

การตรวจวัดความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือด้วยดัชนีพืชพรรณมาตรฐานจาก

ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมหลายช่วงเวลา

Drought Detection in Northeast Thailand using Standardized Vegetation Index of Multi-Temporal Satellite Data

ณกร วัฒนกิจ¹, ชรัตน์ มงคลสวัสดิ์¹

Nagon Wattanakij, Charat Mongkolsawat

บทคัดย่อ

ความแห้งแล้งเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกิดขึ้นบ่อยครั้งในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งมีผลกระทบต่อสภาวะพืชพรรณในพื้นที่ ด้วยสาเหตุนี้วัตถุประสงค์ของการศึกษาคือการพัฒนาวิธีการตรวจวัดความแห้งแล้งในพื้นที่ด้วยดัชนีพืชพรรณ ของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมหลายช่วงเวลา พื้นที่ศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 168,825.34 ตร.กม. การศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ข้อมูลดัชนีผลต่างพืชพรรณ (Normalized Differences Vegetation Index: NDVI) จากดาวเทียมเทอร์ราโมดิส (Terra MODIS) เพื่อตรวจสอบสภาวะของพืชพรรณ และใช้ดัชนีมาตรฐานพืชพรรณ (Standardized Vegetation Index: SVI) เพื่อหาพื้นที่ที่มีค่า NDVI ผิดปกติไปจากค่าเฉลี่ยของ NDVI ในช่วงเวลาเดียวกันซึ่งจะสามารถสะท้อนให้เห็นความแห้งแล้งจากพืชพรรณได้ จากผลของการศึกษาพบว่าในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2547 เป็นช่วงที่มีพื้นที่ที่มีความแห้งแล้งมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 83.52 รองลงมาในเดือนมกราคม พ.ศ. 2548 คิดเป็นร้อยละ 72.68 การศึกษาครั้งนี้ได้วิธีการในการวิเคราะห์รูปแบบของความแห้งแล้งทั้งในเชิงพื้นที่และเชิงเวลา ซึ่งชี้ให้เห็นว่าข้อมูลจากดาวเทียมหลายช่วงเวลาเทอร์ราโมดิสสามารถระบุรูปแบบของความแห้งแล้งได้อย่างมีประสิทธิภาพและเป็นประโยชน์ในการจัดทำแผนการช่วยเหลือในพื้นที่ได้อย่างทันที่

คำสำคัญ: ความแห้งแล้ง, ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมหลายช่วงเวลา, NDVI, SVI

ABSTRACT

Drought is a natural disaster that occurred periodically in Northeast Thailand. Vegetation condition of the area is highly correlated to the drought. The aim of this research is to develop the detection of drought in the area with multitemporal vegetation index of satellite data. The study area, Northeast Thailand, covers

¹ศูนย์ภูมิสารสนเทศเพื่อการพัฒนาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40002

Corresponding author: Email: nagon@kku.ac.th, charat@kku.ac.th

an area of approximated 168,825.34 sq km. The use of a spectral vegetation index namely Normalized Differences Vegetation Index: NDVI to detect the stress condition was implemented by using Terra MODIS satellite images. The study was also conducted to identify the Standardized Vegetation Index: SVI as model for drought condition. The result showed the large area that impact of drought at 83.52% and 72.68% in December 2004 and January 2005 respectively. This study provides the method for spatio-temporal analysis of the drought pattern in the Northeast. It is evident that SVI from multitemporal satellite data can identify the spatio-temporal pattern of drought effectively and rapidly to support the mitigation plan.

Keywords: Drought, Multitemporal satellite data, NDVI, SVI

บทนำ

ความแห้งแล้งคือช่วงเวลาที่ปริมาณของน้ำไม่เพียงพอต่อการทำกิจกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้นในพื้นที่นั้นๆ ไม่ว่าจะเป็น คน สัตว์ หรือพืชพรรณ ซึ่งทำให้เกิดความเสียหายในทางเศรษฐกิจได้ ความแห้งแล้งในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเกิดจากปัจจัยด้านปริมาณน้ำฝนเป็นหลัก ทั้งนี้สภาพความแห้งแล้งจะปรากฏให้เห็นทุกปี โดยเฉพาะในช่วงฤดูหนาวต่อเนื่องจนถึงฤดูร้อน เริ่มจากกลางเดือนตุลาคมเป็นต้นไป ปริมาณฝนจะลดลงตามลำดับกระทั่งเข้าสู่ฤดูฝนในช่วงกลางเดือนพฤษภาคมของปีถัดไป (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2545) เมื่อการขาดแคลนน้ำส่งผลกระทบต่อพืชพรรณ ดังนั้นความแปรปรวนของพืชพรรณภายในพื้นที่จึงสามารถใช้ในการสะท้อนน้ำและความชื้นภายในดินในพื้นที่ได้เช่นกัน (Marshall et al., 2004)

แม้ว่าความแห้งแล้งจะเป็นปรากฏการณ์ที่มีความซับซ้อนแต่ก็สามารถกำหนดได้โดยการใช้การรับรู้จากระยะไกลเพื่อติดตามช่วงที่มีสภาวะอากาศในพื้นที่ที่แห้งผิดปกติซึ่งสะท้อนให้เห็นได้จากการเปลี่ยนแปลงของพืชพรรณ (Bayarjargal et al., 2006) เนื่องจากคุณสมบัติของการรับรู้จากระยะไกลที่สามารถติดตามพื้นที่แบบใกล้เคียงเวลาจริงได้ (Near real time) การศึกษาพื้นที่แห้งแล้งในระดับภูมิภาคหรือระดับประเทศเป็นการศึกษาในพื้นที่ขนาดใหญ่ซึ่งไม่เหมาะกับการใช้ดาวเทียมที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่สูง (Mu et al., 2005) ดังนั้นการใช้ดัชนีจากภาพถ่ายดาวเทียมหลายช่วงเวลาจะทำให้สามารถเห็นกระบวนการของความแห้งแล้งในมุมมองกว้างได้ ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมเทอร์ราเรบบโมดิส (Terra MODIS) ซึ่งมีข้อมูลช่วงเวลาการบันทึกภาพทุกวัน ทำให้สามารถแสดงรายละเอียดจากการบันทึกภาพซ้ำได้อย่างต่อเนื่อง (High temporal resolution) และครอบคลุมทั้งพื้นที่ศึกษาจึงเหมาะสมที่จะนำมาใช้

การใช้การประมวลผลภาพ (Image processing) โดยการใช้สมการคณิตศาสตร์ เพื่อปรับเน้นข้อมูลให้มีความเหมาะสมต่อการใช้งาน และเพิ่มประสิทธิภาพของข้อมูลให้แสดงความชัดเจนในสิ่งที่ต้องการ

ศึกษามากยิ่งขึ้น ดังเช่น ดัชนีพืชพรรณ (Vegetation Index: VI) ที่นิยมใช้ในการเน้นข้อมูลพืชพรรณ หรือป่าไม้ให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้นอย่างเช่น ดัชนีผลต่างพืชพรรณแบบนอร์มัลไลซ์ (Normalized Difference Vegetation Index: NDVI) ซึ่งใช้การคำนวณผลต่างระหว่างช่วงคลื่นแสงสว่างสีแดง และช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ ถูกเสนอขึ้นโดย Krieglger et al ในปี 1969 (Gibson & Power, 2000) แสดงในสมการที่ 1

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{Red}}{\rho_{NIR} + \rho_{Red}} \dots\dots\dots \text{สมการที่ 1}$$

โดย ρ_{NIR} = ความสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้
 ρ_{Red} = ความสะท้อนในช่วงคลื่นสีแดง

โดยค่าของ NDVI จะอยู่ในช่วง -1 ถึง +1 บริเวณที่ค่า NDVI อยู่ในช่วงค่าลบพื้นที่จะเป็นพื้นที่น้ำ ในบริเวณที่มีค่า NDVI เข้าใกล้ค่า 0 แสดงถึงพื้นที่ที่มีพืชพรรณสีเขียวน้อย และในพื้นที่ที่มีพืชสีเขียวปกคลุมมาก จะมีค่าเข้าใกล้ +1 เนื่องจากคุณสมบัตินี้ NDVI จึงเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ และทำนาย การเปลี่ยนแปลงของพืชพรรณที่มีผลจากการกระทบจากสิ่งแวดล้อมรอบๆ ได้ (Singh et al., 2003; Wang et al., 2003) ดัชนีจากภาพถ่ายดาวเทียมจึงมีการพัฒนาขึ้นมาอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งสามารถใช้เพื่อการตรวจจับความผิดปกติของพืชพรรณที่มีผลจากความแห้งแล้ง ไม่ว่าจะเป็นพื้นที่บริเวณใดบนโลก (Kogan, 1997) อย่างไรก็ตามดัชนีบางชนิดอาจไม่ใช่ดัชนีที่บอกถึงความแห้งแล้งโดยตรง แต่เป็นดัชนีที่มีความเกี่ยวข้องกับความแห้งแล้ง

อีกดัชนีหนึ่งที่ใช้ในการติดตามพื้นที่แห้งแล้งโดยใช้การสะท้อนความความน่าจะเป็นของสภาพพืชพรรณในหลายช่วงเวลาคือดัชนีพืชพรรณมาตรฐาน (Standardized vegetation index: SVI) เสนอขึ้นโดย Peter et al. ในปี 2002 โดยใช้ข้อมูล NDVI ในแต่ละจุดภาพในช่วงเวลาที่ต้องการศึกษาและในแต่ละปีที่ทำการศึกษา มาทำการหาค่ามาตรฐานด้วยการใช้การคำนวณค่าคะแนนมาตรฐาน (Z-score) เพื่อวัดความเบี่ยงเบนของค่า NDVI ในเดือนที่ต้องการว่ามีความแตกต่างจากค่ามาตรฐานในช่วงเดือนเดียวกันในช่วงระยะเวลาหลายปีในทิศทางใด โดยค่าที่เป็นค่าบวกค่าในปีนั้นสูงกว่าค่ามาตรฐานแต่ถ้าเป็นลบแสดงว่าในปีนั้นมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน การคำนวณค่าคะแนนมาตรฐาน ได้ตามสมการที่ 2 และนำค่าคะแนนที่ได้มาหาค่าความน่าจะเป็นดังสมการที่ 3 ซึ่งจะได้ค่า SVI ที่จะสะท้อนความน่าจะเป็นของสภาพพืชพรรณที่ปรากฏขึ้นในจุดภาพนั้นๆ

$$Z_{ijk} = \frac{X_{ijk} - \bar{X}_{ij}}{\sigma_{ij}} \dots\dots\dots \text{สมการที่ 2}$$

โดยที่ Z_{ijk} = ค่าคะแนนมาตรฐานในจุดภาพที่ i เดือนที่ j และปีที่ k
 X_{ijk} = ค่า NDVI ในจุดภาพที่ i เดือนที่ j และปีที่ k

$$SVI_{ijk} = P(Z_{ijk}) \dots \dots \dots \text{สมการที่ 3}$$

\bar{X}_{ij} = ค่าเฉลี่ยระยะยาวของ NDVI ในจุดภาพที่ i และเดือนที่ j

σ_{ij} = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของจุดภาพที่ i และเดือนที่ j

โดย P = ความน่าจะเป็นของค่าคะแนนมาตรฐานของค่า NDVI เพื่อสะท้อนความน่าจะเป็นของสภาพของพืชพรรณที่น่าจะเกิดขึ้น

ค่าของ SVI จะมีค่าอยู่ในช่วง 0-1 โดยสามารถจำแนกช่วงชั้นของสภาพพืชพรรณได้ดังนี้ 1.00-0.95 สภาพพืชพรรณสูงมา 0.95-0.75 สภาพพืชพรรณสูง 0.75-0.25 สภาพพืชพรรณปานกลาง 0.25-0.05 สภาพพืชพรรณต่ำ และ 0.05-0.00 สภาพพืชพรรณต่ำที่สุด

วัตถุประสงค์ของการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เพื่อพัฒนาวิธีการตรวจวัดความแห้งแล้งของพื้นที่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือด้วยการวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณของข้อมูลดาวเทียมหลายช่วงเวลา

วิธีการวิจัย

พื้นที่ศึกษา

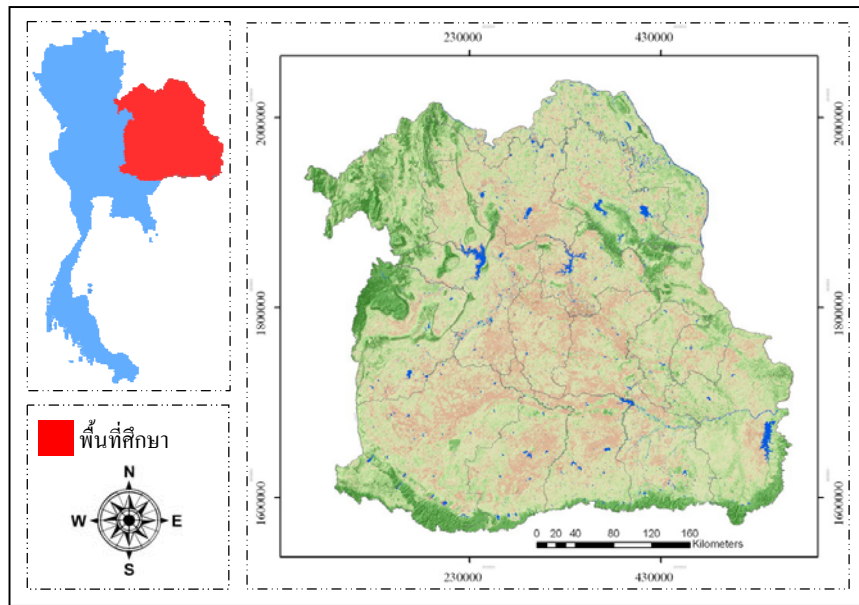
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตั้งอยู่ระหว่างเส้นแวง 101 องศา กับ 105 องศาตะวันออก และเส้นรุ้ง 14 องศา กับ 18 องศา 30 ลิปดาเหนือ ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 105.5 ล้านไร่ ประกอบด้วย 19 จังหวัด

ขั้นตอนการศึกษา

การดำเนินการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังแสดงในภาพที่ 2

1. ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมหลายช่วงเวลา

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ข้อมูลที่ใช้ข้อมูลผลิตภัณฑ์จาก Terra(MODIS) ชุด MOD13Q1 ซึ่งเป็นข้อมูล NDVI ได้ทำการดาวโหลดข้อมูลผ่านทางเว็บไซต์ของ LP DAAC (<http://edcdaac.usgs.gov/dataproducts.asp>) ซึ่งใช้ข้อมูลตั้งแต่ เดือนกุมภาพันธ์ ปี 2543 จนถึงเดือน ธันวาคม ปี 2549 เป็นข้อมูลราย 16 วัน และมีความละเอียดเชิงพื้นที่ 250 เมตร ผู้ศึกษาได้ทำการปรับแก้ข้อมูลดังขั้นตอนต่อไปนี้



ภาพที่ 1 พื้นที่ศึกษา

1) ต่อข้อมูลภาพจากดาวเทียมเทอร์ราเรบบโมดิส เนื่องจากข้อมูล NDVI จากดาวเทียมในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะครอบคลุมพื้นที่ 2 ระวังของดัชนีภาพของดาวเทียมเทอร์ราเรบบโมดิสจึงต้องทำการต่อภาพทั้งสองเข้าด้วยกันเพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่ศึกษาทั้งหมด

2) จัดเมฆ ข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลผ่านการจัดเมฆมาแล้วและได้ทำการผสมค่าภายใต้เมฆขึ้นใหม่ แต่ค่า NDVI ที่ผสมใหม่นี้มีค่าสูงกว่าความเป็นจริงในพื้นที่มาก ผู้ศึกษาจึงต้องกำหนดข้อมูลภายใต้เมฆให้เป็นข้อมูลที่ไม่มีค่าเพื่อลดผลกระทบที่จะใช้ในการคำนวณในขั้นตอนต่อไป โดยใช้ข้อมูลแบนด์สีน้ำเงินซึ่งสามารถเห็นพื้นที่ที่เป็นเมฆและพื้นดินแยกจากกันได้อย่างชัดเจนมาใช้ในการกำหนดหน้ากากสำหรับ NDVI ในแต่ละชุดข้อมูล และกำหนดให้ข้อมูลภายใต้หน้ากากเป็นข้อมูลที่ไม่มีค่า

3) สร้างหน้ากากเพื่อกำหนดพื้นที่น้ำและเปลี่ยนแปลงค่าน้ำภายใต้หน้ากากให้เป็นข้อมูลไม่มีค่าเนื่องจากไม่ได้เป็นพื้นที่ที่เป็นพืชพรรณจึงไม่ได้ใช้ในการคำนวณ

4) ผสมข้อมูลรายเดือน ข้อมูล NDVI ที่ได้เป็นข้อมูลราย 16 วันผู้ศึกษาจึงได้ผสมข้อมูลใหม่ให้เป็นข้อมูลรายเดือนโดยการหาค่าเฉลี่ยของชุดข้อมูลที่อยู่ใกล้กัน โดยอาศัยตารางการบันทึกข้อมูลของดาวเทียมเทอร์ราเรบบ โมดิสในแต่ละปีเป็นหลักในการพิจารณา

2. การวิเคราะห์ค่าดัชนีพืชพรรณเพื่อตรวจวัดความแห้งแล้ง

ใช้ข้อมูล NDVI ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ปี 2543 ถึง เดือนธันวาคมปี 2549 เพื่อใช้ในการหาค่า SVI ในแต่ละเดือนซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1) กำหนดค่าคะแนนมาตรฐานของ NDVI

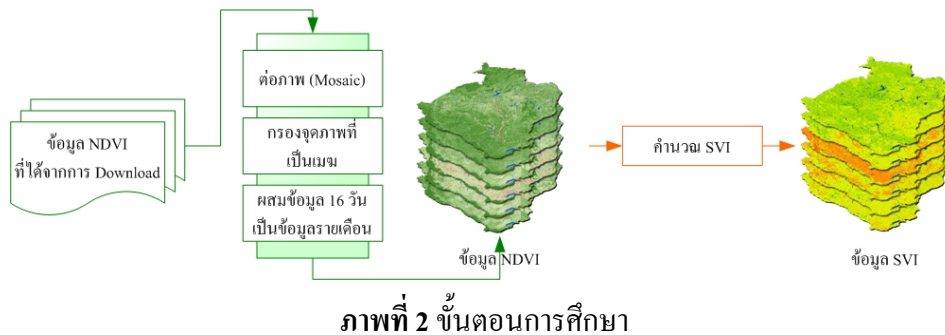
นำข้อมูล NDVI รายเดือนที่ทำการเตรียมข้อมูลเบื้องต้นแล้วมาคำนวณค่าคะแนนมาตรฐานตามสมการที่ 2 โดยจัดเรียงข้อมูล NDVI รายเดือนเป็นชุด ในแต่ละชุดจะประกอบด้วยข้อมูล NDVI ในเดือนเดียวกันเรียงตามลำดับปีที่ทำการศึกษาดังแต่ปี 2543-2549 เพื่อหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละจุดภาพในเดือนนั้นๆของช่วง 7 ปีที่ทำการศึกษา ในการคำนวณค่าคะแนนมาตรฐานในแต่ละจุดภาพ สำหรับชุดข้อมูลที่เป็นข้อมูลไม่มีค่าจะไม่ถูกนำมาคิดในค่าเฉลี่ยและค่ามาตรฐาน

2) กำหนดค่า SVI

นำข้อมูลคะแนนมาตรฐานในแต่ละเดือนและปีที่วิเคราะห์ได้ มาวิเคราะห์ความน่าจะเป็นในแต่ละจุดภาพซึ่งคือ SVI ในแต่ละจุดภาพเป็นรายเดือนในแต่ละปีที่ศึกษา ตามสมการที่ 3

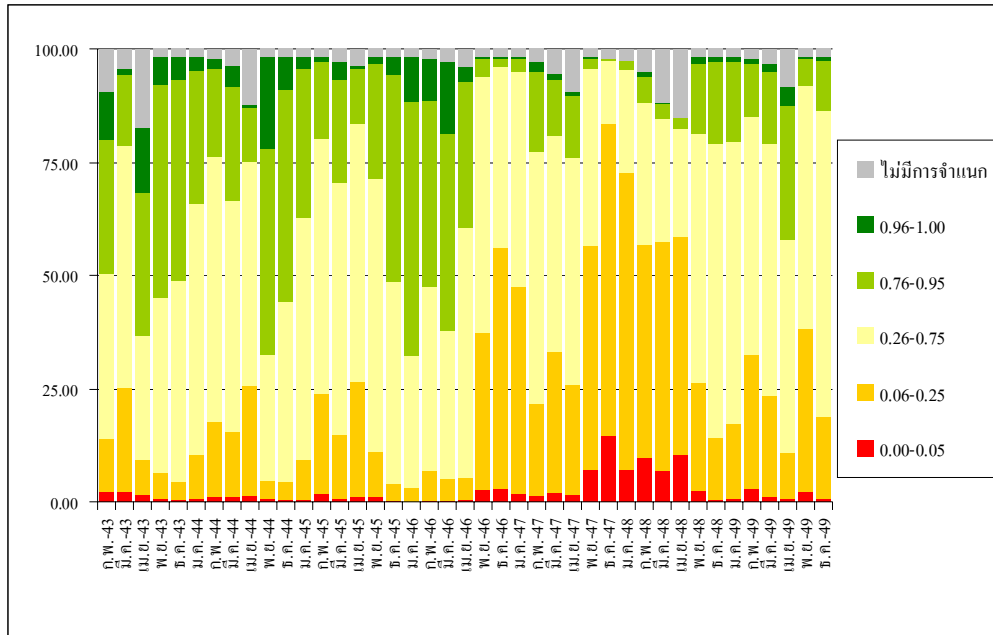
3) แผนที่ SVI รายเดือนปีพ.ศ. 2543 - 2549

นำค่า SVI ที่ได้มาทำการจำแนกช่วงชั้นข้อมูล และจัดทำเป็นแผนที่ช่วงชั้น SVI รายเดือนในช่วงปีพ.ศ. 2543 – 2549 ของพื้นที่ศึกษา



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการศึกษา

ผลจากการวิเคราะห์ค่าดัชนี SVI ในช่วงฤดูแล้งคือตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2543 ถึงเดือนธันวาคมของปีพ.ศ. 2549 โดยจำแนกระดับของสภาพของพืชพรรณในแต่ละเดือน และแสดงผลจากจำแนกแต่ละระดับของสภาพพืชพรรณเป็นร้อยละของพื้นที่ศึกษาดังภาพที่ 3



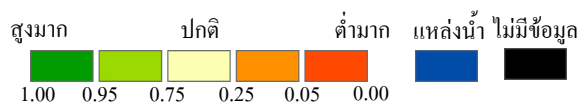
ภาพที่ 3 ร้อยละของพื้นที่จำแนกตามระดับของสภาพพืชพรรณจาก SVI ในช่วงฤดูแล้ง

จากภาพพบว่า ช่วงเวลาที่มีพื้นที่ค่า SVI อยู่ในช่วง 0.05 - 0.00 ซึ่งเป็นช่วงที่จำแนกให้สภาพพืชพรรณอยู่ในระดับต่ำมาก กระจายอยู่มากที่สุดคือช่วงเดือน พฤศจิกายน ปี 2547 ถึง เดือนเมษายน ปี 2548 เป็นช่วงเวลา 6 เดือนติดต่อกันและพบว่าพื้นที่ที่มากที่สุดในเดือน ธันวาคม ปี 2547 เมื่อรวมพื้นที่ที่มีค่า SVI อยู่ในช่วง 0-0.25 ที่ได้จำแนกสภาพพืชพรรณให้อยู่ในระดับต่ำและต่ำมากเข้าด้วยกันจะพบว่าช่วงที่มีพื้นที่มากกว่าร้อยละ 50 นั้นอยู่ในช่วงเดือนพฤศจิกายน ปี 2547 ถึง เดือนเมษายน ปี 2548 นอกจากนี้ในช่วง 6 เดือนที่ต่อเนื่องนี้แล้วยังปรากฏในเดือนธันวาคม ปี 2546 ซึ่งเป็นปีที่มีปริมาณน้ำฝนน้อยที่สุดในช่วง 7 ปีที่ได้ทำการศึกษา โดยเฉพาะในเดือนธันวาคมปี 2547 มีพื้นที่หลังจากรวมกันแล้วสูงถึงร้อยละ 83.52 ของพื้นที่ทั้งหมด

การเปรียบเทียบข้อมูล SVI ในเดือนเดียวกันในแต่ละช่วงปีจะทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของสภาพพืชพรรณที่แตกต่างกันไป ข้อมูล SVI ในเชิงพื้นที่จะสะท้อนให้เห็นระดับความแตกต่างของสภาพพืชพรรณได้อย่างชัดเจนว่าพื้นที่บริเวณใดผิดปกติดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 SVI รายเดือนในช่วงฤดูแล้งปี 2543-2549

| | มกราคม | กุมภาพันธ์ | มีนาคม | เมษายน | พฤษภาคม | ธันวาคม |
|------|--------|------------|--------|--------|---------|---------|
| 2543 | | | | | | |
| 2544 | | | | | | |
| 2545 | | | | | | |
| 2546 | | | | | | |
| 2547 | | | | | | |
| 2548 | | | | | | |
| 2549 | | | | | | |



สรุป

การใช้ NDVI ในหลายช่วงเวลาและใช้การหาค่ามาตรฐานของค่า NDVI ในแต่ละเดือนเพื่อสร้างดัชนี SVI ที่มีความสามารถในการสะท้อนให้เห็นพื้นที่ที่มีสภาวะพืชพรรณที่มีความแตกต่างไม่ว่าจะในทางเพิ่มหรือลดจากค่ามาตรฐานในแต่ละเดือน ซึ่งพื้นที่ที่มีสภาพพืชพรรณต่ำกว่าค่ามาตรฐานมากก็จะสามารถแสดงถึงพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากความแห้งแล้งได้

การตรวจวัดพื้นที่ความแห้งแล้งจาก SVI ที่ระดับ 0-0.25 สามารถสะท้อนพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากความแห้งแล้งได้อย่างชัดเจนเพราะเป็นการตรวจวัดจากสภาพพืชพรรณในพื้นที่ มิได้ใช้การประมาณค่าอย่างเช่นดัชนีวัดความแห้งแล้งจากปริมาณน้ำฝนซึ่งมีโอกาสคลาดเคลื่อนได้จากทั้งจำนวนสถานีหรือการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์ และค่า SVI นี้เป็นค่าที่คำนวณจากค่า NDVI เพียงค่าเดียวที่ได้จากข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมหลายช่วงเวลาซึ่งทำให้ใช้เวลาน้อยในการประมวลผล ดังนั้นจะสามารถเห็นพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากความแห้งแล้งได้ใกล้เคียงกับเวลาที่เกิดขึ้น ณ ปัจจุบัน ซึ่งถ้ามีการนำ SVI มาใช้ในช่วงก่อนที่จะถึงฤดูแล้งจะสามารถพบบริเวณที่มีโอกาสจะเกิดความแห้งแล้งได้ รวมทั้งการคาดการณ์ปริมาณผลผลิตที่อาจจะลดลงเนื่องจากผลกระทบของความแห้งแล้งซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับการใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนการป้องกันหรือช่วยเหลือในพื้นที่นั้นๆ

เอกสารอ้างอิง

- กรมอุตุนิยมวิทยา. (2545). ภัยธรรมชาติ-ภัยแล้ง. ค้นเมื่อ 9 ธันวาคม 2548, จาก http://www.thmd.go.th/knowledge/book_danger02.html
- Bayarjargal, Y., Kamieli, A., Bayasgalan, M., Khudulmur, S., Gandush, C., & Tucker, C.J. (2006). A Comparative Study of NOAA-AVHRR Derived Drought Indices Using Change Vector Analysis. **Remote Sensing of Environment**, 105, 9-22.
- Gibson, P.J., & Power, C.H. (2000). **Introductory Remote Sensing Digital Image Processing and Applications**. London: Routledge.
- Kogan, F.N., (1997). Global Drought Watch from Space. **Bulletin of the American Meteorological Society**. 78(4), 621-636.
- Marshall, G., & Zhou, X. (2004). Drought Detection in Semi-Arid Regions Using Remote Sensing of Vegetation Indices and Drought Indices. **Proceedings of IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium**. 20-24 September 2004; Retrieved January, 7, 2006,

- Mu, L., Wu, B., Yan, Nana., & Qian, Q. (2005). Drought Monitoring Using Optimal Index Method in China. **Proceedings of IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium**, 6, 4508-4511.
- Peters, A.J., Walter-Shea, E.A., Ji, L., Vina, Andres., Heyes, Michael., & Svoboda, M.D. (2002). Drought Monitoring with NDVI-Based Standardized Vegetation Index. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, 68(1), 71-75.
- Singh, R.P., Roy, S., & Kogan, F. (2003). Vegetation and Temperature Condition Indices from NOAA AVHRR Data for Drought Monitoring Over India. **INT. J. Remote Sensing**, 24(22), 4393-4402.
- Wang, J., Rich, P.M., & Price, K.P., (2003). Temporal Responses of NDVI to Precipitation and Temperature in the Central Great Plains, USA. **Online International Journal Remote Sensing**. 24(11), 2345-64