โครงงานวิศวกรรมชลประทาน

เรื่อง

การประเมินผลสัมฤทธิ์ในการควบคุมระดับน้ำของคลอง 5L – 2L โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้อง

Effectiveness Assessment Canal Operation System in 5L-2L Irrigation Canal Songphinong Operation and Maintenance Project

โดย

นางสาวธนกร ไทยภักดี

เลขประจำตัว 50242171

พิจารณาเห็นชอบโดย

อ.ยุทธนา ตาละลักษมณ์

ประธานโครงการ

ภาวิชาวิศวกรรมชลประทาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต กำแพงแสน

ภาคต้นปีการศึกษา 2553

บทคัดย่อ

เรื่อง : การประเมินผลสัมฤทธิ์ในการควบคุมระดับน้ำของคลอง 5L – 2L โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้อง

Effectiveness Assessment Canal Operation System in 5L-2L Irrigation Canal Songphinong Operation and Maintenance Project

โดย : นางสาวธนกร ไทยภักดี

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน : .....

(อ.ยุทธนา ตาละลักษมณ์)

...../...../.....

การควบคุมให้ระดับน้ำในระบบส่งน้ำอยู่ที่ระดับเป้าหมาย นับว่ามีความสำคัญมาก เพื่อให้สามารถควบคุมปริมาณน้ำที่ส่งให้อย่างถูกต้อง ทำให้ประสิทธิภาพการชลประทานสูงขึ้น และช่วยลดการสูญเสียน้ำ การควบคุมระดับน้ำในคลองส่งน้ำ โดยเจ้าหน้าที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนสูง ดังนั้นในโครงงานวิศวกรรมนี้ได้ใช้แบบจำลองการบริหารคลองส่งน้ำ (Canal Operation Model, COM) ซึ่งเป็นแบบจำลองคณิตศาสตร์ ที่พัฒนาขึ้นโดยภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มาช่วยในการคำนวณระยะปรับบานของอาคารควบคุมน้ำ

ผลสัมฤทธิ์การควบคุมระดับน้ำของแบบจำลองได้ทำการประเมินในคลองส่งน้ำสาย 5L-2L ของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้อง จังหวัดสุพรรณบุรี โดยใช้ดัชนีความคลาดเคลื่อน 4 ค่า คือ ประกอบด้วย ดัชนีความคลาดเคลื่อนสูงสุด (Maximum Absolute Error ,MAE) ดัชนีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (Integrated Absolute Error , IAE) ดัชนีความแปรปรวน (Root Mean Square Error ,RMSE) และดัชนีความน่าเชื่อถือของการควบคุมระดับน้ำ (Reliability of Water Level Control , RWLC) แบ่งวิธีการบริหารคลองส่งน้ำ เป็น 4 วิธี ได้แก่ การบริหารแบบเดิมของโครงการ การบริหาร

ด้วย COM โดยมีการปรับบาน 3 ครั้งต่อสัปดาห์ 2 ครั้งต่อวัน และ วันละครั้ง ผลการศึกษาปรากฏว่า การบริหารงานส่งนี่ใช้ COM ช่วยในการกำหนดการปรับบาน ให้ผลสัมฤทธิ์ในการควบคุมระดับน้ำของคลอง 5L – 2L ได้ดีกว่าการบริหารงานแบบเดิม ความคลาดเคลื่อนทางระระดับน้ำเป้าหมายลดลง ทำให้ประสิทธิภาพการส่งน้ำดีขึ้น

ABSTRACT

Title : Effectiveness Assessment Canal Operation System in 5L-2L Irrigation Canal Songphinong Operation and Maintenance Project

By : Mrs. Thanakorn Thaipakdee

Project Advisor : .....

(Mr. Yutthana Talaluxmana)

Controled water level in irrigation system at target level is important. Water discharge can be controled at corrected volume. Irrigation efficiency increases and water loss decreases. Manual controled water level is high error. So, this irrigation engineering project uses (Canal Operation Model, COM), The mathematical model developed by Department of Irrigation Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaeng Sean University. This model is used for gate adjustment calculation.

Effectiveness of model water level control was assessed in 5L-2L irrigation canal of Songphinong Operation and Maintenance Project, Suphanburi. 4 indexs were calculated, There are Maximum Absolute Error (MAE) Integrated Absolute Error (IAE) Root Mean Square Error (RMSE) Reliability of Water Level Control (RWLC). Canal operation method compose of 4 treatments, exiting operation and operation with COM by 3 times a week, twice a day and once a day gate adjustment , respectively. The study shoes that canal operation with COM lets water control effectiveness be better than exiting. Water level error is decreased. Irrigation efficiency is well.

คำนิยม

โครงงานวิศวกรรมชลประทานฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความอนุเคราะห์จากหลายๆท่าน ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ยุทธนา ตาละลักษมณ์ ประธานกรรมการที่ปรึกษาโครงงานที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาในด้านการค้นคว้าหาข้อมูลและจัดทำโครงงาน

ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ นายอุรินทร์ โสตรโยม ที่ได้ให้คำปรึกษาและคำแนะนำในด้านการค้นคว้าหาข้อมูลและจัดทำโครงงาน

ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา คณาจารย์ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และเพื่อนๆที่คอยให้กำลังใจและให้การสนับสนุน จนโครงงานวิศวกรรมฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สุดท้ายนี้ ประโยชน์และคุณงานความดีทั้งหลาย อันพึ่งจะได้รับจากโครงงานครั้งนี้ ผู้จัดทำขอมอบให้แก่ บิดา มารดา คณาจารย์ทุกท่าน ที่ได้กล่าวมาและมิได้กล่าวมาในที่นี้ด้วยไว้เป็นอย่างสูง

นางสางธนกร ไทยภักดี

ผู้จัดทำ

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
ABSTRACT	ค
คำนิยม	ง
สารบัญ	จ
สารบัญภาพ	ช
สารบัญตาราง	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร	3
2.1 สภาพทั่วไปของระบบคลอง 5L – 2L	3
2.2 ระบบควบคุมการส่งน้ำ	5
2.3 พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	7
2.4 ดัชนีการควบคุมระบบส่งน้ำ	9
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	10
3.1 อุปกรณ์ตรวจวัดและบันทึกข้อมูล	10
3.2 วิธีการดำเนินการ	11

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 4 ผลการศึกษาและวิจารณ์	14
4.1 การทดสอบวิธีการบริหารคลองส่งน้ำ	14
4.2 ผลการควบคุมระดับน้ำด้านหน้า ปตร.กลางคลอง	20
บทที่5 สรุปและข้อเสนอแนะ	36
5.1 สรุปผลการทดสอบวิธีการบริหารคลองส่งน้ำ	36
5.2 ข้อเสนอแนะ	37
เอกสารอ้างอิง	38
ภาคผนวก	39

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

ภาพที่ 1 แผนผังระบบส่งน้ำคลอง 5L – 2L โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้อง 4
ภาพที่ 2 ที่ตั้งและขอบเขตพื้นที่ของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้อง 5
ภาพที่ 3 แผนผังแสดงขั้นตอนการทำงานของแบบจำลองการบริหารงานส่งน้ำของคลองส่งน้ำ 8
ภาพที่ 4 ระดับน้ำด้านหน้า ปตร. กลางคลอง 5L – 2L กม.3+650 23
ภาพที่ 5 ระดับน้ำด้านหน้า ปตร. กลางคลอง 5L – 2L กม.9+813 24
ภาพที่ 6 ระดับน้ำด้านหน้า ปตร. กลางคลอง 5L – 2L กม.14+750 25
ภาพที่ 7 ระดับน้ำด้านหน้า ปตร. กลางคลอง 5L – 2L กม.20+300 26
ภาพที่ 8 ระดับน้ำด้านหน้า ปตร. กลางคลอง 5L – 2L กม.24+401 27
ภาพที่ 9 ดัชนี MAE ของวิธีการบริหารคลองส่งน้ำในระบบคลองส่งน้ำ 5L – 2L 29
ภาพที่ 10 ดัชนี IAE ของวิธีการบริหารคลองส่งน้ำในระบบคลองส่งน้ำ 5L – 2L 31
ภาพที่ 11 ดัชนี RWLC ของวิธีการบริหารคลองส่งน้ำในระบบคลองส่งน้ำ 5L – 2L 33
ภาพที่ 12 ดัชนี RMSE ของวิธีการบริหารคลองส่งน้ำในระบบคลองส่งน้ำ 5L – 2L 35

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

ตารางที่ 1 รายละเอียดพื้นที่การบริหารงานส่งน้ำและบำรุงรักษาของคลอง 5L – 2L 3
ตารางที่ 2 ช่วงเวลาในการทดสอบวิธีการบริหารคลองส่งน้ำแบบต่าง ๆ 14
ตารางที่ 3 ระดับน้ำเป้าหมายและช่วงการควบคุมของคลอง 5L – 2L18 18
ตารางที่ 4 ค่าดัชนี MAE ของวิธีการบริหารคลองส่งน้ำในระบบคลอง 5L – 2L 28
ตารางที่ 5 ค่าดัชนี IAE ของวิธีการบริหารคลองส่งน้ำในระบบคลอง 5L – 2L 30
ตารางที่ 6 ค่าดัชนี RWLC ของวิธีการบริหารคลองส่งน้ำในระบบคลอง 5L – 2L 32
ตารางที่ 7 ค่าดัชนี RMSE ของวิธีการบริหารคลองส่งน้ำในระบบคลอง 5L – 2L 34

ใบรับรองโครงงานวิศวกรรมชลประทาน

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เรื่อง : การประเมินผลสัมฤทธิ์ในการควบคุมระดับน้ำของคลอง 5L – 2L โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้อง

Canal Operation System Performance Assessment of Canal 5L-2L Songphinong Operation and Maintenance Project

ผู้ทำโครงงาน : นางสาวธนกร ไทยภักดี

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานโครงการ ……

(อ.ยุทธนา ตาละลักษมณ์)

...../……./…….

กรรมการ ……

(อ.บุญมา ป้านประดิษฐ์)

...../……./…….

หัวหน้าภาควิชา ……

(รศ.สันติ ทองพำนัก)

...../……./…….

ญ

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของเรื่อง

โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้อง มีการบริหารงานส่งน้ำเป็นแบบตลอดเวลา และใช้การควบคุมการบริหารงานส่งน้ำด้วยมือ (Local control) โดยแบ่งการควบคุมออกเป็น 3 ช่วงคลอง คือ ช่วงคลองที่ 1 ระหว่าง กม.0+020 – กม.3+650 ช่วงคลองที่ 2 ระหว่าง กม.3+650 – 14+750 และช่วงคลองที่ 3 ระหว่าง กม.14+750 – 33+441 สามารถควบคุมระดับน้ำให้มีความคลาดเคลื่อนจากเป้าหมายสูงสุด (Maximum Absolute Error, MAE) อยู่ที่ 0.80 – 1.00 เมตร มีค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อน (Integrated Absolute Error, IAE) อยู่ที่ 0.25 – 0.35 เมตร และมี ค่าความผันแปรของระดับน้ำ (Root Mean Square Error ,RMSE) เท่ากับ 0.36 เมตร (อุรินทร์ และคณะ, 2552) ต่อมาได้มีการศึกษา และพัฒนาระบบควบคุมการส่งน้ำในคลองแบบอัตโนมัติ(Canal Automation System) (วราวุธและวิชญ์,2547) เพื่อเพิ่มสมรรถนะในการควบคุมระดับน้ำในคลอง โดยทำการทดสอบผลการควบคุมการบริหารงานส่งน้ำในคลอง 5L – 2L ซึ่งสามารถลดความคลาดเคลื่อนจากเป้าหมายสูงสุด (MAE) ลงเหลือ 0.50 – 0.70 เมตร ลดความคลาดเคลื่อนจากเป้าหมายเฉลี่ย (IAE) ลงเหลือ 0.25 – 0.35 เมตร และลดความผันแปรของระดับน้ำ(Root Mean Square Error, RMSE) ลงเหลือ 0.22 เมตร (อุรินทร์ และคณะ, 2552) แต่เนื่องจากระบบคลองอัตโนมัติเป็นระบบที่ต้องใช้อุปกรณ์และเครื่องมือทางอิเล็คโทรนิคที่ซับซ้อน และอยู่ระหว่างการพัฒนาและปรับปรุงเครื่องมือและอุปกรณ์ให้สามารถใช้งานได้สะดวก อีกทั้งการติดตั้งอุปกรณ์ยังใช้งบประมาณในการดำเนินงานจำนวนมาก ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาการควบคุมการบริหารงานส่งน้ำโดยใช้การคำนวณการปรับบานด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Canal Simulation Model) ร่วมกับการควบคุมด้วยมือ เพื่อช่วยให้โครงการสามารถควบคุมการบริหารงานส่งน้ำให้เป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนด โดยไม่ต้องติดตั้งระบบโทรมาตร ระบบ SCADA หรือ ระบบคลองอัตโนมัติ ซึ่งจะทำการทดสอบผลการควบคุมการบริหารงานส่งน้ำในคลอง 5L – 2L ระหว่างเดือนกรกฎาคม 2553 ถึง ธันวาคม 2553

ดังนั้นโครงงานเรื่องนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบหาวิธีควบคุมการบริหารงานส่งน้ำที่เหมาะสมสำหรับคลอง 5L – 2L โดยใช้ค่าดัชนี Maximum Absolute Error (MAE), Integrated

Absolute Error (IAE) (Clemmense,2005) Root Mean Square Error (RMSE), Reliability of Water Level Control (RWLC) (อุรินทร์ และคณะ, 2552) สำหรับเปรียบเทียบผลการควบคุมระดับน้ำ นอกจากนี้ยังสามารถนำข้อมูลผลการทดสอบมาวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงานและข้อบกพร่องต่างๆ เพื่อนำมาแก้ไขและพัฒนาในอนาคต และยังจะนำไปสู่การขยายผลสำหรับคลองส่งน้ำอื่น ๆ ของกรมชลประทานต่อไป

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ในด้านวิศวกรรมในการควบคุมระดับน้ำ ของการบริหารงานการส่งน้ำด้วยวิธีต่างๆของคลอง 5L-2L โดยใช้การพัฒนาแบบจำลองการบริหารคลองส่งน้ำ (Canal Operation Model, COM) สำหรับจำลองการไหลของน้ำตามเงื่อนไขการปรับบานของ ปตร. กลางคลอง (Cross Regulators) เพื่อรักษาระดับน้ำด้านหน้า ปตร. กลางคลองให้อยู่ในระดับเป้าหมายที่กำหนด (Target Water Level, TWL)

3. ขอบเขตการศึกษา

1. ทำการบันทึกผลระดับในแบบจำลองเป็นแบบ Data Logger แล้วนำมาวิเคราะห์ผลการทำงาน เพื่อทดสอบและวิเคราะห์การทำงานระบบคลองอัตโนมัติ
2. วิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์การบริหารงานส่งน้ำของคลอง 5L – 2L

4. ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบค่าดรรชนี Maximum Absolute Error (MAE,%), Integrated Absolute Error (IAE,%), Root Mean Square Error (RMSE,m.) และ Reliability of Water Level Control (RWLC,%) ของการควบคุมการส่งน้ำของคลอง 5L – 2L ด้วยวิธีต่าง ๆ

2. เปรียบเทียบค่าดรรชนี ของการควบคุมการส่งน้ำของคลอง 5L – 2L ด้วยวิธีต่าง ๆ และสามารถสรุปหาวิธีการควบคุมการส่งน้ำที่เหมาะสมในทางปฏิบัติของคลอง 5L – 2L

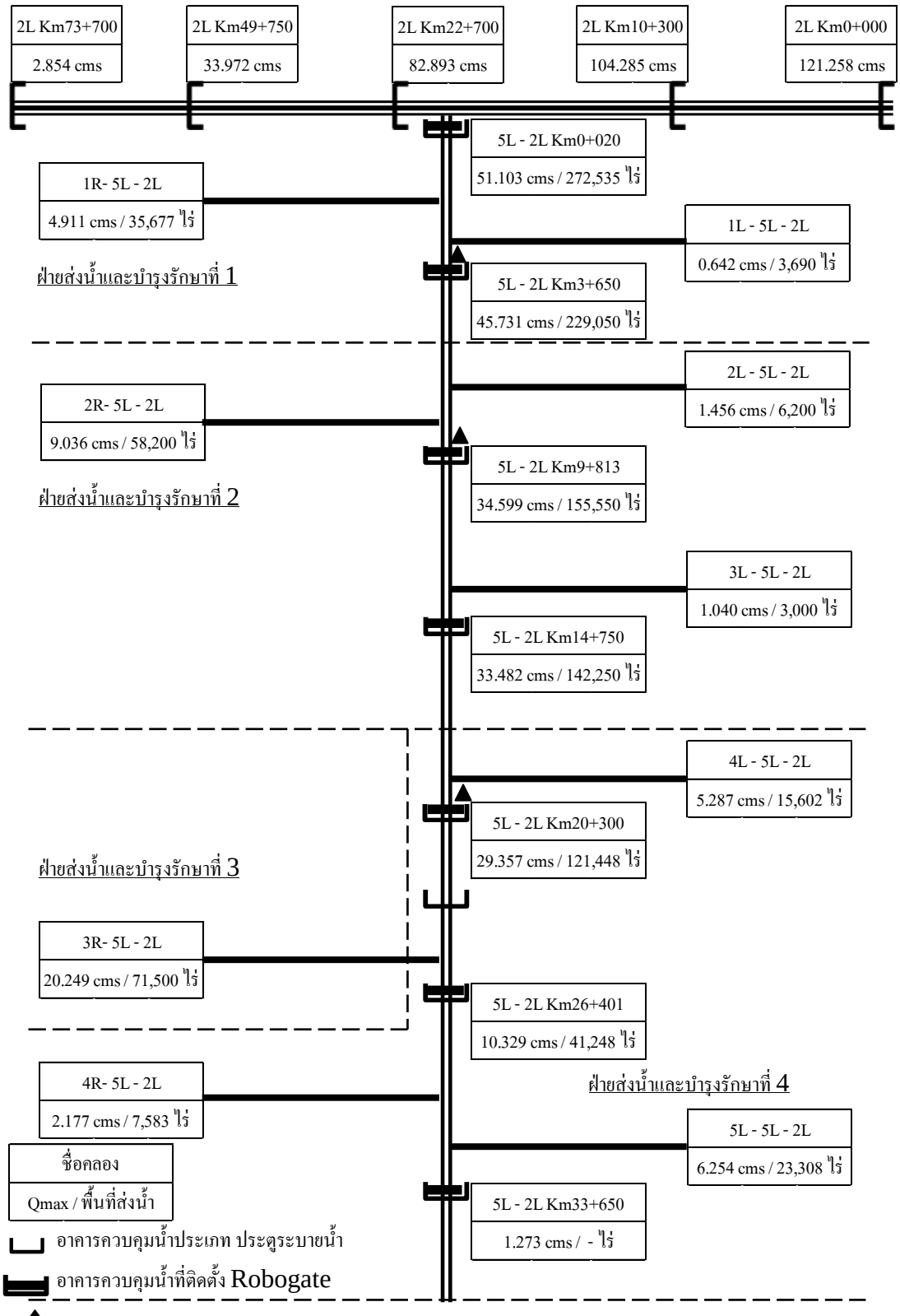
บทที่ 2
ตรวจเอกสาร

1. สภาพทั่วไปของระบบคลอง 5L – 2L

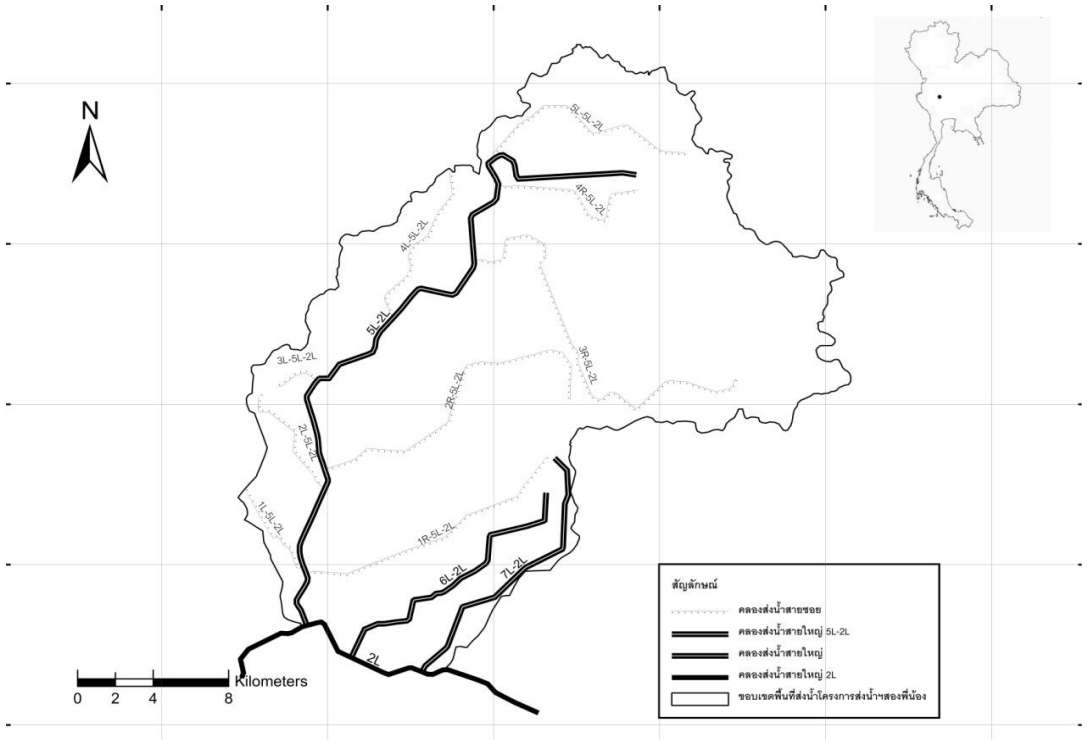
คลอง 5L – 2L มีความยาวคลองทั้งสิ้น 41.188 กิโลเมตร มีอาคารควบคุมน้ำ จำนวน 9 แห่ง ประกอบด้วย ปตร. ปากคลอง 1 แห่ง ปตร. กลางคลอง 7 แห่ง และ ปตร. ปลายคลอง 1 แห่ง เพื่อส่งน้ำให้พื้นที่เพาะปลูกจำนวน 272,535 ไร่ ผ่านคลองส่งน้ำสายซอย 9 สาย แบ่งพื้นที่การบริหารงานส่งน้ำและการบำรุงรักษาออกเป็น 4 ฝ่ายส่งน้ำ เพื่อควบคุมการบริหารงานส่งน้ำและการบำรุงรักษา ได้แก่ ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 1, 2, 3 และ 4 โดยมีหัวหน้าฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาทำหน้าที่ควบคุมการบริหารงานส่งน้ำและการบำรุงรักษา และสามารถแสดงรายละเอียดของพื้นที่ในความรับผิดชอบ ตามภาพที่ และภาพที่ 2 และตารางที่ 1

ตาราง 1 รายละเอียดพื้นที่การบริหารงานส่งน้ำและบำรุงรักษาของคลอง 5L – 2L

ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษา	พื้นที่ชลประทาน	ขอบเขตพื้นที่ส่งน้ำ
ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 1	43,485 ไร่	- อำเภอพนมทวน จังหวัดกาญจนบุรี - อำเภอสองพี่น้อง จังหวัดสุพรรณบุรี
ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 2	92,000 ไร่	- อำเภอพนมทวน จังหวัดกาญจนบุรี - อำเภอสองพี่น้อง จังหวัดสุพรรณบุรี
ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 3	71,500 ไร่	- อำเภอพนมทวน จังหวัดกาญจนบุรี - อำเภอสองพี่น้อง และอำเภออู่ทอง จังหวัด สุพรรณบุรี
ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 4	65,550 ไร่	- อำเภอพนมทวน จังหวัดกาญจนบุรี - อำเภออู่ทอง จังหวัดสุพรรณบุรี



ภาพที่ 1 แผนผังระบบส่งน้ำคลอง 5L – 2L โครงการส่งน้ำและบำรงรักษาสองพี่น้อง



ภาพ 2 ที่ตั้งและขอบเขตพื้นที่ของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้อง

2. ระบบควบคุมการส่งน้ำ

คลอง 5L – 2L มีการติดตั้งระบบควบคุม 2 ระบบ คือ ระบบควบคุมด้วยมือ (Manual Control) ซึ่งเป็นระบบควบคุมหลักที่ใช้ในการควบคุมคลอง 5L – 2L ในปัจจุบัน และ ระบบคลองอัตโนมัติ (Canal Automation System) ซึ่งอยู่ระหว่างการพัฒนา และปรับปรุง

2.1 ระบบควบคุมด้วยมือ (Manual Control)

ระบบควบคุมด้วยมือของระบบบริหารคลอง 5L – 2L ใช้แนวคิดในการควบคุมแบบ Feed Forward Control ด้วยการประเมินระยะเปิดบานของ ปตร. แต่ละแห่งในคลอง 5L – 2L จากเป้าหมายที่กำหนดประกอบด้วยระดับน้ำด้านหน้า และอัตราการไหลผ่านอาคารควบคุมน้ำแต่ละแห่ง ใช้เทคนิคการควบคุมแบบ Proportional Control กำหนดความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นระหว่างอัตราการไหลผ่านอาคารควบคุมน้ำ กับระยะเปิดบานของอาคารควบคุมน้ำ และกำหนดตำแหน่งการควบคุมระดับน้ำที่ด้านหน้า ปตร. (Upstream Control) เป็นแบบเฉพาะจุด (Localized Control)

ระบบควบคุมด้วยมือแบ่งคลอง 5L – 2L ออกเป็น 3 ช่วงคลอง ประกอบด้วย ช่วงคลองที่ 1 ระหว่างปากคลองกม.0+020 – กม.3+650 ช่วงคลองที่ 2 ระหว่างกม.3+650 – กม.14+750 และช่วงคลองที่ 3 ระหว่างกม.14+750 – ปลายคลอง 5L – 2L ใช้เจ้าหน้าที่สำหรับควบคุมระบบส่งน้ำจำนวน 18 คน เพื่อควบคุมระดับน้ำ อัตราการไหล และปรับบานของอาคารควบคุมน้ำประเภทต่าง ๆ ในคลอง 5L – 2L ซึ่งประกอบไปด้วย ปตร. ปากคลอง 1 แห่ง ปตร. กลางคลอง 6 แห่ง ปตร. ปลายคลอง 1 แห่ง และอาคารควบคุมน้ำปากคลองซอย 9 แห่ง ดังรายละเอียดในตารางที่ 16 สำหรับความถี่ของการควบคุมเบื้องต้นกำหนดให้มีการตรวจวัดระดับและปรับบานของอาคารควบคุมน้ำปากคลอง 5L – 2L และ ปตร.กลางคลอง 5L – 2L ที่ 1 ครั้ง / วัน ส่วนอาคารควบคุมน้ำปากคลองซอยกำหนดไว้ที่ 1 ครั้ง/สัปดาห์ แต่สามารถเข้าไปปรับบานได้ตามความจำเป็น หรือเมื่อมีการร้องขอจากเกษตรกรหรือเกิดน้ำท่วม

2.2 ระบบคลองอัตโนมัติ (Canal Automation System)

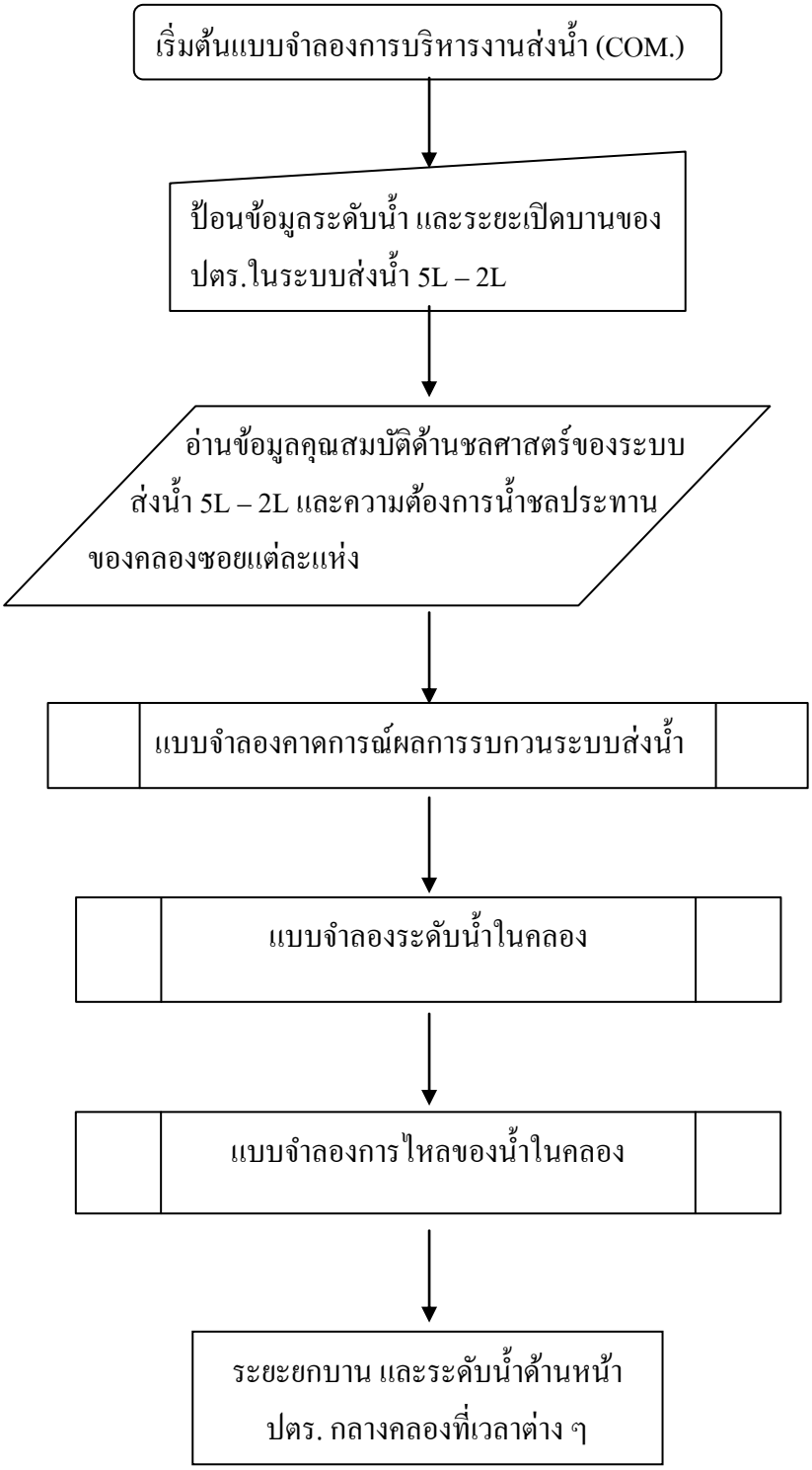
ระบบคลองอัตโนมัติ ใช้แนวคิดในการควบคุมระดับน้ำแบบ Feedback Control โดยตรวจวัดและเปรียบเทียบระดับน้ำด้านหน้า ปตร. กับระดับเป้าหมายที่กำหนดแบบตลอดเวลา และทำการปรับบานเพื่อรักษาระดับน้ำด้านหน้า ปตร. ให้อยู่ที่ระดับเป้าหมายที่กำหนด ใช้เทคนิคการควบคุมแบบ Proportional Control กำหนดความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นระหว่างระดับน้ำด้านหน้าอาคาร กับระยะเปิดบานของอาคารควบคุม และกำหนดตำแหน่งการควบคุมระดับน้ำที่ด้านหน้า ปตร. (Upstream Control) เป็นแบบเฉพาะจุด (Localized Control)

ระบบคลองอัตโนมัติถูกออกแบบให้ทำงานร่วมกันระหว่าง ระบบควบคุมแบบเฉพาะจุด และระบบควบคุมจากศูนย์กลาง โดยมีประตูยนต์ (Robogate) ทำหน้าที่ตรวจวัดระดับน้ำด้านหน้า – ท้าย ปตร. กลางคลอง และควบคุมการเปิด – ปิดบานของ ปตร. กลางคลองเพื่อรักษาระดับน้ำด้านหน้า ปตร. กลางคลองให้อยู่ที่ระดับน้ำเป้าหมายแบบอัตโนมัติ พร้อมรายงานข้อมูลเข้าสู่สถานีแม่ข่าย (Master Station) ด้วยระบบวิทยุสื่อสารย่าน VHF เพื่อประเมินอัตราการไหลที่ต้องส่งเข้าสู่ระบบเพื่อรักษาปริมาตรน้ำในคลองให้คงที่ (Constant Volume) และส่งคำสั่งไปที่อุปกรณ์ควบคุมการเปิด – ปิดบานของ ปตร. ปากคลอง 5L – 2L (SCADA) เพื่อปรับควบคุม ปตร. ปากคลอง 5L – 2L ให้ส่งน้ำตามความต้องการหรือตามปริมาณน้ำต้นทุนที่มีอยู่ (วิชญ์ และวราวุธ, 2550)

ระบบคลองอัตโนมัติของคลอง 5L – 2L มีการติดตั้ง 2 ระยะด้วยกันคือ ระยะที่ 1 ติดตั้งที่ ปตร. กลางคลอง กม.3+650, 9+813 และ 20+300 โดยเริ่มเดินระบบเมื่อวันที่ 4 มกราคม 2551 และทำการปรับปรุงระบบระหว่างวันที่ 1 พฤษภาคม 2553 ถึงวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2554 สำหรับระยะที่ 2 ติดตั้งที่ ปตร. กลางคลอง กม.14+750, 26+401 และที่ ปตร. ปลายคลองกม.33+664 โดยเริ่มเดินระบบเมื่อวันที่ 29 มีนาคม 2554

3. พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

การสร้างแบบจำลองการบริหารงานส่งน้ำของคลองส่งน้ำ (Canal Operation Model) แบบจำลองการบริหารงานส่งน้ำของคลองส่งน้ำ (Canal Operation Model, COM) เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้จำลองการไหลของน้ำตามเงื่อนไขการปรับบานของอาคารบังคับน้ำกลางคลอง (Cross regulators) เพื่อให้ได้ระดับน้ำด้านหน้าอาคารบังคับน้ำกลางคลองอยู่ในระดับเป้าหมายที่กำหนด (Target Water Level, TWL) โดยมีกระบวนการทำงานของแบบจำลอง และมีหน้ากากการป้อนข้อมูล คำสั่งสำหรับจำลองการไหล ซึ่งภายใน COM จะแบ่งออกเป็น 3 แบบจำลองย่อย (Module) ได้แก่ แบบจำลองสำหรับการคาดการณ์ผลการรบกวนระบบส่งน้ำ (Forecasting perturbation model) แบบจำลองระดับน้ำในคลอง (Water surface profile model) และแบบจำลองการไหลของน้ำในคลอง (Unsteady flow model) การทดสอบผลการบริหารงานส่งน้ำตามแบบจำลองที่สร้างขึ้น จะทำการทดสอบ 2 ลักษณะคือ ทดสอบความแม่นยำของระดับน้ำที่สร้างขึ้นด้วยแบบจำลอง COM และเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการบริหารงานส่งน้ำตามแบบจำลองที่สร้างขึ้นกับ การบริหารงานส่งน้ำของโครงการ และการบริหารงานส่งน้ำที่ใช้การควบคุมด้วยระบบคลองอัตโนมัติ แสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แผนผังแสดงขั้นตอนการทำงานของแบบจำลองการบริหารงานส่งน้ำของคลองส่งน้ำ

4. ดัชนีการควบคุมระบบส่งน้ำ (Canal System Control Indicators)

Clemmens *et al.* (1998) ได้นำเสนอดัชนีสำหรับประเมินผลสัมฤทธิ์ด้านการควบคุมระบบส่งน้ำเพื่อใช้เปรียบเทียบผลการควบคุมระบบคลองส่งน้ำของวิธีการควบคุมต่าง ๆ จำนวน 4 ดัชนี ประกอบด้วย Maximum Absolute Error (MAE,%), Integrated Absolute Error (IAE,%), Root Mean Square Error (RMSE,m.) และ Reliability of Water Level Control (RWLC,%) (อุรินทร์ และคณะ, 2552)

$$MAE = 100 \times \frac{\text{Max}(|WL - TWL|)}{TWL} \quad (1)$$

$$IAE = 100 \times \frac{\frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T}|WL - TWL|}{TWL} \quad (2)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{T}(WL - TWL)^2}{Nmeasured}} \quad (3)$$

$$RWLC = 100 \times \left(1 - \frac{NWLdroped}{NWLmeasured}\right) \quad (4)$$

โดยที่ WL คือ ระดับน้ำที่เวลา t (เมตร)

TWL คือ ระดับน้ำเป้าหมายที่กำหนด (เมตร)

t คือ จำนวนครั้งที่ตรวจวัดตลอดฤดูกาลส่งน้ำมีค่า 1, 2, …, T

NWLdroped คือ จำนวนครั้งที่ระดับน้ำต่ำกว่าเป้าหมาย (ครั้ง)

NWLmeasured คือ จำนวนครั้งที่ตรวจวัด (ครั้ง)

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการ

1. อุปกรณ์ตรวจวัดและบันทึกข้อมูล

อุปกรณ์บันทึกข้อมูลของคลอง 5L – 2L มีอยู่ 2 ชนิด คือ เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย (Master Station) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ของระบบคลองอัตโนมัติ (CAS) และเครื่องบันทึกข้อมูล (Data Logger) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในระหว่างทำการซ่อมแซมและปรับปรุงระบบคลองอัตโนมัติ

1.1 สถานีแม่ข่าย (Master Station) ใช้สำหรับเรียกและบันทึกข้อมูลระดับน้ำ และระยะเปิดบานของระบบโทรมาตรที่ติดตั้งในคลอง 5L – 2L เป็นเครื่องคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะ 1 ชุดต่อเชื่อมกับ Canal Automation Interface (วิชญ์, 2551)

1.2 เครื่องบันทึกข้อมูล (Data Logger) รุ่น **ML 21** เป็นอุปกรณ์บันทึกข้อมูลขนาดเล็ก (50 x 76 x 20 มม.) แบบ 1 ช่องสัญญาณ รับสัญญาณ Input ได้ทั้งกระแสไฟฟ้า (0 – 20 mA, 4 – 20 mA) หรือ แรงดันไฟฟ้า (0-5 V, 1– 5 V, 0–10 V, 2-10 V) ที่ความละเอียด 0.2% ของช่วงสัญญาณ และทำการบันทึกค่า Input อย่างต่อเนื่องลงในหน่วยความจำภายในเครื่อง โดยทุกค่าที่บันทึกมีเวลาและวันที่กำกับ อ่านข้อมูลที่บันทึกด้วย Computer ผ่านสายเชื่อมต่อสัญญาณ RS-232

2. วิธีการดำเนินการ

1. ศึกษารูปแบบและวิธีควบคุมการบริหารงานส่งน้ำของคลอง 5L - 2L ทั้งที่มีอยู่ในปัจจุบัน และที่ปรับปรุงขึ้น

1.1 วิธีควบคุมการบริหารงานส่งน้ำของคลอง 5L – 2L ในปัจจุบัน

1.2 วิธีควบคุมการบริหารงานส่งน้ำด้วยระบบคลองอัตโนมัติ

1.3 วิธีควบคุมการบริหารงานส่งน้ำโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ร่วมกับระบบควบคุมด้วยมือ

2. ทดสอบวิธีควบคุมการบริหารงานส่งน้ำแบบต่าง ๆ โดยแบ่งออกเป็น 4 treatment และ ในแต่ละ treatment จะมี 5 ซ้ำ ดังนี้

Treatment#1 (Exiting operation)	หมายถึง การบริหารงานส่งน้ำตามการควบคุมที่โครงการใช้อยู่ในปัจจุบัน คือ อาคารควบคุมของคลอง 5L – 2L จะทำการปรับบานเป็นประจำสัปดาห์ละครั้ง แต่สามารถปรับระหว่างสัปดาห์ได้ตามความจำเป็น
Treatment#2 (COM_NF_3/Week)	หมายถึง การบริหารงานส่งน้ำโดยใช้แบบจำลอง COM ในการควบคุมการส่งน้ำ และกำหนดความถี่ในการปรับบานเท่ากับ 3 ครั้ง/สัปดาห์ (วันจันทร์ พุธ และศุกร์) โดยในแบบจำลอง COM ไม่นำแบบจำลอง Forecasting perturbation model มาร่วมในการวิเคราะห์

Treatment#3 (COM_F_2/Day) หมายถึง การบริหารงานส่งน้ำโดยใช้แบบจำลอง COM ในการควบคุมการส่งน้ำ และกำหนดความถี่ในการปรับบานเท่ากับ 2 ครั้ง / วัน (07.30 และ 15.30 น.)

Treatment#4 (COM_F_Day) หมายถึง การบริหารงานส่งน้ำโดยใช้แบบจำลอง COM. ในการควบคุมการส่งน้ำ และกำหนดความถี่ในการปรับบานเท่ากับ 1 ครั้ง / วัน (07.30 น.)

3. เก็บรวบรวมข้อมูลและคำนวณหาค่าดรรชนีต่างๆของการควบคุมการส่งน้ำของคลอง 5L – 2L ได้แก่

3.1 Maximum Absolute Error (MAE,%) เป็นค่าดัชนีที่บอกถึงความคลาดเคลื่อนสูงสุดในการควบคุมระดับน้ำของระบบส่งน้ำตลอดฤดูกาลส่งน้ำโดยแสดงในรูปของเปอร์เซ็นต์ของระดับน้ำเป้าหมาย

3.2 Integrated Absolute Error (IAE,%) เป็นค่าดัชนีที่บอกถึงวามคลาดเคลื่อนเฉลี่ยในการควบคุมระดับน้ำของระบบส่งน้ำตลอดฤดูกาลส่งน้ำ โดยแสดงในรูปของเปอร์เซ็นต์ของระดับน้ำเป้าหมาย

3.3 Root Mean Square Error (RMSE,m.) เป็นค่าดัชนีที่บอกถึงความแปรปรวนในการควบคุมระดับน้ำของระบบส่งน้ำตลอดฤดูกาลส่งน้ำ โดยบอกเป็นความคลาดเคลื่อนจากระดับน้ำเป้าหมาย (เมตร)

3.4 Reliability of Water Level Control (RWLC,%) เป็นค่าดัชนีที่บอกถึงความสามารถในการควบคุมระดับน้ำไม่ให้ต่ำกว่าระดับน้ำเป้าหมาย โดยบอกเป็นร้อยละของจำนวนครั้งที่สามารถควบคุมระดับน้ำไม่ให้ต่ำกว่าระดับน้ำเป้าหมายที่กำหนด

4. วิเคราะห์ค่าดรรชนีที่ได้จากผลการทดลอง จำนวน 4 ดัชนี ประกอบด้วย

4.1 ดัชนีความคลาดเคลื่อนสูงสุด (Maximum Absolute Error, MAE%)

4.2 ดัชนีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (Integrated Absolute Error , IAE,%)

4.3 ดัชนีความน่าเชื่อถือของการควบคุมระดับน้ำ (Reliability of Water Level Control, RWLC%)

4.4 ค่าดัชนีความแปรปรวนการควบคุมระดับน้ำ(Root Mean Square Error ,RMSE ,m)

5. สรุปหาแนวทางการควบคุมที่เหมาะสมเพื่อเปรียบเทียบหาวิธีบริหารคลองส่งน้ำที่เหมาะสมทั้งทางทฤษฎีและการปฏิบัติจริงในสนาม

บทที่ 4
ผลการศึกษาและวิจารณ์

1. การทดสอบวิธีการบริหารคลองส่งน้ำ

จากข้อกำหนดในเรื่องของช่วงการควบคุม (Tolerance) ช่วงเวลาและความถี่ในการปรับบาน ตลอดจนวิธีการบริหารคลองส่งน้ำแบบต่าง ๆ ทั้งที่มีอยู่เดิม และที่พัฒนาขึ้น จึงทำการวางแผนการทดสอบ โดยแบ่งวิธีการบริหารคลองส่งน้ำออกเป็น 4 วิธี แต่ละวิธีจะทำการทดสอบ 5 ซ้ำ และกำหนดให้ 1 ซ้ำใช้เวลาในการบริหารคลองส่งน้ำ 1 สัปดาห์ รายละเอียดวิธีการ และช่วงเวลาในการทดสอบแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ช่วงเวลาในการทดสอบวิธีการบริหารคลองส่งน้ำแบบต่าง ๆ

วิธีการบริหาร	ช่วงเวลาในการทดสอบ	รายละเอียดวิธีการบริหารคลองส่งน้ำ
1. Existing Operation	31 พ.ค. 53 – 4 ก.ค. 53	บริหารงานส่งน้ำตามวิธีของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้องในปัจจุบัน
2. COM_NF_3/Week	19 ก.ค. 53 – 29 ส.ค. 53	บริหารงานส่งน้ำด้วย COM Model แต่ไม่ใช้ Forecasted Perturbation Model และทำการปรับบาน 3 ครั้งต่อสัปดาห์
3. COM_ 2/Day	30 ส.ค. 53 – 3 ต.ค. 53	บริหารงานส่งน้ำด้วย COM Model และทำการปรับบาน 2 ครั้งต่อวัน
4. COM_ Day	4 ต.ค. 53 – 7 พ.ย. 53	บริหารงานส่งน้ำด้วย COM Model และทำการปรับบานวันละครั้ง

2.1 Existing Operation

Existing Operation เป็นการทดสอบวิธีการบริหารคลองส่งน้ำของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้องที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ซึ่งใช้วิธีการควบคุมด้วยมือ (Manual Control) โดยมีรายละเอียด ดังนี้

(1) กำหนดให้มีการตรวจวัดระดับน้ำด้านเหนือน้ำ – ท้ายน้ำ และระยะเปิดบานของ ปตร. กลางคลอง 5L – 2L เป็นประจำทุกวันและรายงานให้ฝ่ายจัดสรรน้ำฯ ของโครงการทราบภายในเวลา 07.00 น.

(2) กำหนดให้มีการปรับบานของ ปตร. ปากคลอง 5L – 2L ทุกวันจันทร์ และสามารถทำการปรับเพิ่มได้ในกรณีที่เกิดน้ำท่วมในพื้นที่ หรือมีการขาดแคลนน้ำขั้นรุนแรง โดยการปรับบานที่ ปตร. ปากคลอง 5L – 2L จะต้องสอดคล้องกับระดับน้ำในคลอง 2L ด้านหน้าคลองด้วย

(3) กำหนดให้มีการปรับบานของ ปตร. กลางคลอง 5L – 2L ทุกวันเพื่อรักษาระดับน้ำด้านหน้าอาคารให้อยู่ที่ระดับเป้าหมาย (ระดับน้ำเก็บกัก) แต่ในทางปฏิบัติพนักงานส่งน้ำได้กำหนด Tolerance ของ ปตร. แต่ละแห่งกว้างมากประมาณ $\pm$0.40 เมตร ถึง $\pm$0.60 เมตร ดังนั้นความถี่ในการปรับบานของอาคารแต่ละแห่งจึงมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1 – 2 ครั้ง / สัปดาห์

(4) กำหนดให้มีการปรับบานของอาคารปากคลองซอยให้สอดคล้องกับความต้องการน้ำของเกษตรกร และระดับน้ำด้านหน้าอาคาร

2.2 COM_NF_3/Week

COM_NF_3/Week เป็นการทดสอบวิธีการบริหารคลองส่งน้ำที่ปรับปรุงขึ้น ซึ่งใช้แบบจำลอง COM Model เป็นเครื่องมือช่วยตัดสินใจในการควบคุมและบริหารคลองส่งน้ำ แต่ไม่ได้นำเอาผลการคาดการณ์การรวบกวนระบบล่วงหน้าของ Forecasted Perturbation Model มาใช้

ในแบบจำลอง กำหนดความถี่ของการตรวจวัด และปรับบานของ ปตร. กลางคลอง 5L – 2L ที่ 3 ครั้ง/สัปดาห์ โดยมีรายเอียดดังนี้

(1) กำหนดให้มีการตรวจวัดระดับน้ำด้านเหนือน้ำ – ท้ายน้ำ และระยะเปิดบานของ ปตร. กลางคลอง 5L – 2L ด้วยระบบโทรมาตร และระบบบันทึกข้อมูลแบบอัตโนมัติ ทุกครึ่งชั่วโมง

(2) กำหนดให้มีการปรับบาน ปตร. ของคลอง 5L – 2L ทั้ง ปตร. ปากคลอง และ ปตร. กลางคลอง ตามผลของแบบจำลอง สัปดาห์ละ 3 ครั้งในวันจันทร์ พุธ และศุกร์ เวลา 07.30 น. โดย Tolerance ของ ปตร.

(3) กำหนดให้มีการปรับบานของอาคารควบคุมน้ำปากคลองซอยทุกวันจันทร์ ตามความต้องการน้ำที่คำนวณได้จากวิธีการคำนวณปริมาณความต้องการน้ำของพืชตามข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกรายสัปดาห์ที่ปรับปรุงขึ้น และสามารถปรับบานได้ตลอดเวลาเพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการน้ำจริงในพื้นที่

2.3 COM_2/Day

COM_2/Day เป็นการทดสอบวิธีการบริหารคลองส่งน้ำที่ปรับปรุงขึ้น ซึ่งใช้แบบจำลอง COM Model เป็นเครื่องมือช่วยตัดสินใจในการควบคุมและบริหารคลองส่งน้ำ กำหนดความถี่ของการตรวจวัด และปรับบานของ ปตร. กลางคลอง 5L – 2L ที่ 2 ครั้ง/วัน โดยมีรายเอียดดังนี้

(1) กำหนดให้มีการตรวจวัดระดับน้ำด้านเหนือน้ำ – ท้ายน้ำ และระยะเปิดบานของ ปตร. กลางคลอง 5L – 2L ด้วยระบบโทรมาตร และระบบบันทึกข้อมูลแบบอัตโนมัติ ทุกครึ่งชั่วโมง

(2) กำหนดให้มีการปรับบาน ปตร. ของคลอง 5L – 2L ทั้ง ปตร. ปากคลอง และ ปตร. กลางคลอง ตามผลของแบบจำลองวันละ 2 ครั้ง เวลา 07.30 น. และ 15.30 น. โดย Tolerance ของ ปตร. แต่ละแห่ง

(3) กำหนดให้มีการปรับบานของอาคารควบคุมน้ำปากคลองซอยทุกวันจันทร์ ตามความต้องการน้ำที่คำนวณได้จากวิธีการคำนวณปริมาณความต้องการน้ำของพืชตามข้อมูลพื้นที่เพาะปลูก

รายสัปดาห์ที่ปรับปรุงขึ้น และสามารถปรับบานได้ตลอดเวลาเพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการน้ำจริงในพื้นที่

2.4 COM_Day

COM_Day เป็นการทดสอบวิธีการบริหารคลองส่งน้ำที่ปรับปรุงขึ้น ซึ่งใช้แบบจำลอง COM Model เป็นเครื่องมือช่วยตัดสินใจในการควบคุมและบริหารคลองส่งน้ำ กำหนดความถี่ของการตรวจวัด และปรับบานของ ปตร. กลางคลอง 5L – 2L ที่ 1 ครั้ง/วัน โดยมีรายเอียดดังนี้

(1) กำหนดให้มีการตรวจวัดระดับน้ำด้านเหนือน้ำ – ท้ายน้ำ และระยะเปิดบานของ ปตร. กลางคลอง 5L – 2L ด้วยระบบโทรมาตร และระบบบันทึกข้อมูลแบบอัตโนมัติ ทุกครึ่งชั่วโมง

(2) กำหนดให้มีการปรับบาน ปตร. ของคลอง 5L – 2L ทั้ง ปตร. ปากคลอง และ ปตร. กลางคลอง ตามผลของแบบจำลอง วันละครั้ง เวลา 07.30 น. โดยกำหนด Tolerance ของปตร. แต่ละแห่ง

(3) กำหนดให้มีการปรับบานของอาคารควบคุมน้ำปากคลองซอยทุกวันจันทร์ ตามความต้องการน้ำที่คำนวณได้จากวิธีการคำนวณปริมาณความต้องการน้ำของพืชตามข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกรายสัปดาห์ที่ปรับปรุงขึ้น และสามารถปรับบานได้ตลอดเวลาเพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการน้ำจริงในพื้นที่

ตารางที่ 3 สำหรับช่วงเวลาระหว่างวันที่ 4 ตุลาคม 2553 – 7 พฤศจิกายน 2553 มีการปรับเปลี่ยนระดับน้ำเป้าหมายเกือบทุกสัปดาห์เนื่องจากต้องปรับเป้าหมายการส่งน้ำให้สอดคล้องกับปัญหาน้ำท่วมที่เกิดขึ้นในพื้นที่ด้านท้ายน้ำ

ตารางที่ 3 ระดับน้ำเป้าหมายและช่วงการควบคุมของคลอง 5L – 2L

ช่วงคลอง	อาคารควบคุมน้ำ	ระดับน้ำควบคุม (ม.รทก.) เป้าหมาย
ช่วงคลองที่ 1 กม.3+650	ปตร. กลางคลอง กม. 3+650	15.501 ±0.128
ช่วงคลองที่ 2 กม.9+813	ปตร. กลางคลอง กม. 9+813	14.276 ±0.164
ช่วงคลองที่ 3 กม.14+750	ปตร. กลางคลอง กม. 14+750	12.681 ±0.196
ช่วงคลองที่ 4 กม.20+300	ปตร. กลางคลอง กม. 20+300	10.948 ±0.167
ช่วงคลองที่ 5 กม.26+401	ปตร. กลางคลอง กม. 26+401	8.500 +0.313

Clemmens *et al.* (1998) ได้นำเสนอดัชนีสำหรับประเมินผลสัมฤทธิ์ด้านการควบคุมระบบส่งน้ำเพื่อใช้เปรียบเทียบผลการควบคุมระบบคลองส่งน้ำของวิธีการควบคุมต่าง ๆ จำนวน 4 ดัชนี ประกอบด้วย Maximum Absolute Error (MAE,m), Integrated Absolute Error (IAE,m), Root Mean Square Error (RMSE,m.) และ Reliability of Water Level Control (RWLC,%) (อุรินทร์ และคณะ, 2552)

1.1 ดัชนีความคลาดเคลื่อนสูงสุด (Maximum absolute error, MAE)

เป็นค่าดัชนีที่บอกถึงความคลาดเคลื่อนสูงสุดในการควบคุมระดับน้ำของระบบส่งน้ำตลอดฤดูกาลส่งน้ำโดยแสดงในรูปของเปอร์เซ็นต์ของระดับน้ำเป้าหมาย

1.2 ดัชนีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (Integrated absolute error, IAE)

Integrated Absolute Error (IAE,%) เป็นค่าดัชนีที่บอกถึงวามคลาดเคลื่อนเฉลี่ยในการควบคุมระดับน้ำของระบบส่งน้ำตลอดฤดูกาลส่งน้ำ โดยแสดงในรูปของเปอร์เซ็นต์ของระดับน้ำเป้าหมาย

1.3 ดัชนีความน่าเชื่อถือของการควบคุมระดับน้ำ (Reliability of Water Level Control, RWLC)

Reliability of Water Level Control (RWLC,%) เป็นค่าดัชนีที่บอกถึงความสามารถในการควบคุมระดับน้ำไม่ให้ต่ำกว่าระดับน้ำเป้าหมาย โดยบอกเป็นร้อยละของจำนวนครั้งที่สามารถควบคุมระดับน้ำไม่ให้ต่ำกว่าระดับน้ำเป้าหมายที่กำหนด

1.4 ดัชนีความแปรปรวนการควบคุมระดับน้ำ(Root Mean Square Error ,RMSE)

Root Mean Square Error (RMSE,m.) เป็นค่าดัชนีที่บอกถึงความแปรปรวนในการควบคุมระดับน้ำของระบบส่งน้ำตลอดฤดูกาลส่งน้ำ โดยบอกเป็นความคลาดเคลื่อนจากระดับน้ำเป้าหมาย (เมตร)

2. ผลการควบคุมระดับน้ำด้านหน้า ปตร. กลางคลอง

จากการทดสอบวิธีการบริหารคลองส่งน้ำแบบต่าง ๆ ตามตารางที่ 2 ได้ผลการควบคุมระดับน้ำด้านหน้า ปตร. กลางคลองของช่วงคลองต่าง ๆ ตามที่กำหนดไว้ 5 ช่วงคลอง สามารถอธิบายผลการบริหารคลองส่งน้ำตามวิธีต่าง ๆ แยกเป็นรายช่วงคลองได้ ดังนี้

(1) ระดับน้ำในช่วงคลองที่ 1 (ระหว่างกม.0+020 – 3+650) ใช้ระดับน้ำด้านหน้า ปตร. กลางคลอง กม.3+650 เป็นตัวแทน ระดับน้ำเป้าหมายอยู่ที่ +15.501 ม.รทก. จากผลการทดสอบพบว่า วิธีบริหารคลองส่งน้ำของโครงการ (Existing Operation) ระดับน้ำมีความคลาดเคลื่อนจากเป้าหมายสูงที่สุด ค่าพิสัยอยู่ระหว่าง +16.122 ถึง +14.019 ม.รทก. โดยความคลาดเคลื่อนส่วนใหญ่จะเป็นไปในทิศทางต่ำกว่าระดับเป้าหมาย. สำหรับวิธีการบริหารคลองส่งน้ำด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น (COM_2/Day, COM_Day และ COM_NF_3/Week) สามารถควบคุมระดับน้ำให้อยู่ใกล้เป้าหมายได้ดีตามลำดับขึ้นอยู่กับความถี่ในการปรับบาน ค่าพิสัยเฉลี่ยอยู่ระหว่าง +15.873 ถึง +14.666 ม.รทก. ถึงแม้ว่าใช้ความถี่ในการปรับบาน 3 ครั้ง/สัปดาห์ (COM_NF_3/Week) ก็สามารถควบคุมระดับน้ำให้อยู่ใกล้เป้าหมายได้ดีกว่าวิธีการบริหารคลองส่งน้ำแบบปกติของโครงการฯ (Existing Operation) ซึ่งกำหนดให้มีการตรวจวัดและปรับบานทุกวัน ตามภาพที่ 4

(2) ระดับน้ำในช่วงคลองที่ 2 (ระหว่างกม.3+650 – 9+813) ใช้ระดับน้ำด้านหน้าปตร. กลางคลอง กม.9+813 เป็นตัวแทน ระดับน้ำเป้าหมายอยู่ที่ +14.276 ม.รทก. จากผลการทดสอบพบว่า วิธีบริหารคลองส่งน้ำของโครงการ (Existing Operation) ระดับน้ำมีความคลาดเคลื่อนจากเป้าหมายสูงที่สุด ค่าพิสัยอยู่ระหว่าง +14.620 ถึง +13.084 ม.รทก. สำหรับวิธีการบริหารคลองส่งน้ำด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น (COM_2/Day, COM_Day และ COM_NF_3/Week) สามารถควบคุมระดับน้ำให้อยู่ใกล้เป้าหมายได้ดีตามลำดับขึ้นอยู่กับความถี่ในการปรับบาน ค่าพิสัยเฉลี่ยอยู่ระหว่าง +14.676 ถึง +13.485 ม.รทก. นอกจากนั้นยังพบว่าวิธีการบริหารคลองส่งน้ำแบบ COM_NF_3/Week มี ความสามารถควบคุมระดับน้ำให้อยู่ใกล้เป้าหมายได้ใกล้เคียงกับวิธีบริหารคลองส่งน้ำของโครงการ แตกต่างกันที่ COM_NF_3/Week ความคลาดเคลื่อนของระดับน้ำ

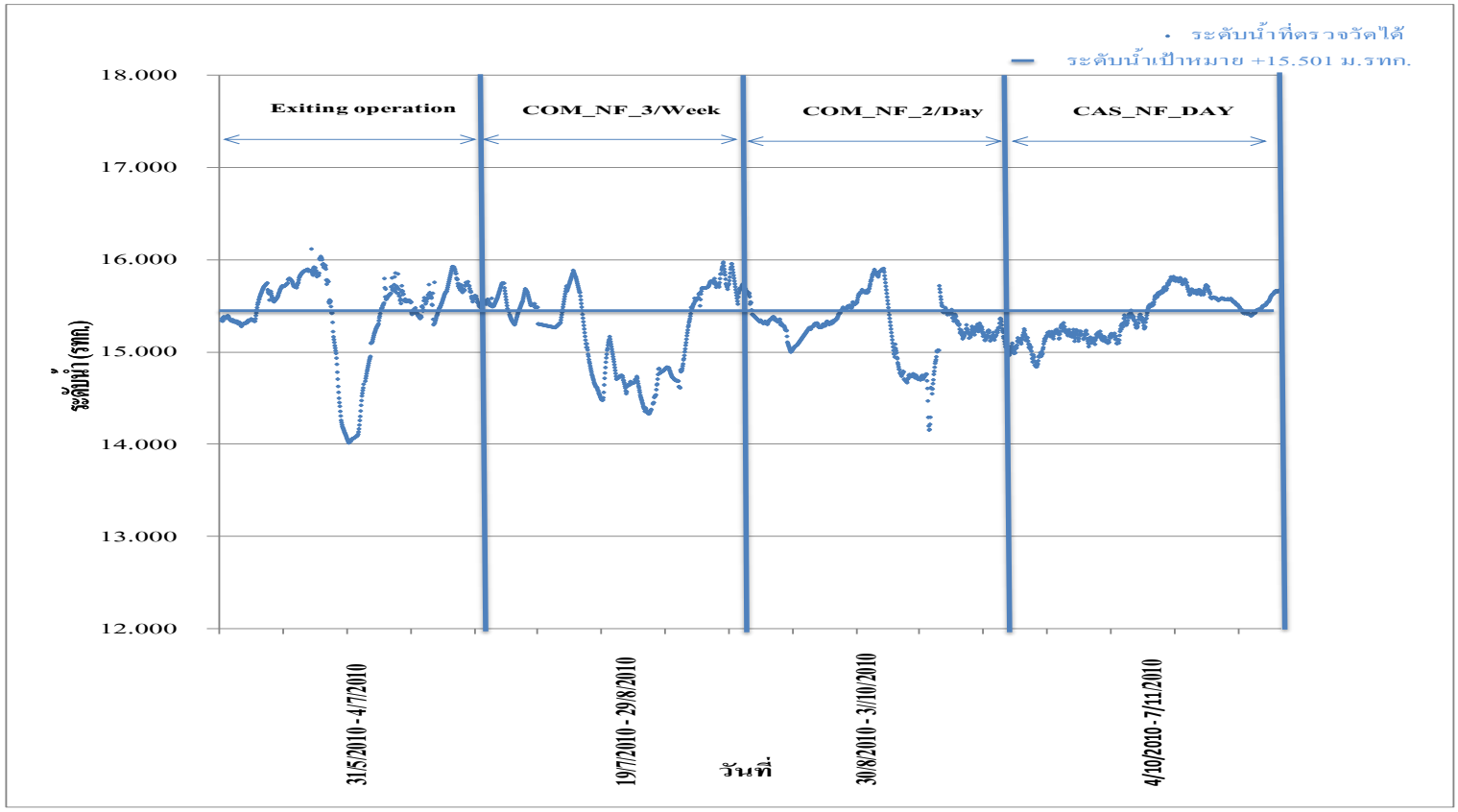
ส่วนมากสูงกว่าระดับเป้าหมาย แต่ Existing Operation วิธีบริหารคลองส่งน้ำของโครงการ ความคลาดเคลื่อนของระดับน้ำส่วนมากต่ำกว่าระดับเป้าหมาย ตามภาพที่ 5

(3) ระดับน้ำในช่วงคลองที่ 3 (ระหว่างกม.9+813 – 14+750) ใช้ระดับน้ำด้านหน้าปตร. กลางคลอง กม.14+750 เป็นตัวแทน สำหรับวิธีบริหารคลองส่งน้ำของโครงการ (Existing Operation) และวิธีการบริหารคลองส่งน้ำด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น (COM_2/Day, COM_Day และ COM_NF_3/Week) มีความสามารถในการควบคุมระดับน้ำใกล้เคียงกัน ค่าพิสัยเฉลี่ยอยู่ระหว่าง +13.160 ถึง +11.714 ม.รทก. สาเหตุหลักมาจากการที่เกษตรกรทั้งด้านเหนือน้ำ และท้ายน้ำของปตร. กลางคลอง กม.14+750 เข้ามาทำการปรับบานบังคับน้ำของอาคารควบคุมด้วยตนเองโดยไม่มีการแจ้งให้เจ้าหน้าที่ทราบ ตามภาพที่ 6

(4) ระดับน้ำในช่วงคลองที่ 4 (ระหว่างกม.14+750 – 20+300) สำหรับวิธีบริหารคลองส่งน้ำของโครงการ (Existing Operation) และวิธีการบริหารคลองส่งน้ำด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น (COM_2/Day, COM_NF_Day และ COM_NF_3/Week) มีความสามารถในการควบคุมระดับน้ำใกล้เคียงกัน ค่าพิสัยเฉลี่ยอยู่ระหว่าง +11.717 ถึง +9.596 ม.รทก. เป็นผลมาจากการที่เกษตรกรเข้าไปปรับบานบังคับน้ำของ ปตร. กลางคลอง กม. 14+750 ด้วยตนเองโดยไม่มีการแจ้งให้เจ้าหน้าที่ทราบ ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของน้ำในช่วงคลองที่ 4 ตามภาพที่ 7

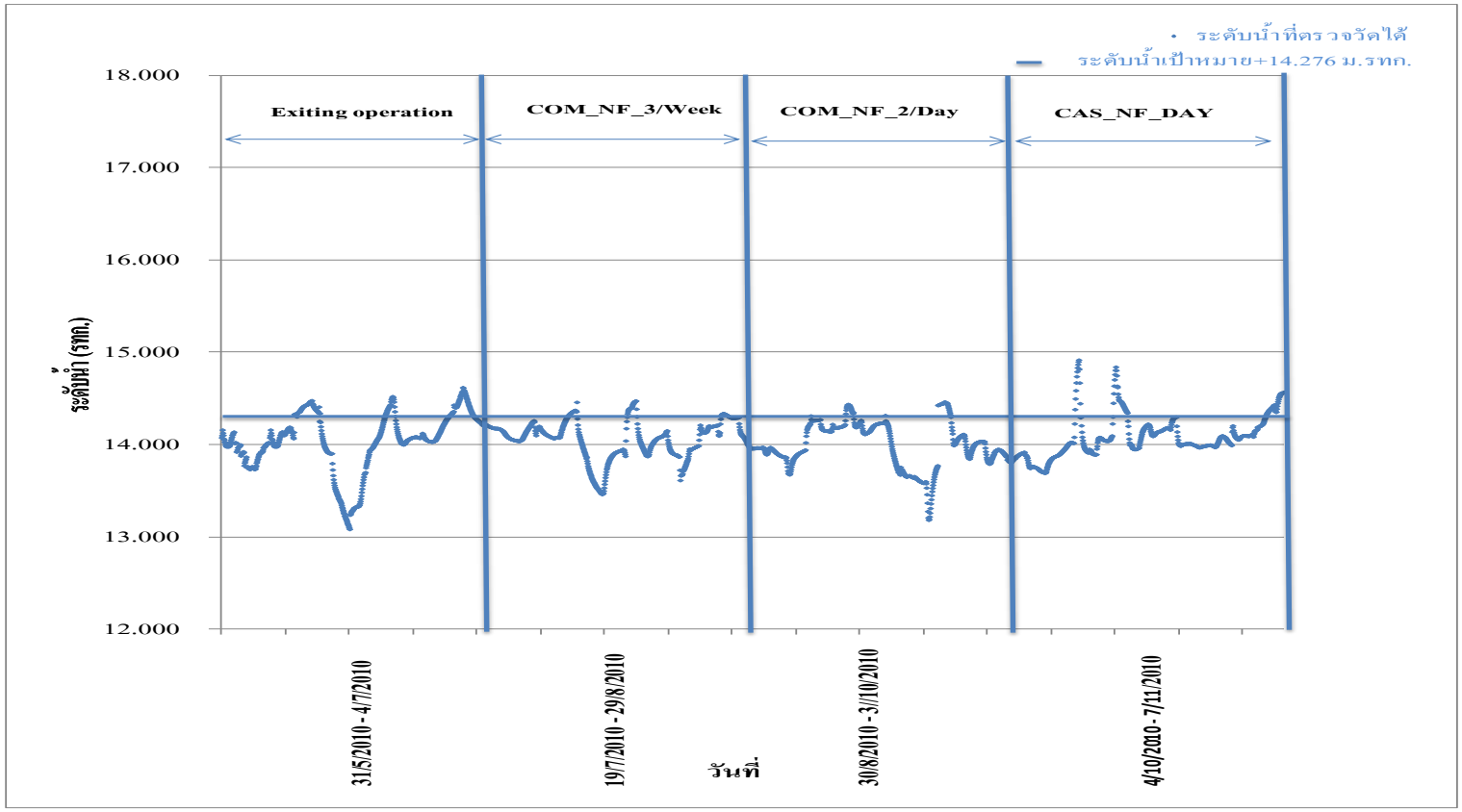
(5) ระดับน้ำในช่วงคลองที่ 5 (ระหว่างกม.20+300 – 26+401) ใช้ระดับน้ำด้านหน้า ปตร. กลางคลอง กม.26+401 เป็นตัวแทน ระดับน้ำเป้าหมายอยู่ที่ +8.500 ม.รทก. จากผลการทดสอบพบว่า วิธีบริหารคลองส่งน้ำของโครงการ (Existing Operation) ระดับน้ำมีความคลาดเคลื่อนจากเป้าหมายสูงที่สุด ค่าพิสัยอยู่ระหว่าง +9.095 ถึง +7.077 ม.รทก. โดยความคลาดเคลื่อนส่วนใหญ่จะเป็นไปในทิศทางต่ำกว่าระดับเป้าหมาย สำหรับวิธีการบริหารคลองส่งน้ำด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น (COM_2/Day, COM_NF_Day และ COM_NF_3/Week) สามารถควบคุมระดับน้ำให้อยู่ใกล้เป้าหมายได้ดีตามลำดับขึ้นอยู่กับความถี่ในการปรับบาน ค่าพิสัยเฉลี่ยอยู่ระหว่าง +8.944 ถึง +7.135 ม.รทก. ถึงแม้ว่าใช้ความถี่ในการปรับบาน 3 ครั้ง/สัปดาห์ (COM_NF_3/Week) ก็สามารถควบคุมระดับน้ำให้อยู่ใกล้เป้าหมายได้ดีกว่าวิธีบริหารคลองส่งน้ำของโครงการ (Existing Operation) ซึ่งกำหนดให้มีการตรวจวัดและปรับบานทุกวัน โดยในช่วงคลองที่ 5 โครงการฯ มีนโยบายในกำหนดระดับน้ำเป้าหมายที่เปลี่ยนแปลงตามสถานการณ์ เช่น ปรับลดน้ำเพื่อป้องกันน้ำท่วม หรือทำการซ่อมแซมอาคารชลประทาน เป็นต้น ตามภาพที่ 8

เมื่อประเมินในภาพรวมทั้งระบบพบว่า วิธีการบริหารคลองส่งน้ำด้วยแบบ จำลองทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น (COM_2/Day, COM_NF_Day และ COM_NF_3/Week) สามารถควบคุมระดับน้ำให้อยู่ใกล้เป้าหมายได้ดีตามลำดับขึ้นอยู่กับความถี่ในการปรับบาน และวิธีบริหารคลองส่งน้ำของโครงการ (Existing Operation) มีความสามารถในการควบคุมระดับน้ำให้อยู่ที่ระดับเป้าหมายต่ำที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดในการปรับปรุงวิธีการบริหารคลองส่งน้ำ และความถี่ในการปรับบาน ที่กำหนดไว้ว่าถ้าระบบที่มีความถี่ของการตรวจวัดและปรับบานสูงมีความสามารถควบคุมระดับน้ำให้อยู่ที่ระดับเป้าหมายได้ดีกว่าระบบที่มีความถี่ของการตรวจวัดและปรับบานต่ำ โดยระหว่างวันที่ 4 ตุลาคม 2553 – 7 พฤศจิกายน 2553 มีการปรับลดระดับน้ำเป้าหมายลงในทุกช่วงคลอง เนื่องจากช่วงเวลาดังกล่าวพื้นที่ส่งน้ำของคลอง 5L – 2L บางส่วนเกิดน้ำท่วม ดังนั้นเพื่อเป็นการลดแรงกดดันด้านมวลชนในพื้นที่ โครงการจึงมีนโยบายปรับลดระดับน้ำในคลอง 5L – 2L ในทุกช่วงคลองลง



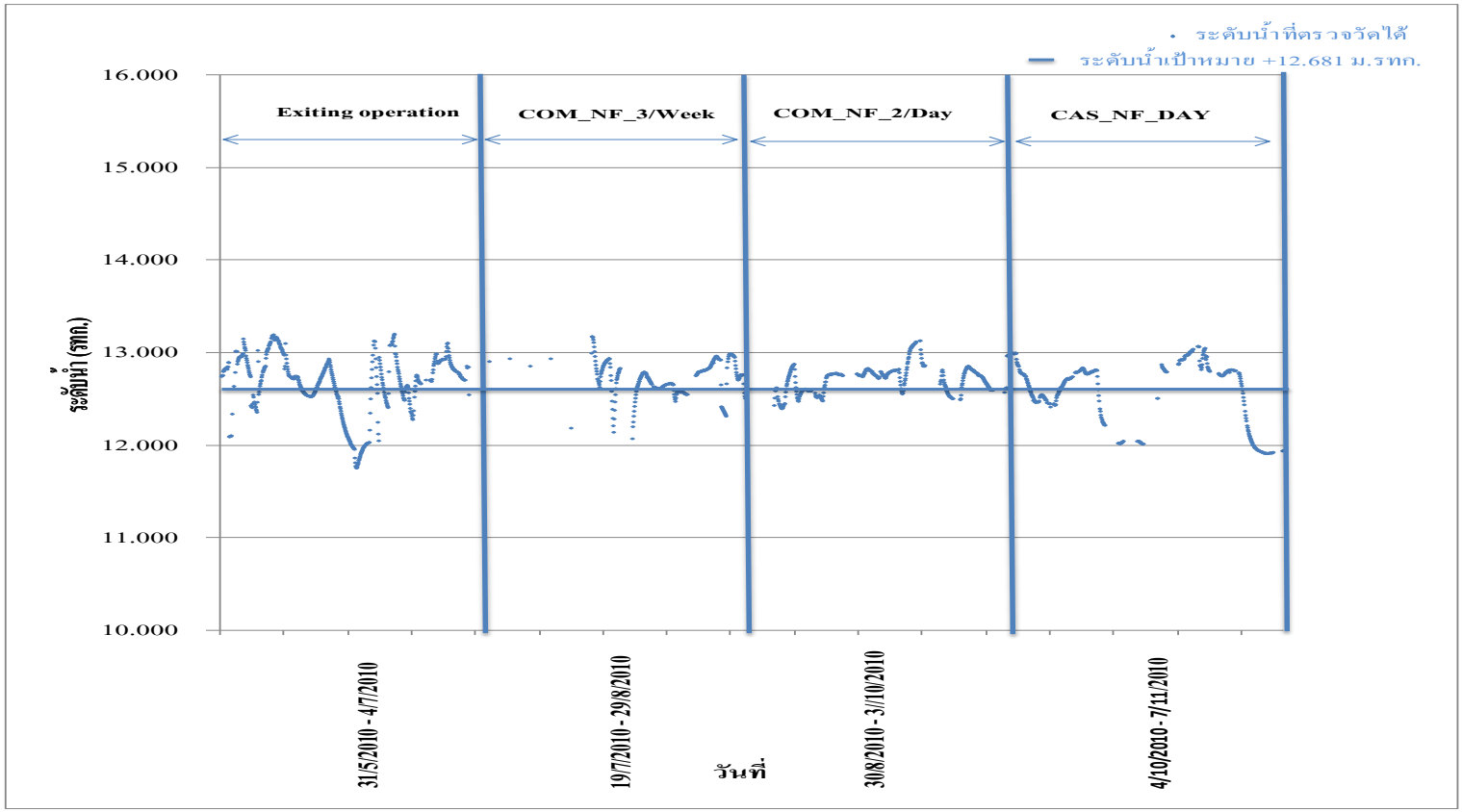
ระดับน้ำช่วงคลองที่ 1 ด้านปตร. กม.ที่ 3+650

ภาพที่ 4 ระดับน้ำด้านหน้า ปตร. กลางคลอง 5L – 2L กม.3+650 ระหว่างวันที่ 31 พฤษภาคม 2553 – 7 พฤศจิกายน

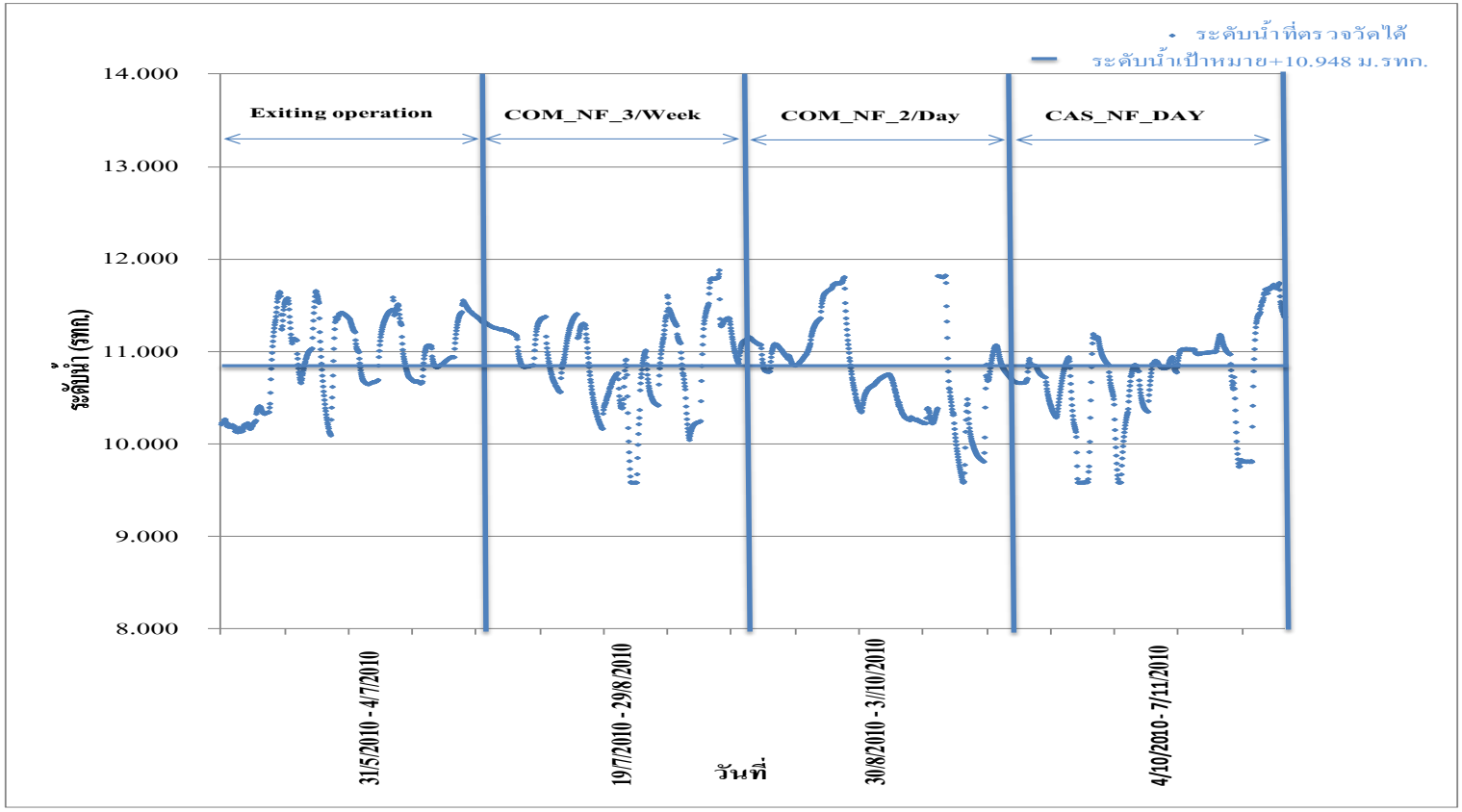


ระดับน้ำช่วงคลองที่ 2 ด้านปตร. กม.ที่ 9+813

ภาพที่ 5 ระดับน้ำด้านหน้า ปตร. กลางคลอง 5L – 2L กม.9+813 ระหว่างวันที่ 31 พฤษภาคม 2553 – 7 พฤศจิกายน2553

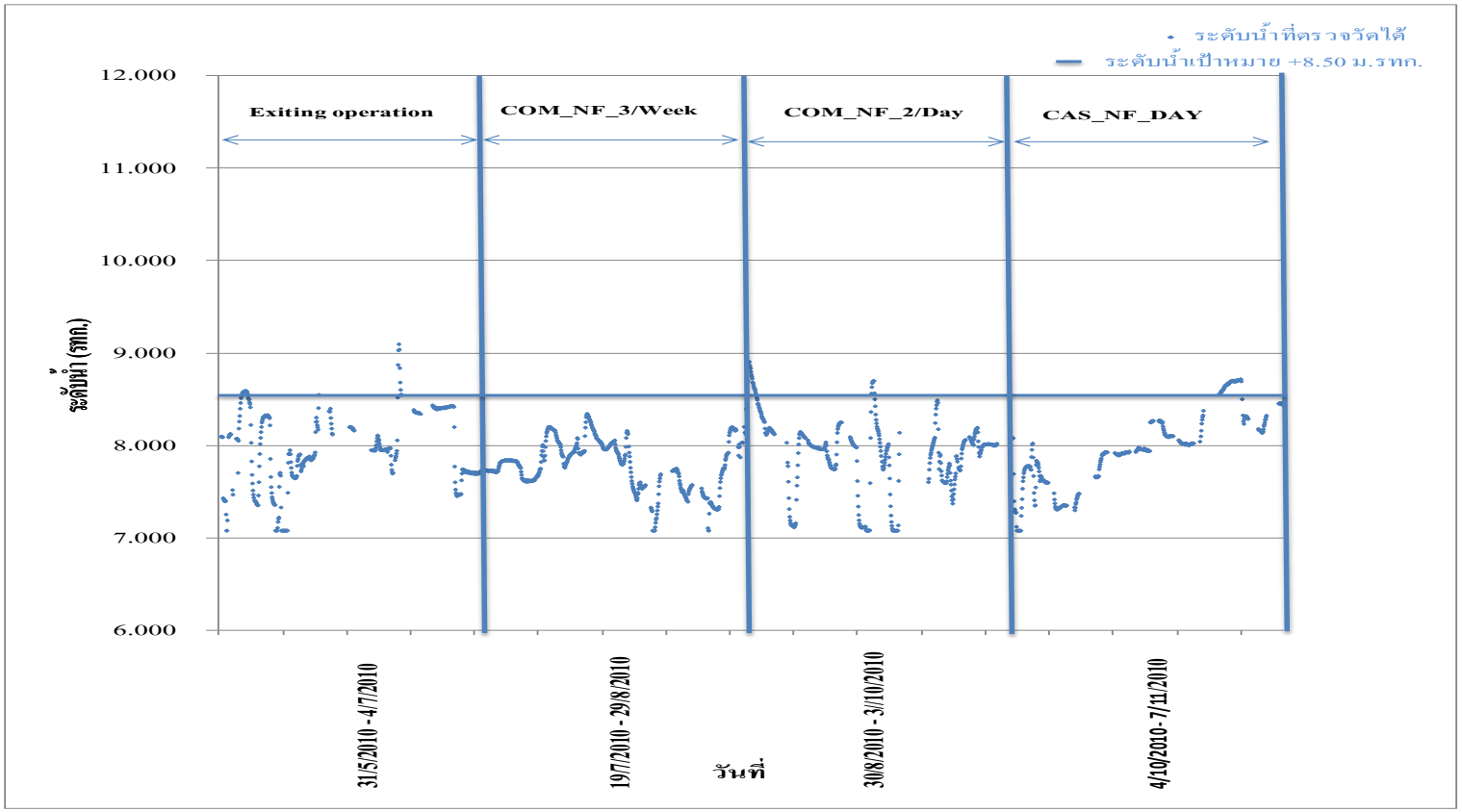


ภาพที่ 6 ระดับน้ำด้านหน้า ปตร. กลางคลอง 5L – 2L กม.14+750 ระหว่างวันที่ 31 พฤษภาคม 2553 – 7 พฤศจิกายน2553



ระดับน้ำช่วงคลองที่ 4 ด้านปตร. กม.ที่ 20+300

ภาพที่ 7 ระดับน้ำด้านหน้า ปตร. กลางคลอง 5L – 2L กม.20+300 ระหว่างวันที่ 31 พฤษภาคม 2553 – 7 พฤศจิกายน2553



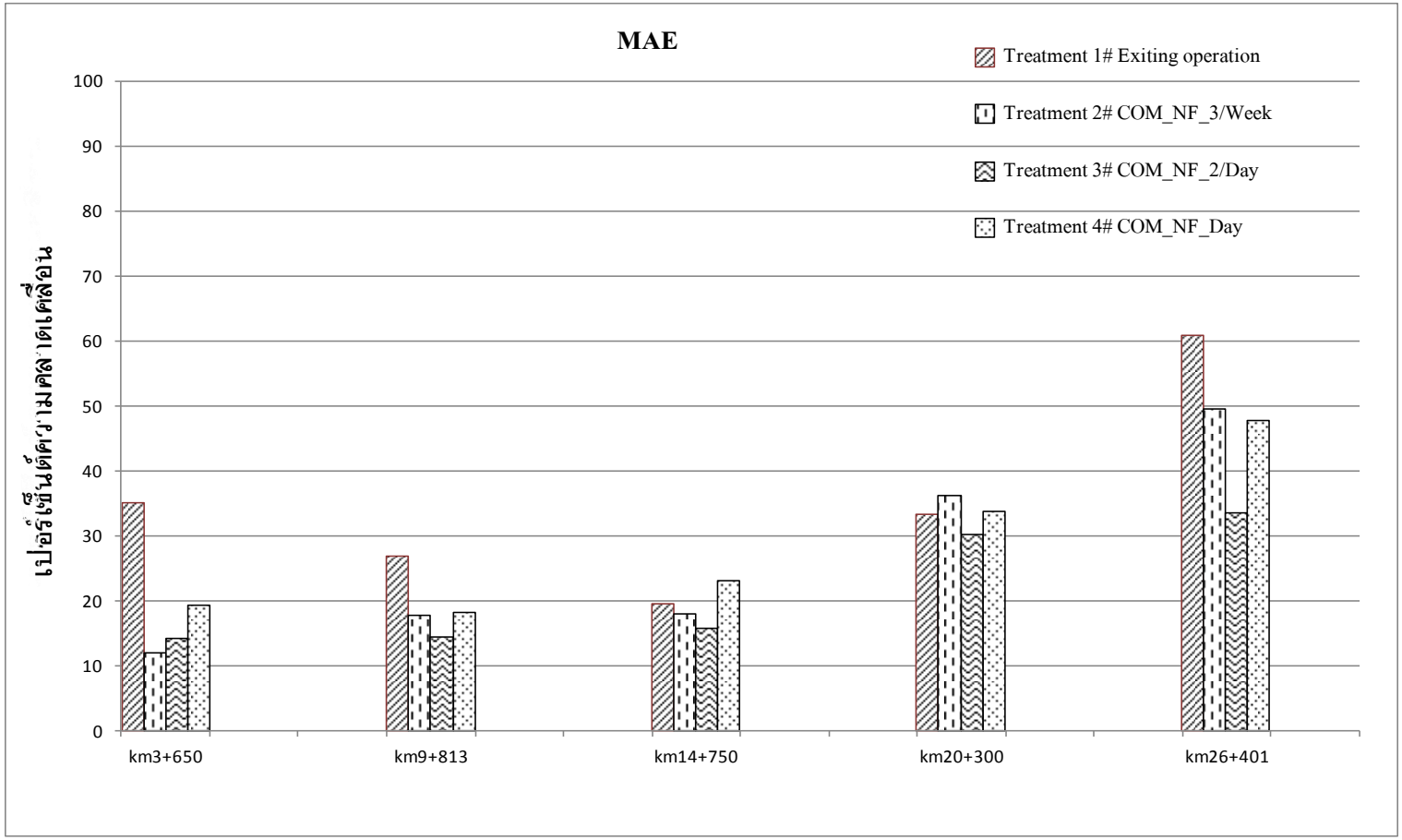
ระดับน้ำช่วงคลองที่ 5 ด้านปตร. กม.ที่ 24+401

ภาพที่ 8 ระดับน้ำด้านหน้า ปตร. กลางคลอง 5L – 2L กม.24+401 ระหว่างวันที่ 31 พฤษภาคม 2553 – 7 พฤศจิกายน2553

2.1 ดัชนีความคลาดเคลื่อนสูงสุด (Maximum Absolute Error, MAE)

ตารางที่ 4 ค่าดัชนี MAE ของวิธีการบริหารคลองส่งน้ำในระบบคลอง 5L – 2L

วิธีการบริหารคลองส่งน้ำ	ค่าดัชนี MAE (%) ช่วงคลอง 1	2	3	4	5	**5L – 2L**
Existing Operation	35	27	19	33	61	**35**
COM_NF_3/Week	12	18	18	36	50	**27**
COM_NF_2/Day	14	14	16	30	33	**22**
COM_NF_Day	19	18	23	34	48	**31**
เฉลี่ยทุกวิธี	**20**	**19**	**19**	**33**	**48**	

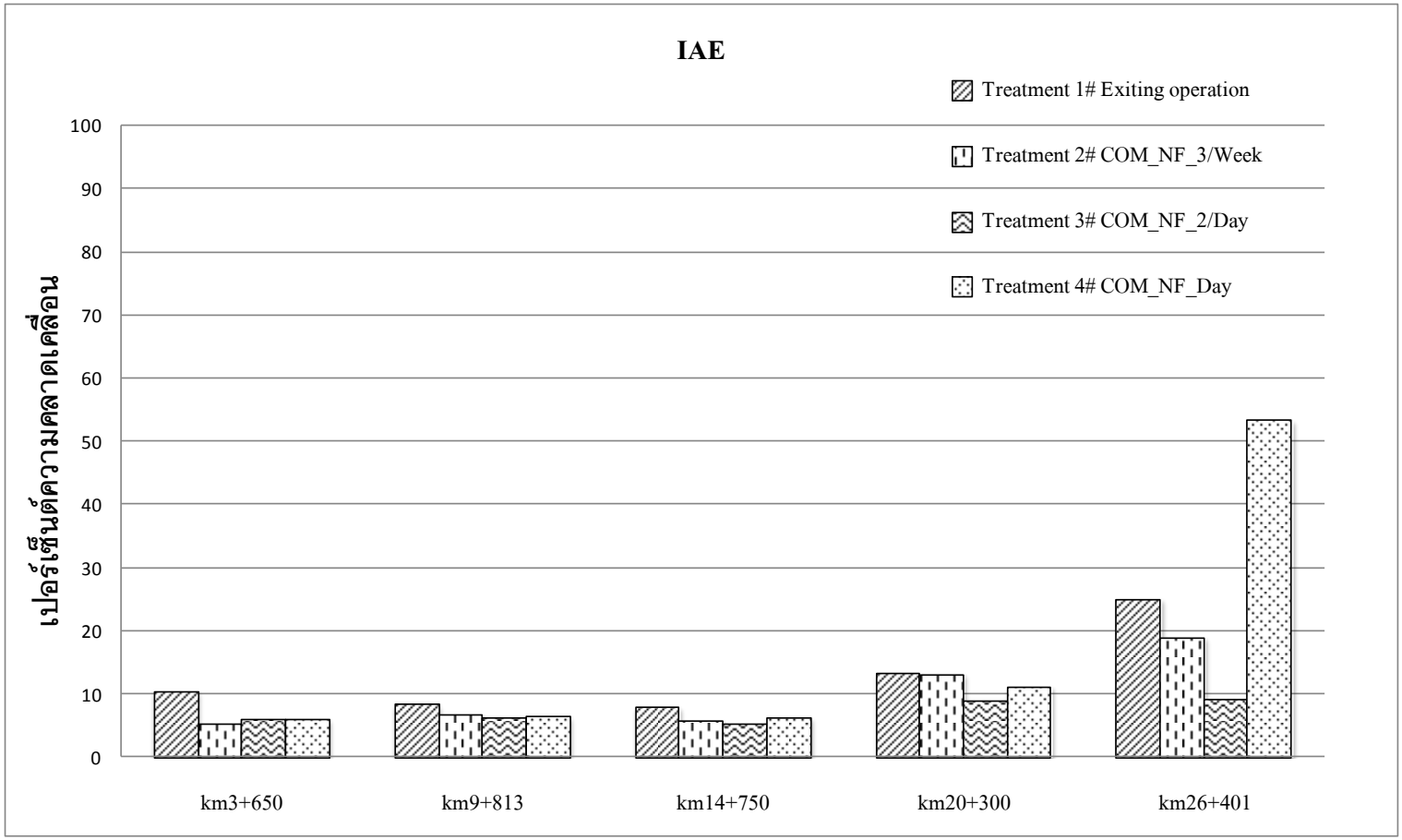


ภาพที่ 9 ดัชนี MAE ของวิธีการบริหารคลองส่งน้ำในระบบคลองส่งน้ำ 5L – 2L

2.2 ดัชนีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (Integrated Absolute Error, IAE)

ตารางที่ 5 ค่าดัชนี IAE ของวิธีการบริหารคลองส่งน้ำในระบบคลอง 5L – 2L

วิธีการบริหารคลองส่งน้ำ	ค่าดัชนี IAE (%) ช่วงคลอง					**5L – 2L**
	1	2	3	4	5	
Existing Operation	10	8	8	14	25	**13**
COM_NF_3/Week	5	7	6	13	19	**10**
COM_NF_2/Day	6	6	5	9	9	**7**
COM_NF_Day	6	7	6	11	53	**17**
เฉลี่ยทุกวิธี	**7**	**7**	**6**	**12**	**27**	

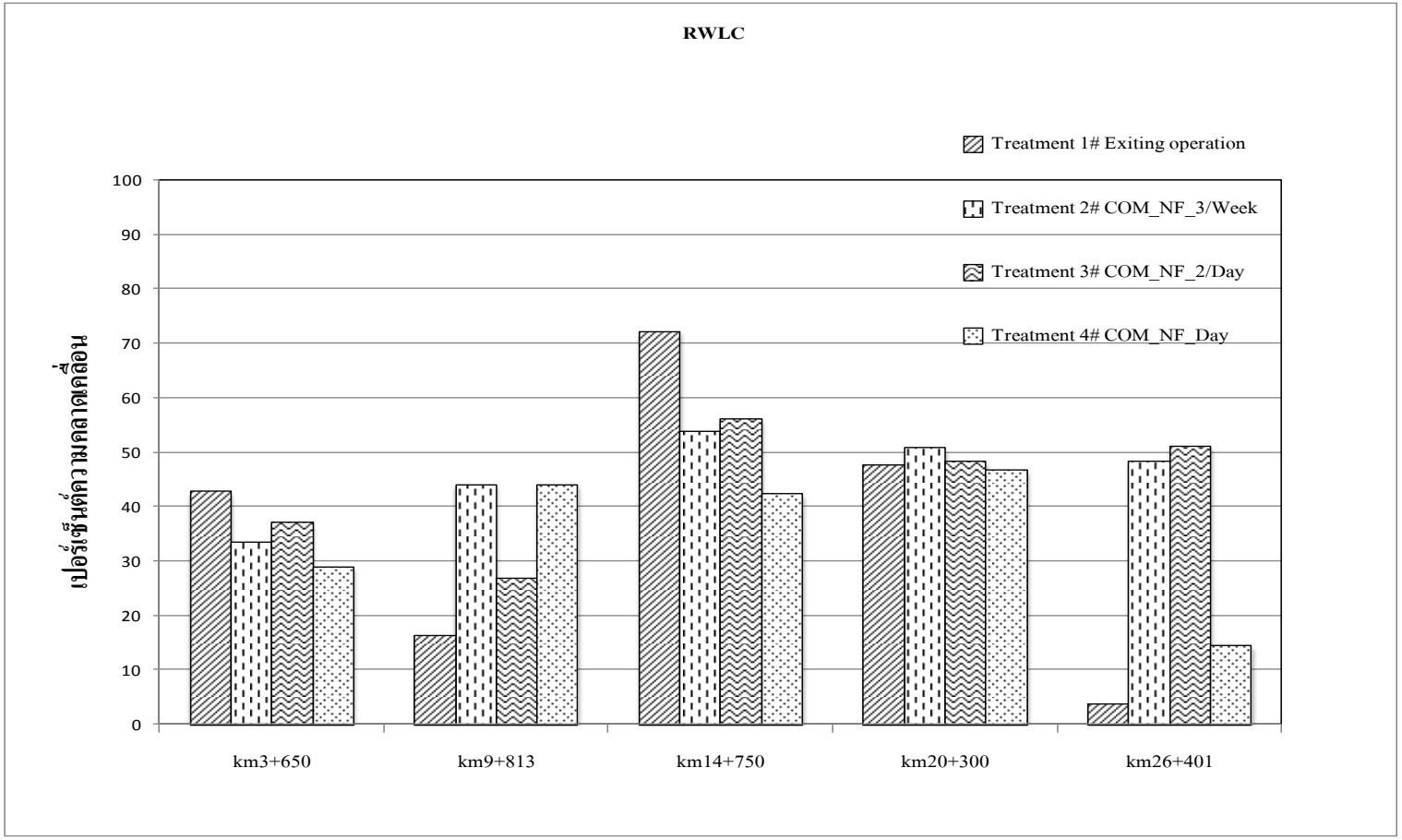


ภาพที่ 10 ดัชนี IAE ของวิธีการบริหารคลองส่งน้ำในระบบคลองส่งน้ำ 5L – 2L

2.3 ดัชนีความน่าเชื่อถือของการควบคุมระดับน้ำ (Reliability of water level control, RWLC)

ตารางที่ 6 ค่าดัชนี RWLC ของวิธีการบริหารคลองส่งน้ำในระบบคลอง 5L – 2L

วิธีการบริหารคลองส่งน้ำ	ค่าดัชนี RWLC (%)					
	ช่วงคลอง					5L – 2L
	1	2	3	4	5	
Existing Operation	43	16	72	48	4	**36**
COM_NF_3/Week	33	44	54	51	48	**45**
COM_NF_2/Day	37	27	56	48	51	**44**
COM_NF_Day	29	44	42	46	14	**35**
เฉลี่ยทุกวิธี	**35**	**33**	**56**	**48**	**29**	

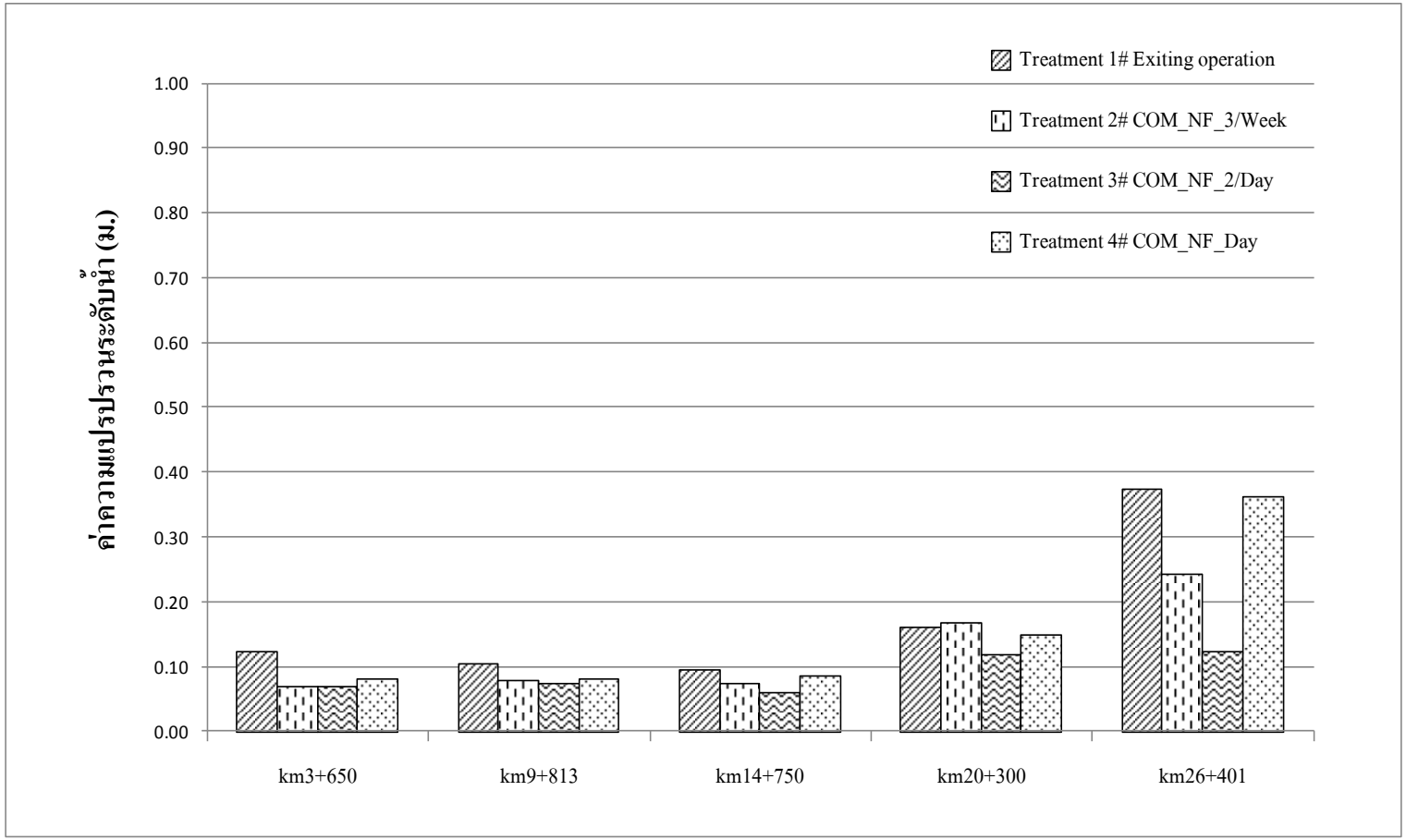


ภาพที่ 11 ดัชนี RWLC ของวิธีการบริหารคลองส่งน้ำในระบบคลองส่งน้ำ 5L – 2L

2.4 ค่าดัชนีที่ความแปรปรวนในการควบคุมระดับน้ำ (Root Mean Square Error, RMSE)

ตารางที่ 7 ค่าดัชนี RMSE ของวิธีการบริหารคลองส่งน้ำในระบบคลอง 5L – 2L

วิธีการบริหารคลองส่งน้ำ	ค่าดัชนี RMSE (m/m) ช่วงคลอง					
	1	2	3	4	5	**5L – 2L**
Existing Operation	0.12	0.11	0.10	0.16	0.37	**0.17**
COM_NF_3/Week	0.07	0.08	0.08	0.17	0.24	**0.13**
COM_NF_2/Day	0.07	0.07	0.06	0.12	0.12	**0.09**
COM__NF_Day	0.08	0.08	0.09	0.15	0.36	**0.15**
เฉลี่ยทุกวิธี	**0.09**	**0.09**	**0.08**	**0.15**	**0.28**	



ภาพที่ 12 RMSE ของวิธีการบริหารคลองส่งน้ำในระบบคลองส่งน้ำ 5L – 2L

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดสอบวิธีการบริหารคลองส่งน้ำ

โครงงานนี้วางแผนการทดสอบวิธีการบริหารคลองส่งน้ำในคลอง 5L – 2L ระหว่างวันที่ 31 พฤษภาคม 2553 – 7 พฤศจิกายน 2553 โดยแบ่งวิธีการบริหารคลองส่งน้ำออกเป็น 4 วิธี ประกอบ ด้วย Exiting Operation, COM_NF_3/Week , COM_NF_2/Day COM_NF_Day, เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ในการบริหารคลองส่งน้ำทั้งในด้านการควบคุมระดับน้ำในคลอง และผลลัพธ์ในการส่งน้ำ สามารถสรุปผลการทดสอบวิธีการบริหารคลองส่งน้ำแบบต่าง ๆ ได้ ดังนี้

1.) วิธีการบริหารคลองส่งน้ำของโครงการ (Exiting Operation) เป็นวิธีที่ควบคุมระดับน้ำคลาดเคลื่อนจากระดับเป้าหมายมากที่สุด ทั้งในรูปของความคลาดเคลื่อนสูงสุดรายสัปดาห์ (MAE =35%) ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยรายสัปดาห์ (IAE = 13%) ความน่าเชื่อถือของการควบคุมระดับน้ำ (RWLC =36%) และความแปรปรวนในการควบคุมระดับน้ำ (RMSE=0.17 m)

2.) วิธีการบริหารคลองส่งน้ำด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น (COM_2/Day, COM_Day, COM_NF_3/Week) เป็นวิธีที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมระดับน้ำ และให้ผลลัพธ์ในการส่งน้ำได้ดีกว่าวิธีการบริหารคลองส่งน้ำของโครงการ ค่าดัชนี MAE (อยู่ระหว่าง 22% - 35 %), IAE (อยู่ระหว่าง 7% - 17%) ,RWLC (อยู่ระหว่าง 34 % – 45 %)และ (RMSE อยู่ระหว่าง 0.09 – 0.15)

3.) เมื่อเปรียบเทียบในภาพรวมทั้งระบบพบว่า วิธีการบริหารคลองส่งน้ำด้วยแบบ จำลองทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น (COM_NF_2/Day, COM_NF_Day และ COM_NF_3/Week) สามารถควบคุมระดับน้ำให้อยู่ใกล้เป้าหมายได้ดีตามลำดับขึ้นอยู่กับความถี่ในการปรับบาน และวิธีบริหารคลองส่งน้ำของโครงการ (Existing Operation) มีความสามารถในการควบคุมระดับน้ำให้อยู่ที่ระดับเป้าหมายต่ำที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดในการปรับปรุงวิธีการบริหารคลองส่งน้ำ และความถี่ในการปรับบาน ที่กำหนดไว้ว่าถ้าระบบที่มีความถี่ของการตรวจวัดและปรับบานสูงมีความสามารถควบคุมระดับน้ำให้อยู่ที่ระดับเป้าหมายได้ดีกว่าระบบที่มีความถี่ของการตรวจวัดและ

ปรับบานต่ำ โดยระหว่างวันที่ 4 ตุลาคม 2553 – 7 พฤศจิกายน 2553 มีการปรับลดระดับน้ำเป้าหมายลงในทุกช่วงคลอง เนื่องจากช่วงเวลาดังกล่าวพื้นที่ส่งน้ำของคลอง 5L – 2L บางส่วนเกิดน้ำท่วม ดังนั้นเพื่อเป็นการลดแรงกดดันด้านมวลชนในพื้นที่ โครงการจึงมีนโยบายปรับลดระดับน้ำในคลอง 5L – 2L ในทุกช่วงคลองลง

4.) จากการเปรียบเทียบค่าทั้ง 4 วิธีในการตรวจวัด

4.1 ค่า MAE = 22 % จากวิธีการ COM_NF_2/Day เนื่องจากได้ค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าน้อยที่สุด

4.2 ค่า IAE = 7 % จากวิธีการ COM_NF_2/Day เนื่องจากมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยน้อยที่สุด

4.3 ค่า RWLC = 45 % จากวิธีการ COM_NF_3/Day เนื่องจากได้ค่าความน่าเชื่อถือของการควบคุมระดับน้ำมากที่สุด

4.4 ค่า RMSE = 0.09 m จากวิธีการ COM_NF_2/Day เนื่องจากค่าความแปรปรวนในการควบคุมระดับน้ำมีค่าน้อยที่สุด

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการคำนวณค่าดัชนีทั้ง 4 วิธี ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณมีจำนวนมาก ค่าที่ได้ออกมาอาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้ ดังนั้นโครงงานครั้งต่อไปควรมีเกณฑ์ในการพิจารณาค่าดัชนีต่าง เพื่อที่จะได้ง่ายต่อการเปรียบเทียบ

เอกสารอ้างอิง

อุรินทร์ โสตรโยม, วราวุธ วุฒิวณิชย์ และ วิชญ์ ศรีวงษา. 2552. การประเมินผลสัมฤทธิ์สนการควบคุมการส่งน้ำของระบบคลองอัตโนมัติ

วราวุธ วุฒิวณิชย์ และวิชญ์ ศรีวงษา. 2547. ต้นแบบประตูยนต์ (Robogate). ชลกรณบับวันเสาร์ที่ 4 มกราคม 2547. สมาคมศิษย์เก่าวิศวกรรมชลประทานในพระบรมราชูปถัมภ์. น. 66-73

Clemmens, A.J., E. Bautista, B.T. Wahlin and R.J. Strand. 2005. Simulation of automatic canal control systems. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering.** 131 (4): 324 – 335

กรมชลประทาน. 2549. สถิติข้อมูลโครงการชลประทาน. สถิติโครงการชลประทาน. แหล่งที่มา http://www.rid.go.th/document/stat.htm, 25 พฤษภาคม 2550.

โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้อง. 2552. **รายงานสรุปโครงการประจำปี 2551.**

ภาคผนวก

ภาคผนวก

ตัวอย่างการคำนวณค่าดัชนี ต่างๆ