การประเมินค่าคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงโดยใช้การวิเคราะห์หลายตัวแปร

ภัฐชญา สิทธิสร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถิติ
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
กรกฎาคม 2560
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ ภัฐชญา สิทธิสร ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถิติ ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิดาการ สายธนู)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จตุภัทร เมฆพายัพ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธาน

(ดร.กิตติมา พฤกภูษณ)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิดาการ สายธนู)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จตุภัทร เมฆพายัพ)

..... กรรมการ

(ดร.ภัทราวุธ ไทยพิชิตบูรพา)

คณะวิทยาศาสตร์อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถิติ ของมหาวิทยาลัยบูรพา

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกรัฐ ศรีสุข)

วันที่ 12 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2560

“วิทยานิพนธ์นี้ได้รับทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์จากมหาวิทยาลัยบูรพา ปีงบประมาณ ๒๕๖๐”

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจาก รศ.ดร.กิดาการ สายธนู อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผศ.ดร.จตุภัทร เมฆพายัพ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม และดร.ภัทราวุธ ไทยพิชิตบูรพา คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วนและเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ดร.กิตติมา พฤกภูษณ ประธานสอบวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้ความรู้ ให้คำปรึกษา ตรวจแก้ไข และวิจารณ์ผลงาน ทำให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และขอขอบพระคุณผู้อำนวยการสำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ และคุณวรรณี กิตติกุล-วิวัฒน์ นักวิชาการสิ่งแวดล้อมส่วนแหล่งน้ำจืด สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง ซึ่งใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ จึงทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

เนื่องจากส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์นี้ได้รับทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์จากมหาวิทยาลัยบูรพา ปีงบประมาณ ๒๕๖๐ จึงขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยบูรพา ณ ที่นี้ด้วย

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อวรวิทย์ คุณแม่ศิรณา สิทธิสร และพี่น้องทุกคนที่ให้กำลังใจและสนับสนุนผู้วิจัยเสมอมา

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตาแด่บุพการี บูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษาและประสบความสำเร็จมาจนตราบเท่าทุกวันนี้

ภัฐชญา สิทธิสร

58910006: สาขาวิชา: สถิติ; วท.ม. (สถิติ)
คำสำคัญ: คุณภาพน้ำ/ ดัชนีคุณภาพน้ำ/ แม่น้ำบางปะกง/ การวิเคราะห์ปัจจัย/ การวิเคราะห์จำแนกกลุ่ม

ภัฐชญา สิทธิสร: การประเมินค่าคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงโดยใช้การวิเคราะห์หลายตัวแปร (ASSESSMENT OF WATER QUALITY OF BANG PAKONG RIVER USING MULTIVARIATE ANALYSIS) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: กิดาการ สายธนู, Ph.D., จตุภัทร เมฆพายัพ, ปร.ด. 100 หน้า. ปี พ.ศ. 2560.

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินค่าคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง โดยพิจารณาจากปริมาณความเข้มข้นของพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540 ถึงปี พ.ศ. 2558 ด้วยการวิเคราะห์หลายตัวแปร ผลการวิจัยเมื่อใช้การวิเคราะห์ปัจจัยพบว่าสามารถรวมกลุ่มพารามิเตอร์ที่เป็นตัวบ่งบอกคุณภาพน้ำซึ่งมีความสัมพันธ์กันได้เป็น 8 ปัจจัย ได้แก่ คุณลักษณะทางธรณีวิทยาทั่วไปของแหล่งน้ำ การปล่อยของเสียจากชุมชนและอุตสาหกรรมลงแหล่งน้ำ แบคทีเรียในน้ำ สารประกอบของไนโตรเจนในน้ำ ความเป็นกรดและด่างและออกซิเจนละลายน้ำ อุณหภูมิและของแข็งแขวนลอย ไนไตรท์ และความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ จากนั้นจึงสร้างคะแนนจำแนกกลุ่มในการทำนายหรือพยากรณ์กลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง ซึ่งใช้ค่าดัชนีคุณภาพน้ำเป็นเกณฑ์ในการแบ่งกลุ่มออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มน้ำที่มีคุณภาพไม่ได้ตามมาตรฐาน และกลุ่มน้ำที่มีคุณภาพตามมาตรฐาน ด้วยการวิเคราะห์จำแนกกลุ่ม และเมื่อทำการประเมินคะแนนจำแนกกลุ่มที่ได้ พบว่ามีความถูกต้องในการจำแนกกลุ่มสำหรับชุดของข้อมูลที่ใช้ในการสร้างตัวแบบร้อยละ 85.76 และสำหรับชุดของข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบร้อยละ 68.75

58910006: MAJOR: STATISTICS; M.Sc. (STATISTICS)

KEYWORDS: WATER QUALITY/ WATER QUALITY INDEX/ BANG PAKONG RIVER/ FACTOR ANALYSIS/ DISCRIMINANT ANALYSIS

PUDCHAYA SITTISORN: ASSESSMENT OF WATER QUALITY OF BANG PAKONG RIVER USING MULTIVARIATE ANALYSIS. ADVISORY COMMITTEE: KIDAKAN SAITHANU, Ph.D., JATUPAT MEKPARYUP, Ph.D. 100 P. 2017.

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. The Discriminant scores were then built with discriminant analysis to predict the groups of water quality which separated 2 groups; nonstandard and standard groups, according to the water quality index (WQI). For assessment of the derived discriminant scores, it found that the correction percentage in classification were 85.76 and 68.75 for training and validation data set, respectively.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย จ

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญภาพ..... ญ

บทที่

1 บทนำ..... 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 3

สมมุติฐานของการวิจัย..... 3

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย..... 4

ขอบเขตของการวิจัย..... 4

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 6

เอกสารที่เกี่ยวข้อง..... 6

น้ำ..... 6

แหล่งน้ำในประเทศไทย..... 31

แม่น้ำบางปะกง..... 34

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 46

งานวิจัยในประเทศไทย..... 46

งานวิจัยต่างประเทศ..... 50

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง..... 57

การวิเคราะห์ส่วนประกอบหลัก..... 57

การวิเคราะห์ปัจจัย..... 59

การวิเคราะห์จำแนกกลุ่ม..... 63

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
3	วิธีดำเนินการวิจัย	70
	การเก็บรวบรวมข้อมูล	70
	การวิเคราะห์ข้อมูล	71
4	ผลการวิจัย	73
	ผลการศึกษาลักษณะทั่วไปของพารามิเตอร์ที่เป็นตัวบ่งบอกคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง	73
	ผลการกำหนดปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง	75
	ผลการสร้างสมการจำแนกกลุ่มเพื่อทำนายหรือพยากรณ์กลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง	82
	ผลการประเมินค่าสมการจำแนกกลุ่มที่ได้ในการทำนายหรือพยากรณ์กลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง	91
5	อภิปรายและสรุปผล	92
	อภิปรายและสรุปผล	92
	ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ	95
บรรณานุกรม		99
ประวัติย่อของผู้วิจัย		100

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2-1	ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน	16
2-2	สมการของการคำนวณคะแนนค่า DO	24
2-3	สมการของการคำนวณคะแนนค่า BOD	24
2-4	สมการของการคำนวณคะแนนค่า TCB	25
2-5	สมการของการคำนวณคะแนนค่า FCB	25
2-6	สมการของการคำนวณคะแนนค่า NH_3	25
2-7	เกณฑ์คุณภาพน้ำของพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำแต่ละตัว	26
2-8	เกณฑ์คุณภาพน้ำโดยรวม	26
2-9	คะแนนพิเศษ	27
2-10	เกณฑ์คุณภาพน้ำของค่าดัชนีคุณภาพน้ำหรือ WQI	27
2-11	ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มลุ่มน้ำหลักของประเทศไทย	31
2-12	จุดเก็บในการตรวจวัดคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง	36
2-13	ผลการประเมินคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง	45
4-1	สถิติเชิงพรรณนาของตัวแปรที่เป็นพารามิเตอร์ที่เป็นตัวบ่งบอกคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง	73
4-2	ค่าสหสัมพันธ์เพียรสันและค่าพีของการทดสอบสหสัมพันธ์เพียร์สัน	76
4-3	ค่าเฉพาะ สัดส่วนความแปรผัน และสัดส่วนความแปรผันสะสมของแต่ละส่วนประกอบหลัก	78
4-4	ค่าถ่วงปัจจัยของทั้ง 8 ปัจจัย เมื่อไม่มีการหมุนปัจจัย	80
4-5	ค่าถ่วงปัจจัยของทั้ง 8 ปัจจัย เมื่อมีการหมุนปัจจัยด้วยวิธีแวริแมกซ์	81
4-6	การทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง	83
4-7	การทดสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นแบบพหุด้วยค่า *VIF*	85
4-8	ค่าเฉพาะของฟังก์ชันการจำแนกกลุ่มเชิงเส้น	87
4-9	สถิติวิลค์แลมป์ดาในการทดสอบความมีนัยสำคัญของฟังก์ชันการจำแนกกลุ่มด้วยตัวแปรอิสระทั้ง 4 ตัว	88
4-10	สัดส่วนความถูกต้องของการจำแนกกลุ่ม	89
4-11	สัดส่วนความถูกต้องของการจำแนกกลุ่ม	91

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2-1	แผนที่แสดงกลุ่มลุ่มน้ำหลักของประเทศไทย	33
2-2	สภาพภูมิประเทศและแม่น้ำสาขาในลุ่มน้ำบางปะกง	35
2-3	ลักษณะพื้นที่ในการตรวจวัดคุณภาพน้ำของจุดเก็บในการตรวจวัดคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง	37
2-4	BK01 จุดตรวจวัดคุณภาพน้ำบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง อ.บางปะกง จ.ฉะเชิงเทรา	38
2-5	BK02 จุดตรวจวัดคุณภาพน้ำบริเวณสะพานบางปะกง อ.บางปะกง จ.ฉะเชิงเทรา	38
2-6	BK03 จุดตรวจวัดคุณภาพน้ำบริเวณสะพานมอเตอร์เวย์ อ.บางปะกง จ.ฉะเชิงเทรา	39
2-7	BK04 จุดตรวจวัดคุณภาพน้ำบริเวณสะพาน อ.บ้านโพธิ์ จ.ฉะเชิงเทรา	39
2-8	BK06 จุดตรวจวัดคุณภาพน้ำบริเวณสะพาน BY PASS บ้านบางพระ อ.เมือง จ.ฉะเชิงเทรา	40
2-9	BK07 จุดตรวจวัดคุณภาพน้ำบริเวณสะพานฉะเชิงเทรา อ.เมือง จ.ฉะเชิงเทรา	40
2-10	BK08 จุดตรวจวัดคุณภาพน้ำบริเวณวัดสายชล ณ รังษี อ.เมือง จ.ฉะเชิงเทรา	41
2-11	BK09 จุดตรวจวัดคุณภาพน้ำบริเวณวัดสมานรัตนาราม (เขื่อนทดน้ำบางปะกง) อ.เมือง จ.ฉะเชิงเทรา	41
2-12	BK9.5 จุดตรวจวัดคุณภาพน้ำบริเวณท้ายเขื่อนทดน้ำบางปะกง อ.เมือง จ. ฉะเชิงเทรา	42
2-13	BK11 จุดตรวจวัดคุณภาพน้ำบริเวณท่าเรือ อ.บางคล้า จ.ฉะเชิงเทรา	42
2-14	BK13 จุดตรวจวัดคุณภาพน้ำบริเวณวัดหัวไทร อ.บางคล้า จ.ฉะเชิงเทรา	43
2-15	BK15 จุดตรวจวัดคุณภาพน้ำบริเวณสะพานบางขนาก อ.บางน้ำเปรี้ยว จ.ฉะเชิงเทรา	43
2-16	BK16 จุดตรวจวัดคุณภาพน้ำบริเวณต้นน้ำบางปะกง อ.บ้านสร้าง จ.ปราจีนบุรี	44
4-1	กราฟสครีพล็อต	79
4-2	กราฟระหว่าง $\chi^2_{p,\frac{(j-0.5)}{n}}$ และ $d^2_{(j)}$	84

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โลกของเราประกอบด้วยส่วนที่เป็นทั้งพื้นดินและผืนน้ำ โดยมีส่วนที่เป็นผืนน้ำอยู่ 3 ใน 4 ส่วนของโลก น้ำที่มีอยู่นี้ส่วนใหญ่เป็นน้ำเค็มที่อยู่ในมหาสมุทร ซึ่งมีข้อจำกัดในการนำน้ำมาใช้ประโยชน์ เนื่องจากเป็นน้ำที่มีความเค็มและมีแร่ธาตุชนิดต่าง ๆ แขวนลอยปะปนอยู่ สำหรับน้ำที่พบอีกส่วนหนึ่งนั้นเป็นน้ำจืดที่อยู่ตามแหล่งน้ำธรรมชาติซึ่งมีอยู่ในปริมาณเพียงเล็กน้อย ดังนั้นจึงเห็นได้ว่าน้ำที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้มีอยู่แค่เพียงบางส่วนเท่านั้น ในอดีตผู้คนจำนวนมากเชื่อกันว่าน้ำเป็นทรัพยากรที่ไม่มีวันหมดไปจากโลก เพราะมีวัฏจักรการหมุนเวียนของการเกิดอย่างต่อเนื่องและไม่เกิดการเน่าเสียหรือมีมลพิษของน้ำเกิดขึ้นเพราะน้ำจะมีการปรับสภาพให้สมดุลและมีการฟื้นฟูตามธรรมชาติได้เอง ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงสามารถนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก แต่ในความเป็นจริงแล้วปัจจุบันเกิดปัญหาขึ้นหลายอย่างที่ส่งผลกระทบต่อทรัพยากรน้ำ อีกทั้งยังพบว่าความต้องการในการใช้น้ำมีมากกว่าปริมาณของน้ำที่มีอยู่ทำให้น้ำกลายเป็นทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด ดังนั้นจึงเห็นได้ว่าโลกของเราไม่ได้มีน้ำไว้ใช้ในการดำเนินชีวิตได้อย่างเพียงพออีกต่อไป

ปัจจุบันมีการเพิ่มขึ้นของประชากรโลกเป็นจำนวนมาก ทำให้เกิดการขยายตัวทางเศรษฐกิจ เกษตรกรรม และอุตสาหกรรม ซึ่งส่งผลให้มีการใช้น้ำในปริมาณที่มากขึ้น จึงทำให้เกิดการขาดแคลนน้ำ และอาจเกิดปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพน้ำหรือมลพิษในแหล่งน้ำได้ เช่น เกิดน้ำเสียจากชุมชนหมู่บ้าน จากการเกษตรกรรม และจากอุตสาหกรรม เป็นต้น ซึ่งส่งผลกระทบต่อการอุปโภคและบริโภคของประชากร อีกทั้งยังทำให้เกิดความเสียหายและสูญเสียผลประโยชน์ในด้านเศรษฐกิจ เกษตรกรรม และอุตสาหกรรม ดังนั้นจึงควรมีมาตรการในการตรวจสอบคุณภาพน้ำเพื่อป้องกัน ควบคุม และแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นไม่ให้ทวีความรุนแรงมากจนทำให้มนุษย์ สัตว์ และพืชได้รับผลกระทบที่ทำให้เกิดอันตรายทั้งทางตรงและทางอ้อม

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

เป็นแหล่งน้ำที่มีความสำคัญต่อการดำเนินชีวิตของประชาชนที่อาศัยอยู่ในภาคตะวันออก แม่น้ำบางปะกงจึงเป็นแหล่งสร้างอาชีพทั้งการประมงและการเกษตรกรรม ซึ่งจะเห็นได้จากตลอดสองฝั่งของแม่น้ำบางปะกงเกิดชุมชนที่ทำมาหากินและมีการประกอบอาชีพที่แตกต่างกันไปตามลักษณะพื้นที่ ดังนั้นแม่น้ำบางปะกงจึงเป็นแม่น้ำที่หล่อเลี้ยงประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณภาคตะวันออกมาอย่างยาวนาน การใช้ประโยชน์จากแม่น้ำบางปะกงมากมายหลายด้านเป็นสาเหตุทำให้แม่น้ำบางปะกงประสบกับปัญหาคุณภาพน้ำมากในปัจจุบัน สำนักงานสิ่งแวดล้อม ภาคที่ 13 (ชลบุรี) กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2559a) 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) แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria: TCB) และแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria: FCB) เป็นต้น ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้นจึงเห็นได้ว่าแม่น้ำบางปะกงกำลังประสบกับปัญหาคุณภาพน้ำ อีกทั้งคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงยังมีแนวโน้มที่จะมีคุณภาพเสื่อมโทรมมากยิ่งขึ้นไปอีกด้วย ซึ่งปัญหาดังกล่าวควรจะต้องได้รับการแก้ไขและหาแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ดีขึ้น

สำหรับการศึกษาการประเมินค่าคุณภาพน้ำสามารถใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) และสถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistics) เป็นเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งในปัจจุบันการประเมินค่าคุณภาพน้ำส่วนใหญ่แล้วจะใช้เพียงสถิติเชิงพรรณนาเพื่อศึกษาลักษณะทั่วไปของพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำเท่านั้น เช่น จารินี วังสว่าง, วรินทร์ลดา แน่นอน, สุนทรี ขุนทอง, เกริก วงศ์สอนธรรม และสุชิน อุดมสมพร (2554) อนุกูล บูรณประทีปรัตน์ และเผชิญโชค จินตเศรณี (2555) และศิริพล กำแพงทอง (2557) เป็นต้น แต่เนื่องจากในการประเมินค่าคุณภาพนั้นมี ตัวแปรที่เป็นพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำเกี่ยวข้องอยู่เป็นจำนวนมาก การวิเคราะห์หลายตัวแปร (Multivariate Analysis) จึงเป็นวิธีการที่มีความเหมาะสม แต่ปัจจุบันงานวิจัยในประเทศไทยที่ประยุกต์ใช้การวิเคราะห์หลายตัวแปรสำหรับการประเมินค่าคุณภาพน้ำยังคงมีอยู่อย่างจำกัด

ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยจึงประยุกต์การวิเคราะห์หลายตัวแปรโดยใช้การวิเคราะห์ส่วนประกอบหลัก(Principal Component Analysis) การวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis) และการวิเคราะห์จำแนกกลุ่ม (Discriminant Analysis) เพื่อศึกษาการประเมินค่าคุณภาพน้ำของแม่น้ำ

บางปะกงมีพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องและบ่งบอกคุณภาพของน้ำอยู่หลายตัว นอกจากนี้ยังใช้เป็นแนวทางสำหรับการป้องกันและแก้ปัญหาคุณภาพน้ำเสื่อมโทรม ซึ่งอาจก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมและส่งผลเสียต่อสุขภาพของชุมชนบริเวณแม่น้ำบางปะกง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาลักษณะทั่วไปของพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง
2. กำหนดปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงจากพารามิเตอร์ที่มีความสำคัญและเป็นตัวบ่งบอกคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงด้วยการวิเคราะห์ปัจจัย
3. สร้างสมการจำแนกกลุ่มสำหรับทำนายหรือพยากรณ์กลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงจากปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง

สมมุติฐานของการวิจัย

ตัวแปรซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำ และคาดว่าน่าจะมีอิทธิพลต่อการประเมินค่าคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง ได้แก่

1. อุณหภูมิ (Temperature)
2. ความเป็นกรดและด่าง (pH)
3. ความขุ่น (Turbidity)
4. การนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity: EC)
5. ความเค็ม (Salinity)
6. ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen: DO)
7. ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (Biochemical Oxygen Demand: BOD)
8. แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria: TCB)
9. แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria: FCB)
10. ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus: TP)
11. ไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate-Nitrogen: NO_3 - N)
12. ไนไตรท์-ไนโตรเจน (Nitrite-Nitrogen: NO_2 - N)
13. แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (Ammonia- Nitrogen: NH_3 - N)
14. ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids: SS)
15. ของแข็งทั้งหมด (Total Solids: TS)

16. ของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ (Total Dissolved Solids: TDS)

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. ทราบลักษณะทั่วไปของพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง

2. ทราบว่ามีปัจจัยใดบ้างที่มีความสำคัญและมีอิทธิพลต่อการกำหนดคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง

3. ได้สมการสำหรับการจำแนกกลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงที่สามารถใช้ทำนายหรือพยากรณ์กลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง

4. นำผลการวิจัยที่ได้ไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับการประเมินค่าคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง เพื่อเป็นแนวทางในการป้องกัน ปรับปรุง และแก้ปัญหาคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง

ขอบเขตของการวิจัย

ข้อมูลที่ใช้ในการประเมินค่าคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงเป็นข้อมูลพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง ซึ่งเป็นข้อมูลที่ไม่ได้มีการพิจารณาแบ่งข้อมูลออกเป็นฤดูกาลหรือไม่ได้พิจารณาแบ่งข้อมูลตามจุดตรวจวัดคุณภาพน้ำ โดยเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณหรือค่าความเข้มข้นของตัวแปรที่เป็นพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำ จากสำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540 ถึงปี พ.ศ. 2558 ดังนี้

1. อุณหภูมิ (Temperature: ^{o}C)
2. ความเป็นกรดและด่าง (pH)
3. ความขุ่น (Turbidity: NTU)
4. การนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity: μs)
5. ความเค็ม (Salinity: ppt)
6. ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen: mg/l)
7. ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (Biochemical Oxygen Demand: mg/l)
8. แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria: MPN/100ml)
9. แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria: MPN/100ml)
10. ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus: mg/l)
11. ไนเตรท-ไนโตรเจน (NO_3 - N : mg/l)
12. ไนไตรท์-ไนโตรเจน (NO_2 - N : mg/l)

13. แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3 - N : mg/l)

14. ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids: mg/l)

15. ของแข็งทั้งหมด (Total Solids: mg/l)

16. ของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ (Total Dissolved Solids: mg/l)

ในงานวิจัยนี้มีการแบ่งกลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1. กลุ่มน้ำที่มีคุณภาพไม่ได้ตามมาตรฐาน

2. กลุ่มน้ำที่มีคุณภาพตามมาตรฐาน

หลักเกณฑ์สำหรับการแบ่งกลุ่มคุณภาพน้ำนี้ได้จากค่าดัชนีคุณภาพน้ำหรือ WQI ซึ่งคำนวณได้จากพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำทั้งหมด 5 ตัว ได้แก่ ออกซิเจนละลายน้ำ ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม และแอมโมเนีย-ไนโตรเจน โดยกลุ่มน้ำที่มีคุณภาพไม่ได้ตามมาตรฐานมีค่า $0 \le WQI \le 60$ ซึ่งเป็นน้ำที่สามารถใช้ประโยชน์เพื่อการอุปโภคบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน อีกทั้งสามารถนำมาใช้เพื่อการอุตสาหกรรมและการคมนาคมได้ ส่วนกลุ่มน้ำที่มีคุณภาพตามมาตรฐานมีค่า $61 \le WQI \le 100$ เป็นน้ำที่สามารถใช้ประโยชน์เพื่อการอุปโภคบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบทั่วไป สามารถนำมาใช้ประโยชน์เพื่อการอนุรักษ์สัตว์น้ำ การประมง การกีฬาทางน้ำ และการเกษตรได้

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาการประเมินค่าคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงซึ่งมีพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงที่เกี่ยวข้องอยู่เป็นจำนวนมาก ผู้วิจัยจึงได้วิเคราะห์ข้อมูลโดยประยุกต์การวิเคราะห์หลายตัวแปร (Multivariate Analysis) ซึ่งมีเอกสารงานวิจัย และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องโดยครอบคลุมหัวข้อดังนี้

เอกสารที่เกี่ยวข้อง

1. น้ำ

น้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง สิ่งมีชีวิตทุกชนิดจะดำรงชีวิตอยู่ได้ต้องอาศัยน้ำ แต่น้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่อย่างจำกัด อีกทั้งมนุษย์ยังใช้ประโยชน์จากน้ำในด้านต่าง ๆ เช่น การประมง การเกษตรกรรม และการคมนาคม เป็นต้น ปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพน้ำในปัจจุบันจึงจัดว่าเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สามารถพบได้ทั่วไป โดยเกิดขึ้นเนื่องจากการเพิ่มจำนวนของประชากรอย่างรวดเร็วจึงเกิดการขยายตัวของชุมชนทำให้มีการทำการเกษตร และอุตสาหกรรมเพิ่มมากขึ้น ซึ่งก่อให้เกิดการเสื่อมโทรมของทรัพยากรน้ำอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้น้ำแต่ละชนิดมีที่มาจากแหล่งน้ำที่แตกต่างกัน จึงทำให้มีสิ่งที่เจือปนอยู่ในแหล่งน้ำแต่ละประเภทแตกต่างกันไป โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.1 ประเภทของแหล่งน้ำ (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาฟิสิกส์, 2559)

1.1.1 น้ำผิวดิน (Surface Water) เป็นองค์ประกอบหนึ่งของวัฏจักรของน้ำ น้ำผิวดินเกิดจากน้ำฝนที่ตกลงมาแล้วมีการสะสมอยู่บริเวณพื้นผิวดิน ซึ่งฝนที่ตกลงมาในระยะแรกน้ำจะซึมลงไปในชั้นดินก่อนจนกระทั่งดินอิ่มตัวแล้วจึงจะมีน้ำแช่ขังอยู่ตามลุ่มน้ำหรือแหล่งน้ำขนาดเล็ก ซึ่งแหล่งน้ำผิวดินเป็นส่วนของน้ำฝนที่ตกลงสู่ผิวดินและรวมถึงน้ำที่ออกมาจากใต้ดินด้วย โดยปริมาณของน้ำผิวดินจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมายังพื้นที่นั้น ๆ สำหรับลักษณะน้ำผิวดินโดยทั่วไปสามารถแยกพิจารณาได้เป็นดังนี้

1. อ่างเก็บน้ำ (Reservoir) เป็นแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่รองรับน้ำจากน้ำฝนที่ไหลจากพื้นที่ที่สูงกว่าลงมารวมกันในอ่างเก็บน้ำที่สร้างขึ้นโดยการสร้างเขื่อนขวางลำน้ำธรรมชาติ

2. แม่น้ำและลำคลอง (Stream and River) เป็นแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่เกิดจากการเซาะพังของลำคลองหรือแม่น้ำ โดยมักจะไหลมาตามความลาดชันของสภาพภูมิประเทศลงสู่ทะเล

3. น้ำผิวดินลักษณะอื่น ๆ (Other) ได้แก่ น้ำผิวดินที่มีการแช่ขังอยู่จนเกือบจะไม่มีทางระบายออกไปสู่บริเวณอื่น ๆ และมีพืชน้ำขึ้นผสมปะปนอยู่ ได้แก่

3.1 มาบ หรือ ที่ลุ่มน้ำขัง (Swamp) ซึ่งพบมากบริเวณที่ราบภาคกลางของไทย

3.2 ที่ลุ่มชื้นแฉะ (Marsh) หมายถึง พื้นที่ที่มีระดับน้ำตื้น ๆ พอที่พืชน้ำจะขึ้นได้อย่างกระจัดกระจายทั่วไป แต่จะมีความหนาแน่นไม่มากนัก

3.3 พรุ (Bog) เป็นบริเวณแหล่งน้ำผิวดินที่ชื้นแฉะมีพืชน้ำขึ้นปกคลุมอยู่หนาแน่น พืชบางส่วนที่ตายจะสะสมตัวอยู่ใต้น้ำ โดยบางส่วนกลายเป็นโคลนหนา เช่น บริเวณพรุบาเจาะ จังหวัดนราธิวาส เป็นต้น

1.1.2 น้ำใต้ดิน (Ground Water) เป็นน้ำที่มีอยู่ในชั้นดินบนผิวโลก ซึ่งขังอยู่ในช่องว่างระหว่างดินและหิน ต้นกำเนิดของน้ำใต้ดินมาจากน้ำในบรรยากาศและน้ำผิวดินต่าง ๆ โดยปกติน้ำใต้ดินมักจะมีคุณภาพดี เนื่องจากถูกกรองด้วยชั้นดินและหิน แต่อาจมีแร่ธาตุและสารเคมีบางชนิดเจือปนอยู่เป็นปริมาณมากกว่าน้ำผิวดิน น้ำใต้ดินเป็นส่วนหนึ่งของน้ำฝนที่ตกลงมายังผิวโลกและไหลซึมลงไปตามชั้นดินลงไปถึงชั้นที่น้ำมีการสะสมรวมตัวกัน จึงส่งผลต่อการละลาย การพัดพา และการทับถม โดยการไหลซึมผ่านชั้นดินและหินลงไปในบางพื้นที่ น้ำใต้ดินจะมีการไหลเหมือนกับน้ำผิวดินเพียงแต่ว่าน้ำใต้ดินจะอยู่ลึกจากผิวดินลงไป ซึ่งน้ำใต้ดินมักจะถูกพบเสมอในบริเวณที่เป็นถ้ำ ปัจจัยที่สำคัญต่อการพัดพาของน้ำใต้ดินอีกปัจจัยหนึ่งคือฤดูกาล ซึ่งจะเห็นได้จากในช่วงฤดูฝนจะมีน้ำหลากมาก ทำให้เกิดการพัดพามากขึ้น ดังนั้นน้ำใต้ดินจึงถูกจัดว่าเป็นกระบวนการระบายน้ำออกจากผิวดินอีกแบบหนึ่ง (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาฟิสิกส์, 2559)

1.2 แหล่งกำเนิดสารปนเปื้อนในน้ำ (รักษ์สุดา นวลใส, 2559)

สารปนเปื้อนที่เกิดขึ้นในน้ำมาจากแหล่งกำเนิดที่แตกต่างกันและแหล่งกำเนิดแต่ละแหล่งจะมีปริมาณและคุณลักษณะของสารที่ปนเปื้อนในน้ำที่แตกต่างกัน ซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำที่แตกต่างกันด้วย ดังนี้

1.2.1 ธรรมชาติ แหล่งน้ำต่าง ๆ อาจเกิดจากการเน่าเสียได้เองเมื่ออยู่ในภาวะที่ขาดออกซิเจน ซึ่งสาเหตุโดยส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากการเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วของแพลงค์ตอน และเมื่อแพลงค์ตอนตายลงพร้อม ๆ กัน จุลินทรีย์จะทำการย่อยสลายซากแพลงค์ตอนทำให้ออกซิเจนในน้ำถูกนำไปใช้มากจนเกิดการขาดแคลนออกซิเจนได้ นอกจากนี้การเน่าเสียยังอาจเกิดขึ้นได้จากการที่น้ำอยู่ในสภาพนิ่งไม่มีการหมุนเวียนและการถ่ายเทของน้ำ (รักษ์สุดา นวลใส, 2559)

1.2.2 น้ำทิ้งและสิ่งปฏิกูลจากแหล่งชุมชน สิ่งที่ปนเปื้อนมากับน้ำทิ้งประกอบด้วยสารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายโดยมีผู้ย่อยสลายสารอินทรีย์ที่สำคัญคือแบคทีเรีย ชนิดของแบคทีเรียมีทั้งแบคทีเรียแอโรบิก (Aerobic Bacteria) ซึ่งเป็นแบคที่เรียที่ต้องใช้ออกซิเจนอิสระในการย่อยสลายสารอินทรีย์ และแบคทีเรียแอนาโรบิก (Anaerobic Bacteria) ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ได้โดยไม่ต้องอาศัยออกซิเจนอิสระ ส่วนแบคทีเรียแฟคัลเตตีฟ (Facultative Bacteria) เป็นแบคทีเรียที่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ทั้งโดยอาศัยและไม่อาศัยออกซิเจนอิสระ ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณออกซิเจนในสภาวะแวดล้อมนั้น บทบาทของแบคทีเรียในการย่อยสลายสารอินทรีย์ เริ่มต้นจากแบคทีเรียแอโรบิกจะใช้ออกซิเจนในปริมาณมากจึงทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำหรือ DO (Dissolved Oxygen) ลดลงอย่างมาก ตามปกติน้ำในธรรมชาติจะมีออกซิเจนละลายปนอยู่ประมาณ 5-8 มิลลิกรัมต่อลิตร (mg/l) หรือ 5-8 ส่วนในล้านส่วน (Part Per Million: ppm) (สถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยมหิดล, ม.ป.ป.) โดยทั่วไปแล้วถ้ามีค่า DO ต่ำกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร แล้วจะจัดว่าเป็นน้ำเสีย ส่วนความสกปรกในรูปสารอินทรีย์หรือ BOD (Biochemical Oxygen Demand) เป็นค่าที่สามารถใช้ในการบ่งบอกคุณภาพน้ำได้เช่นเดียวกับค่า DO กัน โดยถ้ามีค่า BOD สูง แสดงว่าในน้ำนั้นมีอินทรียสารอยู่มาก โดยทั่วไปถ้าในแหล่งน้ำใดมีค่า BOD สูงกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร แล้วจะจัดว่าน้ำนั้นเป็นน้ำเสีย ดังนั้นถ้าในแหล่งน้ำใดมีค่า BOD สูงหรือมีอินทรียสารมาก ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดน้อยลงส่งผลให้แบคทีเรียแอโรบิกลดน้อยลงด้วย อินทรียสารจึงถูกย่อยสลายด้วยแบคทีเรียแอนาโรบิกและแบคทีเรียแฟคัลเตตีฟต่อไป ซึ่งจะทำให้เกิดก๊าซที่มีกลิ่นเหม็น เช่น มีเทน (Methane: CH_4) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (hydrogen sulfide: H_2S) และแอมโมเนีย (Ammonia: NH_3) นอกจากนี้ก๊าซเหล่านี้ยังอาจทำให้สีของน้ำเปลี่ยนไปอีกด้วย (รักษ์สุดา นวลใส, 2559)

1.2.3 การเกษตร ปัจจุบันเกษตรกรนิยมใช้สารกำจัดศัตรูพืชเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้เกิดสารตกค้างตามต้นพืชและตามผิวดินซึ่งจะถูกชะล้างไปกับน้ำฝนแล้วไหลลงสู่แหล่งน้ำ ดังนั้นถ้ามีสารที่สลายตัวช้า สารเหล่านี้จะถูกสะสมในแหล่งน้ำนั้นมากขึ้นจนอาจก่อให้เกิดอันตรายได้ นอกจากนี้การเลี้ยงสัตว์เพื่อการเกษตรเป็นสาเหตุที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งที่ทำให้น้ำเสีย เนื่องจาก

เศษอาหารและน้ำทิ้งจากการชำระคอกสัตว์จะถูกทิ้งลงสู่แม่น้ำ ลำคลอง ซึ่งทำให้เกิดโรคระบาดที่เป็นอัตรายต่อมนุษย์และสัตว์ได้อีกด้วย (รักษ์สุดา นวลใส, 2559)

1.2.4 โรงงานอุตสาหกรรม ส่วนใหญ่ของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมประกอบด้วยสารอินทรีย์จำพวกพวกโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตเจือปนอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งสารอินทรีย์เหล่านี้จะถูกปล่อยออกมากับน้ำทิ้ง เมื่อสารอินทรีย์เหล่านี้ถูกย่อยสลายแล้วจะส่งผลเช่นเดียวกันกับน้ำทิ้งที่ถูกปล่อยจากชุมชน นอกจากนี้อาจมีสารพิษชนิดอื่น ๆ ปะปนอยู่ด้วยทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภทของโรงงาน เช่น ปรอทจากโรงงานผลิตโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium Hydroxide: NaOH) ซึ่งเป็นสารพิษต่อสัตว์น้ำ น้ำทิ้งจากโรงงานกระดาษอาจทำให้สภาพความเป็นกรดและด่าง (pH) ของแหล่งน้ำนั้นเปลี่ยนแปลงไป หรือน้ำทิ้งจากโรงงานไฟฟ้าที่อาจทำให้อุณหภูมิของน้ำเปลี่ยนแปลงไป เป็นต้น (รักษ์สุดา นวลใส, 2559)

1.2.5 การคมนาคมทางน้ำ การเดินเรือตามแหล่งน้ำ ลำคลอง ทะเล และมหาสมุทรอาจมีการทิ้งของเสียที่ประกอบด้วยสารอินทรีย์และน้ำมันเชื้อเพลิงลงไป หรืออาจมีน้ำมันเชื้อเพลิงรั่วไหลลงในแหล่งน้ำเหล่านี้ซึ่งนอกจากจะทำให้สัตว์น้ำขาดออกซิเจนแล้วยังอาจส่งผลเสียต่อระบบนิเวศอีกด้วย (รักษ์สุดา นวลใส, 2559)

1.3 พารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำ (Water Quality Parameters)

โดยทั่วไปแล้วแหล่งน้ำตามธรรมชาติจะมีสิ่งที่ปะปนอยู่ในน้ำ ซึ่งสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้อาจเป็นทั้งสิ่งที่สามารถมองเห็นได้หรือไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า สิ่งที่ปะปนเหล่านี้จึงอาจเป็นทั้งสิ่งที่มีประโยชน์หรือเป็นสิ่งที่ก่อให้เกิดโทษ ดังนั้นการทราบว่าคุณภาพน้ำที่นำมาใช้มีความเหมาะสมต่อการใช้งานหรือไม่ จึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำ แบ่งออกได้เป็น 3 ด้าน ดังนี้ (อรทัย มิ่งธิพล, 2549)

1.3.1 พารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำทางกายภาพ

คุณภาพน้ำทางกายภาพทราบได้ด้วยประสาทสัมผัสทั้ง 5 ของมนุษย์ ซึ่งโดยปกติแล้วหากเกิดปัญหาคุณภาพน้ำในด้านกายภาพแล้วจะสามารถกำจัดหรือแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้ง่ายกว่าปัญหาคุณภาพน้ำในด้านอื่น ๆ ดังนั้นคุณภาพน้ำทางกายภาพจึงเป็นคุณภาพหลักที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการวัดคุณภาพน้ำที่ใช้เพื่อการอุปโภคและบริโภค ซึ่งลักษณะที่แสดงคุณภาพน้ำทางกายภาพมีดังนี้ (อรทัย มิ่งธิพล, 2549)

1. สี (Color) สีของน้ำตามธรรมชาตินั้นเกิดจากการที่น้ำไหลผ่านสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ซึ่งมีลิกนิน (Lignin) เป็นองค์ประกอบ เมื่อสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์สลายตัวแล้วจะทำให้เกิดสารจำพวกแทนนิน (Tannin) กรดฮิวมิค (Humic Acid) และฮิวเมต (Humate) ซึ่งสารเหล่านี้เป็นสารที่มีสี โดยสีของน้ำอาจเกิดมาจากอิออนของโลหะในน้ำ รวมถึงแพลงก์ตอนและการปนเปื้อนของน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม สำหรับสีที่แท้จริง (True Color) ของน้ำจะเป็นสีที่เกิดจากการเน่าเปื่อยของพืช แต่สีที่ปรากฏ (Apparent Color) เป็นสีที่เกิดจากตะกอนดินและการสะท้อนแสงของสารแขวนลอยที่อยู่ในน้ำ สำหรับการตรวจวัดสีของน้ำนั้นจะใช้เครื่องมือตรวจวัดภาคสนามซึ่งเป็นการทดสอบความใสของน้ำด้วยสารเคมี โดยมีหลักการว่าน้ำสะอาดต้องไม่มีสี (อรทัย มิ่งธิพล, 2549)

2. รสและกลิ่น (Taste and Odour) ส่วนใหญ่รสและกลิ่นของน้ำเกิดจากสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์บางตัว หรืออาจเกิดจากสาหร่ายบางประเภทที่สามารถสร้างน้ำมันระเหย (Volatile Oil) ได้ หรือในบางครั้งอาจเกิดจากช่วงเวลาที่สาหร่ายเจริญเติบโตและดึงเอาออกซิเจนละลายน้ำไปใช้หมด เมื่อขาดออกซิเจนจึงทำให้น้ำมีกลิ่นได้ นอกจากนี้น้ำเสียที่โรงงานอุตสาหกรรมปล่อยทิ้งลงสู่แหล่งน้ำ อาจมีแร่ธาตุต่าง ๆ ละลายอยู่ ซึ่งส่งผลทำให้รสและกลิ่นของน้ำผิดไปจากธรรมชาติได้ ในปัจจุบันยังไม่มีวิธีการตรวจวัดรสและกลิ่นของน้ำที่ชัดเจน จึงยังคงใช้เพียงประสาทสัมผัสของผู้ชำนาญวัดรสและกลิ่นของน้ำซึ่งจะทำให้ได้ค่าดัชนีการวัดที่ไม่แน่นอน (อรทัย มิ่งธิพล, 2549)

3. อุณหภูมิ (Temperature) อุณหภูมิของน้ำตามธรรมชาติมักแปรผันตามสภาพภูมิอากาศ ระดับความสูงของพื้นที่ สภาพภูมิประเทศ ความเข้มแสง กระแสลม ความลึก ปริมาณสารแขวนลอย และสภาพทั่วไปของลำน้ำ ซึ่งอุณหภูมิของน้ำจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำทางกายภาพ เช่น น้ำที่มีอุณหภูมิต่ำ จะมีความหนาแน่นและความหนืดมาก ทำให้อนุภาคสาร-แขวนลอยที่อยู่ในน้ำตกตะกอนได้ยากยิ่งขึ้น ในทางตรงกันข้ามหากน้ำมีอุณหภูมิสูง ความหนาแน่นของน้ำจะลดลงจึงส่งผลให้สารต่าง ๆ ในน้ำละลายน้ำได้มากยิ่งขึ้น (อรทัย มิ่งธิพล, 2549)

1.3.2 พารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำทางเคมี

คุณภาพน้ำทางเคมีเกิดจากแร่ธาตุที่ละลายมากับน้ำตามธรรมชาติ ซึ่งแร่ธาตุเหล่านี้สามารถทำให้คุณสมบัติของน้ำเปลี่ยนแปลงได้ จึงอาจทำให้น้ำนั้นไม่ปลอดภัยหรือไม่เหมาะสมต่อการอุปโภคและบริโภค เนื่องจากมีสารพิษบางอย่างเจือปน ซึ่งลักษณะที่แสดงคุณภาพน้ำทางเคมีมีดังนี้

1. ความเป็นกรดและด่าง (pH) เป็นดัชนีที่แสดงให้ทราบว่าน้ำนั้นมีสมบัติเป็นกรดหรือด่าง โดยจะแสดงได้ในรูปปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออนที่มีอยู่ในน้ำ ระดับความเป็นกรดและด่างของน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 0-14 ซึ่งถ้า pH=7 แสดงถึงน้ำมีสภาพเป็นกลาง pH>7 แสดงถึงน้ำมีสภาพเป็นด่าง และ pH<7 แสดงถึงน้ำมีสภาพเป็นกรด น้ำในสภาพธรรมชาติจะมีค่า pH อยู่ระหว่าง 4-9 โดยมีสภาพเป็นด่างเล็กน้อย pH มีหน้าที่ในการควบคุมระบบคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide: CO_2) - คาร์บอเนต (Carbonate: CO_3) - ไบคาร์บอเนต (Bicarbonate: HCO_3^-) กล่าวคือ หาก pH มีค่าอยู่ระหว่าง 4-6 แล้ว มักจะพบคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ในรูปของกรดคาร์บอนิก (Carbonic Acid) หาก pH มีค่าเพิ่มขึ้นอยู่ระหว่าง 7-10 แล้ว กรดคาร์บอนิกจะแตกตัวให้กรดคาร์บอนิกเพิ่มมากขึ้นอีก และหาก pH มีค่ามากกว่า 10 แล้ว คาร์บอนไดออกไซด์อาจอยู่ในรูปคาร์บอเนตเท่านั้น ซึ่งอาจทำให้เกิดตะกอนของเกลือแคลเซียมคาร์บอเนต และหากมีตะกอนของเกลือแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นจำนวนมากแล้ว จะไม่เหมาะสมกับการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ (อรทัย มิ่งธิพล, 2549)

2. ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen: DO) พืชและสัตว์ที่อยู่ในน้ำต่างต้องอาศัยออกซิเจนละลายน้ำเพื่อการดำรงชีวิต ปริมาณของออกซิเจนละลายน้ำจะมีความสัมพันธ์กันกับความสกปรกของน้ำ กล่าวคือ หากน้ำมีความสกปรกมาก ปริมาณของออกซิเจนละลายน้ำจะถูกใช้ย่อยสลายสารที่ทำให้เกิดความสกปรกเหล่านั้น ซึ่งถ้าหากน้ำสกปรกนี้มีจำนวนแบคทีเรียอยู่มาก แบคทีเรียก็ยิ่งต้องการใช้ออกซิเจนเพิ่มมากขึ้นไปอีกด้วย จึงส่งผลให้ออกซิเจนละลายน้ำมีปริมาณลดลงหรืออาจถูกใช้จนหมดไป ดังนั้นออกซิเจนละลายน้ำจึงเป็นดัชนีอย่างหนึ่งซึ่งใช้เป็นตัวบ่งชี้สภาวะหรือคุณภาพของน้ำได้ดี (อรทัย มิ่งธิพล, 2549)

3. ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (Biochemical Oxygen Demand: BOD) เป็นปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ชนิดที่สามารถย่อยสลายได้ หากสิ่งสกปรกมีอินทรียสารอยู่มากแล้วอาจทำให้ต้องย่อยสลายอินทรียสารมาก ซึ่งจะส่งผลให้ออกซิเจนละลายน้ำมีปริมาณลดลงไปด้วย ดังนั้นความสกปรกในรูปสารอินทรีย์จึงเป็นดัชนีที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งในการควบคุมสิ่งสกปรกในน้ำ โดยจะเป็นตัวบ่งชี้ให้เห็นถึงความรุนแรงของการปนเปื้อนของน้ำ หากแหล่งน้ำใดมีความสกปรกในรูปสารอินทรีย์สูงแล้ว จะแสดงให้เห็นว่าแหล่งน้ำนั้นมีปริมาณสารปนเปื้อนอยู่มาก ในแหล่งน้ำตามธรรมชาติควรมีความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ไม่เกิน 0.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งถ้าความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ของแหล่งน้ำใดมีค่าสูงเกินกว่า 10 มิลลิกรัมต่อลิตรแล้ว น้ำนั้นจะถูกจัดว่าเป็นน้ำเสีย (อรทัย มิ่งธิพล, 2549)

4. ไนเตรท (Nitrate: NO_3) เป็นสารที่เกิดจากการย่อยสลายสารไนไตรท์ (Nitrite) ซึ่งเกิดจากสารแอมโมเนีย (NH_3) ปริมาณไนเตรทแสดงถึงการสร้างโปรตีนของ

แพลงค์ตอนพืช ซึ่งเป็นสิ่งที่ใช้บ่งบอกกำลังการผลิตของแหล่งน้ำได้ นอกจากนี้การชะล้างปุ๋ยที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบยังทำให้เกิดไนเตรทได้อีกด้วย โดยทั่วไปแล้วน้ำผิวดินจะมีไนเตรทอยู่เป็นปริมาณที่น้อยมากจึงไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์ แต่หากพบว่ามีไนเตรทอยู่เป็นปริมาณมากแล้วเมื่อนำน้ำนั้นไปใช้ในการบริโภคก็จะเป็นพิษต่อสุขภาพร่างกายของมนุษย์ได้

5. แอมโมเนีย (Ammonia: NH_3) เป็นสารอย่างหนึ่งที่เป็นตัวบ่งชี้สภาพความสกปรกของแหล่งน้ำที่เกิดจากของเสียต่าง ๆ กล่าวคือหากแหล่งน้ำใดมีปริมาณแอมโมเนียอยู่เป็นจำนวนมากแล้วจะแสดงให้เห็นว่าแหล่งน้ำนั้นมีการปนเปื้อนของมลพิษมาก ซึ่งจะส่งผลต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในน้ำ

6. ฟีนอล (Phenol) การปนเปื้อนของฟีนอลสู่สิ่งแวดล้อมมักมีแหล่งกำเนิดมาจากภาคอุตสาหกรรม หากมีการปนเปื้อนของฟีนอลแล้ว จะทำให้เกิดอันตรายต่อระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อมซึ่งโทษของฟีนอลที่เกิดจากการสัมผัสจะทำให้เกิดการระคายเคือง อาจมีอาการวิงเวียนศีรษะ อาเจียน ท้องร่วง หรือหากได้รับฟีนอลเข้าทางปากแล้วจะทำให้เสียชีวิตได้ หรือหากร่างกายสะสมฟีนอลเป็นระยะเวลานานแล้ว จะทำให้เกิดอาการท้องร่วง ตับวาย และอาจก่อให้เกิดโรคมะเร็งได้ เป็นต้น

7. โลหะหนัก (Heavy Metal) ปริมาณโลหะหนักในน้ำเป็นดัชนีชี้วัดการควบคุมมาตรฐานของคุณภาพน้ำที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งเช่นกัน ตัวอย่างของโลหะหนักในน้ำ ได้แก่ ตะกั่ว (Lead) แคดเมียม (Cadmium) โครเมียม (Chromium) ปรอท (Mercury) นิคเกิล (Nickel) สังกะสี (Zinc) และทองแดง (Copper) เป็นต้น โลหะหนักเหล่านี้จะเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ได้ทางอาหาร น้ำ หรือผ่านการดูดซึมทางผิวหนังจากการสัมผัสในการทำการเกษตร กระบวนการผลิตทางเภสัชกรรม หรือกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม ซึ่งโลหะหนักเหล่านี้จะเป็นพิษต่อร่างกายเนื่องจากร่างกายไม่สามารถเผาผลาญได้จึงเกิดการสะสมในเนื้อเยื่อ (การประปานครหลวง, ม.ป.ป.)

8. ไซยาไนด์ (Cyanide) เป็นสารประกอบที่สามารถไปรวมกับธาตุหรือสารประกอบอื่น ๆ ที่เป็นพิษต่อร่างกายได้ง่าย โดยทั่วไปสารประกอบไซยาไนด์แบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือสารอนินทรีย์ไซยาไนด์ (Inorganic Cyanide) และกลุ่มสารอินทรีย์ไซยาไนด์ (Organic Cyanide) ซึ่งสารประกอบไซยาไนด์ทั้ง 2 กลุ่มนี้ สามารถเข้าสู่ร่างกายได้ทั้งทางการหายใจ การกิน และการซึมผ่านผิวหนัง หากได้รับไซยาไนด์เข้าไปเป็นปริมาณมากจะทำให้ระงับการเจริญเติบโตหรืออาจยับยั้งการหายใจในระดับเซลล์และทำให้เซลล์ตายได้

9. ไดคลอโรไดฟีนิลไตรคลอโรอีเทน (Dichloro-Diphenyl-Trichloroethane: DDT) เป็นยาฆ่าแมลงประเภทสารสังเคราะห์ออร์กาโนคลอรีน หากมีไดคลอโรไดฟีนิลไตรคลอโร-อีเทนตกค้างเป็นระยะเวลานานจะทำให้เกิดปัญหาสารพิษตกค้างสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งถ้าร่างกายคน

ได้รับไดคลอโรไดฟีนิลไตรคลอโรอีเทนเข้าไปแล้วจะไปสะสมอยู่ในไขมัน ไต ตับ หัวใจ ประสาท และสมอง โดยจะไปทำลายระบบภูมิคุ้มกัน อีกทั้งยังเป็นสารก่อมะเร็งในผู้ใหญ่และทำให้เด็กมีสมาธิสั้นลงอีกด้วย

1.3.3 พารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำทางชีวภาพ

ในน้ำจะมีสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดเล็กซึ่งไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ได้แก่ พวกจุลินทรีย์ต่าง ๆ ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้อาจมีความสำคัญหรือในบางครั้งอาจเป็นอันตรายต่อระบบนิเวศได้ ดังนั้นปริมาณและชนิดของจุลินทรีย์ จึงสามารถใช้เป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพของน้ำได้ เพราะถ้าหากมีปริมาณจุลินทรีย์บางชนิดมากจนเกินไปแล้วอาจเป็นอันตรายต่อมนุษย์ได้ ซึ่งลักษณะที่แสดงคุณภาพน้ำทางชีวภาพมีดังนี้

1. แบคทีเรีย (Bacteria) เป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำที่ได้รับความนิยมมากที่สุด เนื่องจากในน้ำจะมีแบคทีเรียกระจายอยู่ซึ่งแบคทีเรียเหล่านี้มักจะทำให้เกิดโรคหลายชนิด เช่น อหิวาตกโรค ไข้รากสาด โปลิโอ ไวรัสตับอักเสบ บิด และโรคเกี่ยวกับทางเดินอาหาร เป็นต้น สำหรับกลุ่มแบคทีเรียที่นิยมศึกษาเพื่อใช้วัดคุณภาพน้ำ ได้แก่ แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม (Coliform Bacteria) และแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria) เนื่องจากเป็นกลุ่มของแบคทีเรียที่พบได้ในทางเดินอาหารของสัตว์เลือดอุ่น และไม่พบในน้ำสะอาด อีกทั้งยังเป็นแบคทีเรียที่สามารถตรวจสอบได้ง่ายอีกด้วย

2. โปรโตซัว (Protozoa) เป็นสัตว์เซลล์เดียว (Single Cell) ที่ไม่มีผนังเซลล์ โปรโตซัวมีประโยชน์คือทำให้น้ำสะอาดขึ้น เนื่องจากโปรโตซัวจะใช้แบคทีเรียและจุลินทรีย์เป็นอาหาร

3. พืชและสัตว์ที่อาศัยอยู่ในน้ำ เป็นสัตว์น้ำที่มีขนาดเล็กซึ่งต้องขยายด้วยกล้องจุลทรรศน์จึงจะสามารถมองเห็นได้ รวมทั้งตัวหนอน (Worm) และสัตว์น้ำที่มีกระดอง (Macroscopic Crustaceans) ซึ่งสิ่งมีชีวิตที่มีผลต่อสภาวะของแหล่งน้ำและสุขอนามัยของมนุษย์มากที่สุดคือ พยาธิ (Helminthes) หากมีปริมาณของพยาธิมากจะก่อให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์ เช่น พยาธิในกล้ามเนื้อหรือพยาธิตัวจี๊ด (Trichinas) ที่เป็นสาเหตุของโรคกล้ามเนื้อล้า (Trichinosis) เป็นต้น

1.4 มาตรฐานคุณภาพน้ำ

คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติได้กำหนดมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อมตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 มาตราที่ 32 เพื่อเป็นเป้าหมายในการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม ซึ่งการกำหนดมาตรฐาน

คุณภาพสิ่งแวดล้อมจะต้องอาศัยหลักวิชาการ และหลักการทางวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐาน โดยจะต้องคำนึงถึงความเป็นไปได้ในเชิงเศรษฐกิจ สังคม และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง วัตถุประสงค์ของมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม มีดังนี้

1. เพื่อควบคุมและรักษาคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำให้เหมาะสมกับการใช้ประโยชน์และมีความปลอดภัยต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน

2. เพื่ออนุรักษ์ทรัพยากรและสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ

สำหรับมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินจัดเป็นมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อมอย่างหนึ่ง ซึ่งให้คำจำกัดความของ “แหล่งน้ำผิวดิน” ว่าหมายถึง แม่น้ำ ลำคลอง หนอง บึง ทะเลสาบ อ่างเก็บน้ำ และแหล่งน้ำสาธารณะอื่น ๆ ที่อยู่ภายในผืนแผ่นดิน จึงหมายความรวมถึงแหล่งน้ำสาธารณะที่อยู่ภายในผืนแผ่นดินบนเกาะ แต่ไม่รวมถึงน้ำบาดาล และในกรณีที่แหล่งน้ำนั้นอยู่ติดกับทะเลให้หมายความถึงแหล่งน้ำที่อยู่ภายในปากแม่น้ำหรือปากทะเลสาบ (คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2537)

สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เป็นหน่วยงานที่จัดทำนโยบายและแผนหลักการส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการจัดการมลพิษทางน้ำ โดยทำการกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินและกำหนดประเภทของแหล่งน้ำผิวดิน ซึ่งพิจารณาจากการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำในด้านต่าง ๆ (คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2537) ประเภทของแหล่งน้ำผิวดินแบ่งออกได้เป็น 5 ประเภท ดังนี้

1. แหล่งน้ำประเภทที่ 1 ได้แก่ แหล่งน้ำที่คุณภาพน้ำมีสภาพตามธรรมชาติโดยปราศจากน้ำทิ้งจากกิจกรรมทุกประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

1.1 การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติก่อน

1.2 การขยายพันธุ์ตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตระดับพื้นฐาน

1.3 การอนุรักษ์ระบบนิเวศน์ของแหล่งน้ำ

2. แหล่งน้ำประเภทที่ 2 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

2.1 การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน

2.2 การอนุรักษ์สัตว์น้ำ

2.3 การประมง

2.4 การว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ

3. แหล่งน้ำประเภทที่ 3 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

3.1 การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบทั่วไปก่อน

3.2 การเกษตร

4. แหล่งน้ำประเภทที่ 4 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

4.1 การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน

4.2 การอุตสาหกรรม

5. แหล่งน้ำประเภทที่ 5 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการคมนาคม

ดังนั้นการตรวจสอบคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินด้วยดัชนีต่าง ๆ ที่ใช้เป็นตัวบ่งชี้วัดคุณภาพน้ำ ซึ่งถูกกำหนดให้เป็นเกณฑ์มาตรฐาน (กรมควบคุมมลพิษ, 2553) แสดงได้ดังตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำผิวดิน

ดัชนีคุณภาพน้ำ[1/]	หน่วย	ค่าทางสถิติ	เกณฑ์กำหนด[2/] สูงสุดตามการแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์					วิธีการตรวจสอบ
			ประเภท 1	ประเภท 2	ประเภท 3	ประเภท 4	ประเภท 5	
1. สีกลิ่นและรส (Color, Odour and Taste)	-	-	ธ	ธ	ธ	ธ	-	-
2. อุณหภูมิ (Temperature)	^{o}C	-	ธ	ธ'	ธ'	ธ'	-	-
3. ความเป็นกรดและด่าง (pH)	-	-	ธ	5.0-9.0	5.0-9.0	5.0-9.0	-	เครื่องวัดความเป็นกรดและด่างของน้ำ (pH meter) ตามวิธีหาค่าแบบ Electrometric
4. ออกซิเจนละลายน้ำ (DO)	mg/l	P20	ธ	ไม่น้อยกว่า 6.0	ไม่น้อยกว่า 4.0	ไม่น้อยกว่า 2.0	-	Azide Modification
5. ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (BOD)	mg/l	P80	ธ	ไม่เกิน 1.5	ไม่เกิน 2.0	ไม่เกิน 4.0	-	Azide Modification ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 วันติดต่อกัน
6. แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (TCB)	MPN/100 ml	P80	ธ	ไม่เกิน 5,000	ไม่เกิน 20,000	ไม่เกิน 20,000	-	Multiple Tube Fermentation Technique
7. แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (FCB)	MPN/100 ml	P80	ธ	ไม่เกิน 1,000	ไม่เกิน 4,000	ไม่เกิน 4,000	-	Multiple Tube Fermentation Technique
8. ไนเตรท-ไนโตรเจน(NO_3 - N)	mg/l	-	ธ	ไม่เกิน 5.0	ไม่เกิน 5.0	ไม่เกิน 5.0	-	Cadmium Reduction
9. แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3 - N)	mg/l	-	ธ	ไม่เกิน 0.5	ไม่เกิน 0.5	ไม่เกิน 0.5	-	Distillation Nesslerization
10. ฟีนอล (Phenols)	mg/l	-	ธ	ไม่เกิน 0.005	ไม่เกิน 0.005	ไม่เกิน 0.005	-	Distillation, 4-Amino antipyrene
11. ทองแดง (Cu)	mg/l	-	ธ	ไม่เกิน 0.1	ไม่เกิน 0.1	ไม่เกิน 0.1	-	Atomic Absorption -Direct Aspiration
12. นิคเกิล (Ni)	mg/l	-	ธ	ไม่เกิน 0.1	ไม่เกิน 0.1	ไม่เกิน 0.1	-	Atomic Absorption -Direct Aspiration

ตารางที่ 2-1 (ต่อ)

ดัชนีคุณภาพน้ำ[1/]	หน่วย	ค่าทางสถิติ	เกณฑ์กำหนด[2/] สูงสุดตามการแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์					วิธีการตรวจสอบ
			ประเภท 1	ประเภท 2	ประเภท 3	ประเภท 4	ประเภท 5	
13. แมงกานีส (Mn)	mg/l	-	ธ	ไม่เกิน 1.0	ไม่เกิน 1.0	ไม่เกิน 1.0	-	Atomic Absorption -Direct Aspiration
14. สังกะสี (Zn)	mg/l	-	ธ	ไม่เกิน 1.0	ไม่เกิน 1.0	ไม่เกิน 1.0	-	Atomic Absorption -Direct Aspiration
15. แคดเมียม (Cd)	mg/l	-	ธ	ไม่เกิน 0.005*, 0.05**	ไม่เกิน 0.005*, 0.05**	ไม่เกิน 0.005*, 0.05**	-	Atomic Absorption -Direct Aspiration
16. โครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเล้นท์ (Cr Hexavalent)	mg/l	-	ธ	ไม่เกิน 0.05	ไม่เกิน 0.05	ไม่เกิน 0.05	-	Atomic Absorption -Direct Aspiratio
17. ตะกั่ว (Pb)	mg/l	-	ธ	ไม่เกิน 0.05	ไม่เกิน 0.05	ไม่เกิน 0.05	-	Atomic Absorption -Direct Aspiration
18. ปรอททั้งหมด (Total Hg)	mg/l	-	ธ	ไม่เกิน 0.002	ไม่เกิน 0.002	ไม่เกิน 0.002	-	Atomic Absorption-Cold Vapour Technique
19. สารหนู (As)	mg/l	-	ธ	ไม่เกิน 0.01	ไม่เกิน 0.01	ไม่เกิน 0.01	-	Atomic Absorption -Direct Aspiration
20. ไซยาไนด์ (Cyanide)	mg/l	-	ธ	ไม่เกิน 0.005	ไม่เกิน 0.005	ไม่เกิน 0.005	-	Pyridine-Barbituric Acid
21. กัมมันตภาพรังสี (Radioactivity) -ค่ารังสีแอลฟา (Alpha) -ค่ารังสีเบตา (Beta)	Bq/l	-	ธ	ไม่เกิน 0.1, 1.0	ไม่เกิน 0.1, 1.0	ไม่เกิน 0.1, 1.0	-	Gas-Chromatography

ตารางที่ 2-1 (ต่อ)

ดัชนีคุณภาพน้ำ[1/]	หน่วย	ค่าทางสถิติ	เกณฑ์กำหนด[2/] สูงสุดตามการแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์					วิธีการตรวจสอบ
			ประเภท 1	ประเภท 2	ประเภท 3	ประเภท 4	ประเภท 5	
22. สารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ชนิดที่มีคลอรีนทั้งหมด (Total Organochlorine Pesticides)	mg/l	-	ธ	ไม่เกิน 0.05	ไม่เกิน 0.05	ไม่เกิน 0.05	-	Gas-Chromatography
23. ดีดีที (DDT)	µg/l	-	ธ	ไม่เกิน 1.0	ไม่เกิน 1.0	ไม่เกิน 1.0	-	Gas-Chromatography
24. บีเอชซีชนิดแอลฟา (Alpha-BHC)	µg/l	-	ธ	ไม่เกิน 0.02	ไม่เกิน 0.02	ไม่เกิน 0.02	-	Gas-Chromatography
25. ดิลดริน (Dieldrin)	µg/l	-	ธ	ไม่เกิน 0.1	ไม่เกิน 0.1	ไม่เกิน 0.1	-	Gas-Chromatography
26. อัลดริน (Aldrin)	µg/l	-	ธ	ไม่เกิน 0.1	ไม่เกิน 0.1	ไม่เกิน 0.1	-	Gas-Chromatography
27. เฮปตาคลอร์และเฮปตาคลอร์-อีปอกไซด์ (Heptachor& Heptachlorepoxide)	µg/l	-	ธ	ไม่เกิน 0.2	ไม่เกิน 0.2	ไม่เกิน 0.2	-	Gas-Chromatography
28. เอนดริน (Endrin)	µg/l	-	ธ	ไม่สามารถตรวจพบได้ตามวิธีการตรวจสอบที่กำหนด	ไม่สามารถตรวจพบได้ตามวิธีการตรวจสอบที่กำหนด	ไม่สามารถตรวจพบได้ตามวิธีการตรวจสอบที่กำหนด	-	Gas-Chromatography

(กรมควบคุมมลพิษ, 2553)

หมายเหตุ

ธ	หมายถึง	เป็นไปตามธรรมชาติ
ธ’	หมายถึง	อุณหภูมิของน้ำจะต้องไม่สูงกว่าอุณหภูมิตามธรรมชาติเกิน 3 $^{\circ}C$
*	หมายถึง	น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ $CaCO_3$ ไม่เกิน 100 mg/l
**	หมายถึง	น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ $CaCO_3$ มากกว่า 100 mg/l
-	หมายถึง	ไม่ได้กำหนด
P 20	หมายถึง	ค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 20 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บมาตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง
P 80	หมายถึง	ค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 80 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บมาตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง
MPN	หมายถึง	Most Probable Number

ส่วนวิธีการตรวจสอบเป็นไปตามวิธีการมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย Standard Methods for Examination of Water and Wastewater ซึ่ง APHA: American Public Health Association, AWWA : American Water Works Association และ WPCF : Water Pollution Control Federation ของสหรัฐอเมริกา ร่วมกันกำหนด

สำหรับการอ่านค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำผิวดินในตารางที่ 2-1 เป็นดังนี้

1. คุณภาพน้ำของแหล่งน้ำประเภทที่ 1 ต้องมีสภาพตามธรรมชาติ และสามารถใช้ประโยชน์ได้โดยเป็นไปตามธรรมชาติ

2. คุณภาพน้ำของแหล่งน้ำประเภทที่ 2 ต้องมีมาตรฐานดังต่อไปนี้

2.1 ไม่มีวัตถุหรือสิ่งของที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ซึ่งจะทำให้ สี กลิ่น และรสของน้ำเปลี่ยนไปตามธรรมชาติ

2.2 อุณหภูมิ มีค่าไม่สูงกว่าอุณหภูมิตามธรรมชาติเกิน 3 $^{\circ}C$

2.3 ความเป็นกรดและด่าง มีค่าอยู่ระหว่าง 5.0-9.0

2.4 ออกซิเจนละลายน้ำ มีค่าไม่น้อยกว่า 6.0 mg/l

2.5 ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ มีค่าไม่เกิน 1.5 mg/l

2.6 แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด มีค่าไม่เกิน 5,000 MPN/100 ml

2.7 แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม มีค่าไม่เกิน 1,000 MPN/100 ml

2.8 ไนเตรท-ไนโตรเจน มีค่าไม่เกิน 5.0 mg/l

2.9 แอมโมเนีย-ไนโตรเจน มีค่าไม่เกิน 0.5 mg/l

2.10 ฟีนอล มีค่าไม่เกิน 0.005 mg/l

2.11 ทองแดง มีค่าไม่เกิน 0.1 mg/l

2.12 นิคเกิล มีค่าไม่เกิน 0.1 mg/l

2.13 แมงกานีส มีค่าไม่เกิน 1.0 mg/l

2.14 สังกะสี มีค่าไม่เกิน 1.0 mg/l

2.15 แคดเมียม ในน้ำซึ่งมีความกระด้างในรูปของ $CaCO_3$ ไม่เกิน 100 mg/l มีค่าไม่เกิน 0.005 mg/l ส่วนในน้ำซึ่งมีความกระด้างในรูปของ $CaCO_3$ มากกว่า 100 mg/l มีค่าไม่เกิน 0.05 mg/l

2.16 โครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเล้นท์ มีค่าไม่เกิน 0.05 mg/l

2.17 ตะกั่ว มีค่าไม่เกิน 0.05 mg/l

2.18 ปรอททั้งหมด มีค่าไม่เกิน 0.002 mg/l

2.19 สารหนู มีค่าไม่เกิน 0.01 mg/l

2.20 ไซยาไนด์ มีค่าไม่เกิน 0.005 mg/l

2.21 กัมมันตภาพรังสี โดยมีค่ารังสีแอลฟาไม่เกิน 0.1 Bq/l และรังสีเบตาไม่เกิน 1.0 Bq/l

2.22 สารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ชนิดที่มีคลอรีนทั้งหมด มีค่าไม่เกิน 0.05 mg/l

2.23 ดีดีที มีค่าไม่เกิน 1.0 µg/l

2.24 บีเอชซีชนิดแอลฟา มีค่าไม่เกิน 0.02 µg/l

2.25 ดิลดริน มีค่าไม่เกิน 0.1 µg/l

2.26 อัลดริน มีค่าไม่เกิน 0.1 µg/l

2.27 เฮปตาคลอร์และเฮปตาคลอร์อีปอกไซด์ มีค่าไม่เกิน 0.2 µg/l

2.28 เอนดริน ไม่สามารถตรวจพบได้ตามวิธีการตรวจสอบที่กำหนด

3. คุณภาพน้ำของแหล่งน้ำประเภทที่ 3 ต้องมีมาตรฐานตามคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำประเภทที่ 2 โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 ไม่มีวัตถุหรือสิ่งของที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ซึ่งจะทำให้ สี กลิ่น และรสของน้ำเปลี่ยนไปตามธรรมชาติ

3.2 อุณหภูมิ มีค่าไม่สูงกว่าอุณหภูมิตามธรรมชาติเกิน 3 $^{\circ}C$

3.3 ความเป็นกรดและด่าง มีค่าอยู่ระหว่าง 5.0-9.0

3.4 ออกซิเจนละลายน้ำ มีค่าไม่น้อยกว่า 4.0 mg/l

3.5 ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ มีค่าไม่เกิน 2.0 mg/l

3.6 แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด มีค่าไม่เกิน 20,000 MPN/100 ml

3.7 แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม มีค่าไม่เกิน 4,000 MPN/100 ml

3.8 ไนเตรท-ไนโตรเจน มีค่าไม่เกิน 5.0 mg/l

3.9 แอมโมเนีย-ไนโตรเจน มีค่าไม่เกิน 0.5 mg/l

3.10 ฟีนอล มีค่าไม่เกิน 0.005 mg/l

3.11 ทองแดง มีค่าไม่เกิน 0.1 mg/l

3.12 นิคเกิล มีค่าไม่เกิน 0.1 mg/l

3.13 แมงกานีส มีค่าไม่เกิน 1.0 mg/l

3.14 สังกะสี มีค่าไม่เกิน 1.0 mg/l

3.15 แคดเมียม ในน้ำซึ่งมีความกระด้างในรูปของ $CaCO_3$ ไม่เกิน 100 mg/l มีค่าไม่เกิน 0.005 mg/l ส่วนในน้ำซึ่งมีความกระด้างในรูปของ $CaCO_3$ มากกว่า 100 mg/l มีค่าไม่เกิน 0.05 mg/l

3.16 โครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเล้นท์ มีค่าไม่เกิน 0.05 mg/l

3.17 ตะกั่ว มีค่าไม่เกิน 0.05 mg/l

3.18 ปรอททั้งหมด มีค่าไม่เกิน 0.002 mg/l

3.19 สารหนู มีค่าไม่เกิน 0.01 mg/l

3.20 ไซยาไนด์ มีค่าไม่เกิน 0.005 mg/l

3.21 กัมมันตภาพรังสี โดยมีค่ารังสีแอลฟาไม่เกิน 0.1 Bq/l และรังสีเบตาไม่เกิน 1.0 Bq/l

3.22 สารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ชนิดที่มีคลอรีนทั้งหมด มีค่าไม่เกิน 0.05 mg/l

3.23 ดีดีที มีค่าไม่เกิน 1.0 µg/l

3.24 บีเอชซีชนิดแอลฟา มีค่าไม่เกิน 0.02 µg/l

3.25 ดิลดริน มีค่าไม่เกิน 0.1 µg/l

3.26 อัลดริน มีค่าไม่เกิน 0.1 µg/l

3.27 เฮปตาคลอร์และเฮปตาคลอร์อีปอกไซด์ มีค่าไม่เกิน 0.2 µg/l

3.28 เอนดริน ไม่สามารถตรวจพบได้ตามวิธีการตรวจสอบที่กำหนด

4. คุณภาพน้ำของแหล่งน้ำประเภทที่ 4 ต้องมีมาตรฐานตามคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำประเภทที่ 3 โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 ไม่มีวัตถุหรือสิ่งของที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ซึ่งจะทำให้ สี กลิ่น และรสของน้ำเปลี่ยนไปตามธรรมชาติ

4.2 อุณหภูมิ มีค่าไม่สูงกว่าอุณหภูมิตามธรรมชาติเกิน 3 $^{\circ}C$

4.3 ความเป็นกรดและด่าง มีค่าอยู่ระหว่าง 5.0-9.0

4.4 ออกซิเจนละลายน้ำ มีค่าไม่น้อยกว่า 2.0 mg/l

4.5 ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ มีค่าไม่เกิน 4.0 mg/l

4.6 แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด มีค่าไม่เกิน 20,000 MPN/100 ml

4.7 แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม มีค่าไม่เกิน 4,000 MPN/100 ml

4.8 ไนเตรท-ไนโตรเจน มีค่าไม่เกิน 5.0 mg/l

4.9 แอมโมเนีย-ไนโตรเจน มีค่าไม่เกิน 0.5 mg/l

4.10 ฟีนอล มีค่าไม่เกิน 0.005 mg/l

4.11 ทองแดง มีค่าไม่เกิน 0.1 mg/l

4.12 นิคเกิล มีค่าไม่เกิน 0.1 mg/l

4.13 แมงกานีส มีค่าไม่เกิน 1.0 mg/l

4.14 สังกะสี มีค่าไม่เกิน 1.0 mg/l

4.15 แคดเมียม ในน้ำซึ่งมีความกระด้างในรูปของ $CaCO_3$ ไม่เกิน 100 mg/l

มีค่าไม่เกิน 0.005 mg/l ส่วนในน้ำซึ่งมีความกระด้างในรูปของ $CaCO_3$ มากกว่า 100 mg/l มีค่าไม่เกิน 0.05 mg/l

4.16 โครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเล้นท์ มีค่าไม่เกิน 0.05 mg/l

4.17 ตะกั่ว มีค่าไม่เกิน 0.05 mg/l

4.18 ปรอททั้งหมด มีค่าไม่เกิน 0.002 mg/l

4.19 สารหนู มีค่าไม่เกิน 0.01 mg/l

4.20 ไซยาไนด์ มีค่าไม่เกิน 0.005 mg/l

4.21 กัมมันตภาพรังสี โดยมีค่ารังสีแอลฟาไม่เกิน 0.1 Bq/l และรังสีเบตาไม่เกิน 1.0 Bq/l

4.22 สารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ชนิดที่มีคลอรีนทั้งหมด มีค่าไม่เกิน 0.05 mg/l

4.23 ดีดีที มีค่าไม่เกิน 1.0 µg/l

4.24 บีเอชซีชนิดแอลฟา มีค่าไม่เกิน 0.02 µg/l

4.25 ดิลดริน มีค่าไม่เกิน 0.1 µg/l

4.26 อัลดริน มีค่าไม่เกิน 0.1 µg/l

4.27 เฮปตาคลอร์และเฮปตาคลอร์อีปอกไซด์ มีค่าไม่เกิน 0.2 µg/l

4.28 เอนดริน ไม่สามารถตรวจพบได้ตามวิธีการตรวจสอบที่กำหนด

5. คุณภาพน้ำของแหล่งน้ำประเภทที่ 5 จะมีมาตรฐานต่ำกว่าคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำประเภทที่ 4

1.5 ดัชนีคุณภาพน้ำ (สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ, 2559)

น้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีการนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ การทราบสภาวะหรือสถานภาพของแหล่งน้ำว่ามีคุณภาพอยู่ในระดับใดจึงเป็นสิ่งสำคัญที่นำไปสู่การใช้ประโยชน์ การอนุรักษ์ และการดูแลแหล่งน้ำได้อย่างเหมาะสม เนื่องจากพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำมีอยู่เป็นจำนวนมากประกอบกับเป็นเรื่องยากสำหรับบุคคลทั่วไปที่ไม่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาตร์จะสามารถทำความเข้าใจได้ ดัชนีคุณภาพน้ำ (Water Quality Index: WQI) จึงถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือที่เป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำ โดยจะถูกทำให้อยู่ในรูปที่สามารถอธิบายคุณภาพน้ำได้ง่ายขึ้น การใช้ดัชนีคุณภาพน้ำหรือ WQI ในการแสดงถึงสถานการณ์ของคุณภาพน้ำโดยรวม จะพิจารณาจากพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำ 5 ตัวได้แก่ ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen: DO) ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (Biochemical Oxygen Demand: BOD) แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม

ทั้งหมด (Total Coliform Bacteria: TCB) แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria: FCB) และแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3 - N)

ขั้นตอนการคำนวณดัชนีคุณภาพน้ำมีรายละเอียด ดังนี้

1. คำนวณคะแนนของพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำแต่ละตัว โดยที่

1.1 สมการของการคำนวณคะแนนค่า DO แสดงดังตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 สมการของการคำนวณคะแนนค่า DO

ค่า DO (mg/l)	**สมการของการคำนวณคะแนน**
0.0 - 4.0	คะแนน = [15.25 × (ค่า DO)]+0.1667
4.1 - 6.0	คะแนน = [5 × (ค่า DO)]+41
6.1 - 8.4	คะแนน = [12.083 × (ค่า DO)] − 1.5
8.5 - 8.9	คะแนน = [–78 × (ค่า DO)]+755.2
9.0 - 11.2	คะแนน = [–13.043 × (ค่า DO)]+177.09
11.3 - (≥ 15.3)	คะแนน = [–7.561 × (ค่า DO)]+115.68

1.2 สมการของการคำนวณคะแนนค่า BOD แสดงดังตารางที่ 2-3

ตารางที่ 2-3 สมการของการคำนวณคะแนนค่า BOD

ค่า BOD (mg/l)	**สมการของการคำนวณคะแนน**
0.0 - 1.5	คะแนน = [–19.333 × (ค่า BOD)]+100
1.6 - 2.0	คะแนน = [–20 × (ค่า BOD)]+101
2.1 - 4.0	คะแนน = [–15 × (ค่า BOD)]+91
4.1 - (≥ 8.8)	คะแนน = [–6.4583 × (ค่า BOD)]+56.833

1.3 สมการของการคำนวณคะแนนค่า TCB แสดงดังตารางที่ 2-4

ตารางที่ 2-4 สมการของการคำนวณคะแนนค่า TCB

ค่า TCB (MPN/100ml)	**สมการของการคำนวณคะแนน**
0.0 - 5,000	คะแนน = [–0.0058 × (ค่า TCB)]+100
5,001 - 20,000	คะแนน = [–0.0007 × (ค่า TCB)]+74.333
20,001 - 160,000	คะแนน = [–0.0002 × (ค่า TCB)]+65.286
>160,000	คะแนน = [–0.000008 × (ค่า TCB)]+32.292

1.4 สมการของการคำนวณคะแนนค่า FCB แสดงดังตารางที่ 2-5

ตารางที่ 2-5 สมการของการคำนวณคะแนนค่า FCB

ค่า FCB (MPN/100ml)	**สมการของการคำนวณคะแนน**
0.0 - 1,000	คะแนน = [–0.029 × (ค่า FCB)]+100
1,001 - 4,000	คะแนน = [–0.0033 × (ค่า FCB)]+74.333
4,001 - 90,000	คะแนน = [–0.0003 × (ค่า FCB)]+62.395
>90,000	คะแนน = [–0.00001 × (ค่า FCB)]+32.208

1.5 สมการของการคำนวณคะแนนค่า NH_3 แสดงดังตารางที่ 2-6

ตารางที่ 2-6 สมการของการคำนวณคะแนนค่า NH_3

ค่า NH_3 (mg/l)	**สมการของการคำนวณคะแนน**
0.0 - 0.22	คะแนน = [–131.82 × (ค่า NH_3)]+100
0.23 - 0.50	คะแนน = [–35.714 × (ค่า NH_3)]+78.857
0.51 - 1.83	คะแนน = [–22.556 × (ค่า NH_3)]+72.278
>1.83	คะแนน = [–6.1024 × (ค่า NH_3)]+42.167

2. กำหนดเกณฑ์คุณภาพน้ำ

2.1 เลือกพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำซึ่งมีเกณฑ์คุณภาพน้ำต่ำที่สุด ดังตารางที่ 2-7

ตารางที่ 2-7 เกณฑ์คุณภาพน้ำของพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำแต่ละตัว

พารามิเตอร์	**เกณฑ์คุณภาพน้ำ**			
DO	≥ 4.0 mg/l	2.5 - 3.9 mg/l	2.0 - 2.4 mg/l	0.0 - 1.9 mg/l
	ดี	พอใช้	เสื่อมโทรม	เสื่อมโทรมมาก
BOD	0.0 - 1.5 mg/l	1.6 - 2.0 mg/l	2.1 - 4.0 mg/l	≥ 4.1mg/l
	ดี	พอใช้	เสื่อมโทรม	เสื่อมโทรมมาก
TCB	0 - 5,000 MPN/100 ml	5,001 - 20,000 MPN/100 ml	≥ 20,001 MPN/100 ml	
	ดี	พอใช้	เสื่อมโทรม	
FCB	0 - 1,000 MPN/100 ml	1,001 - 4,000 MPN/100 ml	≥ 4,001 MPN/100 ml	
	ดี	พอใช้	เสื่อมโทรม	
NH_3	0.00 - 0.22 mg/l	0.22 - 0.50 mg/l	0.51 - 1.83 mg/l	≥ 1.84mg/l
	ดี	พอใช้	เสื่อมโทรม	เสื่อมโทรมมาก

2.2 หาเกณฑ์คุณภาพน้ำโดยรวม

โดยพิจารณาจากการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำทั้งหมด ดังตารางที่ 2-8

ตารางที่ 2-8 เกณฑ์คุณภาพน้ำโดยรวม

คะแนนเฉลี่ยของพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำทั้งหมด	**เกณฑ์คุณภาพน้ำ**
>70	ดี
61 – 70	พอใช้
31 – 60	เสื่อมโทรม
0 – 30	เสื่อมโทรมมาก

3. คำนวณคะแนนพิเศษ

โดยเลือกพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำซึ่งเกณฑ์คุณภาพน้ำต่ำที่สุดไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์คุณภาพน้ำโดยรวม ซึ่งคะแนนพิเศษแสดงดังตารางที่ 2-9

ตารางที่ 2-9 คะแนนพิเศษ

		เกณฑ์คุณภาพน้ำโดยรวม			
		ดี	**พอใช้**	**เสื่อมโทรม**	**เสื่อมโทรมมาก**
เกณฑ์คุณภาพน้ำต่ำที่สุด	**ดี**	0	10	15	20
	พอใช้	10	0	10	15
	เสื่อมโทรม	15	10	0	10
	เสื่อมโทรมมาก	20	15	10	0

4. คำนวณค่าดัชนีคุณภาพน้ำหรือ WQI

โดยพิจารณาจากผลต่างระหว่างคะแนนเฉลี่ยของพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำทั้งหมดและคะแนนพิเศษ นอกจากนี้ยังสามารถกำหนดเกณฑ์คุณภาพน้ำได้โดยพิจารณาจากค่าดัชนีคุณภาพน้ำหรือ WQI เทียบกับประเภทของแหล่งน้ำผิวดินตามมาตรฐานของสำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ (2559) ซึ่งแสดงดังตารางที่ 2-10

ตารางที่ 2-10 เกณฑ์คุณภาพน้ำของค่าดัชนีคุณภาพน้ำหรือ WQI

WQI	**เทียบได้กับมาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินประเภท**	**เกณฑ์คุณภาพน้ำ**
71 - 100	2	ดี
61 - 70	3	พอใช้
31 - 60	4	เสื่อมโทรม
0 - 30	5	เสื่อมโทรมมาก

สำหรับตัวอย่างการคำนวณค่าดัชนีคุณภาพน้ำหรือ WQI เช่น หน่วยงานแห่งหนึ่งต้องการกำหนดเกณฑ์คุณภาพน้ำของแหล่งน้ำแห่งหนึ่ง โดยพิจารณาจากค่าดัชนีคุณภาพน้ำหรือ WQI จึงทำการวัดค่าพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำทั้ง 5 ตัวซึ่งพบว่า

1) ออกซิเจนละลายน้ำหรือ DO มีค่า 3.8 มิลลิกรัมต่อลิตร

2) ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์หรือ BOD มีค่า 0.7 มิลลิกรัมต่อลิตร

3) แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดหรือ TCB มีค่า 160,000 เอ็ม.พี.เอ็น.ต่อ 100 มิลลิลิตร

4) แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มหรือ FCB มีค่า 17,000 เอ็ม.พี.เอ็น.ต่อ 100 มิลลิลิตร

5) แอมโมเนีย-ไนโตรเจนหรือ NH_3 - N มีค่า 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร

จึงสามารถคำนวณค่าดัชนีคุณภาพน้ำหรือ WQI และกำหนดเกณฑ์คุณภาพน้ำได้ตามขั้นตอนดังนี้

1. คำนวณคะแนนของพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำแต่ละตัว

1.1 คำนวณคะแนนค่า DO ตามตารางที่ 2-2

จะได้ค่า DO ดังนี้

$$\text{DO} = [15.25 \times (\text{ค่า DO})]+0.1667$$
$$= [15.25 \times 3.8]+0.1667$$
$$= 58.117 \approx 58 \text{ คะแนน}$$

1.2 คำนวณคะแนนค่า BOD ตามตารางที่ 2-3

จะได้ค่า BOD ดังนี้

$$\text{BOD} = [-19.333 \times (\text{ค่า BOD})]+100$$
$$= [-19.333 \times 0.7]+100$$
$$= 86.467 \approx 87 \text{ คะแนน}$$

1.3 คำนวณคะแนนค่า TCB ตามตารางที่ 2-4

จะได้ค่า TCB ดังนี้

$$\text{TCB} = [-0.0002 \times (\text{ค่า TCB})]+65.286$$
$$= [-0.0002 \times 160{,}000]+65.286$$
$$= 33.286 \approx 33 \text{ คะแนน}$$

1.4 คำนวณคะแนนค่า FCB ตามตารางที่ 2-5

จะได้ค่า FCB ดังนี้

$$\text{FCB} = [-0.0003 \times (\text{ค่า FCB})]+62.395$$
$$= [-0.0003 \times 17{,}000]+62.395$$
$$= 57.295 \approx 57 \text{ คะแนน}$$

1.5 คำนวณคะแนนค่า NH_3 ตามตารางที่ 2-6

จะได้ค่า NH_3 ดังนี้

$$NH_3 = [-131.82 \times (\text{ค่า } NH_3)]+100$$
$$= [-131.82 \times 0.2]+100$$
$$= 73.636 \approx 74 \text{ คะแนน}$$

2. กำหนดเกณฑ์คุณภาพน้ำ

2.1 เลือกพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำซึ่งมีเกณฑ์คุณภาพน้ำต่ำที่สุด

จากการพิจารณาค่าของพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำซึ่งมีเกณฑ์คุณภาพน้ำต่ำที่สุดตามดังตารางที่ 2-7 พบว่า พารามิเตอร์ซึ่งมีเกณฑ์คุณภาพน้ำต่ำที่สุดคือ แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดหรือ TCB และแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มหรือ FCB

จึงสามารถกำหนดเกณฑ์คุณภาพน้ำต่ำที่สุดซึ่งพิจารณาได้จากพารามิเตอร์ซึ่งมีเกณฑ์คุณภาพน้ำต่ำที่สุดโดยอยู่ในระดับเสื่อมโทรม

2.2 หาเกณฑ์คุณภาพน้ำโดยรวม

โดยต้องคำนวณคะแนนเฉลี่ยจากพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำแต่ละตัวในขั้นตอนที่ 1 ดังนี้

$$\text{คะแนนเฉลี่ย} = \frac{DO + BOD + TCB + FCB + NH_3}{5}$$

$$= \frac{58 + 87 + 33 + 57 + 74}{5}$$

$$= 61.8 \approx 62 \text{ คะแนน}$$

จากนั้นนำคะแนนเฉลี่ยของพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำทั้งหมดที่ได้นี้ไปเปรียบเทียบกับตารางที่ 2-8 พบว่า คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 62 คะแนน มีเกณฑ์คุณภาพน้ำอยู่ในระดับพอใช้

3. คำนวณคะแนนพิเศษ

เมื่อพิจารณาเกณฑ์คุณภาพน้ำของพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำแต่ละตัวซึ่งสามารถกำหนดเกณฑ์คุณภาพน้ำต่ำที่สุดได้ว่าอยู่ในระดับเสื่อมโทรมไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์คุณภาพน้ำโดยรวมที่มีเกณฑ์อยู่ในระดับพอใช้แล้วพบว่าได้คะแนนพิเศษเท่ากับ 10 คะแนน

4. คำนวณค่าดัชนีคุณภาพน้ำหรือ WQI

เมื่อพิจารณาผลต่างระหว่างคะแนนเฉลี่ยของพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำทั้งหมด (62 คะแนน) และคะแนนพิเศษ (10 คะแนน) พบว่ามีค่าเท่ากับ 52 คะแนน ดังนั้นจึงได้ว่าค่าดัชนีคุณภาพน้ำหรือ WQI มีค่าเท่ากับ 52 คะแนน

นอกจากนี้เมื่อนำค่าดัชนีคุณภาพน้ำหรือ WQI ที่ได้นั้นไปเทียบกับประเภทของแหล่งน้ำผิวดินตามมาตรฐาน พบว่าแหล่งน้ำนั้นเทียบได้กับมาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 4 ซึ่งมีเกณฑ์คุณภาพน้ำอยู่ในระดับเสื่อมโทรม

2. แหล่งน้ำในประเทศไทย

คณะกรรมการอุทกวิทยาแห่งชาติแบ่งลุ่มน้ำสำคัญโดยใช้ลักษณะของพื้นที่ของประเทศไทยได้เป็น 25 ลุ่มน้ำ ซึ่งแต่ละลุ่มน้ำยังแบ่งย่อยออกเป็นแม่น้ำสาขาได้อีกจำนวน 254 สาขา แผนที่แสดงกลุ่มลุ่มน้ำหลักของประเทศไทยแสดงได้ดังภาพที่ 2-1 ประเทศไทยมีพื้นที่ลุ่มน้ำรวมทั้งหมด 511,361 ตารางกิโลเมตร ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ยังไม่รวมพื้นที่ของเกาะต่าง ๆ ยกเว้นเกาะภูเก็ต กลุ่มลุ่มน้ำหลักของประเทศไทยประกอบด้วยกลุ่มลุ่มน้ำหลัก 9 แห่ง ซึ่งมีข้อมูลพื้นฐานแสดงดังตารางที่ 2-11

ตารางที่ 2-11 ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มลุ่มน้ำหลักของประเทศไทย

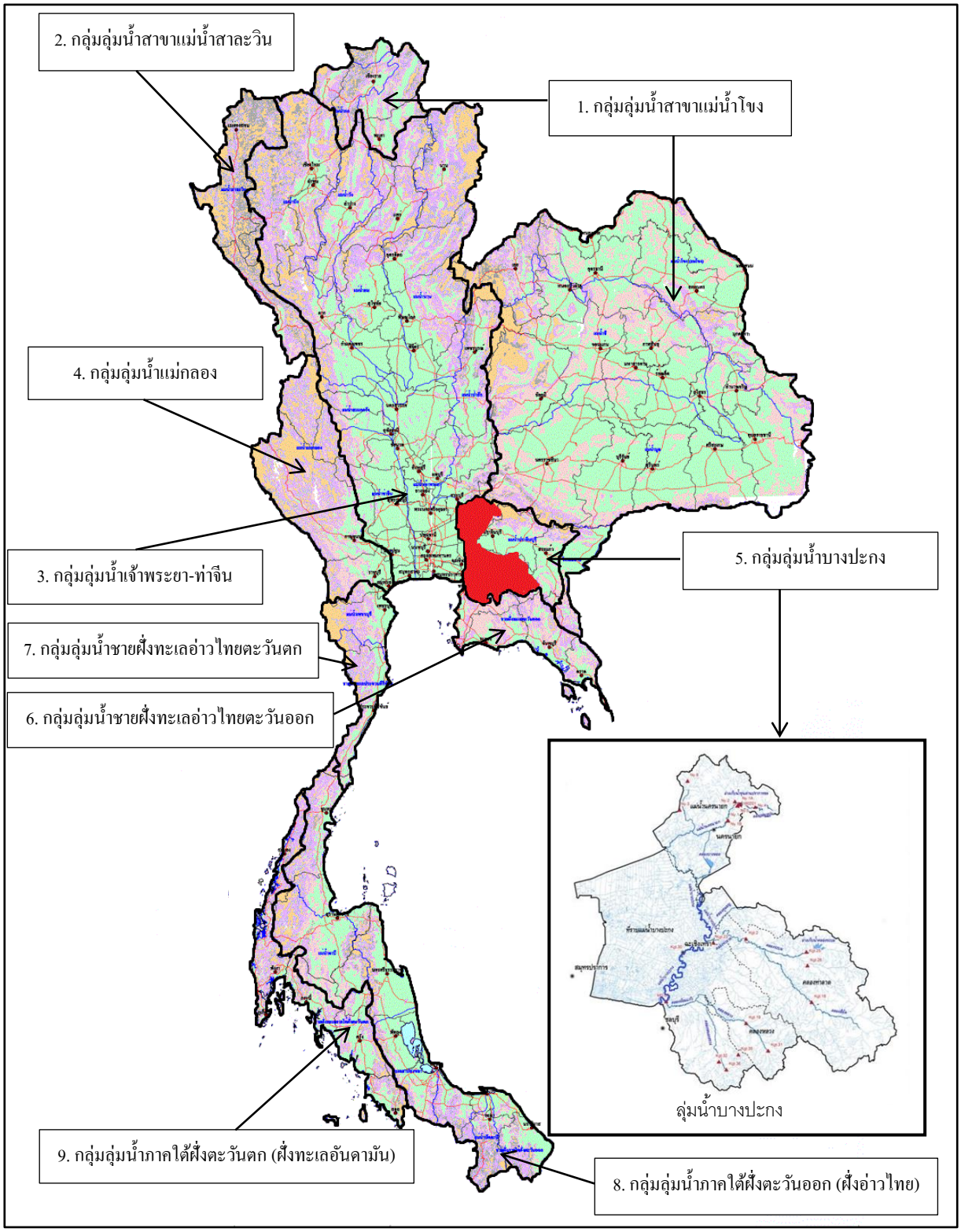
กลุ่มลุ่มน้ำหลัก	**พื้นที่ลุ่มน้ำรวม (ตารางกิโลเมตร)**	**ลุ่มน้ำหลัก**	**จำนวนแม่น้ำสาขา**
1. กลุ่มลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำโขง	188,645	ลุ่มน้ำโขง ลุ่มน้ำกก ลุ่มน้ำชี ลุ่มน้ำมูล ลุ่มน้ำโตนเลสาบ	95
2. กลุ่มลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำสาละวิน	17,918	ลุ่มน้ำสาละวิน	17
3. กลุ่มลุ่มน้ำเจ้าพระยา-ท่าจีน	157,925	ลุ่มน้ำปิง ลุ่มน้ำวัง ลุ่มน้ำยม ลุ่มน้ำน่าน ลุ่มน้ำสะแกกรัง ลุ่มน้ำป่าสัก ลุ่มน้ำเจ้าพระยา ลุ่มน้ำท่าจีน	70
4. กลุ่มลุ่มน้ำแม่กลอง	30,836	ลุ่มน้ำแม่กลอง	11
5. กลุ่มลุ่มน้ำบางปะกง	18,458	ลุ่มน้ำปราจีนบุรี ลุ่มน้ำบางปะกง	8

ตารางที่ 2-11 (ต่อ)

กลุ่มลุ่มน้ำหลัก	พื้นที่ลุ่มน้ำรวม (ตารางกิโลเมตร)	ลุ่มน้ำหลัก	จำนวนแม่น้ำสาขา
6. กลุ่มลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก	13,829	ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก	6
7. กลุ่มลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันตก	12,347	ลุ่มน้ำเพชรบุรี ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลประจวบคีรีขันธ์	8
8. กลุ่มลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก (ฝั่งอ่าวไทย)	50,930	ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลภาคใต้ฝั่งตะวันออก ลุ่มน้ำตาปี ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ลุ่มน้ำปัตตานี	26
9. กลุ่มลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก (ฝั่งอันดามัน)	20,473	ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลภาคใต้ฝั่งตะวันตก	13
รวม	511,361		254

(สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2555)

จากตารางที่ 2-11 กลุ่มลุ่มน้ำบางปะกงเป็นพื้นที่ลุ่มน้ำทางภาคตะวันออกของประเทศไทย ซึ่งมีพื้นที่ลุ่มน้ำรวม 18,458 ตารางกิโลเมตร โดยประกอบด้วยลุ่มน้ำหลัก 2 สาย คือ ลุ่มน้ำปราจีนบุรีและลุ่มน้ำบางปะกง และมีจำนวนแม่น้ำสาขา 8 สาขา



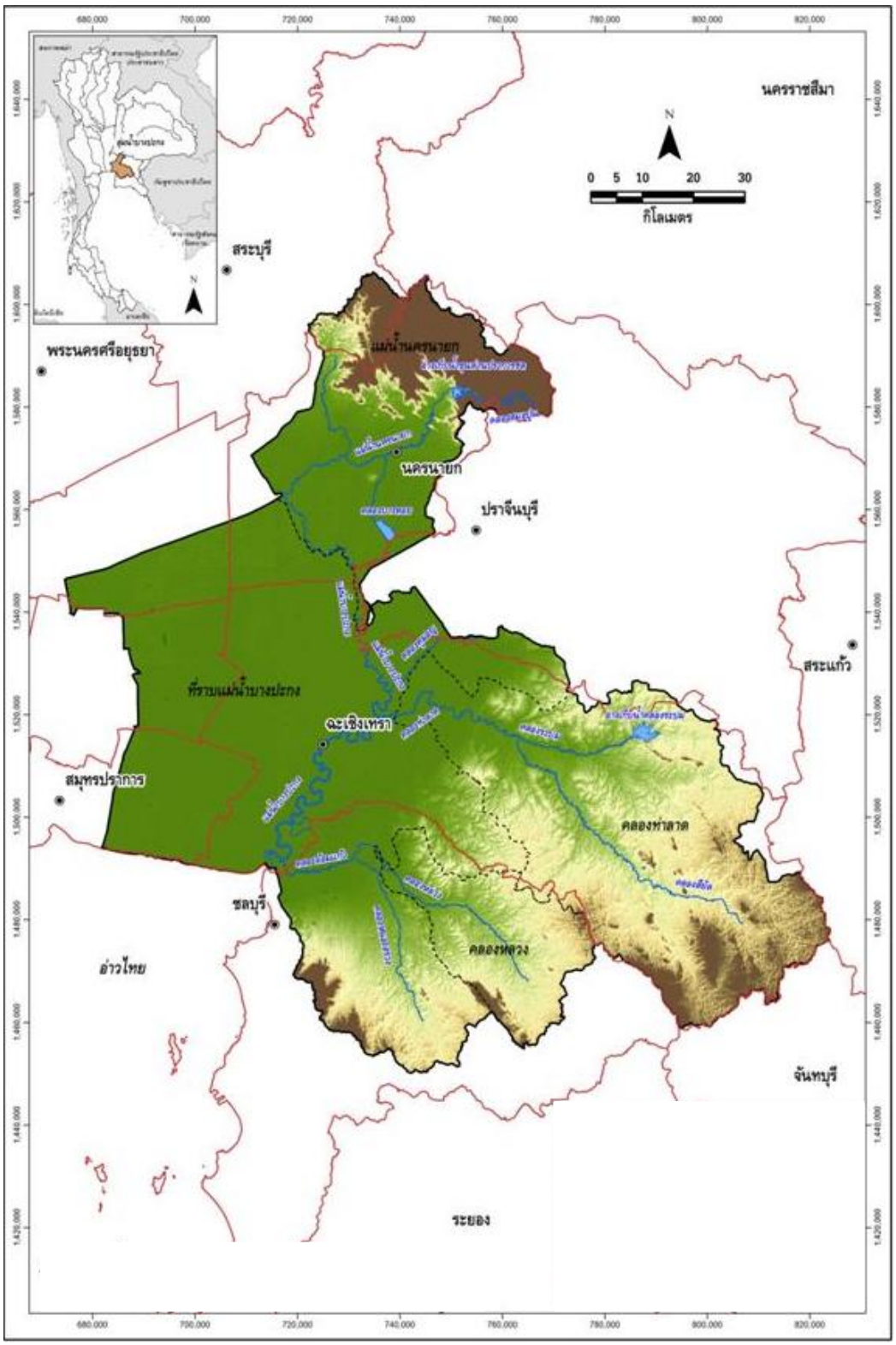
ภาพที่ 2-1 แผนที่แสดงกลุ่มลุ่มน้ำหลักของประเทศไทย (กรมทรัพยากรธรณี, 2559 และสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2548)

3. แม่น้ำบางปะกง

แม่น้ำบางปะกงเป็นแม่น้ำสายสำคัญสายหนึ่งที่ไหลลงสู่อ่าวไทยที่จังหวัดฉะเชิงเทรา โดยมีต้นกำเนิดจากแม่น้ำนครนายกและแม่น้ำปราจีนบุรีไหลมาบรรจบกันที่จังหวัดปราจีนบุรี แม่น้ำบางปะกงมีความยาวตลอดลำแม่น้ำ 122 กิโลเมตร โดยเป็นส่วนหนึ่งของลุ่มน้ำบางปะกง ซึ่งเป็นลุ่มน้ำที่มีความสำคัญมากในภาคตะวันออกของประเทศไทย ลุ่มน้ำบางปะกงมีพื้นที่รวมทั้งสิ้น 10,707.48 ตารางกิโลเมตร ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด 11 จังหวัด ได้แก่ กรุงเทพมหานคร จันทบุรี ฉะเชิงเทรา ชลบุรี นครนายก นครราชสีมา ปทุมธานี ปราจีนบุรี สมุทรปราการ สระแก้ว และสระบุรี (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2555) สภาพทั่วไปของลุ่มน้ำบางปะกงมีพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบ ทางเหนือมีเทือกเขาสูงซึ่งเป็นต้นกำเนิดของแม่น้ำนครนายก ทางตอนใต้และทางตะวันออกเฉียงใต้ของลุ่มน้ำมีเทือกเขาซึ่งเป็นแนวแบ่งเขตระหว่างจังหวัดชลบุรี ฉะเชิงเทรา และจันทบุรี จึงเป็นต้นกำเนิดของแม่น้ำสาขาสายต่าง ๆ ได้แก่ คลองใหญ่ คลองหลวง และคลองท่าลาด โดยแม่น้ำนครนายกมีทิศทางการไหลจากทิศเหนือลงมาทางทิศใต้และมาบรรจบกับแม่น้ำปราจีนบุรี ซึ่งไหลเข้ามาทางฝั่งซ้ายที่บริเวณเหนืออำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา ก่อนจะไหลลงทางใต้ผ่านที่ราบต่ำในเขตอำเภอบางคล้า และอำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา โดยจะไหลลงสู่อ่าวไทยที่อำเภอบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา

3.1 สภาพภูมิประเทศของแม่น้ำบางปะกง

แม่น้ำบางปะกงเป็นแม่น้ำสาขาสายหนึ่งของกลุ่มลุ่มน้ำบางปะกง โดยกลุ่มลุ่มน้ำบางปะกงนี้มีพื้นที่ลุ่มน้ำรวมทั้งหมด 18,458 ตารางกิโลเมตร แม่น้ำบางปะกงอยู่ในจังหวัดฉะเชิงเทรา ครอบคลุมอำเภอ 5 อำเภอ คือ อำเภอเมืองฉะเชิงเทรา อำเภอบางคล้า อำภอบางปะกง อำเภอบางน้ำเปรี้ยว และอำเภอบ้านโพธิ์ และอีก 1 กิ่งอำเภอคือกิ่งอำเภอคลองเขื่อน แม่น้ำบางปะกงมีอาณาเขตทางด้านทิศเหนือติดกับแม่น้ำนครนายก ทิศตะวันออกติดกับแม่น้ำปราจีนบุรีสายหลักตอนล่างและแม่น้ำคลองลาด ทิศใต้ติดกับลุ่มน้ำหลักชายฝั่งทะเลตะวันออกและอ่าวไทย ทิศตะวันตกติดกับลุ่มน้ำหลักเจ้าพระยา ซึ่งสภาพภูมิประเทศและแม่น้ำสาขาในลุ่มน้ำบางปะกงแสดงได้ดังภาพที่ 2-2



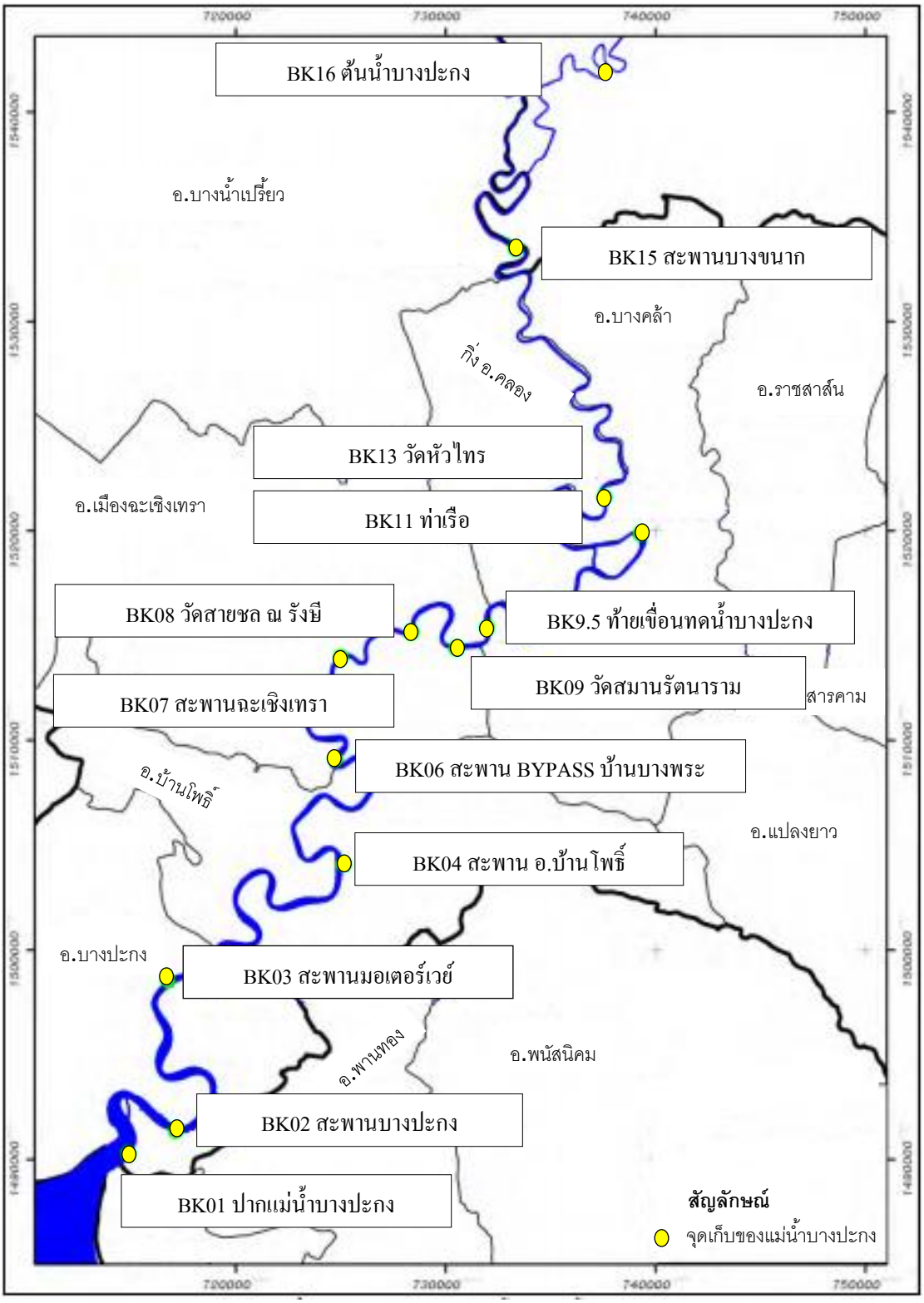
ภาพที่ 2-2 สภาพภูมิประเทศและแม่น้ำสาขาในลุ่มน้ำบางปะกง (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2559)

3.2 คุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง

คุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง พิจารณาได้จากการตรวจวัดพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพ จากจุดเก็บจำนวน 13 สถานี ซึ่งเริ่มตั้งแต่ BK01 บริเวณปากแม่น้ำบางปะกง อ.บางปะกง จ.ฉะเชิงเทรา จนถึง BK16 บริเวณต้นน้ำบางปะกง อ.บ้านสร้าง จ.ปราจีนบุรี โดยมีรายละเอียดลองจิจูด (Longitude) และละติจูด (Latitude) แสดงดังตารางที่ 2-12 และลักษณะพื้นที่ในการตรวจวัดคุณภาพน้ำของจุดเก็บในการตรวจวัดคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง แสดงดังภาพที่ 2-3

ตารางที่ 2-12 จุดเก็บในการตรวจวัดคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง

แหล่งน้ำ	จุดเก็บ	บริเวณ	ลองจิจูด	ละติจูด
แม่น้ำบางปะกง	BK01	ปากแม่น้ำบางปะกง อ.บางปะกง จ.ฉะเชิงเทรา	13.47299401050	100.98523319700
	BK02	สะพานบางปะกง อ.บางปะกง จ.ฉะเชิงเทรา	13.48239869630	101.00611664900
	BK03	สะพานมอเตอร์เวย์ อ.บางปะกง จ.ฉะเชิงเทรา	13.54706505980	101.00337850700
	BK04	สะพาน อ.บ้านโพธิ์ จ.ฉะเชิงเทรา	13.59680299670	101.08097768500
	BK06	สะพาน BY PASS บ้านบางพระ อ.เมือง จ.ฉะเชิงเทรา	13.64202251480	101.07789888700
	BK07	สะพานฉะเชิงเทรา อ.เมือง จ.ฉะเชิงเทรา	13.68620896630	101.08054130600
	BK08	วัดสายชล ณ รังษี อ.เมือง จ.ฉะเชิงเทรา	13.69673524640	101.11167026100
	BK09	วัดสมานรัตนาราม (เขื่อนทดน้ำบางปะกง) อ.เมือง จ.ฉะเชิงเทรา	13.69841002140	101.14493018100
	BK9.5	ท้ายเขื่อนทดน้ำบางปะกง อ.เมือง จ. ฉะเชิงเทรา	13.70442252210	101.13830235300
	BK11	ท่าเรือ อ.บางคล้า จ.ฉะเชิงเทรา	13.74680314580	101.17558912500
	BK13	วัดหัวไทร อ.บางคล้า จ.ฉะเชิงเทรา	13.77537665820	101.20597383600
	BK15	สะพานบางขนาก อ.บางน้ำเปรี้ยว จ.ฉะเชิงเทรา	13.87179356010	101.14594051800
	BK16	ต้นน้ำบางปะกง อ.บ้านสร้าง จ.ปราจีนบุรี	13.89327717020	101.16493415600



ภาพที่ 2-3 ลักษณะพื้นที่ในการตรวจวัดคุณภาพน้ำของจุดเก็บในการตรวจวัดคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี), 2553)

สำหรับจุดเก็บในการตรวจวัดคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงจากสถานที่จริง แสดงได้ดังภาพที่ 2-4 ถึง ภาพที่ 2-16

ภาพที่ 2-4 BK01 จุดตรวจวัดคุณภาพน้ำบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง อ.บางปะกง จ.ฉะเชิงเทรา (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี), 2557)

ภาพที่ 2-5 BK02 จุดตรวจวัดคุณภาพน้ำบริเวณสะพานบางปะกง อ.บางปะกง จ.ฉะเชิงเทรา (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี), 2557)

ภาพที่ 2-6 BK03 จุดตรวจวัดคุณภาพน้ำบริเวณสะพานมอเตอร์เวย์ อ.บางปะกง จ.ฉะเชิงเทรา
(สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี), 2557)

ภาพที่ 2-7 BK04 จุดตรวจวัดคุณภาพน้ำบริเวณสะพาน อ.บ้านโพธิ์ จ.ฉะเชิงเทรา
(สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี), 2557)

ภาพที่ 2-8 BK06 จุดตรวจวัดคุณภาพน้ำบริเวณสะพาน BY PASS บ้านบางพระ อ.เมือง จ.ฉะเชิงเทรา (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี), 2557)

ภาพที่ 2-9 BK07 จุดตรวจวัดคุณภาพน้ำบริเวณสะพานฉะเชิงเทรา อ.เมือง จ.ฉะเชิงเทรา (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี), 2557)

ภาพที่ 2-10 BK08 จุดตรวจวัดคุณภาพน้ำบริเวณวัดสายชล ณ รังษี อ.เมือง จ.ฉะเชิงเทรา (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี), 2557)

ภาพที่ 2-11 BK09 จุดตรวจวัดคุณภาพน้ำบริเวณวัดสมานรัตนาราม (เขื่อนทดน้ำบางปะกง) อ.เมือง จ.ฉะเชิงเทรา (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี), 2557)

ภาพที่ 2-12 BK9.5 จุดตรวจวัดคุณภาพน้ำบริเวณท้ายเขื่อนทดน้ำบางปะกง อ.เมือง จ. ฉะเชิงเทรา
(สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี), 2557)

ภาพที่ 2-13 BK11 จุดตรวจวัดคุณภาพน้ำบริเวณท่าเรือ อ.บางคล้า จ.ฉะเชิงเทรา
(สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี), 2557)

ภาพที่ 2-14 BK13 จุดตรวจวัดคุณภาพน้ำบริเวณวัดหัวไทร อ.บางคล้า จ.ฉะเชิงเทรา
(สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี), 2557)

ภาพที่ 2-15 BK15 จุดตรวจวัดคุณภาพน้ำบริเวณสะพานบางขนาก อ.บางน้ำเปรี้ยว จ.ฉะเชิงเทรา
(สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี), 2557)

ภาพที่ 2-16 BK16 จุดตรวจวัดคุณภาพน้ำบริเวณต้นน้ำบางปะกง อ.บ้านสร้าง จ.ปราจีนบุรี (Google Map, 2017)

จากการตรวจสอบมาตรฐานคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงพบว่าแม่น้ำบางปะกงเป็นแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 ซึ่งสามารถใช้ประโยชน์ในการอุปโภคและบริโภคได้ โดยผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ แต่จะต้องมีการปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยทั่วไปก่อน ซึ่งคุณภาพน้ำที่พบโดยรวมอยู่ในเกณฑ์พอใช้ (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี), 2558) แต่คุณภาพน้ำของแหล่งน้ำมีแนวโน้มที่จะเสื่อมโทรมมากขึ้นซึ่งสาเหตุเกิดขึ้นเนื่องมาจากน้ำเสียจากชุมชน น้ำเสียจากเกษตรกรรม และน้ำเสียจากอุตสาหกรรม สำหรับแนวทางการแก้ปัญหานั้นอาจทำได้โดยการไม่ปล่อยน้ำเสียลงสู่แม่น้ำ ลดหรือหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมี ปุ๋ย สารกำจัดศัตรูพืชในกิจกรรมการเกษตร และนำน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมาหมุนเวียนใช้ใหม่ นอกจากนี้ผลการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงในปี พ.ศ. 2559 จากจุดตรวจวัดคุณภาพน้ำจำนวน 13 สถานี ตั้งแต่บริเวณปากแม่น้ำบางปะกง อำเภอบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทราจนถึงบริเวณสะพานบางขนาก อำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา โดยประเมินจากมาตรฐานคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำผิวดิน พบว่าคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ดี ร้อยละ 7.70 คุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์พอใช้ ร้อยละ 53.84 และคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรม ร้อยละ 38.46 ซึ่งมีรายละเอียดแสดงได้ดังตารางที่ 2-13

ตารางที่ 2-13 ผลการประเมินคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง

สถานี	คุณภาพน้ำ					ปัญหาคุณภาพน้ำ
	ดีมาก	ดี	พอใช้	เสื่อมโทรม	เสื่อมโทรมมาก	
1. BK01 ปากแม่น้ำบางปะกง อ.บางปะกง จ.ฉะเชิงเทรา		✓				NH_3 - N
2. BK02 สะพานบางปะกง อ.บางปะกง จ.ฉะเชิงเทรา			✓			
3. BK03 สะพานมอเตอร์เวย์ อ.บางปะกง จ.ฉะเชิงเทรา			✓			
4. BK04 ท้ายบ้านหมู่ที่ 10 ต.บางปะกง อ.บางปะกง จ.ฉะเชิงเทรา				✓		BOD
5. BK05 สะพาน อ.บ้านโพธิ์ จ.ฉะเชิงเทรา				✓		DO,TCB
6. BK06 สะพาน BY PASS บ้านบางพระ อ.เมือง จ.ฉะเชิงเทรา			✓			
7. BK07 สะพานฉะเชิงเทรา อ.เมือง จ.ฉะเชิงเทรา			✓			
8. BK08 วัดสายชล ณ รังษี อ.เมือง จ.ฉะเชิงเทรา			✓			
9. BK09 วัดสมานรัตนาราม (เขื่อนทดน้ำบางปะกง) อ.เมือง จ.ฉะเชิงเทรา				✓		BOD
10. BK9.5 ท้ายเขื่อนทดน้ำ-บางปะกง อ.เมือง จ. ฉะเชิงเทรา			✓			
11. BK11 ท่าเรือ อ.บางคล้า จ.ฉะเชิงเทรา			✓			
12. BK13 วัดหัวไทร อ.บางคล้า จ.ฉะเชิงเทรา				✓		FCB

ตารางที่ 2-13 (ต่อ)

สถานี	คุณภาพน้ำ					ปัญหาคุณภาพน้ำ
	ดีมาก	ดี	พอใช้	เสื่อมโทรม	เสื่อมโทรมมาก	
13. BK15 สะพานบางขนาก อ.บางน้ำเปรี้ยว จ.ฉะเชิงเทรา				✓		BOD
ร้อยละของแหล่งน้ำ		**7.70**	**53.84**	**38.46**		

(สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี), 2559a)

จากตารางที่ 2-13 พบว่าพารามิเตอร์ที่เป็นตัวบ่งชี้ถึงปัญหาคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงได้แก่ ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen: DO) ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (Biochemical Oxygen Demand: BOD) แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria: TCB) แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria: FCB) และแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3 - N)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การประเมินค่าคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงโดยใช้การวิเคราะห์หลายตัวแปรมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งงานวิจัยในประเทศไทยและงานวิจัยต่างประเทศ ดังนี้

1. งานวิจัยในประเทศไทย

อนุกูล บูรณประทีปรัตน์ และเผชิญโชค จินตเศรณี (2555) ศึกษาคุณภาพน้ำบริเวณปากแม่น้ำบางปะกงของเดือนเมษายน มิถุนายน กันยายน และธันวาคม ในปี พ.ศ. 2545 โดยกำหนดจุดเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำจำนวน 12 จุด ซึ่งมีพารามิเตอร์ที่ทำการตรวจวัดเป็นพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำทางกายภาพและทางเคมี จำนวน 11 ตัว ได้แก่ อุณหภูมิ (Temperature) ความเค็ม (Salinity) ความเป็นกรดและด่าง (pH) ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen: DO) ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids: SS) แอมโมเนีย (Ammonia: NH_3) ไนไตรท์ (Nitrite: NO_2) ไนเตรท (Nitrate: NO_3) ฟอสเฟต (Phosphate) ซิลิเกต (Silicate) และคลอโรฟิลล์เอ (Chlorophyll a) จากนั้นนำค่าพารามิเตอร์เหล่านี้มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยการหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำทุกตัวโดยแยกตามฤดูกาล ระดับความ

ลึกในการตรวจวัด นอกจากนี้ยังวัดการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำทุกตัว ในแต่ละช่วงเวลาด้วยแผนภาพกล่อง (Box Plots)

การตรวจวัดคุณภาพน้ำบริเวณปากแม่น้ำบางปะกงพบว่าในเดือนเมษายน มิถุนายน กันยายน และธันวาคม มีแอมโมเนีย ไนไตรท์ ฟอสเฟต และซิลิเกตเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีอิทธิพลหลัก (Main Effect) ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารในพื้นที่ คือ ปริมาณน้ำท่า การฟุ้งกระจายกลับสู่มวลน้ำของตะกอนที่พื้นทะเล และอันตรกิริยา (Interaction) ระหว่างน้ำทะเลและน้ำท่าจากแม่น้ำบางปะกงซึ่งเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล นอกจากนี้ยังพบอีกว่าคุณภาพน้ำส่วนใหญ่มีค่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำผิวดิน

จารินี วังสว่าง, วรินทร์ลดา แน่นอน, สุนทรี ขุนทอง, เกริก วงศ์สอนธรรม และสุชิน อุดมสมพร (2554) ศึกษาและวิเคราะห์คุณภาพน้ำของอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ซึ่งแบ่งออกเป็นน้ำบาดาลจำนวน 13 จุด และน้ำผิวดินจำนวน 7 จุด โดยพิจารณาคุณภาพน้ำทางกายภาพและทางเคมี จากพารามิเตอร์ทั้งหมดจำนวน 12 ตัว ได้แก่ ความเป็นกรดและด่าง การนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity) ของแข็งทั้งหมด (Total Solids: TS) ของแข็งที่ละลายน้ำ (Dissolved Solids) ของแข็งแขวนลอย ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen) ฟอสเฟต ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (Biochemical Oxygen Demand: BOD) ความต้องการออกซิเจนทางเคมี (Chemical Oxygen Demand: COD) ความกระด้าง (Hardness) น้ำมันและไขมัน (Oil and grease) และแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด

สำหรับการวิเคราะห์พารามิเตอร์เหล่านี้จะวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐานในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำและน้ำเสีย นอกจากนี้ยังอาจวิเคราะห์ด้วยระบบนิวไคลด์กัมมันตรังสี (Radionuclide) ซึ่งเป็นระบบแกมมาสเปกโทรเมตรี (γ -spectrometry) และวัดความแรงรังสีทั้งรังสีแอลฟาและรังสีบีตา แล้วนำค่าข้อมูลพารามิเตอร์ทั้งหมดนี้มาวิเคราะห์ด้วยค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของพารามิเตอร์แต่ละตัว ผลการวิเคราะห์พบว่า

1. น้ำบาดาลมีความเป็นกรดและด่างต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด ของแข็งทั้งหมดและความกระด้างเป็นไปตามมาตรฐานน้ำบาดาลตามประกาศของกรมทรัพยากรธรณี ปี พ.ศ. 2535 ส่วนค่าไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสเฟต ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ ความต้องการออกซิเจนทางเคมีพบในปริมาณที่น้อยมาก ในขณะที่โลหะหนักซึ่งมีปริมาณเกินกว่าค่ามาตรฐาน ได้แก่ แมงกานีส (Manganese: Mn) เหล็ก (Iron: Fe) และแคดเมียม (Cadmium: Cd) สำหรับนิวไคลด์กัมมันตรังสีที่พบคือเรเดียม –226 โดยมีปริมาณเท่ากับปริมาณที่มีอยู่ในธรรมชาติ

2. น้ำผิวดินส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นกรดอ่อนเกือบเป็นกลาง ส่วนของแข็งทั้งหมด ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสเฟต ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ ความต้องการออกซิเจนทางเคมี ความกระด้าง น้ำมันและไขมัน และแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด มีอยู่เป็นจำนวนน้อย หากจะนำไปใช้ในการบริโภคจึงยังคงต้องนำไปผ่านการฆ่าเชื้อโรค สำหรับโลหะหนักและนิวไคลด์กัมมันตรังสีที่พบคือเรเดียม –226 พบในปริมาณเท่ากับปริมาณที่มีอยู่ในธรรมชาติ

ศิริพล กำแพงทอง (2557) ศึกษาการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาในปี พ.ศ. 2554 โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำจำนวน 18 สถานีตลอดทั้งสายของแม่น้ำเจ้าพระยา ตั้งแต่ปลายแม่น้ำเจ้าพระยาก่อนที่จะไหลลงสู่อ่าวไทยตอนบนที่บริเวณจังหวัดสมุทรปราการจนกระทั่งถึงต้นแม่น้ำเจ้าพระยาที่จังหวัดนครสวรรค์ ซึ่งการแบ่งช่วงตอนของแม่น้ำเจ้าพระยาแบ่งออกได้เป็น 3 ตอน ดังนี้

1. แม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง เริ่มตั้งแต่บริเวณพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการจนถึงบริเวณสะพานพระราม 7 อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี

2. แม่น้ำเจ้าพระยาตอนกลาง เริ่มตั้งแต่บริเวณสะพานนนทบุรี อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรีจนถึงบริเวณป้อมเพชร วัดพนัญเชิงวรวิหาร อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

3. แม่น้ำเจ้าพระยาตอนบน เริ่มตั้งแต่บริเวณสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา อำเภอเมือง จังหวัดอ่างทอง จนถึงบริเวณสะพานเดชาติวงศ์ จังหวัดนครสวรรค์

ในการเก็บตัวอย่างเหล่านี้จะครอบคลุมฤดูกาลทั้ง 3 ฤดู คือ ฤดูร้อนจำนวน 2 ครั้ง ฤดูฝนและฤดูหนาวจำนวนฤดูละ 1 ครั้ง และนำมาทดสอบคุณภาพน้ำในห้องปฏิบัติการสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 6 (นนทบุรี) แล้วนำคุณภาพน้ำมาประเมินผล โดยมีพารามิเตอร์คุณภาพน้ำที่ใช้ในการศึกษาทั้งหมด 5 ตัว ได้แก่ ออกซิเจนละลายน้ำ ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (Ammonia-Nitrogen: NH_3 - N) แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มและแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด

เมื่อนำผลคุณภาพน้ำที่ตรวจวัดได้ในแต่ละสถานีมาประเมินคุณภาพน้ำตามมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่าสถานการณ์คุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาตลอดทั้งสายส่วนใหญ่มีคุณภาพน้ำต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดถึงร้อยละ 78 จึงมีเพียงร้อยละ 22 เท่านั้นที่มีคุณภาพน้ำเป็นไปตามมาตรฐานคุณภาพน้ำที่กำหนดและไม่มีบริเวณสถานีใดที่มีคุณภาพน้ำสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

ส่วนการทดสอบการหาความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำกับระยะทาง (ช่วงตอนของแม่น้ำเจ้าพระยา) และฤดูกาล ผลการทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 พบว่า ฤดูกาลที่เปลี่ยนแปลงไปไม่มีผลทำให้คุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาเปลี่ยนแปลง ($F = 1.345, P - value = 0.260$) แต่การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาขึ้นอยู่กับระยะทางที่มวลน้ำไหลผ่านไปในแต่ละช่วงตอนของแม่น้ำเจ้าพระยา ($F = 10.622, P - value = 0.000$) ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์สอดคล้องกันกับการแบ่งช่วงตอนของแม่น้ำเจ้าพระยาตามประกาศกรมควบคุมมลพิษ เรื่องกำหนดประเภทของแหล่งน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา และเมื่อนำผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำในช่วงการเกิดอุทกภัยปลายปี พ.ศ. 2554 ไปเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์กับผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำในช่วงเวลาเดียวกันของปี พ.ศ. 2553 ด้วยสถิติที (t Statistic) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 พบว่าการเกิดอุทกภัยครั้งใหญ่ไม่มีผลกระทบทำให้คุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาตลอดทั้งสายเปลี่ยนแปลงไป แต่มีผลกระทบต่อออกซิเจนละลายน้ำ (t = 7.298, P - $value$ = 0.000) เฉพาะบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างในช่วงฤดูหนาวตั้งแต่สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ CH01 บริเวณพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ จนถึงสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ CH15 บริเวณสะพานนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี

สุขสันต์ สุภาวงศ์ และปิยะตา วชิระวงศกร (2554) ติดตาม ตรวจสอบ และประเมินคุณภาพน้ำผิวดินในมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก โดยดำเนินการเก็บตัวอย่างน้ำผิวดินจำนวน 18 จุด ในช่วงฤดูแล้ง (ระหว่างเดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคม) และในช่วงฤดูฝน (ระหว่างเดือนมิถุนายนถึงเดือนกรกฎาคม) ปี พ.ศ. 2553 เพื่อตรวจวัดคุณภาพแหล่งน้ำในด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ โดยมีพารามิเตอร์ที่ใช้ในการวัดคุณภาพน้ำทั้งหมด 12 ตัว ได้แก่ อุณหภูมิ ความขุ่น (Turbidity) ของแข็งแขวนลอย การนำไฟฟ้า ความเป็นกรดและด่าง ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ ความต้องการออกซิเจนทางเคมี ออกซิเจนละลายน้ำ แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม ไนเตรท ฟอสเฟต และโลหะหนักได้แก่ เหล็ก แคดเมียม ตะกั่ว (Lead : Pb) และทองแดง (Cupper: Cu)

ผลการศึกษาพบว่าแหล่งน้ำผิวดินเกือบทั้งหมดมีค่าของอุณหภูมิ ของแข็งแขวนลอย ความเป็นกรดและด่าง ไนเตรท ฟอสเฟต เหล็ก แคดเมียม ตะกั่ว และทองแดง อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินทั้ง 2 ฤดู สำหรับค่าความขุ่นของแหล่งน้ำทุกจุดในช่วงฤดูฝนที่มีค่าเกินกว่า 100 เอ็น.ที.ยู. นั้นอาจจะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำได้ ส่วนออกซิเจนละลายน้ำในแหล่งน้ำส่วนใหญ่มีปริมาณต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินทั้งในฤดูแล้งและฤดูฝน โดยในช่วงฤดูแล้งมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.76-4.61 มิลลิกรัมต่อลิตร และในช่วงฤดูฝนมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.58-5.39 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดตรวจพบว่า ในฤดูแล้ง

มีค่าอยู่ระหว่าง 170-5,943 เอ็ม.พี.เอ็น.ต่อ 100 มิลลิลิตร และในฤดูฝนมีค่าอยู่ระหว่าง 240-1,600 เอ็ม.พี.เอ็น.ต่อ 100 มิลลิลิตร

2. งานวิจัยต่างประเทศ

Salah, Turki, and Al-Othman (2012) ศึกษาการประเมินคุณภาพน้ำของแม่น้ำยูเฟรติส (Euphrates River) ด้วยการวิเคราะห์หลายตัวแปร ซึ่งใช้เทคนิคการวิเคราะห์แบ่งกลุ่ม โดยเก็บตัวอย่างจากแหล่งน้ำจำนวน 11 แหล่งของประเทศอิรักในช่วงปี ค.ศ. 2008 ถึง ปี ค.ศ. 2009 และพิจารณาใช้พารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำจำนวน 16 ตัว ได้แก่ ความขุ่น การนำไฟฟ้า ของแข็งที่ละลายน้ำ ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด ความกระด้าง ออกซิเจนละลายน้ำ ความสกปรกในรูปของสารอินทรีย์ โพแทสเซียม (Potassium: K) โซเดียม (Sodium: Na) แคลเซียม (Calcium: Ca) คลอไรด์ (Chloride: Cl) ซัลเฟต (Sulfate: SO_4^{2-}) ฟอสเฟต ไบคาร์โบเนต (Bicarbonate: HCO_3^-) ไนเตรท และแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด

ผลการศึกษาการประเมินคุณภาพน้ำของแม่น้ำยูเฟรติส พบว่า

1. เมื่อทำการจัดกลุ่มช่วงเวลาของเดือนทั้ง 8 เดือน คือ เดือนมกราคม กุมภาพันธ์ มีนาคม เมษายน พฤษภาคม มิถุนายน พฤศจิกายน และธันวาคม สามารถจัดกลุ่มช่วงเวลาได้เป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 เป็น เดือนเมษายนซึ่งเป็นเดือนที่มีระดับมลพิษสูงสุด

กลุ่มที่ 2 เป็น เดือนพฤษภาคมและมิถุนายนซึ่งเป็นเดือนที่มีระดับมลพิษรองจากเดือนเมษายน

กลุ่มที่ 3 เป็น เดือนมกราคม กุมภาพันธ์ มีนาคม พฤศจิกายน และธันวาคมซึ่งเป็นเดือนที่มีระดับมลพิษต่ำที่สุด โดยเป็นเดือนที่ตรงกับฤดูฝนในประเทศอิรัก

2. เมื่อทำการจัดกลุ่มแหล่งน้ำทั้ง 11 แหล่ง สามารถจัดกลุ่มแหล่งน้ำได้เป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 เป็นแหล่งน้ำที่ 7 ในเมืองฮีท (Heet) ซึ่งเป็นแหล่งน้ำที่มีระดับมลพิษต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับแหล่งน้ำอื่น ๆ

กลุ่มที่ 2 เป็นแหล่งน้ำที่ 1 ถึงแหล่งน้ำที่ 6 และแหล่งน้ำที่ 8 ถึงแหล่งน้ำที่ 11 ซึ่งเป็นแหล่งน้ำที่มีระดับมลพิษสูง

Ayeni and Soneye (2013) อธิบายความหมายคุณภาพน้ำผิวดินของแหล่งน้ำจำนวน 30 แหล่ง ในเมืองอโคโค (Akoko) รัฐออนโด (Ondo) ประเทศไนจีเรีย ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ส่วนประกอบหลัก และการวิเคราะห์แบ่งกลุ่ม โดยมีพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำจำนวน 20 ตัว ได้แก่ อุณหภูมิ ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด ของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ ความขุ่น ความกระด้าง น้ำมันและไขมัน ความเป็นกรดและด่าง ออกซิเจนละลายน้ำ ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ แคลเซียม แมกนีเซียม (Magnesium: Mg) คลอไรด์ ไนเตรท ฟอสเฟต สังกะสี (Zink: Zn) เหล็ก แมงกานีส ทองแดง แบคทีเรียทั้งหมด (Total Bacterial Counts: TBC) และแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด

ผลการศึกษาคุณภาพน้ำผิวดินในเมืองอโคโค รัฐออนโด ประเทศไนจีเรีย พบว่า

1. ควรใช้ส่วนประกอบหลักจำนวน 5 ส่วนประกอบ ในการอธิบายความแปรผันของพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำทั้งหมด 20 ตัว ซึ่งส่วนประกอบหลักเหล่านี้สามารถอธิบายความแปรผันของข้อมูลได้ทั้งหมด 97.517 % โดยมีรายละเอียดดังนี้

ส่วนประกอบหลักที่ 1 และส่วนประกอบหลักที่ 2 แสดงให้เห็นถึงสารอินทรีย์ในดินและกรดอินทรีย์

ส่วนประกอบหลักที่ 3 แสดงให้เห็นถึงของเสียจากการเกษตรและมลพิษภายในประเทศ

ส่วนประกอบหลักที่ 4 แสดงให้เห็นถึงน้ำมันที่เจือปนในน้ำและการสกัดตะกอนของน้ำ

ส่วนประกอบหลักที่ 5 แสดงถึงแมงกานีสซึ่งเป็นอิทธิพลของหินต้นกำเนิดและความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ซึ่งเป็นสารพิษที่เกิดจากการบำบัดน้ำเสีย

2. เมื่อทำการจัดกลุ่มแหล่งน้ำสามารถจัดกลุ่มแหล่งน้ำในเมืองอโคโค รัฐออนโด ประเทศไนจีเรีย ได้เป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ประกอบด้วยแหล่งน้ำจำนวน 23 แหล่ง ซึ่งเป็นน้ำทิ้งที่มีมลพิษต่ำ โดยมีสาเหตุจากการเกษตรและกิจกรรมของคนในเมือง

กลุ่มที่ 2 ประกอบด้วยแหล่งน้ำจำนวน 7 แหล่ง ซึ่งแสดงถึงมลพิษที่มาจากพื้นที่ของการเกษตรรอบแหล่งน้ำ

Xin, Lu, and Gong (2010) ศึกษาการทำนายคุณภาพน้ำของแม่น้ำหยินมา (Yinma) ในมณฑลจี๋หลิน ประเทศจีน ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1997 ถึงปี ค.ศ. 2005 โดยมีการแบ่งส่วนของแม่น้ำหยินมาออกเป็น 4 ส่วน คือ ชินโตกัวเมน (Shitoukoumen), หยินตองชวาน (Yiantongshan), ชิงชิงชวาน (Xingxingshao) และชินอาน (Xinan) และศึกษาจากพารามิเตอร์ที่มีผลต่อคุณภาพน้ำจำนวน 6 ตัว ได้แก่ ออกซิเจนละลายน้ำ (X_1) ไนเตรท (X_2) ฟอสฟอรัสทั้งหมด (X_3) ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์(X_4) ด่างทับทิม (X_5) และคลอไรด์ไอออน (X_6) ด้วยการวิเคราะห์จำแนกกลุ่ม (Discriminant Analysis) โดยพิจารณาจากคะแนนจำแนกกลุ่ม (Discriminant Score) เพื่อจำแนกกลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำหยินมาพบว่า สามารถแบ่งกลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำหยินมาได้เป็น 5 กลุ่ม ดังนี้

1. กลุ่มคุณภาพน้ำที่อยู่ในเกณฑ์ดีมาก

$$\hat{Y}_1 = -3,758.31 + 1,022.728X_1 + 85.8619X_2 - 1,440.62X_3 + 34.1844X_4 + 27.6685X_5 + 2.1627X_6$$

เมื่อ $\hat{Y}_1$ เป็นค่าทำนายหรือค่าพยากรณ์ของคะแนนจำแนกสำหรับกลุ่มคุณภาพน้ำที่อยู่ในเกณฑ์ดีมาก

2. กลุ่มคุณภาพน้ำที่อยู่ในเกณฑ์ดี

$$\hat{Y}_2 = -4,258.74 + 1,090.285X_1 + 92.9912X_2 - 1,358X_3 + 33.8179X_4 + 34.9507X_5 + 2.2433X_6$$

เมื่อ $\hat{Y}_2$ เป็นค่าทำนายหรือค่าพยากรณ์ของคะแนนจำแนกสำหรับกลุ่มคุณภาพน้ำที่อยู่ในเกณฑ์ดี

3. กลุ่มคุณภาพน้ำที่อยู่ในเกณฑ์พอใช้

$$\hat{Y}_3 = -4,004.02 + 1,048.92X_1 + 101.7411X_2 - 2,066.89X_3 + 32.3548X_4 + 60.4635X_5 + 1.549X_6$$

เมื่อ $\hat{Y}_3$ เป็นค่าทำนายหรือค่าพยากรณ์ของคะแนนจำแนกสำหรับกลุ่มคุณภาพน้ำที่อยู่ในเกณฑ์พอใช้

4. กลุ่มคุณภาพน้ำที่อยู่ในเกณฑ์ต่ำ

$$\hat{Y}_4 = -2,506.57 + 820.291X_1 + 80.8738X_2 - 1,465.04X_3 + 25.2285X_4 + 65.7436X_5 + 0.7871X_6$$

เมื่อ $\hat{Y}_4$ เป็นค่าทำนายหรือค่าพยากรณ์ของคะแนนจำแนกสำหรับกลุ่มคุณภาพน้ำที่อยู่ในเกณฑ์ต่ำ

5. กลุ่มคุณภาพน้ำที่อยู่ในเกณฑ์ต่ำมาก

$$\hat{Y}_5 = -2,458.7 + 775.1179X_1 + 83.1596X_2 - 2,342.72X_3 + 27.3087X_4 + 97.5599X_5 + 0.2048X_6$$

เมื่อ $\hat{Y}_5$ เป็นค่าทำนายหรือค่าพยากรณ์ของคะแนนจำแนกสำหรับกลุ่มคุณภาพน้ำที่อยู่ในเกณฑ์ต่ำมาก

เมื่อทำการตรวจสอบความถูกต้องในการทำนายกลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำหยินมาจากสมการจำแนกกลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำหยินมาที่ได้ พบว่าสามารถทำนายกลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำหยินมาได้ถูกต้องถึง 100 %

Mahmood, Muqbool, Mumtaz, and Ahmad (2011) ประยุกต์การวิเคราะห์หลายตัวแปรเพื่อศึกษาลักษณะคุณภาพน้ำบาดาลจากสถานีตรวจวัดจำนวน 9 สถานีของแหล่งน้ำในเมือง 3 เมือง ได้แก่ เมืองลาฮอร์ (Lahore) กุชรันวาลา (Gujranwala) และเซียลคอต (Sialkot) ของรัฐปัญจาบ ประเทศปากีสถาน โดยใช้พารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำจำนวน 16 ตัว ได้แก่ ความเป็นกรดและด่าง การนำไฟฟ้า อุณหภูมิ ความขุ่น ของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ ความกระด้างทั้งหมด ไนเตรท ซัลเฟต คลอไรด์ ฟลูออไรด์ (Fluoride) แอมโมเนีย โซเดียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก และสังกะสี

ผลการศึกษาคุณภาพน้ำบาดาลในรัฐปัญจาบ ประเทศปากีสถาน พบว่า

1. เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ปัจจัย พบว่าควรเลือกใช้ปัจจัยจำนวน 5 ปัจจัย ซึ่งจะสามารถอธิบายความแปรผันของข้อมูลได้ทั้งหมด 74% โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ปัจจัยที่ 1 แสดงถึงความเค็มของน้ำ (Salinization) ซึ่งสามารถอธิบายความแปรผันของข้อมูลได้ 31.1%

ปัจจัยที่ 2 แสดงถึงความเป็นด่าง (Alkalinity) ซึ่งสามารถอธิบายความแปรผันของข้อมูลได้ 14.3%

ปัจจัยที่ 3 แสดงถึงอุณหภูมิ (Temperature) ซึ่งสามารถอธิบายความแปรผันของข้อมูลได้ 10.6%

ปัจจัยที่ 4 แสดงถึงของเสียภายในประเทศ (Domestic Waste) ซึ่งสามารถอธิบายความแปรผันของข้อมูลได้ 10%

ปัจจัยที่ 5 แสดงถึงคลอไรด์ (Chloride) ซึ่งสามารถอธิบายความแปรผันของข้อมูลได้ 8%

2. เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์แบ่งกลุ่มซึ่งพิจารณาคะแนนปัจจัย (Factor Score) ที่ได้จากการวิเคราะห์ปัจจัย สามารถจัดกลุ่มแหล่งน้ำทั้ง 9 สถานีในแต่ละเมืองของรัฐปัญจาบ ประเทศปากีสถานได้ดังนี้

เมืองลาฮอร์: สามารถจัดกลุ่มแหล่งน้ำทั้ง 9 สถานีได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1 ได้แก่สถานี 7 และ 8 ซึ่งจัดเป็นน้ำที่มีมลพิษระดับต่ำ

กลุ่มที่ 2 ได้แก่สถานี 1,3,5,6 และ 9 ซึ่งจัดเป็นน้ำที่มีมลพิษระดับปานกลาง

กลุ่มที่ 3 ได้แก่สถานี 2 และ 4 ซึ่งจัดเป็นน้ำที่มีมลพิษระดับสูง

เมืองกุชรันวาลา: สามารถจัดกลุ่มแหล่งน้ำทั้ง 9 สถานีได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1 ได้แก่สถานี 3,5,6,7 และ 9 ซึ่งจัดเป็นน้ำที่มีมลพิษระดับต่ำ

กลุ่มที่ 2 ได้แก่สถานี 1,2 และ 4 ซึ่งจัดเป็นน้ำที่มีมลพิษระดับปานกลาง

กลุ่มที่ 3 ได้แก่สถานี 8 ซึ่งจัดเป็นน้ำที่มีมลพิษระดับสูง

เมืองเซียลคอต: สามารถจัดกลุ่มแหล่งน้ำทั้ง 9 สถานีได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1 ได้แก่สถานี 3,4,6,7 และ 8 ซึ่งจัดเป็นน้ำที่มีมลพิษระดับต่ำ

กลุ่มที่ 2 ได้แก่สถานี 1,2 และ 5 ซึ่งจัดเป็นน้ำที่มีมลพิษระดับปานกลาง

กลุ่มที่ 3 ได้แก่สถานี 9 ซึ่งจัดเป็นน้ำที่มีมลพิษระดับสูง

3. เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์จำแนกกลุ่ม ทำการพิจารณาจากฟังก์ชันการจำแนกกลุ่มเชิงเส้นของฟิชเชอร์ (Fisher's Linear Discriminant Function) ซึ่งมีการจำแนกคุณภาพน้ำออกเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มคุณภาพน้ำที่มีมลพิษระดับต่ำ กลุ่มคุณภาพน้ำที่มีมลพิษระดับปานกลาง และกลุ่มคุณภาพน้ำที่มีมลพิษระดับสูง พบว่าได้สมการจำแนกกลุ่มคุณภาพน้ำ 2 สมการ ดังนี้

$$DA_1 = -0.09pH + \mathbf{0.83Electrical\ Conductivity} + \mathbf{0.56Temperature} + 0.18Turbidity - 0.1Total\ Dissolved\ Solids - 3.03Total\ Hardness + 0.44Nitrate + \mathbf{1.15Sulphate} + \mathbf{0.6Chloride} - 0.32Fluoride + \mathbf{1.16Ammonia} + \mathbf{0.86Sodium} + \mathbf{1.28Calcium} - 0.31Magnesium - 0.35Iron - 0.46Zink$$

$$DA_2 = 0.31pH - 0.18Electrical\ Conductivityv0.84Temperature + \mathbf{0.93Turbidity} - 0.05Total\ Dissolved\ Solids + \mathbf{0.82Total\ Hardness} - 0.06Nitrate - 0.63Sulphate + 0.39Chloride + 0.47Fluoride + 0.17Ammonia + 0.09Sodium - 1.13Calcium + 0.16Magnesium + 0.46Iron + 0.3Zink$$

เมื่อ DA_1, DA_2 เป็นฟังก์ชันการจำแนกกลุ่มเชิงเส้นของฟิชเชอร์ของกลุ่มคุณภาพน้ำ

ผลการวิเคราะห์การจำแนก พบว่า ฟังก์ชันการจำแนกกลุ่มเชิงเส้นของฟิชเชอร์ ที่ได้สามารถทำนายกลุ่มคุณภาพน้ำได้ถูกต้องถึง 100% โดยที่ฟังก์ชันที่ 1 และ 2 สามารถอธิบายความแปรผันเชิงพื้นที่ได้ 66.5% และ 33.5% ตามลำดับ

Usman et al. (2014) ศึกษาการประเมินคุณภาพน้ำบาดาลในรัฐตรังกานู ประเทศมาเลเซีย ด้วยการวิเคราะห์หลายตัวแปร โดยเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำจากบ่อน้ำจำนวน 10 บ่อ ในปี ค.ศ. 2006 ถึง ปี ค.ศ. 2011 และเลือกใช้พารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำจำนวน 24 ตัว ได้แก่ ความขุ่น สี โซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก ซัลเฟต คาร์บอเนต (Carbonate: CO_3^-) ฟลูออรีน (Fluorine: F) ฟอสฟอรัส ไบคาร์บอเนต คลอไรด์ ไนเตรท สารหนู (Arsenic: As) แอมโมเนีย แมงกานีส สังกะสี ซิลิกอนไดออกไซด์ (Silicon dioxide: SiO_2) ของแข็งทั้งหมดของแข็งที่ละลายน้ำ ไนไตรท์ ความเป็นกรดและด่าง และการนำไฟฟ้า

ผลการประเมินคุณภาพน้ำบาดาลในรัฐตรังกานู ประเทศมาเลเซีย พบว่า

1. เมื่อทำการจัดกลุ่มบ่อน้ำจำนวน 10 บ่อ โดยใช้การวิเคราะห์แบ่งกลุ่ม พบว่า สามารถจัดกลุ่มบ่อน้ำได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1 ประกอบด้วยบ่อน้ำจำนวน 4 บ่อ (PT002, PT017, PT021 และ PT164) ซึ่งจัดเป็นแหล่งน้ำที่มีมลพิษต่ำ

กลุ่มที่ 2 ประกอบด้วยบ่อน้ำจำนวน 4 บ่อ (PT116, PT117, PT123 และ PT267) ซึ่งจัดเป็นแหล่งน้ำที่มีมลพิษปานกลาง

กลุ่มที่ 3 ประกอบด้วยบ่อน้ำจำนวน 2 บ่อ (PT284 และ PT300) ซึ่งจัดเป็นแหล่งน้ำที่มีมลพิษสูง

2. เมื่อใช้การวิเคราะห์จำแนกกลุ่มซึ่งดำเนินการด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน 3 วิธี คือ

2.1 แบบมาตรฐาน (Standard mode) โดยใช้พารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำครบทั้ง 24 ตัว พบว่าสามารถจำแนกลุ่มคุณภาพน้ำได้ถูกต้อง 90%

2.2 แบบทีละขั้นตอนไปข้างหน้า (Forward stepwise mode) โดยใช้พารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำจำนวน 3 ตัว คือ แคลเซียม ไนไตรท์ และความเป็นกรดและด่าง พบว่าสามารถจำแนกลุ่มคุณภาพน้ำได้ถูกต้อง 73.33%

2.3 แบบทีละขั้นตอนไปข้างหลัง (Backward stepwise mode) โดยใช้พารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำจำนวน 9 ตัว ได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก ซัลเฟต แคลเซียม สารหนู แมงกานีส ไนไตรท์ และการนำไฟฟ้า พบว่าสามารถจำแนกลุ่มคุณภาพน้ำได้ถูกต้อง 83.33%

3. เมื่อใช้การวิเคราะห์ส่วนประกอบหลัก พบว่าควรใช้ส่วนประกอบหลักจำนวน 8 ส่วนประกอบหลัก ดังนี้

ส่วนประกอบหลักที่ 1 ประกอบด้วยแคลเซียม แมกนีเซียม ไบคาร์บอเนต คลอไรด์ ของแข็งที่ละลายน้ำ และการนำไฟฟ้า โดยส่วนประกอบหลักที่ 1 นี้แสดงถึงกระบวนการสะสมแร่ธาตุ ซึ่งสามารถอธิบายความแปรผันของข้อมูลได้ 26.29%

ส่วนประกอบหลักที่ 2 ประกอบด้วย แอมโมเนียและฟอสฟอรัส โดยที่แอมโมเนียแสดงถึงการเกี่ยวข้องกับสารอินทรีย์ที่เกิดจากตะกอนและการประยุกต์ใช้ปุ๋ยในกิจกรรมทางการเกษตร ซึ่งส่วนประกอบหลักที่ 2 นี้สามารถอธิบายความแปรผันของข้อมูลได้ 11.1%

ส่วนประกอบหลักที่ 3 ประกอบด้วย แมงกานีส โดยส่วนประกอบหลักที่ 3 นี้แสดงถึงการสลายตัวและกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางอากาศที่จะมีผลต่อเกลือของแมงกานีส ซึ่งสามารถอธิบายความแปรผันของข้อมูลได้ 9.6%

ส่วนประกอบหลักที่ 4 ประกอบด้วยซัลเฟตและสารหนู โดยส่วนประกอบหลักที่ 4 นี้แสดงถึงการสลายตัวของยิปซัมและโซเดียมซัลเฟต ซึ่งสามารถอธิบายความแปรผันของข้อมูลได้ 7.78%

ส่วนประกอบหลักที่ 5 ประกอบด้วยโพแทสเซียมและโซเดียม โดยส่วนประกอบหลักที่ 5 แสดงถึงการสลายตัวของแคลไซส์และโคโลไมท์ ซึ่งสามารถอธิบายความแปรผันของข้อมูลได้ 6.39%

ส่วนประกอบหลักที่ 6 ประกอบด้วยไนเตรท ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยเหตุผล 2 อย่าง คือไนเตรทเกิดจากมลพิษของอุตสาหกรรมและน้ำเสียจากเทศบาล ส่วนอีกเหตุผลหนึ่งคือกระบวนการดีไนตริฟิเคชั่น (Denitrification) และกระบวนการไนเตรทรีดักชั่น (Nitrate Reduction)

รวมถึงกระบวนการทางเคมีอื่น ๆ โดยส่วนประกอบหลักที่ 6 นี้สามารถอธิบายความแปรผันของข้อมูลได้ 5.8%

ส่วนประกอบหลักที่ 7 ประกอบด้วยสีที่เกิดจากแร่ธาตุและสารอินทรีย์ โดยส่วนประกอบหลักที่ 7 นี้สามารถอธิบายความแปรผันของข้อมูลได้ 4.59%

ส่วนประกอบหลักที่ 8 ประกอบด้วยคาร์บอเนต โดยส่วนประกอบหลักที่ 8 นี้แสดงถึงมลพิษทางอากาศจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีที่ลอยขึ้นไปสู่อากาศ ซึ่งสามารถอธิบายความแปรผันของข้อมูลได้ 4.34%

ดังนั้นจึงเห็นได้ว่าการใช้ส่วนประกอบหลักทั้ง 8 ส่วนประกอบ สามารถอธิบายความแปรผันของข้อมูลโดยรวมได้ทั้งหมด 76.459%

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการประเมินค่าคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง โดยใช้วิธีการวิเคราะห์หลายตัวแปร มีทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. การวิเคราะห์ส่วนประกอบหลัก (Principal Component Analysis)

การวิเคราะห์ส่วนประกอบหลักเป็นการศึกษาถึงโครงสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปร โดยพิจารณาจากค่าความแปรปรวนของข้อมูล ถ้ากำหนด $\mathbf{X}$ เป็นค่าสังเกตใด ๆ จำนวน n ค่า ซึ่งเก็บลักษณะของค่าสังเกตนี้มา p ลักษณะ หรือ p ตัวแปร ดังนี้

$$\mathbf{X}=\begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \cdots & X_{1p} \\ X_{21} & X_{22} & \cdots & X_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{n1} & X_{n2} & \cdots & X_{np} \end{bmatrix}_{n\times p}$$

จะทำการจัดหมวดหมู่ของลักษณะตัวแปรเหล่านี้เพื่อสร้างเป็นตัวแปรตัวใหม่ที่เรียกว่าส่วนประกอบหลัก (Principal Component: PC) ได้จำนวน p ส่วนประกอบคือ $PC_1, PC_2, ..., PC_p$ ซึ่งส่วนประกอบหลักเหล่านี้ไม่มีความสัมพันธ์กันและความแปรปรวนของส่วนประกอบหลักที่ 1 จะมีค่ามากที่สุด ในขณะที่ความแปรปรวนของส่วนประกอบหลักที่ p จะมีค่าน้อยที่สุด นั่นคือ

$$Var(PC_1) \geq Var(PC_2) \geq ... \geq Var(PC_p)$$

แนวคิดพื้นฐานของการวิเคราะห์ส่วนประกอบหลักคือ ความแปรปรวนของส่วนประกอบหลักใดที่มีค่าน้อยมาก จะสามารถตัดส่วนประกอบหลักนั้นทิ้งไปได้

ขั้นตอนของการวิเคราะห์ส่วนประกอบหลัก

การวิเคราะห์ส่วนประกอบหลักเป็นการสร้างการรวมเชิงเส้นของส่วนประกอบหลักซึ่งไม่มีความสัมพันธ์กันจากค่าสังเกต n ค่าที่เก็บมาจากลักษณะของค่าสังเกต p ลักษณะ หรือ p ตัวแปร (กิดาการ สายธนู, 2555) โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. แปลงค่าตัวแปร $X_1, X_2, ..., X_p$ ให้เป็นค่ามาตรฐาน $Z_1, Z_2, ..., Z_p$

2. คำนวณค่าเมทริกซ์สหสัมพันธ์ของประชากรคือ ρ ซึ่งถ้าไม่ทราบค่า ρ แล้วจะประมาณด้วยเมทริกซ์สหสัมพันธ์ของตัวอย่างคือ R

3. หาค่าเฉพาะ (Eigen Value) คือ $\lambda_1, \lambda_2, ..., \lambda_p$ และเวกเตอร์เฉพาะ (Eigen Vector) คือ $a_1, a_2, ..., a_p$ ที่สอดคล้องกัน

4. เลือกจำนวนส่วนประกอบหลักที่จะใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

หลักเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาเลือกจำนวนส่วนประกอบหลักที่เหมาะสม

1. ใช้กราฟสครีพล็อต (Scree Plot) ซึ่งเป็นการพล็อตกราฟของคู่ลำดับระหว่างค่าเฉพาะและจำนวนส่วนประกอบหลักที่สอดคล้องกัน โดยจะเลือกจำนวนส่วนประกอบหลักที่เหมาะสมตรงโค้งที่มีการหักศอกของกราฟ

2. ใช้ค่าเฉพาะ โดยเป็นการพิจารณาจากความแปรปรวนของส่วนประกอบหลัก ซึ่งจำนวนส่วนประกอบหลักที่เหมาะสมจะพิจารณาได้จากค่าเฉพาะที่มีค่ามากกว่า 1 หรือมีค่าใกล้เคียงกับ 1

5. หากต้องการคำนวณค่าคะแนนของส่วนประกอบหลัก (Principal Score) ใด ๆ สามารถคำนวณได้จากสูตรดังนี้

ส่วนประกอบหลักที่ i ใด ๆ ของประชากรคือ

$$PC_i = a_{i1}\left(\frac{X_1 - \mu_1}{\sigma_{11}}\right) + a_{i2}\left(\frac{X_2 - \mu_2}{\sigma_{22}}\right) + ... + a_{ip}\left(\frac{X_p - \mu_p}{\sigma_{pp}}\right)$$
$$= a_{i1}Z_1 + a_{i2}Z_2 + ... + a_{ip}Z_p$$

โดยที่ a_{ij} เป็นเวกเตอร์เวกเตอร์เฉพาะ $; i = 1, 2, ..., p$, $j = 1, 2, ..., p$

μ_i เป็นค่าเฉลี่ยประชากรของลักษณะของค่าสังเกต X_i ใด ๆ $; i = 1, 2, ..., p$

σ_{ii} เป็นความแปรปรวนประชากรของลักษณะของค่าสังเกต X_i ใด ๆ $; i = 1, 2, ..., p$

และส่วนประกอบหลักที่ i ใด ๆ ของตัวอย่างคือ

$$PC_i = a_{i1}\left(\frac{X_1 - \bar{X}_1}{s_{11}}\right) + a_{i2}\left(\frac{X_2 - \bar{X}_2}{s_{22}}\right) + \ldots + a_{ip}\left(\frac{X_p - \bar{X}_p}{s_{pp}}\right)$$
$$= a_{i1}z_1 + a_{i2}z_2 + \ldots + a_{ip}z_p$$

โดยที่ $\bar{X}_i$ เป็นค่าเฉลี่ยตัวอย่างของลักษณะของค่าสังเกต X_i ใด ๆ ; $i = 1, 2, \ldots, p$

s_{ii} เป็นความแปรปรวนตัวอย่างของลักษณะของค่าสังเกต X_i ใด ๆ ; $i = 1, 2, \ldots, p$

2. การวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis)

การวิเคราะห์ปัจจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างปัจจัย (Factor) ซึ่งเป็นการรวมตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันเข้าไว้ด้วยกัน โดยที่ตัวแปรที่ถูกจัดให้อยู่ในปัจจัยเดียวกันจะมีความสัมพันธ์กันมาก และตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันน้อยหรือไม่มีความสัมพันธ์กันเลยจะถูกจัดให้อยู่คนละปัจจัย

กำหนด $\mathbf{X}$ เป็นค่าสังเกตใด ๆ จำนวน n ค่า ซึ่งเก็บลักษณะของค่าสังเกตมา p ลักษณะหรือ p ตัวแปรคือ $\mathbf{X} = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \cdots & X_{1p} \\ X_{21} & X_{22} & \cdots & X_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{n1} & X_{n2} & \cdots & X_{np} \end{bmatrix}_{n\times p}$ โดยที่ตัวแปรแต่ละตัวมีค่าเฉลี่ยเป็น μ_i และเมทริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมเกี่ยวระหว่างตัวแปรเป็น Σ

ตัวแบบปัจจัย (Factor Model) แสดงได้ด้วยการเขียน $\mathbf{X}$ ให้อยู่ในรูปตัวแปรตามเชิงเส้นที่ขึ้นอยู่กับตัวแปรสุ่ม 2 ตัวซึ่งเรียกว่าปัจจัยร่วม (Common Factors) คือ $F_1, F_2, \ldots, F_m$ และความคลาดเคลื่อน (Error) หรือปัจจัยเฉพาะ (Specific Factors) คือ $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots, \varepsilon_p$ โดยมี l_{ij} เป็นค่าถ่วงปัจจัย (Factor Loading) ที่ j ของตัวแปรที่ i ซึ่งเขียนให้อยู่ในรูปของเมทริกซ์ ได้ดังนี้

$$\underset{(p\times 1)}{\mathbf{X} - \boldsymbol{\mu}} = \underset{(p\times m)}{\mathbf{L}}\ \underset{(m\times 1)}{\mathbf{F}} + \underset{(p\times 1)}{\boldsymbol{\varepsilon}}$$

ข้อสมมุติของตัวแบบการวิเคราะห์ปัจจัย คือ

$$E(\mathbf{F}) = \underset{(m\times 1)}{\mathbf{0}} \quad \text{และ} \quad Cov(\mathbf{F}) = E(\mathbf{F}\mathbf{F}') = \underset{(m\times m)}{\mathbf{I}}$$

$$E(\boldsymbol{\varepsilon}) = \underset{(\mathrm{p}\times 1)}{0} \text{ และ } Cov(\boldsymbol{\varepsilon}) = E(\boldsymbol{\varepsilon}\boldsymbol{\varepsilon}') = \underset{(\mathrm{p}\times p)}{\boldsymbol{\psi}} = \begin{bmatrix} \psi_1 & 0 & 0 \\ 0 & \psi_2 & 0 \\ \vdots & \vdots\ddots & \vdots \\ 0 & 0\ldots & \psi_p \end{bmatrix}$$

โดยที่ $\boldsymbol{\psi}$ เป็นเมทริกซ์ทแยงมุม (Diagonal Matrix) เรียกว่าเมทริกซ์ความแปรปรวน - เฉพาะ (Matrix of Specific Variances)

และ $\mathbf{F}$ กับ $\boldsymbol{\varepsilon}$ เป็นอิสระกัน จึงได้ว่า $Cov(\boldsymbol{\varepsilon},\mathbf{F}) = E(\boldsymbol{\varepsilon}\mathbf{F}') = \underset{(p\times m)}{\mathbf{0}}$

จากข้อสมมุติและความสัมพันธ์ดังกล่าวข้างต้น จึงได้ตัวแบบปัจจัยเชิงตั้งฉาก (Orthogonal Factor Model) ซึ่งมีปัจจัยร่วม m ปัจจัย ดังนี้

$$\underset{(p\times 1)}{\mathbf{X}} = \underset{(p\times 1)}{\boldsymbol{\mu}} + \underset{(p\times m)}{\mathbf{L}}\ \underset{(m\times 1)}{\mathbf{F}} + \underset{(p\times 1)}{\boldsymbol{\varepsilon}}$$

โดยอยู่ภายใต้เงื่อนไข ดังนี้

1. $\mathbf{F}$ และ $\boldsymbol{\varepsilon}$ เป็นอิสระกัน
2. $E(\mathbf{F}) = \mathbf{0}$ และ $Cov(\mathbf{F}) = \mathbf{I}$
3. $E(\boldsymbol{\varepsilon}) = 0$ และ $Cov(\boldsymbol{\varepsilon}) = \boldsymbol{\psi} = \begin{bmatrix} \psi_1 & 0 & 0 \\ 0 & \psi_2 & 0 \\ \vdots & \vdots\ddots & \vdots \\ 0 & 0\ldots & \psi_p \end{bmatrix}$

2.1 ขั้นตอนของการวิเคราะห์ปัจจัย

2.1.1 การถอดปัจจัย (Factor Extraction)

เป็นการหาปัจจัยร่วมจำนวนหนึ่งซึ่งแสดงความสำคัญของข้อมูลจะมีจำนวนน้อยกว่าจำนวนตัวแปร โดยการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของค่าถ่วงปัจจัย และความแปรปรวนเฉพาะ (ψ_i) ซึ่งการถอดปัจจัยมี 2 วิธี ดังนี้

1. วิธีส่วนประกอบหลัก (Principal Component Method)

การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีการถอดปัจจัยด้วยวิธีส่วนประกอบหลัก พิจารณาได้จากค่าความแปรปรวนของข้อมูล ซึ่งเก็บลักษณะของค่าสังเกตมา p ลักษณะ หรือ p ตัวแปร คือ

$$\mathbf{X}=\begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \cdots & X_{1p} \\ X_{21} & X_{22} & \cdots & X_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{n1} & X_{n2} & \cdots & X_{np} \end{bmatrix}_{n\times p}$$

แล้วจัดหมวดหมู่ของลักษณะตัวแปรเหล่านี้เพื่อสร้างเป็นตัวแปรใหม่ที่เรียกว่า ส่วนประกอบหลัก คือ $PC_1, PC_2, ..., PC_p$ โดยที่ส่วนประกอบหลักใด ๆ เหล่านี้ไม่มีความสัมพันธ์กัน และความแปรปรวนของส่วนประกอบหลักที่ 1 จะมีค่ามากที่สุด ในขณะที่ความแปรปรวนของส่วนประกอบหลักที่ p จะมีค่าน้อยที่สุด

ในการถอดปัจจัยด้วยวิธีส่วนประกอบหลักโดยใช้ปัจจัยเพียงไม่กี่ปัจจัยนั้น ค่าประมาณของเมทริกซ์ค่าถ่วงปัจจัยมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อจำนวนของปัจจัยมีค่าเพิ่มมากขึ้น

2. วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Method)

ถ้าปัจจัยร่วม $\mathbf{F}$ และปัจจัยเฉพาะ $\boldsymbol{\varepsilon}$ มีการแจกแจงปรกติแล้ว จะประมาณค่าถ่วงปัจจัยและความแปรปรวนเฉพาะด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด เมื่อ $\mathbf{F}_i$ และ $\boldsymbol{\varepsilon}_j$ มีการแจกแจงปรกติร่วม (Jointly Normal Distribution) ซึ่งมีฟังก์ชันภาวะน่าจะเป็น (Likelihood Function) คือ

$$L(\boldsymbol{\mu},\sum)=(2\boldsymbol{\pi})^{-\frac{np}{2}}\left|\sum\right|^{-\frac{n}{2}}e^{-\left(\frac{1}{2}\right)tr\left[\sum_{j=1}^{n}(\mathbf{x}_j-\bar{\mathbf{x}})(\mathbf{x}_j-\bar{\mathbf{x}})'+n(\bar{\mathbf{x}}-\boldsymbol{\mu})(\bar{\mathbf{x}}-\boldsymbol{\mu})'\right]}$$

ซึ่งขึ้นอยู่กับเมทริกซ์ $\mathbf{L}$ และ $\boldsymbol{\psi}$ ที่ทำให้ $\sum=\mathbf{LL}'+\boldsymbol{\psi}$

สำหรับการประมาณค่าเมทริกซ์ $\mathbf{L}$ และ $\boldsymbol{\psi}$ ด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทำได้โดยการหาตัวประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Estimator) ที่ทำให้ค่าฟังก์ชันภาวะน่าจะเป็นมีค่ามากที่สุด

2.1.2 การหมุนปัจจัย (Factor Rotation)

เมื่อถอดปัจจัยที่สำคัญออกจากข้อมูลแล้วถ้าหากว่ายังคงได้ค่าของค่าถ่วงปัจจัยซึ่งไม่ชัดเจนหรือยากต่อการอธิบายความหมายอยู่ จะต้องทำการหมุนปัจจัยเพื่อเป็นการปรับค่าถ่วงปัจจัยให้สามารถหาโครงสร้างของข้อมูลได้ง่ายและชัดเจนขึ้นกว่าโครงสร้างเดิมจนกระทั่งได้ปัจจัยใหม่ที่ง่ายต่อการอธิบายความหมายในแต่ละปัจจัย

สำหรับการหมุนปัจจัยมีหลายวิธี โดยแต่ละวิธีจะทำให้ได้ผลลัพธ์ของค่าถ่วงปัจจัยแตกต่างกัน แต่ค่าสัดส่วนของความแปรปรวนทั้งหมดจะยังคงเดิมไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งวิธีการหมุนปัจจัยแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ ดังนี้

1. การหมุนปัจจัยเชิงตั้งฉาก (Orthogonal Factor Rotation)

เป็นวิธีการหมุนปัจจัยที่เมื่อหมุนปัจจัยแล้วทำให้ปัจจัยใหม่นี้ตั้งฉากกันหรือทำให้ปัจจัยเหล่านี้ไม่มีความสัมพันธ์กัน จึงเป็นการเพิ่มค่าถ่วงปัจจัยหรือลดค่าถ่วงปัจจัยในบางปัจจัย การหมุนปัจจัยเชิงตั้งฉากมี 4 วิธี คือ

1.1 วิธีอีควิแมกซ์ (Equimax) เป็นวิธีการหมุนปัจจัย เพื่อทำให้ค่าถ่วงปัจจัยของตัวแปรแต่ละตัวมีค่าสูงสำหรับปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งเพียงปัจจัยเดียว และมีค่าถ่วงปัจจัยต่ำสำหรับปัจจัยอื่น ๆ

1.2 วิธีแวริแมกซ์ (Varimax) เป็นวิธีการหมุนปัจจัยที่จะได้ความแปรปรวนของค่าถ่วงปัจจัยยกกำลังสอง (l_{ij}^2) มีค่ามากที่สุด ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้กันมาก

1.3 วิธีควอร์ทิแมกซ์ (Quartimax) เป็นวิธีการหมุนปัจจัย ซึ่งให้ค่าถ่วงปัจจัยอย่างง่าย

1.4 ออร์โทแมกซ์ด้วยแกมมา (Orthomax with Gamma) เป็นวิธีที่ผู้ใช้สามารถกำหนดค่าของพารามิเตอร์แกมมาได้เอง

2. การหมุนปัจจัยเป็นมุมแหลม (Oblique Factor Rotation)

เป็นวิธีการหมุนปัจจัยซึ่งจะได้ปัจจัยใหม่ที่สร้างขึ้นมีความสัมพันธ์กัน การหมุนปัจจัยเป็นมุมแหลมมี 2 วิธี คือ

2.1 วิธีอ็อบลิแมกซ์ (Oblimax) เป็นวิธีหมุนปัจจัยที่ทำให้ค่าถ่วงปัจจัยอาจมีค่ามากขึ้นหรือน้อยลงอย่างใดอย่างหนึ่ง จึงเป็นการลดค่าถ่วงปัจจัยที่มีค่ากลาง ๆ ทำให้อธิบายความหมายของปัจจัยแต่ละปัจจัยได้ง่ายขึ้น

2.1 วิธีโคแวริแมกซ์ (Covarimax) เป็นวิธีการหมุนปัจจัยแบบวิธีแวริแมกซ์ แต่ปัจจัยใหม่ที่สร้างขึ้นจะมีความสัมพันธ์กัน

3. การวิเคราะห์จำแนกกลุ่ม (Discriminant Analysis)

การวิเคราะห์จำแนกกลุ่มเป็นเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลหลายตัวแปร เพื่อใช้ในการทำนายหรือพยากรณ์กลุ่มของค่าสังเกตใหม่ว่าควรจัดค่าสังเกตใหม่นั้นให้อยู่ในกลุ่มใด โดยจะต้องมีการแบ่งกลุ่มของค่าสังเกตที่มีอยู่แล้วได้ชัดเจนว่าจะจัดค่าสังเกตแต่ละตัวให้อยู่ในกลุ่มใด

3.1 วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์จำแนกกลุ่ม

1. เพื่อหาสมการเชิงเส้นหรือฟังก์ชันจำแนกกลุ่มเชิงเส้น (Linear Discriminant Function) ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม ที่มีจำนวนเท่ากับจำนวนกลุ่มที่ต้องการจำแนกและจำนวนตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัว ซึ่งเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลหรือมีความสำคัญต่อการจำแนกกลุ่ม โดยที่ต้องทราบจำนวนกลุ่มที่แน่นอนตั้งแต่แรกแล้วว่ามีอยู่กี่กลุ่ม

2. เพื่อนำสมการเชิงเส้นหรือฟังก์ชันจำแนกกลุ่มเชิงเส้นที่สร้างขึ้นในข้อที่ 1 มาใช้ในการทำนายหรือพยากรณ์กลุ่ม เมื่อมีค่าสังเกตใหม่เกิดขึ้นว่าควรจะจัดค่าสังเกตใหม่นั้นให้อยู่ในกลุ่มใด

3.2 ขั้นตอนของการหาสมการเชิงเส้นหรือฟังก์ชันการจำแนกกลุ่มเชิงเส้นของฟิชเชอร์

1. กำหนดตัวแปรอิสระที่คาดว่าจะมีอิทธิพลหรือมีความสำคัญต่อสมการเชิงเส้นหรือฟังก์ชันการจำแนกกลุ่มเชิงเส้นของ ฟิชเชอร์

2. เลือกตัวอย่างแต่ละกลุ่มเพื่อใช้เป็นตัวแทนของกลุ่มจากข้อมูลที่มีอยู่จริง โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วนคือชุดของข้อมูลที่ใช้ในการสร้างตัวแบบ (Training Data Set) และชุดของข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ (Validation Datas Set)

3. สร้างสมการจำแนกกลุ่มเชิงเส้นของ ฟิชเชอร์โดยใช้ข้อมูลที่เก็บได้จากขั้นตอนที่ 2 สำหรับหลักเกณฑ์ในการจำแนกกลุ่มจะนำหลักการของการวิเคราะห์การถดถอย และการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) มาใช้โดยการสร้างสมการเชิงเส้นของข้อมูลตัวอย่างขนาด n ที่เป็นสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแบ่งกลุ่ม (Y) กับตัวแปรอิสระที่ใช้ในการจำแนกกลุ่มจำนวน p ตัว

$$\hat{Y} = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + ... + b_p X_p$$

โดยที่ $\hat{Y}$ เป็นฟังก์ชันการจำแนกกลุ่มเชิงเส้นของฟิชเชอร์

b_0 เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของสมการจำแนกกลุ่มของฟิชเชอร์

b_i เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรอิสระที่ใช้ในการจำแนกกลุ่ม

X_i เป็นตัวแปรอิสระตัวที่ i ซึ่งใช้ในการจำแนกกลุ่ม

และสมการจำแนกกลุ่มเชิงเส้นของ ฟิชเชอร์มีจำนวนเท่ากับค่าที่น้อยที่สุดระหว่างจำนวนตัวแปรอิสระที่ใช้ในการ จำแนกกลุ่ม (p) และผลต่างของจำนวนกลุ่มและหนึ่ง $(k-1)$ นั่นคือ $\min(p, k-1)$ โดยที่ $k =$ จำนวนกลุ่ม กรณีจำแนกกลุ่มของประชากรเป็น 2 กลุ่ม จะมีสมการจำแนกกลุ่มเพียง 1 สมการ และเมื่อได้สมการจำแนกกลุ่มเชิงเส้นของ ฟิชเชอร์แล้วจะสามารถทำนายหรือพยากรณ์กลุ่มของค่าสังเกตใหม่ใด ๆ ได้ว่าควรจะจัดค่าสังเกตใหม่นั้นให้อยู่ในกลุ่มใด เมื่อทราบค่าของตัวแปรอิสระ $X_1, X_2, ..., X_p$ โดยพิจารณาจากเกณฑ์ต่าง ๆ ดังนี้

1. ระยะทาง (Distance)

เป็นการพิจารณาจากระยะทางของค่าสังเกตใหม่ที่ j หรือ D_j ไปยังจุดกึ่งกลางของกลุ่ม โดยมีหลักเกณฑ์ในการตัดสินใจคือ เปรียบเทียบค่าระยะทางของค่าสังเกตใหม่ที่ j กับจุดกึ่งกลางของกลุ่มที่ 1 และค่าระยะทางของค่าสังเกตใหม่ที่ j กับจุดกึ่งกลางของกลุ่มที่ 2

นั่นคือ ถ้า $D_1 < D_2$ จะจัดให้ค่าสังเกตใหม่ที่ j ให้อยู่ในกลุ่มที่ 1

ถ้า $D_1 > D_2$ จะจัดให้ค่าสังเกตใหม่ที่ j ให้อยู่ในกลุ่มที่ 2

2. อัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น (Likelihood Ratio)

Welch (1939) ศึกษาการทำนายหรือพยากรณ์ในการจัดกลุ่มของค่าสังเกตใหม่ โดยใช้อัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น โดยที่ค่าสังเกตใหม่ใด ๆ $(\mathbf{x})$ อาจจะมาจากประชากรกลุ่มที่ 1 หรือประชากรกลุ่มที่ 2 นั่นคือ

$$\mathbf{x} \sim f_1(\boldsymbol{\mu}_1, \Sigma) \text{ หรือ } N_p(\boldsymbol{\mu}_1, \Sigma)$$

หรือ

$$\mathbf{x} \sim f_2(\boldsymbol{\mu}_1, \Sigma) \text{ หรือ } N_p(\boldsymbol{\mu}_2, \Sigma)$$

โดยที่ f_1 เป็นฟังก์ชันความน่าจะเป็นของตัวแปร $\mathbf{x}$ ที่มาจากประชากรที่ 1

f_2 เป็นฟังก์ชันความน่าจะเป็นของตัวแปร $\mathbf{x}$ ที่มาจากประชากรที่ 2

f_1 และ f_2 มีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร

อัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น (λ) หาค่าได้จาก

$$\lambda = \frac{f_1(\boldsymbol{\mu}_1, \Sigma)}{f_2(\boldsymbol{\mu}_2, \Sigma)}$$

นั่นคือ ถ้า $\lambda > 1$ จะจัดค่าสังเกตใหม่ $\mathbf{x}$ ให้อยู่ในกลุ่มที่ 1

ถ้า $\lambda < 1$ จะจัดค่าสังเกตใหม่ $\mathbf{x}$ ให้อยู่ในกลุ่มที่ 2

3. ความน่าจะเป็นก่อน (Prior Probability) และความน่าจะเป็นภายหลัง (Posterior Probability)

Anderson (1951) ศึกษาอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จากนั้นจึงขยายไปสู่ความน่าจะเป็นก่อนของกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 โดยกำหนดให้ความน่าจะเป็นก่อนของกลุ่มที่ 1 มีค่าเท่ากับ g และความน่าจะเป็นก่อนของกลุ่มที่ 2 มีค่าเท่ากับ $1-g$

ถ้าข้อมูลมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปรและเมทริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมเกี่ยวของกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 มีค่าเท่ากันแล้ว ความน่าจะเป็นมีเงื่อนไข (Conditional Probability) ของกลุ่มที่ 1 คือ

$$P(\mathbf{x}' \mid \text{group}1) = \frac{1}{|\mathbf{S}_p|\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{1}{2}(\mathbf{x}-\bar{\mathbf{x}}_1)'\mathbf{S}_p^{-1}(\mathbf{x}-\bar{\mathbf{x}}_1)\right\}$$
$$= \frac{1}{|\mathbf{S}_p|\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{1}{2}D_1^2\right\}$$

เมื่อ $(\mathbf{x}-\bar{\mathbf{x}}_1)'\mathbf{S}_p^{-1}(\mathbf{x}-\bar{\mathbf{x}}_1) = D_1^2$ หรือระยะทางระหว่าง $\mathbf{x}'$ ไปยังจุดกึ่งกลางของกลุ่มที่ 1

ในทำนองเดียวกัน ความน่าจะเป็นมีเงื่อนไขของกลุ่มที่ 2 คือ

$$P(\mathbf{x}' \mid \text{group}2) = \frac{1}{|\mathbf{S}_p|\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{1}{2}(\mathbf{x}-\bar{\mathbf{x}}_2)'\mathbf{S}_p^{-1}(\mathbf{x}-\bar{\mathbf{x}}_2)\right\}$$
$$= \frac{1}{|\mathbf{S}_p|\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{1}{2}D_2^2\right\}$$

โดยทฤษฎีบทของเบย์ (Bayes's Theorem) จะได้ว่าความน่าจะเป็นภายหลังของการจัดค่าสังเกตใหม่ให้อยู่ในกลุ่มที่ 1 คือ

$$P(\text{ group}1 \mid \mathbf{x}') = \frac{g\left[P(\mathbf{x}' \mid \text{group}1)\right]}{g\left[P(\mathbf{x}' \mid \text{group}1)\right] + (1-g)\left[P(\mathbf{x}' \mid \text{group}2)\right]}$$

ในทำนองเดียวกัน ความน่าจะเป็นภายหลังของการจัดให้อยู่ในกลุ่มที่ 2 คือ

$$P(\text{ group}2 \mid \mathbf{x}') = \frac{g\left[P(\mathbf{x}' \mid \text{group}2)\right]}{g\left[P(\mathbf{x}' \mid \text{group}1)\right] + (1-g)\left[P(\mathbf{x}' \mid \text{group}2)\right]}$$

นั่นคือ ถ้า $\frac{P(\text{group}1|\mathbf{x}')}{P(\text{group}\,2|\mathbf{x}')}>1$ จะจัดค่าสังเกตใหม่ $\mathbf{x}$ ให้อยู่ในกลุ่มที่ 1

ถ้า $\frac{P(\text{group}1|\mathbf{x}')}{P(\text{group}\,2|\mathbf{x}')}<1$ จะจัดค่าสังเกตใหม่ $\mathbf{x}$ ให้อยู่ในกลุ่มที่ 2

4. คะแนนจำแนกกลุ่ม (Discriminant Score)

เป็นการพิจารณาจากเมทริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมเกี่ยวของตัวแปรระหว่างกลุ่มของประชากร ซึ่งมีหลักเกณฑ์ ดังนี้

4.1 คะแนนจำแนกกลุ่มเชิงเส้น (Linear Discriminant Score) ใช้เมื่อเมทริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมเกี่ยวของตัวแปรระหว่างกลุ่มของประชากรมีค่าเท่ากัน ซึ่งสามารถคำนวณคะแนนจำแนกกลุ่มเชิงเส้น $\left(d_i(\mathbf{x}_0)\right)$ ได้ดังนี้

$$d_i(\mathbf{x}_0)=\boldsymbol{\mu}_i'\boldsymbol{\Sigma}^{-1}\mathbf{x}_0-\frac{1}{2}\boldsymbol{\mu}_i'\boldsymbol{\Sigma}^{-1}\bar{\mathbf{x}}+\ln(p_i)$$

โดยจะจัดให้ค่าสังเกตใหม่ $(\mathbf{x}_0)$ ให้อยู่ในกลุ่มที่ i ซึ่งให้ค่า $d_i(\mathbf{x}_0)$ มากที่สุด

และถ้าไม่ทราบค่าพารามิเตอร์ $\boldsymbol{\mu}_i$ และ $\boldsymbol{\Sigma}$ จะประมาณค่าด้วยค่าสถิติ $\bar{\mathbf{x}}$ และ $\mathbf{S}_{pooled}$ ตามลำดับ จึงคำนวณค่าประมาณของคะแนนจำแนกกลุ่มเชิงเส้นได้จาก

$$\hat{d}_i(\mathbf{x}_0)=\bar{\mathbf{x}}_i'\mathbf{S}_{pooled}^{-1}\mathbf{x}_0-\frac{1}{2}\bar{\mathbf{x}}_i'\mathbf{S}_{pooled}^{-1}\bar{\mathbf{x}}+\ln(p_i)$$

โดยจะจัดให้ค่าสังเกตใหม่ $(\mathbf{x}_0)$ ให้อยู่ในกลุ่มที่ i ซึ่งให้ค่า $\hat{d}_i(\mathbf{x}_0)$ มากที่สุด

4.2 คะแนนจำแนกกลุ่มกำลังสอง (Quadratic Discriminant Score) ใช้เมื่อเมทริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมเกี่ยวของตัวแปรระหว่างกลุ่มของประชากรมีค่าไม่เท่ากัน ซึ่งสามารถคำนวณค่าคะแนนจำแนกกลุ่มกำลังสอง $\left(d_i^Q(\mathbf{x}_0)\right)$ ได้ดังนี้

$$d_i^Q(\mathbf{x}_0)=-\frac{1}{2}\ln|\boldsymbol{\Sigma}_i|\mathbf{x}_0-\frac{1}{2}(\mathbf{x}_0-\boldsymbol{\mu}_i)'\boldsymbol{\Sigma}_i^{-1}(\mathbf{x}_0-\boldsymbol{\mu}_i)+\ln\left(p_i\right)$$

โดยจะจัดให้ค่าสังเกตใหม่ $(\mathbf{x}_0)$ ให้อยู่ในกลุ่มที่ i ซึ่งให้ค่า $d_i^Q(\mathbf{x}_0)$ มากที่สุด

และถ้าไม่ทราบค่าพารามิเตอร์ $\boldsymbol{\mu}_i$ และ $\sum$ จะประมาณค่าด้วยค่าสถิติ $\bar{\mathbf{x}}$ และ $\mathbf{S}_i$ ตามลำดับ จึงคำนวณค่าประมาณของคะแนนจำแนกกลุ่มกำลังสองได้จาก

$$\hat{d}_i^Q(\mathbf{x}_0) = -\frac{1}{2}\ln|\mathbf{S}_i|\mathbf{x}_0 - \frac{1}{2}(\mathbf{x}_0 - \bar{\mathbf{x}}_i)'\mathbf{S}_i^{-1}(\mathbf{x}_0 - \boldsymbol{\mu}_i) + \ln(p_i)$$

โดยจะจัดให้ค่าสังเกตใหม่ ($\mathbf{x}_0$) ให้อยู่ในกลุ่มที่ i ซึ่งให้ค่า $\hat{d}_i^Q(\mathbf{x}_0)$ มากที่สุด

4. ทำนายหรือพยากรณ์กลุ่มให้กับค่าสังเกตใหม่ ($\mathbf{x}_0$) โดยใช้เกณฑ์การจำแนกกลุ่มที่ได้จากขั้นตอนที่ 3 มาทำนายหรือพยากรณ์กลุ่มให้กับค่าสังเกตใหม่

3.3 การตรวจสอบข้อสมมุติของการวิเคราะห์จำแนกกลุ่ม

3.3.1 ตัวแปรอิสระทั้ง p ตัว ต้องมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร (Multivariate Normal Distribution) ซึ่งสามารถตรวจสอบได้โดยพิจารณาจากระยะทางทั่วไปกำลังสอง (Squared Generalized Distance) หรือระยะทางมาฮาลาโนบิส (Mahalanobis Distance) ของข้อมูลแต่ละค่า $\left(d_j^2\right)$ ที่คำนวณได้จาก

$$d_j^2 = (\mathbf{x}_j - \bar{\mathbf{x}})'\mathbf{S}^{-1}(\mathbf{x}_j - \bar{\mathbf{x}}) \qquad ; j = 1, 2, ..., n$$

หากประชากรมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปรและ $n \geq 25$ หรือ $n - p \geq 30$ แล้วค่า d_j^2 จะมีการแจกแจงเข้าสู่การแจกแจงไคกำลังสอง (Chi-Squared Distribution) จากนั้นนำค่า d_j^2 และค่าไคกำลังสองที่ได้จากการแจกแจงไคกำลังสองมาพล็อตกราฟ (กัลยา วาณิชย์บัญชา, 2552) ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. คำนวณค่า d_j^2 ทุกค่าของ $j; j = 1, 2, ..., n$
2. เรียงลำดับค่า d_j^2 จากน้อยไปหามาก นั่นคือ $d_{(1)}^2 \leq d_{(2)}^2 \leq ... \leq d_{(n)}^2$
3. หาค่าไคกำลังสองจากตารางไคกำลังสอง คือหาค่า $\chi^2_{p,\frac{(j-0.5)}{n}}$ โดยที่ $\chi^2_{p,\frac{(j-0.5)}{n}}$ เป็นค่าควอไทล์ที่ $\frac{100(j-0.5)}{n}$ ของการแจกแจงไคกำลังสองที่องศาเสรี p
4. พล็อตคู่อันดับ $\left(\chi^2_{p,\frac{(j-0.5)}{n}}, d_{(j)}^2\right)$

ถ้ากราฟที่พล็อตได้อยู่ในรูปเชิงเส้นผ่านจุดกำเนิดที่มีความชันเป็น 1 แสดงว่าตัวแปร $\mathbf{x}$ ใด ๆ มีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร ในทางตรงกันข้ามถ้ากราฟพล็อตที่ได้ห่างจากเส้นตรงอย่างมีแบบแผน (Pattern) แล้ว จะสรุปได้ว่า $\mathbf{x}$ ไม่มีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร

3.3.2. ความสัมพันธ์เชิงเส้นแบบพหุ (Multicollinearity) เกิดขึ้นจากการที่ตัวแปรอิสระที่มีอยู่อาจมีความสัมพันธ์กันเองซึ่งจะส่งผลต่อการคัดเลือกตัวแปรอิสระที่มีอิทธิพลหรือมีความสำคัญต่อตัวแปรตาม เนื่องจากจะพบว่าตัวแปรเหล่านั้นแสดงค่าความสัมพันธ์ต่อตัวแปรตาม ส่วนวิธีการตรวจสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นแบบพหุนั้นจะตรวจสอบได้จากค่า *VIF* (Variance Inflation Factor) โดยที่ถ้าค่า *VIF* มีค่ามากกว่า 5 แล้ว อาจกล่าวได้ว่าเกิดปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นแบบพหุ ค่า *VIF* ของตัวแปรอิสระที่ i คำนวณได้จาก

$$VIF_i = \frac{1}{1-R_i^2} \qquad ;i = 1, 2, ..., p$$

โดยที่ R_i^2 เป็นค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (Coefficient of Determination) ของตัวแบบที่ไม่รวมตัวแปรอิสระตัวที่ i

3.3.3 เมทริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมเกี่ยวระหว่างตัวแปรอิสระพิจารณาได้ 2 กรณี ดังนี้

1. เมื่อเมทริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมเกี่ยวระหว่างตัวแปรอิสระของประชากรทั้ง k กลุ่มมีค่าเท่ากัน นั่นคือ $\mathbf{\Sigma_1 = \Sigma_2 = ... = \Sigma_k}$ จะใช้ฟังก์ชันการจำแนกกลุ่มเชิงเส้น

2. เมื่อเมทริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมเกี่ยวระหว่างตัวแปรของประชากรกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งมีค่าแตกต่างจากกลุ่มอื่นจะใช้ฟังก์ชันการจำแนกกลุ่มกำลังสอง

สำหรับการตรวจสอบความเท่ากันของเมทริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมเกี่ยวระหว่างตัวแปรอิสระของประชากรทั้ง k กลุ่ม จะใช้การทดสอบของบ็อกซ์เอ็ม (Box's M Test: M) ซึ่งคำนวณได้ดังนี้

$$M = \frac{\left|\mathbf{S}_1\right|^{\frac{n_1-1}{2}} \left|\mathbf{S}_2\right|^{\frac{n_2-1}{2}} ... \left|\mathbf{S}_k\right|^{\frac{n_k-1}{2}}}{\left|\mathbf{S}_p\right|^{\frac{n_1+n_2+...+n_k-k}{2}}}$$

หรือ

$$\ln(M) = \frac{1}{2}\left[\sum_{i=1}^{k}(n_i-1)\ln\left|\mathbf{S}_i\right|\right] - \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{k}(n_i-k)\ln\left|\mathbf{S}_p\right|$$

โดยที่ k เป็นจำนวนกลุ่มของประชากร

n_i เป็นจำนวนข้อมูลของประชากรในกลุ่มที่ $i; i = 1,2,...,k$

$\mathbf{S}_1, \mathbf{S}_2, ..., \mathbf{S}_k$ เป็นเมทริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมเกี่ยวของตัวแปรในกลุ่มที่ $i; i = 1,2,...,k$

$\mathbf{S}_p$ เป็นเมทริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมเกี่ยวของตัวแปรทุกกลุ่ม

ส่วนสถิติที่ใช้ในการประเมินค่าคือ สถิติไคกำลังสอง $\left(\chi^2\right)$ ซึ่งสามารถคำนวณค่าได้จาก

$$\chi^2 = -2(1-c_1)\ln(M)$$

โดยจะทำการตัดสินใจปฏิเสธ H_0 เมื่อ $\chi^2 > \chi^2_{(a_1)}$

และจะทำการตัดสินใจยอมรับ H_0 เมื่อ $\chi^2 \le \chi^2_{(a_1)}$

โดยที่ $c_1 = \dfrac{(k+1)(2p^2+3p-1)}{6k(N-k)(p+1)}$

และ $a_1 = \dfrac{1}{2}(k+1)\,p\,(p+1)$

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาการประเมินค่าคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง โดยใช้การวิเคราะห์หลายตัวแปร (Multivariate Analysis) ซึ่งทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากสำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2540 ถึงปีพ.ศ. 2558 โดยมีขั้นตอนวิธีดำเนินการวิจัยดังนี้

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง จากสำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ตั้งแต่ปี พ.ศ.2540 ถึงปี พ.ศ.2558 โดยอยู่ในรูปปริมาณหรือค่าความเข้มข้นของตัวแปร ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำ ดังนี้

1. อุณหภูมิ (Temperature) มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส $\left(^{\circ}C\right)$
2. ความเป็นกรดและด่าง (PH)
3. ความขุ่น (Turbidity) มีหน่วยเป็นเอ็น.ที.ยู (NTU)
4. การนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity: EC) มีหน่วยเป็นไมโครซีเมนต์$\left(\mu s\right)$
5. ความเค็ม (Salinity) มีหน่วยเป็นพี.พี.ที. (PPT)
6. ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen: DO) มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร (mg/)
7. ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (Biochemical Oxygen Demand: BOD) มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร (mg/l)
8. แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria: TCB) มีหน่วยเป็นเอ็ม.พี.เอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร (MPN/100 ml)
9. แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria: FCB) มีหน่วยเป็นเอ็ม.พี.เอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร (MPN/100 ml)
10. ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus: TP) มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร (mg/l)
11. ไนเตรท-ไนโตรเจน (NO_3) มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร (mg/l)
12. ไนไตรท์-ไนโตรเจน $(NO_2 - N)$ มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร (mg/l)

13. แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3 - N) มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร (mg/l)

14. ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids: SS) มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร (mg/l)

15. ของแข็งทั้งหมด (Total Solids: TS) มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร (mg/l)

16. ของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ (Total Dissolved Solids: TDS) มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร (mg/l)

การวิเคราะห์ข้อมูล

งานวิจัยนี้จะทำการตรวจสอบลักษณะทั่วไปของพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง จากข้อมูลคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540 ถึงปี พ.ศ. 2558 จำนวน 705 ค่า จากนั้นจึงทำการแบ่งข้อมูลเป็น 2 ชุด ดังนี้

1. ชุดของข้อมูลที่ใช้ในการสร้างตัวแบบ (Training data set) เป็นชุดของข้อมูลที่นำไปสร้างสมการจำแนกกลุ่มเพื่อทำนายหรือพยากรณ์กลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง ซึ่งเป็นข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540 ถึงปี พ.ศ. 2554 จำนวน 513 ค่า

2. ชุดของข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ (Validation data set) เป็นชุดของข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของสมการจำแนกกลุ่มในการทำนายหรือพยากรณ์กลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงว่ามีความถูกต้องแม่นยำมากน้อยเพียงใด ซึ่งเป็นข้อมูลตั้งแต่ปีพ.ศ. 2555 ถึงปี พ.ศ.2558 จำนวน 192 ค่า

สำหรับขั้นตอนของการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นดังนี้

1. ศึกษาลักษณะทั่วไปของพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Error) ของพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำทั้ง 16 ตัว ซึ่งขั้นตอนนี้จะใช้ข้อมูลทั้งหมดตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540 ถึงปี พ.ศ. 2558

2. กำหนดปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกำหนดคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง ด้วยชุดของข้อมูลที่ใช้ในการสร้างตัวแบบโดย

2.1 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำ ด้วยการทดสอบสหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson Correlation)

2.2 หาจำนวนส่วนประกอบหลัก (Principal Component: PC) ที่เหมาะสมเพื่อจะใช้ในการกำหนดปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกำหนดคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง โดยใช้การวิเคราะห์ส่วนประกอบหลัก (Principal Component Analysis) และกราฟสครีพล็อต (Scree Plot)

2.3 สร้างตัวแปรตัวใหม่ โดยพิจารณาจากจำนวนส่วนประกอบหลักที่ได้จากขั้นตอนที่ 2.2 จากนั้นทำการวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis) โดยมีการถอดปัจจัย (Factor Extraction) ด้วยวิธีการวิเคราะห์ส่วนประกอบหลักเพื่อรวมตัวแปรซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงที่มีความสัมพันธ์กันเข้าไว้ให้เป็นปัจจัยเดียวกัน ซึ่งปัจจัยที่ได้เหล่านี้จะถูกนำมาสร้างเป็นตัวแปรตัวใหม่เพื่อใช้ในการทำนายหรือพยากรณ์กลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงในขั้นตอนต่อไป

3. สร้างสมการจำแนกกลุ่มเพื่อทำนายหรือพยากรณ์กลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง ด้วยการวิเคราะห์จำแนกกลุ่ม (Discriminant Analysis) โดยพิจารณาจากคะแนนจำแนกกลุ่ม (Discriminant Score) เพื่อจำแนกกลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1. กลุ่มน้ำที่มีคุณภาพไม่ได้ตามมาตรฐาน มี $0 \le \mathrm{WQI} \le 60$

2. กลุ่มน้ำที่มีคุณภาพตามมาตรฐาน มี $61 \le \mathrm{WQI} \le 100$

โดยใช้ชุดของข้อมูลที่ใช้ในการสร้างตัวแบบ พร้อมทั้งตรวจสอบข้อสมมุติของการวิเคราะห์จำแนกกลุ่มทั้ง 3 ข้อจากสมการจำแนกกลุ่มที่ได้ ดังนี้

1. ตัวแปรอิสระทั้ง p ตัว ต้องมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร ด้วยกราฟระหว่าง $\chi^2_{p,\frac{(j-0.5)}{n}}$ และ $d^2_{(j)}$

2. ความสัมพันธ์เชิงเส้นแบบพหุ ด้วยค่า *VIF*

3. ความเท่ากันของเมทริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมเกี่ยวระหว่างตัวแปรอิสระของประชากรทั้ง k กลุ่ม ด้วยการทดสอบของบ็อกซ์เอ็ม

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

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาการประเมินค่าคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง โดยใช้การวิเคราะห์หลายตัวแปร ซึ่งทำการเก็บรวบรวบข้อมูลจากสำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2540 ถึงปี พ.ศ. 2558 โดยมีผลการวิจัยดังนี้

ผลการศึกษาลักษณะทั่วไปของพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง

เมื่อใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และความคลาดเคลื่อน-มาตรฐาน เพื่อศึกษาลักษณะทั่วไปจากตัวแปรที่เป็นพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 สถิติเชิงพรรณนาของตัวแปรที่เป็นพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง

ตัวแปร	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน
อุณหภูมิ (Temperature)	30.3650	1.6240	0.0612
ความเป็นกรดและด่าง (pH)	7.0630	0.4690	0.0177
ความขุ่น (Turbidity)	83.0600	99.6600	3.7500
การนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity)	14,517	21,172	797
ความเค็ม (Salinity)	8.8610	10.585	0.3990
ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen)	4.6033	1.7585	0.0662
ความสกปรกในรูป-สารอินทรีย์ (Biochemical Oxygen Demand)	1.5224	0.9782	0.0368

ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

ตัวแปร	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน
แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria)	9,278	24,741	932
แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิ-ฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria)	2,871	11,002	414
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus)	0.1497	0.1362	0.0051
ไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate-Nitrogen)	0.5940	2.1077	0.0794
ไนไตรท์-ไนโตรเจน (Nitrite-Nitrogen)	0.0611	0.1809	0.0068
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (Ammonia- Nitrogen)	0.1895	0.2664	0.0100
ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids)	67.2300	70.5100	2.6600
ของแข็งทั้งหมด (Total Solids)	9,725	12,364	466
ของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ (Total Dissolved Solids)	9,658	12,345	465

จากตารางที่ 4-1 เมื่อใช้สถิติเชิงพรรณนาคือค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน เพื่อศึกษาลักษณะทั่วไปของพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง พบว่า พารามิเตอร์ส่วนใหญ่มีค่าเฉลี่ยสอดคล้องกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 (คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2537) ดังนี้ ค่าเฉลี่ยของความเป็นกรดและ

ด่างเท่ากับ 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 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงแต่ละตัวมีการกระจายและมีความแปรผันมาก ได้แก่ การนำไฟฟ้า แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด และแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม

ผลการกำหนดปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกำหนดคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง

1. เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรรายคู่ของพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำจำนวน 16 ตัว ด้วยการทดสอบสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 ค่าสหสัมพันธ์และค่าพีของการทดสอบสหสัมพันธ์เพียร์สัน

	Temperature	**pH**	**Turbidity**	**EC**	**Salinity**	**DO**	**BOD**	**TCB**	**FCB**	**TP**	**NO_3-N**	**NO_2-N**	**NH_3-N**	**SS**	**TS**
pH	0.067														
	(0.132)														
Turbidity	0.081	0.011													
	(0.066)	(0.811)													
EC	0.144	0.002	-0.150												
	(0.001*)	(0.962)	(0.001*)												
Salinity	0.142	-0.009	-0.148	0.925											
	(0.001*)	(0.837)	(0.001*)	(0.000*)											
DO	0.126	0.307	-0.232	0.152	0.158										
	(0.004*)	(0.000*)	(0.000*)	(0.001*)	(0.000*)										
BOD	0.125	0.082	0.038	-0.108	-0.077	0.096									
	(0.005*)	(0.065)	(0.396)	(0.015*)	(0.083)	(0.029*)									
TCB	-0.100	0.142	0.115	-0.126	-0.128	-0.033	0.036								
	(0.023*)	(0.001*)	(0.009*)	(0.004*)	(0.004*)	(0.454)	(0.421)								
FCB	-0.040	0.087	0.032	-0.053	-0.044	-0.009	0.016	0.601							
	(0.365)	(0.048*)	(0.465)	(0.232)	(0.324)	(0.831)	(0.711)	(0.000*)							

ตารางที่ 4-2 (ต่อ)

	Temperature	pH	Turbidity	EC	Salinity	DO	BOD	TCB	FCB	TP	NO_3-N	NO_2-N	NH_3-N	SS	TS
TP	0.111	0.045	0.541	0.076	0.067	-0.102	0.056	0.036	0.011						
	(0.012*)	(0.310)	(0.000*)	(0.086)	(0.129)	(0.021*)	(0.206)	(0.410)	(0.812)						
NO_3-N	0.046	0.013	-0.034	0.036	0.092	-0.012	-0.005	-0.031	-0.025	0.021					
	(0.303)	(0.764)	(0.443)	(0.418)	(0.038*)	(0.779)	(0.905)	(0.479)	(0.576)	(0.637)					
NO_2-N	0.172	-0.001	0.212	0.012	0.016	-0.095	0.025	-0.032	-0.031	0.111	0.091				
	(0.000*)	(0.990)	(0.000*)	(0.785)	(0.710)	(0.032*)	(0.566)	(0.465)	(0.484)	(0.012*)	(0.040*)				
NH_3-N	-0.052	0.067	-0.136	-0.032	0.006	0.010	0.010	-0.032	-0.016	-0.143	0.317	-0.011			
	(0.243)	(0.130)	(0.002*)	(0.474)	(0.896)	(0.825)	(0.829)	(0.476)	(0.711)	(0.001*)	(0.000*)	(0.802)			
SS	0.271	0.026	0.233	0.281	0.300	0.068	-0.013	-0.018	-0.010	0.164	0.062	-0.019	-0.065		
	(0.000*)	(0.561)	(0.000*)	(0.000*)	(0.000*)	(0.121)	(0.775)	(0.690)	(0.830)	(0.000*)	(0.161)	(0.664)	(0.142)		
TS	0.149	0.112	-0.122	0.828	0.876	0.131	-0.062	-0.114	-0.042	0.082	0.079	-0.001	-0.045	0.338	
	(0.001*)	(0.011*)	(0.005*)	(0.000*)	(0.000*)	(0.003*)	(0.160)	(0.010*)	(0.344)	(0.063)	(0.075)	(0.985)	(0.312)	(0.000*)	
TDS	0.148	0.112	-0.124	0.828	0.876	0.131	-0.062	-0.114	-0.042	0.081	0.078	-0.001	-0.044	0.333	1.000
	(0.001*)	(0.011*)	(0.005*)	(0.000*)	(0.000*)	(0.003*)	(0.159)	(0.010*)	(0.344)	(0.065)	(0.076)	(0.987)	(0.315)	(0.000*)	(0.000*)

* $P<0.05$

จากตารางที่ 4-2 พบว่าค่าพี (P-value) ของการทดสอบสหสัมพันธ์เพียร์สันส่วนใหญ่แล้วมีค่าน้อยมาก (≈ 0) ซึ่งหมายความว่าพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์กัน

ดังนั้นจึงมีเหตุผลเพียงพอที่จะประยุกต์การวิเคราะห์หลายตัวแปรเพื่อทำนายหรือพยากรณ์กลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง เนื่องจากสามารถช่วยลดมิติหรือความซับซ้อนในการวิเคราะห์ข้อมูลของพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำซึ่งมีอยู่เป็นจำนวนมากได้

2. เมื่อหาจำนวนส่วนประกอบหลักที่เหมาะสมเพื่อจะใช้ในการกำหนดปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกำหนดคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงโดยใช้การวิเคราะห์ส่วนประกอบหลัก ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4-3

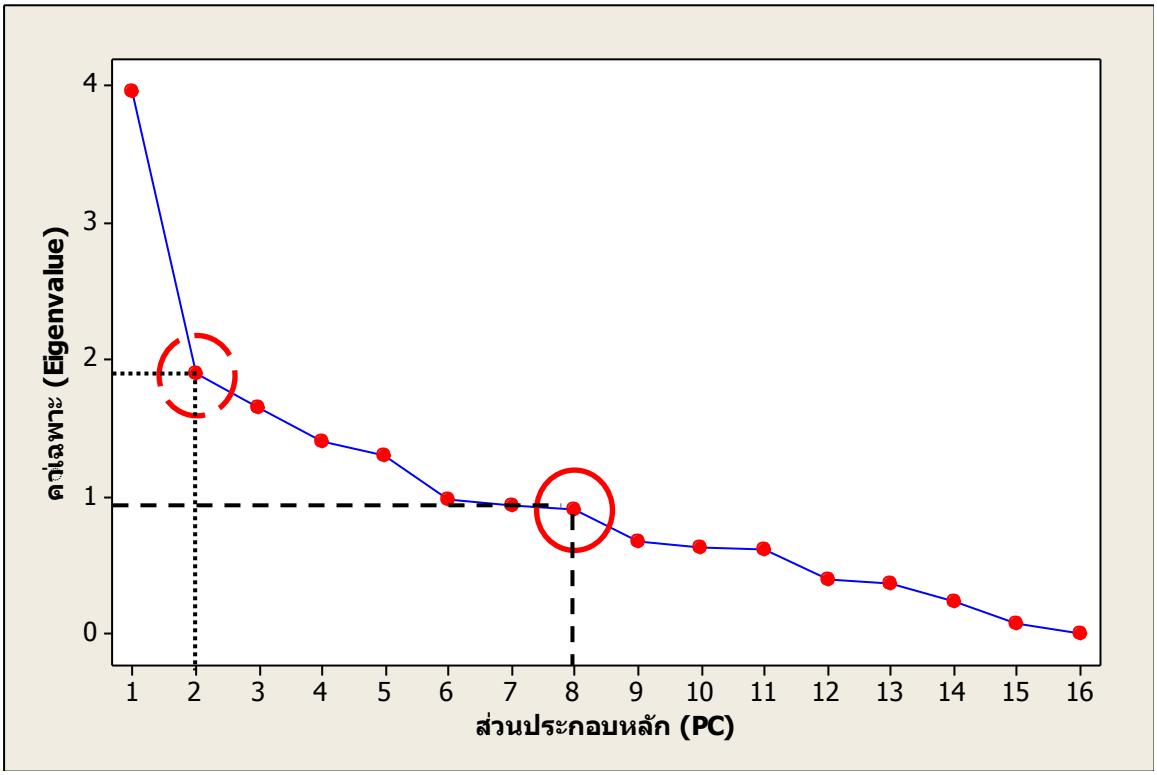
ตารางที่ 4-3 ค่าเฉพาะ สัดส่วนความแปรผัน และสัดส่วนความแปรผันสะสมของแต่ละส่วนประกอบหลัก

	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

จากตารางที่ 4-3 พบว่าส่วนประกอบหลักที่ค่าเฉพาะมีค่ามากกว่าหรือใกล้เคียงกับ 1 คือส่วนประกอบหลักที่ 1 ถึงส่วนประกอบหลักที่ 8 (PC1-PC8) ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ส่วนประกอบหลัก

จำนวน 8 ส่วนประกอบ โดยมีสัดส่วนความแปรผันสะสมเท่ากับ 0.8150 ซึ่งหมายความว่าสามารถอธิบายความแปรผันของข้อมูลทั้งหมดได้ร้อยละ 81.50

และเมื่อพิจารณากราฟสครีพล็อต ซึ่งแสดงดังภาพที่ 4-1 พบว่า กราฟมีการหักศอกที่ส่วนประกอบหลักที่ 2 แต่เนื่องจากค่าเฉพาะของส่วนประกอบหลักที่ 3 ถึงส่วนประกอบหลักที่ 8 มีค่ามากกว่าหรือใกล้เคียงกับ 1 อีกทั้งยังเห็นได้ว่าหากเพิ่มส่วนประกอบหลักอีก 6 ส่วนประกอบ (PC3-PC8) นี้เข้าไปจะสามารถอธิบายความแปรผันของข้อมูลได้เพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 44.9 ดังนั้นจึงเลือกใช้ส่วนประกอบหลักทั้งหมดจำนวน 8 ส่วนประกอบ ซึ่งให้ผลสอดคล้องกันกับเมื่อพิจารณาด้วยการวิเคราะห์ส่วนประกอบหลัก



ภาพที่ 4-1 กราฟสครีพล็อต

3. เมื่อทำการวิเคราะห์ปัจจัยโดยมีการถอดปัจจัยด้วยวิธีการวิเคราะห์ส่วนประกอบหลักจากขั้นตอนที่ 2 เพื่อรวมตัวแปรที่เป็นพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงซึ่งมีความสัมพันธ์กันเข้าไว้ให้เป็นปัจจัยเดียวกัน พบว่า ใช้จำนวนส่วนประกอบหลัก 8 ส่วนประกอบ

จึงได้ปัจจัยจำนวน 8 ปัจจัย จากนั้นจึงนำปัจจัยที่ได้เหล่านี้มาสร้างเป็นตัวแปรตัวใหม่โดยพิจารณาจากค่าถ่วงปัจจัยของตัวแปรแต่ละตัว โดยพิจารณาทั้งกรณีที่ไม่มีการหมุนปัจจัยซึ่งได้ผลแสดงดังตารางที่ 4-4 และกรณีที่มีการหมุนปัจจัยด้วยวิธีแวริแมกซ์ ซึ่งได้ผลแสดงดังตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-4 ค่าถ่วงปัจจัยของปัจจัย 8 ปัจจัย เมื่อไม่มีการหมุนปัจจัย

Variable	Factor1	Factor2	Factor3	Factor4	Factor5	Factor6	Factor7	Factor8
Temperature	0.006	-0.297	-0.126	-0.484	0.153	0.372	-0.342	0.305
pH	-0.088	-0.038	0.427	-0.525	0.157	-0.310	0.446	0.117
Turbidity	0.141	-0.828	-0.138	0.012	-0.073	-0.222	0.073	-0.026
EC	-0.919	0.038	0.024	0.137	-0.021	0.059	0.056	-0.050
Salinity	-0.945	0.042	0.029	0.108	-0.071	0.060	0.031	-0.082
DO	-0.218	0.262	0.280	-0.520	0.394	-0.130	0.075	0.162
BOD	0.083	-0.120	0.089	-0.462	0.192	0.270	-0.186	-0.765
TCB	0.190	-0.262	0.793	0.157	-0.171	0.101	-0.049	0.015
FCB	0.101	-0.203	0.795	0.174	-0.185	0.210	-0.120	0.049
TP	-0.097	-0.741	-0.113	-0.017	-0.027	-0.313	0.172	-0.210
NO_3 - N	-0.106	0.068	-0.077	-0.355	-0.720	-0.102	-0.105	-0.000
NO_2 - N	-0.012	-0.343	-0.224	-0.197	-0.242	0.606	0.477	0.196
NH_3 - N	0.032	0.325	0.013	-0.351	-0.640	-0.170	-0.050	-0.077
SS	-0.427	-0.396	-0.025	-0.132	0.034	-0.213	-0.526	0.264
TS	-0.957	-0.003	0.070	0.077	-0.026	0.002	0.067	-0.079
TDS	-0.956	-0.001	0.070	0.077	-0.026	0.003	0.071	-0.081
Variance	3.9580	1.9056	1.6452	1.3959	1.3045	0.9841	0.9391	0.9026
% Var	0.247	0.119	0.103	0.087	0.082	0.062	0.059	0.056

จากตารางที่ 4-4 พบว่าค่าถ่วงปัจจัยในปัจจัยบางปัจจัยยังคงยากต่อการอธิบายความหมายของปัจจัยที่ได้ ดังนั้นเพื่อให้อธิบายความหมายของปัจจัยแต่ละปัจจัยได้ง่ายและมีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น จึงใช้วิธีการหมุนปัจจัยด้วยวิธีแวริแมกซ์ ซึ่งได้ผลแสดงดังตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 ค่าถ่วงปัจจัยของปัจจัย 8 ปัจจัย เมื่อมีการหมุนปัจจัยด้วยวิธีแวริแมกซ์

Variable	Factor1	Factor2	Factor3	Factor4	Factor5	Factor6	Factor7	Factor8
Temperature	0.073	-0.022	0.065	-0.03	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
Variance	3.7733	1.6655	1.6192	1.3258	1.3155	1.2531	1.0663	1.0164
% Var	0.236	0.104	0.101	0.083	0.082	0.078	0.067	0.064

จากตารางที่ 4-5 เมื่อมีการหมุนปัจจัยด้วยวิธีแวริแมกซ์และพิจารณาค่าถ่วงปัจจัยของตัวแปรที่มีค่าตั้งแต่ 0.7 ขึ้นไป (Reghunath, Murthy & Raghavan, 2002) แล้วพบว่าค่าถ่วงปัจจัยของตัวแปรพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำในแต่ละปัจจัยมีความชัดเจนและง่ายต่อการอธิบายความหมายมากยิ่งขึ้น ดังนี้

ปัจจัยที่ 1 ประกอบด้วย EC, Salinity, TS และ TDS แสดงถึงคุณลักษณะทางธรณีวิทยาทั่วไปของแหล่งน้ำ (Geology)

ปัจจัยที่ 2 ประกอบด้วย Turbidity และ TP แสดงถึงการปล่อยของเสียจากชุมชนและอุตสาหกรรมลงแหล่งน้ำ (Waste)

ปัจจัยที่ 3 ประกอบด้วย TCB และ FCB แสดงถึงแบคทีเรียในน้ำ (Bacteria)

ปัจจัยที่ 4 ประกอบด้วย $NO_3 - N$ และ $NH_3 - N$ แสดงถึงสารประกอบของไนโตรเจนในน้ำ (Nitrogen Compounds)

ปัจจัยที่ 5 ประกอบด้วย pH และ DO แสดงถึงความเป็นกรดและด่างและออกซิเจนละลายน้ำ (pH&DO)

ปัจจัยที่ 6 ประกอบด้วย Temperature และ SS แสดงถึงอุณหภูมิและของแข็งแขวนลอย (Temperature&SS)

ปัจจัยที่ 7 ประกอบด้วย $NO_2 - N$ แสดงถึงไนไตรท์-ไนโตรเจน ($NO_2 - N$)

ปัจจัยที่ 8 ประกอบด้วย BOD แสดงถึงความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (BOD)

ผลการสร้างสมการจำแนกกลุ่มเพื่อทำนายหรือพยากรณ์กลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง

ในการสร้างสมการจำแนกกลุ่มเพื่อทำนายหรือพยากรณ์กลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง ด้วยการวิเคราะห์จำแนกกลุ่ม ซึ่งพิจารณาจากคะแนนจำแนกกลุ่มเพื่อใช้ในการจำแนกกลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง โดยใช้ค่า WQI เป็นเกณฑ์ในการแบ่งกลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1. กลุ่มน้ำที่มีคุณภาพไม่ได้ตามมาตรฐาน เป็นน้ำที่มีค่า $0 \leq WQI \leq 60$
2. กลุ่มน้ำที่มีคุณภาพตามมาตรฐาน เป็นน้ำที่มีค่า $61 \leq WQI \leq 100$

เมื่อใช้ตัวแปรใหม่ซึ่งเป็นปัจจัยจำนวน 8 ปัจจัย ที่ได้จากการวิเคราะห์ปัจจัยไปสร้างสมการจำแนกกลุ่มเพื่อทำนายหรือพยากรณ์กลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง จะต้องมีการทดสอบว่าตัวแปรใหม่ทั้ง 8 ตัวที่ได้นี้มีอิทธิพลหรือมีความสำคัญและสามารถใช้ในการจำแนกกลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงได้ด้วยสถิติวิลค์แลมป์ดา (Wilks' Lamda) ซึ่งได้ผลแสดงดังตารางที่ 4-6

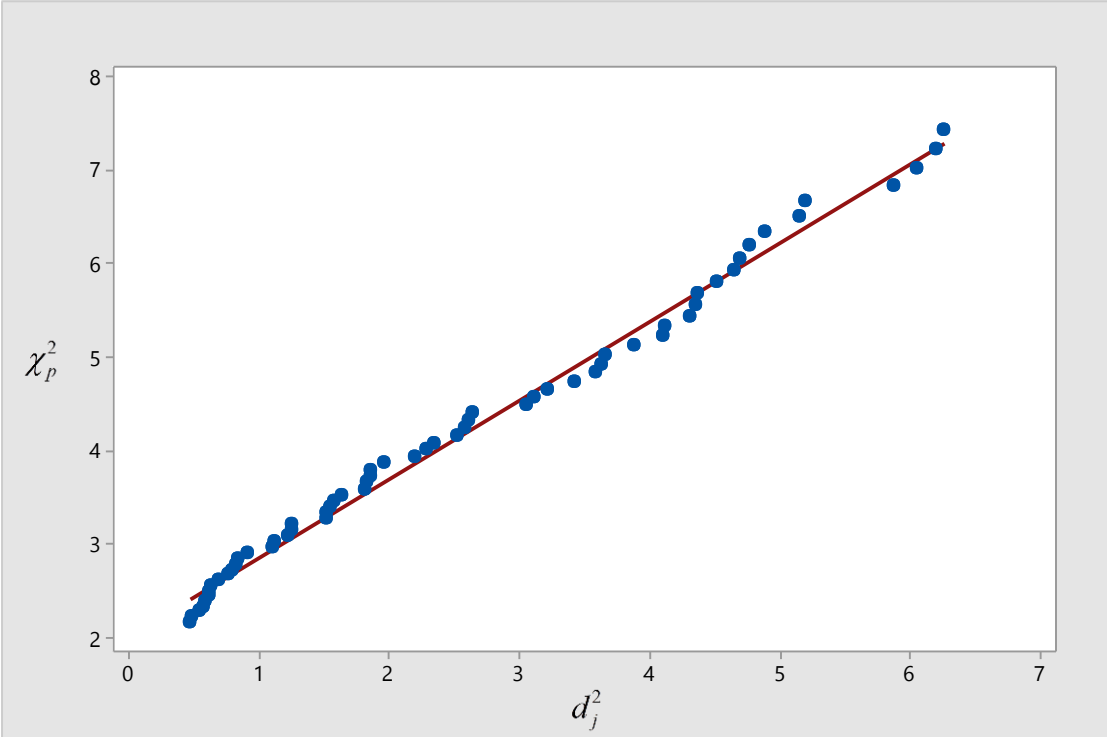
ตารางที่ 4-6 การทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง

Variable	Wilks' Lambda	F	df1	df2	P-value
Geology	0.956	23.609	1	511	0.000
Waste	0.994	2.838	1	511	0.093
Bacteria	0.869	77.033	1	511	0.000
Nitrogen Compounds	0.968	16.871	1	511	0.000
pH&DO	1.000	0.141	1	511	0.707
Temperature&SS	0.998	1.127	1	511	0.289
$NO_2 - N$	0.996	1.971	1	511	0.161
BOD	0.879	70.016	1	511	0.000

จากตารางที่ 4-6 พบว่า เมื่อพิจารณาค่าพีของสถิติวิลค์แลมป์ดาที่มีค่าน้อยกว่า 0.05 จะได้ตัวแปรที่มีอิทธิพลหรือมีความสำคัญและสามารถใช้ในการจำแนกกลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงจำนวน 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 $\mathbf{x}_1 : Geology, \mathbf{x}_2 : Bacteria, \mathbf{x}_3 : Nitrogen\ Compounds$ และ $\mathbf{x}_4 : BOD$ มีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร คือ $\mathbf{X} \sim N_4(\boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{\Sigma})$ โดยพิจารณาจากกราฟระหว่าง $\chi^2_{p,\frac{(j-0.5)}{n}}$ และ $d^2_{(j)}$ ซึ่งได้ผลดังภาพที่ 4-2



ภาพที่ 4-2 กราฟระหว่าง $\chi^2_{p,\frac{(j-0.5)}{n}}$ และ $d^2_{(j)}$

จากภาพที่ 4-2 จะเห็นได้ว่าจุดของข้อมูลส่วนใหญ่มีการกระจายใกล้เคียงกับเส้นตรง และพันอยู่รอบ ๆ เส้นตรงอ้างอิง แต่มีจุดบางจุดที่อยู่ห่างจากเส้นอ้างอิงเล็กน้อย จึงอาจสรุปได้ว่า $\mathbf{x} \sim N_4(\boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{\Sigma})$ ตัวแปรทั้ง 4 ตัวคือ Geology, Bacteria, Nitrogen Compounds และ BOD มีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร

2. ตรวจสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นแบบพหุ 4 ตัว ด้วยค่า *VIF* ซึ่งได้ผลแสดงดังตารางที่ 4-7

ตารางที่ 4-7 การทดสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นแบบพหุด้วยค่า *VIF*

Variable	**Coef**	**SE Coef**	**T**	**P-value**	**VIF**
Constant	1.69981	0.01667	101.94	0.000	1.0
Geology	0.09641	0.01669	5.78	0.000	1.0
Bacteria	0.16606	0.01669	9.95	0.000	1.0
Nitrogen Compounds	-0.08202	0.01669	-4.91	0.000	1.0
BOD	-0.15926	0.01669	-9.54	0.000	1.0

จากตารางที่ 4-7 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

กำหนดให้ $\sum_1$ และ $\sum_2$ เป็นเมทริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมเกี่ยวของตัวแปรของกลุ่มน้ำที่มีคุณภาพไม่ได้ตามมาตรฐานและกลุ่มน้ำที่มีคุณภาพตามมาตรฐาน ตามลำดับ สมมุติฐานที่ใช้ในการทดสอบ คือ

$$H_0 : \sum_1 = \sum_2$$
$$H_1 : \sum_1 \neq \sum_2$$

ภายใต้ H_0 เป็นจริง จะได้การทดสอบของบ็อกซ์เอ็ม คือ

$$M = \frac{\left|\mathbf{S}_1\right|^{\frac{n_1-1}{2}} \left|\mathbf{S}_2\right|^{\frac{n_2-1}{2}}}{\left|\mathbf{S}_p\right|^{\frac{n_1+n_2-k}{2}}}$$

หรือ

$$\ln(M) = \frac{1}{2}\left[\sum_{i=1}^{k}(n_i-1)\ln\left|\mathbf{S}_i\right|\right] - \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{k}(n_i-k)\ln\left|\mathbf{S}_p\right|$$

เมื่อ k เป็นจำนวนของกลุ่มคุณภาพน้ำที่พิจารณา ซึ่ง $k=2$

n_1 เป็นจำนวนข้อมูลของกลุ่มน้ำที่มีคุณภาพไม่ได้ตามมาตรฐาน ซึ่ง $n_1 = 154$

n_2 เป็นจำนวนข้อมูลของกลุ่มน้ำที่มีคุณภาพตามมาตรฐาน ซึ่ง $n_2 = 359$

$\mathbf{S}_1$ เป็นเมทริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมเกี่ยวของตัวแปรของกลุ่มน้ำที่มีคุณภาพไม่ได้ตามมาตรฐาน ซึ่ง $\left|\mathbf{S}_1\right| = 10.63426$

$\mathbf{S}_2$ เป็นเมทริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมเกี่ยวของตัวแปรของกลุ่มน้ำที่มีคุณภาพตามมาตรฐาน ซึ่ง $\left|\mathbf{S}_2\right| = 0.0004437$

$\mathbf{S}_p$ เป็นเมทริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมเกี่ยวของตัวแปรร่วมระหว่างกลุ่มคุณภาพน้ำทั้ง 2 กลุ่ม ซึ่ง $\left|\mathbf{S}_p\right| = 0.6776528$

จึงคำนวณการทดสอบของบอกซ์เอ็มได้ดังนี้

$$M = \frac{\left|10.63426\right|^{\frac{154-1}{2}} \left|0.0004437\right|^{\frac{n_2-1}{2}}}{\left|0.6776528\right|^{\frac{154+359-2}{2}}}$$

หรืออาจพิจารณาจาก

$$\ln(M) = \frac{1}{2}\left[\left((154-1)\ln(10.63426)\right) + \left((359-1)\ln(0.0004437)\right)\right] - \frac{1}{2}(513-2)\ln(0.6776528)$$
$$= -1{,}105.8505$$

จากนั้นจึงประเมินค่าการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมเกี่ยวของตัวแปรระหว่างกลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงทั้ง 2 กลุ่ม ได้ด้วยสถิติไคกำลังสอง $\left(\chi^2\right)$ ซึ่งคำนวณได้จาก

$$\chi^2 = -2(1-c_1)\ln(M)$$

โดยที่ $c_1 = \dfrac{(2+1)(2(4)^2+3(4)-1)}{6(2)(513-2)(4+1)} = 0.0042074$

จึงได้ว่า

$$\chi^2 = -2(1-0.0042074)(-1{,}105.8505) = 2{,}202.395$$

และที่องศาเสรี $a_1 = \dfrac{1}{2}(2-1)(4)(4+1) = 10$ จะได้ $\chi^2_{(10)} = 18.3070$

เนื่องจาก $\chi^2 = 2{,}202.395 > \chi^2_{(10)}$ จึงปฏิเสธสมมุติฐาน H_0 ดังนั้นเมทริกซ์ความ-แปรปรวนและความแปรปรวนร่วมเกี่ยวของตัวแปรระหว่างกลุ่มน้ำที่มีคุณภาพไม่ได้ตามมาตรฐานและกลุ่มน้ำที่มีคุณภาพตามมาตรฐานมีค่าแตกต่างกัน

Gilbert (1969) และ Marks และ Dunn (1974) ศึกษา วิจัย และแสดงให้เห็นว่าหากเมทริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมเกี่ยวของตัวแปรระหว่างประชากรกลุ่มหนึ่งมีค่ามากกว่าของประชากรอีกกลุ่มหนึ่งแล้ว การใช้สมการจำแนกกำลังสองและสมการจำแนกเชิงเส้นจะให้ผลในการทำนายหรือพยากรณ์กลุ่มที่ไม่แตกต่างกันมากนัก

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้การวิเคราะห์จำแนกกลุ่มเชิงเส้นในการจำแนกกลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง ซึ่งเมื่อใช้ฟังก์ชันจำแนกกลุ่มเชิงเส้นพบว่าได้ค่าเฉพาะ แสดงดังตารางที่ 4-8

ตารางที่ 4-8 ค่าเฉพาะของฟังก์ชันจำแนกกลุ่มเชิงเส้น

Function	Eigenvalue	% of Variance	Cumulative %	Canonical Correlation
1	0.487	100.0	100.0	0.572

จากตารางที่ 4-8 จะเห็นได้ว่าค่าเฉพาะมีค่า 0.487 แสดงให้เห็นว่าความแตกต่างระหว่างกลุ่มคุณภาพน้ำทั้ง 2 กลุ่ม อยู่ในระดับปานกลาง และค่าสหสัมพันธ์คานอนิคัลมีค่า 0.572 นั่นคือ หาก $(0.572)^2 = 0.3272$ แสดงว่าตัวแปรใหม่ในสมการจำแนกกลุ่มสามารถอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรได้ร้อยละ 32.72 แต่เนื่องจากค่าเฉพาะและค่าสหสัมพันธ์คานอนิคัลของฟังก์ชันจำแนกกลุ่มเชิงเส้นเป็นการวิเคราะห์หนึ่งที่ใช้ประกอบการพิจารณาสมการจำแนกกลุ่ม ดังนั้นเพื่อให้ได้สมการจำแนกกลุ่มที่เหมาะสมจึงควรพิจารณาการวิเคราะห์อื่น ๆ ประกอบด้วย

สถิติที่ใช้ในการทดสอบความมีนัยสำคัญของฟังก์ชันจำแนกกลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงด้วยตัวแปรอิสระทั้ง 4 ตัว (Geology, Bacteria, Nitrogen Compounds และ BOD) จะพิจารณาจากค่าสถิติวิลค์แลมป์ดา ซึ่งได้ผลแสดงดังตารางที่ 4-9

ตารางที่ 4-9 สถิติวิลค์แลมป์ดาในการทดสอบความมีนัยสำคัญของฟังก์ชันจำแนกกลุ่มด้วยตัวแปรอิสระทั้ง 4 ตัว

Test of Function(s)	Wilks' Lambda	Chi-square	df	P-value
1	0.672	202.045	4	0.000

จากตารางที่ 4-9 พบว่าค่าพีของสถิติวิลค์แลมป์ดามีค่า ≈ 0 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงแสดงให้เห็นว่าสามารถใช้ตัวแปรอิสระทั้ง 4 ตัว คือ คุณลักษณะทางธรณีวิทยาทั่วไปของแหล่งน้ำ (Geology) แบคทีเรียในน้ำ (Bacteria) สารประกอบของไนโตรเจนในน้ำ (Nitrogen Compounds) และความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (BOD) ในการแบ่งกลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงออกเป็น 2 กลุ่มได้

ทำการพิจารณาตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการทำนายหรือพยากรณ์กลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงมากที่สุด ด้วยค่าสัมประสิทธิ์ฟังก์ชันจำแนกกลุ่มคานอนิคัลที่ทำให้เป็นค่ามาตรฐาน แสดงดังตารางที่ 4-10

ตารางที่ 4-10 สัมประสิทธิ์ฟังก์ชันจำแนกกลุ่มคานอนิคัลที่ทำให้เป็นค่ามาตรฐาน

ตัวแปร	สัมประสิทธิ์
Geology	0.438
Bacteria	0.719
Nitrogen Compounds	-0.375
BOD	-0.694

จากตารางที่ 4-10 จะเห็นได้ว่าสัมประสิทธิ์ของแบคทีเรียในน้ำมีค่ามากที่สุด ดังนั้น แบคทีเรียในน้ำจึงมีอิทธิพลต่อต้องการทำนายหรือพยากรณ์กลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงมากที่สุด

เนื่องจากเมทริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมเกี่ยวของตัวแปรระหว่างกลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงมีค่าไม่เท่ากัน ดังนั้นเมื่อมีค่าสังเกตใหม่และต้องการทำนายหรือพยากรณ์กลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงให้กับค่าสังเกตใหม่แล้ว จะทำการจัดค่าสังเกตนี้ให้อยู่ในกลุ่มใดก็ได้ โดยพิจารณาจากคะแนนจำแนกกลุ่ม ดังนี้

สมการจำแนกกลุ่มสำหรับกลุ่มน้ำที่มีคุณภาพไม่ได้ตามมาตรฐาน

$$\hat{Y}_1 = -0.56575 - 0.47580Geology - 0.81950\ Bacteria + 0.40478Nitrogen\,Compounds + 0.78597BOD$$

สมการจำแนกกลุ่มสำหรับกลุ่มน้ำที่มีคุณภาพตามมาตรฐาน

$$\hat{Y}_2 = -0.10411 + 0.20410Geology + 0.35154Bacteria - 0.17364Nitrogen\,Compounds - 0.33716BOD$$

เมื่อ $\hat{Y}_1$ เป็นค่าทำนายหรือค่าพยากรณ์ของคะแนนจำแนกกลุ่มสำหรับกลุ่มน้ำที่มีคุณภาพไม่ได้ตามมาตรฐาน

$\hat{Y}_2$ เป็นค่าทำนายหรือค่าพยากรณ์ของคะแนนจำแนกกลุ่มสำหรับกลุ่มน้ำที่มีคุณภาพตามมาตรฐาน

Geology เป็นค่าคุณลักษณะทางธรณีวิทยาทั่วไปของแหล่งน้ำ

Bacteria เป็นค่าแบคทีเรียในน้ำ

Nitrogen Compounds เป็นค่าสารประกอบของไนโตรเจนในน้ำ

BOD เป็นค่าความสกปรกในรูปสารอินทรีย์

ผลการประเมินค่าสมการจำแนกกลุ่มที่ได้ในการทำนายหรือพยากรณ์กลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง

สำหรับการทำนายหรือพยากรณ์กลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง โดยใช้สมการจำแนกกลุ่มสำหรับกลุ่มน้ำที่มีคุณภาพไม่ได้ตามมาตรฐานและกลุ่มน้ำที่มีคุณภาพตามมาตรฐาน จะพิจารณาจากคะแนนจำแนกกลุ่ม หากสมการจำแนกกลุ่มสมการใดมีคะแนนจำแนกกลุ่มมากที่สุดจะทำการจัดน้ำอยู่ในกลุ่มนั้น

เมื่อทำการประเมินคะแนนจำแนกกลุ่มเพื่อใช้ในการทำนายหรือพยากรณ์กลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงที่ได้ โดยตรวจสอบความถูกต้องด้วยชุดของข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ โดยพิจารณาจากค่าสัดส่วนความถูกต้องของการจำแนกกลุ่ม ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4-11

ตารางที่ 4-11 สัดส่วนความถูกต้องของการจำแนกกลุ่ม

	ชุดข้อมูลที่ใช้ในการสร้างตัวแบบ		ชุดข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ	
น้ำถูกจัดอยู่ในกลุ่ม	**กลุ่มน้ำที่มีคุณภาพไม่ได้ตามมาตรฐาน**	**กลุ่มน้ำที่มีคุณภาพตามมาตรฐาน**	**กลุ่มน้ำที่มีคุณภาพไม่ได้ตามมาตรฐาน**	**กลุ่มน้ำที่มีคุณภาพตามมาตรฐาน**
กลุ่มน้ำที่มีคุณภาพไม่ได้ตามมาตรฐาน	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 4-11 พบว่าคะแนนจำแนกกลุ่มที่ใช้ในการทำนายหรือพยากรณ์กลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางประกงที่ได้มีความถูกต้องในการจำแนกกลุ่มสำหรับชุดของข้อมูลที่ใช้ในการสร้างตัวแบบร้อยละ 85.76 และสำหรับชุดข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบร้อยละ 68.75 และหากพิจารณาสมการจำแนกกลุ่มของกลุ่มน้ำที่มีคุณภาพไม่ได้ตามมาตรฐาน พบว่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการจำแนกกลุ่ม สำหรับชุดข้อมูลที่ใช้ในการสร้างตัวแบบร้อยละ 73.37 และสำหรับชุดข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบร้อยละ 77.59

บทที่ 5
อภิปรายและสรุปผล

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาการประเมินค่าคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงโดยใช้การวิเคราะห์หลายตัวแปร ซึ่งเก็บรวบรวมข้อมูลจากสำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม โดยเป็นข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณและความเข้มข้นของพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540 ถึงปี พ.ศ. 2558 และทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยทำการแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุดคือชุดของข้อมูลที่ใช้ในการสร้างตัวแบบเป็นข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540 ถึงปี พ.ศ. 2554 จำนวน 513 ค่า และชุดของข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบเป็นข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555 ถึงปี พ.ศ. 2558 จำนวน 513 ค่า ซึ่งสามารถอภิปรายและสรุปผลได้ดังนี้

อภิปรายและสรุปผล

1. งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการประเมินค่าคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง โดยใช้การวิเคราะห์หลายตัวแปร ซึ่งพิจารณาจากพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำจำนวน 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) เมื่อพิจารณาลักษณะทั่วไปของพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงพบว่า พารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำส่วนใหญ่มีค่าเฉลี่ยสอดคล้องกับรายงานสถานการณ์คุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดินภาคตะวันออก ปีงบประมาณ 2559 ที่กำหนดให้แม่น้ำบางปะกงเป็นแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี), 2559c) โดยพารามิเตอร์ที่มีค่าเฉลี่ยสอดคล้องกับมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 (คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ,2537) คือ ความเป็นกรดและด่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 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 งานวิจัยนี้ใช้ค่าดัชนีคุณภาพน้ำหรือ WQI เป็นเกณฑ์ใน การแบ่งกลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มน้ำที่มีคุณภาพไม่ได้ตามมาตรฐาน ซึ่งมีค่า $0 \le WQI \le 60$ จึงเป็นน้ำที่สามารถใช้ประโยชน์เพื่อการอุปโภคบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน แต่สามารถนำมาใช้เพื่อการอุตสาหกรรมและการคมนาคม และกลุ่มน้ำที่มีคุณภาพตามมาตรฐาน ซึ่งมีค่า $61 \le WQI \le 100$ จึงเป็นน้ำที่สามารถใช้ประโยชน์เพื่อการอุปโภคบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบทั่วไป และสามารถนำมาใช้ประโยชน์เพื่อการอนุรักษ์สัตว์น้ำ การประมง การกีฬาทางน้ำ และการเกษตร

2. เมื่อใช้การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีการถอดปัจจัยด้วยวิธีส่วนประกอบหลัก พบว่า สามารถลดจำนวนพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำจาก 16 ตัวให้เหลือเพียง 8 ตัว แล้วทำการหมุนปัจจัยด้วยวิธีแวริแมกซ์ โดยพิจารณาค่าถ่วงปัจจัย เพื่อรวมกลุ่มของพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำทั้ง 8 ปัจจัยนี้ให้เป็นตัวแปรตัวใหม่ ซึ่งสามารถอธิบายความหมายของตัวแปรตัวใหม่ได้ดังนี้

ปัจจัยที่ 1 แสดงถึงคุณลักษณะทางธรณีวิทยาทั่วไปของแหล่งน้ำ (Geology)

ปัจจัยที่ 2 แสดงถึงการปล่อยของเสียจากชุมชนและอุตสาหกรรมลงแหล่งน้ำ (Waste)

ปัจจัยที่ 3 แสดงถึงแบคทีเรียในน้ำ (Bacteria)

ปัจจัยที่ 4 แสดงถึงสารประกอบของไนโตรเจนในน้ำ (Nitrogen Compounds)

ปัจจัยที่ 5 แสดงถึงความเป็นกรดและด่างและออกซิเจนละลายน้ำ (pH&DO)

ปัจจัยที่ 6 แสดงถึงอุณหภูมิและของแข็งแขวนลอย (Temperature&SS)

ปัจจัยที่ 7 แสดงถึงไนไตรท์-ไนโตรเจน ($NO_2 - N$)

ปัจจัยที่ 8 แสดงถึงความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (BOD)

3. เมื่อสร้างสมการในการทำนายหรือพยากรณ์กลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงด้วยการวิเคราะห์จำแนกกลุ่ม พบว่าเมื่อใช้สถิติวิลค์แลมป์ดาตรวจสอบตัวแปรที่มีอิทธิพลและมีความสำคัญต่อการแบ่งกลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง พบว่า ตัวแปรที่มีอิทธิพลและมีความสำคัญต่อการแบ่งกลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงคือ คุณลักษณะทางธรณีวิทยาทั่วไปของ

แหล่งน้ำ (Geology) แบคทีเรียในน้ำ (Bacteria) สารประกอบของไนโตรเจนในน้ำ (Nitrogen Compounds) และความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (BOD) ซึ่งนำมาสร้างสมการคะแนนจำแนกกลุ่มที่เพื่อใช้ในการทำนายหรือพยากรณ์กลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงให้กับค่าสังเกตใหม่ ดังนี้

$$\hat{Y}_1 = -0.56575 - 0.47580Geology - 0.81950\ Bacteria + 0.40478Nitrogen\,Compounds + 0.78597BOD$$

$$\hat{Y}_2 = -0.10411 + 0.20410Geology + 0.35154Bacteria - 0.17364Nitrogen\,Compounds - 0.33716BOD$$

เมื่อ $\hat{Y}_1$ เป็นค่าทำนายหรือค่าพยากรณ์ของคะแนนจำแนกกลุ่มสำหรับกลุ่มน้ำที่มีคุณภาพไม่ได้ตามมาตรฐาน

$\hat{Y}_2$ เป็นค่าทำนายหรือค่าพยากรณ์ของคะแนนจำแนกกลุ่มสำหรับกลุ่มน้ำที่มีคุณภาพตามมาตรฐาน

Geology เป็นค่าคุณลักษณะทางธรณีวิทยาทั่วไปของแหล่งน้ำ

Bacteria เป็นค่าแบคทีเรียในน้ำ

Nitrogen Compounds เป็นค่าสารประกอบของไนโตรเจนในน้ำ

BOD เป็นค่าความสกปรกในรูปสารอินทรีย์

สำหรับการประเมินค่าคะแนนจำแนกกลุ่มในการทำนายหรือพยากรณ์กลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง พบว่ามีความถูกต้องในการจำแนกกลุ่ม สำหรับชุดของข้อมูลที่ใช้ในการสร้างตัวแบบร้อยละ 85.76 และสำหรับชุดของข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบร้อยละ 68.75 และหากพิจารณาคะแนนจำแนกกลุ่มของกลุ่มน้ำที่มีคุณภาพไม่ได้ตามมาตรฐาน พบว่ามีความถูกต้องในการจำแนกกลุ่ม สำหรับชุดของข้อมูลที่ใช้ในการสร้างตัวแบบร้อยละ 73.37 และสำหรับชุดของข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบร้อยละ77.59

ดังนั้นจึงสามารถใช้คะแนนจำแนกกลุ่มที่ใช้ในการทำนายหรือพยากรณ์กลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางประกงเพื่อเป็นเครื่องมือในการกำหนดกลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงได้ เนื่องจากคะแนนจำแนกกลุ่มที่ได้มีร้อยละความถูกต้องของการจำแนกกลุ่มน้ำที่มีคุณภาพไม่ได้ตามมาตรฐานมีค่าระดับสูง ส่งผลให้สามารถใช้คะแนนจำแนกกลุ่มที่ได้เป็นแนวทางในการป้องกันและแก้ปัญหาคุณภาพน้ำเสื่อมโทรม ซึ่งอาจก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมและส่งผลเสียต่อสุขภาพของชุมชนบริเวณแม่น้ำบางปะกง

ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

1. คะแนนจำแนกกลุ่มที่ใช้ในการทำนายหรือพยากรณ์กลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงที่ได้จากงานวิจัยครั้งนี้สามารถนำไปใช้ได้เฉพาะคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง เนื่องจากคะแนนจำแนกกลุ่มที่ได้วิเคราะห์มาจากพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง แต่อย่างไรก็ตามคะแนนจำแนกกลุ่มที่ได้ยังคงมีประโยชน์ดังนี้

1.1 สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการกำหนดกลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงได้ โดยพบว่ามีปัจจัยที่มีอิทธิพลและมีความสำคัญต่อการแบ่งกลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงคือ คุณลักษณะทางธรณีวิทยาทั่วไปของแหล่งน้ำ (Geology) แบคทีเรียในน้ำ (Bacteria) สารประกอบของไนโตรเจนในน้ำ (Nitrogen Compounds) และความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (BOD) ซึ่งผลการวิจัยที่ได้นี้อาจใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูลแทนการศึกษาในห้องปฏิบัติการ ซึ่งประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการศึกษาได้

1.2 สามารถใช้คะแนนจำแนกกลุ่มเพื่อเป็นแนวทางในการป้องกันและแก้ปัญหาคุณภาพน้ำเสื่อมโทรม ซึ่งอาจก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมและส่งผลเสียต่อสุขภาพของชุมชนบริเวณแม่น้ำบางปะกง

2. คะแนนจำแนกกลุ่มที่ใช้ในการทำนายหรือพยากรณ์กลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงที่ได้จากการวิเคราะห์จะมีประสิทธิภาพในการทำนายหรือพยากรณ์กลุ่มคุณภาพน้ำได้ถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น หากข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์มีจำนวนมากขึ้น

3. สมการจำแนกกลุ่มที่ได้จากงานวิจัยครั้งนี้สามารถใช้เพื่อทำนายหรือพยากรณ์กลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงได้โดยรวม เนื่องจากคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงมีปัจจัยที่มีอิทธิพลซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำหลายปัจจัย เช่น ความแตกต่างของสภาพภูมิประเทศของจุดเก็บในการตรวจวัดคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงแต่ละสถานี ปริมาณน้ำฝนในแต่ละฤดูกาล ช่วงเวลาของการเกิดน้ำหลาก และการเกิดอุทกภัยในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2554 เป็นต้น ดังนั้นสำหรับงานวิจัยครั้งต่อไปอาจพิจารณาแบ่งชุดข้อมูลที่ใช้ในการสร้างตัวแบบและชุดข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ โดยคำนึงถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง เช่น การแบ่งจุดเก็บในการตรวจวัดคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงบริเวณที่พบและไม่พบปัญหาคุณภาพน้ำที่รุนแรงหรือแบ่งตามเดือนที่มีการเกิดน้ำหลากของแม่น้ำบางปะกงในแต่ละปี เป็นต้น เพื่อให้ได้สมการจำแนกกลุ่มที่สามารถทำนายหรือพยากรณ์กลุ่มคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

กรมควบคุมมลพิษ. (2547). *คู่มือการตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อมอย่างง่าย*. ม.ป.ท.

กรมควบคุมมลพิษ. (2553). *มาตรฐานคุณภาพน้ำแห่งประเทศไทย.* วันที่สืบค้นข้อมูล 16 เมษายน 2559, เข้าถึงได้จาก http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water.html

กรมควบคุมมลพิษ. (2559). *คุณภาพน้ำและการจัดการ*. เข้าถึงได้จาก http://www.pcd.go.th /info_serv/water_savewater.html

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2557). *คู่มือการดำเนินการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดิน*. ม.ป.ท.

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2558). *สถานการณ์มลพิษประเทศไทยปี 2558 รอบ 6 เดือน*. ม.ป.ท.

กรมทรัพยากรธรณี. (2559). *ชุดแผนที่ธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณี*. เข้าถึงได้จาก http://www.dmr.go.th/main.php?filename=map_report_no4

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. (2559). *ทรัพยากรน้ำ*. เข้าถึงได้จาก https://web.ku.ac.th/ schoolnet/snet6/envi2/subwater/subwater.htm

กัลยา วาณิชย์บัญชา. (2544). *การวิเคราะห์ตัวแปรหลายตัวด้วย SPSS for Windows* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กัลยา วาณิชย์บัญชา. (2552). *การวิเคราะห์ข้อมูลหลายตัวแปร* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: ธรรมสาร.

การประปานครหลวง. (ม.ป.ป.). *อันตรายและการกำจัดโลหะหนักในระบบผลิตน้ำประปา*. เข้าถึงได้จาก http://www.mwa.co.th/ewt_dl_link.php?nid=509

กิดาการ สายธนู. (2555). *การวิเคราะห์หลายตัวแปร*. ชลบุรี: ภาควิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. (2537, 20 มกราคม). *กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน*. ประกาศสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8.

จารินี วังสว่าง, วรินทร์ลดา แน่นอน, สุนทรี ขุนทอง, เกริก วงศ์สอนธรรม และสุชิน อุดมสมพร. (2554). การวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาลและน้ำผิวดินบริเวณอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี. ใน *การประชุมวิชาการ "วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนิวเคลียร์ ครั้งที่ 12"* (หน้า 1-8). กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน).

ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย. (2559). *เขตอำนาจศาลปกครอง*. เข้าถึงได้จาก http://www. thailaws.com/aboutthailaw/admincourt_01.htm

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาฟิสิกส์. (2559). *Physical Geography.* เข้าถึงได้จาก http://www.rmutphysics.com/charud/ naturemystery/ sci3/geology/ 8/index_ch_8-1.html

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน. (2559). *สาเหตุและผลกระทบของมลพิษทางน้ำ*. เข้าถึงได้จาก http://www.rmuti.ac.th/user /thanyaphak/Web%20EMR/Web%20IS %20Environmen%20gr.4/Mola1.html

มูลนิธิชัยพัฒนา. (2559). *เมื่อน้ำคือชีวิต*. เข้าถึงได้จาก http://www.chaipat. or.th/site_content/39-18/328- 98.html

รักษ์สุดา นวลใส. (2559, 5 กันยายน). *มลภาวะทางน้ำ*. เข้าถึงได้จาก https://www.gotoknow. org/posts/447297

สถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยมหิดล. (ม.ป.ป). *สมบัติของน้ำ*. เข้าถึงได้จาก http://www. il.mahidol.ac.th/e-media/ecology/chapter3/chapter3_water2.htm

สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร. (2548). *โครงการศึกษา สำรวจ ออกแบบสถานีอุทกวิทยา 25 ลุ่มน้ำในประเทศไทย*. เข้าถึงได้จาก http://www2.haii.or.th/wiki/images/9/ 9a/BImage014.jpg

สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร. (2555). *การดำเนินการด้านการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล โครงการพัฒนาระบบคลังข้อมูล 25 ลุ่มน้ำ และแบบจำลองน้ำท่วมแล้งสำหรับลุ่มน้ำบางปะกง*. ม.ป.ท.

สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร. (2559). *ลุ่มน้ำในประเทศไทย*. เข้าถึงได้จาก http://www.haii.or.th/wiki/index.php

ส่วนส่งเสริมการมีส่วนร่วม สำนักงานส่งเสริมและประสานมวลชน. (2555). *25 ลุ่มน้ำหลักของไทย ตอนที่ 3*. เข้าถึงได้จาก http://www.haii.or.th

สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี) กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2553). *รายงานสถานการณ์คุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดิน ภาคตะวันออก*. ม.ป.ท.

สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี) กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2557). *รายงานสถานการณ์คุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดิน ภาคตะวันออก*. ม.ป.ท.

สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี) กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2558). *รายงานสถานการณ์คุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดิน ภาคตะวันออก*. ม.ป.ท.

สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี) กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2559a). *รายงานผลการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน เขตพื้นที่ภาคตะวันออก ครั้งที่ 2*. ม.ป.ท.

สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี) กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2559b). *รายงานผลการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน เขตพื้นที่ภาคตะวันออก*. ม.ป.ท.

สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี) กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2559c). *รายงานสถานการณ์คุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดิน ภาคตะวันออก*. ม.ป.ท.

สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ. (2559). *คำนวณคุณภาพน้ำ*. วันที่สืบค้นข้อมูล 15 สิงหาคม 2559, เข้าถึงได้จาก http://iwis.pcd.go.th/?method=calculate&etc=1470896645378

สุขสันต์ สุภาวงศ์ และปิยะตา วชิระวงศกร. (2554). คุณภาพน้ำผิวดินในมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบลสงคราม (ส่วนทะเลแก้ว) จังหวัดพิษณุโลก. *วารสารวิทยาศาสตร์*, *12*(1), 72-85.

ศิริพล กำแพงทอง. (2557). *การเฝ้าระวังคุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม, คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม, สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

อนุกูล บูรณประทีปรัตน์ และเผชิญโชค จินตเศรณี. (2555). คุณภาพน้ำทะเลบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง พ.ศ. 2545. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, *17*(2), 116-129.

อรทัย มิ่งธิพล. (2549). *ทรัพยากรน้ำและระบบระบายน้ำที่มีผลต่อชุมชน ดัชนีคุณภาพน้ำและการประเมินคุณภาพแหล่งน้ำ*. เอกสารการสอน. เชียงใหม่: ม.ป.ท.

Anderson, T. W. (1951). Classification by multivariate analysis. *Psychometrika*, *16*(1), 31-50.

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.

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

Google Map. (2017). *Bang Taen, Prachin Buri*. Retrieved from https://www.google.co.th/maps/@13.9017673,101.1652163,3a,75y,125.9h,85.07t/data=!3m6!1e1!3m4!1sPihZab4foJU6tbWxoS4Vew!2e0!7i13312!8i6656?hl=en

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*(1-2), 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.

Reghunath, R., Murthy, T. S., & Raghavan, B. R. (2002). The utility of multivariate statistical techniques in hydrogeochemical studies: an example from Karnataka, India. *Water research, 36*(10), 2437-2442.

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), 1269.

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.

Welch, B. L. (1939). Note on discriminant functions. *Biometrika, 31*(1/2), 218-220.

Xin, X., Lu, W. X., & Gong, L. (2010). Discriminant analysis method application in water quality assessment: take Yinma River as example. In *Bioinformatics and Biomedical Engineering (iCBBE), 2010 4th International Conference* (pp. 1-3). IEEE.