การประเมินค่าคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงโดยใช้การวิเคราะห์หลายตัวแปร

Assessment of Water Quality of Bang Pakong River Using Multivariate Analysis

ภัฐชญา สิทธิสร*

Pudchaya Sittisorn*

ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

Department of Mathematics, Faculty of Science, Burapha University

Received : 5 April 2017

Accepted : 31 May 2017

Published online : 21 June 2017

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินค่าคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง โดยพิจารณาจากปริมาณความเข้มข้นของพารามิเตอร์ที่เป็นตัวบ่งบอกคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540 ถึงปี พ.ศ. 2558 ด้วยการวิเคราะห์หลายตัวแปร ผลการวิจัยเมื่อใช้การวิเคราะห์ปัจจัยพบว่าสามารถรวมกลุ่มพารามิเตอร์ที่เป็นตัวบ่งบอกคุณภาพน้ำซึ่งมีความสัมพันธ์กันได้เป็น 8 ปัจจัย ได้แก่ คุณลักษณะทางธรณีวิทยาทั่วไปของแหล่งน้ำ การปล่อยของเสียจากชุมชนและอุตสาหกรรมลง แหล่งน้ำ แบคทีเรียในน้ำ สารประกอบของไนโตรเจนในน้ำ ความเป็นกรดและด่างและออกซิเจนละลายน้ำ อุณหภูมิและของแข็งแขวนลอย ไนไตรท์ และความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ แล้วสร้างสมการในการทำนายกลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงด้วยการวิเคราะห์จำแนกกลุ่ม โดยใช้ค่าดัชนีคุณภาพน้ำเป็นเกณฑ์ในการแบ่งกลุ่มคุณภาพของน้ำออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มน้ำที่มีคุณภาพไม่ได้ตามมาตรฐานและกลุ่มน้ำที่มีคุณภาพตามมาตรฐาน สำหรับการประเมินค่าสมการที่ใช้ในการทำนายกลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง พบว่าสัดส่วนความถูกต้องในการจำแนกกลุ่ม สำหรับชุดข้อมูลที่ใช้ในการสร้างตัวแบบเท่ากับร้อยละ 85.76 และสำหรับชุดข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบเท่ากับร้อยละ 68.75

คำสำคัญ : คุณภาพน้ำ ดัชนีคุณภาพน้ำ แม่น้ำบางปะกง การวิเคราะห์ปัจจัย การวิเคราะห์จำแนกกลุ่ม

*Corresponding author. E-mail : Pudchaya.s@hotmail.com

Abstract

The purpose of this research is to assess water quality of Bang Pakong River by considering the concentrations of water quality parameters of Bang Pakong River since 1997 to 2015 with multivariate analysis. The results of research indicated that factor analysis was able to combine the correlated water quality parameters into 8 factors; general geology of water, community and industrial waste, bacteria, nitrogen compounds, pH and dissolved oxygen, temperature and suspended solids, NO_2 – N and biochemical oxygen demand. Then, the predicted equation was built with discriminant analysis considering from the water quality index (WQI) for predicting the water quality groups of Bang Pakong river into 2 groups; nonstandard and standard groups. For assessment of this predicted equation the correction percentage in classification were 85.76 and 68.75 for training and validation data set, respectively.

Keywords : water quality, water quality index, Bang Pakong River, factor analysis, discriminant analysis

บทนำ

โลกของเราประกอบด้วยส่วนที่เป็นทั้งพื้นดินและผืนน้ำ โดยมีส่วนที่เป็นผืนน้ำอยู่ 3 ใน 4 ส่วนของโลก น้ำที่มีอยู่นี้ส่วนใหญ่เป็นน้ำเค็มที่อยู่ในมหาสมุทร ซึ่งมีข้อจำกัดในการนำน้ำมาใช้ประโยชน์ เนื่องจากเป็นน้ำที่มีความเค็มและมีแร่ธาตุชนิดต่าง ๆ แขวนลอยปะปนอยู่ สำหรับน้ำที่พบอีกส่วนหนึ่งนั้นเป็นน้ำจืดที่อยู่ตามแหล่งน้ำธรรมชาติซึ่งมีอยู่ในปริมาณเพียงเล็กน้อย ดังนั้นจึงเห็นได้ว่าน้ำที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้มีอยู่แค่เพียงบางส่วนเท่านั้น ในอดีตผู้คนจำนวนมากเชื่อกันว่าน้ำเป็นทรัพยากรที่ไม่มีวันหมดไปจากโลก เพราะมีวัฏจักรการหมุนเวียนของการเกิดอย่างต่อเนื่องและไม่เกิดการเน่าเสียหรือมีมลพิษของน้ำเกิดขึ้นเพราะน้ำจะมีการปรับสภาพให้สมดุลและมีการฟื้นฟูตามธรรมชาติได้เอง ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงสามารถนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก แต่ในความเป็นจริงแล้วปัจจุบันเกิดปัญหาขึ้นหลายอย่างที่ส่งผลกระทบต่อทรัพยากรน้ำอีกทั้งยังพบว่าความต้องการในการใช้น้ำมีมากกว่าปริมาณของน้ำที่มีอยู่ทำให้น้ำกลายเป็นทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด ดังนั้นจึงเห็นได้ว่าโลกของเราไม่ได้มีน้ำไว้ใช้ในการดำเนินชีวิตได้อย่างเพียงพออีกต่อไป โดยพบว่าในปัจจุบันมีการเพิ่มขึ้นของประชากรโลกเป็นจำนวนมาก ทำให้เกิดการขยายตัวทางเศรษฐกิจ เกษตรกรรม และอุตสาหกรรม ซึ่งส่งผลให้มีการใช้น้ำในปริมาณที่มากขึ้น จึงทำให้เกิดการขาดแคลนน้ำและอาจเกิดปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพน้ำหรือมลพิษในแหล่งน้ำได้ เช่น เกิดน้ำเสียจากชุมชนหมู่บ้าน จากการเกษตรกรรม และจากอุตสาหกรรม เป็นต้น ซึ่งส่งผลกระทบต่อการอุปโภคและบริโภคของประชากร อีกทั้งยังทำให้เกิดความเสียหายและสูญเสียผลประโยชน์ในด้านเศรษฐกิจ เกษตรกรรมและอุตสาหกรรม ดังนั้นจึงควรมีมาตรการในการตรวจสอบคุณภาพน้ำเพื่อป้องกัน ควบคุม และแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นไม่ให้ทวีความรุนแรงมากจนทำให้มนุษย์ สัตว์ และพืชได้รับผลกระทบที่ทำให้เกิดอันตรายทั้งทางตรงและทางอ้อม

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีความอุดมสมบูรณ์ เนื่องจากมีแม่น้ำและลำคลองกระจายอยู่ทั่วทั้งประเทศ จึงทำให้มีน้ำมาใช้ประโยชน์ในการอุปโภค บริโภค การคมนาคม การเกษตรกรรม อุตสาหกรรม และการผลิตกระแสไฟฟ้า ประเทศไทยมีแม่น้ำสายสำคัญอยู่มากมายหลายสาย แม่น้ำบางปะกงเป็นหนึ่งในแม่น้ำสายสำคัญของประเทศที่เกิดจากแม่น้ำ 2 สายคือแม่น้ำนครนายกและแม่น้ำปราจีนบุรีไหลมาบรรจบกัน แม่น้ำบางปะกงเป็นแหล่งทรัพยากรที่มีความอุดมสมบูรณ์และเป็น

แหล่งน้ำที่มีความสำคัญต่อการดำเนินชีวิตของประชาชนที่อาศัยอยู่ในภาคตะวันออก แม่น้ำบางปะกงจึงเป็นแหล่งสร้างอาชีพทั้งการประมงและการเกษตรกรรม ซึ่งจะเห็นได้จากตลอดสองฝั่งของแม่น้ำบางปะกงเป็นแหล่งชุมชนที่ทำมาหากินและมีการประกอบอาชีพที่แตกต่างกันไปตามลักษณะพื้นที่ ดังนั้นแม่น้ำบางปะกงจึงเป็นแม่น้ำที่หล่อเลี้ยงประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณภาคตะวันออกมาอย่างยาวนาน การใช้ประโยชน์จากแม่น้ำบางปะกงมากมายหลายด้าน จึงเป็นสาเหตุทำให้แม่น้ำบางปะกงประสบกับปัญหาคุณภาพน้ำอย่างมากในปัจจุบัน สำนักงานสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (Environment office 13TH Chonburi, Ministry of Natural Resources and Environment, 2016a) ได้ทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำผิวดินในปี พ.ศ. 2559 พบว่าคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงถูกจัดว่าอยู่ในเกณฑ์ดี ร้อยละ 7.70 คุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงถูกจัดว่าอยู่ในเกณฑ์พอใช้ ร้อยละ 53.84 และคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงถูกจัดว่าอยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรม ร้อยละ 38.46 สำหรับพารามิเตอร์ที่เป็นตัวบ่งบอกว่าเกิดปัญหาคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงมีอยู่หลายตัว ได้แก่ ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen: DO) ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (Biochemical Oxygen Demand: BOD) การปนเปื้อนแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria: TCB) และการปนเปื้อนแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria: FCB) เป็นต้น ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้นจึงเห็นได้ว่าแม่น้ำบางปะกงกำลังประสบกับปัญหาคุณภาพน้ำและคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงมีแนวโน้มที่จะมีคุณภาพเสื่อมโทรมมากยิ่งขึ้น ซึ่งปัญหาดังกล่าวควรจะต้องได้รับการแก้ไขและหาแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ดีขึ้น สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ (Water Quality Management, Pollution Control Department, 2015) จึงมีการใช้ดัชนีคุณภาพน้ำ (Water Quality Index: WQI) ในการแสดงถึงสถานการณ์ของคุณภาพน้ำโดยรวม ซึ่งพิจารณาจากพารามิเตอร์ที่เป็นตัวบ่งบอกคุณภาพน้ำ 5 ตัว ได้แก่ ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen: DO) ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (Biochemical Oxygen Demand: BOD) แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria: TCB) แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria: FCB) และแอมโมเนีย (Ammonia: NH_3) ดัชนีคุณภาพน้ำหรือ WQI เป็นค่าของคะแนนที่มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100 โดยมีหลักเกณฑ์การจัดคุณภาพน้ำตามค่าของ WQI ออกเป็นน้ำที่มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรมมาก ($0 \leq WQI \leq 30$) เสื่อมโทรม ($31 \leq WQI \leq 60$) พอใช้ ($61 \leq WQI \leq 70$) และดี ($71 \leq WQI \leq 100$)

สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินค่าคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงอาทิ เช่น Buranapratheprat, A. and Jintasaeranee, P. (2012) ซึ่งงานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยที่ใช้เพียงสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistic) และการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำบริเวณปากแม่น้ำบางปะกงเท่านั้น แต่เมื่อศึกษางานวิจัยต่างประเทศพบว่ามีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินค่าคุณภาพน้ำโดยใช้การวิเคราะห์หลายตัวแปร (Multivariate Analysis) อาทิ เช่น Salah, E. A. M. *et al.* (2012) ศึกษาการประเมินคุณภาพน้ำของแม่น้ำยูเฟรติส ประเทศอิรัก (Iraq) ด้วยการวิเคราะห์หลายตัวแปร โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์แบ่งกลุ่ม (Cluster Analysis) Ayeni, A. O. and Soneye, A. S. O. (2013) อธิบายความหมายคุณภาพน้ำผิวดินของแหล่งน้ำ 30 แหล่ง ในเมืองอโคโค (Akoko) รัฐออนโด (Ondo) ประเทศไนจีเรีย (Nigeria) ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ส่วนประกอบหลัก (Principal Component Analysis) และการวิเคราะห์แบ่งกลุ่ม Mahmood, A. *et al.* (2011) ประยุกต์การวิเคราะห์หลายตัวแปรเพื่อศึกษาลักษณะคุณภาพน้ำบาดาล และ Usman, U. N. *et al*. (2014) ศึกษาการประเมินคุณภาพน้ำบาดาลในรัฐตรังกานู ประเทศมาเลเซีย ด้วยการวิเคราะห์หลายตัวแปร

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่างานวิจัยที่ประยุกต์ใช้การวิเคราะห์หลายตัวแปร เพื่อการประเมินค่าคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงนั้นยังคงมีอยู่อย่างจำกัด และการประเมินค่าคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงมีพารามิเตอร์

ที่เป็นตัวบ่งบอกคุณภาพของน้ำอยู่เป็นจำนวนมาก ผู้วิจัยจึงประยุกต์การวิเคราะห์หลายตัวแปร โดยใช้การวิเคราะห์ส่วนประกอบหลักการวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis) และการวิเคราะห์จำแนกกลุ่ม (Discriminant Analysis) มาใช้ในงานวิจัยครั้งนี้

วิธีดำเนินการวิจัย

การจัดการข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลปริมาณความเข้มข้นของพารามิเตอร์ที่เป็นตัวบ่งบอกคุณภาพน้ำในแต่ละสถานีเก็บตัวอย่างจำนวน 13 สถานี ตั้งแต่บริเวณปากแม่น้ำบางปะกงถึงบริเวณต้นน้ำบางปะกง อำเภอบ้านสร้าง จังหวัดปราจีนบุรี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540 ถึงปี พ.ศ. 2558 จำนวน 705 ค่า ซึ่งเก็บรวบรวมโดยสำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ โดยใช้พารามิเตอร์ที่เป็นตัวบ่งบอกคุณภาพน้ำจำนวน 16 ตัว แสดงดังตารางที่ 1 และทำการแบ่งข้อมูลเป็น 2 ชุด ได้แก่ ชุดของข้อมูลที่ใช้ในการสร้างตัวแบบ (Training Data Set) ซึ่งเป็นข้อมูลในปี พ.ศ. 2540 ถึงปี พ.ศ. 2554 จำนวน 513 ค่า และชุดข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ (Validation Data Set) ซึ่งเป็นข้อมูลในปี พ.ศ. 2555 ถึงปี พ.ศ. 2558 มีจำนวน 192 ค่า

ตารางที่ 1 ตัวแปรที่เป็นพารามิเตอร์ที่เป็นตัวบ่งบอกคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง

ตัวแปร	ตัวย่อ	หน่วย
อุณหภูมิ (Temperature)	-	^oC
ความเป็นกรดและด่าง (pH)	pH	-
ความขุ่น (Turbidity)	-	NTU
การนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity)	EC	μs
ความเค็ม (Salinity)	-	ppt
ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen)	DO	mg/l
ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (Biochemical Oxygen Demand)	BOD	mg/l
แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria)	TCB	MPN/100ml
แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria)	FCB	MPN/100ml
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus)	TP	mg/l
ไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate-Nitrogen)	NO_3-N	mg/l
ไนไตรท์-ไนโตรเจน (Nitrite-Nitrogen)	NO_2-N	mg/l
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (Ammonia- Nitrogen)	NH_3-N	mg/l
ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids)	SS	mg/l
ของแข็งทั้งหมด (Total Solids)	TS	mg/l
ของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ (Total Dissolved Solids)	TDS	mg/l

การวิเคราะห์ข้อมูล

สำหรับการประเมินค่าคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงโดยใช้การวิเคราะห์หลายตัวแปร ทำการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป MINITAB version 17 มีขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาลักษณะทั่วไปของพารามิเตอร์ที่เป็นตัวบ่งบอกคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง ด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) และค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Error)

2. กำหนดปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง ด้วยชุดของข้อมูลที่ใช้ในการสร้างตัวแบบโดย

2.1 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ที่เป็นตัวบ่งบอกคุณภาพน้ำ ด้วยการทดสอบสหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson Correlation)

2.2 หาจำนวนส่วนประกอบหลัก (Principal Component: PC) ที่เหมาะสมเพื่อจะใช้ในการกำหนดปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง โดยใช้การวิเคราะห์ส่วนประกอบหลักและแผนภาพสครีพล็อต

2.3 สร้างตัวแปรตัวใหม่ โดยพิจารณาจากจำนวนส่วนประกอบหลักที่ได้จากขั้นตอนที่ 2.2 จากนั้นทำการวิเคราะห์ปัจจัย โดยมีการถอดปัจจัย (Factor Extraction) ด้วยวิธีการวิเคราะห์ส่วนประกอบหลักเพื่อรวมตัวแปรซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่เป็นตัวบ่งบอกคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงที่มีความสัมพันธ์กันเข้าไว้ให้เป็นปัจจัยเดียวกัน ซึ่งปัจจัยที่ได้เหล่านี้จะถูกนำมาสร้างเป็นตัวแปรตัวใหม่เพื่อใช้ในการทำนายหรือพยากรณ์กลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงในขั้นตอนต่อไป

3. สร้างสมการจำแนกกลุ่มเพื่อทำนายหรือพยากรณ์กลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง โดยแบ่งกลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงออกเป็น 2 กลุ่มคือกลุ่มน้ำที่มีคุณภาพไม่ได้ตามมาตรฐาน ซึ่งมีค่าดัชนีคุณภาพน้ำหรือ WQI เท่ากับ $0 \leq WQI \leq 60$ และกลุ่มน้ำที่มีคุณภาพตามมาตรฐาน ซึ่งมีค่าดัชนีคุณภาพน้ำหรือ WQI เท่ากับ $61 \leq WQI \leq 100$ ด้วยการวิเคราะห์จำแนกกลุ่ม โดยพิจารณาคะแนนการจำแนกกลุ่มเชิงเส้น (Linear Discriminant Score) เพื่อใช้ในการจำแนกกลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง ด้วยชุดของข้อมูลที่ใช้ในการสร้างตัวแบบ พร้อมทั้งทำการตรวจสอบข้อสมมุติของการวิเคราะห์จำแนกกลุ่มจากสมการจำแนกกลุ่มที่ได้

4. ประเมินค่าสมการจำแนกกลุ่มที่ได้ในการทำนายหรือพยากรณ์กลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง โดยตรวจสอบความถูกต้องของสมการจำแนกกลุ่มที่ได้จากชุดของข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ ซึ่งเป็นข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555 ถึงปี พ.ศ. 2558

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1. ศึกษาลักษณะทั่วไปของพารามิเตอร์ที่เป็นตัวบ่งบอกคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง

เมื่อใช้สถิติเชิงพรรณนาคือ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน เพื่อศึกษาลักษณะทั่วไปของพารามิเตอร์ที่เป็นตัวบ่งบอกคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง ได้ผลแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สถิติเชิงพรรณนาของตัวแปรที่เป็นพารามิเตอร์ที่เป็นตัวบ่งบอกคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง

ตัวแปร	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน
อุณหภูมิ	30.3650	1.6240	0.0612
ความเป็นกรดและด่าง	7.0630	0.4690	0.0177
ความขุ่น	83.0600	99.6600	3.7500
การนำไฟฟ้า	14,517	21,172	797
ความเค็ม	8.8610	10.585	0.3990
ออกซิเจนละลายน้ำ	4.6033	1.7585	0.0662
ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์	1.5224	0.9782	0.0368
แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด	9,278	24,741	932
แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม	2,871	11,002	414
ฟอสฟอรัสทั้งหมด	0.1497	0.1362	0.0051
ไนเตรท-ไนโตรเจน	0.5940	2.1077	0.0794
ไนไตรท์-ไนโตรเจน	0.0611	0.1809	0.0068
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน	0.1895	0.2664	0.0100
ของแข็งแขวนลอย	67.2300	70.5100	2.6600
ของแข็งทั้งหมด	9,725	12,364	466
ของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ	9,658	12,345	465

จากตารางที่ 2 เมื่อใช้สถิติเชิงพรรณนาคือค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเพื่อศึกษาลักษณะทั่วไปของพารามิเตอร์ที่เป็นตัวบ่งบอกคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง พบว่า พารามิเตอร์ส่วนใหญ่มีค่าเฉลี่ยสอดคล้องกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 (National Environment Board, 1994) ดังนี้ ค่าเฉลี่ยของความเป็นกรดและด่างเท่ากับ 7.0 สอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐานที่มีค่าความเป็นกรดและด่างที่อยู่ในช่วง 5.0-9.0 ค่าเฉลี่ยของออกซิเจนละลายน้ำเท่ากับ 4.6 มิลลิกรัมต่อลิตร สอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐานที่มีค่าออกซิเจนละลายน้ำไม่น้อยกว่า 4.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยความสกปรกในรูปสารอินทรีย์เท่ากับ 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร สอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐานที่มีค่าความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ไม่เกิน 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดเท่ากับ 9,278 เอ็ม.พี.เอ็น.ต่อ 100 มิลลิลิตร สอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐานที่มีค่าแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดไม่เกิน 20,000 เอ็ม.พี.เอ็น.ต่อ 100 มิลลิลิตร ค่าเฉลี่ยของแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มเท่ากับ 2,871 เอ็ม.พี.เอ็น.ต่อ 100 มิลลิลิตร สอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐานที่มีค่าแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มไม่เกิน 4,000 เอ็ม.พี.เอ็น.ต่อ 100 มิลลิลิตร ค่าเฉลี่ยของไนเตรท-ไนโตรเจนเท่ากับ 0.6 มิลลิกรัมต่อลิตร สอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐานที่มีค่าไนเตรท-ไนโตรเจนไม่เกิน 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าเฉลี่ยของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเท่ากับ 0.19 มิลลิกรัมต่อลิตร สอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐานที่มีค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และเมื่อพิจารณาจากสถิติเชิงพรรณนายังพบอีกว่ามีพารามิเตอร์ที่มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสูง แสดงให้

เห็นว่าข้อมูลพารามิเตอร์ที่เป็นตัวบ่งบอกคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงแต่ละตัวมีการกระจายและมีความแปรผันมาก ได้แก่ การนำไฟฟ้า แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด และแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม ดังนั้นจึงเห็นได้ว่าผลการวิจัยสอดคล้องกับรายงานสถานการณ์คุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดิน ภาคตะวันออก ปีงบประมาณ พ.ศ. 2559 ที่กำหนดให้แม่น้ำบางปะกงเป็นแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 (Environment office 13TH Chonburi, Ministry of Natural Resources and Environment, 2016b) และเมื่อพิจารณาจากสถิติเชิงพรรณนายังพบอีกว่าพารามิเตอร์ที่มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสูง แสดงให้เห็นว่าข้อมูลพารามิเตอร์ที่เป็นตัวบ่งบอกคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงแต่ละตัวมีการกระจายและมีความแปรผันมาก ได้แก่ การนำไฟฟ้า แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด และแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม ซึ่งอาจเกิดจากความแปรผันของปัจจัยที่มีอิทธิพลแล้วส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง เช่น ฤดูกาล ช่วงตอนของแม่น้ำบางปะกงตลอดสาย และจุดตรวจวัดคุณภาพน้ำในแต่ละสถานี เป็นต้น

2. กำหนดปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง

ทำการวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง โดยใช้ชุดของข้อมูลที่ใช้ในการสร้างตัวแบบ

2.1 จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรรายคู่ของพารามิเตอร์ที่เป็นตัวบ่งบอกคุณภาพน้ำจำนวน 16 ตัว พบว่าค่าพี (P-value) ของการทดสอบสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน ส่วนใหญ่แล้วมีค่าน้อยมาก ซึ่งหมายความว่าพารามิเตอร์ที่เป็นตัวบ่งบอกคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง ส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์กัน ยกเว้นตัวแปร 3 คู่ที่มีค่าพีของการทดสอบสหสัมพันธ์ของเพียร์สันมาก ได้แก่ (1) ความขุ่นและความเป็นกรดและด่าง มีค่าพีเท่ากับ 0.811 (2) แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มและออกซิเจนละลายน้ำ มีค่าพีเท่ากับ 0.831 และ (3) ของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำและไนไตรท์-ไนโตรเจน มีค่าพีเท่ากับ 0.987 ดังนั้นการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์หลายตัวแปรเพื่อทำนายกลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงจึงมีความเหมาะสม

2.2 จากการวิเคราะห์ปัจจัยซึ่งมีการถอดปัจจัยด้วยวิธีการวิเคราะห์ส่วนประกอบหลัก เพื่อสร้างตัวแปรใหม่ที่ใช้ใน การทำนายกลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง พบว่าส่วนประกอบหลักที่มีค่าเฉพาะ (Eigenvalue) มากกว่าหรือใกล้เคียงกับ 1 คือส่วนประกอบหลักที่ 1 ถึงส่วนประกอบหลักที่ 8 (PC1-PC8) ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้ส่วนประกอบหลักจำนวน 8 ส่วนประกอบ โดยสามารถอธิบายความแปรผันของข้อมูลได้ถึง 0.8150 คิดเป็นร้อยละ 81.5 (แสดงได้ดังตัวหนาในตารางที่ 3) ซึ่งแสดงได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าเฉพาะ สัดส่วนความแปรผัน และสัดส่วนความแปรผันสะสมของแต่ละส่วนประกอบหลัก

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8
ค่าเฉพาะ	3.9580	1.9056	1.6452	1.3959	1.3045	0.9841	0.9391	0.9026
สัดส่วนความแปรผัน	0.2470	0.1190	0.1030	0.0870	0.0820	0.0620	0.0590	0.0560
สัดส่วนความแปรผันสะสม	0.2470	0.3660	0.4690	0.5570	0.6380	0.7000	0.7580	**0.8150**
	PC9	PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16
ค่าเฉพาะ	0.6752	0.6319	0.6135	0.3905	0.3588	0.2300	0.0651	0.0000
สัดส่วนความแปรผัน	0.0420	0.0390	0.0380	0.0240	0.0220	0.0140	0.0040	0.0000
สัดส่วนความแปรผันสะสม	0.8570	0.8960	0.9350	0.9590	0.9820	0.9960	1.0000	1.0000

เมื่อทำการถอดปัจจัยด้วยวิธีการวิเคราะห์ส่วนประกอบหลักเพื่อลดจำนวนตัวแปรที่เป็นพารามิเตอร์ที่เป็นตัวบ่งบอกคุณภาพน้ำจำนวน 16 ตัวให้เหลือเพียง 8 ตัว แล้วทำการหมุนปัจจัย (Factor Rotation) ด้วยวิธีแวริแมกซ์ (Varimax) โดยพิจารณาค่าถ่วงปัจจัย (Factor Loading) เพื่อรวมกลุ่มพารามิเตอร์ที่เป็นตัวบ่งบอกคุณภาพน้ำเป็น 8 ปัจจัย แสดงได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ **4** ค่าถ่วงปัจจัยของทั้ง 8 ปัจจัย

ตัวแปร	ปัจจัยที่ 1	ปัจจัยที่ 2	ปัจจัยที่ 3	ปัจจัยที่ 4	ปัจจัยที่ 5	ปัจจัยที่ 6	ปัจจัยที่ 7	ปัจจัยที่ 8
Temperature	0.073	–0.022	0.065	–0.030	0.095	**0.805**	–0.283	0.151
pH	0.029	0.144	–0.123	0.076	**0.866**	–0.076	–0.053	–0.005
Turbidity	–0.156	**0.845**	–0.064	–0.061	–0.087	0.138	–0.111	–0.030
EC	**0.929**	–0.040	0.049	–0.023	0.008	0.072	–0.013	–0.046
Salinity	**0.955**	–0.039	0.041	0.038	–0.003	0.082	–0.008	–0.013
DO	0.105	–0.264	0.066	–0.062	**0.722**	0.195	0.111	0.088
BOD	–0.063	0.051	–0.021	0.011	0.060	0.053	0.006	**0.979**
TCB	–0.094	0.079	**–0.882**	–0.018	0.061	–0.058	0.026	0.009
FCB	–0.010	–0.035	**–0.898**	–0.016	0.003	0.015	–0.002	0.011
TP	0.100	**0.850**	0.016	–0.047	0.026	0.010	–0.033	0.081
NO_3-N	0.068	0.044	0.010	**0.815**	–0.039	0.097	–0.081	–0.015
NO_2-N	0.012	0.134	0.019	0.044	–0.038	0.072	**–0.933**	–0.013
NH_3-N	–0.044	–0.143	0.022	**0.799**	0.063	–0.098	0.042	0.025
SS	0.285	0.290	–0.027	0.049	–0.013	**0.699**	0.278	–0.123
TS	**0.961**	0.020	0.028	0.011	0.079	0.081	0.012	–0.014
TDS	**0.961**	0.019	0.028	0.011	0.079	0.077	0.011	–0.013

จากตารางที่ 4 เมื่อพิจารณาค่าถ่วงปัจจัยของตัวแปรที่มีค่าสูง (แสดงได้ดังตัวหนาในตารางที่ 4) พบว่า สามารถรวมกลุ่มพารามิเตอร์ที่เป็นตัวบ่งบอกคุณภาพน้ำตัวแปรเป็น 8 ปัจจัย ดังนี้

ปัจจัยที่ 1 ประกอบด้วย EC, Salinity, TS และ TDS แสดงถึงคุณลักษณะทางธรณีวิทยาทั่วไปของแหล่งน้ำหรือ Geology

ปัจจัยที่ 2 ประกอบด้วย Turbidity และ TP แสดงถึงการปล่อยของเสียจากชุมชนและอุตสาหกรรมแหล่งน้ำหรือ Waste

ปัจจัยที่ 3 ประกอบด้วย TCB และ FCB แสดงถึงแบคทีเรียในน้ำหรือ Bacteria

ปัจจัยที่ 4 ประกอบด้วย NO_3 – N และ NH_3 – N แสดงถึงสารประกอบของไนโตรเจนในน้ำหรือ Nitrogen Compounds

ปัจจัยที่ 5 ประกอบด้วย pH และ DO แสดงถึงความเป็นกรดและด่างและออกซิเจนละลายน้ำหรือ pH&DO

ปัจจัยที่ 6 ประกอบด้วย Temperature และ SS แสดงถึงอุณหภูมิและของแข็งแขวนลอยหรือ Temperature&SS

ปัจจัยที่ 7 ประกอบด้วย NO_2 – N แสดงถึงไนไตรท์หรือ NO_2 – N

ปัจจัยที่ 8 ประกอบด้วย BOD แสดงถึงความสกปรกในรูปสารอินทรีย์หรือ BOD

3. สร้างสมการจำแนกกลุ่มเพื่อทำนายกลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง ด้วยการวิเคราะห์จำแนกกลุ่ม โดยใช้ชุดของข้อมูลที่ใช้ในการสร้างตัวแบบมาทำการวิเคราะห์

ในการสร้างสมการจำแนกกลุ่มเพื่อทำนายหรือพยากรณ์กลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง ด้วยการวิเคราะห์จำแนกกลุ่ม โดยพิจารณาคะแนนการจำแนกกลุ่มเชิงเส้นเพื่อใช้ในการจำแนกกลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง และใช้ค่าดัชนีคุณภาพน้ำหรือ WQI เป็นเกณฑ์ในการแบ่งกลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

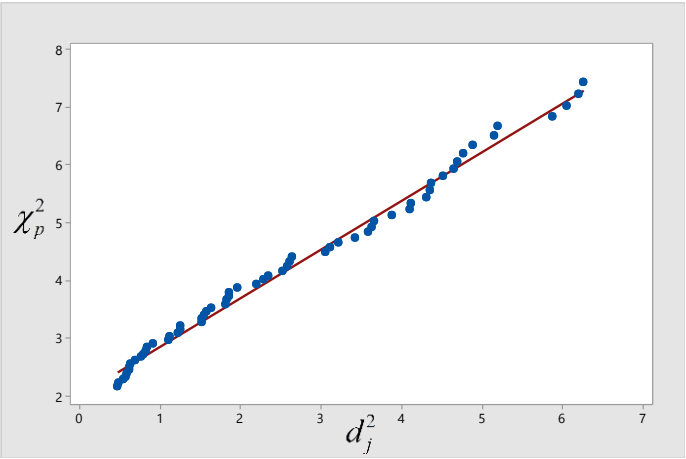
1. กลุ่มน้ำที่มีคุณภาพไม่ได้ตามมาตรฐาน เป็นน้ำที่มีค่า $0 \le WQI \le 60$

2. กลุ่มน้ำที่มีคุณภาพตามมาตรฐาน เป็นน้ำที่มีค่า $61 \le WQI \le 100$

เมื่อทำการวิเคราะห์จำแนกกลุ่มเพื่อสร้างสมการในการทำนายกลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงด้วยปัจจัยทั้ง 8 ปัจจัย ซึ่งเป็นตัวแปรใหม่ที่ได้จากขั้นตอนที่ 2.2 จะต้องมีการทดสอบว่าตัวแปรทั้ง 8 ตัวนี้มีความสำคัญและสามารถใช้ในการจำแนกกลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงได้ด้วยสถิติวิลค์แลมป์ดา (Wilks' Lamda) พบว่าเมื่อพิจารณาค่าพีของสถิติวิลค์แลมป์ดาที่มีค่าน้อยกว่า 0.05 จะได้ตัวแปรที่มีความสำคัญและสามารถใช้ในการจำแนกกลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงจำนวน 4 ตัว ได้แก่ Geology, Bacteria, Nitrogen Compounds และ BOD

จากนั้นตรวจสอบข้อสมมุติของการวิเคราะห์จำแนกกลุ่มทั้ง 3 ข้อ ดังนี้

1. ตรวจสอบว่าตัวแปรอิสระทั้ง 4 ตัว $\left(\mathbf{X}=\left[X_1, X_2, X_3, X_4\right]'\right)$ คือ X_1: Geology, X_2: Bacteria, X_3: Nitrogen Compounds และ X_4: BOD มีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร คือ $X \sim N_4\left(\boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{\Sigma}\right)$ โดยพิจารณาจากกราฟระหว่าง $\chi^2_{p,\frac{(j-0.5)}{n}}$ และ $d^2_{(j)}$ ได้ผลดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กราฟระหว่าง $\chi^2_{p,\frac{(j-0.5)}{n}}$ และ $d^2_{(j)}$

จากภาพที่ 1 จะเห็นได้ว่าจุดของข้อมูลส่วนใหญ่มีการกระจายใกล้เคียงกับเส้นตรง และพันอยู่รอบ ๆ เส้นตรงอ้างอิง แต่มีจุดบางจุดที่อยู่ห่างจากเส้นอ้างอิงเล็กน้อย จึงอาจสรุปได้ว่าตัวแปรทั้ง 4 ตัวคือ Geology, Bacteria, Nitrogen Compounds และ BOD มีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร

2. ตรวจสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นแบบพหุ 4 ตัว ด้วยค่า VIF พบว่าค่า VIF ของตัวแปรทั้ง 4 ตัวคือ Geology, Bacteria, Nitrogen Compounds และ BOD มีค่าน้อยกว่า 5 และเมื่อพิจารณาค่าพีของสถิติที (T Statistic) มีค่าน้อยกว่า 0.05 จึงแสดงให้เห็นว่าตัวแปรอิสระทั้ง 4 ตัวนี้ไม่มีความสัมพันธ์กัน

3. ตรวจสอบความเท่ากันของเมทริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมเกี่ยวของตัวแปรระหว่างกลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงทั้ง 2 กลุ่ม ด้วยการทดสอบของบ็อกซ์เอ็ม จะได้ค่าสถิติไคกำลังสอง ($\chi^2 = 2{,}202.395$) ซึ่งมากกว่าค่าวิกฤต ($\chi^2_{(10)} = 18.3070$) ดังนั้นเมทริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมเกี่ยวของตัวแปรระหว่างกลุ่มน้ำที่มีคุณภาพไม่ได้ตามมาตรฐานและกลุ่มน้ำที่มีคุณภาพตามมาตรฐานมีค่าแตกต่างกัน แต่ Gilbert, E. S. (1969) และ Marks, S. and Dunn, O. J. (1974) ได้ศึกษา วิจัย และแสดงให้เห็นว่าหากเมทริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมเกี่ยวของตัวแปรระหว่างประชากรกลุ่มหนึ่งมีค่ามากกว่าของประชากรอีกกลุ่มหนึ่งแล้ว การใช้สมการจำแนกกำลังสองและสมการจำแนกเชิงเส้นจะให้ผลในการทำนายหรือพยากรณ์กลุ่มที่ไม่แตกต่างกันมากนัก

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้การวิเคราะห์จำแนกกลุ่มเชิงเส้นในการจำแนกกลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง จึงได้สมการจำแนกกลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง ดังนี้

กลุ่มน้ำที่มีคุณภาพไม่ได้ตามมาตรฐาน

$$\hat{Y}_1 = -0.5658 - 0.4758\text{Geology} - 0.819\text{Bacteria} + 0.4048\text{Nitrogen Compounds} + 0.7860\text{BOD}$$

กลุ่มน้ำที่มีคุณภาพตามมาตรฐาน

$$\hat{Y}_2 = -0.1041 + 0.2041\text{Geology} + 0.3515\text{Bacteria} - 0.1736\text{Nitrogen Compounds} - 0.3372\text{BOD}$$

โดยที่ $\hat{Y}_1$ เป็นค่าทำนายของคะแนนการจำแนกกลุ่มสำหรับกลุ่มน้ำที่มีคุณภาพไม่ได้ตามมาตรฐาน

$\hat{Y}_2$ เป็นค่าทำนายของคะแนนการจำแนกกลุ่มสำหรับกลุ่มน้ำที่มีคุณภาพตามมาตรฐาน

Geology เป็นค่าคุณลักษณะทางธรณีวิทยาทั่วไปของแหล่งน้ำ

Bacteria เป็นค่าแบคทีเรียในน้ำ

Nitrogen Compounds เป็นค่าสารประกอบของไนโตรเจนในน้ำ

BOD เป็นค่าความสกปรกในรูปสารอินทรีย์

4. ตรวจสอบความถูกต้องของสมการจำแนกกลุ่มที่ใช้ทำนายกลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง

สำหรับการประเมินค่าสมการจำแนกกลุ่มเพื่อใช้ในการทำนายกลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงที่ได้โดยตรวจสอบความถูกต้องด้วยชุดข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ ซึ่งสัดส่วนความถูกต้องในการจำแนกแสดงได้ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 สัดส่วนความถูกต้องในการจำแนก

น้ำถูกจัดอยู่ในกลุ่ม	ชุดข้อมูลที่ใช้สร้างตัวแบบ		ชุดข้อมูลที่ตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ	
	กลุ่มน้ำที่มีคุณภาพ**ไม่ได้**ตามมาตรฐาน	กลุ่มน้ำที่มีคุณภาพตามมาตรฐาน	กลุ่มน้ำที่มีคุณภาพ**ไม่ได้**ตามมาตรฐาน	กลุ่มน้ำที่มีคุณภาพตามมาตรฐาน
กลุ่มน้ำที่มีคุณภาพ**ไม่ได้**ตามมาตรฐาน	113	32	45	47
กลุ่มน้ำที่มีคุณภาพตามมาตรฐาน	41	327	13	87
จำนวนข้อมูลคุณภาพน้ำทั้งหมด	154	359	58	134
สัดส่วนของการจัดกลุ่มถูกต้อง	0.7337	0.9109	0.7759	0.6493
สัดส่วนความถูกต้องของตัวแบบ	0.8576		0.6875	

จากตารางที่ 5 พบว่าสมการจำแนกกลุ่มเพื่อใช้ในการทำนายกลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงที่ได้มี สัดส่วนความถูกต้องในการจำแนกกลุ่ม สำหรับชุดข้อมูลที่ใช้ในการสร้างตัวแบบเท่ากับ 0.8576 คิดเป็นร้อยละ 85.76 และสำหรับชุดข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบเท่ากับ 0.6875 คิดเป็นร้อยละ 68.75 และหากพิจารณาสมการจำแนกกลุ่มของกลุ่มน้ำที่มีคุณภาพไม่ได้ตามมาตรฐาน พบว่าสัดส่วนความถูกต้องในการจำแนกกลุ่ม สำหรับชุดข้อมูลที่ใช้ในการสร้างตัวแบบเท่ากับ 0.7337 คิดเป็นร้อยละ 73.37 และสำหรับชุดข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบเท่ากับ 0.7759 คิดเป็นร้อยละ 77.59 และหากพิจารณาผลการประเมินค่าสมการจำแนกกลุ่มที่ได้ยังพบว่ามีความแปรผันของสัดส่วนความถูกต้องในการจำแนก ซึ่งอาจเกิดขึ้นเนื่องจากปัจจัยที่มีอิทธิพลซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง เช่น ความแตกต่างของสภาพภูมิประเทศของจุดเก็บในการตรวจวัดคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงแต่ละสถานี ปริมาณน้ำฝนในแต่ละฤดูกาล ช่วงเวลาของการเกิดน้ำหลาก และการเกิดอุทกภัยในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2554 เป็นต้น

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการประเมินค่าคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง โดยพิจารณาจากพารามิเตอร์ที่เป็นตัวบ่งบอกคุณภาพน้ำจำนวน 16 ตัว ได้แก่ อุณหภูมิ (Temperature) ความเป็นกรดและด่าง (pH) ความขุ่น (Turbidity) การนำไฟฟ้า (EC) ความเค็ม (Salinity) ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (BOD) แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (TCB) แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (FCB) ฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP) ไนเตรท-ไนโตรเจน (NO_3 - N) ไนไตรท์-ไนโตรเจน (NO_2 - N) แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3 - N) ของแข็งแขวนลอย (SS) ของแข็งทั้งหมด (TS) และของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ (TDS) ซึ่งเมื่อพิจารณาลักษณะทั่วไปของพารามิเตอร์ที่เป็นตัวบ่งบอกคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงพบว่า พารามิเตอร์ที่เป็น

ตัวบ่งบอกคุณภาพน้ำส่วนใหญ่มีค่าเฉลี่ยสอดคล้องกับรายงานสถานการณ์คุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดิน ภาคตะวันออก ปีงบประมาณ 2559 ที่กำหนดให้แม่น้ำบางปะกงเป็นแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 (Environment office 13TH Chonburi, Ministry of Natural Resources and Environment, 2016b) โดยพารามิเตอร์ที่มีค่าเฉลี่ยสอดคล้องกับมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 (National Environment Board,1994) คือความเป็นกรดและด่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.0 ออกซิเจนละลายน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9,278 เอ็ม.พี.เอ็น.ต่อ 100 มิลลิลิตร แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2,871 เอ็ม.พี.เอ็น.ต่อ 100 ไนเตรท-ไนโตรเจนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.6 มิลลิกรัมต่อลิตร และแอมโมเนีย-ไนโตรเจนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.1895 มิลลิกรัมต่อลิตร และเมื่อพิจารณาจากสถิติเชิงพรรณนายังพบอีกว่าพารามิเตอร์ที่มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสูง แสดงให้เห็นว่าข้อมูลพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงแต่ละตัวมีการกระจายและมีความแปรผันมาก ได้แก่ การนำไฟฟ้า แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด และแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม ซึ่งอาจเกิดจากความแปรผันของปัจจัยที่มีอิทธิพลแล้วส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง เช่น ฤดูกาล ช่วงตอนของแม่น้ำบางปะกงตลอดสาย และจุดตรวจวัดคุณภาพน้ำในแต่ละสถานี เป็นต้น งานวิจัยนี้จะใช้ค่าดัชนีคุณภาพน้ำหรือ WQI เป็นเกณฑ์ในการแบ่งกลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงออกเป็น 2 กลุ่ม คือ คือ กลุ่มน้ำที่มีคุณภาพไม่ได้ตามมาตรฐาน ซึ่งเป็นน้ำที่สามารถใช้ประโยชน์เพื่อการอุปโภคบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน โดยมีค่า $0 \leq WQI \leq 60$ และกลุ่มน้ำที่มีคุณภาพตามมาตรฐานซึ่งเป็นน้ำที่สามารถใช้ประโยชน์เพื่อการอุปโภคบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นทั่วไป โดยมีค่า

$61 \leq WQI \leq 100$

เมื่อใช้การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีการถอดปัจจัยด้วยวิธีส่วนประกอบหลัก พบว่าสามารถลดจำนวนพารามิเตอร์ที่เป็นตัวบ่งบอกคุณภาพน้ำจาก 16 ตัวให้เหลือเพียงแค่ 8 ตัว แล้วทำการหมุนปัจจัยด้วยวิธีแวริแมกซ์ โดยพิจารณาค่าถ่วงปัจจัยเพื่อรวมกลุ่มของพารามิเตอร์ที่เป็นตัวบ่งบอกคุณภาพน้ำซึ่งมีความสัมพันธ์กันเข้าไว้ให้เป็นปัจจัยเดียวกันได้เป็น 8 ปัจจัยซึ่งสามารถอธิบายความหมายของตัวแปรใหม่ได้ดังนี้

ปัจจัยที่ 1 แสดงถึงคุณลักษณะทางธรณีวิทยาทั่วไปของแหล่งน้ำหรือ Geology

ปัจจัยที่ 2 แสดงถึงการปล่อยของเสียจากชุมชนและอุตสาหกรรมแหล่งน้ำหรือ Waste

ปัจจัยที่ 3 แสดงถึงแบคทีเรียในน้ำหรือ Bacteria

ปัจจัยที่ 4 แสดงถึงสารประกอบของไนโตรเจนในน้ำหรือ Nitrogen Compounds

ปัจจัยที่ 5 แสดงถึงความเป็นกรดและด่างและออกซินเจนละลายน้ำหรือ pH&DO

ปัจจัยที่ 6 แสดงถึงอุณหภูมิและของแข็งแขวนลอยหรือ Temperature&SS

ปัจจัยที่ 7 แสดงถึงไนไตรท์หรือ $NO_2 - N$

ปัจจัยที่ 8 แสดงถึงความสกปรกในรูปสารอินทรีย์หรือ BOD

ต่อจากนั้นนำปัจจัยทั้ง 8 ปัจจัยที่เป็นตัวแปรใหม่มาสร้างสมการในการทำนายกลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงด้วยการวิเคราะห์จำแนกกลุ่ม พบว่าเมื่อใช้สถิติวิลค์แลมป์ดาตรวจสอบตัวแปรที่มีอิทธิพลและมีความสำคัญต่อการแบ่งกลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง จะได้ตัวแปรที่มีอิทธิพลและมีความสำคัญต่อการแบ่งกลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงคือ

Geology, Bacteria, Nitrogen Compounds และ BOD ซึ่งนำมาสร้างสมการคะแนนจำแนกกลุ่มที่เพื่อใช้ในการทำนายหรือพยากรณ์กลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงให้กับค่าสังเกตใหม่ ดังนี้

กลุ่มน้ำที่มีคุณภาพไม่ได้ตามมาตรฐาน

$$\hat{Y}_1 = -0.5658 - 0.4758\text{Geology} - 0.819\text{Bacteria} + 0.4048\text{Nitrogen Compounds} + 0.7860\text{BOD}$$

กลุ่มน้ำที่มีคุณภาพตามมาตรฐาน

$$\hat{Y}_2 = -0.1041 + 0.2041\text{Geology} + 0.3515\text{Bacteria} - 0.1736\text{Nitrogen Compounds} - 0.3372\text{BOD}$$

สำหรับการประเมินค่าสมการที่ใช้ในการทำนายกลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง พบว่าสัดส่วนความถูกต้องในการจำแนกกลุ่ม สำหรับชุดข้อมูลที่ใช้ในการสร้างตัวแบบเท่ากับ 0.8576 คิดเป็นร้อยละ 85.76 และสำหรับชุดข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบเท่ากับ 0.6875 คิดเป็นร้อยละ 68.75

ดังนั้นสามารถใช้สมการจำแนกกลุ่มที่ใช้ในการทำนายกลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางประกงเพื่อเป็นเครื่องมือในการกำหนดกลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงได้ เนื่องจากสมการจำแนกกลุ่มที่ได้มีร้อยละความถูกต้องของการจำแนกกลุ่มน้ำที่มีคุณภาพไม่ได้ตามมาตรฐานมีค่าอยู่ในระดับสูง ส่งผลให้สามารถใช้สมการจำแนกกลุ่มเพื่อเป็นแนวทางในการป้องกันและแก้ปัญหาคุณภาพน้ำเสื่อมโทรม ซึ่งอาจก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมและส่งผลเสียต่อสุขภาพของชุมชนบริเวณแม่น้ำบางปะกง อีกทั้งยังสามารถใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูลแทนการศึกษาในห้องปฏิบัติการซึ่งประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการศึกษาได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ เป็นอย่างสูงที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Ayeni, A. O., & Soneye, A. S. O. (2013). Interpretation of surface water quality using principal components analysis and cluster analysis. *Journal of Geography and Regional Planning, 6*(4), 132-141.

Buranapratheprat, A. & Jintasaeranee, P. (2012). Water Qualities in the Bangpakong Estuary, Thailand in 2002. *Burapha Science Journal, 17(*2),116-129. (in Thai)

Environment office 13TH Chonburi, Ministry of Natural Resources and Environment. (2016a). *Report Monitoring of Surface Water Quality in Eastern Thailand*. Retrieved September 20, 2016. From http://www.reo13.go.th /report_1.php. (in Thai)

Environment office 13TH Chonburi, Ministry of Natural Resources and Environment. (2016b). *Report of Surface Water Quality in Eastern Thailand*. Retrieved December 25, 2016. From http://www.reo13.go.th /report_1.php. (in Thai)

Gilbert, E. S. (1969). The effect of unequal variance-covariance matrices on Fisher's linear discriminant function. *Biometrics, 25*(3), 505-515.

Mahmood, A., Muqbool, W., Mumtaz, M. W., & Ahmad, F. (2011). Application of multivariate statistical techniques for the characterization of groundwater quality of Lahore, Gujranwala and Sialkot (Pakistan). *Pakistan Journal of Analytical and Environmental Chemistry, 12*. 102-112.

Marks, S., & Dunn, O. J. (1974). Discriminant functions when covariance matrices are unequal. *Journal of the American Statistical Association*, *69*(346), 555-559.

National Environment Board. (1994). *Surface Water Quality Standards*. Announces National Environment No. 8. (in Thai)

Salah, E. A. M., Turki, A. M., & Al-Othman, E. M. (2012). Assessment of water quality of Euphrates River using cluster analysis. *Journal of Environmental Protection, 3*(12), 1629-1633.

Usman, U. N., Toriman, M. E., Juahir, H., Abdullahi, M. G., Rabiu, A. A., & Isiyaka, H. (2014). Assessment of Groundwater Quality Using Multivariate Statistical Techniques in Terengganu. *Science and Technology, 4*(3), 42-49.

Water Quality Management, Pollution Control Department. (2015). *Water Quality Index (WQI).* Retrieved November 11, 2016. From http://iwis.pcd.go.th/index.php. (in Thai)