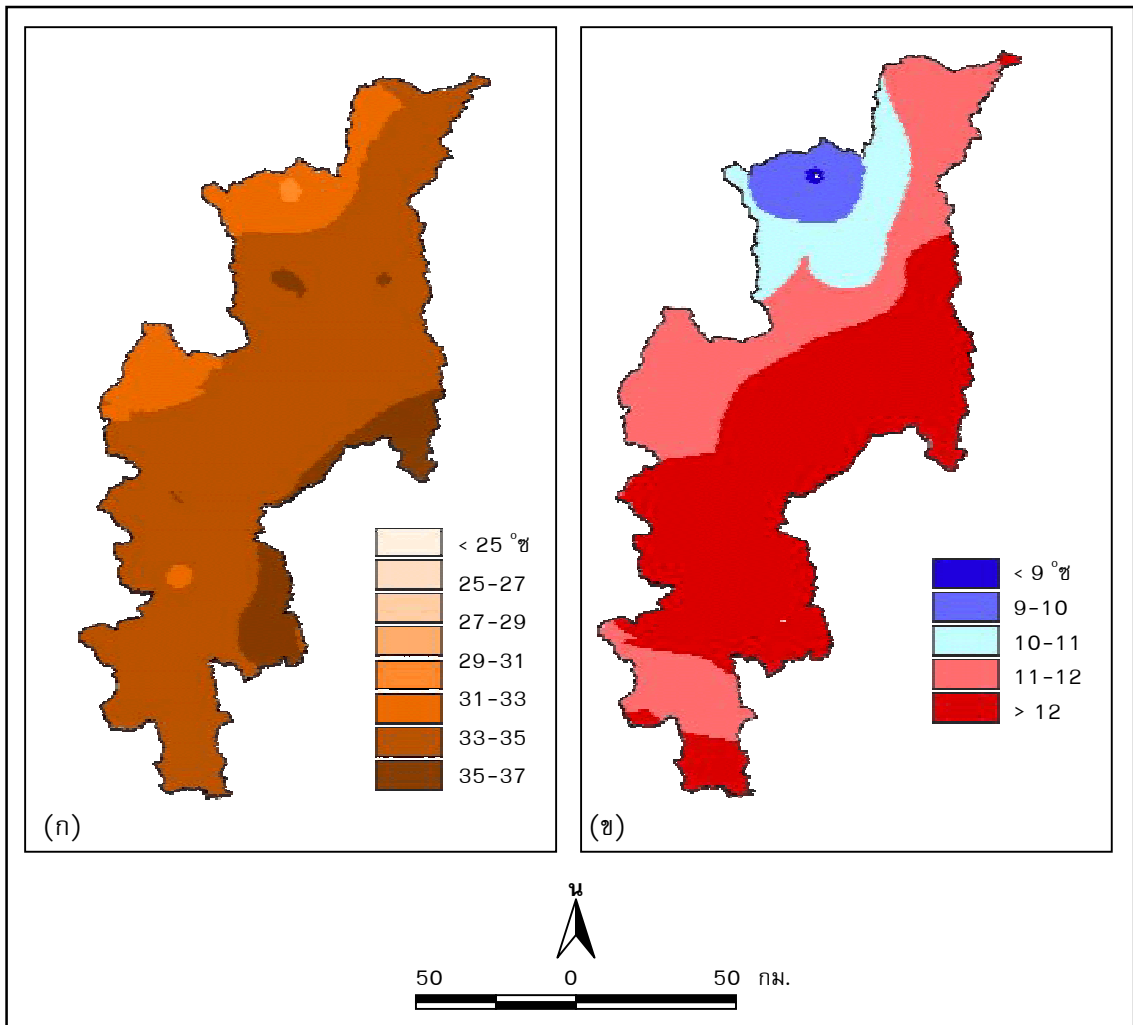
รูปที่ 3-3 (ก) เส้นชั้นน้ำฝนเฉลี่ย และ (ข) จำนวนวันฝนตกในเดือนกรกฎาคม บริเวณจังหวัดเชียงใหม่
ประมาณค่าโดยวิธี Kriging

ตารางที่ 3-2 ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (r^2) และค่าต่างๆ ในโมเดลความสัมพันธ์ระหว่างค่า semivariance ของค่าอุณหภูมิสูงสุดและระยะทางระหว่างสถานีตรวจอากาศในจังหวัดเชียงใหม่

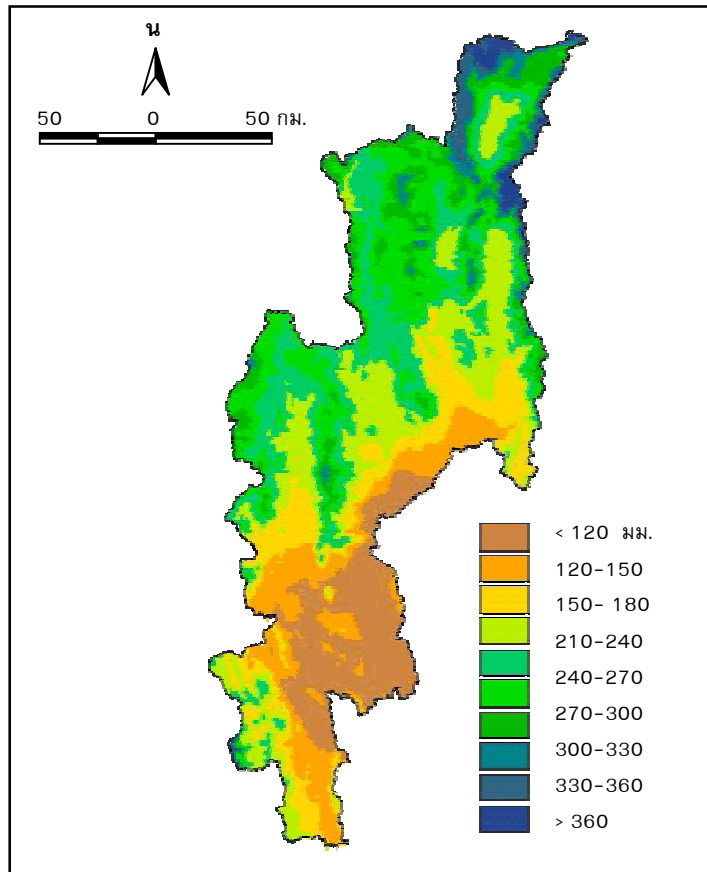
เดือน	Nugget	Sill	Range	r^2	RSS	โมเดล
ม.ค.	0.001	2.22	60300	0.88	0.31	Spherical
ก.พ.	0.151	2.81	58700	0.70	1.26	Spherical
มี.ค.	0.638	3.09	115800	0.70	0.02	Exponential
เม.ย.	0.484	3.16	53300	0.78	0.71	Spherical
พ.ค.	0.208	2.27	53500	0.59	2.22	Spherical
มิ.ย.	0.151	2.86	56300	0.66	1.49	Spherical
ก.ค.	0.001	2.94	58400	0.73	1.61	Spherical
ส.ค.	0.001	2.95	57100	0.65	2.31	Spherical
ก.ย.	0.583	2.17	55500	0.45	1.06	Spherical
ต.ค.	0.208	2.37	44300	0.78	0.37	Spherical
พ.ย.	0.186	2.26	49500	0.80	0.41	Spherical
ธ.ค.	0.001	2.44	51600	0.80	0.66	Spherical

ตารางที่ 3-3 ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (r^2) และค่าต่างๆ ในโมเดลความสัมพันธ์ระหว่างค่า semivariance ของค่าอุณหภูมิต่ำสุดและระยะทางระหว่างสถานีตรวจอากาศในจังหวัดเชียงใหม่

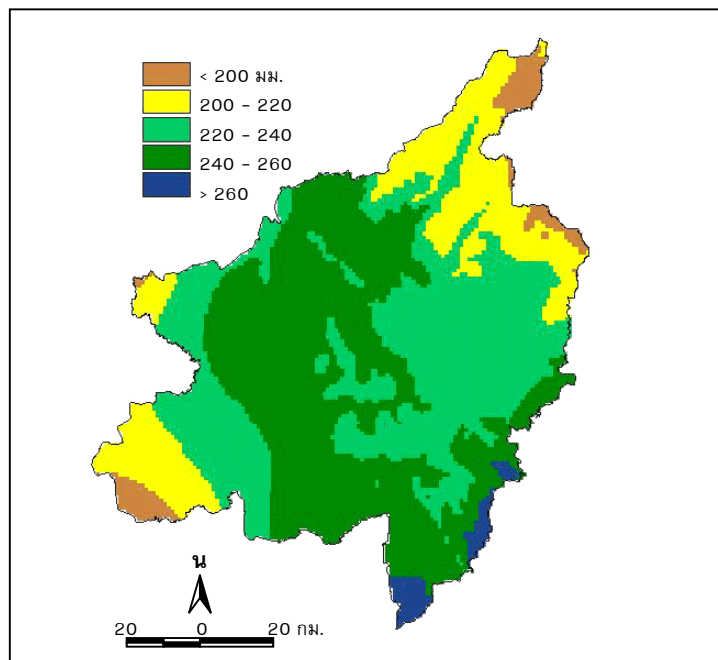
เดือน	Nugget	Sill	Range	r^2	RSS	โมเดล
ม.ค.	0.340	3.68	123000	0.86	1.27	Spherical
ก.พ.	0.400	5.07	206700	0.75	2.91	Exponential
มี.ค.	0.660	5.14	153500	0.82	2.69	Spherical
เม.ย.	0.140	4.61	209100	0.79	2.14	Exponential
พ.ค.	0.001	2.24	59800	0.87	0.53	Spherical
มิ.ย.	0.001	1.90	62900	0.94	0.19	Spherical
ก.ค.	0.001	1.85	71100	0.97	0.11	Spherical
ส.ค.	0.001	1.73	56900	0.95	0.14	Spherical
ก.ย.	0.001	1.65	44600	0.88	0.14	Spherical
ต.ค.	0.255	2.54	53800	0.85	0.38	Spherical
พ.ย.	0.184	2.85	98700	0.93	0.19	Exponential
ธ.ค.	0.607	2.31	92800	0.89	0.21	Spherical



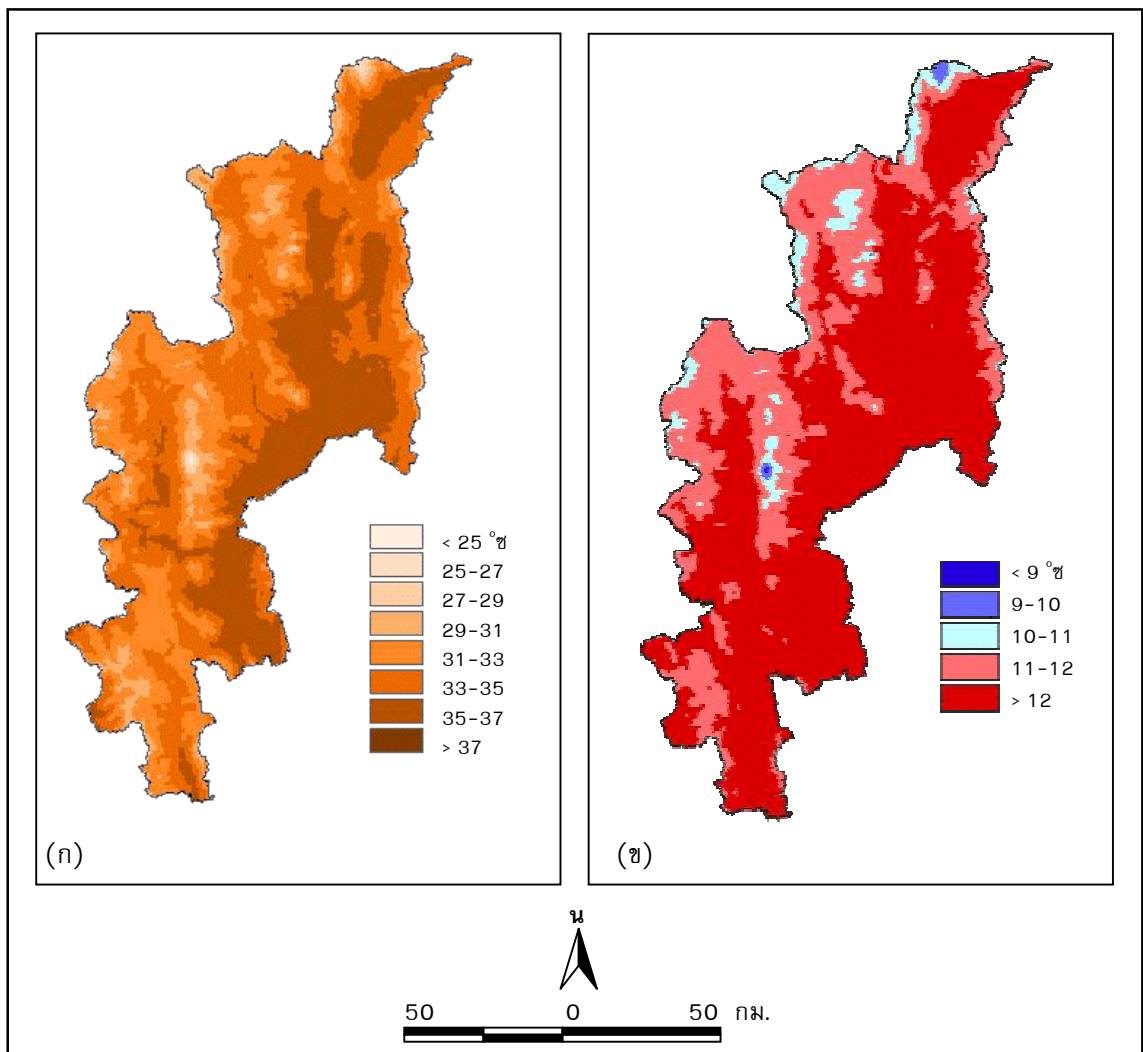
รูปที่ 3-4 (ก) อุณหภูมิสูงสุดเดือนเมษายน และ (ข) อุณหภูมิต่ำสุดเดือนมกราคม ในจังหวัดเชียงใหม่
ประมาณค่าโดยวิธี Kriging



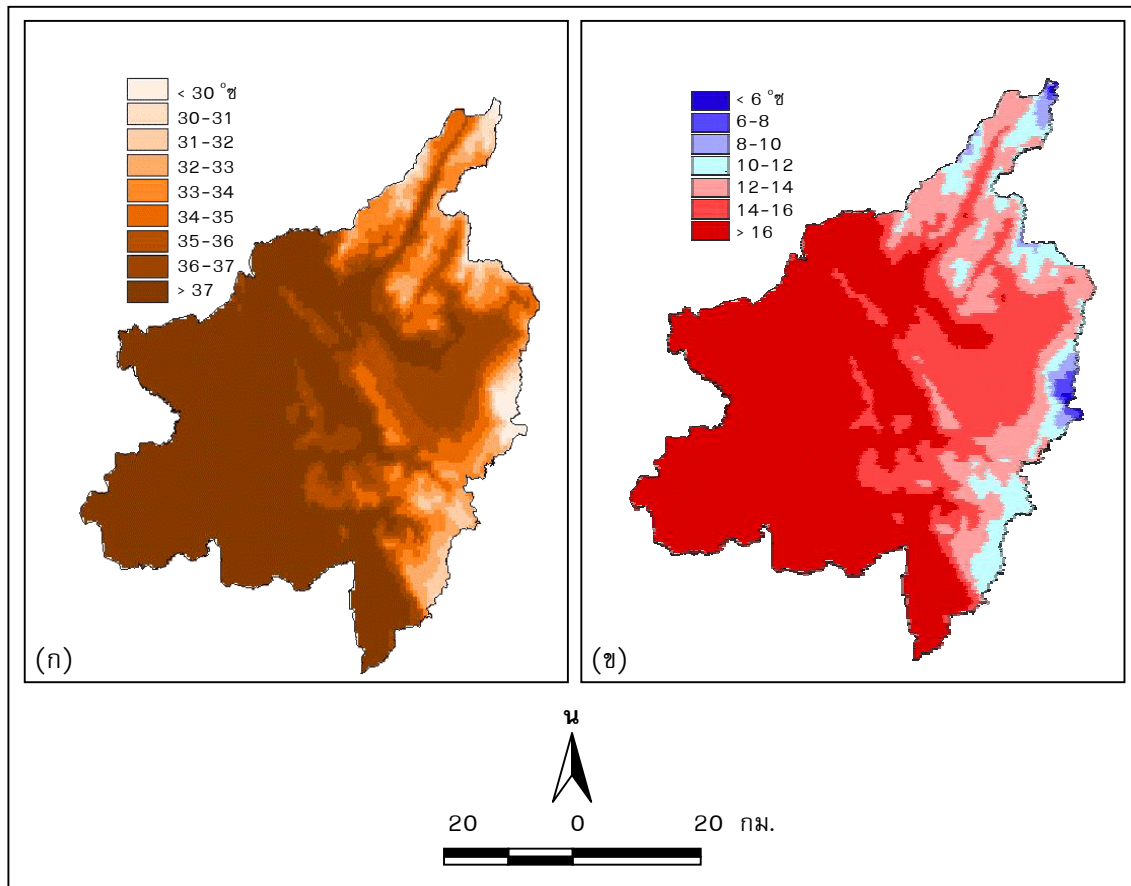
รูปที่ 3-5 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเดือนกรกฎาคมในจังหวัดเชียงใหม่
ประมาณค่าโดยวิธี TPS



รูปที่ 3-6 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเดือนสิงหาคมในจังหวัดพิษณุโลก
ประมาณค่าโดยวิธี TPS



รูปที่ 3-7 (ก) อุณหภูมิสูงสุดเดือนเมษายน และ (ข) อุณหภูมิต่ำสุดเดือนมกราคม ซึ่งประมาณค่าโดยวิธี TPS ในจังหวัดเชียงใหม่



รูปที่ 3-8 (ก) อุณหภูมิสูงสุดเดือนเมษายน และ (ข) อุณหภูมิต่ำสุดเดือนมกราคม ซึ่งประมาณค่าโดยวิธี TPS ในจังหวัดพิษณุโลก

ผลการประเมินความถูกต้องของวิธีการประมาณค่าภูมิอากาศเชิงพื้นที่

ปริมาณน้ำฝนและจำนวนวันฝนตก

ผลจากการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบการประมาณค่าปริมาณน้ำฝนรายเดือนในจังหวัดเชียงใหม่โดยวิธีการ Cross validation พบว่าวิธีการประมาณค่าโดย TPS ให้ค่า RMSE ต่ำกว่าวิธีการอื่นๆ ในทุกเดือน (ตารางที่ 3-4) เมื่อนำค่า RMSE ของทุกเดือนมาเฉลี่ยแล้วเปรียบเทียบกัน วิธีการ TPS ให้ค่าความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าเมื่อแสดงเป็นค่า RMSE เท่ากับ 11.1 มิลลิเมตร ในขณะที่วิธีการ Thiessen, IDW และ Kriging ให้ค่า RMSE เท่ากับ 28.7 33.6 และ 23.0 มิลลิเมตร ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการประมาณค่าปริมาณน้ำฝนโดยวิธี TPS ณ จุดที่ไม่มีการจัดบันทึกข้อมูลโดยใช้ข้อมูลที่บันทึกจากเครือข่ายสถานีวัดน้ำฝนที่มีอยู่ จะให้ผลถูกต้องมากกว่าวิธีการอื่นๆ ที่ใช้ในการศึกษา การประเมินความถูกต้องของการประมาณค่าจำนวนวันที่มีฝนตกให้ผลลัพธ์ในการทำงานของตัวเองกัน กล่าวคือวิธีการ TPS ให้ค่าความคลาดเคลื่อนของการประมาณค่าจำนวนวันที่มีฝนตกน้อยกว่าวิธีการ Kriging, IDW และ Thiessen ในตารางที่ 3-5 แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า RMSE ที่ได้จากริธี TPS มีค่าน้อยกว่าค่า RMSE ที่ได้จากการประมาณค่าโดยวิธี Kriging ทั้งในจังหวัดเชียงใหม่และพิษณุโลก

ตารางที่ 3-4 การเปรียบเทียบการประมาณค่าปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร) โดยวิธี Thiessen, IDW, Kriging และ TPS

เดือน	RMSE			
	Thiessen	IDW	Kriging	TPS
ม.ค.	6.1	5.3	4.8	2.7
ก.พ.	4.6	4.5	3.1	1.6
มี.ค.	7.6	6.9	6.4	4.6
เม.ย.	16.0	14.6	15.3	5.6
พ.ค.	35.7	34.4	36.7	14.5
มิ.ย.	50.2	67.3	37.0	16.4
ก.ค.	51.8	73.6	34.8	21.9
ส.ค.	65.3	85.5	50.9	25.4
ก.ย.	51.8	47.5	32.7	20.0
ต.ค.	33.7	42.3	34.7	12.1
พ.ย.	14.9	14.7	14.0	5.7
ธ.ค.	7.0	6.7	5.0	3.0
เฉลี่ย	28.7	33.6	23.0	11.1

ตารางที่ 3-5 ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อน (RMSE) ในการประมาณค่าเชิงพื้นที่ของจำนวนวันฝนตกเฉลี่ยรายเดือนของจังหวัดเชียงใหม่และพิษณุโลก ระหว่างวิธี Kriging และวิธี TPS

เดือน	เชียงใหม่		พิษณุโลก	
	ค่า RMSE ของวันฝนตก		ค่า RMSE ของวันฝนตก	
	วิธี Kriging	วิธี TPS	วิธี Kriging	วิธี TPS
	(วัน)	(วัน)	(วัน)	(วัน)
ม.ค.	0.4	0.6	0.4	0.2
ก.พ.	0.3	0.1	0.6	0.3
มี.ค.	0.5	0.3	1.2	0.4
เม.ย.	1.3	0.6	1.4	0.6
พ.ค.	2.5	1.1	2.4	0.9
มิ.ย.	3.3	1.3	2.6	1.0
ก.ค.	3.5	1.4	3.2	1.3
ส.ค.	4.1	1.5	3.0	1.1
ก.ย.	2.9	1.3	2.9	1.1
ต.ค.	2.5	1.1	2.1	1.1
พ.ย.	1.1	0.5	0.8	0.5
ธ.ค.	0.5	0.3	0.3	0.2
เฉลี่ย	1.9	0.8	1.7	0.7

อุณหภูมิ

การใช้ความสูงจากระดับน้ำทะเลของพื้นที่เป็นตัวแปรในการประมาณค่าอุณหภูมิในวิธี TPS มีผลทำให้การประมาณค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดมีความถูกต้องมากขึ้น โดยเฉพาะในบริเวณที่ความแตกต่างของความสูงของพื้นที่มาก เช่น ในจังหวัดเชียงใหม่ ค่า RMSE ของการประมาณค่าอุณหภูมิสูงสุดโดยวิธีการ TPS ต่ำกว่าค่า RMSE ที่ได้จากการประมาณค่าโดยวิธี Kriging ในทุกเดือน (ตารางที่ 3-6) ค่า RMSE เฉลี่ยทุกเดือนของวิธี TPS เท่ากับ 0.7 องศาเซลเซียส เมื่อเทียบกับ 2.0 องศาเซลเซียสที่ได้จากการประมาณค่าโดยวิธี Kriging การประมาณค่าอุณหภูมิต่ำสุดโดยวิธี TPS ให้ค่า RMSE ต่ำกว่าวิธี Kriging เช่นเดียวกัน กล่าวคือค่า RMSE เฉลี่ยทุกเดือนของวิธีการ TPS และวิธี Kriging เท่ากับ 0.6 และ 1.5 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

ตารางที่ 3-6 ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อน (RMSE) ในการประมาณค่าเชิงพื้นที่ของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนของจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวิธี Kriging และวิธี TPS

เดือน	ค่า RMSE ของอุณหภูมิสูงสุด		ค่า RMSE ของอุณหภูมิต่ำสุด	
	วิธี Kriging	วิธี TPS	วิธี Kriging	วิธี TPS
	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)
ม.ค.	2.2	0.7	1.2	0.5
ก.พ.	2.3	0.7	1.6	0.7
มี.ค.	2.4	0.7	1.7	0.6
เม.ย.	2.6	0.7	1.7	0.6
พ.ค.	2.0	0.8	1.5	0.5
มิ.ย.	1.5	0.8	1.4	0.6
ก.ค.	2.1	0.8	1.4	0.5
ส.ค.	2.1	0.8	1.4	0.5
ก.ย.	1.7	0.7	1.5	0.5
ต.ค.	1.8	0.7	1.7	0.6
พ.ย.	1.6	0.7	1.6	0.5
ธ.ค.	1.7	0.7	1.3	0.5
เฉลี่ย	2.0	0.7	1.5	0.6

ถึงแม้ว่าการประมาณค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดในจังหวัดพิษณุโลกโดยวิธีการ TPS จะให้ค่า RMSE ต่ำกว่าวิธีการ Kriging แต่ความแตกต่างของการประมาณค่าโดยสองวิธีการจะน้อยลง (ตารางที่ 3-7) เนื่องจากช่วงความแตกต่างระหว่างความสูงของพื้นที่ในจังหวัดพิษณุโลกอยู่ระหว่าง 14 ถึง 210 เมตร ซึ่งช่วงค่านี้นั้นต่ำกว่าในจังหวัดเชียงใหม่ โดยที่ความสูงจากระดับน้ำทะเลของพื้นที่อยู่ในช่วงระหว่าง 200 ถึง 2560 เมตร การเปรียบเทียบค่า RMSE เฉลี่ยทุกเดือน

ในการประมาณค่าปริมาณน้ำฝนโดยวิธีการทังสี่ (ตารางที่ 3-8) ในบริเวณที่สูงและที่ราบทั้งในจังหวัดเชียงใหม่และพิษณุโลก สามารถยืนยันว่าวิธีการ TPS ยังคงให้ค่า RMSE ต่ำที่สุดทั้งสองพื้นที่ ถึงแม้ว่าการประมาณค่าปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ที่ค่อนข้างสูงจะให้ค่า RMSE ที่สูงกว่าพื้นที่ราบก็ตาม

ตารางที่ 3-7 ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อน (RMSE) ในการประมาณค่าเชิงพื้นที่ของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนของจังหวัดพิษณุโลก ระหว่างวิธี Kriging และวิธี TPS

เดือน	ค่า RMSE ของอุณหภูมิสูงสุด		ค่า RMSE ของอุณหภูมิต่ำสุด	
	วิธี Kriging	วิธี TPS	วิธี Kriging	วิธี TPS
	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)
ม.ค.	1.1	0.9	2.6	1.0
ก.พ.	1.2	0.6	2.7	0.8
มี.ค.	5.5	0.8	1.9	1.3
เม.ย.	0.6	0.5	1.9	0.9
พ.ค.	1.4	0.5	1.8	1.2
มิ.ย.	1.0	0.9	1.8	1.3
ก.ค.	1.1	0.9	1.5	2.4
ส.ค.	1.1	0.9	1.5	2.0
ก.ย.	1.4	0.8	0.4	1.5
ต.ค.	0.8	0.7	2.2	1.7
พ.ย.	1.5	0.7	2.4	0.4
ธ.ค.	1.5	0.7	2.4	1.0
เฉลี่ย	1.5	0.7	1.9	1.3

ตารางที่ 3-8 ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อน (RMSE) เฉลี่ยทุกเดือนในการประมาณค่าปริมาณน้ำฝนโดยวิธีการ Thiessen, IDW, Kriging และ TPS ในบริเวณที่สูงและที่ราบในจังหวัดเชียงใหม่และพิษณุโลก

วิธีการประมาณค่า	เชียงใหม่		พิษณุโลก	
	ระดับความสูงจากน้ำทะเล		ระดับความสูงจากน้ำทะเล	
	< 400 m	> 400 m	< 50 m	> 50 m
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Thiessen	17.3	29.5	20.7	15.0
IDW	13.2	25.1	16.9	21.3
Kriging	10.7	25.8	16.0	18.5
TPS	5.9	14.6	6.6	8.9

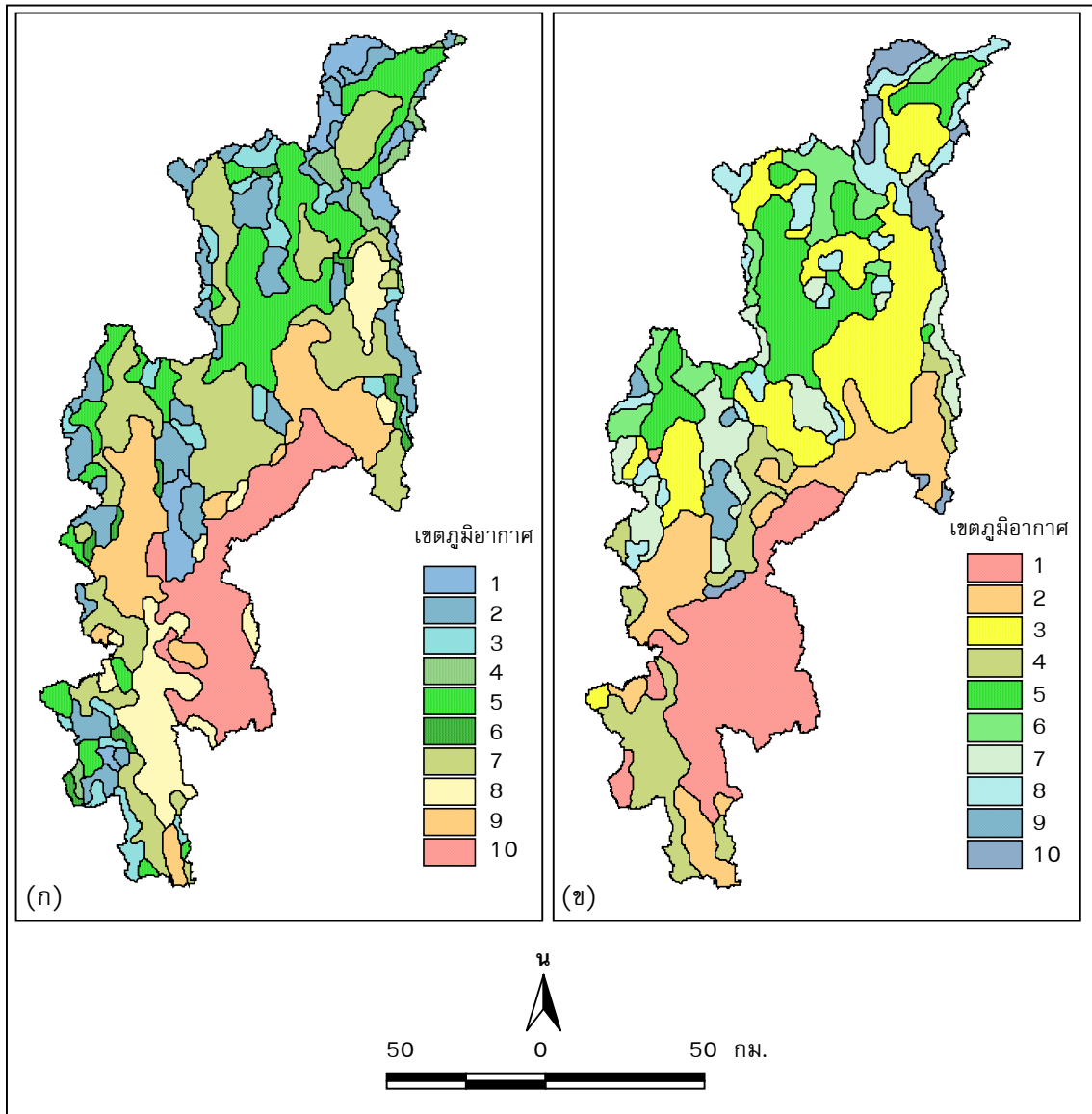
ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูงของพื้นที่และอุณหภูมิของอากาศเป็นหลักการที่ทราบทั่วไป เนื่องจาก Adiabatic Lapse Rate ทำให้อุณหภูมิของอากาศลดลงประมาณ 0.6–0.8 องศาเซลเซียส ทุก 1000 เมตร ของระดับความสูงที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นการใช้ข้อมูลภูมิประเทศเชิงตัวเลข (DEM) ในการประมาณค่าอุณหภูมิในวิธีการ TPS จึงทำให้ได้ชั้นข้อมูลสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุดที่ถูกต้องและละเอียดมากกว่าวิธีการ Kriging, IDW และ Thiessen ดังจะเห็นได้จากรูปที่ 3-7(ก) ซึ่งเป็นแผนที่อุณหภูมิสูงสุดในเดือนเมษายนของจังหวัดเชียงใหม่ที่ได้จากวิธี TPS เมื่อเทียบกับการประมาณค่าอุณหภูมิสูงสุดในเดือนเดียวกันโดยวิธี Kriging (รูปที่ 3-4(ก)) ในทำนองเดียวกันแผนที่แสดงอุณหภูมิต่ำสุดในเดือนมกราคมของจังหวัดเชียงใหม่ที่ประมาณค่าโดยวิธี TPS (รูปที่ 3-7(ข)) ให้รายละเอียดและความถูกต้องดีกว่าแผนที่อุณหภูมิต่ำสุดในพื้นที่และเวลาเดียวกันที่ประมาณค่าได้โดยวิธี Kriging (รูปที่ 3-4(ข))

ดังนั้น ในการสร้างชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ของภูมิอากาศอันประกอบด้วยปริมาณน้ำฝน จำนวนวันฝนตก อุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุด เพื่อนำไปใช้งานต่อไป จึงดำเนินการโดยใช้วิธีการ TPS ชั้นข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลเฉลี่ยรายเดือนและมีความต่อเนื่องในเชิงพื้นที่ เก็บในรูปแบบกริดที่สามารถเรียกใช้และนำไปวิเคราะห์ได้ในระบบ GIS ดังตัวอย่างของชั้นข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนเฉลี่ยในจังหวัดเชียงใหม่และพิษณุโลก (รูปที่ 3-5 และรูปที่ 3-6) อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดในจังหวัดเชียงใหม่ (รูปที่ 3-7) อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดในจังหวัดพิษณุโลก (รูปที่ 3-8) ข้อมูลภูมิอากาศรายเดือนเฉลี่ยทุกชั้นข้อมูลได้รับการจัดเก็บลงบนแผ่นซีดีรอมร่วมกับชั้นข้อมูลอื่น (เมธี และคณะ, 2543) ซึ่งสามารถเรียกใช้ได้ด้วยระบบ GIS ต่างๆ เช่น ARC/INFO, ArcView และ ArcExplorer เป็นต้น

ผลการสร้างเขตภูมิอากาศ

เหตุผลที่สำคัญในการสร้างเขตภูมิอากาศคือการรวม กลุ่มบริเวณที่มีภูมิอากาศคล้ายคลึงเข้าด้วยกัน เพื่อลดทั้งปริมาณข้อมูลภูมิอากาศรายวันที่จะต้องจัดเก็บและนำเข้าในแบบจำลองข้าวตลอดจนเวลาที่ใช้ในการจำลองผลผลิตข้าว

ผลการวิเคราะห์กลุ่มเพื่อแบ่งเขตภูมิอากาศในจังหวัดเชียงใหม่สำหรับฤดูกาลปลูกข้าวนาปรังพบว่าเขตภูมิอากาศขึ้นอยู่กับความผันแปรของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดในช่วงเดือนมกราคมถึงเมษายน เนื่องจากปริมาณน้ำฝนในช่วง 4 เดือนดังกล่าวมีปริมาณน้อยและไม่แปรผันมากเท่ากับอุณหภูมิซึ่งขึ้นอยู่กับระดับความสูงของภูมิประเทศ ในบรรดา 10 เขตภูมิอากาศที่จำแนกได้นั้น เขตภูมิอากาศที่ 8 และ 9 (รูปที่ 3-9(ก)) เป็นเขตภูมิอากาศที่มีอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดเฉลี่ยในรอบ 4 เดือนแรกสูงกว่าทุกเขตภูมิอากาศ (ตารางที่ 3-9) เนื่องจากอยู่ในบริเวณแอ่งเชียงใหม่ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลต่ำกว่าพื้นที่อื่น ส่วนเขตที่ 1 และ 2 เป็นเขตที่มีอุณหภูมิต่ำสุดและต่ำสุดเฉลี่ยน้อยที่สุดในเขตภูมิอากาศทั้งหมด เขตดังกล่าวเป็นพื้นที่ภูเขาสูงบริเวณดอยอินทนนท์ อำเภอจอมทอง และดอยอ่างขาง อำเภอฝาง ส่วนพื้นที่ปลูกข้าวนาปรังในจังหวัดเชียงใหม่ส่วนใหญ่อยู่ในเขตภูมิอากาศที่ 5, 6 และ 8



รูปที่ 3-9 เขตภูมิอากาศในจังหวัดเชียงใหม่ จำแนกโดยวิธีการวิเคราะห์กลุ่ม
 (ก) โดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศรายเดือนระหว่างเดือนมกราคม-มิถุนายน
 (ข) โดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศรายเดือนระหว่างเดือนกรกฎาคม-ธันวาคม

สำหรับเขตภูมิอากาศที่มีการผลิตข้าวในปีในจังหวัดเชียงใหม่ สามารถจำแนกได้เป็น 10 เขตเช่นเดียวกัน โดยใช้ข้อมูลระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงธันวาคม (รูปที่ 3-9(ข)) ซึ่งความแปรปรวนเชิงพื้นที่ของปริมาณน้ำฝนช่วงเวลาดังกล่าวมีบทบาทในการกำหนดเขตภูมิอากาศมาก จากการวิเคราะห์กลุ่มพบว่าเขตภูมิอากาศที่ 10 มีปริมาณฝนรวมในช่วงดังกล่าวสูงสุด (ตารางที่ 3-10) และในเขตภูมิอากาศที่ 1 มีปริมาณฝนรวมต่ำที่สุด เขตภูมิอากาศที่เหมาะสมในการปลูกข้าวในปีคือ 1, 2 และ 3

ตารางที่ 3-9 ข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือนในเขตภูมิอากาศของจังหวัดเชียงใหม่ จำแนกโดยวิธีการวิเคราะห์กลุ่มในเดือนมกราคมถึงมิถุนายน

	เขตภูมิอากาศ									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ม.ค.										
TMAX	23.8	24.7	25.4	26.0	26.5	26.8	27.0	27.5	28.6	29.5
TMIN	10.5	10.8	11.1	11.3	11.6	11.7	11.7	12.0	12.4	12.7
RTOT	2.5	2.7	2.9	2.7	3.5	3.0	3.5	4.5	3.3	4.1
RNUM	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
SRAD	18.0	18.2	18.2	17.9	18.2	18.3	18.3	18.3	18.4	18.4
ก.พ.										
TMAX	25.3	26.3	27.1	28.1	28.7	28.7	29.1	29.5	30.9	31.9
TMIN	11.2	11.6	12.0	12.1	12.2	12.7	12.7	13.3	13.5	14.1
RTOT	5.4	4.4	4.5	3.8	3.7	4.0	4.0	5.1	3.7	4.1
RNUM	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SRAD	20.7	20.9	20.9	20.7	20.9	21.0	21.0	20.8	21.0	21.0
มี.ค.										
TMAX	28.4	29.3	30.0	31.3	31.8	31.6	32.1	32.2	33.7	34.6
TMIN	14.8	15.2	15.7	15.9	16.0	16.5	16.4	17.1	17.3	18.0
RTOT	16.1	14.4	14.4	15.2	14.0	11.6	11.8	11.6	8.1	10.3
RNUM	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8	0.8	0.9	0.3	0.7
SRAD	21.3	21.4	21.4	21.2	21.3	21.5	21.5	21.5	21.5	21.7
เม.ย.										
TMAX	30.5	31.1	31.6	32.9	33.2	32.7	33.2	33.0	34.5	35.0
TMIN	17.3	17.7	18.2	18.8	19.1	19.2	19.3	19.7	20.4	21.0
RTOT	67.2	60.7	58.0	65.1	57.0	53.6	53.6	51.3	44.0	45.4
RNUM	5.5	5.0	4.8	4.7	4.6	4.4	4.3	4.2	3.6	3.8
SRAD	22.7	22.7	22.8	22.7	22.7	22.8	22.8	22.8	22.7	22.9
พ.ค.										
TMAX	28.5	29.2	29.7	31.2	31.6	31.2	31.7	31.6	33.2	33.9
TMIN	18.2	18.6	19.1	20.2	20.3	20.2	20.4	20.8	21.4	22.1
RTOT	226.7	211.6	202.5	198.1	184.6	190.6	178.3	175.8	152.9	147.6
RNUM	15.1	14.7	14.1	13.9	13.4	13.5	12.6	12.5	11.1	11.3
SRAD	20.5	20.5	20.4	20.5	20.5	20.5	20.6	20.3	20.5	20.7
มี.ย.										
TMAX	26.5	27.1	27.6	29.4	29.5	29.0	29.6	29.3	31.0	31.7
TMIN	18.5	18.8	19.3	20.7	20.6	20.2	20.6	20.6	21.5	22.2
RTOT	247.8	221.9	205.6	240.1	194.6	195.5	169.6	132.3	144.5	108.0
RNUM	17.7	17.8	17.6	15.9	16.2	17.3	15.2	15.1	14.6	12.3
SRAD	16.4	16.4	16.2	16.4	16.3	16.3	16.3	16.2	16.3	16.5
ม.ค.-มี.ย.										
TMAX	27.2	27.9	28.5	29.8	30.2	30.0	30.4	30.5	32.0	32.8
TMIN	15.1	15.5	15.9	16.5	16.6	16.7	16.9	17.2	17.8	18.4
RTOT	565.6	515.6	487.8	524.9	457.4	458.2	420.8	380.6	356.4	319.4
RNUM	39.3	38.5	37.5	35.4	35.2	36.0	32.9	32.6	29.7	28.3
SRAD	20.0	20.0	20.0	19.9	20.0	20.0	20.1	20.0	20.1	20.2

ตารางที่ 3-10 ข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือนในเขตภูมิอากาศของจังหวัดเชียงใหม่ จำแนกโดยวิธีการวิเคราะห์กลุ่ม
ในเดือนกรกฎาคมถึงธันวาคม

	เขตภูมิอากาศ									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ก.ค.										
TMAX	29.7	29.9	29.8	27.0	28.8	27.5	26.6	27.5	24.3	26.4
TMIN	21.3	21.2	21.1	19.4	20.6	19.7	18.9	19.8	17.3	19.1
RTOT	115.6	157.0	211.9	188.0	242.0	265.7	250.1	276.9	266.8	324.2
RNUM	13.9	15.1	16.7	17.6	17.5	18.2	18.6	19.0	20.6	19.5
SRAD	14.6	14.6	14.6	14.5	14.6	14.7	14.6	14.7	14.7	14.8
ส.ค.										
TMAX	29.1	29.3	29.2	26.6	28.3	27.0	26.2	27.0	24.0	26.0
TMIN	20.9	20.9	20.9	19.1	20.2	19.4	18.6	19.5	17.0	18.8
RTOT	155.0	196.1	260.5	235.6	292.6	322.1	311.0	330.6	335.4	378.3
RNUM	16.5	17.2	18.6	19.8	19.6	20.1	20.6	20.7	22.2	20.7
SRAD	14.3	14.5	14.7	14.2	14.8	14.8	14.7	14.9	14.7	15.0
ก.ย.										
TMAX	29.3	29.4	29.2	26.7	28.3	27.1	26.2	27.0	24.0	25.8
TMIN	21.1	20.9	20.6	19.0	20.0	19.1	18.3	19.1	16.6	18.3
RTOT	209.4	213.4	225.6	257.6	234.9	261.0	294.0	271.7	324.9	316.1
RNUM	16.6	15.5	15.4	18.3	16.2	16.7	18.3	16.8	19.8	16.9
SRAD	16.3	16.6	16.7	16.2	16.7	16.7	16.8	16.7	16.8	16.6
ต.ค.										
TMAX	28.8	29.0	28.7	26.3	27.9	26.7	25.8	26.6	23.7	25.2
TMIN	19.6	19.5	19.3	17.9	18.8	18.0	17.3	18.1	15.9	17.5
RTOT	145.0	123.8	120.7	175.5	127.7	149.3	182.1	160.1	219.4	191.8
RNUM	11.9	10.3	9.6	12.8	9.8	10.3	11.8	10.9	13.4	11.8
SRAD	17.8	18.0	17.7	17.9	17.7	17.7	17.9	17.6	17.9	17.4
พ.ย.										
TMAX	27.6	27.5	27.3	25.0	26.4	25.2	24.4	25.0	22.3	23.7
TMIN	16.2	16.2	16.0	14.8	15.5	14.8	14.4	14.7	13.2	14.0
RTOT	44.9	38.1	41.8	52.7	45.1	52.9	60.5	56.4	74.3	67.2
RNUM	3.6	2.9	2.9	3.5	3.0	2.8	3.7	3.2	3.7	3.5
SRAD	16.6	16.6	16.3	16.6	16.3	16.3	16.4	16.2	16.5	16.1
ธ.ค.										
TMAX	27.0	26.8	26.1	24.6	25.1	23.9	23.5	23.8	21.6	22.5
TMIN	12.9	12.8	12.5	11.9	12.1	11.5	11.4	11.5	10.6	11.0
RTOT	8.9	8.8	14.6	8.6	15.7	16.4	14.1	18.1	11.9	20.5
RNUM	0.0	0.1	0.6	0.3	0.6	0.7	0.8	0.8	0.9	0.6
SRAD	16.9	16.8	16.4	16.9	16.3	16.3	16.5	16.3	16.7	16.1
ก.ค.-ธ.ค.										
TMAX	28.6	28.6	28.4	26.0	27.5	26.2	25.5	26.2	23.3	24.9
TMIN	18.7	18.6	18.4	17.0	17.9	17.1	16.5	17.1	15.1	16.4
RTOT	678.8	737.2	875.1	918.0	957.9	1067.3	1111.8	1113.8	1232.7	1298.0
RNUM	62.5	61.0	63.7	72.2	66.7	68.8	73.6	71.2	80.5	73.0
SRAD	16.1	16.2	16.1	16.0	16.1	16.1	16.2	16.1	16.2	16.0

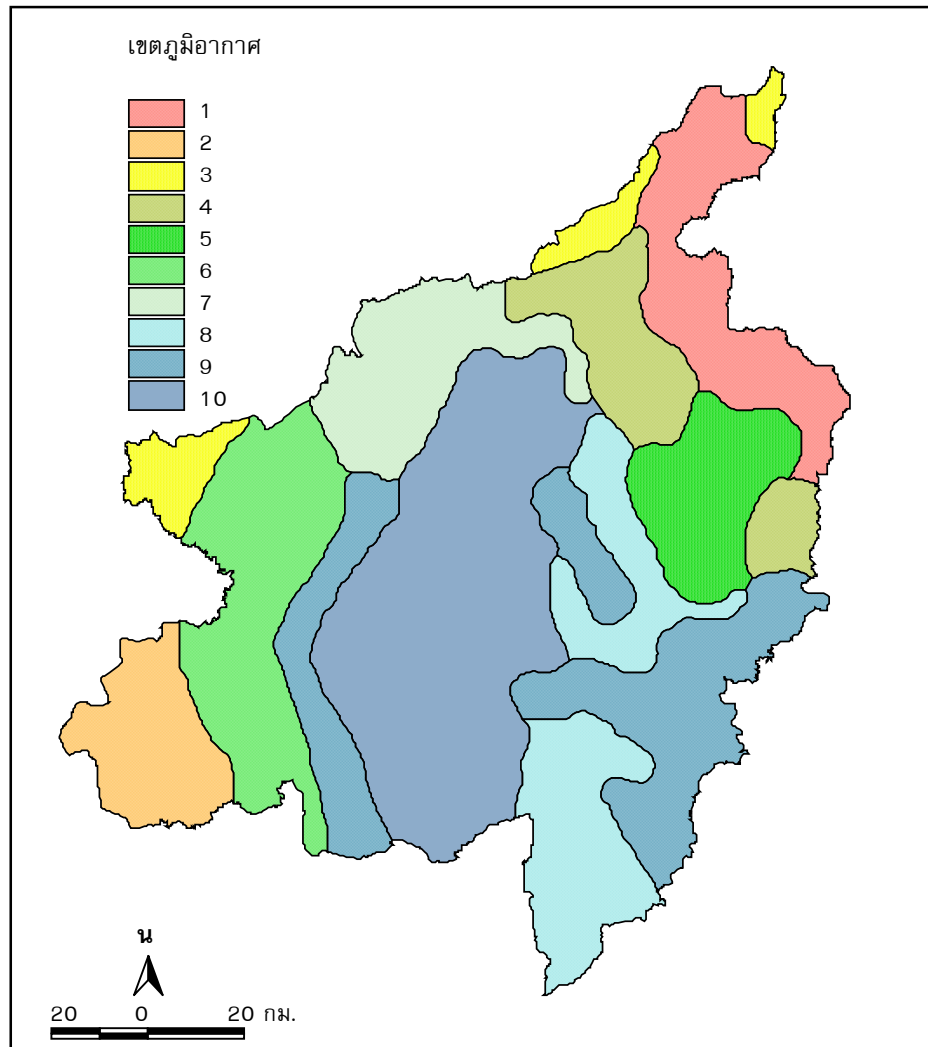
ค่าเฉลี่ยของข้อมูลภูมิอากาศในแต่ละเขตของพินธุโลกมีความต่อเนื่องดีกว่าจังหวัดเชียงใหม่ เนื่องจากภูมิประเทศไม่แตกต่างกันมากนัก รูปที่ 3-10 แสดงผลการแบ่งเขตภูมิอากาศในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงธันวาคม ซึ่งเป็นช่วงปลูกข้าวนาปีในจังหวัดพินธุโลก เขตภูมิอากาศที่ 10 เป็นเขตที่มีปริมาณฝนรวมสูงกว่าเขตอื่น (ตารางที่ 3-11) ในขณะที่อุณหภูมิเฉลี่ยไม่แตกต่างจากเขตอื่นมากนัก ยกเว้นเขตที่ 1 และ 4 ซึ่งเป็นบริเวณภูเขาสูงในอำเภอชาติตระการและนครไทย พื้นที่ส่วนใหญ่สามารถปลูกข้าวนาปีได้ แต่เขตที่มีในการปลูกข้าวนาปีมากคือเขตภูมิอากาศที่ 7, 8, 9 และ 10 เนื่องจากมีปริมาณฝนรวมค่อนข้างสูง สำหรับเขตภูมิอากาศสำหรับการผลิตข้าวนาปรังในรุ่นที่ 1 ในช่วงเดือนตุลาคมถึงมีนาคมนั้น พบว่ามีการจับกลุ่มกันตามการกระจายตัวของอุณหภูมิต่ำสุด (รูปที่ 3-11(ก)) เขตนี้จะจัดเรียงเนื่องจากอยู่ในช่วงที่มีปริมาณฝนตกค่อนข้างน้อย ดังนั้นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการแบ่งเขตนี้จึงเป็นอุณหภูมิต่ำสุดมากกว่า ดังจะเห็นได้ว่าเขตภูมิอากาศที่ 1 มีอุณหภูมิต่ำสุดโดยเฉลี่ยน้อยที่สุดในขณะที่เขตที่มีอุณหภูมิสูงสุดโดยเฉลี่ยมากที่สุดเป็นเขตภูมิอากาศที่ 10 (ตารางที่ 3-12) เขตที่มีการปลูกข้าวนาปรังในรุ่นแรกนี้มากได้แก่เขตภูมิอากาศที่ 7, 8, 9 และ 10 ซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบ นอกจากนี้พบว่าเขตที่ 7 และ 9 มีปริมาณฝนรวมค่อนข้างสูงกว่าเขตอื่น สำหรับพื้นที่ปลูกข้าวนาปรังในรุ่นที่ 2 ในช่วงเดือนมกราคมถึงมิถุนายน ส่วนใหญ่อยู่ในเขตภูมิอากาศที่ 8, 9 และ 10 (รูปที่ 3-11(ข)) ซึ่งเป็นพื้นที่ราบและบริเวณแอ่งนครไทย ค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดเฉลี่ยในช่วงเดือนมกราคมถึงมิถุนายนของเขตดังกล่าวสูงกว่าเขตอื่น (ตารางที่ 3-13) โดยในช่วงเวลานี้เขตภูมิอากาศที่ 8 มีปริมาณน้ำฝนรวมในรอบ 6 เดือนมากกว่าเขต 9 และ 10 สำหรับค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิทั้ง 3 เขตจะมีค่าใกล้เคียงกัน

การนำเขตภูมิอากาศไปใช้ประโยชน์

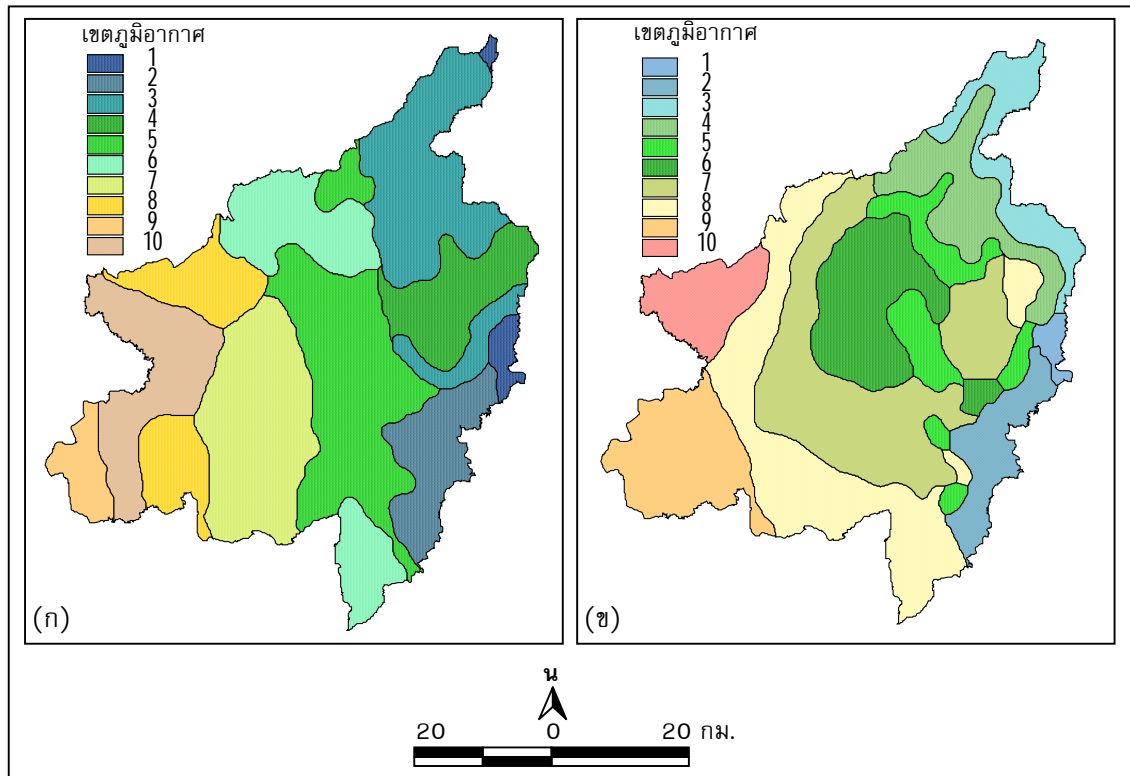
เขตภูมิอากาศที่สร้างขึ้นจากการวิเคราะห์กลุ่มถูกจัดเก็บเป็นชั้นข้อมูลประเภทเวกเตอร์ใน GIS ดังนั้นจึงสามารถเชื่อมโยงกับตารางอธิบายประกอบข้อมูลเชิงพื้นที่ได้ ซึ่งตารางดังกล่าวจัดเก็บข้อมูลภูมิอากาศรายเดือนเฉลี่ยภายในแต่ละเขตภูมิอากาศเป็นเขตข้อมูล (item) ได้แก่ อุณหภูมิสูงสุด (TMAX), อุณหภูมิต่ำสุด (TMIN), ปริมาณน้ำฝน (RTOT), จำนวนวันฝนตก (RNUM) และรังสีอาทิตย์ (SRAD) ตัวอย่างของโครงสร้างในการจัดเก็บตารางอธิบายประกอบข้อมูลแสดงไว้ในรูปที่ 3-12 ข้อมูลเหล่านี้ถูกแปลงเป็นแฟ้มข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือนในรูปแบบที่โปรแกรม DSSAT ต้องการ (ตารางที่ 3-14) จากนั้นสามารถแปลงเป็นแฟ้มข้อมูลรายวันโดยโปรแกรมย่อย WGEN (Pickering et al., 1994 ; Hansen et al., 1994) ดังตัวอย่างผลการสร้างข้อมูลภูมิอากาศรายวันในตารางที่ 3-15

เขตภูมิอากาศที่สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้ไม่ได้ถูกจำกัดการใช้งานอยู่ที่การจำลองผลผลิตข้าว การจำลองการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชไร่อื่นที่มีฤดูกาลเพาะปลูกในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนธันวาคม เช่น พืชไร่ที่ปลูกช่วงปลายฝนและพืชฤดูแล้งในเขตชลประทานที่ปลูกในช่วงเดือนมกราคมถึงมิถุนายนในจังหวัดเชียงใหม่และพินธุโลก สามารถใช้แฟ้มข้อมูลภูมิอากาศสำหรับเขต

ภูมิอากาศทั้ง 10 เขตที่สร้างไว้แล้วได้ ในกรณีที่ต้องการใช้เพิ่มข้อมูลภูมิอากาศสำหรับพืชไร่ที่ปลูกต้นฤดูฝนในช่วงเมษายนถึงกันยายน จำเป็นจะต้องสร้างเขตภูมิอากาศเฉพาะชั้นใหม่จากชั้นข้อมูลภูมิอากาศเชิงพื้นที่ที่ประมาณค่าโดยวิธีการ TPS ตามวิธีการที่ได้อธิบายรายละเอียดข้างต้น



รูปที่ 3-10 เขตภูมิอากาศในจังหวัดพิษณุโลก จำแนกโดยวิธีการวิเคราะห์กลุ่มโดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศรายเดือนระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงเดือนธันวาคม



รูปที่ 3-11 เขตภูมิอากาศในจังหวัดพิษณุโลก จำแนกโดยวิธีการวิเคราะห์กลุ่ม
 (ก) โดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศรายเดือนระหว่างเดือนตุลาคม-มีนาคม
 (ข) โดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศรายเดือนระหว่างเดือนมกราคม-มิถุนายน

สรุป

การพัฒนาฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ภูมิอากาศในระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าวมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแผนที่ภูมิอากาศแบบต่อเนื่องจากข้อมูลที่บันทึกได้ ณ สถานีตรวจอากาศที่อยู่กระจายกันอย่างไม่สม่ำเสมอในบริเวณพื้นที่ศึกษา การทดสอบเปรียบเทียบความแม่นยำของการประมาณค่าโดยพิจารณาค่า RMSE ซึ่งให้เห็นว่าวิธี TPS ซึ่งสามารถนำข้อมูลระดับความสูงของภูมิประเทศมาช่วยในการประมาณค่าข้อมูลภูมิอากาศนั้น ให้ค่า RMSE โดยเฉลี่ยต่ำกว่าวิธี Thiessen, IDW และ Kriging และสามารถจัดเก็บเป็นชั้นข้อมูลกริดที่สามารถนำไปวิเคราะห์ร่วมกับชั้นข้อมูลอื่นในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ได้สะดวก นอกจากนี้ยังได้จัดทำเขตภูมิอากาศจากการวิเคราะห์การกระจายตัวเชิงพื้นที่ของปริมาณน้ำฝน จำนวนวันฝนตก อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และค่ารังสีอาทิตย์เฉลี่ยรายเดือน โดยวิธีการวิเคราะห์กลุ่ม ซึ่งพบว่าสามารถแบ่งเขตภูมิอากาศได้ตามฤดูกาลเพาะปลูกข้าวนาปีและนาปรังเป็น 10 เขตทั้งในจังหวัดเชียงใหม่และพิษณุโลก เขตภูมิอากาศเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ในระบบ GIS ที่มีตารางอธิบายจัดเก็บข้อมูลภูมิอากาศรายเดือนเฉลี่ยที่สามารถนำไปสร้างฐานข้อมูลภูมิอากาศรายวันที่เป็นข้อมูลนำเข้าในแบบจำลอง CERES-Rice การสร้างฐานข้อมูลภูมิอากาศในรูปแบบนี้สามารถลดจำนวนหน่วยแผนที่ที่ใช้ในการจำลองผลผลิตของข้าวนาปีและข้าวนาปรังในพื้นที่ศึกษา จึงสามารถลดเนื้อที่ในการจัดเก็บข้อมูลภูมิอากาศและลดเวลาการประมวลผลในการจำลองผลผลิตข้าวอีกด้วย

ตารางที่ 3-11 ข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือนในเขตภูมิอากาศของจังหวัดพิษณุโลก จำแนกโดยวิธีการวิเคราะห์กลุ่ม
ในเดือนกรกฎาคมถึงธันวาคม

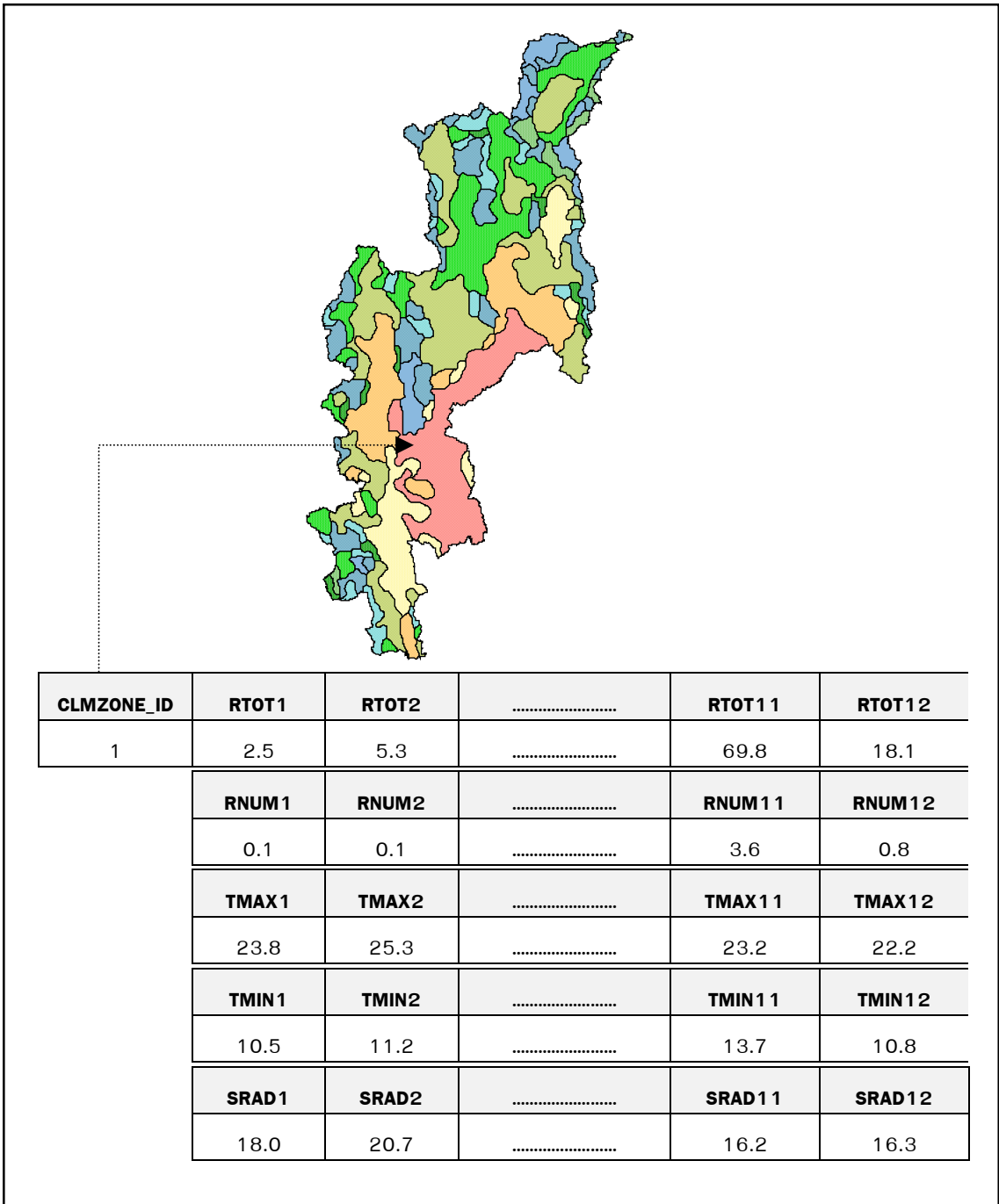
	เขตภูมิอากาศ									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ก.ค.										
TMAX	30.2	31.6	31.8	33.5	30.2	33.7	32.9	31.7	30.7	32.7
TMIN	21.4	22.4	22.0	23.4	21.3	23.3	22.9	21.9	21.6	22.8
RTOT	142.2	134.9	191.2	133.6	158.4	153.6	165.5	187.1	171.4	182.1
RNUM	9.9	9.1	12.9	10.2	10.8	10.8	9.7	13.6	13.5	13.8
SRAD	15.5	15.3	15.8	16.5	15.7	16.5	15.8	16.5	16.5	16.6
ส.ค.										
TMAX	29.2	30.5	31.3	32.6	29.2	32.9	32.1	31.2	29.8	32.0
TMIN	21.2	21.9	21.9	23.0	21.1	23.0	22.8	21.7	21.1	22.2
RTOT	205.7	211.2	231.9	206.4	221.9	235.5	242.7	244.1	240.9	243.7
RNUM	14.2	13.1	15.5	14.1	14.7	14.4	12.8	16.8	16.8	16.5
SRAD	14.9	14.7	15.2	16.0	15.1	15.9	15.2	16.0	15.9	16.1
ก.ย.										
TMAX	29.6	31.1	31.5	32.9	29.5	33.0	32.5	31.2	29.9	32.1
TMIN	21.0	22.2	21.9	23.1	20.9	23.5	23.1	21.7	21.0	22.6
RTOT	214.1	235.8	210.4	229.6	229.4	229.9	248.6	233.5	241.9	252.5
RNUM	13.4	12.3	13.1	12.2	13.5	12.1	11.6	14.8	14.4	14.8
SRAD	16.1	16.3	16.3	16.7	16.3	16.8	16.5	16.6	16.6	16.8
ต.ค.										
TMAX	29.0	30.3	31.2	32.1	29.0	32.7	32.1	31.0	29.6	31.9
TMIN	19.4	20.8	20.6	22.0	19.3	22.4	21.8	20.3	19.5	21.4
RTOT	95.5	117.6	85.3	139.7	103.6	126.1	106.5	107.9	122.0	117.6
RNUM	6.5	7.1	6.8	8.2	6.9	7.7	6.5	7.6	7.9	8.1
SRAD	17.4	17.7	17.8	18.6	17.7	18.5	18.0	18.4	18.3	18.5
พ.ย.										
TMAX	28.1	29.8	30.2	32.0	28.1	32.0	31.3	30.3	28.9	31.2
TMIN	16.2	18.1	18.1	20.0	16.3	20.4	19.5	18.0	16.9	19.2
RTOT	16.9	20.7	10.8	23.3	18.1	22.1	17.1	15.0	18.7	22.1
RNUM	0.3	0.6	1.0	1.5	0.7	1.2	0.8	0.8	1.0	1.2
SRAD	16.9	17.2	17.3	18.0	17.2	18.0	17.5	17.8	17.8	18.0
ธ.ค.										
TMAX	27.9	29.5	29.7	31.6	27.9	31.8	31.1	29.5	28.5	30.7
TMIN	13.0	14.9	15.7	17.2	13.2	17.8	17.1	15.7	14.2	16.9
RTOT	5.9	3.7	4.9	3.9	5.9	3.0	4.2	4.3	5.0	4.6
RNUM	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SRAD	17.0	17.1	17.2	17.8	17.2	17.8	17.4	17.7	17.7	17.8
ก.ค.-ธ.ค.										
TMAX	29.0	30.5	31.0	32.4	29.0	32.7	32.0	30.8	29.6	31.8
TMIN	18.7	20.1	20.0	21.4	18.7	21.7	21.2	19.9	19.1	20.8
RTOT	680.2	723.9	734.5	736.4	737.3	770.2	784.6	791.9	799.8	822.5
RNUM	44.3	42.2	49.3	46.1	46.7	46.1	41.5	53.6	53.6	54.4
SRAD	16.3	16.4	16.6	17.3	16.5	17.2	16.7	17.2	17.1	17.3

ตารางที่ 3-12 ข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือนในเขตภูมิอากาศของจังหวัดพิษณุโลก จำแนกโดยวิธีการวิเคราะห์กลุ่ม
ในเดือนตุลาคมถึงมีนาคม

	เขตภูมิอากาศ									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ต.ค.										
TMAX	24.9	27.9	29.2	31.0	30.9	31.9	32.1	32.5	32.1	32.8
TMIN	16.2	18.1	19.5	20.5	20.5	21.4	21.5	22.3	22.0	22.3
RTOT	115.3	121.6	100.5	85.7	116.1	103.5	120.7	121.8	142.4	130.2
RNUM	7.0	7.8	6.7	6.8	7.8	6.7	8.4	7.5	8.3	7.9
SRAD	17.6	17.7	18.4	18.3	18.2	18.4	18.2	18.5	18.7	17.6
พ.ย.										
TMAX	24.2	27.2	28.3	30.0	30.1	31.1	31.5	32.0	32.0	32.1
TMIN	12.6	15.2	16.5	18.0	18.1	19.0	19.4	20.2	20.0	20.4
RTOT	15.6	15.8	17.7	11.1	19.7	15.0	23.4	20.8	24.1	22.8
RNUM	0.0	1.0	0.5	0.9	1.0	0.7	1.3	1.2	1.6	1.2
SRAD	17.1	17.2	17.9	17.8	17.6	18.0	17.6	17.9	18.2	17.1
ธ.ค.										
TMAX	24.0	26.7	28.1	29.6	29.6	30.7	30.9	31.6	31.6	31.9
TMIN	8.5	12.2	13.4	15.5	15.7	16.7	17.2	17.7	17.1	17.8
RTOT	7.2	5.5	5.8	5.0	5.0	4.3	4.0	2.9	4.2	3.2
RNUM	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SRAD	17.1	17.2	17.7	17.6	17.5	17.8	17.5	17.8	18.0	17.1
ม.ค.										
TMAX	24.5	27.5	28.7	30.4	30.6	31.7	32.1	32.9	33.0	33.1
TMIN	8.0	11.8	12.5	14.5	15.1	16.1	16.9	17.8	18.0	18.1
RTOT	6.4	5.3	4.7	3.9	3.5	1.8	2.3	2.5	2.4	2.8
RNUM	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SRAD	17.9	17.9	18.2	18.2	18.1	18.3	18.1	18.2	18.4	17.8
ก.พ.										
TMAX	26.9	29.7	30.8	32.3	32.4	33.5	33.8	34.5	34.7	34.9
TMIN	9.2	13.8	14.0	16.6	17.1	18.3	19.4	19.8	20.0	20.0
RTOT	16.5	16.4	11.9	13.6	14.2	11.2	13.0	10.1	14.8	11.0
RNUM	0.8	1.1	0.8	1.0	1.0	0.5	1.0	0.5	0.9	0.6
SRAD	20.1	20.1	20.6	20.5	20.4	20.6	20.3	20.6	20.9	20.0
มี.ค.										
TMAX	30.6	32.5	33.9	34.9	34.9	35.8	36.0	36.6	36.6	36.9
TMIN	14.8	17.8	18.2	19.8	20.2	21.0	21.7	22.1	23.0	22.6
RTOT	49.3	45.2	38.6	40.0	33.2	28.2	26.5	20.9	23.7	18.3
RNUM	2.6	2.8	2.0	2.1	1.8	1.4	1.6	1.1	1.0	1.0
SRAD	20.8	20.9	21.7	21.4	21.3	21.7	21.2	21.6	21.8	20.7
ต.ค.-มี.ค.										
TMAX	25.9	28.6	29.8	31.4	31.4	32.4	32.7	33.3	33.3	33.6
TMIN	11.6	14.8	15.7	17.5	17.8	18.8	19.3	20.0	20.0	20.2
RTOT	210.3	209.8	179.1	159.4	191.6	164.1	190.0	179.0	211.7	188.4
RNUM	10.4	12.7	10.1	10.7	11.6	9.3	12.3	10.2	11.8	10.8
SRAD	18.4	18.5	19.1	19.0	18.8	19.1	18.8	19.1	19.3	18.4

ตารางที่ 3-13 ข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือนในเขตภูมิอากาศของจังหวัดพิษณุโลก จำแนกโดยวิธีการวิเคราะห์กลุ่ม
ในเดือนมกราคมถึงมิถุนายน

	เขตภูมิอากาศ									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ม.ค.										
TMAX	24.2	27.1	27.7	29.0	29.7	31.4	31.4	31.9	32.9	33.2
TMIN	7.8	11.4	11.3	12.8	13.8	15.8	15.9	16.7	18.0	18.1
RTOT	6.5	5.5	5.3	4.3	4.1	3.4	3.2	1.9	2.4	2.9
RNUM	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SRAD	17.9	18.1	17.8	17.9	18.1	18.2	18.3	18.3	18.4	17.9
ก.พ.										
TMAX	26.7	29.3	29.9	31.0	31.6	33.2	33.1	33.7	34.5	35.0
TMIN	9.1	13.3	12.5	14.3	15.7	17.8	18.1	19.1	20.0	20.0
RTOT	17.4	16.7	11.4	11.4	13.7	13.0	13.6	12.2	13.2	8.0
RNUM	1.0	1.2	0.6	1.0	1.0	0.9	0.9	0.8	0.9	0.1
SRAD	20.0	20.3	19.9	20.1	20.3	20.5	20.6	20.6	20.8	20.2
มี.ค.										
TMAX	30.3	32.2	33.3	34.1	34.3	35.6	35.5	35.9	36.5	37.0
TMIN	14.6	17.4	17.3	18.5	19.3	20.8	20.9	21.4	22.6	22.7
RTOT	50.1	47.0	41.4	36.9	35.5	31.8	31.1	26.9	22.7	15.4
RNUM	2.6	3.0	2.2	1.9	1.9	1.6	1.8	1.5	1.0	1.0
SRAD	20.7	21.2	20.6	20.8	21.2	21.4	21.5	21.6	21.8	21.4
เม.ย.										
TMAX	28.7	32.1	32.4	33.8	34.7	36.5	36.6	37.3	38.0	38.3
TMIN	16.5	19.3	19.7	20.8	21.5	23.1	23.1	23.7	24.6	25.0
RTOT	124.5	111.0	94.5	85.3	76.6	62.4	58.4	53.0	47.0	43.8
RNUM	5.7	5.0	4.7	4.1	4.1	3.3	3.5	2.9	2.1	2.0
SRAD	22.2	22.7	22.1	22.4	22.8	23.1	23.2	23.2	23.5	23.1
พ.ค.										
TMAX	26.9	30.6	30.4	31.8	32.9	34.6	34.9	35.6	36.0	36.0
TMIN	18.7	20.5	20.9	21.6	22.0	23.0	23.1	23.3	24.0	24.0
RTOT	227.0	224.6	191.3	195.8	203.2	216.8	196.6	183.2	178.1	186.6
RNUM	12.2	13.6	10.9	11.2	11.7	11.3	11.0	9.8	9.3	8.1
SRAD	20.1	20.6	19.9	20.2	20.6	21.0	21.2	21.2	21.4	20.7
มี.ย.										
TMAX	26.7	29.5	29.8	31.0	31.7	33.1	33.2	33.6	34.0	34.3
TMIN	19.4	20.4	21.6	22.0	22.0	22.8	22.7	23.0	23.5	24.0
RTOT	146.3	179.1	141.5	158.5	183.7	194.5	185.6	173.3	161.8	151.7
RNUM	10.2	13.9	10.2	11.2	12.8	12.8	12.7	11.5	12.1	9.3
SRAD	16.7	17.0	16.5	16.7	17.0	17.2	17.4	17.5	17.6	16.8
ม.ค.-มี.ย.										
TMAX	27.3	30.2	30.6	31.8	32.5	34.1	34.1	34.6	35.3	35.6
TMIN	14.3	17.0	17.2	18.3	19.1	20.5	20.6	21.2	22.1	22.3
RTOT	571.7	583.9	485.3	492.2	516.8	521.8	488.5	450.6	425.1	408.3
RNUM	31.7	36.7	28.7	29.3	31.4	29.9	29.8	26.5	25.4	20.5
SRAD	19.6	20.0	19.5	19.7	20.0	20.2	20.4	20.4	20.6	20.0



รูปที่ 3-12 การเชื่อมโยงของเขตภูมิอากาศและตารางอรรถาธิบายข้อมูลภูมิอากาศ

ตารางที่ 3-14 เพิ่มข้อมูล .CLI สำหรับเขตภูมิอากาศที่ 1 ของจังหวัดเชียงใหม่

```

*CLIMATE : Chiang Mai Zone 1
@ INSI      LAT      LONG  ELEV  TAV  AMP  SRAY  TMXY  TMNY  RAIY
CMO1      18.550  94.450  314  20.7  5.8  18.0  25.8  15.6  1839
@START    DURN  ANGA  ANGB  REFHT  WNDHT  SOURCE
1988      9    0.25  0.50 -99.0 -99.0 Climate_surface_TPS
@ GSST    GSDU
1         365

*MONTHLY AVERAGES
@ MTH  SAMN  XAMN  NAMN  RTOT  RNUM  SHMN  AMTH  BMTH
1     18.0  23.8  10.5  2.5   0.0 -99.0  0.250  0.500
2     20.7  25.3  11.2  5.3   0.0 -99.0  0.250  0.500
3     21.3  28.4  14.8  16.1  1.0 -99.0  0.250  0.500
4     22.7  30.5  17.3  67.2  5.5 -99.0  0.250  0.500
5     20.5  28.5  18.2  226.7 15.1 -99.0  0.250  0.500
6     16.4  26.5  18.5  247.8 17.7 -99.0  0.250  0.500
7     14.8  25.7  18.5  303.5 20.2 -99.0  0.250  0.500
8     14.8  25.3  18.3  361.5 21.5 -99.0  0.250  0.500
9     16.6  25.2  17.9  317.4 17.9 -99.0  0.250  0.500
10    17.6  24.7  17.0  202.8 12.5 -99.0  0.250  0.500
11    16.2  23.2  13.7  69.8  3.6 -99.0  0.250  0.500
12    16.3  22.2  10.8  18.1  0.8 -99.0  0.250  0.500

*FLAGGED DATA COUNT
BEGYR BEGDY  ENDYR  ENDDY
1988   1  1996  365
@      TOTAL  SRAD  TMAX  TMIN  RAIN
TOTAL : 13148  3287  3287  3287  3287
VALID : 13148  3287  3287  3287  3287
MISSING: 0      0      0      0      0
ERROR  : 0      0      0      0      0
ABOVE  : 0      0      0      0      0
BELOW  : 0      0      0      0      0
RATE   : 0      0      0      0      0
    
```


ตารางที่ 3-15 ตัวอย่างผลที่ได้จากการสร้างแฟ้มข้อมูลภูมิอากาศรายวันเป็นจำนวน 20 ปี
จากข้อมูลภูมิอากาศรายเดือน (.CLI) ในโปรแกรม DSSAT
สำหรับเขตภูมิอากาศที่ 1 ของจังหวัดเชียงใหม่

@DATE	SRAD	TMAX	TMIN	RAIN	PAR
01201	9.5	23.4	19.0	0.0	19.0
01202	6.2	24.9	17.2	28.2	12.5
01203	14.3	22.8	16.5	0.0	28.6
01204	10.1	22.6	15.8	2.0	20.2
01205	9.7	28.3	15.5	6.8	19.3
01206	16.1	27.1	17.7	0.4	32.2
01207	9.5	25.7	14.7	19.9	19.0
01208	7.3	25.3	15.2	5.0	14.6
01209	6.3	25.8	19.5	0.7	12.6
01210	6.2	24.1	17.3	1.3	12.4
		:			
		:			
		:			
		:			
		:			
10201	11.3	30.7	21.2	9.2	22.5
10202	6.2	30.3	22.3	10.0	12.5
10203	17.6	27.4	16.9	21.8	35.1
10204	6.2	20.3	12.7	40.4	12.5
10205	16.9	25.7	14.9	23.6	33.8
10206	13.9	23.0	16.5	2.7	27.8
10207	16.3	27.1	17.8	8.9	32.6
10208	12.8	24.6	18.7	3.3	25.5
10209	9.9	25.2	16.6	81.1	19.8
10210	21.6	26.8	17.7	0.8	43.1
10211	14.2	23.4	16.2	0.0	28.4
		:			
		:			
		:			
		:			
		:			
20201	22.5	29.3	16.0	0.0	45.1
20202	25.9	29.8	17.5	0.0	51.9
20203	7.0	23.6	15.7	12.7	14.0
20204	17.8	22.1	18.3	0.0	35.5
20205	17.8	22.3	15.5	8.6	35.6
20206	17.1	27.3	17.5	4.2	34.2
20207	18.3	27.9	17.5	19.1	36.7
20208	15.8	28.7	17.7	19.1	31.7
20209	21.3	25.1	16.0	0.2	42.6
20210	6.2	21.3	15.7	20.4	12.4
20211	12.4	22.5	15.7	0.1	24.8

เอกสารอ้างอิง

- พนมศักดิ์ พรหมบุรุษย์, อรรถชัย จินตะเวช และ เมธี เอกะสิงห์. 2543. โครงสร้างของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว : โปสพ 1.0. หน้า 213-237. ใน เมธี เอกะสิงห์ และคณะ (บรรณาธิการ). ระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ส่วนที่ 1 โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช : ข้าวในภาคเหนือ. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- เมธี เอกะสิงห์, ถาวร อ่อนประไพ, พนมศักดิ์ พรหมบุรุษย์, จุไรพร แก้วทิพย์, สุรีย์พร สุดชาติ, เฉลิมพล สำราญพงษ์, สิทธิเดช ณ เชียงใหม่ และ ทนงเกียรติ อุปันโน. 2543. ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ในระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ส่วนที่ 2 โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช: ข้าวในภาคเหนือ. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- เมธี เอกะสิงห์, ถาวร อ่อนประไพ, พนมศักดิ์ พรหมบุรุษย์, ทนงเกียรติ อุปันโน และ เฉลิมพล สำราญพงษ์. 2541. การพัฒนาฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ภูมิอากาศในระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว. หน้า 27-33 ใน เมธี เอกะสิงห์ และคณะ. รายงานความก้าวหน้าฉบับที่ 1 โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช: ข้าวในภาคเหนือ. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- Bonham-Carter G.F. 1994. Geographic Information Systems for Geoscientists: Modeling with GIS. Computer Methods in the Geosciences Volume 13. Pergamon (Elsevier Science Ltd.). Ontario.
- Chua, S.H. and R.L. Bras. 1982. Optimal estimators of mean areal precipitation in region of orographic influence. J. Hydrol. 57:23-48.
- Creutin, J.D. and C. Obled. 1982. Objective analyses and mapping techniques for rainfall fields: An objective comparison. Water Resour. Res. 18(2): 413-431.
- Dingman, S.L., D.M. Seely-Reynolds and R.C. Reynolds III. 1988. Application of Kriging to estimating mean annual precipitation in a region of orographic influence. Water Resource Bulletin. 24(2): 329-339.
- ESRI. 1994a. ARC Commands. Environmental Systems Research Institute, Inc., Redland, CA.
- ESRI. 1994b. GRID Commands. Environmental Systems Research Institute, Inc., Redland, CA.
- Garen, C., L. Johnson and L. Hanson. 1994. Mean areal precipitation for daily hydrologic modeling in mountainous regions. Water Resource Bulletin. 30(3):481-491.

- Hutchinson, M.F. and P.E. Gessler. 1994. Splines more than just a smooth interpolator. *Geoderma*. 62:45-67.
- Hutchinson, M.F., H.A. Nix, D.J. Houlder and J.P. McMahon. 1998. ANUCLIM version 1.8 User Guide. Center for Resource and Environmental Studies, The Australian National University, Canberra.
- Hutchinson, M.F. 1996. Thin plate spline interpolation of mean rainfall. p. 85-90. *In* M.F. Goodchild, L.T. Steyaert and B.O. Parks (eds.). *GIS and Environmental Modeling: Progress and Research Issues.*, GIS World Books, CO.
- Hutchinson, M.F. 1997. ANUSPLIN Version 3.2 User Guide. Center for Resource and Environmental Studies, The Australian National University, Canberra.
- Kalinger, M.A. and J.A. Skrivan. 1981. Kriging Analysis of Mean Annual Precipitation, Powder River Basin, Montana and Wyoming. Water Resources Investigation Report 81-050. U.S. Geological Survey, Tacoma, WA.
- Lal, B.B. and G. Al-Mushidani. 1978. A technique for the determination of areal average rainfall. *Hydrol. Sci. J.* 23(4):445-453.
- Oldeman, L.R. and M. Frere. 1982. A Study of the Agroclimatology of the Humid Tropics of Southeast Asia. FAO, Rome.
- Oliver, M.A. and R. Webster. 1991. How geostatistics can help you. *Soil Use and Management*. 7(4):206-217.
- Phillips, D.L., J. Dolph and D. Marks. 1992. A comparison of geostatistical procedures for spatial analysis of precipitation in mountainous terrain. *Agricultural and Forest Meteorology*. 58:119-141.
- Pickering, N.B., J.W. Hansen, J.W. Jones, H. Chan and D. Godwin. 1994. Weatherman: A utility for managing and generating daily weather data. *Agron. J.* 86(2):332-337.
- Robertson, G.P. 1998. *GS+ : Geostatistics for the Environmental Sciences*. Gamma Design Software, Plainwell, MI.
- Sharma, S. 1996. *Applied Multivariate Techniques*. John Wiley & Sons, Inc., NY.
- Tabios, G.O. and J.D. Salas. 1985. A Comparative analysis of techniques for spatial interpolation of precipitation. *Water Resource Bulletin*. 21(3):365-380.

- Trangmar, B.B., R.S. Yost and G. Uehara. 1985. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. *Adv. Agron.* 38:45-94.
- Tsuji, G. Y., G. Uehara and S. Balas (eds.). 1994. DSSAT v3. University of Hawaii, Honolulu, HI.
- Watson, D.F. 1992. *Contouring : A Guide to the Analysis and Display of Spatial Data.* Pergamon Press, NY.

กลับสู่เมนูหลัก

กลับสู่สารบัญ