การสำรวจดัชนีคุณภาพน้ำเพื่อใช้ในการพัฒนาแบบจำลองคณิตศาสตร์

A SURVEY OF WATER QUALITY INDEX FOR MATHEMATICAL MODEL DEVELOPMENT

วันดี นิลสำราญจิต

NILSUMRANCHIT, W.

ภาควิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์

มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

Department of Environmental Health, Faculty of Public Health,

Burapha University, Chonburi 20131, Thaland.

wandee@bucc4.buu.ac.th

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

บทคัดย่อ

จากการศึกษาวิจัยเชิงสำรวจ(Survey Research) โดยอาศัยเทคนิคเดลไฟ(Delphi Technique โดยการสอบถามกลุ่มตัวอย่างผู้เชี่ยวชาญและผู้ทำงานในการแปลผลคุณภาพน้ำ เกี่ยวกับดัชนี-ชี้วัดย่อยและค่าน้ำหนักของแต่ละดัชนีชี้วัดย่อยที่มีความสำคัญในการแปลผลคุณภาพน้ำ และทำการปรับค่าดัชนีชี้วัดแต่ละตัวให้อยู่ในหน่วยเดียวกัน (ร้อยละระดับคุณภาพน้ำ) เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการแปลผลคุณภาพน้ำ ซึ่งได้ผลการศึกษาดังนี้

จากแบบสอบถามความคิดเห็นในการคัดเลือกดัชนีชี้วัดครั้งที่ 1 จากดัชนีชี้วัดทั้งหมด จำนวน 46 ตัว ผลการคัดเลือกดัชนีชี้วัดย่อยที่มีความสำคัญในการแปลผลคุณภาพน้ำ พบว่า มีดัชนี-ชี้วัดที่เข้าเกณฑ์จำนวน 14 ตัว ดังนี้คือ บีโอดี ออกซิเจนละลายน้ำ ความเป็นกรดเป็นด่าง ตะกั่ว โคลิฟอร์มทั้งหมด แคดเมียม อุณหภูมิ ความขุ่น ฟีคอลโคลิฟอร์ม ปรอท โครเมียม ไนเตรท สารหนู และของแข็งแขวนลอย

จากแบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับค่าน้ำหนักของดัชนีชี้วัดแต่ละตัวในครั้งที่ 2 จากดัชนีชี้วัด 14 ตัว ที่ได้จากแบบสอบถามครั้งที่ 1 พบว่า ดัชนีชี้วัดโครเมี่ยม และ บีโอดี

มีค่าน้ำหนักมากที่สุด เท่ากับ 0.089 รองลงมาคือ ออกซิเจนละลายน้ำ (0.087) โคลิฟอร์มทั้งหมด และฟีคอลโคลิฟอร์ม มีค่าน้ำหนักเท่ากันคือ 0.080 ตะกั่ว (0.077) ปรอท (0.075) สารหนู (0.070) ความเป็นกรดเป็นด่าง (0.068) แคดเมี่ยม (0.066) ไนเตรท (0.059) ของแข็งแขวนลอย (0.058) ความขุ่น (0.53) และอุณหภูมิ มีค่าน้ำหนักน้อยที่สุดเท่ากับ 0.050 นอกจากนี้ได้จัดทำแผนภูมิปรับปริมาณดัชนีแต่ละตัวให้อยู่ในหน่วยร้อยละระดับคุณภาพน้ำ (Rating Curve) ทั้ง 14 ดัชนีชี้วัด

ABSTRACT

A survey of water quality index (WQI) was performed using Delphi techniques. The questionaires regarding minor water quality indexes and its weighing were accomplished by the experts and those who involving in water quality assessment. Obtained index values were normalized to the same unit level. The results revealed that 14 indexes were including in the water quality criteria. These are namely : Biochemical oxygen demand, Dissolved oxygen, pH, Lead, Total coliform bacteria, Cadmium, Temperature, Turbidity, Fecal bacteria, Mercury, Chromium, Nitrate, Arsenic, Suspended solid.

The screening of the second survey, results indicated that Chromium and Biochemical oxygen demand are the priority indexes (weighing = 0.089) followed by Dissolved oxygen (0.087), Total coliform bacteria and Fecal coliform (0.080), Lead (0.077), Mercury (0.075), Arsenic (0.070), pH (0.068), Cadmium (0.066), Nitrate(0.059), Suspended solid(0.058), Turbidity(0.53) and temperature which is the least weight (0.050). Furthermore, rating curves were shown for all 14 indexes.

บทนำ

ปัจจุบันการตรวจวิเคราะห์น้ำ เพื่อการเฝ้าระวังคุณภาพแหล่งน้ำในประเทศไทยได้ทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำและเปรียบเทียบกับมาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินที่มิใช่ทะเล ซึ่งคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ได้ประกาศใช้ในปี 2537 กรมอนามัย (2540) ซึ่งยังพบข้อบกพร่องหลาย

ประการ อาทิเช่น การอภิปรายสภาพของปัญหามลภาวะทางน้ำที่เสื่อมโทรมลง เป็นเพียงการอภิปรายข้อมูลที่รู้และเข้าใจเฉพาะกลุ่มนักวิชาการที่มีความรู้ด้านสิ่งแวดล้อมเท่านั้น จึงเป็นปัญหาในการนำข้อมูลคุณภาพน้ำที่มีสภาพที่เสื่อมโทรมลงอย่างต่อเนื่องมาแจ้งหรือประชาสัมพันธ์ให้ประชาชนทั่วไปได้ตระหนักถึงปัญหาสิ่งแวดล้อมทางน้ำที่เสื่อมโทรมลง เนื่องจากรายงานข้อมูลคุณภาพน้ำเหล่านี้ เป็นรายงานข้อมูลทางเทคนิคจากข้อมูลคุณภาพน้ำที่เป็นดัชนีที่หลากหลายในความหมายและการอภิปราย เป็นการยากที่บุคคลทั่วไปจะเข้าใจ และยังเป็นปัญหาต่อนักวิชาการที่ต้องสื่อความหมาย และอภิปรายที่กระชับถึงสภาพสิ่งแวดล้อมทางน้ำที่เสื่อมโทรมลง นอกจากนี้เมื่อคุณภาพน้ำบริเวณนั้นมีดัชนีตัวใดตัวหนึ่งที่ต่ำสุดตกอยู่ในระดับคุณภาพแหล่งน้ำประเภทใด คุณภาพน้ำโดยรวม ณ จุดนั้นจะอยู่ในมาตรฐานที่ต่ำสุดตามดัชนีชี้วัดนั้น ๆ ทันที ซึ่งก็ไม่เป็นการยุติธรรมนัก

จึงได้เกิดแนวคิดในการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Water Quality Index) มาใช้ซึ่งในการดำเนินการที่ใช้อยู่รูปแบบหนึ่งคือการนำดัชนีชี้วัดย่อยๆ ซึ่งมีช่วงของค่าความเข้มข้นและหน่วยที่แตกต่างกัน มาปรับให้อยู่ในหน่วยวัดเดียวกัน จากนั้นให้น้ำหนักดัชนีชี้วัดแต่ละตัวตามความสำคัญของดัชนีชี้วัด และนำเข้าสู่สมการเพื่อแปลค่าดัชนีชี้วัดย่อย ๆ เหล่านั้นให้เป็นค่าดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำเพียงค่าเดียว ซึ่งจะง่ายในการเข้าใจคุณภาพน้ำได้มากยิ่งขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

1. คณะผู้วิจัยเลือกใช้ ดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำแบบเลขคณิตดัดแปลง (Solway Index) แบบให้น้ำหนัก ซึ่งพัฒนา โดย The Scottish Development Department หรือ SDD (Ott W. R., 1978) ซึ่งมีสูตรในการคำนวณ ดังนี้

$$WQI = 1/100 \left(\sum_{i=1}^{n} q_i w_i \right)^2$$

เมื่อ WQI = ดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำ (Water Quality Index)

q_i = ค่าร้อยละระดับคุณภาพน้ำ

w_i = ค่าน้ำหนักที่ปรับตามความสำคัญของแต่ละดัชนีชี้วัดย่อย

n = จำนวนดัชนีชี้วัดย่อย

2. คณะผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์ในการคัดเลือกดัชนีชี้วัด พร้อมทั้งทำการคัดเลือกดัชนีชี้วัดขึ้นมาจำนวนหนึ่งจำนวน 46 ตัว

3. จัดทำแบบสอบถามความเห็นในการคัดเลือกดัชนีชี้วัด(ครั้งที่ 1) ซึ่งได้จากการกำหนดในข้อ 2

4. ทดลองใช้และปรับปรุงแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญและผู้มีประสบการณ์ในการแปลผล คุณภาพน้ำ

5. ส่งแบบสอบถามความคิดเห็น ครั้งที่ 1 แก่กลุ่มตัวอย่างซึ่งได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญและผู้ปฏิบัติงานด้านการแปลผลคุณภาพน้ำ จากหน่วยงานที่ปฏิบัติงานในการควบคุมดูแลแหล่งน้ำจำนวน 220 ชุด จาก 128 แห่ง

6. รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ เพื่อทำการคัดเลือกดัชนีชี้วัดที่จะใช้ในการแปลผลคุณภาพน้ำขั้นต้นจากแบบสอบถามครั้งที่ 1

7. จัดทำแบบสอบความเห็นในการกำหนดน้ำหนักดัชนีชี้วัด และปรับดัชนีชี้วัดแต่ละตัวให้อยู่ในหน่วยเดียวกัน (ร้อยละระดับคุณภาพน้ำ) ครั้งที่ 2 ตามดัชนีชี้วัดที่ได้จากการคัดเลือกในข้อ 6 โดยน้ำหนักดัชนีชี้วัดแต่ละตัวให้อยู่ในช่วง 0.00 - 1.00 (0.00 = ไม่มีความสำคัญ, 1.00 มีความสำคัญมากที่สุด) สำหรับการปรับดัชนีชี้วัดแต่ละตัวให้อยู่ในหน่วยเดียวกัน (ร้อยละระดับคุณภาพน้ำ) เป็นการลากเส้นกราฟหรือกำหนดจุด ลงในผังกราฟที่ได้เตรียมไว้ให้แต่ละดัชนีชี้วัด

8. ส่งแบบสอบถามความคิดเห็น ครั้งที่ 2 แก่กลุ่มตัวอย่างซึ่งได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญและผู้ปฏิบัติงานด้านการแปลผลคุณภาพน้ำในกลุ่มเป้าหมายเดิม โดยพิจารณาจากหน่วยงานที่ได้ส่งแบบสอบถามกลับในครั้งที่ 1

9. รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ เพื่อทำการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักของดัชนีชี้วัดแต่ละตัว ค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนักของแต่ละดัชนีชี้วัดย่อยครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 และปรับค่าดัชนีชี้วัดย่อยแต่ละตัวให้อยู่ในหน่วยเดียวกัน (ร้อยละระดับคุณภาพน้ำ) ที่ได้รับจากแบบสอบถามครั้งที่ 2

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การหาดัชนีชี้วัดย่อยที่จะนำเข้าในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยพิจารณาจากดัชนีชี้วัดที่ได้รับการคัดเลือกมากที่สุดและเกินกว่าร้อยละ 90 ของผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด 46 ดัชนีชี้วัด

2. การหาค่าน้ำหนักของแต่ละดัชนี เพื่อให้ดัชนีชี้วัดแต่ละตัวที่ผู้เชี่ยวชาญได้แสดงความคิดเห็นมาอยู่ในช่วง 0.00 - 1.00 และผลรวมของดัชนีชี้วัดทุกตัวเป็น 1.00 โดยนำน้ำหนักแต่ละดัชนีชี้วัดหารด้วยค่าน้ำหนักของดัชนีชี้วัดที่มีน้ำหนักมากที่สุด ซึ่งจะทำให้ดัชนีชี้วัดย่อยที่มีน้ำหนักมากที่สุดมีค่าเต็ม 1.00 เป็นค่าน้ำหนักของดัชนีชี้วัดชั่วคราว จากนั้นนำน้ำหนักของแต่ละดัชนีชี้วัดชั่วคราวที่คำนวณได้หารด้วยผลรวมของน้ำหนักของดัชนีชี้วัดชั่วคราว

3. การปรับค่าดัชนีชี้วัดย่อยแต่ละตัวให้อยู่ในหน่วยเดียวกัน (ร้อยละระดับคุณภาพน้ำ) โดยหาค่าเฉลี่ยร้อยละระดับคุณภาพน้ำจากข้อมูลที่ได้รับการตอบกลับในแต่ละระดับความเข้มข้น นำมากำหนดลงในกราฟของแต่ละดัชนีชี้วัด

ผลการวิจัย

1. ผลการคัดเลือกดัชนีชี้วัดจากแบบสอบถามที่ได้รับกลับคืนครั้งที่ 1 จำนวน 118 ชุด พบว่า มีดัชนีชี้วัดที่เข้าเกณฑ์จำนวน 14 ตัว ดังนี้คือ บีโอดี และออกซิเจนละลายน้ำ ซึ่งมีผู้คัดเลือกเป็นดัชนีที่มีความสำคัญคิดเป็นร้อยละ 98.3 ของจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด ความเป็นกรดเป็นด่าง (ร้อยละ 97.5) ตะกั่ว (ร้อยละ 94.1) โคลิฟอร์มทั้งหมด แคดเมียม อุณหภูมิ และ ความขุ่น (ร้อยละ 91.5) ฟีคอลโคลิฟอร์ม ปรอท โครเมียม ไนเตรท สารหนู และของแข็งแขวนลอย (ร้อยละ 89.8)

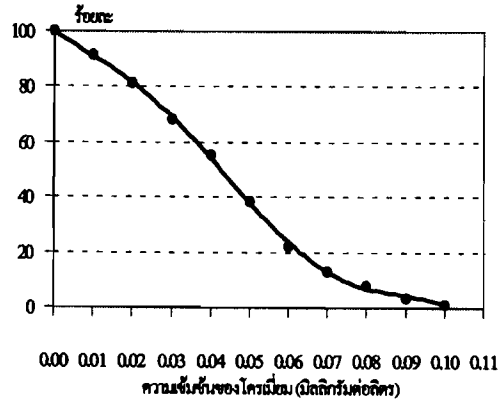
2. ผลการแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับค่าน้ำหนักของดัชนีชี้วัดแต่ละตัว พบว่า โครเมี่ยม และ บีโอดี (BOD) มีค่าน้ำหนักมากที่สุด เท่ากับ 0.089 รองลงมาคือ ออกซิเจนละลายน้ำ (0.087) โคลิฟอร์มทั้งหมดและฟีคอลโคลิฟอร์ม มีค่าน้ำหนักเท่ากันคือ 0.080 ตะกั่ว (0.077) ปรอท (0.075) สารหนู (0.070) ความเป็นกรดเป็นด่าง (0.068) แคดเมี่ยม (0.066) ไนเตรท (0.059) ของแข็ง-แขวนลอย (0.058) ความขุ่น (0.53) และอุณหภูมิ มีค่าน้ำหนักน้อยที่สุด เท่ากับ 0.050 ดังรายละเอียดในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 น้ำหนักดัชนีชี้วัดที่ได้จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ จำแนกตามดัชนีชี้วัด

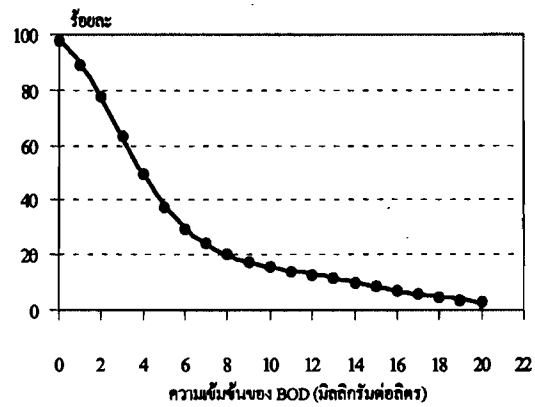
ดัชนีชี้วัด	ค่าน้ำหนักที่ได้รับ	ค่าน้ำหนักชั่วคราว	ค่าน้ำหนักที่ปรับ
โครเมียม	0.910	1.00	0.089
บีโอดี	0.910	1.00	0.089
ออกซิเจนละลายน้ำ	0.890	0.98	0.087
โคลิฟอร์มทั้งหมด	0.820	0.90	0.080
ฟีคอลโคลิฟอร์ม	0.820	0.90	0.080
ตะกั่ว	0.790	0.87	0.077
ปรอท	0.770	0.85	0.075
สารหนู	0.720	0.79	0.070
ความเป็นกรดเป็นด่าง	0.700	0.77	0.068
แคดเมียม	0.680	0.75	0.066
ไนเตรท	0.600	0.66	0.059
ของแข็งแขวนลอย	0.590	0.65	0.058
ความขุ่น	0.540	0.59	0.053
อุณหภูมิของน้ำ	0.510	0.56	0.050

3. ผลการจัดทำแผนภูมิปรับปริมาณดัชนีแต่ละตัวให้อยู่ในหน่วยร้อยละระดับคุณภาพน้ำทั้ง 14 ดัชนีชี้วัด ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 1 - 15

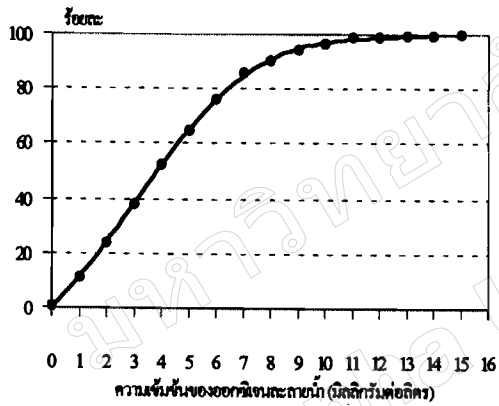
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



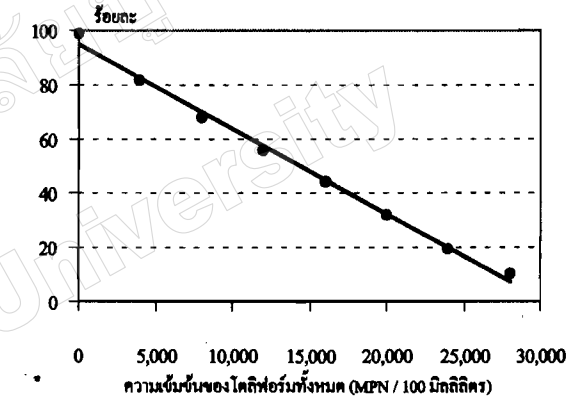
รูปที่ 1 แผนภูมิปรับปริมาณโครเมี่ยม



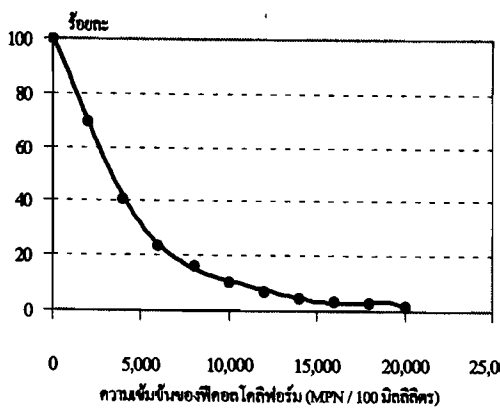
รูปที่ 2 แผนภูมิปรับปริมาณบีโอดี (BOD)



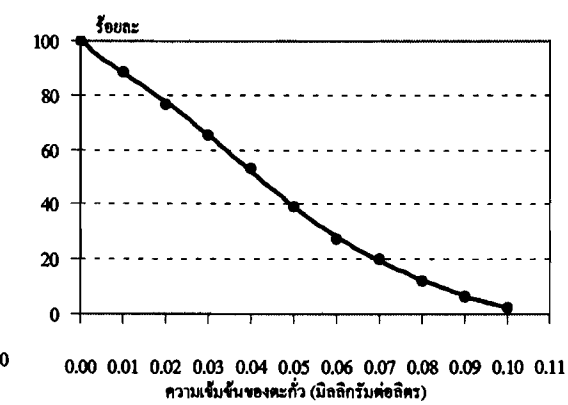
รูปที่ 3 แผนภูมิปรับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ



รูปที่ 4 แผนภูมิปรับปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมด

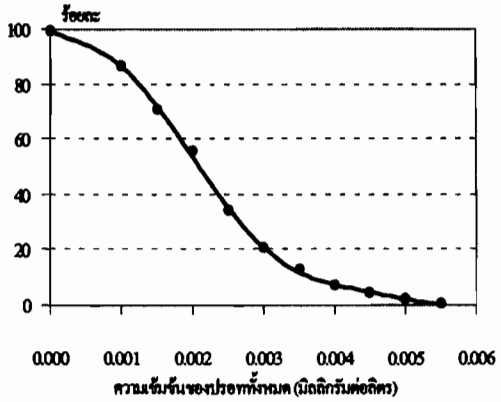


รูปที่ 5 แผนภูมิปรับปริมาณฟีคอลโคลิฟอร์ม

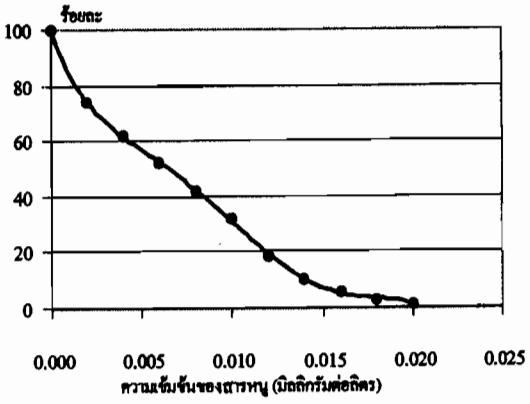


รูปที่ 6 แผนภูมิปรับปริมาณตะกั่ว

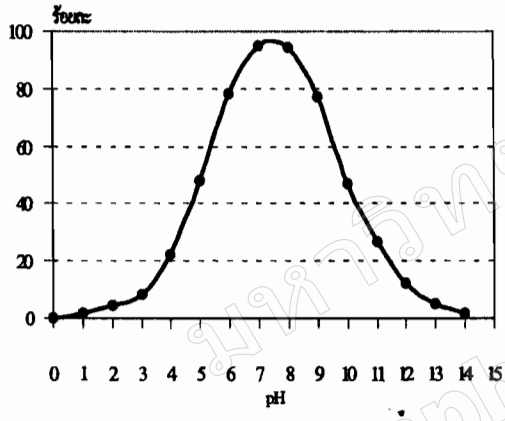
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



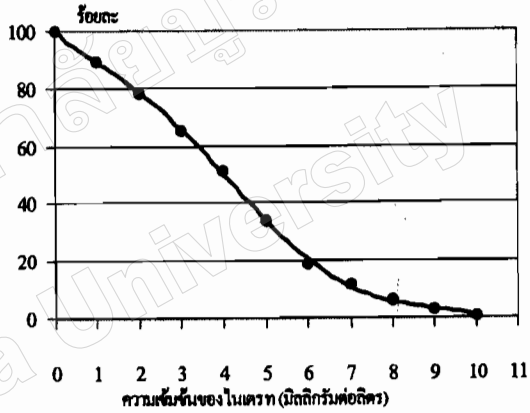
รูปที่ 7 แผนภูมิปรับปริมาณปรอท



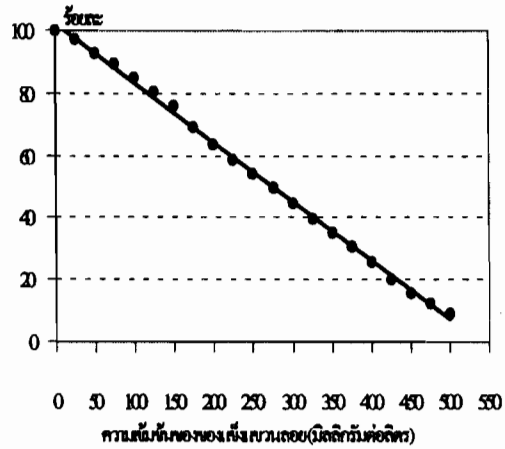
รูปที่ 8 แผนภูมิปรับปริมาณสารหนู



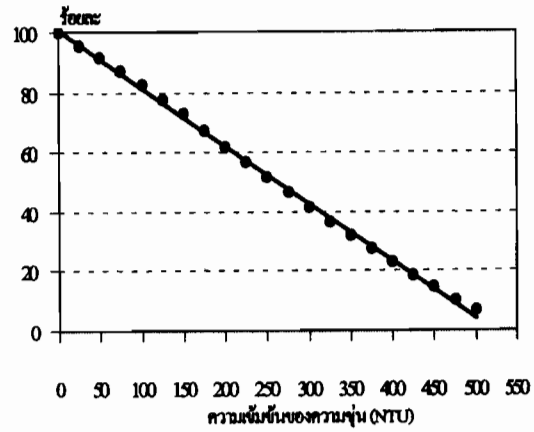
รูปที่ 9 แผนภูมิปรับปริมาณความเป็นกรด-ด่าง



รูปที่ 10 แผนภูมิปรับปริมาณไนเตรท

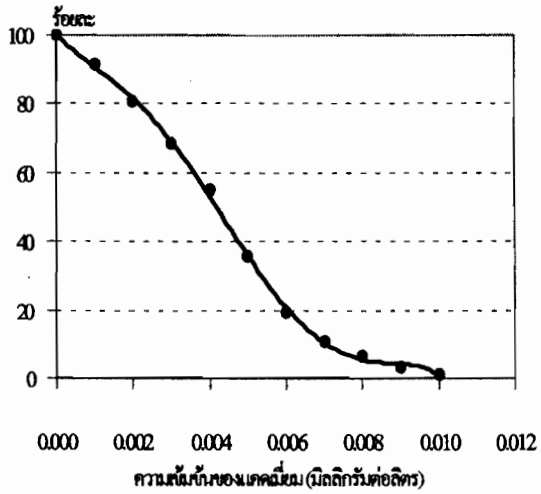


รูปที่ 11 แผนภูมิปรับปริมาณของแข็งแขวนลอย

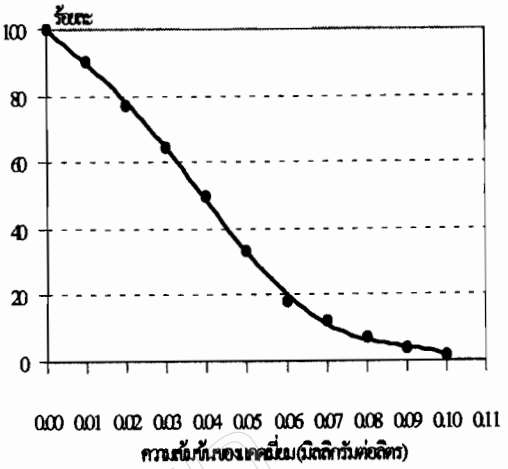


รูปที่ 12 แผนภูมิปรับปริมาณความขุ่น

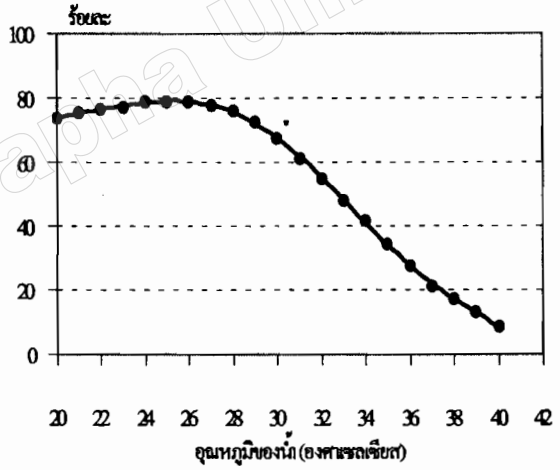
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ 13 แผนภูมิปรับปริมาณแคดเมี่ยม
(ความกระด้าง ($CaCO_3$) ไม่เกินกว่า 100 mg/L)



รูปที่ 14 แผนภูมิปรับปริมาณแคดเมี่ยม
(ความกระด้าง ($CaCO_3$) เกินกว่า 100 mg/L)



รูปที่ 15 แผนภูมิปรับปริมาณอุณหภูมิของน้ำ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

อภิปรายผล

1. จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า ดัชนีชี้วัดที่มีความสำคัญในการแปลผลคุณภาพน้ำในครั้งนี้ จำนวน 14 ตัว ซึ่งแตกต่างจากดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำ (WQI) ของ Scottish Development Department (SDD) Ott W. R. (1978) ที่มีใช้ค่อนข้างกว้างในกลุ่มทวีปยุโรปซึ่งประกอบด้วย ดัชนีชี้วัดที่มีความสำคัญในการแปลผล คุณภาพมีจำนวน 10 ตัว ดังนี้คือ ออกซิเจนละลายน้ำ บีโอดี แอมโมเนีย ความเป็นกรดเป็นด่าง Total Oxidised Nitrogen ฟอสเฟต ของแข็งแขวนลอย อุณหภูมิ ความนำไฟฟ้า และ *Escherichia Coli* อย่างไรก็ตามดัชนีชี้วัดของ SDD ได้พัฒนาในปี 1976 ซึ่งอาจจะจำเป็นต้องมีการปรับ เพื่อให้ทันต่อสถานการณ์ในปัจจุบัน Miller *et al.* (1986)

2. จากผลการศึกษาพบว่า แผนภูมิปรับปริมาณบีโอดีให้อยู่ในหน่วยร้อยละระดับคุณภาพน้ำที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า มีลักษณะที่สอดคล้องกันกับดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำ (WQI) ของ Scottish Development Department หรือ SDD Ott W. R. (1978) ดังรายละเอียดในรูปที่ 16

3. จากผลการศึกษาพบว่า แผนภูมิปรับค่า pH ให้อยู่ในหน่วยร้อยละระดับคุณภาพน้ำ ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า มีลักษณะที่สอดคล้องกันกับดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำ (WQI) ของ Scottish Development Department หรือ (SDD) Ott W. R. (1978) ดังรายละเอียดในรูปที่ 17

4. จากผลการศึกษาพบว่า แผนภูมิปรับค่าของแข็งแขวนลอย (Suspended Solid) ให้อยู่ในหน่วยร้อยละระดับคุณภาพน้ำ ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า มีลักษณะที่แตกต่างกันกับดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำ (WQI) ของ Scottish Development Department หรือ (SDD) Ott W. R. (1978) ค่อนข้างมาก ดังรายละเอียดในรูปที่ 18

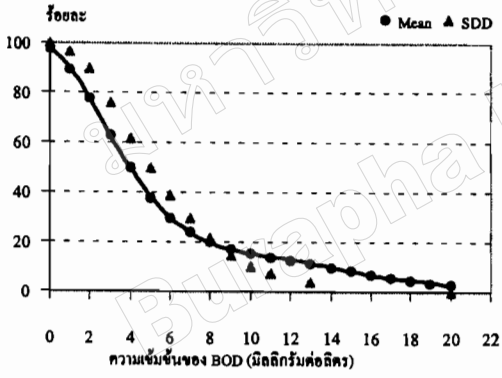
5. จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ผู้เชี่ยวชาญและผู้ปฏิบัติงานในการแปลผลคุณภาพน้ำอาศัยประสบการณ์เฉพาะทางของตนเองเป็นหลัก จึงพบว่าผลการศึกษาอาจเบี่ยงเบนได้จากประสบการณ์ที่เคยผ่านมาของผู้ตอบแบบสอบถาม

6. มีผู้เชี่ยวชาญตอบแบบสอบถามส่งกลับคืนค่อนข้างน้อย จึงมีโอกาสเบี่ยงเบนได้จากประสบการณ์ที่เคยผ่านมาของผู้ตอบแบบสอบถามมาก

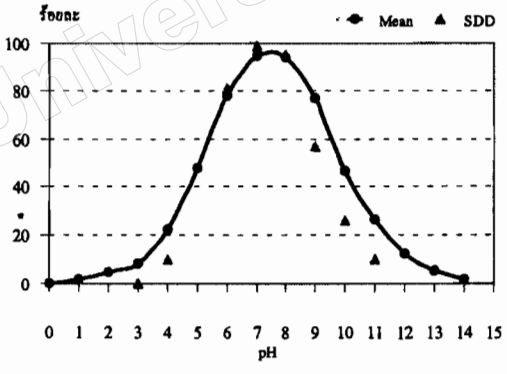
7. ในการศึกษาครั้งนี้มีดัชนีชี้วัดที่ได้รับการคัดเลือกจำนวน 14 ดัชนีชี้วัด ซึ่งบางดัชนีอาจจะไม่ใช่ดัชนีที่มีการตรวจวิเคราะห์โดยทั่วไป เช่น กลุ่มโลหะหนัก (ตะกั่ว แคดเมี่ยม โครเมี่ยม และสารหนู) แต่ทั้งนี้ด้วยเหตุผลที่เป็นดัชนีนั้นมีอันตรายและมีโอกาสพบจากอุตสาหกรรมบางประเภท กรมควบคุมมลพิษ (2543) ที่ผู้ตอบแบบสอบถามมีประสบการณ์ จึงมีข้อเสนอแนะจากคณะผู้วิจัยคือ หากไม่ได้ตรวจดัชนีชี้วัดทุกตัว ให้นำน้ำหนักของดัชนีชี้วัดที่ขาดหายไปกระจายไปสู่ดัชนีชี้วัดที่เหลือตามสัดส่วน

8. ในการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อการแปลผลคุณภาพน้ำนี้ ควรได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้สอดคล้องตามสถานการณ์ปัจจุบัน ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา Scottish Development Department (1976)

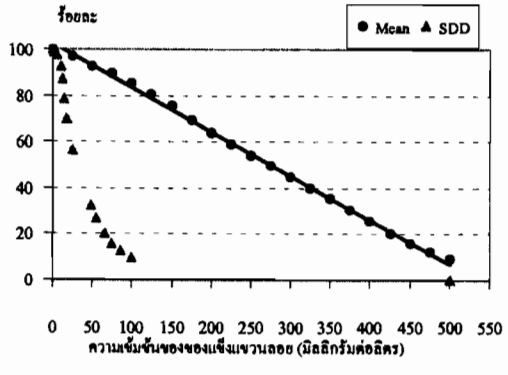
9. เนื่องจากการใช้ประโยชน์ของแหล่งน้ำที่ต่างกัน ทำให้ความต้องการคุณภาพน้ำของแต่ละการใช้ประโยชน์ย่อมต่างกันด้วย ฉะนั้นในการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อการแปลผล คุณภาพน้ำนี้ อาจจะต้องมีการจำแนกตามการใช้ประโยชน์ของแหล่งน้ำต่อไป House (1989)



รูปที่ 16 เปรียบเทียบแผนภูมิปรับค่า BOD จากการศึกษาครั้งนี้ และของ SDD



รูปที่ 17 เปรียบเทียบแผนภูมิปรับค่า pH จากการศึกษาครั้งนี้ และของ SDD



รูปที่ 18 เปรียบเทียบแผนภูมิปรับค่าของแข็งแขวนลอย จากการศึกษาครั้งนี้ และของ SDD

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ (2543) โครงการสำรวจและตรวจสอบคุณภาพน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาและแหล่งน้ำประปาทั่วประเทศ (รายงานหลัก) กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม หน้า 88 – 95

กรมอนามัย (2540) *สถานการณ์คุณภาพแหล่งน้ำในประเทศไทย ปี 2540* กระทรวงสาธารณสุข หน้า 264 –267

House M. A. (1989) *A water quality index for the classification and operational management of rivers. In River Basin Management* Part. V, 37 - 46

Miller W. W; Joung H. M.; Mahannah C. N. and Garrett J. R. (1986) Identification of Water Quality Difference in Nevada Through Index Application. *Journal of. Environmental Quality*, 15 : 265 - 272

Ott W. R. (1978) *Environmental Indicies, Theory and Practise,* Ann Arbor Science Publications, Ann Arbor, Mich, 5 : 197 – 308

Scottish Development Department (1976) *Development of a Water Quality Index*. Applied Research & Development Report Number ARD 3, Edinburgh. 62 pp.

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University