รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์และการวิเคราะห์ค่า DO BOD ในปัญหามลพิษทางน้ำโดยใช้เทคนิคเจนเนติกอัลกอริทึม

Mathematical Modeling and Analysis of DO and BOD in Water Pollution using Genetic Algorithm Technique

ชื่อผู้วิจัย นางบุษยมาส พิมพ์พรรณชาติ

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดินหรือรายได้ ประจำปีงบประมาณ2554
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) **แบบจำลองทางคณิตศาสตร์และการวิเคราะห์ค่า DO BOD ในปัญหามลพิษทางน้ำโดยใช้เทคนิคเจนเนติกอัลกอริทึม**

(ภาษาอังกฤษ) **Mathematical Modeling and Analysis of DO and BOD in Water Pollution using Genetic Algorithm Technique**

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก **ทุนโครงการพัฒนานักวิจัยใหม่ โดยใช้เงินรายได้คณะวิทยาศาสตร์ สจล. ประเภท ส่งเสริมนักวิจัย**

ประจำปี.....2554..... จำนวนเงิน.....35,000 บาท.....

ระยะเวลาทำการวิจัย.....1..... ปี ตั้งแต่.....ตุลาคม 2553.....ถึง.....กันยายน 2554.....

หน่วยงานและผู้ดำเนินการวิจัยพร้อมหน่วยงานที่สังกัดและเลขหมายโทรศัพท์

นางบุษยมาส พิมพ์พรรณชาติ สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โทร. 02-329-8400-11 ต่อ 283, 316

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันทั่วโลกต่างก็ให้ความสำคัญกับปัญหาสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะปัญหาที่เกี่ยวกับคุณภาพน้ำก็เป็นอีกปัญหาหนึ่งที่มีความสำคัญมากเพราะคุณภาพน้ำมีความเสื่อมโทรมลงเรื่อยๆ และส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตอย่างเป็นวงกว้าง การทราบค่าดัชนีคุณภาพน้ำจึงมีความสำคัญในการช่วยบริหารจัดการทรัพยากรน้ำได้อย่างเหมาะสม แต่โดยทั่วไปการหาค่าดัชนีคุณภาพน้ำเดิมต้องใช้ค่าพารามิเตอร์ในการคำนวณถึง 8 ค่า แต่ด้วยเทคนิควิธีการวิเคราะห์ปัจจัย ลดพารามิเตอร์ลงเหลือเพียง 4 ค่า คือ ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (BOD) ไนเตรท (NO3-N) และปริมาณสารแขวนลอนทั้งหมด(SS) และใช้เทคนิควิธีเชิงพันธุกรรมเพื่อหาค่าน้ำหนักที่เหมาะสมกับพารามิเตอร์เหล่านี้โดยอาศัยเทคนิคการพยากรณ์โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยนำมาสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อหาค่าดัชนีคุณภาพน้ำเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของแหล่งน้ำแต่ละประเภทว่าอยู่ในเกณฑ์ใด โดยอาศัยข้อมูลจริงของแม่น้ำท่าจีนจากกรมควบคุมมลพิษในช่วงระหว่างปี 2545 – 2550 มาเปรียบเทียบเพื่อหาความแม่นยำของแบบจำลอง ซึ่งผลที่ได้ปรากฏว่าดัชนีคุณภาพน้ำที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณได้จากกรมควบคุมมลพิษในแม่น้ำท่าจีนมาศึกษา

ABSTRACT

The whole world's attentions to environmental problems are concerned. In particular, problems related to water quality is another issue that is very important because water quality is degraded slowly. And affect the survival of the organism is widespread. Knowing the water quality index is important for helping to manage water resources appropriately. In general, to calculate the water quality index required eight values of parameters, but with this technique of factor analysis can reduce the parameters left only four values i.e., the dissolved oxygen (DO), biological oxygen demand (BOD), nitrate (NO_3^-) and suspended solid (SS). The genetic algorithm technique is utilized to determine the weights that are appropriate for these parameters and forecasting by means of the regression analysis. A mathematical model is created to determine the water quality index compared with the standard of water resources in each of the criteria based on the real data from Tha Chin River of Pollution Control Department during the year 2002 – 2007 for measuring the accuracy of the model. The results have shown that the water quality index is close to the calculated values from PCD.

สารบัญ

		หน้า
1.	**ความสำคัญและที่มาของปัญหา**	**6**
2.	**วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย**	**6**
3.	**งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	**6**
4.	**ทฤษฎีที่ใช้ในการวิจัย**	**7**
5.	**ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**	**12**
6.	**วิธีการดำเนินงานวิจัย**	**12**
7.	**ผลการวิจัย**	**16**
8.	**อภิปรายผลการวิจัย**	**16**
9.	**สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ**	**17**
	กิตติกรรมประกาศ	**17**
	บรรณานุกรม	**17**

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 เกณฑ์ในการวัดคุณภาพของน้ำเมื่อเทียบกับคะแนนของ WQI 8
ตารางที่ 2 การใช้ประโยชน์ของแหล่งน้ำแต่ละประเภท 9
ตารางที่ 3 การแปลงคะแนนของ pH 9
ตารางที่ 4 ตารางการแปลงคะแนนของ DO 10
ตารางที่ 5 ตารางการแปลงคะแนนของ TS 10
ตารางที่ 6 ตารางการแปลงคะแนนของ FCB 10
ตารางที่ 7 ตารางการแปลงคะแนนของ NO3- 10
ตารางที่ 8 ตารางการแปลงคะแนนของ TP 11
ตารางที่ 9 ตารางการแปลงคะแนนของ SS 11
ตารางที่ 10 การทดสอบสถิติทดสอบ KMO 12
ตารางที่ 11 ทำการวิเคราะห์ปัจจัย โดยการสกัดปัจจัย โดยใช้วิธี PCA 13
ตารางที่ 12 ตารางการจัดกลุ่มใหม่โดยการหมุนแกน 13
ตารางที่ 13 ตารางการแบ่งกลุ่มด้วยวิธีการวิเคราะห์ปัจจัย 14
ตารางที่ 14 ตารางแสดงค่า R^2 ของพารามิเตอร์ 14
ตารางที่ 15 ข้อมูลของ DO, BOD NO3-N, SS กับ WQI ของแม่น้ำท่าจีน 16

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 กราฟของค่า fitness function ในแต่ละรอบ โดยจุดสีน้ำเงิน ค่าเฉลี่ยของ fitness function ในแต่ละโครโมโซม และ จุดสีดำคือค่าที่ fitness function มีค่าต่ำที่สุด 15

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหา

น้ำถือเป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิตของมวลมนุษย์ รวมทั้งสิ่งมีชีวิตต่างๆ ทั้งพืช สัตว์ และจุลินทรีย์ และเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดความอุดมสมบูรณ์แก่สิ่งมีชีวิตทั้งมวล ตลอดจนยังเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาประเทศ ปัจจุบันแหล่งน้ำต่างๆ ประสบกับปัญหามลพิษ ซึ่งโดยส่วนใหญ่ล้วนเป็นผลมาจากการทำกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ทั้งในด้านการบริโภคและการอุปโภค ซึ่งมีผลทำให้น้ำเกิดมลพิษขึ้น นั่นก็คือปัญหาน้ำเน่าเสียซึ่งเป็นปัญหาอย่างมากในปัจจุบันและสาเหตุที่ทำให้เกิดน้ำเน่าเสียได้แก่ น้ำทิ้งจากบ้านเรือน ขยะมูลฝอยและสิ่งปฏิกูลที่ถูกทิ้งลงสู่แม่น้ำลำคลอง น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม รวมทั้งน้ำฝนที่พัดพาเอาสารพิษที่ตกค้างจากแหล่งเกษตรกรรมลงสู่แม่น้ำลำคลอง น้ำเสียที่เกิดขึ้นได้ส่งผลเสียหายต่อสุขภาพอนามัยและเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำและมนุษย์ ส่งกลิ่นเหม็นรบกวนทำให้ไม่สามารถนำแหล่งน้ำนั้นมาใช้ประโยชน์ได้ทั้งการอุปโภค บริโภค เกษตรกรรมและอุตสาหกรรม จากปัญหาข้างต้นผู้วิจัยจึงเห็นว่าค่าดัชนีคุณภาพน้ำมีความสำคัญมากในการระบุค่ามาตรฐานของแหล่งน้ำเพื่อนำมาช่วยในการบริหารจัดการน้ำเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด แต่ในการคำนวณค่าดัชนีคุณภาพน้ำนั้นโดยทั่วไปต้องใช้ค่าของพารามิเตอร์ทั้งหมด 9 พารามิเตอร์ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen หรือ DO) ของแข็งทั้งหมด (Total Solid หรือ TS) แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria หรือ FCB) ไนเตรท (NO_3^-) ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus หรือ TP) ปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมด (Suspended Solids หรือ SS) อุณหภูมิ (Temperature) และความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (Biological Oxygen Demand หรือ BOD) สำหรับในประเทศไทยนั้นเนื่องจากอุณหภูมิของแหล่งน้ำทั่วประเทศไม่แตกต่างกันมากนักดังนั้น จึงไม่นำอุณหภูมิมาพิจารณาหาค่าดัชนีคุณภาพน้ำ

สำหรับงานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยที่ต้องการหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการคำนวณค่าดัชนีคุณภาพน้ำโดยลดค่าของพารามิเตอร์ให้น้อยลงโดยใช้เทคนิควิธีการวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis) เพื่อลดพารามิเตอร์และอาศัยเทคนิคของวิธีเชิงพันธุกรรมมาประยุกต์ใช้ เพื่อหาค่าดัชนีคุณภาพน้ำที่ดีที่สุดที่ให้ค่าใกล้เคียงกับข้อมูลจริงมากที่สุด

2. วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย

ในงานวิจัยชิ้นนี้เราสนใจศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของน้ำจริงๆ ว่ามีพารามิเตอร์ค่าใดกันแน่ ซึ่งถ้าสามารถลดพารามิเตอร์ได้จริงจะสามารถประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการเก็บข้อมูลเพื่อวิเคราะห์และใช้เทคนิคของวิธีเชิงพันธุกรรมมาเพื่อหาค่าดัชนีคุณภาพน้ำที่ให้ค่าใกล้เคียงกับข้อมูลจริงมากที่สุดเพื่อเป็นกรณีศึกษาให้กับแหล่งน้ำอื่นหรือในแหล่งน้ำทั่วไปในอนาคต ซึ่งการศึกษานี้ได้จำกัดขอบเขตการวิจัยคือ ได้ใช้ข้อมูล ในปีพ.ศ. 2545-2550 ของแม่น้ำท่าจีนมาวิเคราะห์

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Ashwani Kumer and Anish Dua (2009) ได้ใช้ดัชนีคุณภาพน้ำหาคุณภาพของแม่น้ำ Ravi ในอินเดียซึ่งเป็นแม่น้ำที่สำคัญโดยไหลมารวมจากแม่น้ำต่าง เพื่อได้วิธีการวัดดัชนีคุณภาพน้ำแบบใหม่ซึ่งเป็นการใช้ข้อมูลจากหลายๆ พารามิเตอร์มาคำนวณ โดยหาดัชนีคุณภาพน้ำเป็นแบบรายเดือนเป็นเวลา 3 ปี โดยในนี้ได้ใช้พารามิเตอร์ 8 ตัวคือ water temperature, pH, dissolved oxygen (DO), total dissolved solids (TDS), electrical conductivity (EC) ซึ่งจะหาข้อมูลได้จาก Central Public Health Environmental engineering Organisation (CPHEEO) และ 1991& Indian Council of Medical Resesearch ซึ่งจากการศึกษาพบว่าในงานนี้พบว่า ค่าของ DO มีส่วนสำคัญที่ส่งผลกับค่าของ WQI ในแม่น้ำ Ravi โดยสามารถวิเคราะห์ในการจัดการเรื่องคุณภาพน้ำต่อไป

J. Yisa and T. Jimoh(2010) ได้วิเคราะห์คุณภาพน้ำของแม่น้ำ Landzu ในประเทศไนจีเรียเนื่องจากแม่น้ำสายนี้เป็นแม่น้ำที่สำคัญของประเทศประชากรส่วนใหญ่ใช้ในการอุปโภคบริโภคโดยเน้นไปทางด้านการบริโภคน้ำในแม่น้ำซึ่ง ค่าของ WQI นั้นในงานชิ้นนี้ ได้คำนวณโดยใช้ พารามิเตอร์ 1ตัว ในการหาค่าของ WQI โดยใช้ “Weighted Arithmetic Index method” โดยหา The quality rating scale ในแต่ละพารามิเตอร์โดยใช้ตัวอย่าง ทั้งหมด 120 ตัวอย่างซึ่งสามารถวิเคราะห์ในการจัดการเรื่องคุณภาพน้ำพบว่าแม่น้ำสายนี้ นั้นไม่เหมาะแก่การบริโภคจึงควรจัดการดูแลให้แม่น้ำนั้นมีคุณภาพที่ดียิ่งขึ้น

Mohammad Alam and J.K. Pathak (2010) ได้หาค่าของ WQI ของแม่น้ำ Ramganga ในประเทศอินเดียแล้วจัดทำโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อวิเคราะห์ในการจัดการของแม่น้ำได้ตลอดทั้งสายรวมทั้งเก็บข้อมูลเพื่อวิเคราะห์การใช้น้ำในทางทำกิจกรรมต่างๆ โดยใช้พารามิเตอร์ 8 ตัวคือ pH, Total Hardness, BOD, Total Alkalinity, Dissolved Oxygen, Total Solids, Total Suspended Solids, Chloride แล้วหาค่าของ WQI แล้วเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อหาค่าของ WQI เพื่อดูคุณภาพของแม่น้ำ ซึ่งแบ่งเป็น 5 สถานี ทุกเดือนเป็นเวลา 3 ปีซึ่งใช้ในการวิเคราะห์และจัดการกับคุณภาพน้ำพบว่า ช่วงต้นน้ำนั้นมีคุณภาพของน้ำดีกว่าช่วยปลายน้ำทั้งนี้เพราะเกิดจากการอุปโภคบริโภคของประชากรที่อาศัยอยู่แถวนั้นจึงทำให้คุณภาพของน้ำที่ปลายของแม่น้ำนั้นมีคุณภาพที่แย่ลง

4. ทฤษฎีที่ใช้สำหรับการวิจัย

ในงานวิจัยชิ้นนี้ เราจะลดทอนพารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณดัชนีตัวคุณภาพน้ำโดยใช้การวิเคราะห์ปัจจัยของพารามิเตอร์ทั้ง 8 ค่าให้น้อยลงแล้วใช้พารามิเตอร์เหล่านั้นมาทำการวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้ค่าที่ได้จากข้อมูลจริงในช่วงปี 2545 - 2550 แล้วใช้เทคนิคของวิธีเชิงพันธุกรรม เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ถ่วงน้ำหนักที่เหมาะสมในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และทำการหาค่าดัชนีคุณภาพน้ำให้มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณได้จากกรมควบคุมมลพิษที่ใช้พารามิเตอร์ทั้ง 8 ค่าในการคำนวณให้มากที่สุด โดยมีขั้นตอนการศึกษาดังนี้

4.1 การวิเคราะห์ปัจจัย

เป็นเทคนิคที่จะจับกลุ่มหรือรวมตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ไว้ในกลุ่มหรือ Factor เดียวกัน ตัวแปรที่อยู่ใน Factor เดียวกันจะมีความสัมพันธ์กันมาก โดยความสัมพันธ์นั้นอาจจะเป็นในทิศทางบวก (ไปในทางเดียวกัน) หรือทิศทางลบ (ไปในทางตรงกันข้าม) ก็ได้ ส่วนตัวแปรที่อยู่คนละ Factor จะไม่มีความสัมพันธ์กัน หรือมีความสัมพันธ์กันน้อยมาก
โดยมีขั้นตอนต่อไปนี้

1. ทดสอบว่าพารามิเตอร์ทั้งหมดนั้นมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ โดยใช้สถิติทดสอบ KMO (Kaiser-Meger-Olkin) มีสมการดังต่อไปนี้

$$\mathrm{KMO} = \frac{\sum r_i^2}{\sum r_i^2 + \sum(\text{Partial correeiation})} \quad (1)$$

โดยที่ r_i^2 คือ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เมื่อ i คือ ลำดับตั้งแต่ 1,2,.. , จำนวนพารามิเตอร์
และ $0 \leq \mathrm{KMO} \leq 1$
ถ้า KMO มีค่ามากกว่า 0.5 แสดงว่าสามารถใช้เทคนิควิธีการวิเคราะห์ปัจจัยได้

2. ทำการวิเคราะห์ปัจจัย โดยการสกัดปัจจัย โดยใช้วิธี Principal component analysis (PCA)

3. ในการทำขั้นตอนที่ 2 นั้นจะได้ค่า Factor loading (I_{ij}) พิจารณาค่าของ I_{ij} โดยไม่สนใจเครื่องหมายถ้า ตัวแปรใดมีค่ามากหรือใกล้ 1 ควรจัดตัวแปรนั้นให้อยู่ในปัจจัยดังกล่าว ถ้า มีค่ากลางๆ เช่น 0.4-0.6 ให้หมุนแกนปัจจัย (factor Rotation) โดยในงานชิ้นนี้จะใช้ Orthogonal Rotation ซึ่งเป็นการหมุนแกนที่ทำให้ปัจจัยยังเป็นอิสระต่อกันโดยใช้วิธีของVarimax

4. พิจารณาค่า I_{ij} ดังที่กล่าวมาขั้นต้นจะได้กลุ่มปัจจัยที่เกิดขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาต่อไป

ในการทำการวิเคราะห์ปัจจัยนั้น เราจะใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการคำนวณหากลุ่มปัจจัยเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป

4.2 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์

การศึกษาระดับความสัมพันธ์ว่า ตัวแปรทั้ง 2 มีความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด เราดูค่าของ สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) หาได้จาก

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(\hat{Y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^{n}(Y_i - \bar{y})^2} \quad (2)$$

เมื่อ

n คือจำนวนข้อมูล

Y_i คือ ค่าจริงที่มี n ข้อมูล

$\bar{y}$ คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของค่าจริง

$\hat{y}_i$คือ ค่าพยากรณ์ของตัวแปรอิสระที่มี n ข้อมูล

ถ้า R^2 มีค่าใกล้ 1 แสดงว่า ตัวแปรทั้ง 2 มีความสัมพันธ์กันมาก

ถ้า R^2 มีค่าใกล้ 0 แสดงว่า ตัวแปรทั้ง 2 มีความสัมพันธ์กันน้อย

4.3 ดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป (General Water Quality Index หรือ WQI)

ดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไปที่กล่าวถึง เป็นดัชนีที่บ่งบอกสภาพของแม่น้ำโดยทั่วไป โดยมิได้ระบุโดยตรงว่าสามารถนำไปใช้ประโยชน์อะไรได้บ้าง โดยเหตุนี้จึงเรียกว่า ดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไปเพื่อบ่งบอก ระดับ คุณภาพน้ำทำให้ทราบว่าแหล่งน้ำดังกล่าวจะต้องมีการดำเนินการควบคุมดูแลอย่างไรบ้าง ดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไปที่กล่าวถึงมีหน่วยเป็น คะแนน (เริ่มจาก 0 ถึง 100 คะแนน)
ในประเทศไทยนั้นได้มีการวิเคราะห์ค่า WQI แล้วนำมาใช้จริง โดยกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ได้ใช้เกณฑ์การแบ่งประเภทดังตารางต่อไปนี้

ค่าคะแนน	เกณฑ์คุณภาพน้ำ	ประเภทคุณภาพน้ำ
85 – 100	ดีมาก	1
70 – 84	ดี	2
50 – 69	พอใช้	3
20 – 49	เสื่อมโทรม	4
0 – 19	เสื่อมโทรมมาก	5

ตารางที่ 1 เกณฑ์ในการวัดคุณภาพของน้ำเมื่อเทียบกับคะแนนของ WQI

โดยเมื่อนำค่าคะแนนของ WQI มาคิดเป็นประเภทเพื่อวัดเกณฑ์ของคุณภาพน้ำเป็นประเภทต่างๆ ได้ 5 ประเภทการใช้ประโยชน์ของน้ำประเภทต่างๆ ดังตารางต่อไปนี้

แหล่งน้ำประเภท	แหล่งน้ำที่สามารถใช้ประโยชน์
1	เพื่อการขยายพันธุ์ตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตระดับพื้นฐานและการอนุรักษ์ระบบนิเวศของแหล่งน้ำ
2	เพื่อการอนุรักษ์ การประมง การว่ายน้ำ และกีฬาทางน้ำ การอุปโภคและบริโภค โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ
3	เพื่อการเกษตร การอุปโภคและบริโภค โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน
4	เพื่อการอุตสาหกรรม การอุปโภคและบริโภค โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน
5	เพื่อการคมนาคม

ตารางที่ 2 การใช้ประโยชน์ของแหล่งน้ำแต่ละประเภท

ที่มา : กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

คะแนนเหล่านี้โดยปกติเกิดจากการรวมคะแนนดัชนีคุณภาพน้ำทั้ง 8 พารามิเตอร์ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen หรือ DO) ของแข็งทั้งหมด (Total Solidหรือ TS) แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria หรือ FCB) ไนเตรท (NO_3^-). ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus หรือ TP) ปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมด (Suspended Solids หรือ SS) และความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (Biological Oxygen Demand หรือ BOD) โดยทำการแปลงค่าของพารามิเตอร์แต่ละตัวให้มีค่าที่อยู่ในช่วง 0-100 โดยใช้สมการดังต่อไปนี้

1. ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ได้แปลงเป็นค่าคะแนนโดยใช้สมการดังต่อไปนี้

pH	สูตรการคำนวณ
<= 1.6	2
1.6 - 7.1	$-0.089pH^3+3.0018pH^2-3.533pH+0.2901$
7.1 - 12.45	$-0.2286pH^4+10.456pH^3-174.05pH^2+1231.6pH-3038.7$
> 12.45	2

ตารางที่ 3 การแปลงคะแนนของ pH

2. ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) (mg/l)

ได้แปลงเป็นค่าคะแนนโดยใช้สมการดังต่อไปนี้

DO(mg/l)	สูตรการคำนวณ
< 0.105	2
0.105 - 4.15	$0.2677DO^3-1.4538DO^2+14.496DO+0.5$
4.15 - 7.69	$-0.3171DO^3+3.7511DO^2+2.915DO$
7.69 - 13.8	$0.1506DO^3-4.7806DO^2+40.856DO$
> 13.8	2

ตารางที่ 4 ตารางการแปลงคะแนนของ DO

3. ของแข็งทั้งหมด (Total Solid, TS) (mg/l)

ได้แปลงเป็นค่าคะแนนโดยใช้สมการดังต่อไปนี้

TS(mg/l)	สูตรการคำนวณ
0 – 120	$-0.0014TS^2+0.1863TS+80$
121 – 500	$0.00001TS^2-0.1338TS+97.5$
> 500	20

ตารางที่ 5 ตารางการแปลงคะแนนของ TS

4. แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria, FCB) (MPN/100 ml)

ได้แปลงเป็นค่าคะแนนโดยใช้สมการดังต่อไปนี้

FCB(MPN/100 ml)	สูตรการคำนวณ
0 – 1200	$2\cdot10^{-5}FCB^2-0.0563FCB+100$
1200 – 12000	$2\cdot10^{-7}FCB^2-0.005FCB+66.417$
12000 – 100000	$-4\cdot10^{-14}FCB^3+9\cdot10^{-9}FCB^2-0.0008FCB+43.367$
> 100000	2

ตารางที่ 6 ตารางการแปลงคะแนนของ FCB

5. ไนเตรท (NO_3^-) (mg/l)

ได้แปลงเป็นค่าคะแนนโดยใช้สมการดังต่อไปนี้

NO_3^- (mg/l)	สูตรการคำนวณ
0 – 23	$100e^{-0.16NO3-}$
> 23	2

ตารางที่ 7 ตารางการแปลงคะแนนของ NO3-

6. ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด TP (mg/l)

ได้แปลงเป็นค่าคะแนนโดยใช้สมการดังต่อไปนี้

TP(mg/l)	สูตรการคำนวณ
0 - 1.48	$100e^{-2.5TP}$
> 1.48	2

ตารางที่ 8 ตารางการแปลงคะแนนของ TP

7. ปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมด (SS)(mg/l)

ได้แปลงเป็นค่าคะแนนโดยใช้สมการดังต่อไปนี้

SS	สูตรการคำนวณ
0 – 4	100
4 – 75	$0.0043SS^2-1.1687SS+105.03$
75 – 230	$0.0007SS^2-0.4647SS+72.208$
>= 230	2

ตารางที่ 9 ตารางการแปลงคะแนนของ SS

แล้วนำเข้าไปแทนค่าให้เป็นคะแนนรวมอย่างเดียว โดยใช้สมการ

$$\mathrm{WQI} = \sqrt[8]{(\mathrm{pH})(\mathrm{DO})(\mathrm{TS})(\mathrm{NO_3^-})(\mathrm{FCB})(\mathrm{TP})(\mathrm{SS})(\mathrm{BOD})} \quad (3)$$

แต่สำหรับงานวิจัยนี้จะทำการหาค่า WQI โดยลดพารามิเตอร์ลงจากการวิเคราะห์ปัจจัยแล้วทำการสร้างแบบจำลองอย่างง่าย เพื่อที่จะนำพารามิเตอร์นั้นมาเป็นตัวแปรอิสระในแบบจำลองสำหรับคำนวณค่าของดัชนีคุณภาพน้ำแบบใหม่ดังสมการต่อไปนี้

$$\mathrm{mWQI} = \mathrm{w_0} + \sum_{i=1}^{n} \mathrm{a_i w_i} \quad (4)$$

โดย ค่า a_i คือ ค่าของพารามิเตอร์ที่ลดทอนแล้วจำนวน i พารามิเตอร์

สามารถหาค่าน้ำหนักของแต่ละพจน์คือ $w_0, w_1, w_2, w_3, w_4, \ldots, w_i$ โดยวิธีเชิงพันธุกรรมเพื่อนำมาใช้ในการคำนวณหาค่าดัชนีคุณภาพน้ำ ในการตรวจสอบว่าแหล่งน้ำนั้นเป็นอย่างไร

4.4 วิธีการหาคำตอบโดยวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm)

สำหรับวิธีการหาคำตอบเชิงพันธุกรรม เราสามารถแบ่งองค์ประกอบที่สำคัญออกเป็น 5 ส่วน ดังนี้

1. การเขียนรูปแบบจำลองพันธุกรรมเพื่อแสดงกลุ่มคำตอบของปัญหา (Genetic representation)

รูปแบบโครโมโซมที่ใช้ในการนำเสนอทางเลือกที่สามารถจะเป็นได้ของแต่ละปัญหา (Chromosome Encoding) โดยในงานวิจัยนี้ กลุ่มคำตอบที่เป็นรูปแบบของโครโมโซมคือ กลุ่มของค่าน้ำหนักนั่นเอง

2.การกำหนดประชากรเริ่มต้น (Initial generation หรือ Population)

วิธีสร้างประชากรต้นกำเนิด (Initial population) ของทางเลือกที่สามารถจะเป็นไปได้ คือการสุ่มเลือกเพื่อสร้างประชากรต้นแบบขึ้นมาเพื่อใช้เป็นจุดเริ่มต้นของขั้นตอนการวิวัฒนาการ จะเกิดจากการสุ่มเลือกขึ้นมาจากกลุ่มของประชากรทั้งหมด โดยในงานวิจัยนี้ คือกลุ่มของคำตอบที่เป็นไปได้โดยขึ้นอยู่กับการกำหนดขนาดของประชากรไว้เป็นพารามิเตอร์ของขั้นตอนวิธีการดำเนินการ

3.การประเมินค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์หรือค่าฟิตเนส (Evaluation of fitness function)

ฟังก์ชันสำหรับประเมินค่าความเหมาะสมเพื่อให้คะแนนในแต่ละทางเลือก คือ ฟังก์ชันสำหรับประเมินค่าความเหมาะสมเพื่อให้คะแนนสำหรับคำตอบต่างๆ ที่เป็นไปได้ของปัญหาโครโมโซมทุกชุด ซึ่งในงานวิจัยนี้ จะกำหนดฟิตเนสฟังก์ชันเป็น การหาค่าของรากเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (Root Mean Square Error, RMSE) ที่น้อยที่สุด เพราะฉะนั้น โครโมโซมที่เหมาะสมที่สุดในที่นี้คือ กลุ่มของค่าน้ำหนักที่ทำให้ ค่าของ RMSE นั้นมีค่าที่ต่ำที่สุดนั่นเองนั่นคือ

4. ตัวดำเนินการวิวัฒนาการทางพันธุกรรม (Generation Operation) เพื่อที่จะสร้างพันธุกรรมรุ่น ถัดไป (Next generation)

วิวัฒนาการทางพันธุกรรมซึ่งใช้ในการปรับเปลี่ยนองค์ประกอบของข้อมูลตลอดกระบวนการ เพื่อให้เกิดการวิวัฒนาการไปสู่คำตอบที่ดีขึ้นได้แก่

- *การคัดเลือก (selection)* เป็นการเลือกโครโมโซมหนึ่งจากประชากร เพื่อที่จะเป็นโครโมโซมพ่อแม่ (parent) สำหรับการผสมยีนแบบข้าม โดยทั่วไปวิธีการเลือกโครโมโซมสามารถทำได้หลายวิธีซึ่งอาศัยแนวคิดของทฤษฎีความน่าจะเป็นและสถิติเป็นหลักซึ่งมีหลายวิธี แต่สำหรับงานวิจัยนี้ใช้การคัดเลือกโครโมโซมแบบ วิธี ทัวร์นาเมนต์(Tournament) มีขั้นตอนดังนี้
  - เลือกโครโมโซม 2 ตัวใดๆโดยการสุ่ม
  - พิจารณาโครโมโซมที่มีค่าฟิตเนตมากกว่าจะถูกเลือก
  - ขั้นตอนจะถูกกระทำซ้ำในการเลือกโครโมโซมตัวถัดไป
- *การข้ามฟาก(Crossover)* วิธีการนี้สร้างความแตกต่างของโครโมโซมรุ่นใหม่จากพ่อแม่มาทำการสลับกัน ซึ่งจะทำให้ได้โครโมโซมรุ่นลูก 2 โครโมโซมใหม่ โดยการควบคุมการเกิดการข้ามฟากจะนำค่าความน่าจะเป็นของการข้ามฟากมาใช้ (Crossover probability : P_c) เหมือนในกรณีการใช้ความน่าจะเป็นของการผ่าเหล่า
- *การผ่าเหล่า(Mutation)* วิธีการผสมทางพันธุกรรมแบบผ่าเหล่าจะถูกกระทำโดยการแลกเปลี่ยนยีนภายในโครโมโซมแต่ละตัว ซึ่งยีนแต่ละตัวภายในโครโมโซมมีโอกาสที่จะถูกเลือกในการสลับเปลี่ยนตำแหน่ง โดยทั่วไปถูกกำหนดโดยค่าความน่าจะเป็นของการผ่าเหล่า (Mutation probability : Pm)

5. การกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในวิธีการหาคำตอบเชิงพันธุกรรม

ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ซึ่งต้องใช้สำหรับวิธีเชิงพันธุกรรม คือปัจจัยที่ส่งผลต่อการคำนวณหาคำตอบโดยวิธีนี้ เช่น ขนาดของประชากร ความน่าจะเป็นของการข้ามฟากหรือการผ่าเหล่า โดยสามารถนำโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์มาช่วยในการคำนวณวิธีการหาคำตอบโดยวิธีเชิงพันธุกรรม

5. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถลดพามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพน้ำได้ซึ่งจะช่วยให้ประหยัดทั้งเวลาและค่าใช้จ่าย อีกทั้งใช้วิธีการหาคำตอบโดยวิธีเชิงพันธุกรรม เพื่อช่วยในการให้ค่าน้ำหนักที่เหมาะสมเพื่อช่วยในการคำนวณแบบจำลองดัชนีคุณภาพน้ำด้วยที่พัฒนาขึ้น ได้อย่างมีประสิทธ์ภาพเพื่อเป็นทางเลือกในการวิเคราะห์คุณภาพของแหล่งน้ำต่อไป

6. วิธีการวิจัย

จากการนำข้อมูลของแม่น้ำท่าจีนตั้งแต่ปี 2545-2550 ในขั้นตอนแรกนั้นจะทำวิเคราะห์ปัจจัยโดยใช้โปรแกรมSPSS ได้ดังตารางต่อไปนี้ เพื่อทดสอบว่าพารามิเตอร์ทั้งหมดนั้นมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ โดยใช้สถิติทดสอบ KMO (Kaiser-Meger-Olkin) ดังตารางต่อไปนี้

KMO and Bartlett's Test

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		.451
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	33.339
	df	28
	Sig.	.224

ตารางที่ 10 การทดสอบสถิติทดสอบ KMO

พบว่า เมื่อทดสอบค่าทางสถิติพบว่า ได้ 0.451 หรือประมาณ 0.5 ซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มของพารามิเตอร์โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ปัจจัยได้ เมื่อทำการวิเคราะห์แล้วพบว่า สามารถแบ่งกลุ่มได้ตามตารางต่อไปนี้

Component Matrix[a]

	Component			
	1	2	3	4
NO3-N (mg/l)	.869	.120		.255
TP (mg/l)	.771		-.205	.270
FCB (MPN/100 ml)	-.605	-.200	.101	.587
DO (mg/l)	-.238	.712	.494	
SS (mg/l)		.554	-.409	-.543
BOD (mg/l)	.451	-.524	.248	-.418
TS (mg/l)		-.320	.673	-.291
pH ()	.421	.426	.622	.182

ตารางที่ 11 ทำการวิเคราะห์ปัจจัย โดยการสกัดปัจจัย โดยใช้วิธี PCA

เมื่อสกัดปัจจัยโดยใช้วิธี PCA แล้วจะสามารถแบ่งกลุ่มได้ตามตารางที่ 11 แล้วจึงทำขั้น หมุนแกนเพื่อปรับกลุ่มใหม่พบว่าได้ตามตารางที่ 12

Rotated Component Matrix[a]

	Component			
	1	2	3	4
NO3-N (mg/l)	.915			
TP (mg/l)	.842			
DO (mg/l)	-.251	.837	-.159	.142
pH ()	.382	.769	.181	
BOD (mg/l)	.193	-.216	.792	
TS (mg/l)	-.210	.229	.719	-.167
SS (mg/l)	-.132		-.271	.826
FCB (MPN/100 ml)	-.398		-.347	-.693

ตารางที่ 12 ตารางการจัดกลุ่มใหม่โดยการหมุนแกน

เมื่อหมุนแกนแล้วพบว่าค่าที่ได้ในตารางนั้นจะแตกต่างจากตารางที่ 11 เมื่อมาถึงขั้นตอนนี้แล้วเราสามารถจัดกลุ่มได้แล้วว่าพารามิเตอร์ไหนอยู่กลุ่มเดียวกัน ซึ่งสามารถแบ่งได้ตามค่าในช่องที่มากที่สุด จะอยู่กลุ่มนั้น และจะต้องมีค่าที่ใกล้เคียงกันด้วย จากตารางที่ 12 นั้นสามารถแบ่งกลุ่มได้ดังนี้

กลุ่มที่	พารามิเตอร์
1	NO_3^- TP
2	DO pH
3	TS BOD
4	SS FCB

ตารางที่ 13 ตารางการแบ่งกลุ่มด้วยวิธีการวิเคราะห์ปัจจัย

ซึ่งเมื่อได้จัดกลุ่มแล้วในขั้นตอนต่อมาเราจะหาตัวแทนของกลุ่มด้วยสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ได้ระดับความสัมพันธ์ดังตารางต่อไปนี้

Parameter Groups	DO (2)	BOD (3)	FCB (4)	pH (2)	TP (1)	NO3-N (1)	TS (3)	SS (4)
R^2	.546	.068	.046	.026	.194	.221	.000	.131
%	54.6	6.8	4.6	2.6	19.4	22.1	0	13.1

ตารางที่ 14 ตารางแสดงค่า R^2 ของพารามิเตอร์

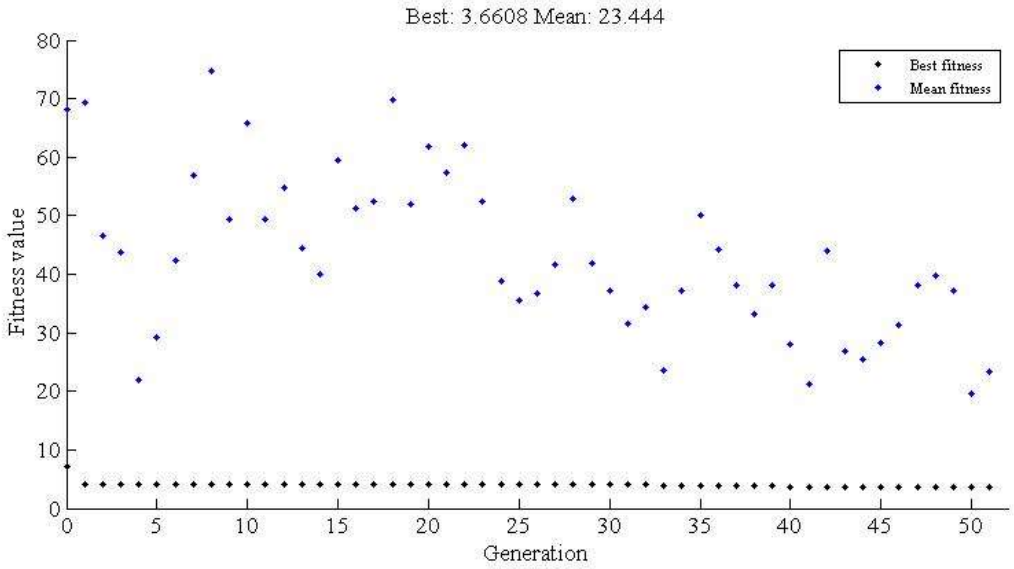
ซึ่งเราจะเลือก R^2 ที่มีค่าที่มากที่สุดของแต่ละกลุ่มเป็นตัวแทนของกลุ่ม ซึ่งได้ว่า
ตัวแทนของกลุ่มที่ 1 คือ NO3-N มี R^2 คิดเป็น 22.1%
ตัวแทนของกลุ่มที่ 2 คือ DO มี R^2 คิดเป็น 54.6 %
ตัวแทนของกลุ่มที่ 3 คือ BOD มี R^2 คิดเป็น 6.8%
ตัวแทนของกลุ่มที่ 4 คือ SS มี R^2คิดเป็น 13.1%
เมื่อหาตัวแทนกลุ่มแล้ว
ขั้นตอนต่อไปหาWQI ด้วยวิธี สร้างแบบจำลองอย่างง่ายเพื่อที่จะนำพารามิเตอร์ที่เป็นตัวแทนทั้ง 4 นี้มาเป็นตัวแปรอิสระในแบบจำลองสำหรับคำนวณค่าของดัชนีคุณภาพน้ำแบบใหม่ดังสมการต่อไปนี้

$$\mathrm{mWQI} = \mathrm{w}_0 + w_1\mathrm{DO} + w_2 BOD + w_3 NO_3^- + w_4 SS \quad (5)$$

ซึ่งก่อนที่จะทำการคำนวณหาค่าของ mWQI นั้นเราต้องทำการแปลงพารามิเตอร์นั้นให้เป็นคะแนนโดยใช้สมการการแปลงค่าคะแนนจากกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม แล้วจึงหาค่าน้ำหนักของแต่ละพจน์คือ w_0, w_1, w_2, w_3, w_4 โดยวิธีเชิงพันธุกรรม ซึ่งในการหาด้วยวิธีนี้นั้นเรามีฟิตเนสฟังก์ชันซึ่งเรากำหนด ไว้เป็นเงื่อนไขของความคลาดเคลื่อน ซึ่งในที่นี้จะใช้เป็น Root Mean Square error

$$\text{fitness function} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(\mathrm{WQI_i} - \mathrm{mWQI_i})^2}{n}} \quad (6)$$

เพื่อนำมาใช้ในการคำนวณหาค่าน้ำหนักที่ใช้ในการคำนวณดัชนีคุณภาพน้ำโดยการหาค่าของ fitness function ที่มีค่าต่ำที่สุด ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กราฟของค่า fitness function ในแต่ละรอบ โดยจุดสีน้ำเงิน ค่าเฉลี่ยของ fitness function ในแต่ละโครโมโซม และ จุดสีดำ คือค่าที่ fitness function มีค่าต่ำที่สุด

พบว่าค่า fitness function ที่ได้ตามกราฟนี้คือ 3.6608 ซึ่งค่า fitness function นี้จะให้ค่าต่ำสุดเมื่อค่าน้ำหนัก แต่ละค่าเป็นได้ w_0=1.441, w_1=0.6470, w_2=0.1200, w_3=0.2190, w_4=0.1260 ซึ่งค่าต่างๆ ได้ดังตารางต่อไปนี้

Month	DO (mg/l)	BOD (mg/l)	NO_3^- (mg/l)	SS (mg/l)	WQI ข้อมูลจริง	mWQIของ (6)
พ.ย.-2545	2.0308	1.6231	0.2008	39.3077	58.9123	57.7870
ก.พ.-2546	2.0308	4.8923	0.0900	39.2308	58.7831	54.8016
เม.ย.-2546	2.4462	2.2538	0.1069	46.2308	62.4631	59.9066
ส.ค.-2546	1.0769	0.8231	0.0731	22.3846	54.5523	53.7507
พ.ย.-2546	1.7923	2.5308	0.0977	20.0769	60.4554	57.4775
ก.พ.-2547	3.1214	1.8000	0.0486	26.7857	63.5264	68.2559
มี.ค.-2547	2.4929	2.5714	2.9407	24.5000	55.9043	54.4410
พ.ค.-2547	0.5750	2.7500	1.7000	28.5000	35.3875	41.6732
มิ.ย.-2547	2.2900	2.1000	2.8800	30.5000	49.8480	52.8057
ก.ค.-2547	2.0786	1.8786	0.2950	34.4286	58.4621	58.0593
ส.ค.-2547	0.1000	3.5000	2.4750	79.0000	33.5675	30.3471
ก.ย.-2547	2.3500	1.8000	2.9900	28.6000	60.1630	53.6010

พ.ย.-2547	2.4538	2.0769	0.2154	19.6154	64.2108	62.7683
ก.พ.-2548	2.7857	2.5000	0.4643	28.0714	60.5400	63.1008
พ.ค.-2548	2.6820	2.1333	0.3067	36.4000	60.6387	62.2546
ก.ย.-2548	2.5929	2.3333	0.1867	49.1333	56.0329	60.4313
พ.ย.-2548	2.8800	1.7333	0.2600	30.4667	66.0807	65.1523
ก.พ.-2549	2.9473	2.3067	1.2200	29.6333	62.3713	62.1541
พ.ค.-2549	1.1133	2.5556	0.1111	15.9444	54.3344	52.6613
มิ.ย.-2549	2.9050	1.3333	0.4500	318.8333	46.2300	56.2146
ก.ย.-2549	1.8967	1.2000	0.3067	54.1667	59.8980	55.4798
พ.ย.-2549	2.4938	2.0625	0.3563	23.8125	62.3375	62.1095
ก.พ.-2550	3.1750	1.8750	0.3563	29.2500	64.6119	67.2970
พ.ค.-2550	1.7813	2.2500	0.3250	57.8750	54.0144	52.9664

ตารางที่ 15 ข้อมูลของ DO, BOD NO3-N, SS กับ WQI ของแม่น้ำท่าจีน

ซึ่งได้ค่าเปรียบเทียบกับค่า WQI ที่เป็นข้อมูลจริงแล้วเปรียบเทียบพบว่าค่าจริงกับค่าที่ได้นั้นมีค่าใกล้เคียงกันมากโดยเมื่อหาค่าความคลาดเคลื่อนด้วย RMSE มีค่าเป็น 3.6608

7. ผลการวิจัย

จากข้างต้นการดำเนินงานวิจัยนั้นได้ทำการแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นการหาปัจจัยพบว่าเราสามารถแบ่งพารามิเตอร์ทั้ง 8 ค่านั้นออกเป็น 4 กลุ่มก่อนและหาตัวแทนกลุ่มซึ่งหาได้จาก R^2 คือความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์และค่าของ WQI พบว่าเราได้พารามิเตอร์ 4 ค่าจากตัวแทนกลุ่มทั้ง 4 กลุ่ม คือ NO_3^-, DO, BOD, SS จากนั้นจึงมาทำส่วนที่ 2 คือส่วนในการพัฒนาแบบจำลองของดัชนีคุณภาพน้ำได้ใช้วิธีเชิงพันธุกรรม ในการหาค่าน้ำหนักที่เหมาะสมพบว่า ค่าน้ำหนักที่หาได้นั้นมาทำการคำนวณกับ พารามิเตอร์ทั้ง4ค่าที่พบว่าให้ค่า RMSE =3.6608 ซึ่งค่าที่ได้นั้นมีความใกล้เคียงกันอย่างมาก

8. อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการทดลองเราสามารถลดพารามิเตอร์ลดได้ครึ่งหนึ่ง คือจาก พารามิเตอร์8 ค่าลดลงเหลือแค่ 4 ค่าซึ่งมีผลมากในการเก็บข้อมูลในการวิเคราะห์ซึ่งสามารถลดได้ทั้งเวลาและค่าใช้จ่ายในการเก็บข้อมูลอีกทั้งผลการทดลองได้แสดงให้เห็นแล้วว่าแบบจำลองดัชนีคุณภาพน้ำที่พัฒนาขึ้นนั้นใช้ได้ผลให้ค่าที่ใกล้เคียงกันดี ดังนั้นจึงสามารถใช้แบบจำลองใหม่แทนได้อย่างมีประสิทธ์ภาพซึ่งเมื่อรวมกับการลดพารามิเตอร์ลงแล้ว ทำให้การคำนวณนั้นนั้นเป็นไปได้อย่างรวดเร็วกว่าแบบจำลองเดิมและผลที่ได้นั้นให้ค่าใกล้เคียงกันจึงสามารถสรุปได้ว่าแบบจำลองใหม่นี้สามารถใช้งานได้ดีกว่าแบบจำลองเดิม

9. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาโดยนำเทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัยเพื่อลดพารามิเตอร์เหลือเพียง 4 ค่า แล้วจึงนำข้อดีของวิธีเชิงพันธุกรรมไปประยุกต์ใช้เพื่อการหาแนวโน้มข้อมูลคุณภาพน้ำ โดยเน้นการศึกษาจากดัชนีตัวคุณภาพน้ำที่สำคัญ ได้แก่ คือ ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (BOD) ไนเตรท (NO_3^-) และ ปริมาณสารแขวนลอย (SS) สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

1. การวิเคราะห์ปัจจัย นั้นสามารถลดพารามิเตอร์ จาก ทั้งหมด 8 ค่า สามารถจัดกลุ่มได้เป็น 4 กลุ่ม จากนั้นทำการหาตัวแทนของกลุ่มโดยใช้ R^2 ที่มีค่าที่มากที่สุดในแต่ละกลุ่มเป็นตัวแทน คือ ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (BOD) ไนเตรท (NO_3^-) และ ปริมาณสารแขวนลอนทั้งหมด (SS)
2. ดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป เป็นดัชนีที่บ่งบอกสภาพของแม่น้ำโดยทั่วไปว่าระดับคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ดีมาก ดีพอใช้หรือต่ำ ซึ่งจะทำให้ทราบว่าแม่น้ำดังกล่าวจะต้องมีการดำเนินการควบคุมดูแล อย่างไรบ้าง ซึ่งสามารถนำมาใช้เทียบระดับคุณภาพน้ำระหว่างแม่น้ำได้ว่าอยู่ในแหล่งน้ำประเภทใด และจากการทดลองใช้ Modified Water Quality Index กับข้อมูลจริงของคุณภาพน้ำในแม่น้ำต่างๆ ในประเทศไทยพบว่าการวิเคราะห์ผลอยู่ในเกณฑ์ที่ใช้ได้ดีในทางปฏิบัติ เมื่อนำพารามิเตอร์ที่หามาจากการวิเคราะห์ปัจจัยคือ ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (BOD) ไนเตรท (NO_3^-) และ ปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมด (SS) และใช้วิธีเชิงพันธุกรรมในการหาค่าน้ำหนักของแต่ละพจน์คือ w_0, w_1, w_2, w_3, w_4 เพื่อนำค่าที่ได้มาใช้ในการคำนวณหาค่าดัชนีคุณภาพน้ำ โดยสามารถนำมาเทียบกับเกณฑ์ดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไปของแหล่งน้ำแต่ละประเภท ซึ่งจะมีช่วงเกณฑ์ค่าคะแนนมาตรฐาน โดยจากผลการศึกษาพบว่า แม่น้ำท่าจีน ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงค่าเกณฑ์มาตรฐานของแหล่งน้ำประเภทที่ 3 ซึ่งเกณฑ์คุณภาพน้ำอยู่ในระดับพอใช้ ซึ่งต้องมีการปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ดีขึ้นต่อไป

ในงานชิ้นนี้จะเห็นได้ว่ามีการจัดลำดับข้อมูลเป็นรายเดือนแต่จำนวนข้อมูลนั้นไม่ครบมีบางเดือนมีข้อมูลเนื่องจากการเก็บข้อมูลนั้นไม่สามารถเก็บทุกเดือนได้ดังนั้นอาจจะต้องมีการปรับข้อมูลใหม่ให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมกับการวิเคราะห์ยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ ในการอนุเคราะห์ข้อมูลเพื่อใช้ในการทำการศึกษาวิจัย ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังในด้านการสนับสนุนเงินทุนสำหรับงานวิจัยชิ้นนี้

บรรณานุกรม

[1] Pepper I. L., Gerba C. P. and Brusseau M. L., 1996. *Environmental and pollution science*. Rev.ed of Pollution science

[2] Schnoor J. L., 1996. *Environment Modeling: fate and transport of pollutants in water, air and soil*. A Wiley – Interscience publication

[3] Cho J. H. et al., 2004. A river waternext term quality management model for optimizing regional wastewater treatment using a genetic algorithm. *Journal of Environmental Management*, 73, 229-242.

[4] Abbasi S.A., 2006. Qualidex – a new solfware for generating water quality indice. *Environmental Monitoring and Assessment*, 119, 201-231.

[5] Pimpunchat B et al., 2007. Modelling River Pollution and Removal by Aeration, *MODSIM 2007 International Congress on Modelling and Simulation*, 2431-2437.

[6] Pimpunchat B et al., 2009. A mathematical Model for Pollution in a river and its remediation by aeration. *Applied Mathematics Letters*, 22(3), 304-308.

[7] Ashwani K and Anish D, 2009, Water Quality Index for Assessment of Water Quality of River Ravi at Madhopur (India). *GLOBAL JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SCIENCES*, 8(1),49-57

[8] RankoviĆ V. et al., 2010. Neural network modeling of dissolved oxygen in the Gruža reservoir, Serbia , *Ecological Modelling*, 221 (8),1239-1244.

[9] J. Yisa and T. Jimoh, 2010. Analytical Studies on Water Quality Index of River Landzu, *American Journal of Applied Sciences*,7 (4),453-458

[10] Mohammad Alam and J.K. Pathak, 2010, Rapid Assessment of Water Quality Index of Ramganga River Western Uttar Pradesh (India) Using a Computer Programme, *Nature and Science* ,8(11),1-8