

การตรวจวัดดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำแบบลดจำนวนพารามิเตอร์ด้วย ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม

Monitoring Water Quality Index with Less Parameters using Genetic Algorithm

บุษยามาส พิมพ์พรรณชาติ

Busayamas Pimpunchat

สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันทั่วโลกต่างให้ความสำคัญกับปัญหาสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะปัญหาที่เกี่ยวกับคุณภาพน้ำ เป็นอีกปัญหาหนึ่งที่มีความสำคัญมาก คุณภาพน้ำมีความเสื่อมโทรมลงเรื่อยๆ และส่งผลกระทบต่อ การดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตอย่างเป็นวงกว้าง การทราบค่าดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำจึงมีความสำคัญในการช่วย บริหารจัดการทรัพยากรน้ำได้อย่างเหมาะสม โดยทั่วไปการหาค่าดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำของกรมส่งเสริม คุณภาพสิ่งแวดล้อมต้องใช้ค่าพารามิเตอร์ในการคำนวณถึง 8 ค่า แต่ด้วยเทคนิคของการวิเคราะห์ปัจจัย สามารถลดจำนวนของพารามิเตอร์ให้เหลือเพียง 3 ค่า คือค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ความสกปรกในรูป สารอินทรีย์ (BOD) และ แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (FCB) และนำมาสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อหาค่าดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำและเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของแหล่งน้ำแต่ละประเภทที่อยู่ในเกณฑ์ใด โดยอาศัยข้อมูลจริงจากกรมควบคุมมลพิษที่ได้จากการตรวจสอบคุณภาพของแหล่งน้ำในช่วงระหว่างปี 2545 – 2550 และมีการนำขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมมาใช้เพื่อหาค่าน้ำหนักที่เหมาะสมในแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้น พร้อมกับเปรียบเทียบเพื่อหาความแม่นยำของแบบจำลอง ซึ่งผลที่ได้ปรากฏว่า ดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำที่สร้างขึ้นใหม่นี้ให้ค่าใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณได้จากกรมส่งเสริมคุณภาพ สิ่งแวดล้อมของแต่ละแหล่งน้ำที่นำมาศึกษา

คำสำคัญ : ดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำ, คุณภาพน้ำ, ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม

Abstract

Environmental issues are a crucial problem worldwide, including with regards to in water quality. The water quality is slowly being degraded and affected widely by human life. Developing a

water quality index can help us manage the water resources more appropriately. In general, the Department of Environmental Quality Promotion of King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang uses 8 parameters for calculating the index. However, in this study only 3 variables - DO, BOD and FC,B are selected from the Factor Analysis technique to be represented in a mathematical modeling, for comparing with the standard criteria from the Pollution Control Department during year 2002 – 2007. The results show that the water quality index in each water source followed closely the real values and RMSE statistics indicating increased model accuracy.

Keywords : water quality index, water quality, genetic algorithm

1. บทนำ

น้ำถือเป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิตของมวลมนุษย์ รวมทั้งสิ่งมีชีวิตต่างๆ และทำให้เกิดความอุดมสมบูรณ์แก่วัฏจักรของสิ่งมีชีวิตทั้งมวล ปัจจุบันแหล่งน้ำต่างๆ ประสบกับปัญหามลพิษ ซึ่งล้วนเป็นผลมาจากการทำกิจกรรมทั้งหลายของมนุษย์ทั้งในด้านการอุปโภคและบริโภค ปัญหาน้ำเน่าเสียเป็นปัญหาอย่างมากในปัจจุบันและสาเหตุที่ทำให้เกิดน้ำเน่าเสียได้แก่ น้ำทิ้งจากบ้านเรือน ขยะมูลฝอยและสิ่งปฏิกูลที่ถูกทิ้งลงสู่แม่น้ำลำคลอง น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม รวมทั้งน้ำฝนที่พัดพาสารพิษที่ตกค้างจากแหล่งเกษตรกรรมลงสู่แม่น้ำลำคลอง ปัญหาน้ำเสียที่เกิดขึ้นได้ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยและเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำและมนุษย์ สังกัดเหม็นรบกวน และไม่สามารถนำแหล่งน้ำนั้นมาใช้ประโยชน์ได้ทั้งการอุปโภค บริโภค เกษตรกรรมและอุตสาหกรรม

จากปัญหาข้างต้นผู้วิจัยพบว่าค่าดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำมีความสำคัญมากในการระบุค่ามาตรฐานของแหล่งน้ำเพื่อนำมาช่วยในการบริหารจัดการน้ำเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด และในการคำนวณค่าดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำในประเทศไทยของกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมนั้นได้ใช้ค่าของพารามิเตอร์ทั้งหมด 8 ค่าได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen หรือ DO) ของแข็งทั้งหมด (Total Solid หรือ TS) แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria หรือ FCB) ไนเตรท (NO_3^-) ฟอสเฟต (PO_4^{3-}) ปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมด (Suspended Solids หรือ SS) และความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (Biological Oxygen Demand หรือ BOD) งานวิจัยนี้เป็นการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการคำนวณค่าดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำโดยลดจำนวนของพารามิเตอร์ให้น้อยลงโดยใช้หลักการของวิธีการวิเคราะห์ปัจจัย ซึ่งเป็นเทคนิคที่สามารถแยกปัจจัยหลักหรือในที่นี้คือการหาพารามิเตอร์หลัก ที่สัมพันธ์กับการคำนวณค่าดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำ (WQI) จะได้ว่าสามารถหาพารามิเตอร์หลักออกมาได้ 3 ค่าคือค่าของออกซิเจนละลายน้ำ แบคทีเรียกลุ่มฟี

กัลโคลิฟอร์ม ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ และอาศัยเทคนิคของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมมาประยุกต์ใช้ เพื่อหาค่าน้ำหนักในแบบจำลองของดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำที่ดีที่สุดที่ให้ค่าในการคำนวณหาดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำโดยวิธีใหม่ที่ให้ค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการตรวจวัดโดยใช้ข้อมูลจริงมากที่สุด

2. วิธีการวิจัย

ในการวิจัยนี้ต้องการนำเสนอวิธีการคำนวณค่าดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำโดยใช้แบบจำลองใหม่ที่สามารถลดจำนวนพารามิเตอร์ลง จากมาตรฐานเดิมที่เคยใช้ทั้งหมด 8 ค่าเพื่อลดค่าใช้จ่ายและเวลาในการวิเคราะห์ของหน่วยงานที่รับผิดชอบ และตรวจสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองจากค่ารากของความผิดพลาดยกกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) โดยเริ่มจากการหาปัจจัยหลักหรือพารามิเตอร์หลักที่ส่งผลต่อค่าดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำที่ได้จากข้อมูลจริงในช่วงปี 2545 - 2550 จากพารามิเตอร์ทั้งหมด 8 ค่า โดยใช้เทคนิคของการวิเคราะห์ปัจจัยจะพบว่าค่าพารามิเตอร์หลักที่ใช้ในการคำนวณดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำ ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolve Oxygen - DO) ปริมาณความสกปรกในรูปสารอินทรีย์หรือบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand - BOD) และแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria - FCB) และโดยการวิเคราะห์หาค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากข้อมูลจริงในช่วงปีเดียวกันหาสมการแนวโน้มของค่าพารามิเตอร์หลักโดยเปรียบเทียบระหว่างแบบเชิงเส้นกับไม่เชิงเส้นของแต่ละแม่น้ำ จากนั้นใช้เทคนิคของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ถ่วงน้ำหนักที่เหมาะสมในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และทำการหาค่าดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำให้มีความใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณได้จากกรมควบคุมมลพิษที่ใช้พารามิเตอร์ทั้ง 8 ค่าในการคำนวณให้มากที่สุด โดยมีขั้นตอนการศึกษาดังนี้

2.1. การหาค่าแนวโน้มของพารามิเตอร์ที่ใช้โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอย

การหาค่าแนวโน้มของพารามิเตอร์ทั้งสามค่าคือ ค่า DO, BOD และ FCB โดยอาศัยข้อมูลจริงในช่วงปี 2545 - 2550 ถือเป็นเทคนิคการวิเคราะห์โดยพิจารณาจากความสัมพันธ์ของตัวแปรหรือความเป็นเหตุเป็นผลของตัวแปร โดยใช้ 2 วิธีมาเปรียบเทียบกันคือ การวิเคราะห์ถดถอยอย่างง่ายหรือการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นกับวิธีการวิเคราะห์ถดถอยแบบไม่เชิงเส้น โดยทั้งสองวิธีใช้การหาค่าความสัมพันธ์ของตัวแปรเพื่อนำมาหาแนวโน้มของสิ่งที่สนใจ

โดยการวิเคราะห์ถดถอยแบบเชิงเส้นนั้นมีตัวแบบดังนี้

$$Y_t = b_0 + b_1 X_t, \quad t = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

โดย Y_t คือค่าของตัวแปรตาม Y ณ เวลาที่ t
 X_t คือค่าของตัวแปรอิสระ X ณ เวลาที่ t
 b_0 และ b_1 คือค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย

ส่วนการวิเคราะห์ถดถอยแบบไม่เชิงเส้น ที่นำมาหาค่าแนวโน้มนั้นอาจมีได้หลายตัวแบบ ซึ่งในงานชิ้นนี้ได้สนใจ 2 ตัวแบบคือ

1. ตัวแบบถดถอยแบบพหุนามโดยมีตัวแบบคือ

$$Y_t = a_0 + a_1 X_t + a_2 X_t^2 + \dots + a_n X_t^n \quad (2)$$

2. ตัวแบบถดถอยแบบชี้กำลังโดยมีตัวแบบคือ

$$Y_t = c_0 e^{c_1 X_t} \quad (3)$$

โดย Y_t คือค่าของตัวแปรตาม Y ณ เวลาที่ t

X_t คือค่าของตัวแปรอิสระ X ณ เวลาที่ t

และ $a_0, a_1, \dots, a_n, c_0, c_1$ เป็นค่าคงที่ที่รู้ค่า

ซึ่งลักษณะของตัวแบบการถดถอยนั้นจะขึ้นอยู่กับรูปแบบข้อมูล โดยจะเลือกรูปแบบของตัวแบบถดถอยที่ให้ค่าแนวโน้มใกล้เคียงข้อมูลจริงมากที่สุด

2.2. ดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป (General Water Quality Index หรือ WQI)

ดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไปที่กล่าวถึง เป็นดัชนีที่บ่งบอกสภาพของแม่น้ำโดยทั่วไป โดยมีได้ระบุโดยตรงว่าสามารถนำไปใช้ประโยชน์อะไรได้บ้าง โดยเหตุนี้จึงเรียกว่า *ดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป* เพื่อบ่งบอก *ระดับ* คุณภาพน้ำทำให้ทราบว่าแหล่งน้ำดังกล่าวจะต้องมีการดำเนินการควบคุมดูแลอย่างไรบ้าง ดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไปที่กล่าวถึงมีหน่วยเป็น คะแนน (เริ่มจาก 0 ถึง 100 คะแนน) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1. มาตรฐานคุณภาพของแหล่งน้ำจากค่า WQI

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

ที่มา : กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

คะแนนเหล่านี้โดยปกติเกิดจากการรวมคะแนนดัชนีคุณภาพน้ำทั้ง 8 พารามิเตอร์ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen หรือ DO) ของแข็งทั้งหมด (Total Solid หรือ TS) แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria หรือ FCB) ไนเตรท (NO_3^-) ฟอสเฟต (PO_4^{3-}) ปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมด (Suspended Solids หรือ SS) และความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (Biological Oxygen Demand หรือ BOD) โดยทำการแปลงค่าของพารามิเตอร์แต่ละตัวให้เป็นค่าที่อยู่ในช่วง 0-100 แล้วนำไปแทนค่าให้เป็นคะแนนรวมอย่างเดียวย โดยใช้สมการ

$$\text{WQI} = \sqrt[8]{(\text{pH})(\text{DO})(\text{TS})(\text{FCB})(\text{NO}_3^-)(\text{PO}_4^{3-})(\text{SS})(\text{BOD})} \quad (4)$$

แต่สำหรับงานวิจัยนี้จะทำการหาค่า WQI โดยทำการลดจำนวนของพารามิเตอร์ลงโดยใช้วิธีการวิเคราะห์ปัจจัยโดยอาศัยข้อมูลของกรมควบคุมมลพิษในช่วงระหว่างปี 2545 – 2550 ซึ่งพบว่า พารามิเตอร์ทั้ง 8 พารามิเตอร์นี้ได้แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ประกอบด้วย pH, TP และ FCB ส่วนกลุ่มที่ 2 ประกอบด้วย TS, BOD, SS และ NO_3^- ส่วนกลุ่มสุดท้ายมีเฉพาะค่า DO เท่านั้น

โดยผู้วิจัยได้เลือกตัวแทนของแต่ละกลุ่มมาโดยอาศัยความสำคัญต่อคุณภาพของน้ำ การเก็บข้อมูลที่ง่ายและรวดเร็ว เป็นต้น พบว่า ได้ตัวแทนของพารามิเตอร์ คือ DO, BOD และ FCB ซึ่งทั้ง 3 ค่านี้เป็นพารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลอง (4) ด้วย และมีผลอย่างมากต่อการตรวจวัดคุณภาพน้ำ ซึ่งในแต่ละแหล่งน้ำจะมีค่ามาตรฐานดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2. ค่ามาตรฐานของ DO, BOD และ FCB แต่ละประเภทของแหล่งน้ำ

ประเภทแหล่งน้ำ	ประโยชน์	ค่ามาตรฐาน		
		DO (mg/l)	BOD (mg/l)	FCB (MPN/ 100ml)
1	เพื่อรักษาระบบนิเวศธรรมชาติ	-	-	-
2	เพื่อการอนุรักษ์	ไม่ต่ำกว่า 6.0	ไม่เกิน 1.5	5,000
3	เพื่อการเกษตร	ไม่ต่ำกว่า 4.0	ไม่เกิน 2.0	20,000
4	เพื่อการอุตสาหกรรม	ไม่ต่ำกว่า 2.0	ไม่เกิน 4.0	-
5	เพื่อการคมนาคม	-	-	-

ที่มา : กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

จากนั้นจะทำการสร้างแบบจำลองอย่างง่ายเพื่อที่จะนำพารามิเตอร์ที่สำคัญทั้ง 3 นี้มาเป็นตัวแปรอิสระในแบบจำลอง เพื่อคำนวณค่าของดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำแบบใหม่โดยอาศัยการวิเคราะห์ถดถอยแบบเชิงเส้นแบบหลายตัวแปร ได้ดังสมการที่ (5)

$$WQI_3 = w_1a_1 + w_2a_2 + w_3a_3 \quad (5)$$

โดย ค่า a_1 คือ ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO)

ค่า a_2 คือ ค่าปริมาณความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (BOD)

ค่า a_3 คือ ค่าปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (FCB)

สามารถหาค่าน้ำหนักของแต่ละพจน์คือ w_1 w_2 และ w_3 โดยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมเพื่อนำมาใช้ในการคำนวณหาค่าดัชนีคุณภาพน้ำ ในการตรวจสอบว่าแหล่งน้ำนั้นเป็นอย่างไร

2.3. วิธีการหาคำตอบโดยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm)

สำหรับวิธีการหาคำตอบโดยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม สามารถแบ่งองค์ประกอบที่สำคัญออกเป็น 5 ส่วน ดังนี้

1. การเขียนรูปแบบจำลองพันธุกรรมเพื่อแสดงกลุ่มคำตอบของปัญหา (Genetic representation)

รูปแบบโครโมโซมที่ใช้ในการนำเสนอทางเลือกที่สามารถจะเป็นได้ของแต่ละปัญหา (Chromosome Encoding) โดยในงานวิจัยนี้ กลุ่มคำตอบที่เป็นรูปแบบของโครโมโซมคือ กลุ่มของค่าน้ำหนักของ DO, BOD และ FCB หรือก็คือกลุ่มของค่า w_1 w_2 และ w_3 นั่นเอง

2. การกำหนดประชากรเริ่มต้น (Initial generation หรือ Population)

วิธีสร้างประชากรต้นกำเนิด (Initial population) ของทางเลือกที่สามารถจะเป็นไปได้ คือการสุ่มเลือกเพื่อสร้างประชากรต้นแบบขึ้นมาเพื่อใช้เป็นจุดเริ่มต้นของขั้นตอนการวิวัฒนาการ จะเกิดจากการสุ่มเลือกขึ้นมาจากกลุ่มของประชากรทั้งหมด โดยในงานวิจัยนี้คือกลุ่มของคำตอบที่เป็นไปได้โดยขึ้นอยู่กับการกำหนดขนาดของประชากรไว้เป็นพารามิเตอร์ของขั้นตอนวิธีการดำเนินการ

3. การประเมินค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์หรือค่าฟิตเนส (Evaluation of fitness function)

ฟังก์ชันสำหรับประเมินค่าความเหมาะสมเพื่อให้คะแนนในแต่ละทางเลือก คือ ฟังก์ชันสำหรับประเมินค่าความเหมาะสมเพื่อให้คะแนนสำหรับคำตอบต่างๆ ที่เป็นไปได้ของปัญหาโครโมโซมทุกชุด ซึ่งในงานวิจัยนี้จะกำหนดฟิตเนสฟังก์ชันเป็น การหาค่าของรากเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (Root Mean Square Error, RMSE) ที่น้อยที่สุด เพราะฉะนั้น โครโมโซมที่เหมาะสมที่สุดในที่นี้คือ กลุ่มของค่าน้ำหนักที่ทำให้ ค่าของ RMSE นั้นมีค่าที่ต่ำที่สุดนั่นเอง

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

วิวัฒนาการทางพันธุกรรมซึ่งใช้ในการปรับเปลี่ยนองค์ประกอบของข้อมูลตลอดกระบวนการ เพื่อให้เกิดการวิวัฒนาการไปสู่คำตอบที่ดีขึ้นได้แก่

- **การคัดเลือก (Selection)** เป็นการเลือกโครโมโซมหนึ่งจากประชากร เพื่อที่จะเป็นโครโมโซมพ่อแม่ (parent) สำหรับการผสมแบบข้าม โดยทั่วไปวิธีการเลือกโครโมโซมสามารถทำได้หลายวิธี ซึ่งอาศัยแนวคิดของทฤษฎีความน่าจะเป็นและสถิติเป็นหลัก แต่สำหรับงานวิจัยนี้ใช้การคัดเลือกโครโมโซมแบบ วิธี ทัวร์นาเมนต์ (Tournament) มีขั้นตอนดังนี้
 - เลือกโครโมโซม 2 ตัวใดๆ โดยการสุ่ม
 - พิจารณาเลือกโครโมโซมที่มีค่าฟิตเนสมากกว่า
 - ขั้นตอนจะถูกกระทำซ้ำในการเลือกโครโมโซมตัวถัดไป
- **การข้ามฟาก (Crossover)** วิธีการนี้สร้างความแตกต่างของโครโมโซมรุ่นใหม่จากพ่อแม่มาทำการสลับกัน ซึ่งจะทำให้ได้โครโมโซมรุ่นลูก 2 โครโมโซมใหม่ โดยการควบคุมการเกิดการข้ามฟาก จะนำค่าความน่าจะเป็นของการข้ามฟากมาใช้ (Crossover probability : P_c)
- **การผ่าเหล่า (Mutation)** วิธีการผสมทางพันธุกรรมแบบผ่าเหล่าจะถูกกระทำโดยการแลกเปลี่ยนยีนภายในโครโมโซมแต่ละตัว ซึ่งยีนแต่ละตัวภายในโครโมโซมมีโอกาสที่จะถูกเลือกในการสลับเปลี่ยนตำแหน่ง โดยทั่วไปถูกกำหนดโดยค่าความน่าจะเป็นของการผ่าเหล่า (Mutation probability : P_m) คล้ายกับในกรณีของการข้ามฟาก

5. การกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในวิธีการหาคำตอบของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม

ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ซึ่งต้องใช้สำหรับขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม คือปัจจัยที่ส่งผลต่อการคำนวณหาคำตอบเช่น ขนาดของประชากร ความน่าจะเป็นของการข้ามฟากหรือการผ่าเหล่า โดยสามารถนำโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์มาช่วยในการคำนวณหาคำตอบโดยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม

3. ผลการดำเนินการวิจัย

จากการวิจัยพบว่าการหาค่าแนวโน้มของ DO, BOD และ FCB โดยใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเพื่อศึกษาแนวโน้มของค่าทั้ง 3 นี้ว่ามีค่าเป็นเท่าไร และใช้เทคนิคของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลอง WQI เพื่อดูว่าเกณฑ์คุณภาพเป็นอย่างไรนั้น ในงานวิจัยนี้มีแหล่งน้ำที่ได้

ทำการศึกษาวิจัยอยู่ 5 แหล่ง โดยใช้ค่าของข้อมูลจริงในช่วงปี พ.ศ.2545 - 2550 ซึ่งได้มาจากสำนักจัดการคุณภาพน้ำกรมควบคุมมลพิษ เพื่อทำการหาแนวโน้มและหาค่าของ WQI ในช่วงปีดังกล่าว ได้ผลดังนี้

3.1.ผลการศึกษาและวิเคราะห์แนวโน้มคุณภาพของแหล่งน้ำ โดยอาศัยหลักการวิเคราะห์การถดถอย

1. ผลการศึกษาตัวแบบการวิเคราะห์ถดถอยสำหรับ DO

ซึ่งสามารถหาตัวแบบของการวิเคราะห์ถดถอยได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3. ตัวแบบของการวิเคราะห์ถดถอยสำหรับ DO ของแม่น้ำทั้งห้า

แม่น้ำ	ตัวแบบ	สมการแนวโน้มสำหรับค่า DO
เจ้าพระยา	เชิงเส้น	$Y_{DO} = 0.148x + 4.235$
	ไม่เชิงเส้น	$Y_{DO} = 0.07x^4 - 0.971x^3 + 4.371x^2 - 6.977x + 7.458$
ท่าจีน	เชิงเส้น	$Y_{DO} = -0.043x + 2.520$
	ไม่เชิงเส้น	$Y_{DO} = 0.05x^4 - 0.792x^3 + 4.331x^2 - 9.549x + 9.070$
บางปะกง	เชิงเส้น	$Y_{DO} = 0.005x + 4.049$
	ไม่เชิงเส้น	$Y_{DO} = -0.053x^4 + 0.689x^3 + 2.987x^2 + 5.061x + 1.282$
ชี	เชิงเส้น	$Y_{DO} = 0.016x + 5.821$
	ไม่เชิงเส้น	$Y_{DO} = -0.072x^4 + 1.089x^3 - 5.742x^2 + 12.19x - 2.345$
มูล	เชิงเส้น	$Y_{DO} = 0.056x + 5.723$
	ไม่เชิงเส้น	$Y_{DO} = 0.08x^3 - 0.858x^2 + 2.732x + 3.533$

โดย x เป็นลำดับของปี พ.ศ. โดย 1 แทนปี พ.ศ.2545, 2 แทนปี พ.ศ.2546, 3 แทน ...

โดยในแต่ละตัวแบบหาค่าความคลาดเคลื่อนด้วย RMSE ได้ค่าตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4. ค่าความคลาดเคลื่อน RMSE ของตัวแบบเชิงเส้นและตัวแบบไม่เชิงเส้น

แหล่งน้ำ	RMSE ของตัวแบบเชิงเส้น	RMSE ของตัวแบบไม่เชิงเส้น
แม่น้ำเจ้าพระยา	0.4600	0.4018
แม่น้ำท่าจีน	0.4551	0.5045
แม่น้ำบางปะกง	0.4070	0.3860
แม่น้ำชี	0.4968	0.2461
แม่น้ำมูล	0.2729	0.0576

จะเห็นได้ว่าสำหรับแม่น้ำท่าจีนนั้น เป็นเพียงแม่น้ำเดียวที่ค่าของ RMSE ของตัวแบบถดถอยเชิงเส้นนั้นมีค่าน้อยกว่าตัวแบบถดถอยไม่เชิงเส้น ดังนั้นถ้าเราจะหาแนวโน้มของแม่น้ำท่าจีน ควรใช้แบบเชิงเส้นจะให้ผลที่แม่นยำกว่าแบบไม่เชิงเส้น แต่สำหรับแม่น้ำอื่นๆ ค่าของ RMSE ของตัวแบบไม่เชิงเส้นนั้นมีค่าน้อยกว่าตัวแบบเชิงเส้น ดังนั้นควรใช้ตัวแบบไม่เชิงเส้นจะให้ผลที่แม่นยำกว่า สำหรับการหาแนวโน้มของ DO

2. ผลการศึกษาตัวแบบการวิเคราะห์ถดถอยสำหรับ BOD

ซึ่งสามารถหาตัวแบบการวิเคราะห์ถดถอยได้ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5. ตัวแบบของการวิเคราะห์ถดถอยสำหรับ BOD ของแม่น้ำทั้งห้า

แม่น้ำ	ตัวแบบ	สมการแนวโน้มสำหรับค่า BOD
เจ้าพระยา	เชิงเส้น	$Y_{BOD} = 0.075x + 1.499$
	ไม่เชิงเส้น	$Y_{BOD} = 0.048x^4 - 0.733x^3 + 3.818x^2 - 7.705x + 6.4$
ท่าจีน	เชิงเส้น	$Y_{BOD} = -0.054x + 2.408$
	ไม่เชิงเส้น	$Y_{BOD} = 0.075x^3 - 0.821x^2 + 2.53x + 0.256$
บางปะกง	เชิงเส้น	$Y_{BOD} = 0.048x + 1.264$
	ไม่เชิงเส้น	$Y_{BOD} = 0.05x^4 - 0.694x^3 + 3.182x^2 - 5.44x + 4.09$
ชี	เชิงเส้น	$Y_{BOD} = 0.108x + 1.274$
	ไม่เชิงเส้น	$Y_{BOD} = -0.072x^4 + 1.089x^3 - 5.742x^2 + 12.19x - 2.345$
มูล	เชิงเส้น	$Y_{BOD} = 0.179x + 1.204$
	ไม่เชิงเส้น	$Y_{BOD} = 0.056x^4 - 0.84x^3 + 4.227x^2 - 7.916x + 5.854$

โดย x เป็นค่าดัชนีของปี พ.ศ. โดย 1 แทนปี พ.ศ.2545, 2 แทนปี พ.ศ.2546, 3 แทน ...

เมื่อเทียบค่าความคลาดเคลื่อนด้วย RMSE แล้วได้ค่าตามตารางที่ 6

ตารางที่ 6. ค่าความคลาดเคลื่อนของ RMSE ของตัวแบบเชิงเส้นและตัวแบบไม่เชิงเส้น

แหล่งน้ำ	RMSE ของตัวแบบเชิงเส้น	RMSE ของตัวแบบไม่เชิงเส้น
แม่น้ำเจ้าพระยา	0.2806	0.2025
แม่น้ำท่าจีน	0.2820	0.1349
แม่น้ำบางปะกง	0.2318	0.2809
แม่น้ำชี	0.2192	0.1859
แม่น้ำมูล	0.3973	0.2596

พบว่าแม่น้ำบางปะกงนั้น เป็นเพียงแม่น้ำเดียวที่ ค่าของ RMSE ของตัวแบบเชิงเส้นนั้นมีค่าน้อยกว่าแบบไม่เชิงเส้น ดังนั้นถ้าเราหาแนวโน้มของแม่น้ำบางปะกงนั้นควรใช้ตัวแบบเชิงเส้นจะให้ผลที่แม่นยำกว่าแบบไม่เชิงเส้น แต่สำหรับแม่น้ำอื่นๆ นั้นค่าของ RMSE ของตัวแบบไม่เชิงเส้นนั้นมีค่าน้อยกว่าตัวแบบเชิงเส้น ดังนั้นควรใช้ตัวแบบไม่เชิงเส้นจะให้ผลที่แม่นยำกว่าสำหรับการหาแนวโน้มของ BOD

3. ผลการศึกษาตัวแบบการวิเคราะห์หาค่า FCB

ซึ่งสามารถหาสมการการถดถอยได้ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7. ตัวแบบการวิเคราะห์หาค่า FCB ของแม่น้ำทั้งห้า

แม่น้ำ	ตัวแบบ	สมการแนวโน้มสำหรับค่า FCB
เจ้าพระยา	เชิงเส้น	$Y_{FCB} = -1.954x + 20.335$
	ไม่เชิงเส้น	$Y_{FCB} = -0.02075x^4 + 0.3864x^3 - 2.668x^2 + 5.595x + 13.843$
ท่าจีน	เชิงเส้น	$Y_{FCB} = -5.015x + 39.16$
	ไม่เชิงเส้น	$Y_{FCB} = 49.97e^{-0.8x}$
บางปะกง	เชิงเส้น	$Y_{FCB} = -1.14x + 7.594$
	ไม่เชิงเส้น	$Y_{FCB} = 0.06775x^4 - 1.28x^3 + 8.719x^2 - 25.087x + 27.545$
ชี	เชิงเส้น	$Y_{FCB} = -0.01504x + 0.4545$
	ไม่เชิงเส้น	$Y_{FCB} = 0.06084x^4 - 0.8572x^3 + 4.037x^2 - 7.182x + 4.24$
มูล	เชิงเส้น	$Y_{FCB} = 1.329x + 5.651$
	ไม่เชิงเส้น	$Y_{FCB} = 0.00323x^4 - 0.8965x^3 + 9.243x^2 - 26.682x + 28.169$

โดย x เป็นลำดับชั้นของปี พ.ศ. โดย 1 แทนปี พ.ศ.2545, 2 แทนปี พ.ศ.2546, 3 แทน ...

พบว่าตัวแบบถดถอยไม่เชิงเส้นของแม่น้ำท่าจีนเป็นแบบชี้กำลัง เพราะว่าข้อมูลจริงมีการเรียงตัวแบบดังกล่าวมากกว่าแบบพหุนาม

สำหรับค่าความคลาดเคลื่อน RMSE พบว่าได้ค่าตามตารางที่ 8

ตารางที่ 8. ค่าความคลาดเคลื่อนของ RMSE ของตัวแบบเชิงเส้นและตัวแบบไม่เชิงเส้น

แหล่งน้ำ	RMSE ของตัวแบบเชิงเส้น	RMSE ของตัวแบบไม่เชิงเส้น
แม่น้ำเจ้าพระยา	2.404	2.2807
แม่น้ำท่าจีน	10.6409	6.9097
แม่น้ำบางปะกง	2.1182	0.0958
แม่น้ำชี	0.3094	0.0802
แม่น้ำมูล	4.0612	2.9354

พบว่าทั้งห้าแม่น้ำค่าของ RMSE ของตัวแบบถดถอยไม่เชิงเส้นนั้นให้ค่าน้อยกว่าตัวแบบถดถอยเชิงเส้น ดังนั้นควรใช้ตัวแบบไม่เชิงเส้นจะให้ผลที่แม่นยำกว่าสำหรับการหาแนวโน้มของ FCB

3.2.การหาค่า WQI ใหม่โดยประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม

ในการคำนวณค่าของ WQI_3 เกิดจากการคำนวณของ (5) ซึ่งนอกจากการใช้ข้อมูลจริงของพารามิเตอร์ทั้ง 3 พารามิเตอร์แล้วยังต้องหาค่าน้ำหนักที่เหมาะสมเพื่อให้ค่าของ WQI_3 ซึ่งผู้วิจัยได้นำขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมเพื่อหาค่าน้ำหนักที่เหมาะสมที่ทำให้ WQI_3 มีค่าถูกต้องหรือใกล้เคียงกับ WQI ที่คำนวณได้จากกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ซึ่งนำมาวิเคราะห์แม่น้ำต่างๆ ได้ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9. ค่าน้ำหนักที่ได้จากขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมและค่าความคลาดเคลื่อน RMSE ของแม่น้ำทั้งห้า

แม่น้ำ	ค่าน้ำหนักที่หาด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม			RMSE
	w_1	w_2	w_3	
แม่น้ำเจ้าพระยา	4.6760	17.0320	0.7870	6.6820
แม่น้ำท่าจีน	15.2540	11.4000	-0.1690	1.6447
แม่น้ำบางปะกง	10.8840	10.88	0.932	3.1040
แม่น้ำชี	11.616	5.5280	1.8990	2.0771
แม่น้ำมูล	15.9040	-9.0620	-0.3410	7.7641

จากตารางแสดงให้เห็นว่าค่าความคลาดเคลื่อนของแต่ละแม่น้ำมีค่าน้อย นั้นแสดงว่าค่าของ WQI_3 ที่ได้จาก (5) นั้นมีความแม่นยำใกล้เคียงกับ WQI ที่ได้จาก (4) จากนั้นจะทำการเปรียบเทียบ ค่าของ WQI ในแต่ละแม่น้ำซึ่งจะเปรียบเทียบกันเป็นรายปี เพื่อแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของคุณภาพน้ำในแต่ละปีของแม่น้ำทั้งห้าที่ได้นำมาคำนวณ โดยแสดงได้ดังตารางที่ 10-14

ตารางที่ 10. ค่า DO, BOD และ FCB กับ WQI ของแม่น้ำเจ้าพระยา

พ.ศ.	DO	BOD	FCB	WQI จาก (4)	WQI ₃ จาก (5)
2545	3.9585	1.8457	16.7832	65.6888	63.1541
2546	4.3185	1.0789	18.8790	59.5829	53.4264
2547	5.4274	1.9312	11.8482	66.6085	67.5950
2548	5.3605	1.9244	16.4716	57.2406	70.8056
2549	4.6615	1.9497	8.6905	67.0578	61.8443
2550	4.8046	1.8536	8.2895	63.9369	60.5600

ตารางที่ 11. ค่า DO, BOD และ FCB กับ WQI ของแม่น้ำท่าจีน

พ.ศ.	DO	BOD	FCB	WQI จาก (4)	WQI ₃ จาก (5)
2545	3.0765	1.9843	51.3177	61.2819	61.0008
2546	1.9418	2.8140	16.2483	58.6593	59.0325
2547	1.7837	2.3458	11.7765	51.7621	52.0321
2548	2.8122	2.0243	21.4085	61.3526	62.4686
2549	2.1480	1.9667	12.2816	56.5999	53.1960
2550	2.4409	2.1785	16.6666	57.5865	59.3491

ตารางที่ 12. ค่า DO, BOD และ FCB กับ WQI ของแม่น้ำบางปะกง

พ.ศ.	DO	BOD	FCB	WQI จาก (4)	WQI ₃ จาก (5)
2545	4.0341	1.1902	9.9510	65.6888	66.1313
2546	3.9022	1.1803	3.1654	59.5829	58.2634
2547	4.2805	1.7752	1.5448	66.6085	67.3431
2548	3.7278	1.7170	2.2820	57.2406	61.3814
2549	4.8433	1.2390	2.3817	67.0578	68.4145
2550	3.6166	1.5084	2.2895	63.9369	57.9081

ตารางที่ 13. ค่า DO, BOD และ FCB กับ WQI ของแม่น้ำชี

พ.ศ.	DO	BOD	FCB	WQI จาก (4)	WQI ₃ จาก (5)
2545	5.0907	1.6460	0.2863	-	68.7761
2546	6.7725	1.2154	0.2025	83.7477	85.7726
2547	5.7979	1.4667	0.6912	79.9393	76.7688
2548	6.0381	1.9123	0.9481	80.6325	82.5108
2549	5.8697	1.5816	0.0801	78.9225	77.0775
2550	5.6962	2.0932	0.2031	77.4253	78.1241

ตารางที่ 14. ค่า DO BOD และ FCB กับ WQI ของแม่น้ำมูล

พ.ศ.	DO	BOD	FCB	WQI จาก (4)	WQI ₃ จาก (5)
2545	5.4594	1.3472	10.2899	83.1420	71.1096
2546	6.2573	1.2777	2.3932	83.9341	87.1223
2547	6.0346	1.6731	11.8984	81.1541	76.7562
2548	5.8673	2.7847	8.2549	69.8789	65.2644
2549	5.6761	1.9087	18.0612	62.7925	66.8179
2550	6.2399	2.0014	10.9218	65.1336	77.3776

4. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาโดยนำข้อดีของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมไปประยุกต์ใช้เพื่อการหาแนวโน้มข้อมูลคุณภาพน้ำ โดยเน้นศึกษาจากดัชนีตัวชี้วัดคุณภาพน้ำที่สำคัญ ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ปริมาณความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (BOD) และแบคทีเรียกลุ่มฟีคัล โคลิฟอร์ม (FCB) เพียง 3 พารามิเตอร์ สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

1. การวิเคราะห์การถดถอย เป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้ตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระหนึ่งตัวหรือหลายตัวกับตัวแปรตามหนึ่งตัว โดยใช้วิธีการหาค่าเส้นสมการแนวโน้มที่เหมาะสม ในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2545 – 2550 ของแม่น้ำที่สำคัญทั้งห้า โดยนำค่าดัชนีตัวชี้วัดคุณภาพน้ำที่สำคัญ ได้แก่ DO, BOD และ FCB พบว่า จากข้อมูลส่วนใหญ่เน้นการหาแนวโน้มโดยใช้การวิเคราะห์การถดถอยแบบไม่เชิงเส้น นั้นมีความแม่นยำมากกว่าแบบเชิงเส้น แต่สำหรับการหาแนวโน้มของ DO สำหรับแม่น้ำท่าจีนและการ

หาแนวโน้มของ BOD สำหรับแม่น้ำบางปะกงนั้นแบบเชิงเส้นจะให้ค่าที่แม่นยำกว่า และสามารถประยุกต์ใช้หลักการเดียวกันนี้ในการหาค่าดัชนีตัวชี้วัดคุณภาพน้ำในปีต่อ ๆ ไปได้ด้วยโดยใช้ค่าคำนวณเพียง 3 พารามิเตอร์เท่านั้น

2. *ดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป* เป็นดัชนีที่บ่งบอกสภาพของแม่น้ำโดยทั่วไปว่าระดับคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ดีมาก ดีพอใช้หรือต่ำ ทำให้ทราบว่าแม่น้ำดังกล่าวจะต้องมีการดำเนินการควบคุมดูแลอย่างไรบ้าง ซึ่งสามารถนำมาใช้เทียบระดับคุณภาพน้ำระหว่างแม่น้ำได้ว่าอยู่ในแหล่งน้ำประเภทใด และจากการทดลองใช้ Water Quality Index ของแบบจำลองใหม่กับข้อมูลจริงของคุณภาพน้ำในแม่น้ำต่างๆ ในประเทศไทย พบว่าการวิเคราะห์ผลอยู่ในเกณฑ์ที่ใช้ได้ดีในทางปฏิบัติ เมื่อใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมในการหาค่าน้ำหนักของแต่ละพจน์คือ w_1 , w_2 และ w_3 เพื่อนำค่าที่ได้มาใช้ในการคำนวณหาค่าดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำ โดยสามารถนำมาเทียบกับเกณฑ์ดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไปของแหล่งน้ำแต่ละประเภทซึ่งจะมีช่วงเกณฑ์ค่าคะแนนมาตรฐาน โดยจากผลการศึกษาพบว่า แม่น้ำมูลและแม่น้ำชีส่วนใหญ่อยู่ในช่วงค่าเกณฑ์มาตรฐานของแหล่งน้ำประเภทที่ 2 ซึ่งเกณฑ์คุณภาพน้ำอยู่ในระดับดี ส่วนแม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำท่าจีน และแม่น้ำบางปะกง พบว่าส่วนใหญ่อยู่ในช่วงค่าเกณฑ์มาตรฐานของแหล่งน้ำประเภทที่ 3 ซึ่งเกณฑ์คุณภาพน้ำอยู่ในระดับพอใช้ นั่นคือจะต้องมีการปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ดีขึ้นต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ ในการอนุเคราะห์ข้อมูลเพื่อใช้ในการทำการศึกษาวิจัย ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังในด้านการสนับสนุนเงินทุนสำหรับงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- [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 Water Next 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 Software for Generating Water Quality Indices. *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] Ranković, V., *et al.*, 2010. Neural Network Modeling of Dissolved Oxygen in the Gruža Reservoir, Serbia , *Ecological Modelling*, 221(8),1239-1244.