การประเมินค่าดัชนีการเป็นประโยชน์ของน้ำเชิงพื้นที่ด้วยข้อมูลภูมิอากาศ

ชาญชัย แสงชโยสวัสดิ์

คำนำ

สภาพความแห้งแล้งในพื้นที่ที่เกิดขึ้นมักจะมีผลกระทบต่อกิจกรรมต่าง ๆ ในพื้นที่ทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยเฉพาะกับระบบการผลิตพืชที่จำเป็นต้องการใช้น้ำสำหรับการเพาะปลูก สภาพความแห้งแล้งที่เกิดขึ้นเป็นลักษณะเฉพาะ ที่เกิดขึ้นในพื้นที่นั้น ๆ แล้วมักจะกลับมาเกิดขึ้นอีกได้ตลอดเวลา เนื่องจากปัจจัยด้านสภาพพื้นที่และการจัดการด้านต่าง ๆ ในพื้นที่นั้น ซึ่งมีผลทำให้ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาไม่เพียงพอต่อกิจกรรมต่าง ๆ ที่มีผลกระทบทั้งในแง่เศรษฐกิจ สังคม และสภาพแวดล้อม การประเมินความแห้งแล้งในพื้นที่โดยทั่วไปคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง 3 ลักษณะคือ ความแห้งแล้งจากสภาพแหล่งน้ำไม่เพียงพอ สภาพภูมิอากาศที่ไม่เหมาะสม (ปริมาณน้ำฝน ศักยภาพการคายระเหยน้ำ และอุณหภูมิ) และระบบการผลิตทางเกษตรที่ไม่เหมาะสม (Jackson, 2001)

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ พัฒนาแนวทางในการประเมินความเสี่ยงต่อสภาวะความแห้งแล้งเนื่องจากปัจจัยสภาพภูมิอากาศ โดยเน้นถึงการนำข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน จำนวน 30 ปี ของแต่ละสถานีที่กระจายในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และพะเยา มาวิเคราะห์ความเสี่ยงของการเกิดฝนแล้งเชิงพื้นที่ด้วยระบบภูมิสารสนเทศในทุกสัปดาห์ หรือ ทุกเดือน ในรอบปี

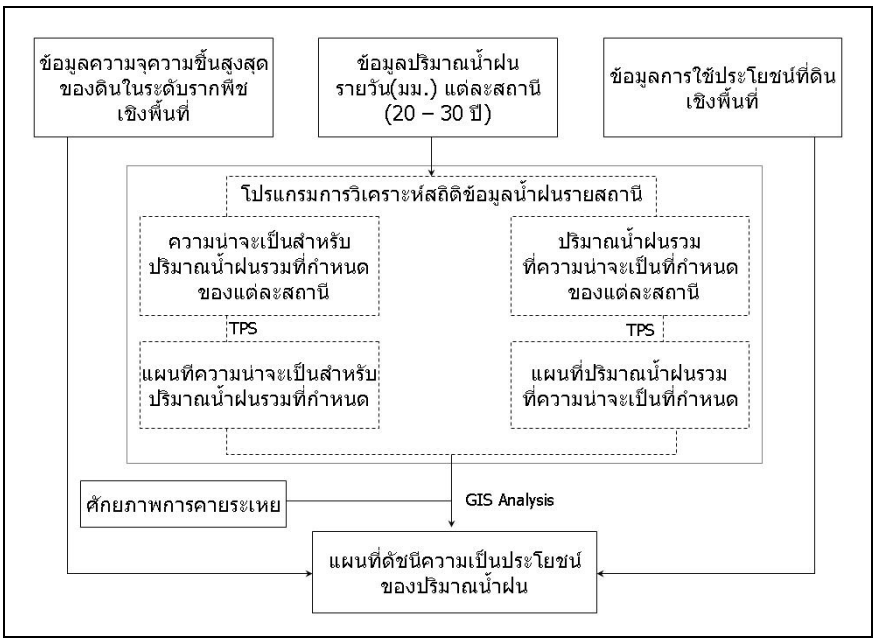
ความเสี่ยงต่อสภาวะแห้งแล้ง

ปัจจุบันสภาพความแห้งแล้งที่เกิดขึ้นในประเทศไทย มักทวีความรุนแรงและขยายวงกว้างมากขึ้นเรื่อย ๆ นอกจากนี้สภาพความแห้งแล้งที่เกิดขึ้นพบว่ามักจะมีแปรปรวนทั้งในเชิงพื้นที่ และเชิงเวลา ซึ่งมีผลทำให้การตัดสินใจในการแก้ไขปัญหาความแห้งแล้งในระดับนโยบายภายในพื้นที่ต่าง ๆ เป็นไปด้วยความลำบากมากยิ่งขึ้น ความพยายามในการแก้ไขปัญหาความแปรปรวนของการเกิดความแห้งแล้งเชิงพื้นที่ โดยการประยุกต์ใช้ระบบภูมิสารสนเทศ กับการประเมินความแห้งแล้งเชิงพื้นที่เป็นแนวทางที่ได้มีการใช้กันอย่างแพร่หลาย ทั้งนี้เพื่อสามารถระบุพื้นที่เสี่ยงต่อความแห้งแล้งที่จำเป็นสำหรับการวางแผนในการจัดการปัญหาที่เกิดขึ้น โดย Mongkolsawat et al. (2000) ได้ศึกษาถึงการประเมินหาพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดความแห้งแล้ง ด้วยวิธีการกำหนดค่าความรุนแรงจากการถ่วงน้ำหนักของปัจจัยทางด้านสภาพภูมิอากาศ โดยเฉพาะปริมาณน้ำฝน ข้อมูลพื้นที่แหล่งน้ำธรรมชาติ และลักษณะการจัดเรียงตัวของสภาพภูมิประเทศต่อการเกิดความแห้งแล้ง โดยใช้ความสามารถของระบบภูมิสารสนเทศในการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ เพื่อสร้างแผนที่โอกาสเสี่ยงต่อการเกิดความแห้งแล้งในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย นอกจากนั้น ชาญชัยและคณะ (2548) ได้ประยุกต์ใช้ระบบภูมิสารเทศสำหรับการประมาณช่วงความยาวฤดูพืชเชิงพื้นที่จากข้อมูลภูมิอากาศ ในจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และลำพูน เพื่อช่วยประกอบการตัดสินใจการเลือกพืชปลูกให้เหมาะสมกับปริมาณน้ำฝนที่ตก โดยอาศัยการวิเคราะห์ความน่าจะเป็น จากข้อมูลภูมิอากาศเชิงเวลาที่ความน่าจะเป็นที่เกิดขึ้น 75 เปอร์เซ็นต์ ผลจากการศึกษาดังกล่าวยังขาดการกำหนดความน่าจะเป็น (โอกาส) ในระดับต่างของการเกิดภาวะฝนแล้ง สำหรับใช้ในการประเมินความเสี่ยงทางด้านความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศเชิงพื้นที่ เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจการจัดการระบบการผลิตพืช ดังนั้นการวิเคราะห์โอกาสเกิดฝนตก

(probability) ในสัปดาห์ต่าง ๆ ในรอบปี พร้อมทั้งหาโอกาสที่เกิดแบบมีเงื่อนไข (conditional probability) ในแต่ละสัปดาห์ (Virmani et al, 1978) ร่วมกับข้อมูลเชิงพื้นที่ด้านการใช้ประโยชน์ที่ดินการเกษตร และสภาพการเรียงตัวของพื้นที่ น่าจะนำประยุกต์ใช้กับระบบภูมิสารสนเทศได้ เพื่อประโยชน์ในการประเมินความเสี่ยงด้านความแห้งแล้งเชิงพื้นที่อย่างมีประสิทธิภาพ

แนวทางในการศึกษา

การประเมินความเสี่ยงต่อสภาวะความแห้งแล้งเชิงพื้นที่ ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 3 องค์ประกอบด้วยกันคือ 1) การประเมินสภาพภูมิอากาศ 2) การประเมินการใช้ประโยชน์ที่ดิน และ 3) การประเมินสภาพดินที่เป็นอยู่ในพื้นที่ต่อการกักเก็บน้ำ โดยองค์ประกอบทั้งสามจะมีความสัมพันธ์กันในเชิงเวลาสำหรับการกำหนดความเป็นประโยชน์ของน้ำต่อสภาพแวดล้อมนั้น ๆ เมื่อพิจารณาองค์ประกอบทั้งสามจะเห็นได้ว่า สภาพภูมิอากาศเป็นองค์ประกอบที่มีความเปลี่ยนแปลงทางด้านเวลามากกว่าองค์ประกอบอื่น ๆ ดังกล่าว ซึ่งจะมีอิทธิพลต่อการกำหนดความเสี่ยงต่อการเกิดความแห้งแล้งค่อนข้างสูง ดังนั้นการประเมินความเสี่ยงทางด้านความแห้งแล้งจึงเน้นถึงการพัฒนาการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นของการเกิดของฝนจากข้อมูลเชิงเวลาก่อน แล้วจึงนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่กับองค์ประกอบที่เหลือทั้งสององค์ประกอบ (รูปที่ 1) เพื่อสร้างเป็นแผนที่ความเสี่ยงต่อการเกิดความแห้งแล้งในพื้นที่เป้าหมาย



รูปที่ 1 แนวทางการประเมินความเสี่ยงต่อความแห้งแล้งเชิงพื้นที่

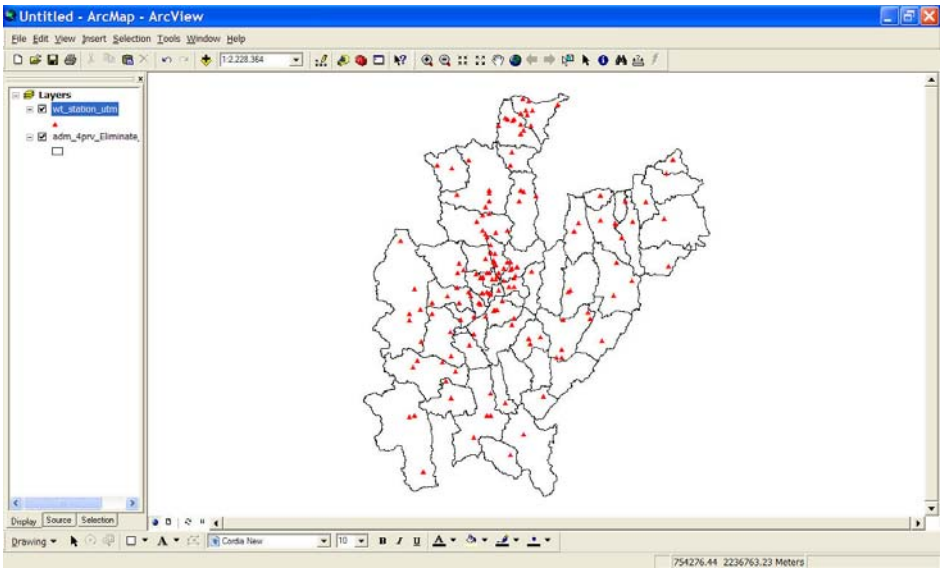
การประเมินความน่าจะเป็นของการเกิดฝนในพื้นที่

การกระจายตัวของข้อมูลภูมิอากาศภายในรอบปีต่าง ๆ ในพื้นที่ศึกษา เป็นข้อมูลที่จำเป็นสำหรับใช้ในการประเมินความน่าจะเป็นของการเกิดของฝนในพื้นที่ โดยมีเป้าหมายเพื่อการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นสำหรับปริมาณน้ำฝนที่กำหนดไว้ และปริมาณน้ำฝนที่เกิดขึ้นในความน่าจะเป็นที่กำหนดไว้ ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูล

ภูมิอากาศ สามารถใช้เป็นแนวทางในการกำหนดพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดฝนแล้ง และน้ำท่วมซ้ำซากในระบบภูมิสารสนเทศต่อไปได้ นอกจากความสำคัญข้อมูลภูมิอากาศที่กล่าวข้างต้นแล้ว แนวทางในการประมาณค่าข้อมูลภูมิอากาศเชิงพื้นที่โดยระบบภูมิสารสนเทศในโครงการวิจัยนี้ได้ใช้วิธีการประมาณค่าแบบ Thin Plate Spline, TPS ในการประมาณค่าเชิงพื้นที่ ดังปรากฏในรายงานความก้าวหน้าของโครงการวิจัย ฯ ระยะที่ 1 (ชาญชัย และคณะ 2545) ขั้นตอนในการพัฒนาระบบการประเมินความน่าจะเป็นของข้อมูลภูมิอากาศประกอบด้วย การรวบรวมข้อมูลภูมิกาศ และการวิเคราะห์ข้อมูลภูมิอากาศเชิงพื้นที่

การรวบรวมและเตรียมข้อมูลภูมิอากาศ

ข้อมูลภูมิอากาศทั้งหมดที่รวบรวมได้มีแหล่งข้อมูลจากหน่วยงานต่าง ๆ ในประเทศไทย ได้แก่ กรมอุตุนิยมวิทยา กรมชลประทาน และโครงการหลวง โดยข้อมูลที่ได้จะประกอบด้วย ข้อมูลปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด และปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ของแต่ละสถานีที่ครอบคลุมพื้นที่ในจังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และพะเยา ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดอากาศถูกรวบรวมและกำหนดด้วยค่าพิกัดละติจูด และลองติจูด พร้อมทั้งมีชื่อสถานีกำกับ จำนวนสถานีที่รวบรวมได้ในพื้นที่มีทั้งหมด 154 สถานีกระจายทั่วทั้ง 4 จังหวัด ซึ่งสามารถแปลงให้อยู่ในรูปของแผนที่แสดงตำแหน่งของสถานีวัดอากาศดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แผนที่แสดงตำแหน่งของสถานีวัดอากาศในจังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และพะเยา

ข้อมูลภูมิอากาศของแต่ละสถานีที่ได้มาเป็นข้อมูลรายวัน โดยเริ่มรวบรวมข้อมูลจากปี พ.ศ. 2518 ถึง 2548 ซึ่งข้อมูลที่ได้มาจะเก็บอยู่ในรูปแบบของ Text file ดังนั้นจึงต้องทำการเตรียม และแปลงข้อมูลเหล่านี้ให้อยู่ในรูปแบบของฐานข้อมูลที่สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป โปรแกรม Microsoft Access จึงถูกเลือกให้เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการเก็บฐานข้อมูลภูมิอากาศ โดยแยกเก็บข้อมูลออกเป็น 3 ตาราง ประกอบด้วย ตารางจังหวัด (Province) ซึ่งเป็นตารางที่แสดงถึงข้อมูลจังหวัดที่มีข้อมูลภูมิอากาศ (รูปที่ 3) ตารางสถานีวัดภูมิอากาศ (Station) เป็นรายละเอียดของสถานีวัดภูมิอากาศที่เชื่อมโยงกับรหัสของจังหวัด เพื่อ

ประโยชน์ในการกำหนดสถานีวัดอากาศในจังหวัดที่ต้องการวิเคราะห์ได้ (รูปที่ 4) และ ตารางข้อมูลน้ำฝน (Rainfall) เป็นตารางข้อมูลน้ำฝนทั้งหมดที่รวบรวมได้โดยเชื่อมโยงกับรหัสของสถานีวัดอากาศ และจังหวัดที่มีข้อมูลภูมิอากาศ (รูปที่ 5)

การวิเคราะห์ข้อมูลภูมิอากาศ

ข้อมูลภูมิอากาศที่เก็บอยู่ในรูปฐานข้อมูลในโปรแกรม Microsoft Access ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นสำหรับการเกิดของฝนในพื้นที่ได้ 2 ลักษณะ คือ

1. หาความน่าจะเป็นที่ปริมาณน้ำฝนที่ตกมากกว่าปริมาณที่กำหนดไว้ เช่น ความน่าจะเป็นที่ปริมาณน้ำฝนรวมในหนึ่งปีของสถานี ที่ว่าการ อ.ฝาง ของจังหวัดเชียงใหม่ มากกว่า 1,200 มม. เท่ากับเท่าไหร่ โดยใช้สมการ

$$\text{ความน่าจะเป็นที่เกิดขึ้น} = \frac{\text{จำนวนปีที่ที่มีน้ำฝนมากกว่า 1,200 มม.}}{\text{จำนวนปีที่ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล}}$$

จากการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นของการเกิดฝนโดยวิธีการวิเคราะห์นี้ ผู้วิเคราะห์สามารถกำหนดเงื่อนไขของปริมาณน้ำฝนที่ต้องการก่อน เพื่อต้องการคำนวณความน่าจะเป็นที่เกิดขึ้น ซึ่งสามารถใช้ร่วมกับข้อมูลอื่นในการประเมินพื้นที่น้ำท่วม

2. หาปริมาณน้ำฝนรวม (มม.) ที่ความน่าจะเป็นที่กำหนดไว้ เช่น ปริมาณน้ำฝนรวมทั้งหมดในหนึ่งปี ของสถานีที่ว่าการ อ.ฝาง ของจังหวัดเชียงใหม่ที่ความน่าจะเป็น เท่ากับ 75% มีค่าเท่ากับกี่มิลลิเมตร โดยใช้สมการ

$$Fa = \frac{100 \times m}{n+1}$$

โดย Fa = ค่าความน่าจะเป็นสะสม
m = Rank number ของปี เมื่อเรียงจากปริมาณน้ำฝนจากมากไปหาน้อย
n = จำนวนปีของข้อมูล (Virmani et al. 1978)

ทำนองเดียวกันการวิเคราะห์การเกิดของฝนโดยวิธีการนี้ ผู้วิเคราะห์จะต้องกำหนดความน่าจะเป็นที่ยอมรับได้ในการประเมิน เพื่อคำนวณปริมาณน้ำฝนที่เกิดขึ้น ซึ่งสามารถใช้ร่วมกับข้อมูลอื่นในการประเมินพื้นที่แห้งแล้งได้

จากการวิเคราะห์การเกิดฝนของทั้งสองวิธี ยังมีเงื่อนไขอื่นที่จำเป็นต้องกำหนด นอกเหนือจากการกำหนดความน่าจะเป็น และปริมาณน้ำฝนที่จะใช้ในการคำนวณ คือ ช่วงเวลาที่ต้องการคำนวณ เช่น ต้องการคำนวณเป็นรายสัปดาห์ รายเดือน หรือรายปี เป็นต้น จำนวนสถานีที่ต้องการคำนวณในแต่ละครั้ง ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดความเสี่ยงของสภาวะแห้งแล้งเชิงพื้นที่ที่เกิดขึ้น ดังนั้นเพื่อให้การประเมินการเกิดของฝนเป็นไปอย่างมี

ประสิทธิภาพและรวดเร็ว จึงจำเป็นที่ต้องมีการพัฒนาระบบการประเมินการเกิดของฝนขึ้น ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สำหรับงานที่ต้องการขยายพื้นที่ให้กว้างขึ้นในอนาคต

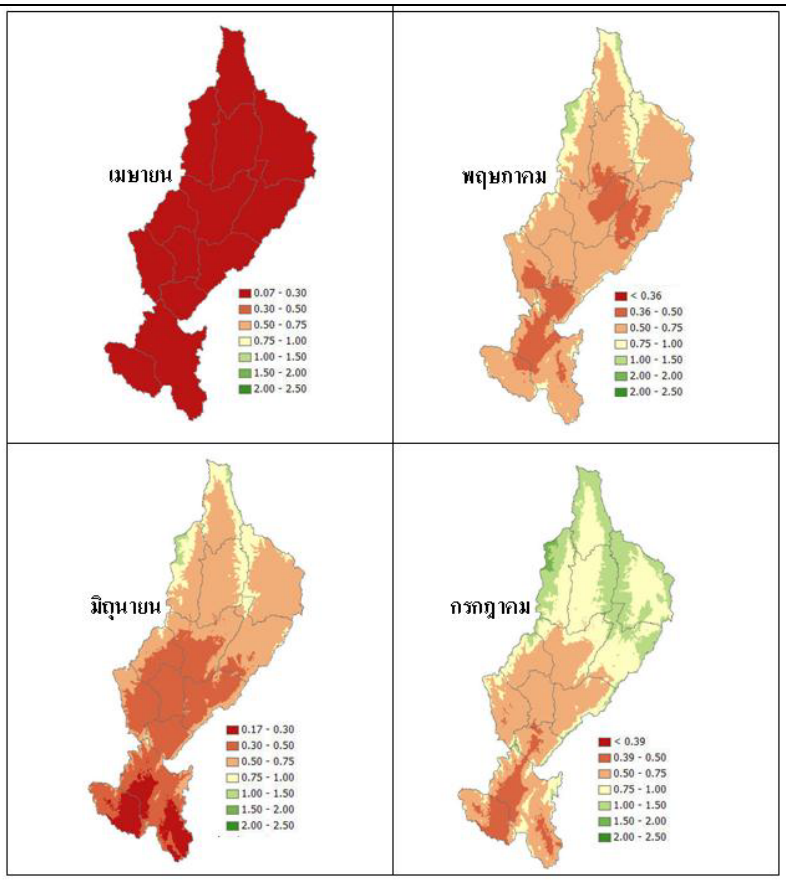
โดยในการศึกษาครั้งนี้จะทำการประเมินดัชนีความเป็นประโยชน์ของน้ำฝน เพื่อกำหนดพื้นที่แห้งแล้งเชิงพื้นที่ จากข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่ความน่าจะเป็นที่ 75% ในช่วงฤดูฝน โดยใช้พื้นที่ของจังหวัดลำปางเป็นพื้นที่กรณีศึกษา

ผลการศึกษา

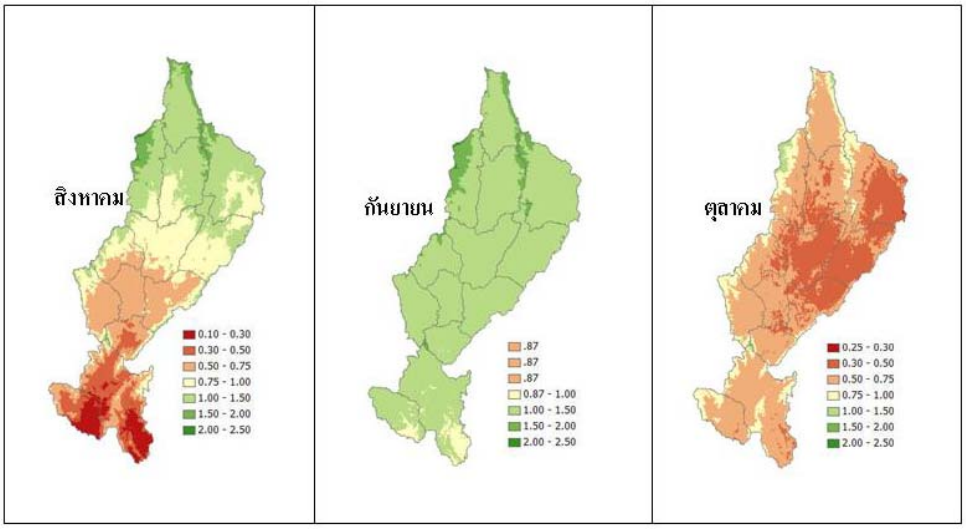
การประมาณค่าและการประยุกต์ใช้น้ำฝนเชิงพื้นที่

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลภูมิอากาศดังกล่าวข้างต้น สามารถนำไปใช้ในการประมาณค่าเชิงพื้นที่ด้วยระบบภูมิสารสนเทศโดยวิธีการ Thin Plate Spline เพื่อสร้างแผนที่การกระจายตัวของน้ำฝนเชิงพื้นที่ตามเงื่อนไขต่าง ๆ ที่ต้องการ จากการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความเป็นประโยชน์ของปริมาณน้ำฝนที่เกิดขึ้นในช่วงฤดูฝน ตั้งแต่เดือนเมษายน ถึงเดือนตุลาคมที่ความน่าจะเป็นเท่ากับ 75% ของจังหวัดลำปาง เพื่อศึกษาการกระจายตัวความเป็นประโยชน์ของน้ำฝนและทำการประมาณค่าข้อมูลเชิงพื้นที่ โดยสามารถแบ่งค่าดัชนีความเป็นประโยชน์ของปริมาณน้ำฝนออกเป็น 7 ระดับ จากค่าน้อย (น้ำน้อยที่สุด) ไปมาก (น้ำมากที่สุด) พบว่าเดือนเมษายนของจังหวัดลำปาง มีค่าการกระจายตัวของค่าดัชนีความเป็นประโยชน์ของปริมาณน้ำฝนอยู่ระหว่าง 0.07 – 0.25 ซึ่งแสดงว่าทุกพื้นที่ยังมีปริมาณน้ำฝนที่เป็นประโยชน์น้อยกว่าการคายระเหยน้ำจากพื้นที่ (รูปที่ 3.) ขณะที่เดือนพฤษภาคมค่าดัชนีความเป็นประโยชน์ของปริมาณน้ำฝนกระจายตัวอยู่ระหว่าง 0.36 – 1.51 โดยพบว่าบางพื้นที่เริ่มมีปริมาณน้ำฝนที่เป็นประโยชน์มากขึ้น ทำนองเดียวกันในเดือนมิถุนายนมีค่าดัชนีความเป็นประโยชน์ของปริมาณน้ำฝน อยู่ระหว่าง 0.17 – 1.34 จากการประมาณค่าดัชนีความเป็นประโยชน์ของปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายอำเภอพบว่า ในเดือน เม.ย. พ.ค. และ มิ.ย ทุกอำเภอของจังหวัดลำปางมีค่าดัชนีความเป็นประโยชน์ของปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่ำกว่า 1.0 (ตารางที่ 1.)

ค่าดัชนีความเป็นประโยชน์ของปริมาณน้ำฝนในเดือน กรกฎาคม สิงหาคม และกันยายนที่ประเมินได้พบว่ามีการกระจายตัวของค่าดังกล่าวสูงขึ้น โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.39 – 2.03, 0.10 – 2.40 และ 0.87 - 2.28 ตามลำดับ (รูปที่ 4.) โดยในเดือนกรกฎาคมและสิงหาคม พบว่า อำเภองาว แจ้ห่ม วังเหนือ และเมืองปาน มีค่าดัชนีความเป็นประโยชน์ของปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยมากกว่า 1.0 ขึ้นไป ขณะที่เดือนกันยายนนั้น พบว่าทุกอำเภอของจังหวัดลำปางมีค่าดัชนีความเป็นประโยชน์ของปริมาณน้ำฝนมากกว่า 1.0 ทั้งหมด (ตารางที่ 1.) ส่วนเดือนตุลาคมที่มีปริมาณน้ำฝนลดน้องลง พบว่ามีการกระจายตัวของค่าดัชนีความเป็นประโยชน์ของปริมาณน้ำฝนอยู่ระหว่าง 0.25 – 1.49



รูปที่ 3 แผนที่แสดงค่าดัชนีความเป็นประโยชน์ของปริมาณน้ำฝนของเดือน เม.ย. พ.ค. มิ.ย. และก.ค.



รูปที่ 4 แผนที่แสดงค่าดัชนีความเป็นประโยชน์ของปริมาณน้ำฝนของเดือน ส.ค. ก.ย. และต.ค.

ตารางที่ 1. ค่าดัชนีความเป็นประโยชน์ของปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายอำเภอในช่วงฤดูฝนของจังหวัดลำปาง

อำเภอ	ดัชนีความเป็นประโยชน์ของน้ำฝน						
	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม
เมืองลำปาง	0.10	0.52	0.52	0.77	0.86	1.22	0.48
เกาะคา	0.11	0.55	0.44	0.59	0.67	1.17	0.55
งาว	0.17	0.68	0.67	1.04	1.14	1.30	0.53
แจ้ห่ม	0.11	0.62	0.65	0.95	1.11	1.29	0.56
เถิน	0.15	0.56	0.36	0.61	0.46	1.12	0.65
แม่ทะ	0.13	0.57	0.48	0.71	0.74	1.18	0.50
แม่พริก	0.13	0.58	0.33	0.54	0.39	1.11	0.66
วังเหนือ	0.14	0.76	0.76	1.05	1.37	1.41	0.69
สบปราบ	0.13	0.50	0.41	0.60	0.59	1.13	0.61
ห้างฉัตร	0.10	0.65	0.53	0.74	0.86	1.28	0.62
เสริมงาม	0.12	0.57	0.48	0.63	0.74	1.24	0.70
แม่เมาะ	0.15	0.55	0.59	0.95	0.98	1.27	0.47
เมืองปาน	0.11	0.78	0.74	1.10	1.30	1.46	0.72

สรุป

จากการประเมินค่าดัชนีความเป็นประโยชน์ของปริมาณน้ำฝน โดยใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่ระดับความน่าจะเป็นเท่ากับ 75% ในจังหวัดลำปางเป็นกรณีศึกษา ทำให้สามารถกำหนดค่าดัชนีความเป็นประโยชน์ของน้ำฝนเชิงพื้นที่รายเดือนได้เป็น 7 ระดับ ซึ่งจะถูกนำไปใช้ร่วมกับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ดิน สภาพของแหล่งน้ำ และสภาพภูมิประเทศ เพื่อการประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อความแห้งแล้งเชิงพื้นที่สำหรับการจัดการทรัพยากรทางเกษตรได้ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

ชาญชัย แสงชโยสวัสดิ์ เมธี เอกะสิงห์ วรวีรุกรณ์ วีระจิตต์ และสมจินต์ วานิชเสถียร. 2545. รายงานความก้าวหน้าโครงการระบบสนับสนุนการวางแผนจัดการทรัพยากรเพื่อการเกษตรและบริการ ระยะที่ 1 ภาคเหนือตอนบน : การจำแนกระบบนิเวศเกษตรและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ระยะที่ 1 (1 มิถุนายน 2545 – 30 พฤศจิกายน 2545) ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ชาญชัย แสงชโยสวัสดิ์ เมธี เอกะสิงห์ วรวีรุกรณ์ วีระจิตต์ และสมจินต์ วานิชเสถียร. 2548. รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการระบบสนับสนุนการวางแผนจัดการทรัพยากรเพื่อการเกษตรและบริการ ระยะที่ 1 ภาคเหนือตอนบน : การจำแนกระบบนิเวศเกษตรและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Jackson, I. 2001. Drought Hazard Assessment and Mapping for Antigue and Barbuda. Post-Georges Disaster Mitigation Projectin Antigua & Barbuda and St. Kitts & Nevis, Environmental & Landuse Planning and Landscape Architecture, P.O. Box 1327, St. John's, Antigua. 69 pps.

Mongkolsawat, C., P. Thirangoon, R. Suwanweramtorn, N. Karladee, S. Paiboonsank and P. Champathet. 2000. An Evaluation of Drought Risk Area in Northeast Thailand using Remotely Sensed Data and GIS. http://www.gisdevelopment.net/aars/acrs/2000/ts5/env004pf.htm.

Virmani, S.M., M.V.K. Sivakumar and S.J. Reddy. 1978. Rainfall Probability Estimates for Selected locations of Semi-arid. India Research Report 1. ICRISAT, Hyderabad, India.