การประมวลผลข้อมูลดัชนีพืชพรรณ ด้วยระบบบจัดการข้อมูลแบบเรียลไทม์

Vegetation Index Processing Using Real-time Data Platform

พงศกร อุดมบัว (Pongsakorn Udombua)* ดร.พิพัธน์ เรืองแสง (Dr.Pipat Reungsang)**

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอกระบวนการในการพัฒนาระบบในการประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในรูปแบบต่างๆ ที่มีความหลากหลายของประเภทข้อมูลที่นำมาประมวลผล ซึ่งได้แก่ดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ (NDVI) และดัชนีอุณหภูมิความสว่าง (BT) จากข้อมูลจากดาวเทียม Terra และ Aqua ในระบบ MODIS รวมไปถึงการติดตามข้อมูลจากหลายๆแหล่ง ทำให้ข้อมูลที่ผ่านการประมวลผลมีข้อมูลได้อย่างน่าเชื่อถือและมีความต่อเนื่องของข้อมูล โดยใช้เครื่องมือจัดการข้อมูลแบบเรียลไทม์ (BigStream) จากห้องปฏิบัติการวิจัยการจำลองขนาดใหญ่ หน่วยวิจัยการวิเคราะห์ข้อมูลและการคำนวณ ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) โดยมีการจัดทำกระบวนการประมวลผล เพื่อเรียกใช้การประมวลผลค่าดัชนีต่างๆ รวมไปถึงการสรุปค่าสถิติของข้อมูล เพื่อทำการจัดเก็บข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบฐานข้อมูลเชิงเวลา (Time Series Database) เพื่อให้บริการข้อมูลกับระบบภายนอกที่จะนำข้อมูลไปใช้ต่อได้อย่างถูกต้อง และมีการให้บริการข้อมูลผ่านทาง REST API โดยที่จะมีการให้บริการในรูปแบบของการเรียกรายการของส่วนบันทึกข้อมูลและข้อมูลรูปแบบฐานข้อมูลเชิงเวลา

ABSTRACT

This research shows a process to develop a system for processed satellite image data in various formats. There are a variety of data types that are processed, including Normalized Difference Vegetation Index and Brightness Temperature from the data from Terra and Aqua satellites in the MODIS system, including tracking data from many sources. Make the processed data reliably and consistently data using the BigStream realtime data management platform from a Large Scale Simulation Research Laboratory, National Electronics and Computer Technology Center (NECTEC) with the processed process. To run various index processing Include summarize the statistics values of the data to store data in the time-series database to provide data to external systems that will use the data correctly. And data is provided via the REST API. It will be available in the form of storage list and time-series database data.

คำสำคัญ: ดัชนีพืชพรรณ ระบบบจัดการข้อมูลแบบเรียลไทม์

Keywords: Vegetation index, Real-time data platform

** นักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการรับรู้จากระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*

*** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาการรับรู้จากระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*

บทนำ

จากการใช้ข้อมูลที่มีแนวโน้มที่จะขยายตัวอย่างรวดเร็ว อันเนื่องจากข้อมูล ที่มีความหลากหลายรูปแบบและประเภทข้อมูล การนำเข้าข้อมูลที่เป็นแบบเวลาจริง (Realtime) ทำให้การจัดการ และประมวลผลข้อมูลแบบเดิมไม่สามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ การใช้วิธีการประมวลผลข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data Analytic) และการจัดเก็บข้อมูลแบบกระจาย (Distributed File System) มาประยุกต์ใช้ในการประมวลผลข้อมูลทางด้านภูมิสารสนเทศศาสตร์ โดยเฉพาะข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่มาจากการรับรู้จากระยะไกล ที่มีการถ่ายภาพตามช่วงเวลาอย่างต่อเนื่องและมีความสามารถในการจัดเก็บข้อมูลที่มีความหลากหลายของชนิดข้อมูล และความสามารถในการประมวลผลแบบ Modules รวมไปถึงความสามารถในการทำ Data Analytics จากข้อมูลที่มีอยู่ในคลังข้อมูลและการคาดการข้อมูล (Prediction) ซึ่งเป็นแนวคิดใหม่ที่สามารถทำได้ อย่างมีประสิทธิภาพ มีความรวดเร็วในการประมวลผล ส่งผลให้การรายงานผลภัยพิบัติเป็นไปได้อย่างทันท่วงที และมีประสิทธิภาพ

จากงานทางด้านภัยพิบัติต่างๆ จะมีการบูรณาการภาพถ่ายจากดาวเทียมหลายๆแหล่ง เพื่อบูรณาการให้ผลของการประมวลผลมีความถูกต้องมากขึ้น ซึ่งข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมมีความต่อเนื่องในการนำเข้าข้อมูลที่มีอัตราที่คงที่อาทิ ภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-8 ที่มีการถ่ายภาพในพื้นที่เดิมทุกๆ 16 วัน หรือ ข้อมูลจากดาวเทียมในระบบ MODIS ซึ่งมีการเผยแพร่ข้อมูลในพื้นที่เดิม ทุกๆ 1, 8, 16 วัน เป็นต้น ซึ่งข้อมูลจะต้องมีการประมวลผลด้วยวิธีการต่างๆอาทิ การจำแนกข้อมูลแบบต่างๆเช่น Unsupervisation, Supervisation, Segmentation เป็นต้น หรือการใช้ข้อมูลจากแหล่งอื่นๆ เช่นข้อมูลอุณหภูมิ ระดับน้ำฝน ความชื้น ทิศทางลม จากกรมอุตุนิยมวิทยา ข้อมูลระดับน้ำท่า จากกรมชลประทาน ข้อมูลความสูง ข้อมูลเชิงพื้นที่การเกิดภัยพิบัติอื่นๆในอดีต เป็นต้น นำข้อมูลมาบูรณาการกันเพื่อการหาพื้นที่การเกิดภัยพิบัติในช่วงเวลาที่มีข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม และเพื่อหาแนวโน้มการขยายตัวของพื้นที่เกิดภัยพิบัติที่เกิดขึ้นในพื้นที่ต่างๆ

ดังนั้นจากความหลากหลายของข้อมูลที่จะนำเข้ามาใช้งานในด้านต่างๆ และแนวโน้มการให้บริการข้อมูลจะมีสูงขึ้น การพัฒนาระบบที่ช่วยในการประมวลผลข้อมูลทางด้านดัชนีพืชพรรณ การพัฒนาระบบจัดการข้อมูลและการประมวลผล ด้วยระบบบจัดการข้อมูลแบบเรียลไทม์ สามารถทำให้มีความยืดหยุ่นในการเพิ่มประเภทของข้อมูลขาเข้า วิธีในการประมวลผล การส่งออกข้อมูล และการจัดเก็บข้อมูล ที่มีประสิทธิภาพและมีระบบระเบียบ รวมไปถึงความสามารถในการตรวจสอบข้อมูลจากแหล่งที่มาได้ ซึ่งทำให้การประมวลผลนั้นมีการทำงานทันที ในสถานการณ์ที่มีความต้องการใช้ข้อมูลอย่างทันท่วงที จะเป็นประโยชน์อย่างมากในการพัฒนาระบบที่มีกระบวนการต่อเนื่องได้

วัตถุประสงค์การวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาถึงกระบวนการในการประมวลผล และการนำไปใช้ซึ่งข้อมูลดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ และอุณหภูมิความสว่าง ด้วยระบบบจัดการข้อมูลแบบเรียลไทม์

วิธีการวิจัย

วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ดาวเทียม Terra และ Aqua ในระบบ MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) มีระบบบันทึกภาพที่ความกว้างของ swath ประมาณ 2,330 กิโลเมตร ความละเอียดเชิงพื้นที่มีตั้งแต่ 250 เมตร ถึง 1000 เมตร มีระบบการบันทึก 36 ช่วงคลื่น และการบันทึกข้อมูลครอบคลุมพื้นที่ทั่วโลกได้ภายใน 2 วัน ถูกออกแบบมาเพื่อติดตามและตรวจสอบข้อมูลทรัพยากรธรรมชาติ ซึ่งสามารถอธิบายถึงลักษณะทางชีวภาพและกายภาพของพื้นผิวดินและพืชพรรณ โดยทำการเน้นข้อมูลด้วยดัชนี (Index) เชิงคลื่น เช่น ดัชนี NDVI ที่จะบ่งบอกถึงการเปลี่ยนแปลงของสภาพพืชพรรณในแต่ละช่วงของสภาวะอากาศได้เป็นอย่างดี (ชรัตน์ มงคลสวัสดิ์, 2540)

ดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ (Normalized Difference Vegetation Index: NDVI) เป็นดัชนีที่แสดงถึงอัตราส่วนระหว่างผลต่างและผลรวมค่าการสะท้อนแสงในช่วงคลื่นแสงสีแดง (RED) และอินฟราเรดใกล้ (NIR) โดยค่าจุดภาพที่มีค่า NDVI สูง จะแสดงถึงมวลชีวภาพและความสมบูรณ์ของพืชสูงด้วยเช่นกัน โดยทั่วไป NDVI เป็นค่าที่ใช้ประมาณการหาความหนาแน่นของพรรณพืชที่ปกคลุมในพื้นที่ โดยค่า NDVI คำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

โดยที่

NIR = ค่าการสะท้อนแสงในช่วงคลื่นแสงอินฟราเรดใกล้

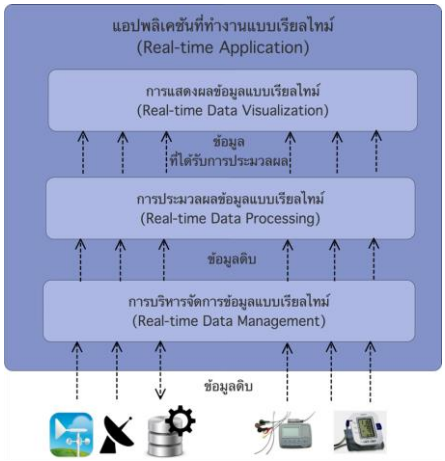
RED = ค่าการสะท้อนแสงในช่วงคลื่นแสงสีแดง

ดัชนีพืชพรรณ NDVI จะมีค่าระหว่าง -1 ถึง 1 โดยพื้นที่บริเวณที่มีค่า NDVI ตั้งแต่ 0.8 ขึ้นไปเป็นพื้นที่ที่มีพืชปกคลุมหนาแน่น และบริเวณที่มีค่าประมาณ 0.05 เป็นพื้นดินว่างเปล่า ไม่มีพืชพรรณปกคลุม และบริเวณที่มีค่าใกล้ -0.5 เป็นส่วนที่เป็นน้ำ (Bosworth et al., 1998) Jones and Vaughan (2010) แนะนำว่า พื้นที่ปกคลุมไปด้วยหิมะ เมฆ และพื้นที่แหล่งน้ำจะให้ค่า NDVI ติดลบ

อุณหภูมิความสว่าง (Brightness Temperature: BT) จะแสดงให้เห็นถึงปริมาณความอุดมสมบูรณ์ของระบบนิเวศ (สัญญาณทางระบบนิเวศ) ที่แตกต่างกันไปในแต่ละปี เนื่องจาก ความผันแปรของสภาพอากาศ (สัญญาณทางสภาพอากาศ) ตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลอุณหภูมิความสว่าง (Singh et al., 2003; Kogan,1995)

ดัชนีสภาวะพืชพรรณ (Vegetation Condition Index: VCI) การศึกษาโดยส่วนใหญ่ แสดงให้เห็นว่า NDVI สามารถนำไปใช้อธิบายสิ่งปกคลุมดินระดับทวีป ได้ค่อนข้างที่จะแม่นยำ รวมทั้งการประเมินผลผลิตขั้นปฐมภูมิ (primary production) ของพืชพรรณและผลผลิตทางการเกษตร (Tucker and Choudhury, 1987) อย่างไรก็ตามการประยุกต์ใช้ศักยภาพของ NDVI ยังมีข้อจำกัดอยู่บางประการ (Unganai and Kogan, 1998) สำหรับสิ่งปกคลุมดินที่หลากหลาย พื้นที่ที่มีพืชพรรณสีเขียวและอุดมสมบูรณ์ เช่น พื้นที่ ดัชนีสภาวะพืชพรรณ คือ ปริมาณของสัญญาณสภาพอากาศ ที่มีค่าผันแปรระหว่าง 0 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของสภาพพืชพรรณจากเหมาะสมน้อยที่สุดจนถึงเหมาะสมมากที่สุด โดยจุดภาพที่มีค่า VCI ต่ำ แสดงถึง พืชพรรณอยู่ในภาวะเครียด หรือมีพืชพรรณปกคลุมน้อย อันมีสาเหตุมาจากสภาพอากาศที่ไม่เหมาะสม (Unfavorable weather conditions) ขณะที่ จุดภาพที่มีค่า VCI สูง จะแสดงถึงสภาพพืชพรรณที่มีความสมบูรณ์สูง (Healthy vegetation conditions) ตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลดัชนี

BigStream Realtime Data Management Platform การพัฒนาแอปพลิเคชันที่มีการทำงานแบบเรียลไทม์ (Real-time Applications) มักถูกขับเคลื่อนโดยข้อมูลที่ถูกสร้างขึ้นตามกาลเวลา (หรือข้อมูลอนุกรมเวลา หรือ Time-series Data) จากอุปกรณ์ตรวจวัดข้อมูล เซอร์วิสที่ให้บริการข้อมูล หรือแอปพลิเคชัน ตัวอย่างเช่น แอปพลิเคชันสภาพอากาศถูกขับเคลื่อนโดยข้อมูลจากเซ็นเซอร์ตรวจวัดสภาพอากาศอัตโนมัติที่ติดตั้งตามสถานที่ต่างๆ แอปพลิเคชันเตือนภัยน้ำหลากดินโคลนถล่มล่วงหน้าจากเซอร์วิสที่ให้บริการข้อมูลปริมาณน้ำฝนซึ่งได้รับการตรวจวัดในบริเวณพื้นที่รับน้ำ และแอปพลิเคชันติดตามสภาวะสุขภาพจากอุปกรณ์วัดความดันโลหิตและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง เป็นต้น ทั้งนี้ แอปพลิเคชันฯจำเป็นต้องมี “การบริหารจัดการข้อมูลแบบเรียลไทม์” เป็นองค์ประกอบพื้นฐานสำหรับการให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างต่อเนื่อง และการจัดเก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่องตลอดจนการจัดส่งข้อมูลอย่างต่อเนื่อง ไปยังส่วนงานการประมวลผลข้อมูลแบบเรียลไทม์ ซึ่งดำเนินการประมวลผลเพื่อตอบโจทย์ของแอปลพิเคชันฯ และส่งผลไปยังส่วนการแสดงผลข้อมูลแบบเรียลไทม์ เพื่อนำเสนอให้ผู้ใช้ ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แอปพลิเคชันที่มีการทำงานแบบเรียลไทม์ โดยมีองค์ประกอบพื้นฐานการบริหารจัดการข้อมูลแบบเรียลไทม์

BigStream Realtime Data Management Platform ถูกพัฒนาขึ้นโดย ห้องปฏิบัติการวิจัยการจำลองขนาดใหญ่ หน่วยวิจัยการวิเคราะห์ข้อมูลและการคำนวณ ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์รหัสเปิด (Open Source) ที่สามารถเข้าถึงได้จาก https://github.com/igridproject/node-bigstream และสามารถนำมาพัฒนาต่อยอดได้ง่าย เนื่องจากตัวซอฟต์แวร์ มีการพัฒนาด้วยภาษา Node.JS ที่มีประสิทธิภาพสูงในการทำงาน

การให้บริการข้อมูลในรูปแบบ RestAPI Representational State Transfer (REST) เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่นำเว็บเทคโนโลยีพื้นฐาน ได้แก่ URL HTTP และ XML มาใช้ประโยชน์อย่างเต็มที่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ประโยชน์จาก URL หรือ URI ที่ถูกนำมาใช้แสดง method และ parameter โดย REST เป็นการใช้ HTTP protocol ในการรับส่งข้อมูล และช่วยให้สามารถเรียก URL ในรูปแบบที่เฉพาะเจาะจงได้ REST ไม่สามารถจัดได้ว่าเป็นมาตรฐาน หากแต่เป็นรูปแบบ ที่นักพัฒนาเว็บแอพพลิเคชั่นสามารถยึดเป็นแนวทางในการพัฒนาและสามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลจากระบบที่แตกต่างกันได้

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการประมวลผลข้อมูลดัชนีพืชพรรณ ด้วยระบบบจัดการข้อมูลแบบเรียลไทม์ บนแพลตฟอร์มการจัดการข้อมูลขนาดใหญ่ BigStream โดยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจะถูกนำเข้า จัดเก็บ และประมวลผลภายใต้ BigStream ภาพถ่ายดาวเทียมจะถูกคำนวณหาค่าดัชนี VCI แล้วนำไปแปลตีความเป็นค่าระดับความเสี่ยงภัยการเกิดภัยแล้ง ทำให้สามารถแจ้งเตือนเป็นไปได้อย่างต่อเนื่องรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ขั้นตอนในการพัฒนาระบบเฝ้าระวังพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งด้วยการประมวลผลข้อมูลขนาดใหญ่ถูกแบ่งออกเป็น 3 ขั้นหลักๆ ได้แก่

1) การจัดเตรียมข้อมูล - เป็นกระบวนการนำเข้าข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม MODIS ที่ให้บริการโดย U.S. Geological Survey (USGS) และปรับแก้ข้อมูลก่อนเข้าสู่กระบวนการประมวลผล

2) การประมวลผล - เป็นกระบวนการจัดทำระบบประมวลผลและจัดเก็บข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมระบบ MODIS โดยมีการประมวลผลแบบเรียลไทม์เมื่อมีข้อมูลของภาพถ่ายดาวเทียมเข้ามาในระบบ รวมไปถึงการให้บริการข้อมูลผ่านทาง API และการให้บริการข้อมูลภูมิสารสนเทศผ่านทางช่องทางอื่น

การประมวลผลข้อมูลโดยใช้ BigStream

จากขั้นตอนการประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในระบบ MODIS ในการศึกษาครั้งนี้ มีการพัฒนาโปรแกรมย่อย (Module) ที่มีการทำงานแบบเรียลไทม์อัตโนมัติ โดยการใช้ระบบประมวลผลข้อมูล BigStream เป็นเครื่องมือในการจัดการกระบวนการทำงาน (Workflow) เพื่อให้กระบวนการทั้งหมดสามารถทำงานเชื่อมโยงกันได้อย่างถูกต้องรวดเร็ว และปรับแต่งได้ง่าย รวมไปถึงการจัดการฐานข้อมูลที่มีประสิทธิภาพ สามารถพัฒนาฐานข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของ Data Lake เพื่อสามารถพัฒนาไปสู่การนำปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence : AI) มาจัดการข้อมูลให้มีคุณค่ามากขึ้น (Data Insight) ได้

การจัดทำ Workflow ของ BigStream จะเรียกขั้นตอนนี้ว่า Job Editor ซึ่ง Job ของ BigStream มีส่วนประกอบย่อยทั้งหมด 4 ส่วน ได้แก่

1) Trigger เป็นส่วนสั่งการให้แต่ละ Job ทำงานตามเวลาหรือเหตุการที่กำหนด เช่น ทำงานตามเวลา (CRON Job) หรือการทำงานเมื่อมี HTTP Request เป็นต้น
2) Data Input เป็น Job ในส่วนการอ่านหรือรับเข้าข้อมูลจากภายนอก
3) Data Transform เป็น Job ในส่วนการประมวลผลข้อมูล และ
4) Data Output เป็น Job ในส่วนที่ส่งออกข้อมูล ซึ่งสามารถส่งข้อมูลไปสู่คลังข้อมูล (Storage) หรือเรียกใช้ Job ถัดไปได้

ในการศึกษาครั้งนี้ มีการจัดทำ Workflow ที่แยกออกเป็นส่วนๆ เพื่อให้สามารถปรับเปลี่ยนขั้นตอนการทำงานระหว่างการปฏิบัติงานได้ โดยแบ่งกระบวนการในการประมวลเป็น 5 ส่วน คือ 1.การ Download ข้อมูลดาวเทียมระบบ MODIS 2.การเตรียมข้อมูลก่อนการประมวลผล (Pre Processing) 3.การประมวลผล (Processing) 4.การจัดการหลังการประมวลผล (Post Processing) และ 5.การบันทึกผลและการแจ้งเตือน (Storage and Alert)

จากขั้นตอนการทำงานทั้งหมดสามารถแบ่งประเภทของ Job ในการประมวลผลได้ทั้งหมด 5 ประเภท ตามรายละเอียดดังนี้

การ Download ข้อมูลดาวเทียมระบบ MODIS

การศึกษาครั้งนี้มีการใช้ข้อมูลจากระบบ MODIS ซึ่งสามารถ Download ได้จาก The Level-1 and Atmosphere Archive & Distribution System (LAADS) (https://ladsweb.mod aps.eosdis.na sa.gov) ซึ่งให้บริการข้อมูลดาวเทียม Terra, Aqua ในระบบ MODIS และ Suomi NPP (SNPP) Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) อีกทั้งยังให้บริการข้อมูลทางด้านวิทยาศาสตร์อื่น ๆ รวมถึงเครื่องมือและทรัพยากรณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ได้มีการ Download ข้อมูลในระบบ MODIS ในรูปแบบการถ่ายภาพแบบ Swath มีการสั่งให้ Download ทุก ๆ วัน ในทุก ๆ ผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ของข้อมูลระบบ MODIS ที่นำมาใช้งาน ได้แก่ MOD021KM เป็นข้อมูลในระดับ 1B ที่ประกอบไปด้วยข้อมูลการสะท้อน และค่าพิกัดเชิงพื้นที่ ซึ่งข้อมูลในผลิตภัณฑ์นี้จะมีทั้งหมด 36 ชั้นข้อมูล ที่มีรายละเอียดเชิงพื้นที่ 1 กิโลเมตร โดยมีลำดับขั้นตอนในการดาวโหลดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในระบบ MODIS มีขั้นตอนดังนี้

การเลือกพื้นที่ศึกษาเพื่อทำการดาวโหลดภาพ ในการศึกษาครั้งนี้ ระบบจะต้องมีการดาวโหลดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจากระบบ MODIS ที่มีรอบการถ่ายภาพทุก ๆ 16 วัน

ขั้นตอนการเรียกชื่อไฟล์ของภาพเป็นขั้นตอนหลังจากการสร้างรายการของภาพถ่ายดาวเทียมในแต่ละวัน ขั้นตอนนี้จะนำรหัสของ Scene มาทำการค้นหาชื่อไฟล์ โดยใช้บริการจาก Level-1 and Atmosphere Archive & Distribution System Distributed Active Archive Center (LAADS DAAC) โดยใช้ URL https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/archive /allData/6/[Product] /[Year]/[DOY].json

จากการจัดทำกระบวนการในการดาวโหลดข้อมูลทำให้ได้ข้อมูลผลิตภัณฑ์ MOD021KM, MOD05 และ MOD07 จากระบบ The Level-1 and Atmos phere Archive & Distribution System (LAADS) เข้าสู่ระบบคลังข้อมูล โดย BigStream จะทำการสร้าง Job ที่ชื่อ download.modis (ภาพที่ 2) เพื่อทำการเรียกใช้ Plugin และตัวแปรของ BigStream ดังตารางที่ 1

```
{
  "job_id": "psk.thesis.download.modis",
  "active": "false",
  "trigger": {
    "type": "cron",
    "cmd": "0 0 * * *"
  },
  "data_in": {
    "type": "MOD_DL",
    "param": {
      "mod_product": [
        "MOD021KM",
        "MOD05",
        "MOD07"
      ]
    }
  },
  "data_transform": {
    "type": "noop"
  },
  "data_out": {
    "type": "call",
    "param": {
      "to": [
        "psk.thesis.collection.geomery"
      ]
    }
  },
  "_vo": "psk.thesis"
}
```

ภาพที่ 2 รายละเอียดของ Job download.modis

ตารางที่ 1 แสดงการเรียกใช้ Plugins และค่าตัวแปรในการ Download ข้อมูลดาวเทียมระบบ MODIS

ขั้นตอน	Plugins	ตัวแปร
Trigger	CRON Job	0 0 * * * * (ทุกๆ ชั่วโมง)
Data Input	MOD_DL	MOD021KM, MOD05, MOD07
Data Transform	No Operation	-
Data Output	Call Job	collection.geomery

หลังจากเสร็จสิ้นการ Download ข้อมูลทุกผลิตภัณฑ์ ในส่วนของ Data Output จะมีการเรียกไปยัง Job ที่มีชื่อว่า collection.geomery เพื่อทำขั้นตอนปรับแก้เชิงพิกัดต่อไป

การเตรียมข้อมูลก่อนการประมวลผล (Pre Processing)

ขั้นตอนการเตรียมข้อมูลก่อนการประมวลผล (Pre Processing) เป็น Job ที่มีการทำงานเพื่อประมวลผลก่อนทำการวิเคราะห์ดัชนี ซึ่งประกอบไปด้วย 2 Job ได้แก่

การปรับแก้ระบบพิกัด หลังจากการ Download ข้อมูลระบบ MODIS แล้ว ข้อมูลที่ได้มามีระบบพิกัดที่ไม่ถูกต้องเมื่อนำมาใช้งานในพื้นที่ศึกษา ดังนั้นจึงได้ทำการปรับแก้ข้อมูลระบบพิกัดโดยใช้เครื่องมือ HDF-EOS TO GeoTIFF Conversion Tool (HEG) ในการวิจัยครั้งนี้ มีการประยุกต์ใช้ HEGTool ในรูปแบบของ Command line โดยมีการสั่งการทำงานผ่าน Configuration File ในรูปแบบของไฟล์ .prm ซึ่งมีรายละเอียดดังภาพที่ 3

```
BEGIN
    NUMBER_INPUTFILES = 1
    INPUT_FILENAMES = MOD021KM.A2019028.0155.006.2019028090443.hdf
    OBJECT_NAME = MODIS_SWATH_Type_L1B
    FIELD_NAME = EV_250_Aggr1km_RefSB
    BAND_NUMBER = 1
    SPATIAL_SUBSET_UL_CORNER = ( 20.8032819008 97.1865536365 )
    SPATIAL_SUBSET_LR_CORNER = ( 5.2741143608 105.813868937 )
    OUTPUT_OBJECT_NAME = MODIS_SWATH_Type_L1B
    OUTGRID_X_PIXELSIZE = 0.0086273152
    OUTGRID_Y_PIXELSIZE = 0.0086273152
    RESAMPLING_TYPE = NN
    OUTPUT_PROJECTION_TYPE = GEO
    ELLIPSOID_CODE = WGS84
    OUTPUT_PROJECTION_PARAMETERS = ( 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 )
    OUTPUT_FILENAME = Output.TIF
    SAVE_STITCHED_FILE = NO
    OUTPUT_STITCHED_FILENAME = Output.hdf
    OUTPUT_TYPE = GEO
END
```

ภาพที่ 3 Configuration File สำหรับการประมวลโดยใช้ HEGTool

การเขียน Configuration File นั้น มีขั้นตอนในการสั่งงานทั้งหมด 5 ขั้นตอน ได้แก่ การแยกส่วนประกอบของภาพ (Band Extracting) การยืดค่าของข้อมูล (Stitching) การแปลงระบบพิกัด (Reprojection) การตัดข้อมูลตามพื้นที่ศึกษา (Subset) และการ Resampling ข้อมูล ซึ่งมีการประมวลผลตามขั้นตอนทั้งหมดในคราวเดียวกัน

หลังจากการพัฒนาในส่วนการประมวลผลข้อมูลดาวเทียมระบบ MODIS เพื่อทำการแปลงระบบพิกัดและตัดข้อมูลออก ให้ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา BigStream จะมีการสร้าง Job ที่มีชื่อว่า collection.geomery โดยมีรายละเอียดตัวแปรในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงการเรียกใช้ Plugins และค่าตัวแปรในการปรับแก้ระบบพิกัด ข้อมูลดาวเทียมระบบ MODIS

ขั้นตอน	Plugins	ตัวแปร
Trigger	-	-
Data Input	Input	-
Data Transform	MOD_Geometric	Model : HEGRas
Data Output	Call Job	collection.calibration

หลังจากเสร็จสิ้นการปรับแก้ระบบพิกัดข้อมูลสำเร็จ ในส่วนของ Data Output จะมีการเรียกไปยัง Job ที่มีชื่อว่า collection.calibration เพื่อทำขั้นตอนการปรับแก้ค่าของข้อมูล (Calibration) ต่อไป

การปรับแก้ค่าของข้อมูล (Calibration) เป็นขั้นตอนหลังการ Downlaod ภาพถ่ายดาวเทียม MODIS โดยจะทำการคำนวนค่าของข้อมูลให้มีค่าเต็มช่วงในการประมวลผลซึ่งมีการใช้ค่าคงที่ได้จาก Metadata ของข้อมูล MODIS มาทำการปรับแก้ค่าเป็นรายชั้นข้อมูล

หลังจากการปรับแก้ค่าของข้อมูลแล้ว BigStream จะทำการสร้าง Job ที่มีชื่อว่า collection.calibration โดยมีรายละเอียดตัวแปรในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงการเรียกใช้ Plugins และค่าตัวแปรในการปรับแก้ค่าของข้อมูล ข้อมูลดาวเทียมระบบ MODIS

ขั้นตอน	Plugins	ตัวแปร
Trigger	-	-
Data Input	Input	-
Data Transform	MOD_Calibration	-
Data Output	Call Job	NDVI, BT, CWSI, ET

การประมวลผล (Processing)

ขั้นตอนการประมวลผล (Processing) เป็นกระบวนการที่ทำการประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายในระบบ MODIS โดยเป็นขั้นตอนในการคำนวนค่าดัชนีต่าง ๆ ที่ใช้ในการศึกษาซึ่งประกอบไปด้วย 4 Job ดังนี้

การประมวลผลดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ (NDVI) จากกระบวนการปรับแก้ข้อมูล โดยใช้ข้อมูล Band 1 Shortwave Visible และ Band 2 Shortwave Near Infrared จากผลิตภัณฑ์ MOD021KM จากการพัฒนาในส่วนที่ใช้ในการประมวลผลข้อมูลดาวเทียมระบบ MODIS เพื่อทำการประมวลผลดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์แล้ว BigStream จะทำการสร้าง Job ที่มีชื่อว่า process.ndvi โดยมีรายละเอียดตัวแปรในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงการเรียกใช้ Plugins และค่าตัวแปรในการประมวลผลดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ (NDVI) ข้อมูลดาวเทียมระบบ MODIS

ขั้นตอน	Plugins	ตัวแปร
Trigger	-	-
Data Input	Input	-
Data Transform	MOD_NDVI	-
Data Output	Call Job	post.summarization, storage.raster

หลังจากการพัฒนาในส่วนที่ใช้ในการประมวลผลข้อมูลดาวเทียมระบบ MODIS เพื่อทำการประมวลผลดัชนีอุณหภูมิความสว่างแล้ว BigStream จะทำการสร้าง Job ที่มีชื่อว่า process.bt โดยมีรายละเอียดตัวแปรในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงการเรียกใช้ Plugins และค่าตัวแปรในการประมวลผลดัชนีอุณหภูมิความสว่าง (BT) ข้อมูลดาวเทียมระบบ MODIS

ขั้นตอน	Plugins	ตัวแปร
Trigger	-	-
Data Input	Input	-
Data Transform	MOD_BT	-
Data Output	Call Job	post.summarization, storage.raster

การบันทึกผลและการแจ้งเตือน (Storage and Alert)

ขั้นตอนบันทึกผลและการแจ้งเตือน (Storage and Alert) เป็น Job ที่มีการทำงานเพื่อทำการบันทึกค่าของผลที่ได้จากการระมวลผล ทั้งในรูปแบบของค่าสถิติและข้อมูล Raster ซึ่งจะประกอบไปด้วย 2 Job ได้แก่

การบันทึกข้อมูลค่าสถิติลงในส่วนจัดเก็บข้อมูล เพื่อทำการบันทึกผลที่ได้จากการสรุปผล โดยจะทำการสร้าง Job ที่มีชื่อว่า storage.value โดยมีรายละเอียดตัวแปรในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงการเรียกใช้ Plugins และค่าตัวแปรในการบันทึกข้อมูลค่าสถิติลงในส่วนจัดเก็บข้อมูล

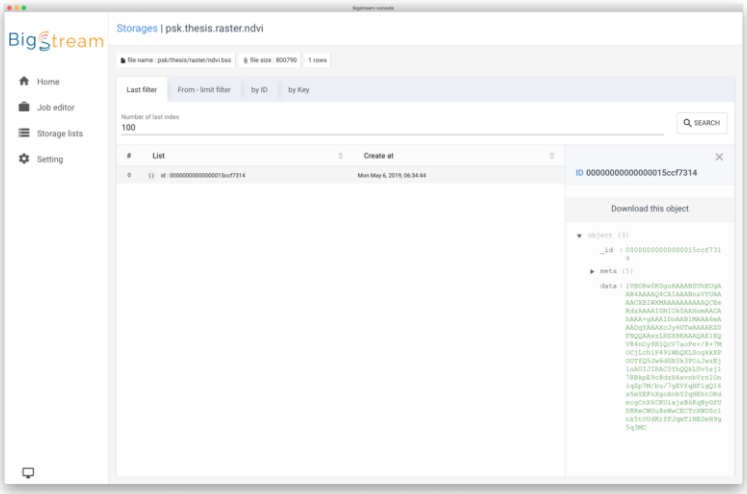
ขั้นตอน	Plugins	ตัวแปร
Trigger	-	-
Data Input	Input	-
Data Transform	No Operation	-
Data Output	Storage	value.$(meta.factor)

การบันทึกข้อมูล Raster ลงในส่วนจัดเก็บข้อมูล เพื่อทำการบันทึกผลที่ได้จากการประมวลผล BigStream สามารถเก็บค่าของข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของ Binary ได้ โดยจะทำการสร้าง Job ที่มีชื่อว่า storage.raster โดยมีรายละเอียดตัวแปรในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แสดงการเรียกใช้ Plugins และค่าตัวแปรในการบันทึกข้อมูล Raster ลงในส่วนจัดเก็บข้อมูล

ขั้นตอน	Plugins	ตัวแปร
Trigger	-	-
Data Input	Input	-
Data Transform	No Operation	-
Data Output	Storage	raster.$(meta.factor)

งานวิจัยนี้กำหนดให้ข้อมูลที่จัดเก็บในส่วนบันทึกข้อมูลนั้นสามารถค้นหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงมีการใช้ค่าตัวแปรในการส่งข้อมูลให้ถูกต้อง โดยมีผลการบันทึกข้อมูลดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ตัวอย่างผลที่จัดเก็บของส่วนจัดเก็บข้อมูล Raster

ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบการประมวลผลข้อมูลดัชนีพืชพรรณ ด้วยระบบบจัดการข้อมูลแบบเรียลไทม์ มีการพัฒนาการวิเคราะห์ดัชนีต่าง ๆ ได้แก่ ดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ (NDVI) และดัชนีอุณหภูมิความสว่าง (BT) โดยมีการใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในระบบ MODIS ผลิตภัณฑ์ MOD021KM มีการประมวลผลและให้บริการข้อมูลเชิงสถิติ และข้อมูลในรูปแบบ Raster ที่ผ่านการประมวลผลแล้ว ซึ่งมีรายละเอียดของผลการวิจัย ดังนี้

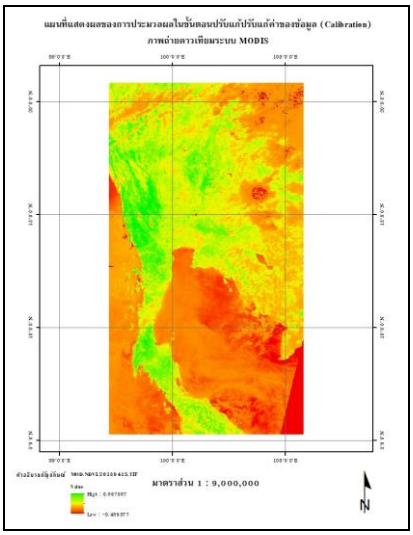
ผลการประมวลผลข้อมูล

จากการประมวลผลข้อมูลด้วย BigStream ผลลัพธ์ที่เกิดจากการประมวลผลได้ถูกจัดเก็บไว้ในคลังข้อมูลของระบบ โดยเป็นข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการประมวลผลค่าดัชนีแล้ว ข้อมูลสถิติ และข้อมูลการประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง ดังต่อไปนี้

ผลการนำเข้าข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมระบบ MODIS **จากกระบวนการในการดาวโหลด์ข้อมูลจากดาวเทียมระบบ MODIS ที่เป็นรายวัน ในผลิตภัณฑ์ MOD02** MOD07 และ MOD07 ในรูปแบบ Swath

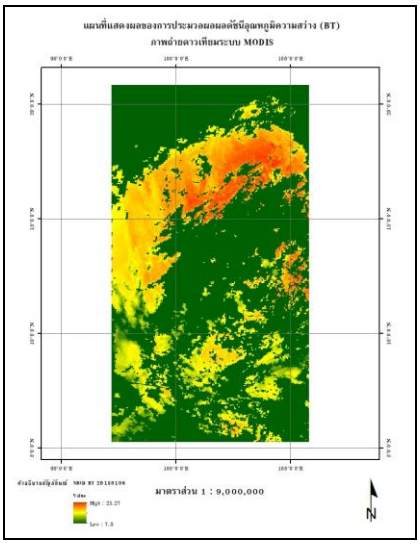
ผลจากการปรับแก้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมระบบ MODIS โดยผ่านกระบวนการทั้งหมด 5 ขั้นตอน ได้แก่ การแยกส่วนประกอบของภาพ (Band Extracting) การยืดค่าของข้อมูล (Stitching) การแปลงระบบพิกัด (Reprojection) การตัดข้อมูลตามพื้นที่ศึกษา (Subset) และการ Resampling ข้อมูล

ผลการประมวลผลดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ (NDVI) แบบรายวันแสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ภาพแสดงผลประมวลผลดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ (NDVI) แบบรายวัน

ผลการประมวลผลดัชนีอุณหภูมิความสว่าง (BT) แบบรายวัน แสดงดังภาพที่ 6



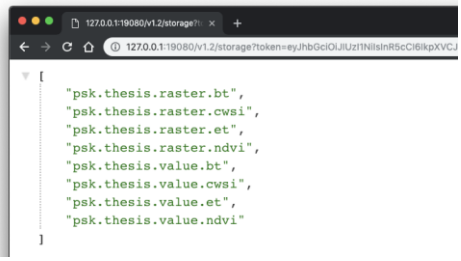
ภาพที่ 6 ภาพแสดงผลประมวลผลดัชนีอุณหภูมิความสว่าง (BT) แบบรายวัน

การให้บริการข้อมูล

ระบบที่พัฒนาขึ้นมีการให้บริการข้อมูล ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนี ที่อยู่ในรูปแบบของฐานข้อมูลเชิงเวลา (Time Series Database) ตามมาตรฐาน REST API โดยมีตัวอย่างในการเข้าถึงข้อมูลดังนี้

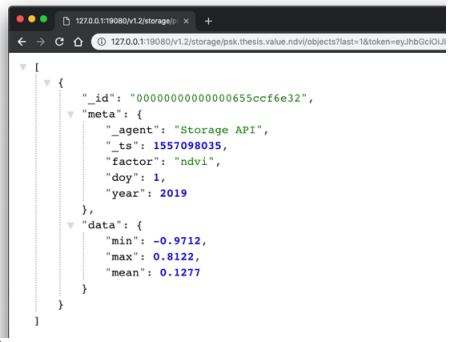
การเรียกรายการของส่วนบันทึกข้อมูล (Storage List) **ในการเรียกใช้รายการของส่วนบันทึกข้อมูล ทำให้ผู้ใช้งานสามารถทราบได้ถึงว่าระบบนี้ได้ให้บริการ**ข้อมูลใดบ้าง โดยมี Endpoint ในการเรียกใช้งาน (ภาพที่ 7)

http://<Host Name>:19080/v1.2/storage?token=<BigStream Access Token>



ภาพที่ 7 ตัวอย่างการเรียกข้อมูลรายการส่วนบันทึกข้อมูล (Storage List)

การเรียกข้อมูลส่วนบันทึกข้อมูล (Get Object) การเรียกข้อมูลของส่วนบันทึกข้อมูล จะได้ผลของการประมวลผลค่าดัชนีที่อยู่ในรูปของฐานข้อมูลเชิงเวลา สามารถอ้างอิงข้อมูลได้จาก Time Stamp ของการประมวลผล โดยระบบสามารถให้บริการข้อมูลล่าสุดได้โดยการเพิ่ม Query String : last=1 หลัง Endpoint การเรียกข้อมูลในส่วนบันทึกข้อมูล ดังแสดงในภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ตัวอย่างการเรียกข้อมูลล่าสุดในส่วนบันทึกข้อมูล

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

ในการพัฒนาระบบประมวลผลข้อมูลดัชนีพืชพรรณ ด้วยระบบบจัดการข้อมูลแบบเรียลไทม์บน BigStream Platform ครอบคลุมพื้นที่ศึกษาทั้งประเทศไทย โดยทำการพัฒนาโปรแกรมย่อยรูปแบบที่เป็น Module ด้วยภาษา Python และ Node.JS เพื่อประมวลผลดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ (NDVI) และดัชนีอุณหภูมิความสว่าง (BT) จากภาพถ่ายดาวเทียมระบบ MODIS ผลิตภัณฑ์ MOD021KM โดยมีการตรวจสอบข้อมูลที่ให้บริการทุก ๆ 1 ชั่วโมง อย่างต่อเนื่องแบบอัตโนมัติ

การประมวลผลทั้งหมดถูกพัฒนาบน BigStream มีการจัดทำ Workflow ที่แยกออกเป็น 5 ส่วนหลัก ได้แก่ 1.การ Download ข้อมูลดาวเทียมระบบ MODIS 2.การเตรียมข้อมูลก่อนการประมวลผล (Pre Processing) 3.การประมวลผล (Processing) 4.การจัดการหลังการประมวลผล (Post Processing) และ 5.การบันทึกผลและการแจ้งเตือน (Storage and Alert) ซึ่งมีการจัดเก็บข้อมูลผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ทั้งในรูปแบบค่าสถิติและข้อมูล Raster ที่เป็นข้อมูลดิบสำหรับสนับสนุนงานวิจัยอื่น ๆ ต่อไปได้

นอกจากนี้ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถให้บริการข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบฐานข้อมูลเชิงเวลา (Time Series Database) ที่สามารถเข้าถึงโดยการใช้ REST API ผ่านเว็บไซต์ได้ ทั้งข้อมูลสถิติ และข้อมูลดิบ

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอกระบวนการในการพัฒนากระบวนการในการประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในรูปแบบต่างๆ ที่มีความสามารถในการปรับเปลี่ยนระบบให้สามารถรองรับข้อมูลจากแหล่งที่มาอื่นๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีความสามารถในการติดตามข้อมูลจากแหล่งที่มาหลายๆแหล่งได้อย่างดี และสามารถประมวลผลได้อย่างรวดเร็ว รวมไปถึงการจัดเก็บที่มีโครงสร้างที่ชัดเจนและสามารถเรียกใช้งานได้ผ่านทาง REST API ผ่านเว็บไซต์ได้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จไปด้วยความกรุณาเป็นอย่างสูงจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิพัธน์ เรืองแสง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้ความรู้ ตลอดจนให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ ตรวจสอบ และแก้ไขร่างวิทยานิพนธ์เพื่อปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ให้มีความถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้นมาโดยตลอด ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

ชรัตน์ มงคลสวัสดิ์. การสำรวจข้อมูลระยะไกล. ขอนแก่น: ห.จ.ก.ขอนแก่นการพิมพ์: 2540.

Bosworth, J., Koshimizu, T. and Acton, T.S. Automated Segmentation of Surface Soil Moisture from Landsat TM data. [Online] 1998 [cited 2019 Oct 12]. Available from http://spiff.ecen.okstate.edu/space/oil/imagelab.htm

Jones, H.G. and Vaughan, R.A. Remote sensing of vegetation: Principle, Technique and Application. Oxford University Press; 2010.

Singh, R.P., Roy, S., and Kogan, F.N. Vegetation and temperature condition indices from NOAA AVHRR data for drought monitoring over India. International Journal of Remote Sensing 2003: 24(22): 4393-4402.

Tucker, C.J., and Choudhury, B.J. Satellite remote sensing of drought conditions. Remote Sens. Environ 1987; 23: 243-251.

Unganai, L.S., and Kogan, F.N. Drought monitoring and corn yield estimation in Southern Africa from AVHRR data. Remote Sensing of Environment 1998: 63: 219-232.