

การประยุกต์ใช้ภูมิสารสนเทศในการติดตามคุณภาพน้ำ บริเวณกว๊านพะเยา จังหวัดพะเยา

Application of Geoinformatics for Water Quality Monitoring in Kwan Phayao, Phayao Province

นิตี เอี่ยมชื่น^{1*} สิทธิศักดิ์ ปิ่นมงคลกุล¹ และ ธิดาภัทร อนุชาญ²

Niti Iamchuen^{1*} Sitthisak Pinmongkolgul¹ and Thidapath Anucharn²

¹หน่วยวิจัยความเป็นเลิศด้านการบริหารจัดการน้ำ มหาวิทยาลัยพะเยา 56000

²สาขาระบบสารสนเทศ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา 90000

*Corresponding author: niti.ia@up.ac.th

Received: November 2, 2021

Revised: December 15, 2021

Accepted: December 21, 2021

บทคัดย่อ

การประยุกต์ใช้ภูมิสารสนเทศในการติดตามคุณภาพน้ำ บริเวณกว๊านพะเยา จังหวัดพะเยามีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศในการตรวจสอบคุณภาพน้ำ และสร้างดัชนีคุณภาพน้ำของกว๊านพะเยาในการกำหนดเขตคุณภาพน้ำ โดยมีวิธีการดำเนินการ 7 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การปรับแก้ความถูกต้องเชิงเรขาคณิต 2) การจำแนกภาพดาวเทียมเพื่อสกัดเอาเฉพาะส่วนที่เป็นแหล่งน้ำ 3) การสร้างชั้นข้อมูลคุณภาพน้ำจากการสำรวจสุ่มเก็บเชิงตำแหน่ง 4) การปรับข้อมูลตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำ 5) การให้คะแนนตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบจากดัชนีคุณภาพน้ำ 6) การนำค่าคะแนนที่ได้คูณกับค่าถ่วงน้ำหนักตามระดับที่กำหนด และ 7) การสร้างแผนที่คุณภาพน้ำ โดยกำหนดระดับมาตรฐานคุณภาพน้ำจากการแบ่งช่วงค่าคะแนนรวม จากนั้นนำข้อมูลภูมิสารสนเทศมาตรวจสอบคุณภาพน้ำในกว๊านพะเยา โดยพิจารณาพร้อมข้อมูล 3 ตัวแปร คือ 1) ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (BOD) 2) ไนเตรท-ไนโตรเจน ($\text{NO}_3\text{-N}$) และ 3) ฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP) และนำเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำมาปรับให้มีช่วงคะแนนมาตรฐานจากดัชนีคุณภาพน้ำ แล้วนำค่าคะแนนที่ได้คูณกับค่าถ่วงน้ำหนักตามระดับที่กำหนดเพื่อตรวจสอบคุณภาพน้ำ ผลที่ได้พบว่าค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานระดับดีมากทั้งค่า $\text{NO}_3\text{-N}$ และ TP ขณะที่ค่า BOD อยู่ในเกณฑ์ดีเป็นส่วนใหญ่ ส่วนบริเวณใกล้เมืองมีค่าพอใช้ สำหรับภาพรวมทั้ง 3 ตัวแปรพบว่าอยู่ในเกณฑ์ดีเป็นส่วนใหญ่ มีค่าอยู่ในเกณฑ์ดีในบริเวณใกล้เมืองจากอิทธิพลของค่า BOD

คำสำคัญ: ภูมิสารสนเทศ, กว๊านพะเยา, ดาวเทียม, ดัชนีคุณภาพน้ำ

Abstract

The main objective of the project on the application of Geoinformatics in water quality monitoring a case study of Kwan Phayao province is to apply Geoinformatics technology to monitor water quality and create a water quality index of Kwan Phayao to determine water quality zones. The method of operation consists of 7 steps: 1) geometry correction 2) satellite image classification to extract only the water source 3) creating water quality data layer from survey to geographic coordinates 4) adjusting data according to water quality standards 5) scoring according to the water quality standard for comparison from the water quality index 6) multiplying the score obtained by the weighted value at the specified level and 7) creating a water quality map by defining the water

quality standard level by dividing the total standard score. The geospatial data was used to determine the water quality in Kwan Phayao by considering together with the data of 3 variables; 1) Biological Oxygen Demand (BOD); 2) Nitrate nitrogen ($\text{NO}_3\text{-N}$) and 3) Total phosphate (TP) and use the water quality standard criteria to adjust the standard score range from the water quality index. Finally, the score is multiplied by the weight of the specified level to determine the water quality. The results showed that the values remained at a very good standard for both $\text{NO}_3\text{-N}$ and TP values while the BOD values were mostly good. The area near the city has a fair value. Overview of the three parameters was found to be in very good mainly but near the city was found in good level due to the influence of BOD.

Keywords: Geoinformatics, Kwan Phayao, Satellite image, Water quality index

1. บทนำ

น้ำถูกใช้ไปในกิจกรรมต่างๆ มากมายทั้งเพื่อการอุปโภคและการบริโภค ปัจจุบันปัญหาในการเปลี่ยนแปลงสภาพบรรยากาศโลกส่งผลต่อสิ่งแวดล้อม น้ำก็เป็นปัญหาหนึ่งในนั้นมีการคาดการณ์ว่าในอนาคตน้ำอาจไม่พอเพียงต่อความต้องการต่อคนทั้งโลก ดังนั้นปัญหาของน้ำจึงมีความสำคัญที่ไม่ควรมองข้ามทั้งในเรื่องของปริมาณและคุณภาพน้ำ พื้นที่กว๊านพะเยาก็ประสบปัญหาคุณภาพน้ำโดยเฉพาะในฤดูแล้งมีปริมาณน้ำน้อยทำให้สารเคมีต่างๆ จากกิจกรรมของมนุษย์ทั้งทางภาคการเกษตร ชุมชน และเมืองมีความเข้มข้นสูงเสี่ยงต่อการเกิดปรากฏการณ์ที่แหล่งน้ำมีสารอาหารมากเกินไป (Eutrophication หรือ Algae bloom) ปริมาณแพลงก์ตอนพืชเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำลดลงในเวลากลางคืน เป็นเหตุให้สัตว์น้ำบางประเภทตายได้ และทำให้แหล่งน้ำนั้นตื้นเขินในกรณีที่เกิดปรากฏการณ์ดังกล่าวเป็นเวลานานจะส่งผลต่อคุณภาพน้ำในกว๊านพะเยา (ปัจจุบันใช้น้ำกว๊านในการทำประปา) ในการบริโภคและอุปโภคต่างๆ ด้วยเหตุนี้จึงต้องมีการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำโดยการตรวจสอบคุณภาพน้ำสามารถทำได้โดยใช้อุปกรณ์และเครื่องมือตรวจวัด ทั้งนี้ยังต้องการความถี่ในการตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง ทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายและกำลังคนเป็นจำนวนมาก การนำเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศมาประยุกต์ใช้งานในการตรวจสอบคุณภาพน้ำ ทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายและติดตามได้อย่างต่อเนื่อง โดยพิจารณาตัวแปรทางกายภาพ สิ่งมีชีวิต และสารเคมีต่างๆ ในแหล่งน้ำ ที่จะทำให้สามารถทราบถึงคุณภาพของแหล่งน้ำดังกล่าว โดยอาศัยหลักการหักเห ดูดกลืน และสะท้อนคลื่นรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของน้ำไปยังดาวเทียมสำรวจทรัพยากร ที่มีการบันทึกในหลายช่วงคลื่นทำให้สามารถจำแนกความแตกต่างหรือความเปลี่ยนแปลงของแหล่งน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพทั้งในพื้นที่ขนาดเล็กหรือใหญ่ และความต่อเนื่องในการติดตาม โดยใช้ดาวเทียมต่างๆ เช่น LANDSAT MSS [1] LANDSAT TM [2] LANDSAT ETM+ และ IKONOS [3] นอกจากนั้นยังนำภูมิสารสนเทศมาใช้ร่วมกับข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ (In situ) กับข้อมูลจากภาพดาวเทียม การศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นให้เห็นภาพความเชื่อมโยงของการสำรวจคุณภาพน้ำและข้อมูลเชิงตำแหน่งที่สามารถนำเทคนิคทางภูมิศาสตร์สมัยใหม่มาใช้เพื่อขยายขีดความสามารถในการอธิบายทั้งในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศในการตรวจสอบคุณภาพน้ำ และสร้างดัชนีคุณภาพน้ำของกว๊านพะเยาในกำหนดเขตคุณภาพน้ำ เพื่อเชื่อมโยงข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อกำหนดรูปแบบในการวางแผนบริหารจัดการแหล่งน้ำและพื้นที่โดยรอบอย่างยั่งยืนต่อไป

2.วิธีการศึกษา

กระบวนการในการศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นให้เห็นภาพรวมของการนำข้อมูลจากการสำรวจและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศเพื่อการทำข้อมูลจากภาคสนามในมิติเชิงตำแหน่ง (พิกัดจุด) ขยายสู่มิติเชิงพื้นที่ โดยมีขั้นตอนและวิธีการซึ่งข้อมูลที่น่ามาใช้ได้แก่ ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT ระบบ Thematic Mapper (TM) ที่บันทึกภาพเมื่อ 1 มีนาคม พ.ศ. 2547 (รูปที่ 1) แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ชุด L7018 ระวังจังหวัดพะเยา (4749II) โปรแกรมทางด้านการรับรู้จากระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และข้อมูลการสำรวจคุณภาพน้ำจากสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 2 จังหวัดลำปาง 3 ตัวแปร คือ ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (Biological Oxygen Demand: BOD) , ไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate nitrogen: $\text{NO}_3\text{-N}$) และ ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total phosphate: TP) ทั้งนี้มีกระบวนการทำงานในภาพรวม 7 ขั้นตอนได้แก่ 1) การปรับแก้ความถูกต้องเชิงเรขาคณิต (Geometric correction) 2) การจำแนกภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อสกัดเอาเฉพาะส่วนที่เป็นแหล่งน้ำ 3) สร้างชั้นข้อมูลคุณภาพน้ำจากการสำรวจสู่พิกัดเชิงตำแหน่ง 4) การปรับข้อมูลตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำ (Standard criteria of water quality) 5) ให้คะแนน (Score) ตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบจากดัชนีคุณภาพน้ำ (Water quality index) 6) นำค่าคะแนนที่ได้คูณกับค่าถ่วงน้ำหนัก (Weighting) ตามระดับที่กำหนด (Rating) และ 7) สร้างแผนที่คุณภาพน้ำ (Water quality mapping) โดยกำหนดระดับมาตรฐานคุณภาพน้ำจากการแบ่งช่วงค่าคะแนนรวม (Standard score)



รูปที่ 1 ภาพถ่ายดาวเทียมLANDSAT TM บริเวณกว๊านพะเยา จังหวัดพะเยา

สำหรับรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

2.1 การปรับแก้ความถูกต้องเชิงเรขาคณิต (Geometric correction)

การปรับแก้ภาพข้อมูลดาวเทียมให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้นโดยทั่วไปจะมี 2 ส่วนคือ การปรับแก้ เชิงคลื่น (รังสี) และการปรับแก้เชิงเรขาคณิต (ตำแหน่ง) ในการศึกษาครั้งนี้ไม่ได้ปรับแก้ความถูกต้องเชิงคลื่น (Atmospheric correction) เนื่องจากผลการศึกษาของ Wang and DeLiberty [4] พบว่าภาพที่บันทึกในช่วงฤดูหนาวหรือช่วงที่มีความชื้นต่ำ และท้องฟ้าปลอดโปร่ง การปรับแก้หรือไม่นั้นไม่มีความแตกต่างกัน (นิยมใช้ในช่วงฤดูฝน หรือช่วงที่มีความชื้นสูง) และไม่ได้เปรียบเทียบการสะท้อนหลายช่วงเวลา (Multi-temporal) ส่วนการปรับแก้เชิงเรขาคณิตใช้แผนที่ภูมิประเทศจากกรมแผนที่ทหาร โดยกำหนดให้มีความผิดพลาดไม่เกิน 1 จุดภาพ (ในการศึกษาใช้ภาพข้อมูลดาวเทียม LANDSAT มีขนาดจุดภาพ 30 เมตร)

2.2 การจำแนกภาพดาวเทียมเพื่อสกัดเอาเฉพาะส่วนที่เป็นแหล่งน้ำ

การหาพื้นที่แหล่งน้ำจากการจำแนกด้วยภาพข้อมูลดาวเทียม ใช้การจำแนกแบบไม่กำกับดูแล (Unsupervised classification) จำแนกออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่เป็นน้ำและกลุ่มที่ไม่ใช่น้ำ โดยพื้นที่แหล่งน้ำที่มีวัชพืชปกคลุม เช่น ผักตบชวา และส่วนที่เป็นสันดอนดิน (ช่วงน้ำแห้งในฤดูหนาวและฤดูแล้ง) จะถูกจำแนกออกไปและคัดเฉพาะพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่กว่า 10 ตารางกิโลเมตร เพื่อให้เหลือเฉพาะพื้นที่ศึกษา (กว๊านพะเยามีขนาดพื้นที่โดยประมาณ 20 ตารางกิโลเมตร เป็นแหล่งน้ำขนาดใหญ่เพียงแห่งเดียวในภาพ)

2.3 การสร้างชั้นข้อมูลคุณภาพน้ำจากการสำรวจค่าพิกัดเชิงตำแหน่ง

ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจได้รับความอนุเคราะห์จากสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 2 จังหวัดลำปาง (สวล. ลป.) [5] ผ่านทางระบบออนไลน์ โดยข้อมูลจากการสำรวจที่นำมาใช้คือ ค่า BOD ประเมินประเภทแหล่งน้ำผิวดิน เนื่องจากเป็นตัวบ่งบอกถึงความสกปรกของแหล่งน้ำ ที่มีสาเหตุสำคัญมาจากน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ได้แก่ ชุมชน อุตสาหกรรม และเกษตรกรรม ค่า $\text{NO}_3\text{-N}$ เป็นสารประกอบอนินทรีย์ไนโตรเจน ที่เกี่ยวข้องกับน้ำเสียจะอยู่ในรูปปุ๋ย และเกลือปัสสาวะ และ ค่า TP ใช้ในการเจริญเติบโตของพืชและสัตว์ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปของฟอสเฟตที่ละลายน้ำ หรืออยู่ในรูปของซากพืชซากสัตว์ในแหล่งน้ำตามธรรมชาติและน้ำโสโครก หรืออาจเกิดจากหินฟอสเฟตโดยตรง ในอีกทางหนึ่งอาจเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ในรูปของผงซักฟอก และสิ่งขับถ่ายจากมนุษย์ จากข้อมูลเบื้องต้นพบว่าทั้งสามตัวแปรส่งผลต่อคุณภาพน้ำที่จะเป็นตัวชี้วัดที่บ่งชี้ถึงกิจกรรมของมนุษย์และการส่งผลกระทบต่อแหล่งน้ำ โดยนำ 3 พารามิเตอร์ดังกล่าวมาสร้างชั้นข้อมูลคุณภาพน้ำโดยการประมาณค่า (Interpolation) เริ่มจากนำข้อมูลมาสร้างพิกัดแผนที่จากค่า X,Y จากเครื่อง GPS เพื่อใช้เป็นจุดอ้างอิงในการสำรวจ

2.4 การปรับข้อมูลตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำ (Standard criteria of water quality)

การกำหนดเกณฑ์ของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2537 ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ออกเป็น 5 ประเภท โดยมีตัวชี้วัดทั้งทางกายภาพและทางเคมีหลายประการ แต่เนื่องจากเกณฑ์มาตรฐานที่มีอยู่ บางครั้งจะครอบคลุมระดับต่างๆ มากกว่า 1 ประเภท จึงปรับตามคู่มือการตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อมอย่างง่าย [6] ที่มีการแบ่งช่วงและมีการให้ค่าคะแนนเพื่อเป็นตัวชี้วัดในระดับต่างๆ และความสอดคล้องกับการสำรวจ จึงปรับตัวชี้วัดไว้ 3 ตัวแปร (พารามิเตอร์) คือ BOD, $\text{NO}_3\text{-N}$ และ TP โดยเทียบเคียงให้มีค่า 5 ช่วงชั้นตามประเภทของแหล่งน้ำ

2.5 การให้คะแนน (Score) ตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ จากดัชนีคุณภาพน้ำ (Water quality index)

ก่อนการให้คะแนนแต่ละตัวแปร (BOD, $\text{NO}_3\text{-N}$ และ TP) จะทำการสร้างดัชนีคุณภาพน้ำ ที่ปรับมาจากเกณฑ์ของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2537 ในการกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นเทียบเคียงค่าของเกณฑ์ทั้งหมด 5 ระดับ ได้แก่ ดีมาก ดี พอใช้ เลือ่มโทรม และเลือ่มโทรมมาก และทำการปรับให้อยู่ในรูปแบบตัวเลขจำนวนเต็มในพิสัยที่สามารถเปรียบเทียบกันได้ ตามหลักการจำแนกคุณภาพน้ำที่สร้างโดย ดัชนีของ Horton ที่เป็นที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลาย [7] โดยกำหนดค่าตัวเลขเป็นช่วงคะแนน 5 ระดับตามเกณฑ์ [6] แล้วทำการประมาณค่าโดยวิธีถ่วงน้ำหนักตามระยะทาง (Interpolation Distance Weight: IDW) ระหว่างจุดซึ่งวิธีนี้เป็นที่ยอมรับเนื่องจากให้ความสำคัญกับระยะห่างที่มากขึ้นจะมีอิทธิพลน้อยลงหรือยิ่งไกลยิ่งมีความสำคัญน้อยลง

2.6 การนำค่าคะแนนที่ได้มาคูณกับค่าถ่วงน้ำหนัก (Weighting) ตามระดับที่กำหนด (Rating)

การกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักอ้างอิงเทคนิคจากงานวิจัยของ [7] ที่ใช้ผู้เชี่ยวชาญด้านคุณภาพน้ำ 142 คน กำหนดค่าน้ำหนักทั้ง 3 ตัวแปร พร้อมกับการให้ระดับ (Rating) ความสำคัญของตัวแปร (ตามตารางที่ 3) โดยใช้สมการการคำนวณหาดังนี้

$$w'_{i} = \frac{r_{\text{Lowest}}}{r_i}$$

$$w_i = \frac{w'_{i}}{\sum_{i=1}^3 w'_{i}}$$

r_{Lowest}	ค่าต่ำสุดของลำดับของ BOD, $\text{NO}_3\text{-N}$ และ TP ของแต่ละตัวแปร
r_i	ค่าของลำดับ
w'_{i}	ค่าของน้ำหนักชั่วคราว (เทียบจากค่า r_i ตัวน้อยเท่ากับ 1.00)
w_i	ค่าที่ได้จากการทำให้ปรับน้ำหนักให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน (Normalized)

นำค่า X (ตารางที่ 3) ไปแทนค่าในสมการของแต่ละตัวแปรในแต่ละช่วงของข้อมูลที่ตกอยู่ จะได้ค่า Y (คะแนน) นำมาคูณกับค่าถ่วงน้ำหนักตามที่กำหนดไว้ แล้วทำการรวมค่าคะแนน (ผลรวมของค่าคะแนนคูณกับค่าถ่วงน้ำหนักของทั้งสามตัวแปร)

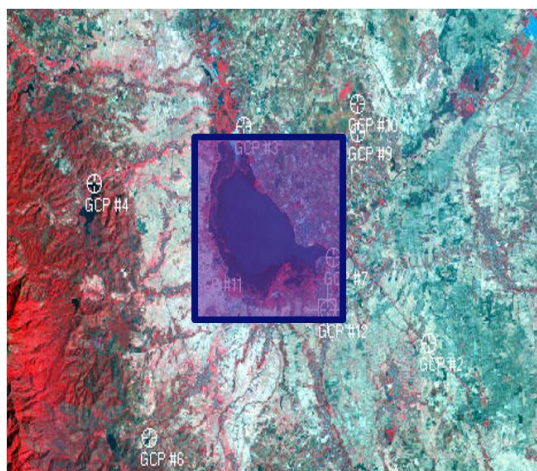
2.7 การสร้างแผนที่คุณภาพน้ำ (Water quality mapping) โดยกำหนดระดับมาตรฐานคุณภาพน้ำจากการแบ่งช่วงค่าคะแนนรวม

ภายหลังผลรวมของคะแนนจากการคูณค่าถ่วงน้ำหนักแล้ว ทำการจำแนกระดับข้อมูลออกเป็น 5 ระดับตามเกณฑ์ดัชนีคุณภาพน้ำ กำหนดสีของแต่ละช่วงชั้นให้มีความแตกต่าง เพื่อสะดวกในการตรวจสอบเชิงเปรียบเทียบ ดำเนินงานแก้ไข ปรับปรุงวางแผนทาง ทำแผนในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำได้ถูกต้อง และสร้างความเข้าใจในเรื่องคุณภาพน้ำต่อบุคคลทั่วไปโดยการสื่อสารด้วยแผนที่

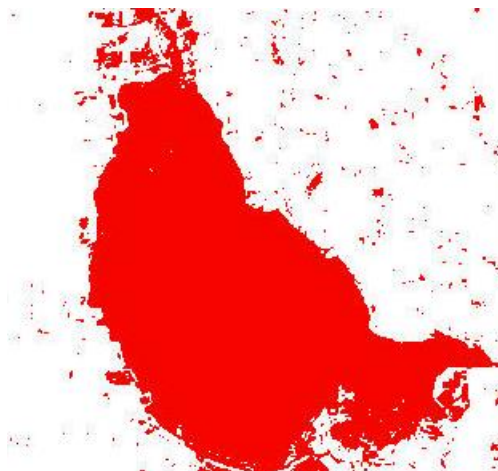
3. ผลการศึกษา

จากขั้นตอนที่กล่าวมาข้างต้น ขั้นตอนแรก คือ การปรับแก้ความถูกต้องเชิงเรขาคณิต โดยใช้ภาพข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1: 50,000 ชุด L7018 (World Geodetic System 1984) เป็นแผนที่อ้างอิง ถ่ายโอนพิกัดสู่ภาพถ่ายเทียม โดยกำหนดจุดควบคุมภาคพื้น (Ground control points: GCPs) และให้มีกระจายของจุดควบคุมภาคพื้นทั่วทั้งภาพ รวม 11 จุด (รูปที่ 2) ผลการตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root mean square error: RMSE) และมีความคลาดเคลื่อน 28.77 เมตร (RMSE ไม่เกิน 1 จุดภาพ)

ขั้นตอนที่สอง การจำแนกภาพถ่ายเทียมเพื่อสกัดเอาเฉพาะส่วนที่เป็นแหล่งน้ำ นำภาพข้อมูลดาวเทียม LANDSAT ระบบ TM จากขั้นตอนแรก มาตัดให้เหลือขนาดภาพครอบคลุมพื้นที่กว๊านพะเยาและพื้นที่โดยรอบเล็กน้อย (รูปที่ 2) แล้วทำการแปลตีความด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์แบบวิธีไม่กำกับดูแล ได้ผลดังรูปที่ 3 และทำการกรองพื้นที่ขนาดเล็ก ๆ เช่น บ่อน้ำในไร่นา อ่างเก็บน้ำ ห้วย หนอง คลอง บึง ต่างๆ ออกด้วยวิธีการ Query พื้นที่ที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ตารางกิโลเมตร ท้ายที่สุดจะเหลือเฉพาะกว๊านพะเยา ซึ่งเป็นแหล่งน้ำขนาดใหญ่ที่สุดของพื้นที่ในภาพข้อมูลดาวเทียมเพื่อเตรียมใช้ในขั้นตอนต่อไป



รูปที่ 2 ภาพข้อมูลดาวเทียมก่อนการตัดพื้นที่บริเวณกว๊านพะเยา



รูปที่ 3 ภาพข้อมูลดาวเทียม ภายหลังการแปลด้วยวิธีแบบไม่กำกับดูแล (สีแดง คือแหล่งน้ำ)

ตารางที่ 1 จุดสำรวจคุณภาพน้ำบางประการ (หน่วย: มิลลิกรัมต่อลิตร mg/l)

Station	Site	X	Y	DATE	BOD	NO ₃ -N	TP
KP01	สะพานหน้าสถานีประมงน้ำจืด	596494	2118457	23/3/2547	2.7	0.01	0.2
KP05	หน้าอนุสาวรีย์พ่อขุนงำเมือง	594413	2119464	23/3/2547	3.2	0.01	1.4
KP06	หน้าการประปา	593781	2119977	24/3/2547	3.5	0.14	0.2
KP07	ปากแม่น้ำอิงบริเวณสะพานขุนเดช	591602	2123120	23/3/2547	1.4	0.03	0.2
KP09	กลางกว๊านพะเยา	591916	2119393	23/3/2547	2.7	0.02	0.2
KP10	ปากคลองแม่ใส	592626	2117263	23/3/2547	1.7	0.02	0.3

ที่มา: สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 2 จังหวัดลำปาง (เฉพาะจุดในบริเวณกว๊านพะเยา)

ขั้นตอนที่สาม พิจารณาข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2538 – 2552 (สืบค้นจากระบบออนไลน์ที่เปิดให้บริการข้อมูล และข้อมูลการสำรวจที่เป็นค่าตัวเลข พบเฉพาะในช่วงปี 2538-2552 จึงเลือกใช้ข้อมูลในช่วงเวลาดังกล่าว) เนื่องจากในปัจจุบันผลจากการสำรวจคุณภาพน้ำเชิงตัวเลขจะถูกทอนให้เหลือในเกณฑ์เชิงบรรยาย เช่น ดี พอใช้ และเสื่อมโทรม ในข้อมูลที่เข้าถึงได้ในระบบออนไลน์ จึงพิจารณาคัดเลือกข้อมูลการสำรวจในวันที่ 23 มีนาคม พ.ศ. 2547 มาใช้ เนื่องจากอยู่ในช่วงฤดูแล้ง ที่มีน้ำน้อยและกว้านมักพบปัญหาในด้านคุณภาพน้ำในช่วงดังกล่าว (ในช่วงฤดูฝนและฤดูหนาว มักไม่มีปัญหาคุณภาพน้ำ เนื่องจากมีปริมาณน้ำมากและมีการไหลถ่ายเทของน้ำตลอดเวลา ทำให้เกิดปัญหาเชิงคุณภาพน้อยในช่วงดังกล่าว) โดยนำพารามิเตอร์ 3 ตัวได้แก่ 1) ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (Biological Oxygen Demand: BOD) 2) ไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate nitrogen: $\text{NO}_3\text{-N}$) และ 3) ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total phosphate: TP) ในแต่ละจุดสำรวจ รวมมีทั้งหมด 6 จุดในพื้นที่กวนพะเยา (ตารางที่ 1) มาทำการสร้างเป็นจุดพิกัดเชิงตำแหน่ง

ขั้นตอนที่สี่ ปรับข้อมูลตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำ จากตารางที่ 1 จะพบว่าค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 ประการ มีช่วงค่าที่แตกต่างกัน ทำให้ต้องมีการปรับค่าให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม (Commensuration) และสอดคล้องกับเกณฑ์ของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2537 ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ออกเป็น 5 ระดับ ดังนั้นจึงปรับค่าข้างต้นในตารางที่ 1 ออกเป็น 5 ช่วง (ตารางที่ 2) คือ 1 หมายถึง ดีมาก (ระดับคะแนน 91-100) 2 หมายถึง ดี (ระดับคะแนน 71-80) 3 หมายถึง พอใช้ (ระดับคะแนน 61-70) 4 หมายถึง เสื่อมโทรม (ระดับคะแนน 31-60) และ 5 หมายถึง เสื่อมโทรมมาก (ระดับคะแนน 0-30)

ขั้นตอนที่ห้า การให้ค่าคะแนนพารามิเตอร์ จากการปรับค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 ประการให้มีค่าอยู่ในช่วง 5 ระดับแล้วตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำ จะพบว่าในแต่ละพารามิเตอร์ยังมีค่าช่วงคะแนน (Range = X) ที่แตกต่างกัน จึงทำการปรับให้มีค่ามาตรฐานอยู่ในช่วงเดียวกัน (Standardization) กำหนดค่าระหว่าง 0-100 คะแนน กำหนดให้เป็นตัวแปรดัชนีย่อย (Sub index function = Y) สร้างจากสมการเชิงเส้นตรง (Linear sum aggregation function) (ตารางที่ 3) และทำการประมาณค่าจากจุดสำรวจจุดพื้นที่น้ำในกว้านด้วยวิธี IDW ได้แผนที่คุณภาพน้ำบางประการของทั้ง 3 พารามิเตอร์ที่ปรับค่าคะแนนแล้ว (รูปที่ 4-6) โดยค่าแต่ละสี หมายถึงระดับคุณภาพน้ำที่แตกต่างกันออกไป ได้แก่ สีน้ำเงิน (คุณภาพน้ำดีมาก) สีฟ้า (คุณภาพน้ำดี) สีเหลือง (คุณภาพน้ำพอใช้) สีชมพู (คุณภาพน้ำเสื่อมโทรม) และ สีแดง (คุณภาพน้ำเสื่อมโทรมมาก)

ขั้นตอนที่หก การหาค่าถ่วงน้ำหนักพารามิเตอร์ จากข้อมูลที่รวบรวมทั้ง 3 พารามิเตอร์จะนำมาให้ค่าน้ำหนักด้วยวิธีการประมาณสัดส่วน (Ratio Estimation Procedure) โดยให้ค่าน้ำหนักสัดส่วนใกล้เคียงกัน เนื่องจากทั้ง 3 พารามิเตอร์มีความสำคัญต่อคุณภาพน้ำใกล้เคียงกันเพื่อให้ได้ค่าน้ำหนักชั่วคราว (Temporary Weight) ก่อนนำมาปรับให้อยู่ในช่วงรวมกันของค่าน้ำหนักผลรวมเท่ากับ 1 (Normalized) โดยมีค่าดังนี้ BOD มีค่า 0.34, $\text{NO}_3\text{-N}$ มีค่า 0.33 และ TP มีค่า 0.33 (ตารางที่ 3)

ขั้นตอนที่เจ็ด แผนที่คุณภาพน้ำโดยรวม (รูปที่ 7) แผนที่ได้อาจจากการนำค่าคะแนนและค่าน้ำหนักมาคูณกัน โดยค่าคะแนนที่ได้จากข้อมูลการสำรวจคุณภาพน้ำบางประการที่ปรับการให้ค่าคะแนนแล้วนำมาสร้างชั้นข้อมูลแผนที่คุณภาพน้ำทั้ง 3 พารามิเตอร์ ตามรูปที่ 4-6 ในขั้นตอนที่ห้า และค่าน้ำหนักได้จากขั้นตอนที่หก นำทั้งสองค่ามาคูณกันและนำมาจัดกลุ่มใหม่ (Reclassification) โดยค่าระดับคุณภาพน้ำแสดงด้วยสีเช่นเดียวกับในขั้นตอนที่ 5 สีแดง (คุณภาพน้ำเสื่อมโทรมมาก) สีชมพู (คุณภาพน้ำเสื่อมโทรม) สีเหลือง (คุณภาพน้ำพอใช้) สีฟ้า (คุณภาพน้ำดี) และ สีน้ำเงิน (คุณภาพน้ำดีมาก)

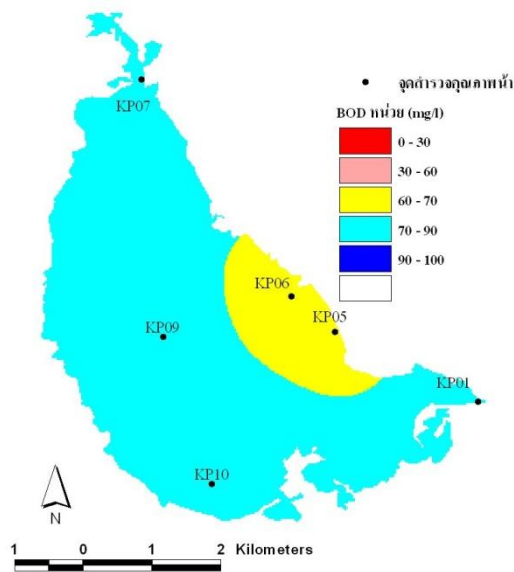
ตารางที่ 2 ระดับมาตรฐานคุณภาพน้ำ

ประเภทแหล่งน้ำ	1	2	3	4	5
ระดับ	ดีมาก	ดี	พอใช้	เสื่อมโทรม	เสื่อมโทรมมาก
ตัวแปร \ คะแนน	91-100	71-90	61-70	31-60	0-30
BOD	$0.1 < x < 1$	$1 \leq x < 3$	$3 \leq x < 4.1$	$4.1 \leq x < 10.1$	$10.1 \leq x < 32$
NO ₃ -N	$0.1 < x < 0.8$	$0.8 \leq x < 2.25$	$2.25 \leq x < 3.1$	$3.1 \leq x < 5.7$	$5.7 \leq x < 25$
TP	$0.1 < x < 75$	$75 \leq x < 230$	$230 \leq x < 280$	$280 \leq x < 500$	$500 \leq x < 3200$

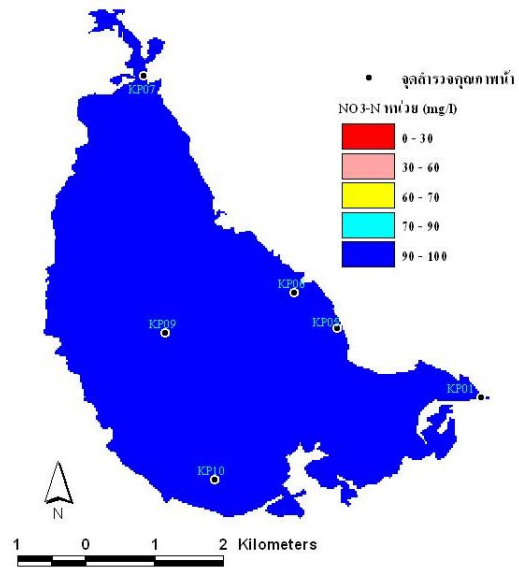
หมายเหตุ: ปรับมาจากเกณฑ์คู่มือการตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อมอย่างง่าย [6]

ตารางที่ 3 ดัชนีคุณภาพน้ำและการให้น้ำหนักตัวแปรคุณภาพน้ำ

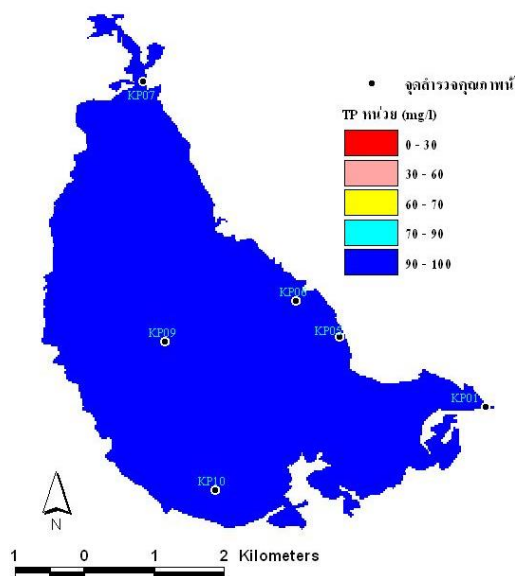
ตัวแปร	ช่วงคะแนน	ตัวแปรดัชนีย่อย	การประเมิน	ค่าน้ำหนัก	ค่าน้ำหนัก
(Variable)	(Range)	(Sub-index Variable)	ค่าระดับ	ชั่วคราว	ค่าน้ำหนัก
			(Rating)	(Weight)	(Normalized)
BOD	X=0	Y=100	2.3	1.00	0.34
	$0 < x < 1$	$y = -10x + 101$			
	$1 \leq x < 3$	$y = -9.5x + 99.5$			
	$3 \leq x < 4.1$	$y = -8.18x + 94.55$			
	$4.1 \leq x < 10.1$	$y = -4.83x + 79.82$			
	$10.1 \leq x < 32$	$y = -1.37x + 43.84$			
	$x \leq 32$	Y=0			
NO ₃ -N	X=0	Y=100	2.4	0.96	0.33
	$0 < x < 1$	$y = -12.86x + 101.29$			
	$0.8 \leq x < 2.25$	$y = -13.1x + 100.48$			
	$2.25 \leq x < 3.1$	$y = -10.59x + 93.82$			
	$3.1 \leq x < 5.7$	$y = -11.15x + 94.58$			
	$5.7 \leq x < 25$	$y = -1.55x + 38.86$			
	$x \leq 25$	Y=0			
TP	X=0	Y=100	2.4	0.96	0.33
	$0 < x < 75$	$y = -0.12x + 100.01$			
	$75 \leq x < 230$	$y = -0.12x + 99.19$			
	$230 \leq x < 280$	$y = -0.18x + 111.4$			
	$280 \leq x < 500$	$y = -0.13x + 96.91$			
	$500 \leq x < 3200$	$y = -0.01x + 35.56$			
	$x \leq 3200$	Y=0			



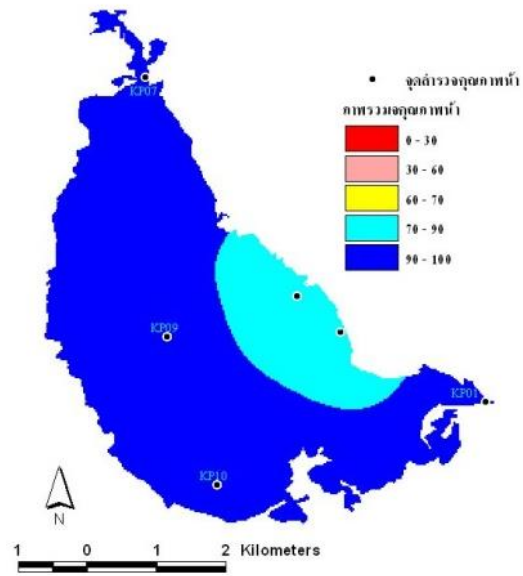
รูปที่ 4 แผนที่คุณภาพน้ำพารามิเตอร์ BOD



รูปที่ 5 แผนที่คุณภาพน้ำพารามิเตอร์ NO₃-N



รูปที่ 6 แผนที่คุณภาพน้ำพารามิเตอร์ TP



รูปที่ 7 แผนที่คุณภาพน้ำรวม 3 พารามิเตอร์

4. อภิปรายผลการศึกษา

ผลจากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำจากการสำรวจ นำมาต่อยอดในการใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศมาช่วยในการประมาณค่าเชิงพื้นที่จากจุดสำรวจช่วยให้พิจารณาภาพรวมของกัวนพะเยาในเชิงพื้นที่ได้ในลักษณะที่กว้างตามขนาดของพื้นที่กัวน (Area) มากกว่าการสำรวจที่ได้ค่าเพียงตำแหน่งจุด (Point) ที่สำรวจ (ตัวแทน) และ การใช้เทคนิคการให้สีในแต่ละระดับค่า (ดัชนีคุณภาพน้ำ) ในแต่ละช่วง ทำให้เห็นภาพความแตกต่างของบริเวณต่างๆ ที่มีคุณภาพ

น้ำแตกต่างกันในมิติทางพื้นที่ ช่วยสนับสนุนการตัดสินใจในการวางแผนบริหารจัดการได้ดียิ่งขึ้น ตัวแปร (พารามิเตอร์) ที่เกี่ยวข้องและกำหนดระดับของความสำคัญโดยการให้ค่าคะแนนแบบถ่วงน้ำหนักเพื่อตรวจสอบคุณภาพน้ำสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้เป็นอย่างดี ทั้งในแต่ละพารามิเตอร์หรือในภาพรวมของทั้งสามพารามิเตอร์ แต่เนื่องจากข้อมูล que ทำการสำรวจในกว๊านพะเยามีจำนวนจุดน้อย (6 จุด) อาจทำให้การประมาณค่ามีความแม่นยำไม่มากนัก และด้วยความที่ข้อมูลที่มีค่อนข้างน้อยยังไม่มีความทันสมัย อาจทำให้ไม่สอดคล้องกับสภาพการณ์ในปัจจุบัน แต่การกำหนดจุดก็สามารถเป็นตัวแทนของกลุ่มกิจกรรมต่างๆ ของพื้นที่โดยรอบกว๊านพะเยาที่มีลักษณะที่แตกต่างกันไป ทั้งเมือง ชุมชน (ทิศตะวันออกของกว๊านพะเยา) และภาคเกษตรกรรม (ทิศตะวันตกของกว๊านพะเยา) ได้เป็นอย่างดี และตัวแปรที่นำมาวิเคราะห์อาจจะไม่ครอบคลุมเกณฑ์ทั้งหมดที่ใช้วัดคุณภาพน้ำทั้งหมด แต่ก็ช่วยให้ทราบแนวโน้มของคุณภาพน้ำในเชิงพื้นที่ที่สามารถระบุตำแหน่งที่ถูกต้อง รวดเร็วในการบริหารจัดการพื้นที่ได้อย่างเป็นระบบและมีความต่อเนื่อง

ในส่วนของคุณภาพน้ำจากการสำรวจในแต่ละพารามิเตอร์เมื่อทำออกมาในรูปแบบของแผนที่คุณภาพน้ำพบว่าแผนที่ฟอสเฟต (TP) ค่าที่ได้ส่วนมากมีค่าน้อยมากในระดับต่ำกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีเพียงจุดเดียวที่มีค่ามากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร คือบริเวณหน้าอนุสาวรีย์พ่อขุนงำเมือง (KP05) คือ 1.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ในภาพรวมยังมีปริมาณเจือปนในน้ำต่ำมาก จัดอยู่ในแหล่งน้ำคุณภาพดีมาก ในขณะที่ ค่า BOD พบว่าอยู่ในช่วงดีเป็นส่วนใหญ่ มีค่าพอใช้

ในบริเวณที่ใกล้เมือง (ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของกว๊าน) ซึ่งอาจจะเป็ผลมาจากกิจกรรมของความเป็นเมือง บริเวณหน้าอนุสาวรีย์พ่อขุนงำเมือง (KP05) เมื่อพิจารณาไปในรายละเอียดจะพบว่าต้นน้ำ (ทางน้ำเข้ากว๊าน) ทางตอนบนของกว๊าน (ทิศเหนือ ปากแม่น้ำอิงบริเวณสะพานขุนเดช จุด KP07) มีค่า BOD ต่ำคล้ายกับบริเวณปากคลองแม่ใส (KP10) ส่วนกลางน้ำมีค่า BOD ระดับกลาง ๆ ระหว่างตัวเมืองกับต้นน้ำ แต่ในภาพรวมมีความต่างกันไม่มากนักในแต่ละจุด ส่วนของ $\text{NO}_3\text{-N}$ แต่ละจุดสำรวจมีค่าไม่แตกต่างกันมาก มีบริเวณหน้าการประปา (KP06) ที่มีค่าสูงกว่าตำแหน่งอื่น แต่มีความแตกต่างกันเพียง 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์ดีมาก เมื่อนำพารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่ามาแปลงให้มีค่าคะแนนและให้ค่าน้ำหนักผลในภาพรวม ภาพรวมกว๊านพะเยาในช่วงที่ทำการสำรวจ (มีนาคม 2547) พบว่าสภาพแหล่งน้ำอยู่ในระดับดีมาก (ระดับที่ 5) มีบริเวณระดับดี (ระดับที่ 4) อยู่ในช่วงจุดสำรวจใกล้บริเวณหน้าอนุสาวรีย์พ่อขุนงำเมือง (KP05) และหน้าการประปา (KP06) เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัย [8] ศึกษาคุณภาพน้ำในกว๊านพะเยาตั้งแต่เดือนพฤษภาคม-สิงหาคม ปี พ.ศ.2546 พบว่ามีความสอดคล้องกัน กล่าวคือ กว๊านพะเยาบริเวณใกล้เมือง (ทิศตะวันออกของกว๊าน) มีค่า BOD สูงในบริเวณชุมชนมีการถ่ายเทน้ำน้อยมีการปนเปื้อนสารอินทรีย์ที่มีมากในน้ำ ขณะที่ค่าไนเตรท-ไนโตรเจน และฟอสเฟตส่วนใหญ่มีค่าต่ำเนื่องมีการใช้ธาตุอาหารต่างๆ จากมีแพลงก์ตอนพืชและพันธุ์ไม้น้ำมีอยู่ปริมาณมากในกว๊านพะเยา

5. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

ข้อมูลจากการสำรวจคุณภาพน้ำและการนำเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศมาประยุกต์ใช้งานร่วมกันทำให้สามารถทราบความเคลื่อนไหวและตำแหน่งในการตรวจสอบคุณภาพน้ำจากจุดต่างๆ และนำไปสร้างแผนที่ดัชนีคุณภาพน้ำของกว๊านพะเยาในกำหนดเขตคุณภาพน้ำ (สีต่างๆ ในแผนที่รูปที่ 4-7) กว๊านพะเยาในช่วงเดือนมีนาคม ปี พ.ศ. 2547 ทั้ง 3 พารามิเตอร์ ได้แก่ ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (Biological Oxygen Demand: BOD) ไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate nitrogen: $\text{NO}_3\text{-N}$) และ ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total phosphate: TP) มีคุณภาพน้ำโดยรวมระดับที่ดีมาก มีเพียงบริเวณใกล้ตัวเมืองที่มีระดับดีในส่วนของคุณภาพ BOD เท่านั้น โดยภาพรวมทั้งกว๊านพะเยามีคุณภาพระดับดีมาก ดังนั้นจะเห็นได้ว่าจากขั้นตอนต่างๆ ในการสร้างแผนที่ดัชนีคุณภาพน้ำ สามารถทำได้ง่ายในเชิงภูมิสารสนเทศและช่วยในการอธิบายและสื่อความหมายในเชิงแผนที่ได้เป็นอย่างดีแก่บุคคลทั่วไป และสามารถปรับค่าการให้น้ำหนักพารามิเตอร์

ต่างๆ ตามลักษณะพื้นที่ของกว๊านพะเยาโดยเฉพาะจากผู้เชี่ยวชาญ และหาหลักเกณฑ์ต่างๆ มาประกอบการพิจารณาคุณภาพน้ำเพิ่มเติมเพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพน้ำของกว๊านโดยตรง ในแต่ละช่วงฤดูกาลเพื่อใช้ในการกำหนดแผนยุทธศาสตร์การจัดการพื้นที่ชุ่มน้ำต่อไป

สำหรับข้อจำกัดในการวิเคราะห์ผล เนื่องจากการสำรวจเป็นข้อมูลทุติยภูมิทำให้ได้ชุดข้อมูลที่ไม่ทันสมัย ประกอบกับในปัจจุบันหน่วยงานที่รับผิดชอบข้อมูลการสำรวจคุณภาพน้ำได้ปรับเปลี่ยนวิธีการสื่อสารโดยการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบออนไลน์แต่ได้ปรับลดรายละเอียดข้อมูล เช่น ไม่แสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เป็นตัวเลข (ค่าจริงจากการสำรวจแบบ Ratio scale) ปรับการแสดงผลเป็นคำอธิบายระดับได้แก่ ดี พอใช้ เลือ่มโทรม และ เลือ่มโทรมมาก เป็นต้น ซึ่งสะดวกต่อผู้รับสารไม่ต้องแปลงตีความตัวเลข แต่ไม่สามารถนำมาใช้งานในลักษณะต่อยอดได้ในเชิงปริมาณวิเคราะห์ เพราะข้อมูลเป็นข้อมูลระดับอันดับ (Ordinal scale) ไปแล้ว

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป สามารถนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมมาประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำร่วมกับการสำรวจภาคสนามได้โดยตรง โดยการหาความสัมพันธ์หรือการใช้สมการเชิงเส้นแบบถดถอย (Linear regression) และตรวจสอบประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในบริเวณใกล้เคียงแหล่งน้ำว่ามีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องอย่างไร เพื่อหาความสอดคล้องของสารเคมีในแหล่งน้ำกับภาพที่สะท้อนสิ่งต่างๆ มาสู่ดาวเทียม ที่สามารถสร้างดัชนีในการประเมินผลกระทบทางน้ำในอนาคตที่สามารถนำไปสู่การพัฒนาแบบจำลองเฉพาะพื้นที่ นอกจากนี้ควรทำการเก็บข้อมูลภาคสนามมากยิ่งขึ้นทั้งจำนวนจุดสำรวจ และตำแหน่งอ้างอิงที่จุดเดิม (ทำซ้ำ) หรือเพิ่มตำแหน่งจุดสำรวจที่ครอบคลุมพื้นที่ให้มากยิ่งขึ้น จะทำให้ข้อมูลมีความแม่นยำสูง ความถี่ในการเก็บข้อมูล และความสอดคล้องกับการโคจรของดาวเทียมซึ่งในปัจจุบันนอกจากภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT ที่ให้บริการแบบไม่คิดค่าใช้จ่าย ยังมีดาวเทียม SENTINEL ที่มีความถี่ในการโคจรมายังตำแหน่งเดิมที่เร็วขึ้นที่สามารถนำมาใช้ร่วมกัน เพื่อใช้ในการบันทึกภาพเพื่อตรวจสอบคุณภาพน้ำอย่างต่อเนื่อง (Multitemporal) พัฒนาแบบจำลองเพื่อทำนายเหตุการณ์และสร้างดัชนีเฉพาะ (Local index) ขึ้นมาในแหล่งน้ำแต่ละพื้นที่เพื่อความสะดวกในการใช้งานและประหยัดค่าใช้จ่ายในการสำรวจ และวางแผนในการบริหารจัดการพื้นที่ในอนาคตต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยพะเยา เลขที่สัญญา FF65-RIM019 จากกองทุนส่งเสริม ววน. (วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม) และสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 2 (ลำปาง) ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลที่ใช้ประกอบการศึกษาครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Ritchie, J., C., Cooper, C., M., and Schiebe, F., R., (1990). The Relationship of MSS and TM Digital Data with Suspended Sediments, Chlorophyll, and Temperature in Moon Lake, Mississippi. Remote Sensing Environment 33:137-148.
- [2] Pattiaratchi, C., B., Lavery P., Wyllie, A., and Hick, P., (1994). Estimates of water-quality in coastal waters using multi-date Landsat Thematic Mapper data. International Journal of Remote Sensing 15(8):1571-84.
- [3] Ekerin, S., (2007). Water Quality Retrievals from High Resolution Ikonos Multispectral Imagery: A Case Study in Istanbul, Turkey. Water Air & Soil Pollution 183 (1-4): 239-251.

- [4] Wang and DeLiberty. (2005). Landsat Atmospheric Correction: The Good, the Bad, and the Ugly. ESRI User Conference Proceedings 2005 (International User Conference 25th). July 25–29, 2005. San Diego, California USA.
- [5] สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 2 ลำปาง. (2553). ข้อมูลคุณภาพน้ำประจำปี 2538–2552 [แฟ้มข้อมูล]. ลำปาง: สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 2 ลำปาง.
- [6] กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. (2537) คู่มือตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อม.[ออนไลน์] ได้จาก http://infofile.pcd.go.th/water/inspect_water.pdf?CFID=4038890&CFTOKEN=89571395
- [7] Song, T., and Kim, K., (2009). Development of a water quality loading index based on water quality modeling. Journal of Environmental Management. 90 (3): 1534–1543.
- [8] พงศ์เชษฐ พิษิตกุล. (2548). คุณภาพน้ำในกว๊านพะเยา. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43: สาขาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์