

บทที่ 6

บทสรุป

6.1 สรุปผลการศึกษา

ผลการศึกษาที่ได้มาจากการทดลอง และตรวจวัดค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่ง (ค่า n) ในสนาม ได้ถูกนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับปัจจัยต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของรูปตัดคลอง ในระหว่างระยะเวลาการส่งน้ำ พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลโดยตรงกับค่า n มากที่สุด ได้แก่ การเจริญเติบโตของวัชพืชน้ำ ซึ่งประเมินจากเกณฑ์วัดความยาว และความหนาแน่นเฉลี่ยต่อพื้นที่ท้องคลอง นอกจากนี้ยังมีความสัมพันธ์ทางอ้อมกับฤดูกาล ระยะเวลาการส่งน้ำ และผลคูณ vR ซึ่งยังคงต้องใช้อิทธิพลของวัชพืช มาเป็นตัวกำหนดกลุ่มข้อมูล

แม้ว่าปริมาณตะกอนในท้องคลอง จะมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของวัชพืชน้ำประเภทจมน้ำที่ใช้เป็นกรณีศึกษา ซึ่งต้องอาศัยตะกอนและรอยต่อระหว่างแพลงตอนกรีด เป็นที่ยึดเกาะของราก แต่สำหรับผลของความลึกตะกอน ไม่สามารถนำมาสร้างรูปแบบความสัมพันธ์กับค่า n ได้โดยตรง ส่วนผลการวิเคราะห์จำแนกประเภทดินตะกอนสามารถทำได้เพียงเป็นสิ่งยืนยันว่า อาจมีที่มาจากท้องคลองที่มีวัชพืชน้ำ เท่านั้น ไม่สามารถสร้างความสัมพันธ์ย้อนกลับได้ นอกจากนี้ จากผลการศึกษาเปรียบเทียบ พบว่า ปริมาณสัดส่วนของตะกอนแขวนลอยในน้ำคลองชลประทาน ที่ตรวจวัดได้มีผลกระทบต่อค่า n ที่น้อยมาก เมื่อเทียบกับปัจจัยอื่น จนไม่สามารถประเมินได้ชัดเจนในการศึกษาครั้งนี้

สำหรับความแตกต่างของค่า n ระหว่างผลการตรวจวัดในฤดูแล้ง กับผลการตรวจวัดในฤดูฝน พบว่า มีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยโดยส่วนใหญ่ ค่าจากฤดูแล้งเพิ่มขึ้นชัดเจนกว่าในช่วงปลายของฤดูส่งน้ำ แต่เมื่อพิจารณาระยะเวลาของการส่งน้ำนับจากวันแรกที่ปล่อยน้ำเข้าคลอง พบว่า มีความสัมพันธ์กับค่า n อย่างเห็นได้ชัดเจน นำมาจัดกลุ่มช่วงตรวจวัดโดยแบ่งตามความรุนแรงของปัญหาวัชพืช จะได้เป็นความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า n กับระยะเวลา t จำนวน 3 ระดับ คือ

สำหรับช่วงคลองที่มีวัชพืชน้อย จะหา n ได้จาก สมการที่ (5.3) คือ

$$n = (-3 \times 10^{-10}) t^3 + (4 \times 10^{-7}) t^2 + (10^{-5}) t + 0.0183$$

ในกรณีช่วงคลองที่มีวัชพืชปานกลาง จะหาค่า n ได้จาก สมการที่ (5.4) คือ

$$n = (-1 \times 10^{-8}) t^3 + (1 \times 10^{-6}) t^2 + (8 \times 10^{-5}) t + 0.0205$$

และสำหรับช่วงคลองที่มีวัชพืชมาก จะได้ค่า n ตามสมการที่ (5.5) คือ

$$n = (-2 \times 10^{-8}) t^3 + (4 \times 10^{-6}) t^2 - 0.0001t + 0.0205$$

โดยสมการทั้ง 3 มีเงื่อนไขสำคัญ คือ ค่า t เป็นระยะเวลาส่งน้ำไม่เกิน 140 วัน

อิทธิพลของผลคูณระหว่างค่าความเร็วการไหลกับค่ารัศมีชลศาสตร์ หรือที่เรียกว่า ผลคูณ vR มีความสัมพันธ์ในลักษณะผกผันกันกับค่า n ผลจากการดำเนินการจัดกลุ่มข้อมูลเป็นชุด ตามระดับขนาดความยาวและความหนาแน่นของวัชพืช พบว่า ข้อมูลแต่ละกลุ่มจะให้ความสัมพันธ์ระหว่างค่า n กับผลคูณ vR เป็นแบบ ลอการิทึม ได้ 5 ระดับ คือ

สำหรับกลุ่มนี้ มีวัชพืชน้อยมากหรือไม่มีเลย ใช้สมการที่ (5.7) คือ

$$n = -0.0021 \ln(vR) + 0.0168$$

สำหรับกลุ่มที่มีวัชพืชค่อนข้างน้อย ใช้สมการที่ (5.8) คือ

$$n = -0.0047 \ln(vR) + 0.0150$$

สำหรับกลุ่มที่มีวัชพืชในระดับปานกลาง ใช้สมการที่ (5.9) คือ

$$n = -0.0049 \ln(vR) + 0.0173$$

สำหรับกลุ่มที่มีวัชพืชค่อนข้างมาก ใช้สมการที่ (5.10) คือ

$$n = -0.0042 \ln(vR) + 0.0200$$

และ สำหรับกลุ่มที่มีวัชพืชมาก ใช้สมการที่ (5.11) คือ

$$n = -0.0047 \ln(vR) + 0.0214$$

สมการเหล่านี้จะใช้ได้สำหรับค่าผลคูณ vR อยู่ในช่วง 0.05 ถึง 0.50 $\text{ม}^2/\text{วินาที}$

ในระหว่างการตรวจวัดปริมาณวัชพืชน้ำ ผู้ศึกษาได้คิดรูปแบบเกณฑ์กำหนดในการประเมินปริมาณวัชพืชน้ำเสียใหม่ ให้สอดคล้องกับสภาพที่ดำเนินการวัดตามปัจจัยความยาวและความหนาแน่นโดยแบ่งระดับความยาวพืชออกเป็น 5 ระดับ ตั้งแต่ $N_L=0$ คือไม่มีวัชพืช จนถึง $N_L=4$ มีความยาวเกิน 1 เมตร ส่วนความหนาแน่น จะถูกแบ่งออกเป็น 4 ระดับ ตั้งแต่ระดับ $N_D=0$ ไม่พบวัชพืช จนถึง $N_L=3$ มีระดับความหนาแน่นมากกว่า 50% ของพื้นที่ท้องคลอง จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น พบว่า ตัวเลขตัวเลขจำนวนเต็มบอกระดับเกณฑ์ทั้งสอง มีอิทธิพลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า n ผู้ศึกษาจึงได้ทดลองเอาตัวเลขทั้ง 2 มาคูณกันตั้งชื่อว่า ผลคูณ $N_L N_D$ มาหาความสัมพันธ์กับข้อมูลค่า n ที่ได้ทั้งหมด ประมาณร้อยละ 90 ตัดเอาปัจจัยผลคูณ vR ออกไป เพื่อให้ได้ สมการหาค่า n ที่รัดกุมขึ้น เพียงสมการเดียว คือ สมการที่ (5.12)

$$n = (-6 \times 10^{-5}) (N_L N_D)^2 + 0.0017 (N_L N_D) + 0.0202$$

สมการนี้จะได้เฉพาะคลองที่มีลักษณะเดียวกันกับคลองตัวอย่างเท่านั้น คือ เป็นคลองชลประทานขนาดเล็ก อัตราการไหลไม่เกิน 5 ลบ.ม./วินาที และมีปัญหาวัชพืชน้ำประเภทย่อยน้ำมีรากยึดกับรอยต่อคอนกรีตหรือตะกอนท้องคลอง

ส่วนคลองตาดคอนกรีตขนาดเล็ก ซึ่งมีอัตราการไหลไม่เกิน 5 ลบ.ม./วินาที แต่ไม่มีปัญหาวัชพืช ควรใช้ค่า n คงที่ = 0.019 ซึ่งหามาได้จากการพิจารณาวิเคราะห์ผลของการตรวจวัดค่าจากคลองที่ใช้เป็นหน่วยควบคุม

นอกจากการตรวจวัดข้อมูลในสนามแล้ว การที่ผู้ศึกษาดำเนินการทดลอง แบบจำลองการไหลผ่านทางน้ำเปิดที่มีวัชพืชน้ำเพิ่มเติมก็ทำให้ได้ผลการทดลองเป็นไปในแนวทางเดียวกันคือ ทั้งปัจจัยความหนาแน่น และความยาวของวัชพืชต่างมีผลต่อค่า n เช่นเดียวกัน โดยที่ปัจจัยด้านความหนาแน่น จะมีอิทธิพลมากกว่าปัจจัยด้านความยาววัชพืชเล็กน้อย

6.2 ข้อเสนอแนะ

จากผลการดำเนินการทั้งหมดผู้ศึกษาได้สังเคราะห์สูตรสำหรับหาค่า n ทั้งหมดจำนวน 3 ชุด คือ ชุด $n = f(t)$ แยกตามปริมาณวัชพืชได้ 3 สมการ ชุด $n = f(vR)$ แบ่งตามปริมาณวัชพืชได้ 5 สมการ และชุดสุดท้ายมีเพียงสมการเดียวคือ $n = f(N_L N_D)$ ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยวัชพืชเพียงอย่างเดียวเท่านั้น สูตรแต่ละชุดมีจุดเด่นต่างกัน คือ ถ้าคลองชลประทานที่พิจารณามีการเก็บข้อมูลวัชพืชเดิมไว้แล้วอย่างน้อย 1 ฤดูส่งน้ำ นำมาจัดระดับความรุนแรงว่าอยู่ในขั้นน้อย ปานกลาง หรือมาก เพียง 3 ระดับ ก็จะสามารถใช้ชุด $n = f(t)$ ตามสมการที่ (5.3) ถึงสมการที่ (5.5) ประมาณค่า n ได้ตลอดฤดูส่งน้ำ หรือถ้ามีการกำจัดวัชพืชระหว่างการส่งน้ำ ก็ยังคงใช้ได้ โดยเริ่มนับระยะเวลา t ใหม่ แต่มีข้อจำกัดคือ ระยะเวลาจะต้องไม่เกิน 140 วัน และผลจากวัชพืชต่างชนิดกัน จะมีอิทธิพลต่อค่า n แตกต่างกัน และถ้าลักษณะการแพร่พันธุ์ของวัชพืชเปลี่ยนไป จะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้

สมการชุด $n = f(vR)$ ตามสมการที่ (5.7) ถึงสมการที่ (5.11) จะมีลักษณะคล้ายกับผลการศึกษาของ Gwinn & Ree ซึ่งศึกษาการไหลผ่านทางน้ำที่มีวัชพืชและต้นไม้ปกคลุมในระดับต่างกัน การนำชุดสมการนี้ไปใช้งาน จึงน่าจะเป็นที่ยอมรับได้ง่ายกว่าสมการชุดแรก แต่ข้อด้อยก็คือค่า R^2 ที่ได้จากการสร้างความสัมพันธ์จะค่อนข้างน้อย คือมีค่าระหว่าง 0.4 ถึง 0.6 และใช้ได้เฉพาะกรณีที่มีผลคูณ vR อยู่ในระหว่าง 0.05 ถึง 0.5 เท่านั้น

สมการสุดท้าย $n = f(N_L N_D)$ เป็นสมการที่ผู้ศึกษาสังเคราะห์ขึ้นมาใหม่ ให้อยู่ในรูปที่เรียบง่ายเพียงสมการเดียว พิจารณาเพียงปัจจัยการเจริญเติบโตของวัชพืชเพียงอย่างเดียวมีค่า R^2 ในระดับมากกว่า 0.7 ดังนั้นข้อเสนอแนะของผู้ศึกษา คือ ควรใช้สมการที่ (5.12) สำหรับการประมาณค่า n สำหรับคลองที่ได้รับผลกระทบจากวัชพืชน้ำ ตามเกณฑ์วัดความยาว N_L 5 ระดับ และเกณฑ์วัดความหนาแน่น N_D 4 ระดับ และมีความหวังว่า สมการดังกล่าวจะถูกนำไปพิสูจน์และพัฒนาเพื่อใช้งานได้ทั่วไปในอนาคต ส่วนคลองตาดคอนกรีตขนาดเล็กที่ไม่มีปัญหาวัชพืช ขอเสนอให้ใช้ค่า n คงที่ เพิ่มขึ้นจากค่าออกแบบเดิม จาก 0.015 เป็น 0.019

ในช่วงต้นของการตรวจวัดข้อมูล ผู้ศึกษาได้ตระเวนไปเก็บข้อมูลเบื้องต้นจากโครงการชลประทานใกล้เคียงหลายโครงการ พบว่า บางโครงการมีชนิดของวัชพืชอยู่แตกต่างกันออกไป เช่น โครงการที่มีคลองขนาดเล็กจะมีวัชพืชประเภทธูปขึ้นอยู่ ส่วนโครงการที่ใช้ระบบสูบน้ำ มักจะมีปัญหาวัชพืชขึ้นอยู่ทั่วไปเนื่องจากมีการส่งน้ำเฉพาะช่วงระยะเวลาสั้นๆ ตามคำร้องขอของราษฎร คลองจึงมีช่วงระยเวลาน้ำแห้ง ยาวนานกว่าการส่งน้ำแบบเต็มฤดู อิทธิพลของวัชพืชบนเหล่านี้อาจแตกต่างไปจากวัชพืชน้ำที่ศึกษาอยู่ อย่างน้อยเมื่อพิจารณาแรงต้านของลำต้นวัชพืชบน จะสูงกว่าวัชพืชน้ำ ซึ่งเอนลู่ตามทิศทางการไหลมากกว่า

ดังนั้นในอนาคตควรมีการศึกษาผลกระทบของวัชพืชที่มีต่อค่า n ในหลาย ๆ กรณี เช่น วัชพืชริมน้ำ วัชพืชบก หรือวัชพืชลอยน้ำ ประเภทต่าง ๆ เป็นต้น ขณะเดียวกัน แม้ว่าผลการศึกษาครั้งนี้จะไม่สามารถระบุผลกระทบโดยตรงของตะกอนที่มีต่อค่า n ได้ชัดเจน แต่ก็ยังเป็นเพียงปริมาณตะกอนที่มีความหนาเฉลี่ยไม่เกิน 10 เซนติเมตรเท่านั้น ดังนั้นในอนาคตน่าจะมีการศึกษาทดลองผลกระทบ โดยชี้เฉพาะปริมาณตะกอนที่มีความหนาแตกต่างกันมากขึ้น อนุภาคตะกอนท้องน้ำ มีขนาดแตกต่างกันมากขึ้น และพิจารณาผลของแรงลากที่มีต่อตะกอนท้องน้ำ มาเกี่ยวข้องด้วย