



คู่มือการใช้งาน

โปรแกรมวางแผนการใช้น้ำชลประทาน **WAPF 3 Rebuilt**

สวพ. 14/2569



กันยายน 2569

สำนักวิจัยและพัฒนา
กรมชลประทาน

คู่มือการใช้งาน

โปรแกรมวางแผนการใช้น้ำชลประทาน

(Water Allocation Planning Framework, WAPF 3 Rebuilt)

โดย

นายณฤพล สัตบุตร์

วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ

ส่วนวิจัยและพัฒนาด้านวิศวกรรม

สำนักวิจัยและพัฒนา

กรมชลประทาน

สวพ. 14/2569

คำนำ

โปรแกรมวางแผนการใช้น้ำชลประทาน (WAPF 3 Rebuilt) เป็นโปรแกรมที่พัฒนาต่อยอดจากโปรแกรม WAPF 3 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้คำนวณความต้องการใช้น้ำชลประทานของพืชเศรษฐกิจชนิดต่าง ๆ รวมทั้งความต้องการใช้น้ำของกิจกรรมอื่น ๆ ภายในพื้นที่ชลประทาน เช่น การอุปโภคบริโภค การเลี้ยงปศุสัตว์ ภาควัตถุศาสตร์ และการท่องเที่ยว เป็นต้น ในการพัฒนาและปรับปรุงโปรแกรมครั้งนี้ ได้มีการปรับปรุงโครงสร้างและกระบวนการทำงานของโปรแกรมในหลายด้าน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ความถูกต้อง และความสะดวกในการใช้งาน อาทิ การปรับปรุงโครงสร้างของโปรแกรมให้มีความเป็นระบบมากขึ้น การลดขั้นตอนการประมวลผลที่ไม่จำเป็น การปรับปรุงการตรวจสอบข้อมูล การปรับปรุงส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (User Interface) การพัฒนาการแสดงผลในรูปแบบกราฟ ตลอดจนการปรับปรุง Code ภายในเพื่อให้สามารถดูแลรักษาและพัฒนาต่อยอดได้ง่ายขึ้น ทั้งนี้ ยังคงหลักการคำนวณที่ถูกต้องตามหลักวิชาการ และสามารถรองรับการใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คู่มือการใช้งานฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่ออธิบายการใช้งานโปรแกรมอย่างเป็นลำดับขั้น ตั้งแต่ความเป็นมาและองค์ประกอบของโปรแกรม ความต้องการของระบบ วิธีการติดตั้ง การเตรียมและป้อนข้อมูล การประมวลผล ตลอดจนการแสดงผลลัพธ์ โดยมีคำอธิบายอย่างละเอียดพร้อมภาพประกอบ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถศึกษาและนำโปรแกรมไปใช้งานได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ ผู้พัฒนาหวังว่าเมื่อสิ้นสุดโครงการฯ โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นใหม่นี้จะช่วยอำนวยความสะดวก และเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานภายใน กรมชลประทาน ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการน้ำชลประทาน และช่วยให้สามารถปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น หากรายงานฉบับนี้มีข้อผิดพลาดประการใด ผู้พัฒนาขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ผู้พัฒนา
กันยายน 2569

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	ก
สารบัญตาราง	ข
สารบัญรูป	ค
บทนำ	1
การติดตั้งโปรแกรม	2
โครงสร้างโปรแกรม	2
การเตรียมข้อมูลสำหรับวางแผน	6
การวางแผนแบบมีอ่างเก็บน้ำ	15
การวางแผนแบบไม่มีอ่างเก็บน้ำ	22
เงื่อนไขการใช้งาน	23
เอกสารอ้างอิง	24
ภาคผนวก	27

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
ตารางผนวกที่ 1	ค่าการระเหยของน้ำจากภาควัดการระเหยแบบ Class A – Pan ที่ติดตั้งอยู่บริเวณอ่างเก็บน้ำ	38
ตารางผนวกที่ 2	ความสัมพันธ์ระหว่างความจุของน้ำในอ่างเก็บน้ำ พื้นที่ผิวน้ำในอ่างเก็บน้ำ และระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ	38
ตารางผนวกที่ 3	วิธีการประมาณค่าฝนใช้การของ กองอุทกวิทยา กรมชลประทาน (RID Hydrology Division)	39
ตารางผนวกที่ 4	วิธีการประมาณค่าฝนใช้การของ ECI (Engineering Consultant, Inc.)	39
ตารางผนวกที่ 5	วิธีการประมาณค่าฝนใช้การของ Acres (Acres International Ltd.)	40
ตารางผนวกที่ 6	อัตราการรั่วซึมในแปลงนา (Percolation, P)	42
ตารางผนวกที่ 7	อัตราการรั่วซึมของน้ำในบ่อปลา (Fishpond Seepage)	44

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
รูปที่ 1	รูปแบบชื่อไฟล์ของโปรแกรม WAPF 3 Rebuilt	2
รูปที่ 2	แผนงานฐานข้อมูลของโปรแกรม WAPF 3 Rebuilt (แถบสีเทา)	3
รูปที่ 3	แผนงานส่วนควบคุมและแสดงผลของโปรแกรม WAPF 3 Rebuilt (แถบสีเขียว)	4
รูปที่ 4	แผนงานส่วนแสดงผลของโปรแกรม WAPF 3 Rebuilt (แถบสีแดง)	5
รูปที่ 5	การกำหนดข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำของแผนงาน Inflow_db	8
รูปที่ 6	การป้อนข้อมูลค่าปริมาณน้ำฝนที่ตกลงบนพื้นที่ผิวน้ำในอ่างเก็บน้ำและค่าปริมาณน้ำทั้งหมดที่ รั่วซึมออกจากอ่างเก็บน้ำ	8
รูปที่ 7	การป้อนข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำผ่านแผนงาน Res_db	8
รูปที่ 8	การป้อนข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำผ่านหน้าจอการทำงาน	9
รูปที่ 9	การกำหนดและแสดงผลการคำนวณค่า Percentile Max และ Percentile Min	9
รูปที่ 10	การแสดงผลรวมของค่า Inflow ตลอดทั้งปี (Annual Inflow)	9
รูปที่ 11	ผลลัพธ์การจัดเรียงข้อมูลตามเกณฑ์ ปีน้ำมาก ปีน้ำน้อย และปีน้ำปกติ (ปีน้ำเฉลี่ย)	10
รูปที่ 12	ผลลัพธ์การคำนวณค่าเฉลี่ย Inflow รายวันตลอดปีกรณี ปีน้ำมาก ปีน้ำน้อย และปีน้ำปกติ (ปีน้ำเฉลี่ย)	10
รูปที่ 13	การกำหนดข้อมูลคุณสมบัติของอ่างเก็บน้ำ	11
รูปที่ 14	การป้อนข้อมูลคุณสมบัติของอ่างเก็บน้ำผ่านหน้าจอการทำงาน	11
รูปที่ 15	การป้อนข้อมูลโค้งความสัมพันธ์ของ Storage Elevation และ Surface Area	11
รูปที่ 16	การป้อนข้อมูลค่าการระเหยจากผิวดังการระเหยแบบ Class A – Pan รายเดือน ที่ถูกติด ตั้งอยู่บริเวณอ่างเก็บน้ำและบ่อปลา	12
รูปที่ 17	การป้อนข้อมูลค่า URC และ LRC	12
รูปที่ 18	การป้อนข้อมูลค่าปริมาณน้ำฝนที่ตกลงบนพื้นที่ผิวน้ำในอ่างเก็บน้ำและค่าปริมาณน้ำทั้งหมดที่ รั่วซึมออกจากอ่างเก็บน้ำ	13
รูปที่ 19	การกำหนดข้อมูลของแผนงาน Rain_db	13
รูปที่ 20	การกำหนดข้อมูลของแผนงาน Kc_db	14
รูปที่ 21	การกำหนดข้อมูลของแผนงาน ET _o _db	14
รูปที่ 22	การกำหนดข้อมูลของแผนงาน IRg_2	15
รูปที่ 23	หน้าจอการรับข้อมูลเพื่อใช้วางแผนการใช้น้ำชลประทานของแผนงาน IRg_1	15
รูปที่ 24	การกำหนดข้อมูลเพิ่มเติมในกรณีคำนวณค่าการใช้น้ำของบ่อปลาแบบละเอียด	16
รูปที่ 25	การกำหนดข้อมูลวิธีการประมาณค่าฝนใช้การของข้าว	17
รูปที่ 26	การกำหนดข้อมูลวิธีการประมาณค่าฝนใช้การของพืชอื่น ๆ	17
รูปที่ 27	การกำหนดข้อมูลวิธีการประมาณค่าฝนใช้การของบ่อปลา	17
รูปที่ 28	การกำหนดวันเริ่มต้นของการปลูกพืชหรือเริ่มกิจกรรมการใช้น้ำแต่ละรายการ	18
รูปที่ 29	การกำหนดขนาดพื้นที่เพาะปลูก	18
รูปที่ 30	ตารางรายการคำนวณ (List Box) ปุ่มเพิ่มรายการ ลบรายการ และล้างรายการ	19
รูปที่ 31	กราฟเส้นแสดงผลที่ได้จากการวางแผนการใช้น้ำชลประทานแบบมีอ่างเก็บน้ำ	20
รูปที่ 32	หน้าจอรับข้อมูลสรุปผลการคำนวณแบบที่ 1	20
รูปที่ 33	หน้าจอรับข้อมูลสรุปผลการคำนวณแบบที่ 2	20

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
รูปที่ 34	หน้าจอรับข้อมูลปฏิทินการปลูกพืช	20
รูปที่ 35	การสรุปผลการคำนวณแบบที่ 1 แผ่นงาน Report_1	21
รูปที่ 36	การสรุปผลการคำนวณแบบที่ 2 แผ่นงาน Report_2	21
รูปที่ 37	การป้อนข้อมูลเพื่อติดตามและจำลองสถานการณ์น้ำใหม่แผ่นงาน Sim_Chart	21
รูปที่ 38	กราฟเส้นแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการติดตามสถานการณ์น้ำในอ่างเก็บน้ำ	22
รูปที่ 39	กราฟแท่งแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการวางแผนการใช้น้ำชลประทานสำหรับกิจกรรม เกษตรกรรมและกิจกรรมอื่น ๆ	22
รูปผนวกที่ 1	แผนผังการใช้น้ำของบ่อปลา	43

โปรแกรมวางแผนการใช้น้ำชลประทาน

Water Allocation Planning Framework

(WAPF 3 Rebuilt)

บทนำ

การคำนวณค่าความต้องการน้ำชลประทานเพื่อนำมาใช้ประกอบการวางแผนและจัดสรรน้ำให้กับพื้นที่ชลประทาน เป็นงานที่มีความซับซ้อน เนื่องจากพื้นที่ชลประทานมีความหลากหลายทั้งด้านชนิดพืช พื้นที่เพาะปลูก ช่วงเวลาการเพาะปลูก และกิจกรรมการใช้น้ำด้านอื่น ๆ เช่น การเลี้ยงปลา การเลี้ยงกุ้ง การอุปโภค-บริโภค อุตสาหกรรม และการท่องเที่ยว ดังนั้น การประเมินความต้องการใช้น้ำให้มีความถูกต้องและเหมาะสมกับลักษณะการใช้น้ำของแต่ละกิจกรรม จึงมีความสำคัญสำหรับการวางแผนการใช้น้ำชลประทาน โดยเฉพาะในภาคเกษตรกรรม การให้น้ำแก่พืชมีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช การให้น้ำมากหรือน้อยเกินความต้องการอาจส่งผลต่อประสิทธิภาพการใช้น้ำและผลผลิตของพืชที่ได้รับ ในขณะเดียวกันการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ขนาดใหญ่ ยังต้องคำนึงถึงการกระจายน้ำให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่และช่วงระยะเวลาการใช้น้ำที่มีความต้องการแตกต่างกัน ดังนั้น การวางแผนการใช้น้ำจึงจำเป็นต้องอาศัยข้อมูล การคำนวณ และการวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ เพื่อให้สามารถจัดสรรน้ำที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดประโยชน์สูงสุดและสอดคล้องกับสถานการณ์น้ำในแต่ละช่วงเวลา

ในอดีตที่ผ่านมา การคำนวณและวางแผนการใช้น้ำชลประทานต้องอาศัยการคำนวณด้วยมือและการจัดทำข้อมูลด้วยวิธีการต่าง ๆ ซึ่งใช้เวลายาวนานและมีความซับซ้อนมากขึ้น เมื่อพื้นที่และกิจกรรมการใช้น้ำมีจำนวนเพิ่มขึ้น ต่อมาเมื่อเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เข้ามามีบทบาทในการปฏิบัติงาน จึงได้มีการนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาช่วยในการคำนวณและวางแผนการใช้น้ำ อย่างไรก็ตาม โปรแกรมสำเร็จรูปที่มีอยู่ในขณะนั้นจำนวนหนึ่งได้รับการพัฒนาจากต่างประเทศ มีข้อจำกัดด้านลิขสิทธิ์ ค่าใช้จ่าย และรูปแบบการทำงานที่อาจไม่สอดคล้องกับลักษณะงานของกรมชลประทาน การพัฒนาโปรแกรมขึ้นใช้ภายในหน่วยงานจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยลดข้อจำกัดดังกล่าวและสามารถออกแบบให้สอดคล้องกับลักษณะการปฏิบัติงานจริงได้มากขึ้น จากแนวคิดดังกล่าว โปรแกรม WAPF จึงได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการคำนวณค่าความต้องการน้ำชลประทาน โดยในระยะแรกมุ่งเน้นการคำนวณความต้องการน้ำของข้าวเป็นหลัก ก่อนที่จะได้รับการพัฒนาต่อยอดให้รองรับพืชเศรษฐกิจชนิดต่าง ๆ และกิจกรรมการใช้น้ำด้านอื่น ๆ ที่มีความหลากหลายมากขึ้นตามรูปแบบการใช้น้ำในพื้นที่ชลประทาน

การพัฒนาโปรแกรม WAPF มีมาอย่างต่อเนื่องตามความต้องการใช้งานและการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี จนพัฒนามาถึง WAPF 3 Rebuilt ซึ่งเป็นการพัฒนาต่อยอดโดยมีการปรับปรุงโครงสร้างภายในของโปรแกรม ระบบการประมวลผล การจัดการข้อมูล ส่วนติดต่อผู้ใช้งาน และการแสดงผล เพื่อให้โปรแกรมมีความเป็นระบบ ใช้งานได้สะดวก และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น รวมทั้งสามารถรองรับการทำงานร่วมกับระบบปฏิบัติการ Windows และโปรแกรม Microsoft Excel รุ่นใหม่ได้เหมาะสมยิ่งขึ้น

ความต้องการของระบบ

1. ความต้องการของฮาร์ดแวร์
 - 1.1 CPU x 86 bit หรือ x 64 bit ความเร็ว ≥ 1 GHz (รองรับ SSE2)
 - 1.2 หน่วยความจำ (RAM) ≥ 2 GB
 - 1.3 พื้นที่ว่างในดิสก์ ≥ 1 GB
 - 1.4 ความละเอียดจอ $\geq 1024 \times 768$ พิกเซล
2. ระบบปฏิบัติการที่สนับสนุน 32 bit และ 64 bit
 - 2.1 Windows 10 (32 - bit หรือ 64 - bit)
 - 2.2 Windows 11 (64 - bit)

3. ซอฟต์แวร์ที่จำเป็น

Microsoft Excel 2016 หรือ 2019 หรือ 2021 (32 - bit หรือ 64 - bit)
(แนะนำให้ใช้ Excel 2021 เพื่อประสิทธิภาพสูงสุด)

4. ข้อควรระวัง

4.1 โปรแกรมไม่สามารถใช้งานบน MacOS หรือ Excel Online หรือ Excel Mobile ได้

4.2 ควรตรวจสอบให้แน่ใจก่อนว่าโปรแกรม Excel ของผู้ใช้งาน ได้เปิดการใช้งานของ Macro ไว้แล้ว (Enable Macro)

การติดตั้งโปรแกรม

1. โปรแกรม WAPF 3 Rebuilt มีรูปแบบชื่อไฟล์ ดังรูปที่ 1

สำนักงานชลประทาน

WAPF-3-Rebuilt-1.xlsm

รูปที่ 1 รูปแบบชื่อไฟล์ของโปรแกรม WAPF 3 Rebuilt

2. วิธีการติดตั้งโปรแกรม WAPF 3 Rebuilt จะใช้วิธีการติดตั้งแบบ XCOPY deployment คือ การ Copy ไฟล์ที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานของโปรแกรมไปไว้ที่เครื่องคอมพิวเตอร์และไดรฟ์ที่ต้องการใช้งานโดยตรง ได้แก่ ไฟล์ WAPF-3-Rebuilt-1.xlsm และไฟล์ WAPFCHART.Gif

3. การตั้งค่าเบื้องต้นก่อนการใช้งาน

3.1 ตั้งค่าให้โปรแกรม Windows แสดงผลภาษาไทย (System Locale) ไปที่ Control Panel ⇨ Region ⇨ Administrative ⇨ Change System Local... ⇨ คลิกเลือก Thai(Thailand)

3.2 ตั้งค่ารูปแบบภาษาที่ต้องการ (Language Preference Formats) ไปที่ Control Panel ⇨ Region ⇨ Formats ⇨ Format: ⇨ คลิกเลือก Thai (Thailand)

3.3 ตั้งค่ารูปแบบปฏิทิน (Calendar formats) ไปที่ Control Panel ⇨ Region ⇨ Additional Setting ... ⇨ Date ⇨ Calendar type: ⇨ คลิกเลือก คริสต์ศักราช

4. หลังจากที่ได้ Copy ไฟล์โปรแกรม WAPF-3-Rebuilt-1.xlsm และไฟล์ WAPFCHART.Gif ไปที่เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ท่านต้องการ และตั้งค่าเบื้องต้นก่อนการใช้งานเรียบร้อยแล้วเวลาใช้งานก็สามารถ Double Click ที่ไฟล์ WAPF-3-Rebuilt-1.xlsm เพื่อเปิดไฟล์ขึ้นใช้งานได้โดยตรงหรือหากต้องการสะดวกมากขึ้นก็ให้คลิกขวาที่ไฟล์ WAPF-3-Rebuilt-1.xlsm จากนั้นคลิกเลือกคำสั่ง Send to และคลิกเลือกคำสั่ง Desktop (Create shortcut) ตามลำดับ เพื่อสร้าง Shortcut ที่ใช้เรียกโปรแกรม WAPF 3 Rebuilt จากหน้าจอ Desktop แทนการเรียกใช้โปรแกรมโดยตรง

โครงสร้างโปรแกรม

โปรแกรม WAPF 3 Rebuilt ถูกออกแบบให้ทำงานภายใต้สภาพแวดล้อมของ Microsoft Excel โดยใช้ภาษา VBA (Visual Basic for Applications) เป็นกลไกหลักในการประมวลผลข้อมูลและแสดงผลลัพธ์ โครงสร้างของโปรแกรมประกอบด้วยแผ่นงาน (Worksheet) และโมดูลคำสั่งที่มีหน้าที่เฉพาะ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถป้อนข้อมูล เรียกใช้การคำนวณและตรวจสอบผลได้อย่างเป็นระบบ ดังนี้

1. ส่วนฐานข้อมูลของโปรแกรม คือ แผ่นงานของที่ใช้ทำหน้าที่เป็นส่วนจัดเก็บข้อมูลพื้นฐานและค่าคงที่ต่าง ๆ ที่ใช้ประกอบในการคำนวณของโปรแกรม มีจำนวนทั้งสิ้น 9 แผ่นงาน เป็นแผ่นงานที่สามารถแก้ไขปรับปรุงได้ตามข้อกำหนดของโปรแกรม ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แผ่นงานฐานข้อมูลของโปรแกรม WAPF 3 Rebuilt (แถบสีเทา)

1.1 แผ่นงาน IRg_2 คือ แผ่นงานที่ใช้เก็บข้อมูลค่าความต้องการน้ำชลประทานทั้งหมดที่ใช้ในกิจกรรมการใช้น้ำชลประทานอื่น ๆ (ไม่รวมกิจกรรมเกษตรกรรม) โดยกำหนดเป็นข้อมูลการใช้น้ำชลประทานรายวัน หน่วย ล้าน ลบ.ม. และค่าความต้องการน้ำดังกล่าว จะต้องเมื่อการสูญเสียในระบบส่งน้ำของแต่ละกิจกรรมมาด้วยแล้ว

1.2 แผ่นงาน Inflow_scn คือ แผ่นงานที่ใช้แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำที่คาดว่าจะไหลเข้าอ่างเก็บน้ำในกรณีที่วางแผนการใช้น้ำชลประทานแบบพื้นที่ชลประทานรับน้ำต้นทุนจากอ่างเก็บน้ำ ตามเกณฑ์ปีน้ำมาก เกณฑ์ปีน้ำน้อย และเกณฑ์ปีน้ำปกติ (ปีน้ำเฉลี่ย)

1.3 แผ่นงาน Res_db คือ แผ่นงานที่ใช้เก็บข้อมูลคุณสมบัติของอ่างเก็บน้ำ ข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ข้อมูลโค้งความสัมพันธ์ของ ความจุอ่างเก็บน้ำ - ขนาดพื้นที่ผิวน้ำ - ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ ข้อมูลการระเหยของน้ำจากผิวดินการระเหยแบบ Class A - Pan ที่ติดตั้งอยู่ในบริเวณอ่างเก็บน้ำ ข้อมูลโค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ตกลงบนพื้นที่ผิวน้ำในอ่างเก็บน้ำ ข้อมูลการรั่วซึมจากอ่างเก็บน้ำ

1.4 แผ่นงาน Rain_db คือ แผ่นงานที่ใช้เก็บข้อมูลค่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน ของจังหวัดที่อยู่ในพื้นที่รับผิดชอบของ สำนักงานชลประทานที่ 1 - 17

1.5 แผ่นงาน Kc_db คือ แผ่นงานที่ใช้เก็บข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช จากวิธีการของ Penman - Monteith ครอบคลุมทุกชนิดพืชที่ได้จากวิจัยและทดลองโดย ส่วนการใช้น้ำชลประทาน สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา กรมชลประทาน

1.6 แผ่นงาน ETo_db คือ แผ่นงานที่ใช้เก็บข้อมูลค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง จากวิธีการของ Penman - Monteith ของจังหวัดที่อยู่ในพื้นที่รับผิดชอบของ สำนักงานชลประทานที่ 1 - 17

1.7 แผ่นงาน Inflow_db คือ แผ่นงานที่ใช้เก็บข้อมูลค่าสถิติปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำรายวันเป็นข้อมูลย้อนหลัง 30 ปี หรือเท่าที่มีการจัดบันทึกข้อมูลไว้ จะใช้ข้อมูลค่านี้เฉพาะการวางแผนการใช้น้ำ ฯ แบบมีอ่างเก็บน้ำเป็นแหล่งน้ำต้นทุนเท่านั้น

1.8 แผ่นงาน Crop_db คือ แผ่นงานที่ใช้เก็บข้อมูลค่าพารามิเตอร์ที่ใช้คำนวณค่าการใช้น้ำของบ่อเลี้ยงปลา ได้แก่ ระยะเวลาเตรียมบ่อปลาหรือสร้างคันดินเลน ปริมาณน้ำเตรียมบ่อปลาหรือสร้างคันดินเลน ระยะเวลาเติมน้ำบ่อปลาครั้งแรก ความลึกบ่อปลาเฉลี่ย ระยะเวลาเลี้ยงปลา อัตราการเปลี่ยนถ่ายน้ำบ่อปลา และจำนวนครั้งที่เปลี่ยนถ่ายน้ำต่อเดือน และค่าพารามิเตอร์ที่ใช้คำนวณค่าการใช้น้ำของพืช ได้แก่ ระยะเวลาเตรียมแปลงกล้า ปริมาณน้ำเตรียมแปลงกล้า ระยะเวลาเลี้ยงกล้า ปริมาณน้ำเลี้ยงกล้า ระยะเวลาเตรียมแปลงนาดำ ปริมาณน้ำเตรียมแปลงนาดำ ระยะเวลาเตรียมแปลงนาหว่าน ระยะเวลาหยุดส่งน้ำรอข้าวออก ปริมาณน้ำเตรียมแปลงนาหว่าน อัตราการรั่วซึมในแปลงนาสำหรับดินชนิดต่าง ๆ ระยะเวลาเตรียมแปลงพืชชนิดอื่น ๆ และปริมาณน้ำเตรียมแปลงสำหรับพืชชนิดอื่น ๆ หรือปริมาณน้ำข่วยยก

1.9 แผ่นงาน E_db คือ แผ่นงานที่ใช้เก็บข้อมูลค่าประสิทธิภาพการชลประทาน (Overall Irrigation Efficiency) ซึ่งประกอบด้วยประสิทธิภาพการส่งน้ำ (Conveyance Efficiency) และประสิทธิภาพในแปลงเพาะปลูก (Application Efficiency) โดยสามารถกำหนดได้เป็นรายเดือน หรือจะกำหนดเป็นฤดูฝนและฤดูแล้ง ถ้าเป็นกรณีมีค่าประสิทธิภาพเพียงค่าเดียวให้ใส่ค่าเท่ากันทั้ง 12 เดือน กรณีแบ่งเป็นฤดูฝนและฤดูแล้งให้ใส่ค่าประสิทธิภาพแยกตามเดือนที่เป็นฤดูฝนและแยกตามเดือนที่เป็นฤดูแล้ง ยกตัวอย่างเช่น ฤดูแล้งอยู่ในช่วงเดือน พ.ย. - เม.ย. มีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 50 % ก็ให้ใส่ค่า 50 เท่ากันในทุก ๆ เดือน ตั้งแต่ พ.ย. - เม.ย. สำหรับฤดูฝนก็ดำเนินการในลักษณะเดียวกันกับฤดูแล้ง รวมทั้งสิ้น 12 เดือน ตลอดช่วงระยะเวลาที่พิจารณา (1 ปี)

2. ส่วนควบคุมและแสดงผล คือ แผ่นงานที่ใช้สั่งการประมวลผลผ่านคอนโทรล Command Button ใช้แสดงผลการคำนวณค่าความต้องการน้ำชลประทาน ค่าการจำลองสถานการณ์น้ำในอ่างเก็บน้ำ และค่าการติดตามสถานการณ์น้ำในอ่างเก็บน้ำแบบรายวัน แผ่นงานนี้มีจำนวนทั้งสิ้น 2 แผ่นงาน ดังรูปที่ 3

IRg_1 Sim_chart

รูปที่ 3 แผ่นงานส่วนควบคุมและแสดงผลของโปรแกรม WAPF 3 Rebuilt (แถบสีเขียว)

2.1 แผ่นงาน IRg_1 คือ แผ่นงานที่ใช้สั่งการประมวลผลโปรแกรมผ่านปุ่มกด Load WAPF 3 Rebuilt และใช้แสดงผลที่ได้จากการวางแผนการใช้น้ำชลประทานค่าต่าง ๆ เป็นรายวัน โดย แสดงผลการคำนวณค่าความต้องการน้ำชลประทานที่ได้จากการวางแผน ได้แก่ คอลัมน์ A แสดง วันที่ – เดือน – ปี ค.ศ. ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดระยะเวลาที่ใช้งานแผน คอลัมน์ B แสดงค่าปริมาณน้ำชลประทานสุทธิที่ต้องส่งเพื่อกิจกรรมเกษตรกรรม (Net Irrigation Requirement) คอลัมน์ C แสดงค่าประสิทธิภาพการชลประทาน คอลัมน์ D แสดงค่าปริมาณน้ำทั้งหมดที่ต้องส่งเพื่อกิจกรรมเกษตรกรรม (Gross Irrigation Requirement) คอลัมน์ E แสดงค่าปริมาณน้ำทั้งหมดที่ต้องส่งเพื่อกิจกรรมอื่น ๆ คอลัมน์ F แสดงค่าปริมาณน้ำรวมทั้งหมดที่ต้องส่งเพื่อกิจกรรมเกษตรกรรม + กิจกรรมอื่น ๆ และแสดงผลการคำนวณที่ได้จากการวางแผนการใช้น้ำชลประทานแบบมีอ่างเก็บน้ำ โดย คอลัมน์ H – U คอลัมน์ W – AF และ คอลัมน์ AH – AQ แสดงค่าคุณสมบัติของอ่างเก็บน้ำและค่าของผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์น้ำในอ่างเก็บน้ำ ได้แก่ ค่าปริมาณน้ำที่ระดับเก็บกักปกติ (Retention Storage) ค่าปริมาณน้ำที่ระดับเก็บกักต่ำสุด (Dead Storage) ค่าเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำตอนบน (Upper Rule Curve, URC) ค่าเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำตอนล่าง (Lower Rule Curve, LRC) ค่าปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำตลอดช่วงเวลาที่พิจารณา (Inflow₂) ปริมาณน้ำที่ระเหยจากพื้นที่ผิวน้ำของอ่างเก็บน้ำตลอดช่วงเวลาที่พิจารณา (Evaporation₂) ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงบนพื้นที่ผิวน้ำในอ่างเก็บน้ำตลอดช่วงเวลาที่พิจารณา (Surface Rainfall₂) ปริมาณน้ำที่รั่วซึมจากอ่างเก็บน้ำตลอดช่วงเวลาที่พิจารณา (Seepage₂) ค่าปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ ณ เวลาเริ่มต้นการพิจารณา (Storage₁) ค่าปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ ณ เวลาสิ้นสุดการพิจารณา (Storage₂) ค่าระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำเฉลี่ยตลอดช่วงระยะเวลาที่พิจารณา (Elevation₂) และปริมาณน้ำส่วนเกินที่ไหลล้นออกบริเวณทางระบายน้ำล้นตลอดช่วงเวลาที่พิจารณา (Spillway Overflow₂)

2.2 แผ่นงาน Sim_chart คือ แผ่นงานที่ใช้แสดงผลที่ได้จากการวางแผนการใช้น้ำชลประทานแบบมีอ่างเก็บน้ำแบบตารางและแบบกราฟ นอกจากนั้นยังใช้เป็นแผ่นงานสั่งการประมวลผลโปรแกรมเพื่อติดตามสถานการณ์น้ำที่เกิดขึ้นจริงในอ่างเก็บน้ำเทียบกับที่ได้วางแผนไปแล้วด้วย โดยการจำลองสถานการณ์น้ำใหม่และสามารถเริ่มจากจุดใดก็ได้ตามที่ผู้ใช้งานต้องการไปจนถึงสิ้นสุดช่วงระยะเวลาที่พิจารณา โดยสั่งจำลอง ฯ ผ่านปุ่มกด Re – Simulation S₂ โดย คอลัมน์ A แสดงผลลัพธ์ค่า วันที่ – เดือน – ปี ค.ศ. โดยเริ่มต้นจากวันที่เริ่มวางแผนไปจนถึงวันที่สิ้นสุดการวางแผน คอลัมน์ B แสดงผลลัพธ์ค่า Retention Storage คอลัมน์ C แสดงผลลัพธ์ค่า Dead Storage คอลัมน์ D แสดงผลลัพธ์ค่า URC ไปจนถึงสิ้นสุดช่วงเวลาที่พิจารณา (1 ปี) คอลัมน์ E แสดงผลลัพธ์ค่า LRC ไปจนถึงสิ้นสุดช่วงเวลาที่พิจารณา (1ปี) คอลัมน์ F แสดงผลลัพธ์ค่าปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำที่คาดการณ์ว่าจะเกิดขึ้น จากการจำลองสถานการณ์น้ำในอ่างเก็บน้ำในกรณีปีน้ำปกติ (ปีน้ำเฉลี่ย) ไปจนถึงสิ้นสุดช่วงเวลาที่พิจารณา (1 ปี) คอลัมน์ G แสดงผลลัพธ์ค่าปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำที่คาดการณ์ว่าจะเกิดขึ้น จากการจำลองสถานการณ์น้ำในอ่างเก็บน้ำในกรณีปีน้ำมาก ไปจนถึงสิ้นสุดช่วงเวลาที่พิจารณา (1 ปี) คอลัมน์ H แสดงผลลัพธ์ค่าปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำที่คาดการณ์ว่าจะเกิดขึ้น จากการจำลองสถานการณ์น้ำในอ่างเก็บน้ำ ในกรณีปีน้ำน้อย ไปจนถึงสิ้นสุดช่วงเวลาที่พิจารณา (1 ปี) และแผนภูมิเส้น (Line Chart) คอลัมน์ I แสดงผลลัพธ์การป้อนข้อมูลค่าปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำที่เกิดขึ้นจริงเพื่อติดตามสถานการณ์น้ำและเปรียบเทียบค่าปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำที่ได้วางแผนไว้ที่แผ่นงาน Sim_chart คอลัมน์ J แสดงผลลัพธ์การจำลองสถานการณ์น้ำในอ่างเก็บน้ำใหม่ คอลัมน์ K แสดงผลลัพธ์การป้อนข้อมูลค่าปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากการจำลองสถานการณ์น้ำในอ่างเก็บน้ำใหม่ คอลัมน์ L แสดงผลลัพธ์การป้อนข้อมูลค่าความต้องการน้ำชลประทานทั้งหมด ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากการจำลองสถานการณ์น้ำในอ่างเก็บน้ำใหม่ คอลัมน์ M – S แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์น้ำในอ่างเก็บน้ำใหม่ ได้แก่ ค่า Retention Storage ค่า Dead Storage ค่า URC ค่า LRC ค่า S_{2max} ค่า S_{2avg} และค่า S_{2min}

3. ส่วนแสดงผล คือ แผ่นงานที่ใช้แสดงผลการคำนวณแบบละเอียดเพียงอย่างเดียวห้ามแก้ไขตัดแปลงแผ่นงานในทุกกรณี แผ่นงานนี้มีจำนวนทั้งสิ้น 20 แผ่นงาน และมีแถบสีแดง ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 แผ่นงานส่วนแสดงผลของโปรแกรม WAPF 3 Rebuilt (แถบสีแดง)

3.1 แผ่นงาน Cum_chart คือ แผ่นงานที่ใช้แสดงผลที่ได้จากการวางแผนการใช้น้ำชลประทานแบบไม่มีอ่างเก็บน้ำเป็นแบบตาราง Excel และแบบแผนภูมิ โดย คอลัมน์ A แสดงผลลัพธ์ค่า วันที่ – เดือน – ปี ค.ศ. โดยเริ่มต้นจากวันที่เริ่มวางแผนไปจนถึงวันที่สิ้นสุดการวางแผน คอลัมน์ B แสดงผลลัพธ์ค่าปริมาณน้ำที่ส่งทั้งหมด หน่วย ล้าน ลบ.ม./วัน ไปจนถึงสิ้นสุดช่วงเวลาที่ใช้พิจารณา (1 ปี) คอลัมน์ C แสดงผลลัพธ์ค่าปริมาณน้ำที่ส่งทั้งหมดสะสม หน่วย ล้าน ลบ.ม./วัน ไปจนถึงสิ้นสุดช่วงเวลาที่ใช้พิจารณา (1 ปี) และแผนภูมิเส้น (Line Chart) ค่าปริมาณน้ำที่ต้องส่งทั้งหมด และค่าปริมาณน้ำที่ต้องส่งทั้งหมดสะสม

3.2 แผ่นงาน FP_Re คือ แผ่นงานที่ใช้แสดงผลการคำนวณค่าปริมาณฝนใช้การของบ่อปลาจากวิธีการต่าง ๆ ที่โปรแกรมกำหนด

3.3 แผ่นงาน FP_evap คือ แผ่นงานที่ใช้แสดงผลการคำนวณค่าปริมาณน้ำที่ระเหยจากบ่อปลา โดยจะแสดงข้อมูลตลอดทั้งปีที่ยาวแผน คำนวณจากสมการ Fishpond Evaporation (mm/month) = $0.75 \times \text{Class A} - \text{Pan Evaporation}$ (mm/month)

3.4 แผ่นงาน FP_LP คือ แผ่นงานที่ใช้แสดงผลการกำหนดระยะเวลาและความต้องการน้ำที่ใช้ในการเตรียมบ่อปลาตามช่วงระยะเวลาที่กำหนด

3.5 แผ่นงาน FP_seep คือ แผ่นงานที่ใช้แสดงผลอัตราการรั่วซึมของน้ำในบ่อปลาตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดระยะเวลาการเลี้ยงปลา

3.6 แผ่นงาน FP_drain คือ แผ่นงานที่ใช้แสดงผลค่าอัตราการรั่วซึมของน้ำจากบ่อปลารายวัน ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดระยะเวลาการเลี้ยงปลา

3.7 แผ่นงาน LP คือ แผ่นงานที่ใช้แสดงผลการกำหนดระยะเวลาและความต้องการน้ำที่ใช้ในการเตรียมแปลงของพืชแต่ละชนิดตามช่วงเวลาที่กำหนด

3.8 แผ่นงาน Kc คือ แผ่นงานที่ใช้แสดงผลค่า Kc ของแต่ละชนิดพืชตามที่ถูกผู้ใช้งานเลือกมาใช้วางแผนการใช้น้ำชลประทานตามช่วงเวลาที่กำหนด และเป็นข้อมูลที่ถูกต้องมาจากฐานข้อมูลของโปรแกรม

3.9 แผ่นงาน ETo คือ แผ่นงานที่ใช้แสดงผลของค่า ETo ของแต่ละชนิดพืชที่ถูกต้องมาจากฐานข้อมูลของโปรแกรมเพื่อใช้ในการคำนวณเพื่อวางแผนการใช้น้ำชลประทานตลอดช่วงระยะเวลาที่วางแผน

3.10 แผ่นงาน ET คือ แผ่นงานที่ใช้แสดงผลการคำนวณค่าความต้องการใช้น้ำของพืชแต่ละชนิดตามที่ถูกผู้ใช้งานโปรแกรมได้เลือกไว้ตามช่วงเวลาที่ต้องการ โดยแสดงอยู่ในเทอมของความลึกของน้ำที่พืชต้องการใช้ในการเจริญเติบโตทั่วพื้นที่เพาะปลูกที่ถูกผู้ใช้งานกำหนด ($ET = K_c \times ETo$)

3.11 แผ่นงาน P คือ แผ่นงานที่ใช้แสดงผลค่าอัตราการรั่วซึมในแปลงนาที่ได้มาจากการป้อนข้อมูลตามช่วงเวลาที่ผู้ใช้งานโปรแกรมกำหนด

3.12 แผ่นงาน Re คือ แผ่นงานที่ใช้แสดงผลค่าปริมาณฝนใช้การรายวัน ตามวิธีการคำนวณที่ผู้ใช้งานโปรแกรมเป็นผู้กำหนด โดยคำนวณตลอดช่วงระยะเวลาที่ใช้งานแผน (1 ปี)

3.13 แผ่นงาน Res_evap คือ แผ่นงานที่ใช้แสดงผลค่าการระเหยของน้ำจากผิวดินการระเหยแบบ Class A – Pan และแสดงผลการคำนวณค่าการระเหยของน้ำจากอ่างเก็บน้ำรายวันในเทอมของความลึกของน้ำทั่วพื้นที่ผิวน้ำในอ่างเก็บน้ำ

3.14 แผ่นงาน IRn_dep คือ แผ่นงานที่ใช้แสดงผลการคำนวณค่าความต้องการน้ำชลประทานที่พืชต้องการใช้ในการเตรียมแปลง และใช้ในการเจริญเติบโตตั้งแต่เริ่มปลูกจนถึงเก็บเกี่ยว ของพืชแต่ละชนิดตามช่วงเวลาที่กำหนดในเทอมความลึกของน้ำเหนือพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมด ($IRn_dep = K_c \times ETo + P - Re$)

3.15 แผ่นงาน IRn_vol คือ แผ่นงานที่ใช้แสดงผลการคำนวณค่าความต้องการน้ำชลประทานที่พืชต้องการใช้ในการเตรียมแปลง และใช้ในการเจริญเติบโตตั้งแต่เริ่มปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวของการปลูกพืชแต่ละชนิดตามช่วงเวลาที่กำหนด ในเทอมปริมาตรของน้ำเหนือพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมด ($IRn_vol = IRn_depth \times \text{Area (ไร่)} \times 1600 / 1000$)

3.16 แผ่นงาน Area คือ แผ่นงานที่ใช้แสดงผลการกำหนดขนาดของพื้นที่เพาะปลูกของพืชแต่ละชนิดตามช่วงเวลาที่กำหนด

3.17 แผ่นงาน Report_1 (รายงานผลการคำนวณแบบที่ 1) คือ แผ่นงานที่ใช้แสดงค่าผลรวมปริมาณน้ำชลประทานที่ใช้เพื่อการเกษตรกรรม ค่าผลรวมปริมาณน้ำชลประทานที่ใช้เพื่อกิจกรรมอื่น ๆ ตามช่วงเวลาที่ผู้ใช้งานกำหนด และสรุปค่าผลรวมปริมาณน้ำชลประทานที่ต้องใช้ทั้งหมดทุกกิจกรรมเป็นค่าผลรวมรายเดือนตลอดช่วงระยะเวลา 1 ปี ที่วางแผน

3.18 แผ่นงาน Report_2 (รายงานผลการคำนวณแบบที่ 2) คือ แผ่นงานที่ใช้แสดงค่าผลรวมปริมาณน้ำชลประทานที่ต้องใช้ในการปลูกพืชแยกตามชนิดของพืชที่เลือก และแยกกิจกรรมการใช้น้ำอื่น ๆ ตามช่วงเวลาที่ผู้ใช้งานกำหนด

3.19 แผ่นงาน Crop_cal (Crop Calendar) คือ แผ่นงานที่ใช้แสดงแผนภาพขั้นตอนและกำหนดการเพื่อดำเนินการกิจกรรมการใช้น้ำเพื่อการเกษตรและกิจกรรมการใช้น้ำเพื่อกิจกรรมอื่น ๆ

3.20 แผ่นงาน List คือ แผ่นงานที่ใช้แสดงรายการ ชนิดพืช ช่วงเวลา สถานที่เพาะปลูก ระยะเวลาและปริมาณน้ำเตรียมแปลง ตามที่ผู้ใช้งานกำหนดเวลาวางแผนการปลูกพืช คอลัมน์ A แสดงลำดับที่ (id) ของการรับข้อมูลการวางแผนการปลูกพืช คอลัมน์ B แสดงรายการชนิดพืชที่ปลูก คอลัมน์ C แสดง วันที่ - เดือน - ปี ค.ศ. ที่เริ่มปลูกพืชแต่ละชนิด คอลัมน์ D แสดงสถานที่เพาะปลูก อำเภอ หรือ จังหวัด คอลัมน์ E แสดงขนาดพื้นที่เพาะปลูก (ไร่) คอลัมน์ F แสดงค่าการรั่วซึมในแปลงนา (มม./วัน) คอลัมน์ G แสดงค่าจำนวนวันที่ใช้ในการเตรียมแปลงนาดำ (วัน) คอลัมน์ H แสดงค่าปริมาณน้ำที่ใช้ในการเตรียมแปลงนาดำในเทอมของความลึกของน้ำเหนือพื้นที่เตรียมแปลงทั้งหมด (มม.) คอลัมน์ I แสดงค่าจำนวนวันที่ใช้ในการเตรียมแปลงนาหว่าน (วัน) คอลัมน์ J แสดงค่าจำนวนวันที่หยุดส่งน้ำเพื่อรอข้าวแปลงนาหว่านออก (วัน) คอลัมน์ K แสดงค่าปริมาณน้ำที่ใช้ในการเตรียมแปลงนาหว่านในเทอมของความลึกของน้ำเหนือพื้นที่เตรียมแปลงทั้งหมด (มม.) คอลัมน์ L แสดงค่าจำนวนวันที่ใช้ในการเตรียมแปลงพืชไร่ พืชผัก ไม้ผล และพืชอื่น ๆ (วัน) คอลัมน์ M แสดงค่าปริมาณน้ำที่ใช้ในการเตรียมแปลงในเทอมของความลึกของน้ำเหนือพื้นที่เตรียมแปลงทั้งหมดของพืชไร่ พืชผัก ไม้ผล และพืชอื่น ๆ (มม.) คอลัมน์ N แสดงค่าจำนวนวันที่ใช้ในการเตรียมแปลงกล้า (วัน) คอลัมน์ O แสดงค่าปริมาณน้ำที่ใช้ในการเตรียมแปลงกล้าในเทอมของความลึกของน้ำเหนือพื้นที่เตรียมแปลงกล้าทั้งหมด (มม.) คอลัมน์ P แสดงค่าจำนวนวันที่ใช้ในการเลี้ยงกล้า (วัน) คอลัมน์ Q แสดงค่าปริมาณน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกล้าในเทอมของความลึกของน้ำเหนือพื้นที่เลี้ยงกล้าทั้งหมด (มม.)

3.21 แผ่นงาน Main_db คือ แผ่นงานที่ใช้สำหรับจัดเก็บข้อความและข้อมูลอ้างอิงที่ใช้ในการแสดงผลของโปรแกรม ได้แก่ ข้อความบนส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (User Interface) ข้อความหัวตารางและรายงาน ชื่อเดือน รหัสและชื่อพืช ตลอดจนข้อความที่เกี่ยวข้องกับส่วนต่าง ๆ ของโปรแกรม การจัดเก็บข้อมูลดังกล่าวแยกออกจาก Code ของโปรแกรม ช่วยให้สามารถปรับปรุงข้อความและข้อมูลที่แสดงผลได้สะดวก โดยไม่จำเป็นต้องแก้ไขกระบวนการทำงานของโปรแกรม

การเตรียมข้อมูลสำหรับวางแผน

1. การวิเคราะห์ข้อมูล Inflow (เฉพาะกรณีมีอ่างเก็บน้ำ)

วิเคราะห์ข้อมูลสถิติปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำรายวัน (Daily Inflow) ตาม Scenarios ต่าง ๆ ที่โปรแกรมได้กำหนดไว้ ได้แก่ ปีน้ำมาก ปีน้ำน้อย และปีน้ำปกติ (ปีน้ำเฉลี่ย) โดยจะทำงานร่วมกับแผ่นงาน Inflow_db ผู้ใช้งานโปรแกรมจะต้องวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนนี้ให้เสร็จก่อนการวางแผนการใช้น้ำชลประทานแบบมีอ่างเก็บน้ำ โดยมีข้อกำหนดในการป้อนข้อมูลอ่างเก็บน้ำค่า Inflow (รวมค่า Surface Rainfall และ Seepage ด้วย) แบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ

กรณีที่ 1 ถ้าผู้ใช้งานโปรแกรมมีข้อมูลค่า Inflow ที่ประมาณค่ามาจากสมการ Water Balance ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้กันโดยทั่วไปเพื่อประมาณค่า Inflow ที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำแทนการวัดข้อมูลหรือประมาณค่า Inflow โดยตรงซึ่งทำได้ยาก และการประมาณค่าโดยวิธีนี้จะใช้ข้อมูลค่าการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำ (Δ Elevation) ที่ได้บันทึกไว้ในช่วงระยะเวลาที่พิจารณา มาอ่านค่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำหรือปริมาตรน้ำในอ่างเก็บน้ำ

(Δ Storage) และค่าพื้นที่ผิวน้ำในอ่างเก็บน้ำ (Surface Area) จากโค้งความสัมพันธ์ของ ปริมาณน้ำ - พื้นที่ผิวน้ำ - ระดับน้ำ (Storage - Surface Area - Elevation Curve) ร่วมกับข้อมูลอ่างเก็บน้ำค่าอื่น ๆ ที่ได้ถูกบันทึกไว้ ได้แก่ ข้อมูลค่าการระเหยจากผิวดินแบบ Class A - Pan ที่ติดตั้งอยู่บริเวณอ่างเก็บน้ำ และข้อมูลปริมาณน้ำชลประทานที่ต้องส่งเพื่อกิจกรรมต่าง ๆ (Irrigation Water Requirement) วิธีการประมาณค่าในลักษณะที่ได้กล่าวมาแล้วนี้ ความถูกต้องของการประมาณค่า ขึ้นอยู่กับความถูกต้องของโค้งความสัมพันธ์ของ Storage - Surface Area - Elevation Curve แต่ยังคงอาจมีความคลาดเคลื่อนจากตัวแปรที่ไม่ทราบค่าอยู่ เช่น ค่า Surface Rainfall ค่า Seepage และค่าตัวแปรอื่น ๆ ที่ไม่สามารถหาค่าได้ หรือประมาณค่าได้ยาก หรือเป็นค่าที่ไม่ได้มีการตรวจวัดข้อมูลไว้ ซึ่งตัวแปรทั้งหลายเหล่านี้แม้ไม่ปรากฏให้เห็นในสมการแต่ยังคงมีผลกระทบ หรือมีอิทธิพลต่อผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณอยู่ ตัวแปรในลักษณะแบบนี้มักถูกรวมเข้าด้วยกันแล้วเรียกตัวแปรในลักษณะดังกล่าวนี้ว่าเป็น ค่าคลาดเคลื่อนของสมการสมดุลของน้ำในอ่างเก็บน้ำ (Residual Term or Error Term of Water Balance Equation) ดังนั้นค่า Inflow ที่ประมาณค่าได้มาจากวิธีการแบบนี้จะมีค่าความคลาดเคลื่อน (Residual Term) จากตัวแปรที่ไม่ทราบค่าหรือไม่สามารถหาค่าได้แฝงอยู่อย่างแนบเนียน ดังนั้นถ้าข้อมูลค่า Inflow ของผู้ใช้โปรแกรมได้มาด้วยวิธีนี้ ก็ควรบ่อนข้อมูลเฉพาะค่า Inflow เท่านั้น ไม่จำเป็นต้องบ่อนค่า Rainfall และค่า Seepage เพราะอาจจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากระดับน้ำที่เปลี่ยนแปลงในระหว่างช่วงเวลาที่พิจารณา นั้นเปลี่ยนแปลงมาจากค่าของตัวแปรต่าง ๆ ของสมการ Water Balance ทั้งตัวแปรที่ทราบค่าและตัวแปรที่ไม่ทราบค่าครบทุกตัวแปรแล้ว ดังนั้นค่า Inflow ในลักษณะแบบนี้จึงมักไม่ใช่ค่า Inflow อย่างเดียวเท่านั้น แต่จะมีค่าคลาดเคลื่อนอื่น ๆ แฝงอยู่ด้วยเสมอ

กรณีที่ 2 ถ้าผู้ใช้งานโปรแกรมมีข้อมูลค่า Inflow ค่า Surface Rainfall และค่า Seepage เป็นข้อมูลที่ได้มาจากการประมาณค่าโดยตรงจากสถานีวัด (Metrological Station) หรือประมาณค่าจากการคำนวณด้วยข้อมูลที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ (Pertinent Data) หรือประมาณค่าจากการศึกษาและวิจัย ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Research and Management) หรือประมาณค่าจากแบบจำลองคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) หรือประมาณค่าจากวิธีการอื่น ๆ นอกจากที่ได้กล่าวมาแล้ว ในกรณีที่ข้อมูลดังกล่าวครบทั้ง 3 ค่า ให้บ่อนข้อมูลค่า Inflow ที่แผ่นงาน Inflow_db หน่วย ล้าน ลบ.ม./วัน ค่า Rainfall และค่า Seepage ให้บ่อนข้อมูลที่แผ่นงาน Res_db โดยที่ค่า Surface Rainfall และค่า Seepage โดยบ่อนข้อมูลในรูปแบบของความลึกของน้ำ หน่วย มม. แต่ถ้าผู้ใช้งานโปรแกรมมีข้อมูลไม่ครบทั้ง 3 ค่า ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วจะขาดข้อมูลค่า Seepage ก็ให้บ่อนข้อมูลเฉพาะค่า Inflow และค่า Rainfall ได้ หรือถ้ามีข้อมูลเฉพาะค่า Inflow อย่างเดียว ก็สามารถบ่อนข้อมูลเฉพาะค่า Inflow อย่างเดียวก็ได้ ในกรณีที่ข้อมูลไม่ครบในลักษณะแบบนี้โปรแกรมยังคงประมวลผลได้ตามปกติ เพียงแต่ค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแปรที่ไม่มีข้อมูลหรือที่ขาดหายไป (Residual Term) ยิ่งมีจำนวนมากความถูกต้องของการจำลองสถานการณ์น้ำยิ่งลดลง

การจำลองสถานการณ์น้ำด้วยหลักการของ Water Balance ของทั้ง 2 กรณี จะมีรูปแบบสมการสมดุลของน้ำในอ่างเก็บน้ำ ดังสมการที่ 1

$$S_{t+1} = S_t + I_{t+1} + \text{Rain}_{t+1} - \text{Plan}_{t+1} - \text{Evap}_{t+1} - \text{Seep}_{t+1} - \text{Over}_{t+1} \text{ --- (1)}$$

เมื่อ: S_{t+1} (Storage) คือ ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำที่เวลา $t+1$

S_t (Storage) คือ ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำที่เวลา t

I_{t+1} (Inflow) คือ ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำที่เวลา $t+1$

Rain_{t+1} (Rainfall) คือ ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงบนพื้นที่ผิวน้ำในอ่างเก็บน้ำที่เวลา $t+1$

Plan_{t+1} (Allocation Plan) คือ ปริมาณน้ำชลประทานเพื่อกิจกรรมต่าง ๆ จากการวางแผนที่เวลา $t+1$

Evap_{t+1} (Evaporation) คือ ปริมาณน้ำที่ระเหยจากพื้นที่ผิวน้ำของอ่างเก็บน้ำที่เวลา $t+1$

Seep_{t+1} (Seepage) คือ ปริมาณน้ำที่รั่วซึมออกจากอ่างเก็บน้ำที่เวลา $t+1$

Over_{t+1} (Spillway Overflow) คือ ปริมาณน้ำส่วนเกินที่ไหลล้นออกบริเวณทางระบายน้ำล้นที่เวลา $t+1$

1.1 การป้อนข้อมูลปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำรายวัน (Daily Inflow) หน่วย ล้าน ลบ.ม. ที่แผนงาน Inflow_db โดยให้ป้อนปี ค.ศ. ของข้อมูลปีแรกเริ่มที่เซลล์ B2 และป้อนข้อมูลค่า Inflow เริ่มที่เซลล์ B3 ซึ่งเป็นค่า Inflow ของ วันที่ 1 มกราคม ไปจนถึงค่าของวันที่ 31 ธันวาคม รวมทั้งสิ้นจำนวน 366 วัน จากนั้นป้อนข้อมูลของปีถัดไป โดยป้อนปี ค.ศ. ของข้อมูลปีถัดไปที่เซลล์ C2 และเริ่มป้อนข้อมูลค่า Inflow เริ่มที่เซลล์ C3 ซึ่งเป็นค่า Inflow ของ วันที่ 1 มกราคม ไปจนถึงค่าของวันที่ 31 ธันวาคม รวมทั้งสิ้นจำนวน 366 วัน เช่นเดียวกัน ทำเช่นเดียวกันนี้ไปเรื่อย ๆ จนครบตามข้อมูลในอดีตทั้งหมดที่ได้บันทึกข้อมูลไว้ตามลำดับ หากปีไหนเดือน ก.พ. ไม่มีวันที่ 29 ให้ป้อนข้อมูลของวันที่ 29 ก.พ. ด้วย โดยหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลระหว่าง วันที่ 28 ก.พ. และ 1 มี.ค. มาป้อนข้อมูลในวันที่ 29 ก.พ. แทน ดังรูปที่ 5

เวลาบันทึกข้อมูล (วันที่-เดือน)	ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำรายวัน (Sigma Inflow) หน่วย ล้าน ลบ.ม.									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
01-ม.ค.	0.03118	Inflow	0.4054069	0.2168821	0.2459402	0.0590042	0.1600699	0.1474823	0.39558319	0.0911111
02-ม.ค.	0.03102		0.2596114	0.0897468	0.161709	0.0707142	0.1602743	0.0868243	0.39546282	0.0711111
03-ม.ค.	0.03157		0.2596114	0.0897485	0.1338769	0.059534	0.1602743	0.0855421	0.28495659	0.0411111
04-ม.ค.	0.03183413		0.2596114	0.0897502	0.1338769	0.0598485	0.1602743	0.0731952	0.25813169	0.0872101
05-ม.ค.	0.05630962		0.2596114	0.0897519	0.1338769	0.0455575	0.0567881	0.0855618	0.3265784	0.075009

รูปที่ 5 การกำหนดข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำของแผนงาน Inflow_db

1.2 (ถ้ามี) การป้อนข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ตกลงบนพื้นที่ผิวน้ำในอ่างเก็บน้ำ (Surface Rainfall Depth) ในเทอมของความลึกของน้ำ และค่าปริมาณน้ำทั้งหมดที่รั่วซึมออกจากอ่างเก็บน้ำ (Seepage Depth) ในเทอมของความลึกของน้ำ ที่แผนงาน Res_db เป็นข้อมูลรายวันตลอดทั้งปี หน่วย มม. โดย คอลัมน์ P คือ ค่า วันที่ - เดือน อ้างอิง (คอลัมน์ P นี้ห้ามแก้ไขตัดแปลงทุกกรณี) คอลัมน์ Q คือ ค่าปริมาณน้ำฝนที่ตกลงบนพื้นที่ผิวน้ำในอ่างเก็บน้ำในเทอมของความลึก และคอลัมน์ R คือค่าปริมาณน้ำที่รั่วซึมออกจากอ่างเก็บน้ำทั้งหมดในเทอมของความลึก คอลัมน์ S - U เป็นค่าที่ได้จากการคำนวณ (ห้ามป้อนข้อมูล) ดังรูปที่ 6

[7] กำหนด คำนวณที่ตกลงบนพื้นที่ผิวน้ำในอ่างเก็บน้ำ และ การรั่วซึมในอ่างเก็บน้ำ (ถ้ามี)			[8] ผลลัพธ์จากการวางแผน (ห้ามป้อนข้อมูล)		
Date (วันที่-เดือน)	Surface rainfall data (มม.)	Seepage data (มม.)	Date (วันที่-เดือน)	Surface rainfall plan (มม.)	Seepage plan (มม.)
01-ม.ค.	↓	↓	01/01/2024		
02-ม.ค.			02/01/2024		
03-ม.ค.			03/01/2024		
04-ม.ค.			04/01/2024		
05-ม.ค.			05/01/2024		

รูปที่ 6 การป้อนข้อมูลค่าปริมาณน้ำฝนที่ตกลงบนพื้นที่ผิวน้ำในอ่างเก็บน้ำ และค่าปริมาณน้ำทั้งหมดที่รั่วซึมออกจากอ่างเก็บน้ำ

1.3 การป้อนข้อมูลค่าปีเริ่มต้นของฐานข้อมูล Inflow เป็นปีคริสต์ศักราช หน่วย ค.ศ. (A.D.) ค่าปีสิ้นสุดของฐานข้อมูล Inflow เป็นปีคริสต์ศักราช หน่วย ค.ศ. (A.D.) ค่าเกณฑ์ปีน้ำมาก หรือ Percentile at Max หน่วย % และค่าเกณฑ์ปีน้ำน้อย หรือ Percentile at Min หน่วย % ดังรูปที่ 7 และ ดังรูปที่ 8

หมายเหตุ: การกำหนดข้อมูลค่า Percentile สามารถกำหนดใหม่ได้ทุกครั้งที่มีการวางแผนการส่งน้ำ สำหรับค่า Maximum Percentile และ Minimum Percentile โปรแกรมได้กำหนดค่ามาตรฐานไว้ให้แล้วเท่ากับ 80% และ 20% ตามลำดับ แต่ทั้งสองค่านี้ผู้ใช้งานสามารถแก้ไขปรับปรุงได้ ขึ้นอยู่กับดุลยพินิจและประสบการณ์ในการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำของผู้ใช้งาน

[2] กำหนดค่า ฐานข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ		
ปีเริ่มต้นของฐานข้อมูล (พิมพ์ตัวเลข)	2010	ปี ค.ศ. (A.D.)
ปีสิ้นสุดของฐานข้อมูล (พิมพ์ตัวเลข)	2019	ปี ค.ศ. (A.D.)
เกณฑ์ปีน้ำมาก (Percentile at Max) (พิมพ์ตัวเลข)	80	60% - 95%
เกณฑ์ปีน้ำน้อย (Percentile at Min) (พิมพ์ตัวเลข)	20	5% - 40%
Percentile 80 %	127.8676	ล้าน ลบ.ม.
Percentile 20 %	81.1044	ล้าน ลบ.ม.

รูปที่ 7 การป้อนข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำผ่านแผนงาน Res_db

รูปที่ 8 การป้อนข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำผ่านหน้าจอการทำงาน

1.4 การสังเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำจะทำงานร่วมกับแผนงาน Inflow_db และก่อนการประมวลผลโปรแกรมทุกครั้งควรสั่งล้างข้อมูลเก่าผ่านปุ่มคำสั่ง Clear ก่อน แล้วจึงสังเคราะห์ค่าทางสถิติผ่านปุ่มคำสั่ง Analyze ซึ่งมีขั้นตอนการประมวลผลดังนี้

1.4.1 ตรวจสอบการป้อนข้อมูล ปี ค.ศ. เริ่มต้น และสิ้นสุดช่วงการพิจารณาจากผู้ใช้งานว่าต้องการวิเคราะห์ข้อมูลระหว่างช่วงปี ค.ศ. ไດ โดยจำนวนปีของข้อมูลน้อยที่สุดที่สามารถวิเคราะห์ได้ คือ 3 ปี ต่อเนื่องกัน (ไม่นับปีปัจจุบันที่คำนวณ) จากนั้นโปรแกรมจะนำข้อมูลที่ได้มาหาผลรวมของค่า Inflow ตลอดทั้งปี (Annual Inflow) จากนั้นโปรแกรมจะนำข้อมูลผลรวมของค่า Inflow อ่างเก็บน้ำรายปีมาคำนวณค่า Percentile Max และ Percentile Min โดยการกำหนดค่าและการแสดงผลลัพธ์ค่า Percentile ดังกล่าวจะแสดงที่หน้าจอการคำนวณ (ค่ามาตรฐานของโปรแกรม คือ 80% และ 20% ตามลำดับ สามารถเปลี่ยนแปลงได้) และแบ่งกลุ่มข้อมูล Inflow ออกเป็น 3 กลุ่ม โดยดูจากค่า Percentile ที่คำนวณได้ โดยข้อมูลในปี ค.ศ. ไດก็ตามที่ผลรวมของค่า Inflow รายปีน้อยกว่าหรือเท่ากับค่า Percentile min จะเป็นตัวแทนข้อมูลของปีน้ำน้อย ข้อมูลในปี ค.ศ. ที่ผลรวมของค่าคาดการณ์รายปีมากกว่าหรือเท่ากับค่า Percentile Max จะเป็นตัวแทนของข้อมูลปีน้ำมาก และข้อมูลในปี ค.ศ. ที่ผลรวมของค่าคาดการณ์รายปีอยู่ระหว่างค่า Percentile Max และค่า Percentile Min จะเป็นตัวแทนข้อมูลปีน้ำปกติหรือปีน้ำเฉลี่ย ดังรูปที่ 9 และ ดังรูปที่ 10

รูปที่ 9 การกำหนดและแสดงผลลัพธ์การคำนวณค่า Percentile Max และ Percentile Min

Reservoir inflow scenarios selection							
Year	Annual Inflow (ล้าน ลบ.ม.)	Maximum Years	Maximum Inflow (ล้าน ลบ.ม.)	Average Years	Average Inflow (ล้าน ลบ.ม.)	Minimum Years	Minimum Inflow (ล้าน ลบ.ม.)
2010	89.513	-	-	2010	89.513	-	-
2011	234.063	2011	234.063	-	-	-	-
2012	147.634	2012	147.634	-	-	-	-
2013	99.229	-	-	2013	99.229	-	-
2014	46.669	-	-	-	-	2014	46.669
2015	47.47	-	-	-	-	2015	47.47
2016	90.334	-	-	2016	90.334	-	-
2017	122.926	-	-	2017	122.926	-	-
2018	115.129	-	-	2018	115.129	-	-
2019	107.103	-	-	2019	107.103	-	-

รูปที่ 10 การแสดงผลรวมของค่า Inflow ตลอดทั้งปี (Annual Inflow)

1.4.2 นำข้อมูลค่า Inflow ในแต่ละกลุ่มข้อมูลมาเรียงจาก ปีน้ำมาก ปีน้ำน้อย และปีน้ำปกติ (ปีน้ำเฉลี่ย) เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยรายวันตลอดทั้งปีของข้อมูลแต่ละกลุ่ม ดังรูปที่ 11

Max 2011	Max 2012	Avg 2010	Avg 2013	Avg 2016	Avg 2017	Avg 2018	Avg 2019	Min 2014	Min 2015
0.072607193	0.405406926	0.031188896	0.216882101	0.160069853	0.147482295	0.395583192	0.057835935	0.245940191	0.059004167
0.048264942	0.259611355	0.031702779	0.089746834	0.160274282	0.086824257	0.39546282	0.07330785	0.161709026	0.070714213
0.048307064	0.259611355	0.031767695	0.089748519	0.160274282	0.085542138	0.284956593	0.042784888	0.133876896	0.059534036
0.050628444	0.259611355	0.031834126	0.089750217	0.160274282	0.073195249	0.258131688	0.087210123	0.133876896	0.059848483
0.038268908	0.259611355	0.056309624	0.089751928	0.056788085	0.085561784	0.326578397	0.075009035	0.133876896	0.045557547
0.048414834	0.259611355	0	0.089753652	0.017482061	0.135952518	0.314170642	0.07512481	0.133876896	0.034260029
0.011404453	0.259611355	0	0.08975389	0.042311579	0.086555106	0.42467687	0.087493629	0.133876896	0.041334608
0.063087062	0.16261182	0.188991843	0.08975714	0.099080884	0.086572033	0.245722409	0.036810643	0.133876896	0.052677249
0.063095203	0.175024669	0.128311395	0.048359775	0.08523098	0.068739938	0.111423489	0.165371915	0.133876896	0.041334608
0.198938222	0.175024669	0.103985875	0.147403009	0.110009267	0.069456208	0.16103898	0.304558889	0.133876896	0.052682289

รูปที่ 11 ผลลัพธ์การจัดเรียงข้อมูลตามเกณฑ์ ปีน้ำมาก ปีน้ำน้อย และปีน้ำปกติ (ปีน้ำเฉลี่ย)

1.4.3 คำนวณหาค่าเฉลี่ยรายวันของกลุ่มข้อมูลทั้ง 3 กลุ่ม ได้แก่กรณีของปีน้ำมาก ปีน้ำน้อย และปีน้ำปกติ (ปีน้ำเฉลี่ย) ก็จะได้ข้อมูลที่ใช้เป็นตัวแทนในการต่อข้อมูลค่า Inflow เพื่อใช้ในการจำลองสถานการณ์น้ำในอ่างเก็บน้ำ ดังรูปที่ 12

ตารางแผน (วันที่-เดือน)	Reservoir inflow forecasting with 3 Scenarios		
	Max Year (ล้าน ลบ.ม.)	Avg Year (ล้าน ลบ.ม.)	Min Year (ล้าน ลบ.ม.)
01-ม.ค.	0.23900706	0.16817371	0.15247218
02-ม.ค.	0.15393815	0.13955314	0.11621162
03-ม.ค.	0.15395921	0.11584569	0.09670547
04-ม.ค.	0.1551199	0.11673261	0.09686269
05-ม.ค.	0.14894013	0.11499981	0.08971722

รูปที่ 12 ผลลัพธ์การคำนวณค่าเฉลี่ย Inflow รายวันตลอดปีกรณี ปีน้ำมาก ปีน้ำน้อย และปีน้ำปกติ (ปีน้ำเฉลี่ย)

2. การกำหนดข้อมูลแผนงาน Res_db (เฉพาะกรณีมีอ่างเก็บน้ำ)

2.1 ป้อนข้อมูลคุณสมบัติของอ่างเก็บน้ำ ได้แก่ค่า ระดับเก็บกักปกติ หน่วย ม.รทก. ปริมาณน้ำที่ระดับเก็บกักปกติ หน่วย ล้าน ลบ.ม. ปริมาณน้ำที่ระดับเก็บกักต่ำสุด หน่วย ล้าน ลบ.ม. ความยาวทางระบายน้ำสั้น หน่วย ม. การป้อนข้อมูลในส่วนนี้สามารถป้อนข้อมูลได้ 2 วิธี คือ ป้อนข้อมูลด้วยการพิมพ์ข้อมูลที่แผนงาน Res_db โดยตรง หรือป้อนข้อมูลผ่านหน้าจอการทำงานของโปรแกรม แท็บ กำหนดข้อมูลอ่างเก็บน้ำ สรุปรายงาน และปฏิทินการปลูกพืช (ในการป้อนข้อมูลพื้นฐานคุณสมบัติของอ่างเก็บน้ำจะป้อนข้อมูลครั้งแรกในการใช้งานเพียงครั้งเดียว หรือจะป้อนข้อมูลอีกครั้งก็ต่อเมื่อเปลี่ยนอ่างเก็บน้ำที่ต้องการวางแผนการส่งน้ำใหม่) ดังรูปที่ 13 - 14

2.2 ป้อนข้อมูลปริมาณน้ำเริ่มต้น ณ วันเริ่มวางแผน หน่วย ล้าน ลบ.ม. โดยการป้อนข้อมูลปริมาณน้ำที่ช่อง ปริมาณน้ำ ณ วันเริ่มวางแผนฯ ดังรูปที่ 13 - 14

2.3 ป้อนข้อมูล เกณฑ์การจำลองสถานการณ์น้ำ (Scenario) คือ ค่าทางสถิติของปริมาณน้ำที่คาดการณ์ว่าจะไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ (Inflow) โดยค่าดังกล่าวเกิดขึ้นจากการวิเคราะห์ข้อมูลอ่างเก็บน้ำรายวัน ค่า Inflow ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ค่าทางสถิติที่อยู่บนหน้าจอการทำงานของแท็บ Analysis Tools & Reports และแสดงผลการคำนวณที่แผนงาน Inflow_scn โดยกำหนดเกณฑ์การจำลองสถานการณ์น้ำออกเป็น 4 รูปแบบ เพื่อใช้พิจารณาว่าปริมาณน้ำหรือปริมาตรน้ำในอ่างเก็บน้ำตั้งแต่เริ่มต้นพิจารณาจนถึงสิ้นสุดช่วงเวลาที่จะพิจารณา (1 ปี) จะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรในแต่ละวัน คือ จำลองฯ ทุกกรณี (All) คือจำลองแบบปีน้ำมาก ปีน้ำน้อย และปีน้ำปกติ (ปีน้ำเฉลี่ย) พร้อมกัน จำลองฯ แบบปีน้ำมาก (Max) เกณฑ์มากกว่าค่า Percentile Max จำลองฯ แบบปีน้ำน้อย (Min) เกณฑ์น้อยกว่าค่า Percentile Min และ จำลองฯ แบบปีน้ำปกติ (Avg) เกณฑ์ระหว่างค่า Percentile Max และ Percentile Min ดังรูปที่ 13 - 14

2.4 ป้อนข้อมูล ชั้นของความละเอียด หรือค่าของการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำว่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงครั้งละเท่าไรในการวนรอบการคำนวณ (Trial and Error Reservoir Water Level) ด้วยสมการสมดุลของน้ำในอ่างเก็บน้ำ (Water Balance) โดยการพิมพ์ลงที่ช่องด้านหลัง ชั้นความละเอียดของระดับน้ำ ตามรูปแบบที่โปรแกรมกำหนดคือ 1 mm หรือ 1 cm (1 มม. หรือ 1 ซม.) ตามลำดับ ดังรูปที่ 13 - 14

2.5 ป้อนข้อมูล ค่าสัมประสิทธิ์ในการระบายน้ำข้ามสันฝาย (C) โดยโปรแกรมกำหนดค่าเริ่มต้นให้เท่ากับ 2.1 โดยทั่วไปจะมีค่าอยู่ในช่วง 1.8 ถึง 2.5 (ในระบบหน่วยเมตริก) สามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้ตามลักษณะของสันฝายของทางระบายน้ำสั้นในแต่ละอ่างเก็บน้ำ โดยการพิมพ์ลงที่ช่องด้านหลัง ค่าสัมประสิทธิ์ในการระบายน้ำข้ามสันฝาย (C) ตามรูปแบบที่โปรแกรมกำหนด ดังรูปที่ 13

[1] กำหนดค่า คุณสมบัติของอ่างเก็บน้ำ		
ระดับเก็บกักปกติ (พิมพ์ตัวเลข)	318.00	ม.รทก.
ปริมาณน้ำที่ระดับเก็บกักปกติ (พิมพ์ตัวเลข)	13.00	ล้าน ลบ.ม.
ปริมาณน้ำที่ระดับเก็บกักต่ำสุด (พิมพ์ตัวเลข)	2.85	ล้าน ลบ.ม.
ความยาวทางระบายน้ำสัน (พิมพ์ตัวเลข)	93.54	ม.
ปริมาณน้ำ ณ วันเริ่มวางแผน (พิมพ์ตัวเลข)	5.00	ล้าน ลบ.ม.
เกณฑ์การจำลองสถานการณ์น้ำ (พิมพ์ตัวเลข)	min	all หรือ avg หรือ max หรือ min
ชั้นความละเอียดของระดับน้ำ (พิมพ์ตัวเลข)	1 mm	1 mm หรือ 1 cm
ค่าสัมประสิทธิ์ในการระบายน้ำข้ามสันฝาย (C)	2.1	Equation : $Q = CLH^3/2$

รูปที่ 13 การกำหนดข้อมูลคุณสมบัติของอ่างเก็บน้ำ

☒ Reservoir Parameters

[1] ระดับเก็บกักปกติ (m msl)	318
[2] ปริมาณน้ำที่ระดับเก็บกักปกติ (Mm ³)	13
[3] ปริมาณน้ำที่ระดับเก็บกักต่ำสุด (Mm ³)	2.85
[4] ความยาวทางระบายน้ำสัน (m)	93.54
[5] เกณฑ์การจำลอง (all, avg, max, min inflow)	min
[6] ชั้นความละเอียดของระดับน้ำสัน (1 mm, 1 cm)	1 mm
[7] ปริมาณน้ำเริ่มวางแผน (Mm ³)	5

รูปที่ 14 การป้อนข้อมูลคุณสมบัติของอ่างเก็บน้ำผ่านหน้าจอการทำงาน

2.6 ป้อนข้อมูลโค้งความจุหรือโค้งความสัมพันธ์ของ ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ (Storage) หน่วย ล้าน ลบ.ม. ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ (Elevation) หน่วย ม.รทก. และ พื้นที่ผิวน้ำในอ่างเก็บน้ำ (Surface Area) หน่วย ตร.กม. โดย คอลัมน์ E คือ ค่า Storage คอลัมน์ F คือ ค่า Elevation คอลัมน์ G คือ ค่า Surface Area ดังรูปที่ 15

[3] กำหนดค่าโค้งความจุ - ระดับน้ำ - พื้นที่ผิวน้ำ ของอ่างเก็บน้ำ		
Storage (ล้าน ลบ.ม.)	Elevation (ม.รทก.)	Surface Area (ตร.กม.)
0	293	0
0.05	294	0.015
0.1	295	0.025
0.15	296	0.035
0.2	297	0.05
0.25	298	0.065

รูปที่ 15 การป้อนข้อมูลโค้งความสัมพันธ์ของ Storage Elevation และ Surface Area

2.7 ป้อนข้อมูลค่าการระเหยจากสภาพวัดการระเหยแบบ Class A - Pan รายเดือน ที่ถูกติดตั้งอยู่บริเวณ อ่างเก็บน้ำ และ บริเวณบ่อปลา หน่วย มม./เดือน โดย คอลัมน์ I คือ ค่าของเดือนแสดงเป็นตัวเลข โดย คอลัมน์ J คือ ค่าการระเหยตลอดทั้งเดือน (เฉลี่ยย้อนหลัง 30 ปี หรือเฉลี่ยเท่าที่มีการบันทึกข้อมูลไว้) ดังรูปที่ 16

[4] กำหนดค่าการระบายบริเวณอ่างเก็บน้ำ	
(เดือน)	Class A - Pan (mm)
1	141
2	143
3	172
4	176
5	156
6	145
7	150
8	147
9	116
10	121
11	140
12	151

หมายเหตุ: 1=ม.ค., 2=ก.พ., ... 12=ธ.ค.

[5] กำหนดค่าการระบายบ่อปลา	
(เดือน)	Class A - Pan (mm)
1	141
2	143
3	172
4	176
5	156
6	145
7	150
8	147
9	116
10	121
11	140
12	151

หมายเหตุ: 1=ม.ค., 2=ก.พ., ... 12=ธ.ค.

รูปที่ 16 การป้อนข้อมูลค่าการระบายจากถาดวัดการระบาย
แบบ Class A - Pan รายเดือน ที่ถูกติดตั้งอยู่บริเวณอ่างเก็บน้ำและบ่อปลา

2.8 ป้อนข้อมูลมูลค่าเกณฑ์เก็บกักน้ำสูงสุด (Upper Rule Curve, URC) คอลัมน์ M และ เกณฑ์เก็บกักน้ำต่ำสุด (Lower Rule Curve, LRC) คอลัมน์ N หน่วย ล้าน ลบ.ม. โดยดูจาก วัน - เดือน ที่อ้างอิง คอลัมน์ L (คอลัมน์ L นี้ห้ามแก้ไขตัดแปลงทุกกรณี) ดังรูปที่ 17

[6] กำหนดโค้งปรับจัดการอ่างเก็บน้ำ		
Date (วัน-เดือน)	URC (ล้าน ลบ.ม.)	LRC (ล้าน ลบ.ม.)
01-ม.ค.	11.80	6.19
02-ม.ค.	11.80	6.18
03-ม.ค.	11.80	6.17
04-ม.ค.	11.80	6.17
05-ม.ค.	11.80	6.16

รูปที่ 17 การป้อนข้อมูลค่า URC และ LRC

2.9 ป้อนข้อมูลค่าปริมาณน้ำฝนที่ตกลงบนพื้นที่ผิวน้ำในอ่างเก็บน้ำ (Surface Rainfall Depth) ในเทอมของความลึกของน้ำ และค่าปริมาณน้ำทั้งหมดที่รั่วซึมออกจากอ่างเก็บน้ำ (Seepage Depth) ในเทอมของความลึกของน้ำ ระหว่างช่วงระยะเวลาที่พิจารณา (1 วัน) หน่วย มม. โดย คอลัมน์ P คือค่า วัน - เดือน อ้างอิง (คอลัมน์ P นี้ห้ามแก้ไขตัดแปลงทุกกรณี) คอลัมน์ Q คือ ค่าปริมาณน้ำฝนที่ตกลงบนพื้นที่ผิวน้ำในอ่างเก็บน้ำในเทอมของความลึก และคอลัมน์ R คือ ค่าปริมาณน้ำที่รั่วซึมออกจากอ่างเก็บน้ำทั้งหมดในเทอมของความลึก คอลัมน์ S - U เป็นค่าที่ได้จากการคำนวณ (ห้ามป้อนข้อมูล) ดังรูปที่ 18 (ดูเพิ่มเติมที่ข้อ 1.1 เรื่อง การวิเคราะห์ข้อมูล Inflow (ค่า Rainfall และ Seepage จะป้อนข้อมูลในลักษณะเดียวกัน))

หมายเหตุ: โปรแกรม WAPF 3 Rebuilt จะคำนวณหาปริมาณของน้ำฝนที่ตกลงบนพื้นที่ผิวน้ำ และปริมาณของน้ำที่รั่วซึมออกจากอ่างเก็บน้ำตลอดช่วงระยะเวลาที่พิจารณา โดยการคูณความลึกของน้ำด้วยพื้นที่ผิวน้ำในอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย และเพื่อลดความยุ่งยากในการจำลอง ฯ โปรแกรมจะใช้พื้นที่ผิวน้ำ ณ ช่วงเวลาที่เริ่มต้นพิจารณาแทนค่าพื้นที่ผิวน้ำเฉลี่ย

[7] กำหนด ค่าน้ำฝนที่ตกลงบนพื้นที่ผิวน้ำในอ่างเก็บน้ำ และ การรั่วซึมในอ่างเก็บน้ำ (ถ้ามี)			[8] ผลลัพธ์จากการวางแผน (ห้ามป้อนข้อมูล)		
Date (วันที่-เดือน)	Surface rainfall data (มม.)	Seepage data (มม.)	Date (วันที่-เดือน)	Surface rainfall plan (มม.)	Seepage plan (มม.)
01-ม.ค.			01/01/2024		
02-ม.ค.			02/01/2024		
03-ม.ค.			03/01/2024		
04-ม.ค.			04/01/2024		
05-ม.ค.			05/01/2024		

รูปที่ 18 การป้อนข้อมูลค่าปริมาณน้ำฝนที่ตกลงบนพื้นที่ผิวน้ำในอ่างเก็บน้ำ
และค่าปริมาณน้ำทั้งหมดที่รั่วซึมออกจากอ่างเก็บน้ำ

3. การกำหนดข้อมูลแผนงาน Crop_db (ถ้ามี)

3.1 ตรวจสอบและแก้ไขข้อมูลค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ใช้ประกอบในการคำนวณหาค่าการใช้
ของพืช เป็นข้อมูลที่ได้กำหนดเบื้องต้นไว้ให้แล้ว (แก้ไขได้) ได้แก่ ค่าการรั่วซึมในแปลงนา ของดินแต่ละชนิด
หน่วย มม./วัน ระยะเวลาเตรียมแปลงนาค่า - นาหว่าน หน่วย วัน ปริมาณน้ำเตรียมแปลงนาค่า - นาหว่าน
หน่วย มม. ระยะเวลาเตรียมแปลงพืชไร่ พืชผัก ไม้ผล และพืชอื่น ๆ หน่วย วัน และปริมาณน้ำเตรียมแปลงพืชไร่
พืชผัก ไม้ผล และพืชอื่น ๆ หน่วย มม. ข้อมูลต่าง ๆ เหล่านี้ อ้างอิงจากข้อมูลเผยแพร่ที่ได้จากงานวิจัยฯ ของ ส่วน
การใช้น้ำชลประทาน สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา ผู้ใช้งานสามารถแก้ไขปรับปรุงข้อมูลได้ แต่ต้อง
แก้ไขให้อยู่ในข้อกำหนดของโปรแกรม และอยู่ในรูปแบบโครงสร้างของตารางเดิมที่โปรแกรมกำหนดให้เท่านั้น
ห้ามดัดแปลงหรือแก้ไขรูปแบบตารางโดยเด็ดขาดเพราะจะส่งผลกระทบต่อความผิดพลาดในการคำนวณ และเป็น
ข้อผิดพลาดที่ตรวจสอบได้ยาก

3.2 ตรวจสอบและแก้ไขข้อมูลค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ใช้ประกอบในการคำนวณหาค่าการใช้
ของบ่อปลา เป็นข้อมูลที่ได้กำหนดเบื้องต้นไว้ให้แล้ว (แก้ไขได้) ได้แก่ ระยะเวลาเตรียมบ่อปลา หน่วย วัน ความต้องการ
น้ำเตรียมบ่อปลา หน่วย มม. ระยะเวลาเติมน้ำบ่อปลาครั้งแรก หน่วย วัน ความลึกของบ่อปลาเฉลี่ย ระยะเวลาการ
เลี้ยงปลา หน่วย ม. เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนถ่ายน้ำ หน่วย % อัตราการเปลี่ยนถ่ายน้ำต่อเดือน หน่วย ครั้ง และอัตรา
การรั่วซึมของน้ำในบ่อปลาผ่านชั้นของดินเลนชนิดต่าง ๆ หน่วย มม./วัน

4. การกำหนดข้อมูลแผนงาน Rain_db (ถ้ามี)

ตรวจสอบและแก้ไขข้อมูลค่าปริมาณน้ำฝนที่ตกลงบนพื้นที่เพาะปลูกเป็น รายอำเภอ หรือ จังหวัด เฉลี่ย
ย้อนหลัง 30 ปี หรือเฉลี่ยเท่าที่มีการบันทึกข้อมูลไว้ หน่วย มม./เดือน ผู้ใช้งานโปรแกรมสามารถแก้ไขปรับปรุง
ฐานข้อมูลได้ เช่น เพิ่มข้อมูลชื่อ จังหวัด หรือ อำเภอ ที่ท่านมีข้อมูลและไม่มีอยู่ในโปรแกรม หรือปรับปรุงฐานข้อมูล
ค่าปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่มีอยู่ในฐานข้อมูลของโปรแกรม โดยแก้ไขให้อยู่ในรูปแบบของตารางเดิมตามที่โปรแกรม
กำหนดเท่านั้น ห้ามดัดแปลงหรือแก้ไขรูปแบบตาราง ดังรูปที่ 19

Rainfall (เดือน)	เชียงใหม่ (มม.)	แม่ฮ่องสอน (มม.)	ลำพูน (มม.)	ดอยอ่างขาง_เชียงใหม่ (มม.)	แม่สะเรียง_แม่ฮ่องสอน (มม.)	สภ.แม่โจ้_เชียงใหม่ (มม.)
มกราคม	12.7	11.6	9.6	21.7	6.3	4.7
กุมภาพันธ์	12.2	7.7	6.9	17.7	6.8	9.9
มีนาคม	22.8	23.1	19.3	33.7	26.4	28
เมษายน	56.7	61	54	93.6	50.1	53.5
พฤษภาคม	167.4	170.6	163.5	250.7	158.9	163.3
มิถุนายน	119.2	174.1	121.3	177.8	183.7	116.3
กรกฎาคม	148.3	227.9	134.6	314.6	200.3	179.1
สิงหาคม	215.4	253.1	192	379.9	223.9	181.2
กันยายน	210.8	196.4	217.9	304.5	178.4	201.3
ตุลาคม	127.1	118.5	110.7	217.8	122.3	96.8
พฤศจิกายน	40.5	34.9	35.3	45.8	24.4	38.5
ธันวาคม	15.6	11.4	10	15.3	9.4	22

รูปที่ 19 การกำหนดข้อมูลของแผนงาน Rain_db

5. การกำหนดข้อมูลแผนงาน Kc_db (ถ้ามี)

ตรวจสอบและแก้ไขข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (K_c) เป็น รายสัปดาห์ และ รายเดือน (ไม่มี
หน่วย) แผนงานนี้ได้ป้อนข้อมูลค่า K_c ของพืชที่ได้จากงานวิจัยฯ ไว้ให้แล้ว จำนวน 59 ชนิด ค่า K_c ที่ได้ดังกล่าวเป็น
ค่าที่คำนวณได้จากวิธีการของ Penman - Monteith โดยอ้างอิงจากข้อมูลเผยแพร่จากงานวิจัยฯ ของ ส่วนการใช้น้ำ
ชลประทาน สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา (ชนิดพืชที่มีเครื่องหมาย ** อยู่ด้านหลังจะอ้างอิงข้อมูลมาจาก

หน่วยงานของ FAO และหน่วยงานอื่น ๆ) ผู้ใช้งานโปรแกรมสามารถแก้ไขปรับปรุงฐานข้อมูลได้ เช่น เพิ่มฐานข้อมูลค่า K_c ที่ท่านมีข้อมูลและไม่มีอยู่ในโปรแกรม แต่ค่า K_c ดังกล่าวจะต้องมีรอบเวรการส่งน้ำเป็น รายสัปดาห์ หรือ รายเดือน เท่านั้น โดยแก้ไขให้อยู่ในหลักเกณฑ์และโครงสร้างตารางเดิม ห้ามดัดแปลงหรือแก้ไขรูปแบบตาราง ดังรูปที่ 20

Kc (รายสัปดาห์ หรือ รายเดือน)	บอปลา FPMonth	ดกกล้า (นาตา) N/A	ข้าว กข. (นาตา) week	ข้าว กข. (นาหวาน) week	ข้าวขาวดอกมะลิ 105 (นาหวาน) week	ข้าวสาลี week	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ week
1			1.03	0.8	0.66	0.50	0.63
2			1.07	1.05	0.79	0.52	0.72
3			1.12	1.25	0.97	0.61	0.86
4			1.29	1.4	1.18	0.76	1.13
5			1.38	1.5	1.35	1.11	1.35
6			1.45	1.55	1.51	1.26	1.52
7			1.5	1.6	1.61	1.33	1.61
8			1.48	1.63	1.64	1.38	1.63
9			1.42	1.68	1.62	1.37	1.58
10			1.34	1.6	1.6	1.32	1.50
11			1.23	1.5	1.55	1.14	1.38
12			0.94	1.36	1.46	0.83	1.15
13			0.86	1.08	1.28	0.62	0.90
14				0.65	1.08	0.46	0.67
15						0.39	
16							
17							
18							
19							
20							

รูปที่ 20 การกำหนดข้อมูลของแผ่นงาน Kc_db

6. การกำหนดข้อมูลแผ่นงาน ET_o_db (ถ้ามี)

ตรวจสอบและแก้ไขข้อมูลค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ET_o) หน่วย มม./วัน จากวิธีการของ Penman - Monteith คำนวณโดยใช้สถิติอุณหิณวิทยาเกษตรเฉลี่ยย้อนหลัง 30 ปี แผ่นงานนี้ได้ป้อนข้อมูลค่า ET_o ไว้ให้แล้ว โดยอ้างอิงจากข้อมูลเผยแพร่งานวิจัยฯ ของ ส่วนการใช้น้ำชลประทาน สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา (อำเภอหรือจังหวัด ที่มีเครื่องหมาย ** คือพื้นที่ ที่ใช้ข้อมูลค่า ET_o ของ อำเภอ หรือ จังหวัด ใกล้เคียงแทนไม่มีข้อมูลโดยตรง) ผู้ใช้งานโปรแกรมสามารถแก้ไขปรับปรุงฐานข้อมูลได้ตามข้อกำหนดของโปรแกรม ดังรูปที่ 21

ET _o (เดือน)	เชียงใหม่ (มม./วัน)	แม่ฮ่องสอน (มม./วัน)	ลำพูน (มม./วัน)	ดอยอ่างขาง_เชียงใหม่ (มม./วัน)	แม่สะเรียง_แม่ฮ่องสอน (มม./วัน)	สกล_แม่โจ้_เชียงใหม่ (มม./วัน)
มกราคม	2.96	2.73	2.37	2.74	2.69	3.18
กุมภาพันธ์	3.72	3.3	3.22	3.74	3.26	3.84
มีนาคม	4.55	4.18	3.94	4.79	4.1	3.84
เมษายน	5.26	4.84	4.57	4.82	4.72	4.49
พฤษภาคม	4.82	4.41	4.43	4.22	4.14	3.85
มิถุนายน	4.1	3.7	3.73	3.72	3.29	3.93
กรกฎาคม	3.63	3.21	3.41	3.24	3.01	3.37
สิงหาคม	3.5	3.09	3.25	3.1	2.77	3.64
กันยายน	3.65	3.29	3.41	3.13	3.02	2.84
ตุลาคม	3.58	3.27	3.04	2.86	3.1	3.13
พฤศจิกายน	3.23	3.07	2.59	2.66	2.87	3.15
ธันวาคม	2.87	2.68	2.31	2.49	2.65	2.59

รูปที่ 21 การกำหนดข้อมูลของแผ่นงาน ET_o_db

7. การกำหนดข้อมูลแผ่นงาน IRg_2 (ถ้ามี)

ตรวจสอบและแก้ไขข้อมูลค่าความต้องการน้ำชลประทานสำหรับกิจกรรมการใช้น้ำอื่น ๆ (ไม่รวม กิจกรรมเกษตรกรรม) โดยกำหนดเป็นข้อมูลรายวัน หน่วย ล้าน ลบ.ม. และค่าความต้องการน้ำดังกล่าวจะต้องเพื่อการสูญเสียในระบบส่งน้ำของแต่ละกิจกรรมมาด้วยแล้ว วิธีการป้อนข้อมูลสามารถเลือกป้อนข้อมูลเป็นปริมาณน้ำที่ต้องใช้รายวันตลอดทั้งปี หรือป้อนข้อมูลเป็นปริมาณน้ำที่ต้องใช้ในช่วงเวลาที่ใช้น้ำจริงรายวันก็ได้ โดยเริ่มกำหนดชื่อกิจกรรมการใช้น้ำต่าง ๆ ที่ช่องเซลล์ B1 ถึง K1 เรียงจากซ้ายไปขวา ห้ามเว้นช่องว่างไว้ เช่น อุตสาหกรรม ท่องเที่ยว รักษากระแสน้ำเป็นต้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนกิจกรรมทั้งหมดที่มี โดยสามารถกำหนดข้อมูลได้สูงสุด 10 กิจกรรม จากนั้นป้อนข้อมูลค่าความต้องการน้ำให้ตรงกับคอลัมน์ของแต่ละกิจกรรมเป็นข้อมูลรายวัน โดย เริ่มจากวันที่ 1 ม.ค. - 31 ธ.ค. หรือ เริ่มจากเซลล์ B3 ถึง B368 C3 ถึง C368 ... K3 ถึง K368 วันใดไม่ใช้น้ำให้ปล่อยเซลล์ว่างไว้ ดังรูปที่ 22

เวลาวางแผน (วันที่-เดือน)	กิจกรรม1 (ล้าน ลบ.ม.)	กิจกรรม2 (ล้าน ลบ.ม.)	กิจกรรม3 (ล้าน ลบ.ม.)	กิจกรรม4 (ล้าน ลบ.ม.)	กิจกรรม5 (ล้าน ลบ.ม.)
01-ม.ค.	0.01	0.005			
02-ม.ค.	0.01	0.005			
03-ม.ค.	0.01	0.005			

รูปที่ 22 การกำหนดข้อมูลของแผนงาน IRg_2

กิจกรรม6 (ล้าน ลบ.ม.)	กิจกรรม7 (ล้าน ลบ.ม.)	กิจกรรม8 (ล้าน ลบ.ม.)	กิจกรรม9 (ล้าน ลบ.ม.)	กิจกรรม10 (ล้าน ลบ.ม.)	รวม (ล้าน ลบ.ม.)
					0.015
					0.015
					0.015

รูปที่ 22 การกำหนดข้อมูลของแผนงาน IRg_2 (ต่อ)

การวางแผนแบบมีอ่างเก็บน้ำ (รับน้ำต้นทุนจากอ่างเก็บน้ำ)

การใช้งานหน้าจอวางแผนการใช้น้ำชลประทาน (User Form) อยู่บนแผนงาน IRg_1 เริ่มวางแผนฯ โดยคลิกที่ปุ่ม WAPF 3 Rebuilt จะปรากฏหน้าจอรับข้อมูลสำหรับวางแผนการใช้น้ำชลประทาน ดังรูปที่ 23 และมีขั้นตอนการใช้งานดังนี้

รูปที่ 23 หน้าจอการรับข้อมูลเพื่อใช้วางแผนการใช้น้ำชลประทานของแผนงาน IRg_1

1. [1] คลิกเลือก รูปแบบการวางแผน ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 กรณี ได้แก่ การวางแผนการใช้น้ำชลประทานแบบ มีอ่างเก็บน้ำ และการวางแผนการใช้น้ำชลประทานแบบ ไม่มีอ่างเก็บน้ำ กรณีมีอ่างเก็บน้ำ คือ พื้นที่ชลประทานรับน้ำต้นทุนจากอ่างเก็บน้ำ กรณีไม่มีอ่างเก็บน้ำ คือ พื้นที่ชลประทานรับน้ำต้นทุนจากแหล่งน้ำตามธรรมชาติ หรือแหล่งน้ำอื่น ๆ ดังรูปที่ 23

2. [2] คลิกเลือก ปี ค.ศ. - เดือน - วัน เริ่มแผน เพื่อกำหนด ปี ค.ศ. - เดือน - วัน ที่เริ่มวางแผนการใช้น้ำชลประทาน โดยการป้อนข้อมูลจะเริ่มจากการคลิกเลือก ปี ค.ศ. เป็นลำดับแรก ต่อมาให้เลือก เดือน แล้วคลิกเลือก วัน ตามลำดับ ดังรูปที่ 23

3. [3] คลิกเลือก สถานที่ คือ พื้นที่การใช้น้ำชลประทาน หรือ สถานที่เพาะปลูกพืชซึ่งกำหนดตามสถานีตรวจอากาศเกษตร (สถานที่ สัมพันธ์กับค่า ET_0 และค่าปริมาณน้ำฝน) ดังรูปที่ 23

4. [4] คลิกเลือก กิจกรรมเกษตรกรรม เพื่อเลือกชนิดพืชหรือกิจกรรมที่ต้องการนำมาคำนวณ โดยเลือกจากรายการใน List Box เมื่อเลือกกิจกรรมแล้ว โปรแกรมจะแสดงส่วนสำหรับกำหนดข้อมูลหรือคุณสมบัติเพิ่มเติมของกิจกรรมนั้น เพื่อใช้ประกอบการคำนวณ ดังรูปที่ 23

5. [5] (ถ้ามี) คลิกเลือก **ตกกล้าข้าว** ในกรณีที่ต้องการกำหนดหรือเปลี่ยนแปลงค่าจากค่าที่โปรแกรมกำหนดไว้เบื้องต้น ได้แก่ ระยะเวลาเตรียมแปลงกล้า หน่วย วัน ความต้องการน้ำเตรียมแปลงกล้า หน่วย มม. ระยะเวลาเลี้ยงกล้า หน่วย วัน และ ความต้องการน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกล้า หน่วย มม. ดังรูปที่ 23

หมายเหตุ: ในโปรแกรม WAPF 3 Rebuilt กำหนดให้กิจกรรมการตกกล้าข้าว เป็นกิจกรรมที่คำนวณแยกจากกิจกรรมข้าวนาดำ ผู้ใช้งานจึงสามารถกำหนดช่วงเวลาการเตรียมแปลง และเลี้ยงกล้าให้สอดคล้องกับการปฏิบัติงานจริงได้ หรืออาจกำหนดให้กิจกรรมการตกกล้าแล้วเสร็จก่อนเริ่มกิจกรรมข้าวนาดำตามแนวทางของโปรแกรมรุ่นเดิมก็ได้ หรือถ้ามองว่าการตกกล้าข้าวจะใช้พื้นที่เล็ก ๆ ในระยะเวลาอันสั้น และใช้น้ำไม่มากนัก จึงอาจประมาณรวมเอาความต้องการใช้น้ำเพื่อการตกกล้า เข้าไว้ในความต้องการน้ำเพื่อการปลูกข้าวทั้งหมดเลยก็ได้ทั้งนี้ การกำหนดวิธีการดังกล่าวควรพิจารณาตามลักษณะการปฏิบัติงานจริง ข้อมูลที่มี และวัตถุประสงค์ของการวางแผน

6. [6] (ถ้ามี) คลิกเลือก **ข้าว (นาดำ)** ในกรณีที่ต้องการกำหนดหรือเปลี่ยนแปลงค่าจากค่าที่โปรแกรมกำหนดไว้เบื้องต้น ได้แก่ ระยะเวลาเตรียมแปลงนาดำ หน่วย วัน และ ปริมาณน้ำเตรียมแปลงนาดำ หน่วย มม. ดังรูปที่ 23

7. [7] (ถ้ามี) คลิกเลือก **ข้าว (นาหว่าน)** ในกรณีที่ต้องการกำหนดหรือเปลี่ยนแปลงค่าจากค่าที่โปรแกรมกำหนดไว้เบื้องต้น ได้แก่ ระยะเวลาเตรียมแปลงนาหว่าน หน่วย วัน ระยะเวลาหยุดส่งน้ำรอข้าวงอก หน่วย วัน และ ความต้องการน้ำเตรียมแปลงนาหว่าน หน่วย มม. ดังรูปที่ 23

8. [8] (ถ้ามี) คลิกเลือก **การรั่วซึมในแปลงนา** ในกรณีที่ต้องการกำหนดหรือเปลี่ยนแปลงค่าจากค่าที่โปรแกรมกำหนดไว้เบื้องต้น โดยข้อมูลในส่วนนี้สัมพันธ์กับการคลิกเลือก ข้าว กข. (นาดำ) ข้าว กข. (นาหว่าน) หรือ ข้าวขาวดอกมะลิ 105 (นาหว่าน) ได้แก่ ชนิดของเนื้อดินในแปลงนา และ อัตราการรั่วซึมในแปลงนา หน่วย มม./วัน ดังตารางผนวกที่ 6 และรูปที่ 23

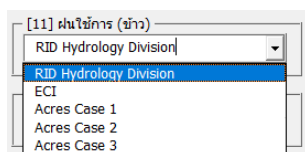
9. [9] (ถ้ามี) คลิกเลือก **พืชอื่น ๆ** ในกรณีที่ต้องการกำหนดหรือเปลี่ยนแปลงค่าจากค่าที่โปรแกรมกำหนดไว้เบื้องต้น โดยข้อมูลในส่วนนี้สัมพันธ์กับการคลิกเลือกพืชชนิดใดก็ตามที่ไม่ใช่ **ตกกล้า (นาดำ)** หรือ **ข้าว กข. (นาดำ)** หรือ **ข้าว กข. (นาหว่าน)** หรือ **ข้าวขาวดอกมะลิ 105 (นาหว่าน)** ได้แก่ ระยะเวลาเตรียมแปลงพืชอื่น ๆ หน่วย วัน และ ความต้องการน้ำเตรียมแปลง หรือปริมาณน้ำช่วยยกของพืชอื่น ๆ หน่วย มม. ดังรูปที่ 23

10. [10] (ถ้ามี) คลิกเลือก **บ่อปลา** ในกรณีที่ต้องการกำหนดหรือเปลี่ยนแปลงค่าจากค่าที่โปรแกรมกำหนดไว้เบื้องต้น โดยข้อมูลในส่วนนี้สัมพันธ์กับการคลิกเลือกบ่อปลา ได้แก่ ความลึกของบ่อปลาเฉลี่ย หน่วย ม. ระยะเวลาเตรียมบ่อ หน่วย วัน (ถ้ามี) ความต้องการน้ำที่ใช้ในการเตรียมบ่อปลา หน่วย มม. (ถ้ามี) ระยะเวลาเติมน้ำบ่อปลาครั้งแรก หน่วย วัน (ถ้ามี) ระยะเวลาเลี้ยงปลา หน่วย เดือน เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนถ่ายน้ำบ่อปลา หน่วย เปอร์เซ็นต์ (%) (ถ้ามี) อัตราการเปลี่ยนถ่ายน้ำต่อเดือน หน่วย ครั้ง/เดือน (ถ้ามี) ชนิดดินเลนกันบ่อ และอัตราการรั่วซึมของน้ำในบ่อปลา หน่วย มม./วัน ดังรูปที่ 24

[10] บ่อปลา	
ความลึกบ่อเฉลี่ย (ม.)	1.5
เวลาเตรียมบ่อ (วัน)	3
น้ำเตรียมบ่อ (มม.)	300
เวลาเติมน้ำครั้งแรก (วัน)	5
เวลาเลี้ยง (เดือน)	6
อัตราเปลี่ยนน้ำ (%/ค.)	20
รอบเวรเปลี่ยนน้ำ (ครั้ง/ค.)	1
ชนิดดินเลนกันบ่อ	ดินเหนียว
อัตรารั่วซึม (มม./วัน)	1

รูปที่ 24 การกำหนดข้อมูลเพิ่มเติมในกรณีคำนวณค่าการใช้น้ำของบ่อปลาแบบละเอียด

11. [11] **ฝนใช้การ (ข้าว)** คลิกเลือก วิธีการประมาณค่าฝนใช้การของข้าว ตามที่โปรแกรมกำหนดไว้ให้ เลือกใช้งาน ดังรูปที่ 25 และมีรายละเอียดดังนี้



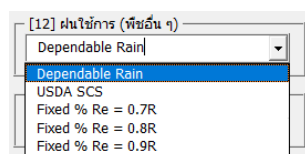
รูปที่ 25 การกำหนดข้อมูลวิธีการประมาณค่าฝนใช้การของข้าว

11.1 วิธีการของกองอุทกวิทยา กรมชลประทาน (RID Hydrology Division) เป็นวิธีการประมาณค่าปริมาณฝนใช้การในการทำนา โดยคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์จากฝนตกประจำวันของเดือนต่าง ๆ ดังตารางผนวกที่ 3

11.2 วิธีการของ ECI (Engineering Consultant, Inc.) วิธีนี้เป็นวิธีที่แนะนำโดยบริษัทวิศวกรที่ปรึกษา (Engineering Consultant, Inc.) ได้แนะนำให้คำนวณค่าปริมาณฝนใช้การ สำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ข้อเสนอแนะนี้ให้ถือว่า ถ้าฝนเฉลี่ยตลอดเดือนมีค่าไม่เกิน 200 มม. ฝนใช้การจะลดลงตามส่วนดังแสดงเป็นตัวเลขได้ ดังตารางผนวกที่ 4

11.3 วิธีการของ Acres (Acres International Ltd.) ในภาคกลาง บริษัท Acres International Ltd. ได้จัดทำรายงานการคำนวณปริมาณฝนใช้การไว้ ดังตารางผนวกที่ 5

12. [12] **ฝนใช้การ (พืชอื่น ๆ)** คลิกเลือก วิธีการประมาณค่าฝนใช้การของพืชอื่น ๆ ตามที่โปรแกรมกำหนดไว้ให้ เลือกใช้งาน ดังรูปที่ 26 และมีรายละเอียดดังนี้



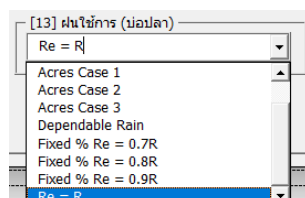
รูปที่ 26 การกำหนดข้อมูลวิธีการประมาณค่าฝนใช้การของพืชอื่น ๆ

12.1 Dependable Rainfall ดังสมการผนวกที่ 11 และดังสมการผนวกที่ 12 โดยสมการผนวกที่ 11 จะใช้คำนวณค่าฝนใช้การเมื่อปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยมีค่ามากกว่า 16.667 มม. ถ้าน้อยกว่าถือว่าไม่มีฝนใช้การ

12.2 วิธีการของ USDA SCS ดังสมการผนวกที่ 13 และสมการผนวกที่ 14

12.3 วิธีการของ Fixed Percentage of Rainfall ที่ระดับเปอร์เซ็นต์ของฝนใช้การเท่ากับ 70% 80% และ 90% ดังสมการผนวกที่ 15

13. [13] **ฝนใช้การ (บ่อปลา)** คลิกเลือก วิธีการประมาณค่าฝนใช้การของบ่อปลา จากวิธีการที่โปรแกรมกำหนดไว้ให้ เลือกใช้งาน ดังรูปที่ 27 และมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 27 การกำหนดข้อมูลวิธีการประมาณค่าฝนใช้การของบ่อปลา

13.1 วิธีการของกองอุทกวิทยา กรมชลประทาน (RID Hydrology Division) เป็นวิธีการประมาณค่าปริมาณฝนใช้การในการทำนา โดยคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์จากฝนตกประจำวันของเดือนต่าง ๆ ดังตารางผนวกที่ 3

13.2 วิธีการของ ECI (Engineering Consultant, Inc.) วิธีนี้เป็นวิธีที่แนะนำโดยบริษัทวิศวกรที่ปรึกษา (Engineering Consultant, Inc.) ได้แนะนำให้คำนวณค่าปริมาณฝนใช้การ สำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ข้อเสนอแนะนี้ให้ถือว่า ถ้าฝนเฉลี่ยตลอดเดือนมีค่าไม่เกิน 200 มม. ฝนใช้การจะลดลงตามส่วนดังแสดงเป็นตัวเลขได้ ดังตารางผนวกที่ 4

13.3 วิธีการของ Acres (Acres International Ltd.) ในภาคกลาง บริษัท Acres International Ltd. ได้จัดทำรายงานการคำนวณปริมาณฝนใช้การไว้ ดังตารางผนวกที่ 5

13.4 Dependable Rainfall ดังสมการผนวกที่ 11 และดังสมการผนวกที่ 12 โดยสมการผนวกที่ 1 จะใช้คำนวณค่าฝนใช้การเมื่อปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยมีค่ามากกว่า 16.667 มม. ถ้าน้อยกว่าถือว่าไม่มีฝนใช้การ

13.5 วิธีการของ USDA SCS ดังสมการผนวกที่ 13 และสมการผนวกที่ 14

13.6 วิธีการของ Fixed Percentage of Rainfall ที่ 70% 80% และ 90% ดังสมการผนวกที่ 15

13.7 กำหนดค่าฝนใช้การให้มีค่าเท่ากับฝนที่ตกจริง ($R_e = R$)

หมายเหตุ: การประมาณค่าฝนใช้การสำหรับบ่อเลี้ยงปลา มีลักษณะแตกต่างจากการประมาณค่าฝนใช้การสำหรับพืช เนื่องจากลักษณะการใช้น้ำของบ่อเลี้ยงปลาไม่ได้ขึ้นอยู่กับความต้องการน้ำของพืช แต่เกี่ยวข้องกับปัจจัยหลายประการ เช่น การระเหยของน้ำ การรั่วซึมของน้ำ การเปลี่ยนถ่ายน้ำ และการระบายน้ำออกจากบ่อ รวมทั้งลักษณะและการจัดการบ่อเลี้ยงปลา ดังนั้น การนำวิธีการประมาณค่าฝนใช้การที่ใช้สำหรับพืชมาใช้กับบ่อเลี้ยงปลา จึงเป็นเพียงทางเลือกหนึ่งในการประมาณค่าเท่านั้น ในโปรแกรม WAPF 3 Rebuilt ยังไม่ได้กำหนดวิธีการประมาณค่าฝนใช้การสำหรับบ่อเลี้ยงปลาไว้โดยเฉพาะ โปรแกรมจึงจัดให้ผู้ใช้งานสามารถเลือกวิธีการประมาณค่าฝนใช้การที่มีอยู่ในโปรแกรม หรือกำหนดให้ค่าฝนใช้การเท่ากับปริมาณฝนที่ตกจริง ($R_e = R$) ได้ ทั้งนี้ ผู้ใช้งานควรพิจารณาเลือกวิธีการหรือกำหนดค่าฝนใช้การให้เหมาะสมกับลักษณะของบ่อ ข้อมูลที่มี และวัตถุประสงค์ของการคำนวณ

14. [14] ปี ค.ศ. - เดือน - วัน เริ่มกิจกรรม คลิ๊กเลือก ปี ค.ศ. - เดือน - วัน เริ่มกิจกรรม เพื่อกำหนดวันเริ่มต้นของการปลูกพืช หรือเริ่มกิจกรรมการใช้น้ำในแต่ละรายการ ยกตัวอย่างเช่น กำหนด ปี ค.ศ. - เดือน - วัน ที่เริ่มวางแผนการใช้น้ำชลประทานเป็น วันที่ 1 พฤศจิกายน 2018 ดังนั้น ปี ค.ศ. ที่มีให้เลือกจะมี 2 ปี คือ ปีที่เริ่มวางแผนและปีถัดไป ในที่นี้จะมีปี 2018 และ 2019 จากนั้นเลือกเดือน โดยปี 2018 ก็จะมีเดือนที่เริ่มวางแผนไปจนถึงสิ้นปี คือ เดือน พฤศจิกายน และ เดือน ธันวาคม และปี 2019 ก็จะมีเดือนที่เริ่มตั้งแต่ต้นปีไปจนถึงเดือนก่อนที่จะเริ่มวางแผน คือ เดือน มกราคม ถึงเดือน ตุลาคม จากนั้นจึงเลือก วันที่เริ่มปลูกพืช ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับ ปี ค.ศ. และ เดือน ที่ได้เลือกมาแล้ว ปี ค.ศ. - เดือน - วัน ที่เริ่มต้นกิจกรรมทางการเกษตรของพืชชนิดแรก สามารถเริ่มต้นป้อนค่าดังกล่าวได้พร้อมกับ ปี ค.ศ. - เดือน - วัน ที่เริ่มวางแผนเป็นต้นไปจนครบระยะเวลา 1 ปี ที่พิจารณา โดยมีข้อจำกัดอยู่ว่าจาก ปี ค.ศ. - เดือน - วัน ที่เริ่มกิจกรรมจนถึงสิ้นปีที่พิจารณาจะต้องมีระยะเวลา หรือจำนวนวันคงเหลือเพียงพอที่จะปลูกจนครบอายุพืช ดังรูปที่ 28

รูปที่ 28 การกำหนดวันเริ่มต้นของการปลูกพืชหรือเริ่มกิจกรรมการใช้น้ำแต่ละรายการ

15. [15] พื้นที่ (ไร่) ป้อนข้อมูล ขนาดพื้นที่เพาะปลูก หน่วย ไร่ ทั้งนี้หากผู้ใช้งานไม่ได้คลิ๊กเลือกในส่วนนี้ โปรแกรมจะเลือกค่ามาตรฐานให้ คือ กำหนดให้พื้นที่เพาะปลูกเท่ากับ 1 ไร่ ดังรูปที่ 29

รูปที่ 29 การกำหนดขนาดพื้นที่เพาะปลูก

16. **นำเข้าข้อมูล** ขั้นตอนนี้จะนำเข้าข้อมูลการปลูกพืชที่ได้เลือกไว้แล้วเพิ่มเข้าสู่ตารางรายการคำนวณ (List Box) โดยการคลิกที่ปุ่ม **เพิ่มรายการ** ข้อมูลที่ถูกเลือกจะถูกส่งไปที่แผ่นงาน List และจะแสดงรายการที่เพิ่มเข้าไปแล้ว ให้ผู้ใช้งานได้เห็นเพื่อปรับปรุงแก้ไขได้ที่ List Box โดยจะแสดงรายการที่เพิ่มเฉพาะข้อมูลบางส่วน ได้แก่ ลำดับที่ หรือ id ชนิดพืชที่ปลูก หรือ plant วันที่ - เดือน - ปี ค.ศ. หรือ d-m-y สถานที่ปลูก หรือ Location และพื้นที่เพาะปลูก หน่วยเป็น ไร่ หรือ Area และหากต้องการแก้ไขข้อมูลที่ได้เพิ่มเข้าไปแล้วในรายการของ List Box สามารถทำได้ คือ ลบข้อมูลบางรายการที่ได้เพิ่มเข้าไปแล้ว โดยเลือกข้อมูลในรายการ List Box ที่ต้องการจะลบ จากนั้นคลิกที่ปุ่ม **ลบรายการ** หรือหากต้องการจะลบข้อมูลที่ได้เพิ่มเข้าไปแล้วทั้งหมด ก็ให้คลิกที่ปุ่ม **ล้างรายการ** และในการเพิ่มข้อมูล หรือลบข้อมูลออก ระหว่างที่วางแผนการปลูกพืช โปรแกรมจะเรียงลำดับข้อมูลตามวันและเวลาจากเริ่มต้นช่วงเวลาที่พิจารณาไปจนถึงสิ้นสุดช่วงเวลาที่พิจารณา (1 ช่วง เท่ากับ ระยะเวลา 1 ปี) ให้โดยอัตโนมัติ ดังรูปที่ 30

id	plan	planting_date	location	Area
1	ข้าว กข. (นาดำ)	01/01/2024	เชียงใหม่	20
2	ข้าว กข. (นาดำ)	03/01/2024	เชียงใหม่	20
3	ข้าว กข. (นาดำ)	07/01/2024	เชียงใหม่	20
4	ข้าว กข. (นาดำ)	09/01/2024	เชียงใหม่	20

เพิ่มรายการ ลบรายการ ล้างรายการ

รูปที่ 30 ตารางรายการคำนวณ (List Box) ปุ่มเพิ่มรายการ ลบรายการ และล้างรายการ

17. **ประมวลผลโปรแกรม** คลิกเลือก ปุ่ม RUN เพื่อสั่งวางแผนการใช้น้ำชลประทาน หรือ คลิกปุ่ม EXIT เพื่อออกจากโปรแกรม

18. การแสดงผลการคำนวณ

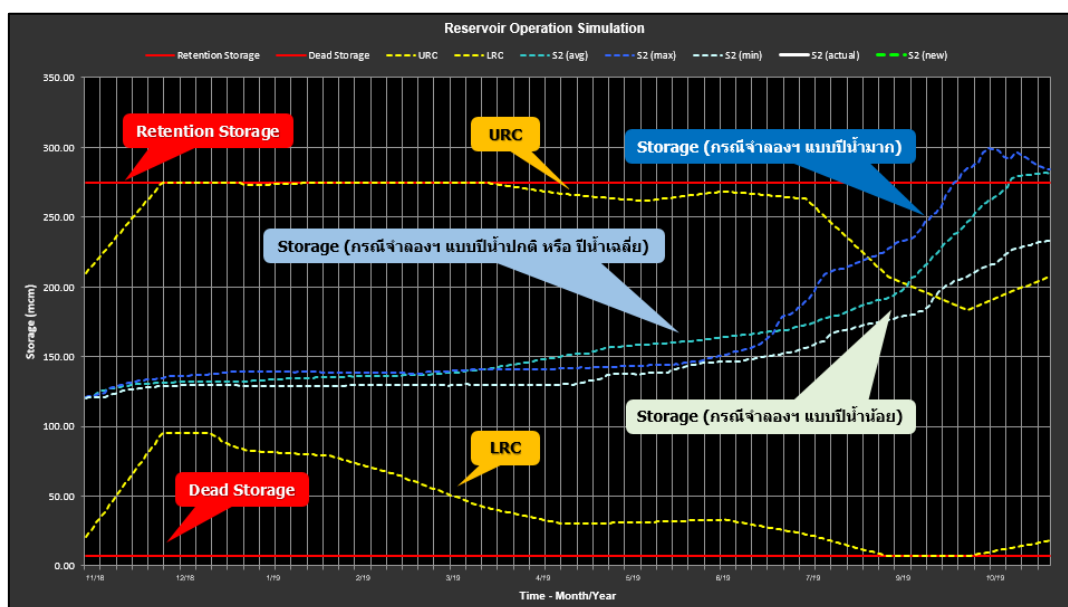
18.1 การแสดงผลแบบที่ 1 การแสดงผลแบบกราฟเส้น (Line Chart) ในกรณีนี้ยกตัวอย่างเฉพาะกรณีประมวลผลแบบครบทุกกรณี (All) ได้แก่ ปีน้ำมาก ปีน้ำน้อย และปีน้ำปกติ (ปีน้ำเฉลี่ย) จะแสดงที่แท็บ **แผนภูมิ** และแผ่นงาน **Sim_chart** โดย แกนนอนคือ เวลา อยู่ในรูปแบบ เดือน/ปี ค.ศ. (mm/yy) แกนตั้งคือ ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ (Storage) มีหน่วย ล้าน ลบ.ม. (mcm) **เส้นกราฟที่บสีแดง** ด้านบนและด้านล่าง คือ ปริมาณน้ำที่ระดับเก็บกักปกติ (Retention Storage) และปริมาณน้ำที่ระดับเก็บกักต่ำสุด (Dead Storage) **เส้นกราฟประสีเหลือง** ด้านบนและด้านล่าง คือค่า Upper Rule Curve และ Lower Rule Curve **เส้นกราฟประสีน้ำเงิน** คือ การวางแผนแบบปีน้ำมาก **เส้นกราฟประสีฟ้าอ่อน** คือ การวางแผนแบบปีน้ำน้อย และ **เส้นกราฟประสีฟ้า** คือ การวางแผนแบบปีน้ำปกติ ดังรูปที่ 31

18.2 การแสดงผลแบบที่ 2 การแสดงผลแบบตารางเป็นข้อมูลความต้องการน้ำ (รายวัน) จะแสดงผลที่แผ่นงาน IRg1 แผ่นงาน Sim_chart แผ่นงาน Inflow_scn แผ่นงาน Res_evap แผ่นงาน IRn_dep แผ่นงาน IRn_vol แผ่นงาน Area แผ่นงาน LP แผ่นงาน ET แผ่นงาน Kc แผ่นงาน ET_o แผ่นงาน P แผ่นงาน Re แผ่นงาน FP_LP แผ่นงาน FP_seep แผ่นงาน FP_evap แผ่นงาน FP_drain และแผ่นงาน FP_Re

19. การสรุปผล

19.1 สรุปผลแบบที่ 1 สรุปค่าผลรวมปริมาณน้ำชลประทานที่ใช้เพื่อการเกษตรกรรม (รายช่วง) สรุปค่าผลรวมปริมาณน้ำชลประทานที่ใช้เพื่อกิจกรรมอื่น ๆ (รายช่วง) และสรุปค่าผลรวมปริมาณน้ำชลประทานที่ต้องใช้ทั้งหมดทุกกิจกรรม (รายเดือน) โดยแสดงที่แผ่นงาน Report_1 ดังรูปที่ 32 และ 35

19.2 สรุปผลแบบที่ 2 สรุปค่าผลรวมปริมาณน้ำชลประทานแยกตามชนิดพืช และแยกตามกิจกรรมการใช้น้ำที่กำหนด ตามช่วงระยะเวลาที่ผู้ใช้งานกำหนด โดยแสดงที่แผ่นงาน Report_2 ดังรูปที่ 33 และ 36



รูปที่ 31 กราฟเส้นแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการวางแผนการใช้น้ำชลประทานแบบมีอ่างเก็บน้ำ

รูปที่ 32 หน้าจอรับข้อมูลสรุปผลการคำนวณแบบที่ 1

รูปที่ 33 หน้าจอรับข้อมูลสรุปผลการคำนวณแบบที่ 2

รูปที่ 34 หน้าจอรับข้อมูลปฏิทินการปลูกพืช

ลำดับ	ช่วงเวลา		จำนวนวัน	ความต้องการน้ำรายกิจกรรม (ล้าน ลบ.ม.)			ความต้องการน้ำรายเดือน (ล้าน ลบ.ม.)	
	เริ่มต้น	สิ้นสุด		เกษตรกรรม (สง)	กิจกรรมอื่น (สง)	รวมสง		
1	01/11/2024	07/11/2024	7	0.00094409	0	0.53264	มกราคม	1.95717342
2	08/11/2024	14/11/2024	7	0.00243829	0	0.53488	กุมภาพันธ์	1.75946676
3	15/11/2024	21/11/2024	7	0.00270634	0	0.42448	มีนาคม	1.94266677
4	22/11/2024	28/11/2024	7	0.0002918	0	0.42448	เมษายน	1.8800001
5	29/11/2024	05/12/2024	7	0.00034134	0	0.42448	พฤษภาคม	1.94266677
6	06/12/2024	12/12/2024	7	0.00036985	0	0.42448	มิถุนายน	1.8800001
7	13/12/2024	19/12/2024	7	0.00038794	0	0.42448	กรกฎาคม	1.86266666
8	20/12/2024	26/12/2024	7	0.00040121	0	0.42448	สิงหาคม	1.86
9	27/12/2024	02/01/2025	7	0.0004129	0	0.42581333	กันยายน	1.8
10	03/01/2025	09/01/2025	7	0.00042596	0	0.44181335	ตุลาคม	1.86
11	10/01/2025	16/01/2025	7	0.00042064	0	0.44314669	พฤศจิกายน	2.03776
12	17/01/2025	23/01/2025	7	0.0004075	0	0.44314669	ธันวาคม	1.87984
13	24/01/2025	30/01/2025	7	0.00038825	0	0.44314669		

รูปที่ 35 การสรุปผลการคำนวณแบบที่ 1 แผ่นงาน Report_1

ลำดับ	ช่วงเวลา		จำนวนวัน	ข้อมูล (ล้าน ลบ.ม.)				
	เริ่มต้น	สิ้นสุด		ข้อ กข. (นาตา)	ข้อ กข. (นาตา)	ข้อ กข. (นาตา)	ข้อ กข. (นาตา)	กิจกรรม 1
1	01/01/2024	31/01/2024	31	0.014469984	0.014185312	0.013632064	0.013379584	0.31
2	01/02/2024	29/02/2024	29	0.00554784	0.005502592	0.00539184	0.005301344	0.29
3	01/03/2024	31/03/2024	31	0.005827744	0.006008288	0.006322784	0.006485856	0.31
4	01/04/2024	30/04/2024	30	0.00065664	0.000919296	0.001498368	0.001787904	0.3
5	01/05/2024	31/05/2024	31	0	0	0	0	0.31

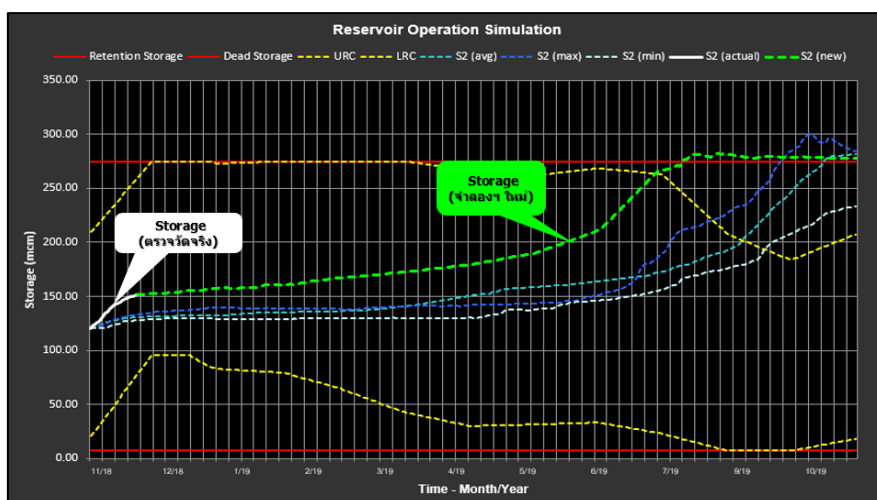
รูปที่ 36 การสรุปผลการคำนวณแบบที่ 2 แผ่นงาน Report_2

20. การติดตามสถานการณ์น้ำ ขั้นตอนนี้จะดำเนินการหลังจากการวางแผนส่งน้ำ และเริ่มกิจกรรมการส่งน้ำจริงแล้ว โดยจะป้อนข้อมูลค่าปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำที่เกิดขึ้นจริงเพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำตั้งแต่เริ่มส่งน้ำ และนำค่าดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับค่าปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำที่ได้จากการวางแผนไว้ โดยการป้อนข้อมูลค่าปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำที่วัดจริงในแต่ละวัน จะป้อนข้อมูลที่แผ่นงาน Sim_chart ตั้งแต่เริ่มต้นวางแผนการใช้น้ำชลประทาน (คอลัมน์ I เซลล์ I4 เป็นต้นไป) โดยค่าดังกล่าวจะปรากฏขึ้นบนแผนภูมิเป็นกราฟเส้นที่บสีขาวตามจำนวนข้อมูลที่ได้ป้อนเข้าไป หากการติดตามปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ (Actual Storage) ที่ได้จากการตรวจวัดจริง มีค่าเบี่ยงเบนไปจากแผนการใช้น้ำที่ไดวางแผนไว้ ผู้ใช้งานสามารถจำลองสถานการณ์น้ำในอ่างเก็บน้ำใหม่ได้ โดยต้องป้อนข้อมูลค่าปริมาณน้ำที่คาดว่าจะไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ (Inflow) คอลัมน์ K และค่าปริมาณน้ำทั้งหมดที่ต้องใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ (Irrigation Water Requirement) คอลัมน์ L ตั้งแต่เริ่มต้นวางแผนจนถึงสิ้นสุดระยะเวลาการวางแผนการใช้น้ำ จากนั้นคลิกปุ่ม Re - Simulation โปรแกรมจะเริ่มจำลองสถานการณ์น้ำในอ่างเก็บน้ำให้ใหม่ โดยเริ่มต้นจำลองตั้งแต่วันที่สุดท้ายที่ได้มีการป้อนข้อมูลไว้ไปจนถึงสิ้นสุดระยะเวลาที่ไดวางแผนไว้ และแสดงผลการคำนวณเป็นตัวเลขปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำที่ได้จำลองใหม่ไว้ที่ คอลัมน์ J และแสดงเป็นกราฟเส้นประสีเขียวต่อจากกราฟเส้นทึบสีขาวไปจนถึงสิ้นสุดช่วงเวลาที่จะพิจารณา ดังรูปที่ 37 - 38

หมายเหตุ: ค่า $Inflow_2$ และค่า $Release_2$ หรือ Irrigation Water Requirement ที่จะนำมาป้อนข้อมูลเพื่อจำลองสถานการณ์น้ำใหม่นั้น ขึ้นอยู่กับการพิจารณาของผู้ใช้งาน

9 (ป้อนข้อมูล) Actual Storage Record (S1) (ล้าน ลบ.ม.)	10 (ผลการคำนวณ) Re-simulate S2 (ล้าน ลบ.ม.)	11 (ป้อนข้อมูล) Inflows ₂ (ล้าน ลบ.ม.)	12 (ป้อนข้อมูล) Plan ₂ (ล้าน ลบ.ม.)
5		0.16817371	0.01873333
5.13098992	Re-Simulation S2	Inflows	Plan หรือ Release
5.22567679		ที่คาดการณ์ว่าจะไหล	ที่คาดการณ์ว่าจะปล่อย
5.29709693		เข้าอ่างเก็บน้ำ	ออกจากอ่างเก็บน้ำเพื่อ
5.36865374		(กรณีของการจำลอง	ใช้ในการจัดการใช้น้ำ
5.4330445		สถานการณ์น้ำใหม่)	ชลประทานต่าง ๆ
Storage ในอ่างเก็บน้ำ	Storage ในอ่างเก็บน้ำ	0.10123958	สถานการณ์ใหม่)
จากการวัดจริงหลังจากการ		0.1494087	
วางแผนส่งน้ำ		0.09812938	
5.89300343		0.10243902	
5.97294338		0.10188053	
6.01236117	Storage ที่เกิดขึ้นจริงในอ่าง	0.10782559	
6.04708267		0.0917113	
6.08953343		0.09065418	
		0.0783892	
		0.07447679	
	เก็บน้ำ เบี่ยงเบนไปจากการ	0.07449002	
	คาดการณ์ตามแผนการส่งน้ำ)		
	6.16132298		
	6.22082672		
	6.27640003		
	6.33196344		

รูปที่ 37 การป้อนข้อมูลเพื่อติดตามและจำลองสถานการณ์น้ำใหม่แผ่นงาน Sim_Chart

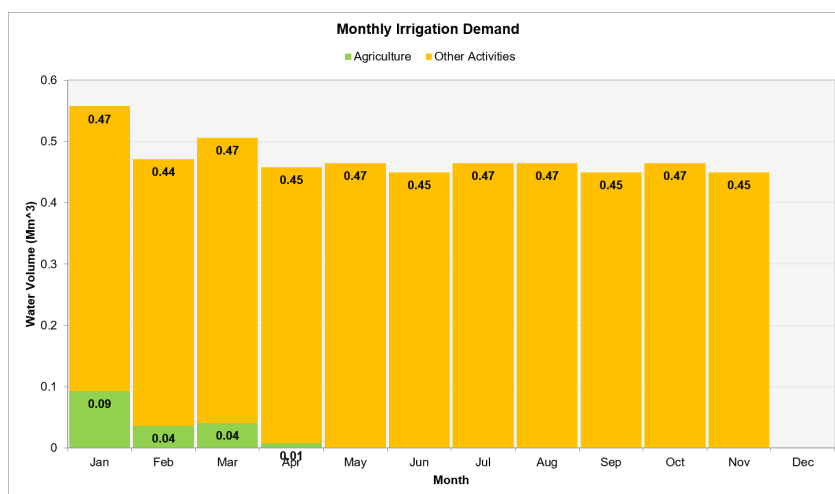


รูปที่ 38 กราฟเส้นแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการติดตามสถานการณ์น้ำในอ่างเก็บน้ำ

การวางแผนแบบไม่มีอ่างเก็บน้ำ (รับน้ำต้นทุนจากแหล่งน้ำธรรมชาติ หรือแหล่งน้ำอื่น ๆ)

1. กำหนดข้อมูลแผนงาน Crop_db (ถ้ามี) เช่นเดียวกับ หัวข้อ การเตรียมข้อมูลสำหรับวางแผน
2. กำหนดข้อมูลแผนงาน Rain_db (ถ้ามี) เช่นเดียวกับ หัวข้อ การเตรียมข้อมูลสำหรับวางแผน
3. กำหนดข้อมูลแผนงาน K_c_db (ถ้ามี) เช่นเดียวกับ หัวข้อ การเตรียมข้อมูลสำหรับวางแผน
4. กำหนดข้อมูลแผนงาน ET_o_db (ถ้ามี) เช่นเดียวกับ หัวข้อ การเตรียมข้อมูลสำหรับวางแผน
5. กำหนดข้อมูลแผนงาน Rg₂ (ถ้ามี) เช่นเดียวกับ หัวข้อ การเตรียมข้อมูลสำหรับวางแผน
6. การใช้งานหน้าจอวางแผน (User Form) คลิกเลือก รูปแบบการวางแผนแบบ ไม่มีอ่างเก็บน้ำ ในส่วนอื่น ๆ ป้อนข้อมูลเช่นเดียวกับ หัวข้อ การวางแผนแบบมีอ่างเก็บน้ำ
7. การแสดงผลการคำนวณ

7.1 การแสดงผลแบบกราฟแท่ง (Bar Chart) จะแสดงที่แท็บ Irrigation Water Demand และแสดงบนแผนงาน Cum_chart โดย แกนนอน คือ เวลา อยู่ในรูปแบบ เดือน/ปี ค.ศ. (mm/yy) แกนตั้ง คือ ปริมาณน้ำชลประทาน หน่วย ล้าน ลบ.ม. (Mm³) แท่งกราฟสีเขียว คือ ปริมาณความต้องการน้ำชลประทานของทุกกิจกรรมการใช้น้ำ แท่งกราฟสีเหลือง คือ ปริมาณความต้องการน้ำชลประทานของกิจกรรมการใช้น้ำอื่น ๆ ดังรูปที่ 39



รูปที่ 39 กราฟแท่งแสดงผลที่ได้จากการวางแผนการใช้น้ำชลประทานสำหรับกิจกรรมเกษตรกรรมและกิจกรรมอื่น ๆ

7.2 การแสดงผลแบบตารางเป็นข้อมูลความต้องการน้ำ (รายวัน) จะแสดงผลที่แผ่นงาน IRg1 แผ่นงาน Cum_chart แผ่นงาน IRn_dep แผ่นงาน IRn_vol แผ่นงาน Area แผ่นงาน LP แผ่นงาน ET แผ่นงาน Kc แผ่นงาน ET_o แผ่นงาน P แผ่นงาน Re แผ่นงาน FP_LP แผ่นงาน FP_seep แผ่นงาน FP_Evap แผ่นงาน FP_Drain และแผ่นงาน FP_Re

8. การสรุปผล เช่นเดียวกับ ข้อที่ 19 ในหัวข้อ การวางแผนแบบมีอ่างเก็บน้ำ

เงื่อนไขการใช้งาน

1. โปรแกรม WAPF 3 Rebuilt กำหนดหน่วยที่ใช้สำหรับการป้อนข้อมูล และการแสดงผลการคำนวณไว้เป็นค่ามาตรฐาน ผู้ใช้งานไม่สามารถเปลี่ยนแปลงหรือกำหนดหน่วยใหม่ได้ จึงต้องป้อนข้อมูลและใช้ผลการคำนวณตามหน่วยที่โปรแกรมกำหนด

2. โปรแกรม WAPF 3 Rebuilt ออกแบบการคำนวณในส่วนของการตกกล้าให้น้ำ ให้ถือเป็นกิจกรรมหนึ่งที่ยกออกจากกระบวนการปลูกข้าวนาดำ โดยกำหนดปริมาณน้ำและอายุการปลูกตามค่าที่โปรแกรมกำหนด ดังนั้น ผู้ใช้งานสามารถกำหนดวันเริ่มต้นการตกกล้าได้ตลอดช่วงระยะเวลาที่วางแผน อย่างไรก็ตาม วันเริ่มต้นการเตรียมแปลงกล้าระยะเวลาเลี้ยงกล้า และวันที่นำกล้าไปปักดำ ควรมีความสอดคล้องกับช่วงระยะเวลาการเตรียมแปลง และการปลูกข้าวนาดำ

3. โปรแกรม WAPF 3 Rebuilt สามารถคำนวณความต้องการน้ำของ บ่อปลา ได้ทั้งในรูปแบบละเอียด โดยคำนวณผ่านหน้าจอหลักและแผ่นงาน IRg_1 และในรูปแบบที่ใช้ค่าความต้องการน้ำของบ่อปลาที่จัดเตรียมไว้ล่วงหน้า ซึ่งรวมค่าการสูญเสียในระบบส่งน้ำแล้ว โดยสามารถนำข้อมูลมาใช้ผ่านแผ่นงาน IRg_2 ตามข้อกำหนดของโปรแกรม

4. โปรแกรม WAPF 3 Rebuilt ไม่มีฟังก์ชันสำหรับคำนวณค่าความต้องการน้ำของกิจกรรมอื่น ๆ โดยตรง เช่น การอุปโภค-บริโภค การปศุสัตว์ การท่องเที่ยว การรักษาระบบนิเวศ อุตสาหกรรม หรือกิจกรรมอื่น ๆ ผู้ใช้งานต้องจัดเตรียมข้อมูลปริมาณความต้องการน้ำของแต่ละกิจกรรมและป้อนลงในแผ่นงานที่โปรแกรมกำหนด โดยข้อมูลดังกล่าวต้องมีหน่วยเป็น ล้าน ลบ.ม. (Mm³) และต้องเป็นปริมาณน้ำที่รวมการเพื่อการสูญเสียในระบบส่งน้ำของกิจกรรมนั้น ๆ แล้ว

5. โปรแกรม WAPF 3 Rebuilt สามารถคำนวณความต้องการน้ำชลประทานของพืชได้เฉพาะชนิดพืชที่มีข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (K_c) ที่ผ่านการศึกษาและทดลองโดยหน่วยงานภายใน กรมชลประทาน และมีอยู่ในฐานข้อมูลของโปรแกรมเท่านั้น สำหรับพืชชนิดอื่นที่ยังไม่มีข้อมูลค่า K_c ในฐานข้อมูล จะไม่สามารถเลือกคำนวณโดยตรงได้ ในกรณีที่มีความจำเป็นต้องคำนวณ ผู้ใช้งานอาจเลือกใช้ชนิดพืชที่มีลักษณะใกล้เคียงกันเป็นตัวแทน โดยควรพิจารณาความเหมาะสมตามลักษณะของพืชและวัตถุประสงค์ของการคำนวณ สำหรับ สถานที่ หากไม่มีจังหวัด หรือสถานที่ตรงกับพื้นที่เพาะปลูกอยู่ในฐานข้อมูล ผู้ใช้งานอาจเลือกสถานที่ที่อยู่ใกล้เคียงและมีสภาพภูมิอากาศใกล้เคียงกันเป็นตัวแทน โดยควรพิจารณาความเหมาะสมของข้อมูลที่น่ามาใช้ในการประกอบการคำนวณ

เอกสารอ้างอิง

- กรมชลประทาน. (2554). เอกสารคู่มือการปฏิบัติงานด้านจัดสรรน้ำ เล่มที่ 4/16 คู่มือ การจำลองการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Operation Simulation). กรุงเทพฯ: กรมชลประทาน.
- กลุ่มงานวิจัยการใช้น้ำชลประทาน ส่วนการใช้น้ำชลประทาน สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา กรมชลประทาน. (2556). เอกสารคู่มือการปฏิบัติงานด้านจัดสรรน้ำ เล่มที่ 7/16 คู่มือการคำนวณการใช้น้ำของพืช. กรุงเทพฯ: กรมชลประทาน.
- จักรทิพย์ ชิวพัฒน์. (2556). รวมสูตรและฟังก์ชัน Excel ฉบับสมบูรณ์. นนทบุรี: โอดีซี.
- จิราวุธ วารินทร์. (2558). สร้างระบบงานเพื่อจัดการข้อมูลด้วย Excel VBA ฉบับสมบูรณ์. กรุงเทพฯ: รีไวว.
- เจษฎา แก้วกัลยา. (2527). เอกสารประกอบการบรรยาย โครงการฝึกอบรมการจัดการน้ำชลประทานเล่มที่ 1 ความต้องการน้ำชลประทาน, ณ ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม: (2527, 14 มีนาคม - 27 กันยายน). กรมชลประทาน.
- ฉันทวุฒิ พิษผล, พิชิต สันติกุลานนท์. (2543). คู่มือเรียน Visual Basic 6 (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: เอช เอ็น กรุ๊ป.
- ดวงพร เกียงคำ. (2556). รวมสูตร & ฟังก์ชัน และ Macro & VBA Excel 2010. กรุงเทพฯ: โปรวิชั่น.
- ดิเรก ทองอร่าม. (2529). เอกสารประกอบการบรรยาย โครงการฝึกอบรมหลักสูตรการวางแผนโครงการพัฒนาแหล่งน้ำรุ่นที่ 2 ความต้องการน้ำของพืชและค่าชลประทานในการออกแบบระบบส่งน้ำ. กรุงเทพฯ: กรมชลประทาน.
- ดุสิต กอปรรักษาดี. (2556). Advance Excel ฉบับเขียนโปรแกรมด้วย Macro & VBA. กรุงเทพฯ: โปรวิชั่น.
- นฤพล สิตบุตร, เมธาฤทธิ์ แนมสัย และ สัณชัย อินกราด. (2555). การพัฒนาโปรแกรมสั่งการและจัดการทำงานของโปรแกรมประเมินสภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำ (ROS Tool). 2555. นนทบุรี: กรมชลประทาน.
- บัญชา ปะสิละเตสัง. (2554). พัฒนาแอปพลิเคชันด้วย Visual Basic 2010. กรุงเทพฯ: วี. พรีน (1991).
- ปรเมศร์ อมาตยกุล. (2549). การประมาณค่าฝนใช้การรายเดือนที่มีความเชื่อมั่นว่าเป็นไปได้ร้อยละ 80 ในประเทศไทย. กรุงเทพฯ: กรมอุตุนิยมวิทยา.
- ปราโมท พลพณะนาวิ. (2554). หลักการคำนวณปริมาณน้ำผ่านอาคารชลประทาน. กรุงเทพฯ: กรมชลประทาน.
- ปราโมทย์ ไม้กลัด. (2524). คู่มืองานเขื่อนดินขนาดเล็กและฝาย. กรุงเทพฯ: กรมชลประทาน.
- วรารุณ วุฒินิชย์. (2538). การประยุกต์คอมพิวเตอร์สำหรับวิศวกรรมชลประทาน. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. นครปฐม: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วิบูลย์ บุญยธโรกุล. (2526). หลักการชลประทาน. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วีระพล แต่สมบัติ. (2538). หลักอุทกวิทยา (Principle of Hydrology). กรุงเทพฯ: ฟิสิกส์เซ็นเตอร์.
- ศุภชัย สมพานิช. (2554). การเขียนโปรแกรมอย่างมืออาชีพด้วย .NET Framework (พิมพ์ครั้งที่ 1). นนทบุรี: โอดีซี.
- ศูนย์ปฏิบัติการจัดสรรน้ำ ส่วนบริหารจัดการน้ำ สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ. (2553). โครงการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ การประเมินสภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Operation Simulation). [PowerPoint slides], ณ ห้องประชุมสำนักชลประทานที่ 5 จ. อุตรดิตถ์: (2553, 26 - 27 สิงหาคม). กรมชลประทาน.
- สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย. (2524). เอกสารประกอบการฝึกอบรมการชลประทานระดับไร่นา. ส่วนการใช้น้ำชลประทาน สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน. (2551). คู่มือการใช้งานโปรแกรมคำนวณค่าความต้องการน้ำของพืช. กรุงเทพฯ: กรมชลประทาน.
- ส่วนการใช้น้ำชลประทาน สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน. (2554). คู่มือการหาปริมาณการใช้น้ำของพืช ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง และค่าสัมประสิทธิ์พืช. กรุงเทพฯ: กรมชลประทาน.

- ส่วนการใช้น้ำชลประทาน สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน. (2554). ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง โดยวิธีของ Penman Monteith. กรุงเทพฯ: กรมชลประทาน.
- ส่วนการใช้น้ำชลประทาน สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน. (2551). ค่าสัมประสิทธิ์พืชโดยวิธีของ Penman Monteith. กรุงเทพฯ: กรมชลประทาน.
- สัจจะ จรัสรุ่งวิธร. (2554). คู่มือเรียนและใช้งาน Visual Basic 2010 (พิมพ์ครั้งที่ 1).นนทบุรี: ไอทีซี
- สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา กรมชลประทาน. (2555). รายงาน การศึกษาปรับปรุงเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ. กรุงเทพฯ: กรมชลประทาน.
- อภันตริ ยูทพันธ์. (2551). การพยากรณ์ศักยภาพการคายระเหยน้ำของพืชโดยใช้ข้อมูลจากแบบจำลองการพยากรณ์อากาศเชิงตัวเลข “Unified”. กรุงเทพฯ: กรมอุตุนิยมวิทยา.
- อภิชาติ อนุกุลอำไพ วิบูลย์ บุญยธโรกุล วราวุธ วุฒินิชย์ โกวิท ท้วมเสงี่ยม มนตรี คำชู. (2524). คู่มือการชลประทาน ระดับปรีนา. กรุงเทพฯ
- อรพิน ประวัติบริสุทธิ์. (2558). คู่มือ Excel 2013. กรุงเทพฯ: โปรวิชั่น.
- อารียา ฤทธิมา และ วราวุธ วุฒินิชย์. (2549). การปฏิบัติงานระบบอ่างเก็บน้ำของกลุ่มน้ำแม่กลองบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือได้. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, อ้างถึงใน สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา กรมชลประทาน. (2555). รายงาน การศึกษาปรับปรุงเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ. กรุงเทพฯ: กรมชลประทาน.
- อำนาจ นุตะมาน. (2550). เขียนโปรแกรมและพัฒนาแอปพลิเคชันด้วย VBA บน Excel ฉบับโปรแกรมเมอร์. กรุงเทพฯ: วี. พรีน (1991).
- อำนาจ นุตะมาน. (2552). พัฒนาแอปพลิเคชันด้วย VB.NET กับ Excel. กรุงเทพฯ: วี. พรีน (1991).
- อำนาจ นุตะมาน. (2556). พัฒนาแอปพลิเคชันด้วย VBA บน Excel ฉบับโปรแกรมเมอร์. กรุงเทพฯ: วี. พรีน (1991).
- Allen, R., Pereira, L.A., Raes, D. and Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration, FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. FAO, Rome, Italy.
- Andreas, P., SAVVA and Karen FRENKEN (2002). Crop Water Requirements and Irrigation Scheduling. Water Resources Development and Management Officers FAO Sub-Regional Office for East and Southern Africa, Irrigation Manual Module 4.
- Dastane, N.G. (1974). Effective rainfall in irrigated agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 25. Rome, ITALY, cited in Wane, S.S. and Nagdeve, M.B. (2014). Estimation of evapotranspiration and effective rainfall using CROPWAT.
- Jensen, M.E., Burman, R.D. and Allen, R.G. (1990). Evapotranspiration and Irrigation Water Requirements. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 70. New York: American Society of Civil Engineers: p.332, อ้างถึงใน อภันตริ ยูทพันธ์. (2551). การพยากรณ์ศักยภาพการคายระเหยน้ำของพืชโดยใช้ข้อมูลจากแบบจำลองการพยากรณ์อากาศเชิงตัวเลข “Unified”. กรุงเทพฯ: กรมอุตุนิยมวิทยา.
- Kasam, A. and Smith, M. (2001). FAO Methodologies on Crop Water Use and Crop Water Productivity. Expert Meeting on Crop Water Productivity, Rome 3-5 December 2007. FAO Paper No CWP-M07: P.18, อ้างถึงใน อภันตริ ยูทพันธ์. (2551). การพยากรณ์ศักยภาพการคายระเหยน้ำของพืช โดยใช้ข้อมูลจากแบบจำลองการพยากรณ์อากาศเชิงตัวเลข “Unified”. กรุงเทพฯ: กรมอุตุนิยมวิทยา.
- Majd Ahmed Al-Bayati and Nariman Yahaya Othman (2014). Water balance of Haditha Reservoir, Journal of Babylon University, 22(4), 684 - 700. Retrieved from <http://www.iasj.net>

- Thomas C. Winter (1981). Uncertainties in Estimating the Water balance of Lake. *Water Resources Bulletin*, 17(1): 82 – 115.
- Wane, S.S. and Nagdeve, M.B. (2014). Estimation of evapotranspiration and effective rainfall using CROPWAT. *Internat. J. Agric. Engg.*, 7(1): 23 – 26

ภาคผนวก

การจำลองสถานการณ์น้ำในอ่างเก็บน้ำ

ทฤษฎีและสมการที่เกี่ยวข้อง

1. การจำลองสถานการณ์น้ำในอ่างเก็บน้ำด้วยหลักการสมดุลของน้ำในอ่างเก็บน้ำ (Water Balance) แบ่งออกเป็น 2 กรณี ดังนี้

กรณีที่ 1 ไม่เกิดปริมาณน้ำส่วนเกินไหลล้นทางระบายน้ำล้น (Non-Spillway Overflow)

$$S_{t+1} = S_t + I_{t+1} + \text{Rain}_{t+1} - \text{Plan}_{t+1} - \text{Evap}_{t+1} - \text{Seep}_{t+1} \text{ --- (1)}$$

กรณีที่ 2 เกิดปริมาณน้ำส่วนเกินไหลล้นทางระบายน้ำล้น (Spillway Overflow)

$$S_{t+1} = S_t + I_{t+1} + \text{Rain}_{t+1} - \text{Plan}_{t+1} - \text{Evap}_{t+1} - \text{Seep}_{t+1} - \text{Over}_{t+1} \text{ --- (2)}$$

เมื่อ

S_{t+1} (Storage) คือ ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำที่เวลา $t+1$ หน่วย ล้าน ลบ.ม.

S_t (Storage) คือ ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำที่เวลา t หน่วย ล้าน ลบ.ม.

I_{t+1} (Inflow) คือ ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำที่เวลา $t+1$ หน่วย ล้าน ลบ.ม.

Rain_{t+1} (Rainfall) คือ ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงบนพื้นที่ผิวน้ำในอ่างเก็บน้ำที่เวลา $t+1$ หน่วย ล้าน ลบ.ม.

Plan_{t+1} (Allocation Plan) คือ ปริมาณน้ำชลประทานที่ใช้เพื่อกิจกรรมต่าง ๆ จากการวางแผนที่เวลา $t+1$ หน่วย ล้าน ลบ.ม.

Evap_{t+1} (Evaporation) คือ ปริมาณน้ำที่ระเหยจากพื้นที่ผิวน้ำของอ่างเก็บน้ำที่เวลา $t+1$ หน่วย ล้าน ลบ.ม.

Seep_{t+1} (Seepage) คือ ปริมาณที่รั่วซึมจากอ่างเก็บน้ำที่เวลา $t+1$ หน่วย ล้าน ลบ.ม.

Over_{t+1} (Spillway Overflow) คือ ปริมาณน้ำส่วนเกินที่ไหลล้นออกบริเวณทางระบายน้ำล้นที่เวลา $t+1$ หน่วย ล้าน ลบ.ม.

2. การคำนวณค่าปริมาณน้ำฝนที่ตกลงบนพื้นที่ผิวน้ำในอ่างเก็บน้ำ (Rain_{t+1})

$$\text{Rain}_{t+1} = [(\text{SR}/1000) \times (\text{SA} \times 1,000 \times 1,000)]/1,000,000 \text{ --- (3)}$$

เมื่อ

Rain_{t+1} คือ ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงบนพื้นที่ผิวน้ำในอ่างเก็บน้ำที่เวลา $t+1$ หน่วย ล้าน ลบ.ม.

SR คือ ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงบนพื้นที่ผิวน้ำในอ่างเก็บน้ำ ณ เวลาเริ่มต้นการพิจารณา หน่วย มม.

SA คือ พื้นที่ผิวน้ำในอ่างเก็บน้ำ ณ เวลาเริ่มต้นการพิจารณา หน่วย ตร.กม.

หมายเหตุ: โปรแกรมจะคำนวณหาปริมาณของน้ำฝนที่ตกลงบนพื้นที่ผิวน้ำ โดยคุณความลึกของน้ำด้วยพื้นที่ผิวน้ำในอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย และเพื่อลดความยุ่งยากในการคำนวณโปรแกรมจะใช้พื้นที่ผิวน้ำ ณ ช่วงเวลาที่เริ่มต้นพิจารณาแทนค่าพื้นที่ผิวน้ำเฉลี่ย

3. การคำนวณค่าการระเหยจากผิวดินการระเหยแบบ Class A - Pan รายวัน

$$E_D = E_M/\text{ndm} \text{ --- (4)}$$

เมื่อ

E_D คือ ค่าการระเหยจากผิวดักการระเหยแบบ Class A - Pan หน่วย มม./วัน

E_M คือ ค่าการระเหยจากผิวดักการระเหยแบบ Class A - Pan หน่วย มม./เดือน

ndm คือ จำนวนวันทั้งหมดในเดือนที่พิจารณา หน่วย วัน

4. คำนวณค่าการระเหยของน้ำจากอ่างเก็บน้ำรายวัน

$$E_R = 0.70 E_D \text{ --- (5)}$$

เมื่อ

E_R คือ ค่าการระเหยของน้ำจากอ่างเก็บน้ำ หน่วย มม./วัน

E_D คือ ค่าการระเหยจากผิวดักการระเหย Class A-Pan หน่วย มม./วัน

0.70 คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของผิวดักการระเหย (วิระพล แต่สมบัติ, 2538: หน้า 99)

5. คำนวณค่าปริมาณน้ำที่ระเหยจากพื้นที่ผิวน้ำของอ่างเก็บน้ำรายวัน

$$\text{Evap}_{t+1} = [(E_R/1,000) \times (SA \times 1,000 \times 1,000)]/1,000,000 \text{ --- (6)}$$

เมื่อ

Evap_{t+1} คือ ปริมาณน้ำที่ระเหยจากพื้นที่ผิวน้ำของอ่างเก็บน้ำ ที่เวลา t+1 หน่วย ล้าน ลบ.ม.

E_R คือ ค่าการระเหยของน้ำจากอ่างเก็บน้ำ หน่วย มม./วัน

SA คือ พื้นที่ผิวน้ำของอ่างเก็บน้ำ ณ เวลาเริ่มต้นการพิจารณา หน่วย ตร.กม.

6. คำนวณค่าปริมาณน้ำที่รั่วซึมของอ่างเก็บน้ำ (Seep_{t+1})

$$\text{Seep}_{t+1} = [(\text{Seep}_{\text{Depth}} / 1000) \times (SA \times 1,000 \times 1,000)]/1,000,000 \text{ --- (7)}$$

เมื่อ

Seep_{t+1} คือ ปริมาณที่รั่วซึมจากอ่างเก็บน้ำ ที่เวลา t+1 หน่วย ล้าน ลบ.ม.

$\text{Seep}_{\text{Depth}}$ = ปริมาณการซึมของน้ำในอ่างเก็บน้ำ ณ เวลาเริ่มต้นการพิจารณา หน่วย มม.

SA = พื้นที่ผิวน้ำของอ่างเก็บน้ำ ณ เวลาเริ่มต้นการพิจารณา หน่วย ตร.กม.

7. คำนวณค่าปริมาณน้ำที่ไหลล้นข้าม Spillway

$$\text{Over}_{t+1} = 1.82 \times \text{Spillway Crest Length} \times (\text{Water Elevation} - \text{Retention Elevation})^{1.5} \text{ --- (8)}$$

เมื่อ

Over_{t+1} = ค่าปริมาณน้ำส่วนเกินที่ไหลล้นออกบริเวณทางระบายน้ำล้นรายวัน หน่วย ล้าน ลบ.ม.

1.82 = Discharge Coefficient

Spillway Crest Length = ความยาวของสันฝายน้ำล้น หน่วย ม.

Water Elevation = ระดับน้ำเหนือสันฝายน้ำล้น หน่วย ม.รทก.

Retention Elevation = ระดับน้ำที่สันฝายน้ำล้น หน่วย ม.รทก.

Water Elevation - Retention Elevation = เสด หรือ ความลึกของน้ำเหนือสันฝาย (Spillway Crest)
หน่วย ม.

ตัวอย่างการคำนวณ

ตัวอย่างที่ 1 ต้องการทราบปริมาณน้ำและระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำเมื่อสิ้นสุดช่วงระยะเวลาที่พิจารณา 1 วัน ด้วยการจำลองสถานการณ์น้ำในอ่างเก็บน้ำ ตามหลักการสมดุลของน้ำในอ่างเก็บน้ำ (Water Balance) โดยกำหนดข้อมูลเบื้องต้นของอ่างเก็บน้ำดังนี้

1. ปริมาณน้ำที่ระดับเก็บกักปกติ (Retention Storage) = 275 ล้าน ลบ.ม.
2. ปริมาณน้ำที่ระดับเก็บกักปกติต่ำสุด (Dead Storage) = 7 ล้าน ลบ.ม.
3. ระดับน้ำ (Retention Elevation) ที่ระดับเก็บกักปกติ = 227 ม.รทก.
4. ความยาวสันฝาย (Spillway Crest Length) = 40 ม.
5. ปริมาณน้ำที่ต้องส่งเพื่อใช้ในกิจกรรมต่างๆ (Allocation Plan) = 0.3300 ล้าน ลบ.ม.
6. ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ ณ เวลาที่เริ่มต้นพิจารณา = 116.7160 ล้าน ลบ.ม.
7. ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ = 0.1020 ลบ.ม./วัน (เกณฑ์ปีน้ำปกติ)
8. ค่าการระเหยจากผิวดินการระเหยแบบ Class A – Pan ใช้ของเดือน พ.ค. ตารางผนวกที่ 1
9. ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงบนพื้นที่ผิวน้ำในอ่างเก็บน้ำ = 10 มม.
10. ปริมาณน้ำที่รั่วซึมออกจากอ่างเก็บน้ำ = 2 มม. (ปราโมทย์ ไม่กัลลัด, 2524 หน้า: 20)
11. กำหนดขั้นของความละเอียดในการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของระดับน้ำเท่ากับ 1 มม.

วิธีการคำนวณ

ขั้นตอนที่ 1 คำนวณค่าพื้นที่ผิวน้ำในอ่างเก็บน้ำเฉลี่ยตลอดช่วงเวลาที่พิจารณา (SA)

เพื่อลดความยุ่งยากในการคำนวณจะใช้พื้นที่ผิวน้ำ ณ ช่วงเวลาที่เริ่มต้นพิจารณาแทนค่าพื้นที่ผิวน้ำเฉลี่ย
คำนวณค่าพื้นที่ผิวน้ำในอ่างเก็บน้ำ (Surface Area) จากค่าปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ (Storage) โดยการ
Interpolate จากตารางผนวกที่ 2

$$SA = (116.7160 - 122) \times 18 / (81 - 122) + (116.7160 - 81) \times 22 / (122 - 81) = 21.4845 \text{ ตร.กม.} \quad \leftarrow$$

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณค่าปริมาณน้ำฝนที่ตกลงบนผิวน้ำในอ่างเก็บน้ำตลอดช่วงเวลาที่พิจารณา ($Rain_{t+1}$)

คำนวณค่าปริมาณน้ำฝนที่ตกลงบนพื้นที่ผิวน้ำของอ่างเก็บน้ำ จากสมการผนวกที่ 3

จากโจทย์ SR = 10 มม.

จากขั้นตอนที่ 1 SA = 21.4845 ตร.กม.

$$Rain_{t+1} = [(SR/1000) \times (SA \times 1,000 \times 1,000)] / 1,000,000 = [(10/1,000) \times (21.4845 \times 1,000 \times 1,000)] / 1,000,000 = 0.2148 \text{ ล้าน ลบ.ม.} \quad \leftarrow$$

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณค่าปริมาณน้ำที่ระเหยจากผิวน้ำในอ่างเก็บน้ำตลอดช่วงเวลาที่พิจารณา ($Evap_{t+1}$)

จากโจทย์และตารางผนวกที่ 1 $E_M = 175.6$ มม.

จากโจทย์และตารางผนวกที่ 2 ndm = 31 วัน

จากขั้นตอนที่ 1 SA = 21.4845 ตร.กม.

จากสมการผนวกที่ 4 $E_D = E_M / ndm = 175.6 / 31 = 5.6645$ มม.

จากสมการผนวกที่ 5 $E_R = 0.70$ $E_D = 0.70 \times 5.6645 = 3.9652$ มม.

$$\text{จากสมการผนวกที่ 6 } Evap_{t+1} = [(E_R/1,000) \times (SA \times 1,000 \times 1,000)] / 1,000,000 = [(3.9652/1,000) \times (21.4845 \times 1,000 \times 1,000)] / 1,000,000 = 0.0852 \text{ ล้าน ลบ.ม.} \quad \leftarrow$$

ขั้นตอนที่ 4 คำนวณค่าปริมาณน้ำที่รั่วซึมออกจากอ่างเก็บน้ำตลอดช่วงเวลาที่ยพิจารณา ($Seep_{t+1}$)

จากโจทย์ $Seep_{Depth} = 2$ มม.

จากขั้นตอนที่ 1 $SA = 21.4845$ ตร.กม.

จากสมการผนวกที่ 7 $Seep_{t+1} = [(Seep_{Depth} / 1000) \times (SA \times 1,000 \times 1,000)] / 1,000,000 = [(2 / 1,000) \times (21.4845 \times 1,000 \times 1,000)] / 1,000,000 = 0.0430$ ล้าน ลบ.ม. ⇐

ขั้นตอนที่ 5 ตรวจสอบปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำที่ส่งได้จริงตลอดช่วงเวลาที่ยพิจารณา ($Plan_{t+1}$)

ตรวจสอบปริมาณน้ำที่เหลืออยู่ในอ่างเก็บน้ำเทียบกับปริมาณน้ำที่ระดับเก็บกักปกติ ณ วันที่เริ่มจำลองสถานการณ์น้ำ ว่ามีปริมาณมากพอที่จะใช้ส่งตามแผนได้หรือไม่ ปริมาณน้ำที่ต้องการจากอ่างเก็บน้ำเพื่อใช้ในการกิจกรรมต่าง ๆ จากโจทย์ คือ $Plan_{t+1} = 0.3300$ ล้าน ลบ.ม.

$S_t = 116.7160$ ล้าน ลบ.ม. < Retention Storage = 275 ล้าน ลบ.ม.

แสดงว่ามีปริมาณน้ำต่ำกว่าปริมาณน้ำที่ระดับเก็บกักสูงสุด ต้องตรวจสอบต่อ

$S_t - \text{Dead Storage} + I_{t+1} + \text{Rain}_{t+1} - \text{Evap}_{t+1} - \text{Seep}_{t+1} = 116.7160 - 7.0000 + 0.1020 + 0.2148 - 0.0852 - 0.0430$

$S_t - \text{Dead Storage} + I_{t+1} + \text{Rain}_{t+1} - \text{Evap}_{t+1} - \text{Seep}_{t+1} = 109.9046 > Plan_{t+1} = 0.3300$ ล้าน ลบ.ม.

ดังนั้น แสดงว่ามีปริมาณน้ำมากพอที่จะสามารถส่งน้ำได้ตามแผน $Plan_{t+1} = 0.3300$ ล้าน ลบ.ม. ⇐

หมายเหตุ: กรณีที่ $S_t \geq \text{Retention Storage}$ แสดงว่าปริมาณน้ำที่มีเหลืออยู่ในอ่างเก็บน้ำมีปริมาณมากพอที่จะส่งน้ำได้ตามแผน แต่ถ้าเกิดกรณีที่ $S_t < \text{Retention Storage}$ จะตรวจสอบต่อนี้

กรณีที่ 1 $S_t - \text{Dead Storage} + I_{t+1} + \text{Rain}_{t+1} - \text{Evap}_{t+1} - \text{Seep}_{t+1} \geq Plan_{t+1}$ แสดงว่าปริมาณน้ำที่มีเหลืออยู่ในอ่างเก็บน้ำมีปริมาณมากพอที่จะส่งน้ำได้ตามแผน

กรณีที่ 2 $S_t - \text{Dead Storage} + I_{t+1} + \text{Rain}_{t+1} - \text{Evap}_{t+1} - \text{Seep}_{t+1} < Plan_{t+1}$ แสดงว่าปริมาณน้ำที่มีเหลืออยู่ในอ่างเก็บน้ำมีปริมาณไม่เพียงพอที่จะส่งน้ำได้ตามแผน ดังนั้นปริมาณน้ำที่ส่งได้จะมีปริมาณเท่ากับน้ำที่เหลืออยู่ คือ $S_t - \text{Dead Storage} + I_{t+1} + \text{Rain}_{t+1} - \text{Evap}_{t+1} - \text{Seep}_{t+1}$

ขั้นตอนที่ 6 คำนวณค่าปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเมื่อสิ้นสุดช่วงเวลาที่ยพิจารณา (S_{t+1})

จากโจทย์ $S_t = 116.7160$ ล้าน ลบ.ม.

จากโจทย์ $I_{t+1} = 0.1020$ ล้าน ลบ.ม.

จากขั้นตอนที่ 2 $\text{Rain}_{t+1} = 0.2148$ ล้าน ลบ.ม.

จากขั้นตอนที่ 3 $\text{Evap}_{t+1} = 0.0852$ ล้าน ลบ.ม.

จากขั้นตอนที่ 4 $\text{Seep}_{t+1} = 0.0430$ ล้าน ลบ.ม.

จากขั้นตอนที่ 5 $Plan_{t+1} = 0.3300$ ล้าน ลบ.ม.

แทนค่าลงในสมการผนวกที่ 1 เพื่อคำนวณค่า S_{t+1} เพื่อตรวจสอบว่าเกิดกรณีมีปริมาณน้ำส่วนเกินไหลล้นข้ามทางระบายน้ำล้นหรือไม่

$S_{t+1} = S_t + I_{t+1} + \text{Rain}_{t+1} - Plan_{t+1} - \text{Evap}_{t+1} - \text{Seep}_{t+1} = 116.7160 + 0.1020 + 0.2148 - 0.3300 - 0.0852 - 0.0430 = 116.5746$ ล้าน ลบ.ม. ⇐

หมายเหตุ: ค่า S_{t+1} ที่คำนวณได้นี้เป็นการจำลองปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำค่าสุดท้ายที่จุดสิ้นสุดช่วงระยะเวลาที่ยพิจารณา ค่าที่คำนวณได้นี้อาจจะยังไม่ใช่ว่าจริง ต้องตรวจสอบก่อนว่าเกิดกรณีปริมาณน้ำส่วนเกินไหลล้นข้ามทางระบายน้ำล้น (Spillway) หรือไม่

ขั้นตอนที่ 7 ตรวจสอบการเกิด Spillway Overflow

ตรวจสอบค่า S_{t+1} ที่คำนวณได้กับค่า Retention Storage ถ้าค่า S_{t+1} ที่คำนวณได้มากกว่าค่า Retention Storage แสดงว่าเกิดกรณีมีปริมาณน้ำส่วนเกินไหลล้นอ่างเก็บน้ำทาง Spillway ดังนั้นค่า S_{t+1} ที่คำนวณได้ยังไม่ใช่ค่าจริง ต้องคำนวณและตรวจสอบเพิ่มเติม (ดูจากตัวอย่างถัดไป) แต่ถ้าค่า S_{t+1} ที่คำนวณได้น้อยกว่าค่า Retention Storage แสดงว่าไม่เกิดกรณีมีปริมาณน้ำส่วนเกินไหลล้นอ่างเก็บน้ำทาง Spillway ค่า S_{t+1} ที่คำนวณได้คือค่าจริงที่จำลองได้ที่จุดสิ้นสุดช่วงระยะเวลาที่พิจารณา

$S_{t+1} = 116.5746 < \text{Retention Storage} = 275.0000$ ดังนั้น ไม่เกิดสภาวะ Spillway Overflow

จากผลการคำนวณค่า Storage ที่คำนวณได้น้อยกว่าค่า Retention Storage แสดงว่าไม่เกิดกรณีมีปริมาณน้ำส่วนเกินไหลล้นข้าม Spillway ดังนั้น $S_{t+1} = 116.5746$ ล้าน ลบ.ม. คือค่าจริงที่จุดสิ้นสุดช่วงระยะเวลาที่พิจารณา

ขั้นตอนที่ 8 คำนวณค่าระดับน้ำเมื่อสิ้นสุดช่วงระยะเวลาที่พิจารณา (EL_{t+1})

คำนวณค่าระดับน้ำ EL_{t+1} ที่ความจุของน้ำ $S_{t+1} = 116.5746$ ล้าน ลบ.ม. โดยการ Interpolate จากตารางผนวกที่ 2

$$EL_{t+1} = (116.5746 - 122) \times 219 / (81 - 122) + (116.5746 - 81) \times 221 / (122 - 81) = 220.7353 \text{ ม.รทก.} \leftarrow$$

สรุป ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์น้ำเมื่อสิ้นสุดช่วงระยะเวลาที่พิจารณา

1. Storage (S_{t+1}) = 116.5746 ล้าน ลบ.ม.
2. Elevation (EL_{t+1}) = 220.7353 ม.รทก.

หมายเหตุ: ค่า S_{t+1} และค่า EL_{t+1} จะเป็นค่าเริ่มต้นของรอบการคำนวณของวันถัดไป คือ $S_{t+1} = S_t$ และ $EL_{t+1} = EL_t$

ตัวอย่างที่ 2 ต้องการทราบปริมาณน้ำ (S_{t+1}) และระดับน้ำ (EL_{t+1}) ในอ่างเก็บน้ำเมื่อสิ้นสุดช่วงระยะเวลาที่พิจารณา 1 วัน ด้วยการจำลองสถานการณ์น้ำในอ่างเก็บน้ำ ตามหลักการสมดุลของน้ำในอ่างเก็บน้ำ (Water Balance) โดยกำหนดข้อมูลเบื้องต้นของอ่างเก็บน้ำดังนี้

1. ปริมาณน้ำที่ระดับเก็บกักปกติ (Retention Storage) = 275 ล้าน ลบ.ม.
2. ปริมาณน้ำที่ระดับเก็บกักปกติต่ำสุด (Dead Storage) = 7 ล้าน ลบ.ม.
3. ระดับน้ำ (Retention Elevation) ที่ระดับเก็บกักปกติ = 227 ม.รทก.
4. ความยาวสันฝาย (Spillway Crest Length) = 40 ม.
5. ปริมาณน้ำที่ต้องส่งเพื่อใช้ในกิจกรรมต่างๆ (Allocation Plan) = 0.1650 ล้าน ลบ.ม.
6. ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ ณ เวลาที่เริ่มต้นพิจารณา = 280.7 ล้าน ลบ.ม.
7. ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ = 0.9118 ลบ.ม. (เกณฑ์ปีน้ำปกติ)
8. ค่าการระเหยจากผิวดินการระเหยแบบ Class A – Pan ใช้ของเดือน พ.ค. ตารางผนวกที่ 1
9. ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงบนพื้นที่ผิวน้ำในอ่างเก็บน้ำ = 10 มม.
10. ปริมาณน้ำที่รั่วซึมออกจากอ่างเก็บน้ำ = 2 มม. (ปราโมทย์ ไม้กลัด, 2524 หน้า: 20)
11. กำหนดขั้นของความละเอียดในการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของระดับน้ำเท่ากับ 1 มม.

วิธีการคำนวณ

ขั้นตอนที่ 1 คำนวณค่าพื้นที่ผิวน้ำในอ่างเก็บน้ำเฉลี่ยตลอดช่วงระยะเวลาที่พิจารณา (SA)

เพื่อลดความยุ่งยากในการคำนวณจะใช้พื้นที่ผิวน้ำ ณ ช่วงเวลาที่เริ่มต้นพิจารณาแทนค่าพื้นที่ผิวน้ำเฉลี่ย คำนวณค่าพื้นที่ผิวน้ำในอ่างเก็บน้ำ (Surface Area) จากค่าปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ (Storage) โดยการ Interpolate จากตารางผนวกที่ 2

$$SA = (280.7000 - 328.67) \times 30 / (275 - 328.67) + (280.7000 - 275) \times 33.10 / (328.67 - 275)$$

$$SA = 30.3292 \text{ ตร.กม.} \quad \leftarrow$$

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณค่าปริมาณน้ำฝนที่ตกลงบนผิวน้ำในอ่างเก็บน้ำตลอดช่วงเวลาที่ยกพิจารณา ($Rain_{t+1}$)

คำนวณค่าปริมาณน้ำฝนที่ตกลงบนพื้นที่ผิวน้ำของอ่างเก็บน้ำ จากสมการผนวกที่ 3

จากโจทย์ $SR = 10$ มม.

จากขั้นตอนที่ 1 $SA = 30.3292$ ตร.กม.

$$Rain_{t+1} = [(SR/1000) \times (SA \times 1,000 \times 1,000)] / 1,000,000 = [(10/1,000) \times (30.3292 \times 1,000 \times 1,000)] / 1,000,000 = 0.3033 \text{ ล้าน ลบ.ม.} \quad \leftarrow$$

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณค่าปริมาณน้ำที่ระเหยจากผิวน้ำในอ่างเก็บน้ำตลอดช่วงเวลาที่ยกพิจารณา ($Evap_{t+1}$)

จากโจทย์และตารางผนวกที่ 1 $E_M = 175.6$ มม.

จากโจทย์และตารางผนวกที่ 2 $ndm = 31$ วัน

จากขั้นตอนที่ 1 $SA = 30.3292$ ตร.กม.

จากสมการผนวกที่ 4 $E_D = E_M / ndm = 175.6 / 31 = 5.6645$ มม.

จากสมการผนวกที่ 5 $E_R = 0.70$ $E_D = 0.70 \times 5.6645 = 3.9652$ มม.

$$\text{จากสมการที่ 6 } Evap_{t+1} = [(E_R/1,000) \times (SA \times 1,000 \times 1,000)] / 1,000,000 = [(3.9652/1,000) \times (30.3292 \times 1,000 \times 1,000)] / 1,000,000 = 0.1203 \text{ ล้าน ลบ.ม.} \quad \leftarrow$$

ขั้นตอนที่ 4 คำนวณค่าปริมาณน้ำที่รั่วซึมออกจากอ่างเก็บน้ำตลอดช่วงเวลาที่ยกพิจารณา ($Seep_{t+1}$)

จากโจทย์ $Seep_{Depth} = 2$ มม.

จากขั้นตอนที่ 1 $SA = 21.4845$ ตร.กม.

$$\text{จากสมการที่ 7 } Seep_{t+1} = [(Seep_{Depth} / 1000) \times (SA \times 1,000 \times 1,000)] / 1,000,000 = [(2/1,000) \times (30.3292 \times 1,000 \times 1,000)] / 1,000,000 = 0.0607 \text{ ล้าน ลบ.ม.} \quad \leftarrow$$

ขั้นตอนที่ 5 ตรวจสอบปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำที่ส่งได้จริงตลอดช่วงเวลาที่ยกพิจารณา ($Plan_{t+1}$)

ตรวจสอบปริมาณน้ำที่เหลืออยู่ในอ่างเก็บน้ำเทียบกับปริมาณน้ำที่ระดับเก็บกักปกติ ณ วันที่เริ่มจำลองสถานการณ์น้ำ ว่ามีปริมาณมากพอที่จะใช้ส่งตามแผนได้หรือไม่ ปริมาณน้ำที่ต้องการจากอ่างเก็บน้ำเพื่อใช้ในการกิจกรรมต่าง ๆ จากโจทย์ คือ $Plan_{t+1} = 0.1650$ ล้าน ลบ.ม.

$S_t = 280.7000$ ล้าน ลบ.ม. > Retention Storage = 275 ล้าน ลบ.ม.

ดังนั้น แสดงว่ามีปริมาณน้ำมากพอที่จะสามารถส่งน้ำได้ตามแผน $Plan_{t+1} = 0.1650$ ล้าน ลบ.ม. $\leftarrow$

ขั้นตอนที่ 6 คำนวณค่าปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเมื่อสิ้นสุดช่วงเวลาที่ยกพิจารณา (S_{t+1})

จากโจทย์ $S_t = 280.7$ ล้าน ลบ.ม.

จากโจทย์ $I_{t+1} = 0.9118$ ล้าน ลบ.ม.

จากขั้นตอนที่ 2 $Rain_{t+1} = 0.3033$ ล้าน ลบ.ม.

จากขั้นตอนที่ 3 $Evap_{t+1} = 0.1203$ ล้าน ลบ.ม.

จากขั้นตอนที่ 4 $Seep_{t+1} = 0.0607$ ล้าน ลบ.ม.

จากขั้นตอนที่ 5 $Plan_{t+1} = 0.1650$ ล้าน ลบ.ม.

แทนค่าลงในสมการผนวกที่ 1 เพื่อคำนวณค่า S_{t+1} เพื่อตรวจสอบว่าเกิดกรณีมีปริมาณน้ำส่วนเกินไหลล้นข้ามทางระบายน้ำหรือไม่

$$S_{t+1} = S_t + I_{t+1} + \text{Rain}_{t+1} - \text{Plan}_{t+1} - \text{Evap}_{t+1} - \text{Seep}_{t+1} = 280.7000 + 0.9118 + 0.3033 - 0.1650 - 0.1203 - 0.0607 = 281.5691 \text{ ล้าน ลบ.ม.} \leftarrow$$

หมายเหตุ: ค่า S_{t+1} ที่คำนวณได้นี้เป็นการจำลองปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำค่าสุดท้ายที่จุดสิ้นสุดช่วงระยะเวลาที่พิจารณา ค่าที่คำนวณได้นี้อาจจะยังไม่ใช่ว่าจริง ต้องตรวจสอบก่อนว่าเกิดกรณีปริมาณน้ำส่วนเกินไหลล้นข้ามทางระบายน้ำล้น (Spillway) หรือไม่

ขั้นตอนที่ 7 ตรวจสอบการเกิด Spillway Overflow

ตรวจสอบค่า S_{t+1} ที่คำนวณได้กับค่า Retention Storage ถ้าค่า S_{t+1} ที่คำนวณได้มากกว่าค่า Retention Storage แสดงว่าเกิดกรณีมีปริมาณน้ำส่วนเกินไหลล้นอ่างเก็บน้ำทาง Spillway ดังนั้นค่า S_{t+1} ที่คำนวณได้ยังไม่ใช่ว่าจริง ต้องคำนวณและตรวจสอบเพิ่มเติม แต่ถ้าค่า S_{t+1} ที่คำนวณได้น้อยกว่าค่า Retention Storage แสดงว่าไม่เกิดกรณีปริมาณน้ำส่วนเกินไหลล้นอ่างเก็บน้ำทาง Spillway ค่า S_{t+1} ที่คำนวณได้คือค่าจริงที่จำลองได้ที่จุดสิ้นสุดช่วงระยะเวลาที่พิจารณา

$$S_{t+1} = 281.5691 \text{ ล้าน ลบ.ม.} > \text{Retention Storage} = 275 \text{ ล้าน ลบ.ม.}$$

จากผลการตรวจสอบค่า S_{t+1} ที่คำนวณได้มากกว่าค่า Retention Storage แสดงว่าเกิดกรณีปริมาณน้ำส่วนเกินไหลล้นข้าม Spillway ดังนั้น $S_{t+1} = 281.5691$ ล้าน ลบ.ม. จะยังไม่ใช่ค่าที่จุดสมดุลหรือจุดที่สิ้นสุดช่วงระยะเวลาที่พิจารณา ต้องคำนวณใหม่ด้วยสมการ Water Balance สมการที่ 2 ยังคงมีการเปลี่ยนแปลงของค่าทั้งสองในทาง เพิ่มขึ้น (+) หรือ ลดลง (-) ตลอดเวลาต้องตรวจสอบต่อโดยใช้ค่า S_t เป็นปริมาณน้ำตั้งต้น และคำนวณค่า S_{t+1} ใหม่ด้วยสมการที่ 2

ขั้นตอนที่ 8 คำนวณค่าระดับน้ำเมื่อเริ่มต้นช่วงระยะเวลาที่พิจารณา (EL_t)

คำนวณค่าระดับน้ำ EL_t ที่ความจุของน้ำ $S_t = 280.7000$ ล้าน ลบ.ม. โดยการ Interpolate จากตารางผนวกที่ 2 $EL_t = 227.2124$ ม.รทก. $\leftarrow$

ขั้นตอนที่ 9 คำนวณค่าปริมาณน้ำที่ไหลล้นข้าม Spillway

จากโจทย์ Spillway Crest Length = 40 ม.

จากโจทย์ Retention Elevation = 227 ม.รทก.

จากขั้นตอนที่ 8 $EL_t = 227.2124$ ม.รทก.

จากสมการผนวกที่ 8 $\text{Over}_{t+1} = 1.82 \times \text{Spillway Crest Length} \times (\text{Water Elevation} - \text{Retention Elevation})^{1.5} = 1.82 \times 40.0000 \times (227.2124 - 227.0000)^{1.5} \times 60 \times 60 \times 24/1,000,000$

$$\text{Over}_{t+1} = 0.6157 \text{ ล้าน ลบ.ม.}$$

ขั้นตอนที่ 10 คำนวณค่า ΣInflow และ $\Sigma \text{Outflow}$

$$\Sigma \text{Inflow} = I_{t+1} + \text{Rain}_{t+1} = 0.9118 + 0.3033 = 1.2151 \text{ ล้าน ลบ.ม.}$$

$$\Sigma \text{Outflow} = \text{Evap}_{t+1} + \text{Seep}_{t+1} + \text{Plan}_{t+1} + \text{Over}_{t+1} = 0.1203 + 0.0607 + 0.1650 + 0.6157 = 0.9617 \text{ ล้าน ลบ.ม.}$$

ขั้นตอนที่ 11 ตรวจสอบรูปแบบการเกิด Spillway Overflow

รูปแบบที่ 1 $\Sigma \text{Inflow} = \Sigma \text{Outflow}$ กรณีนี้ถือว่าการเกิด Spillway Overflow มีค่าคงที่ตลอดช่วงระยะเวลาที่พิจารณา ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำและระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำที่คำนวณได้จากสมการ $S_{t+1} = S_t + I_{t+1} + \text{Rain}_{t+1} -$

$Plan_{t+1} - Evap_{t+1} - Seep_{t+1} - Over_{t+1}$ มีค่าคงที่และอยู่ที่จุดสมดุลแล้ว $S_t = S_{t+1}$ และ $El_t = El_{t+1}$ ค่า $\Sigma Inflow$ ที่คาดการณ์ว่าจะไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ กับค่า $\Sigma Outflow$ ที่คาดการณ์ว่าจะไหลออกจากอ่างเก็บน้ำตลอดช่วงระยะเวลาที่พิจารณา (1วัน) จะไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าระดับน้ำ ณ เวลาที่สิ้นสุดการจำลองดังนั้นไม่จำเป็นต้อง Trial and Error ค่า Elevation (El_{t+1}) ต่อไป

รูปแบบที่ 2 $\Sigma Inflow > \Sigma Outflow$ รูปแบบนี้จะส่งผลให้ปริมาณน้ำและระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่เพิ่มขึ้น ตั้งแต่เริ่มต้นไปจนถึงสิ้นสุดช่วงระยะเวลาที่พิจารณา การคำนวณค่า S_{t+1} และ El_{t+1} เมื่อสิ้นสุดช่วงระยะเวลาที่พิจารณานั้น จะใช้วิธีการ Trial and Error ค่าระดับของผิวน้ำเหนือทางระบายน้ำล้น คือ Trial Elevation = Elevation + ชั้นของความละเอียด ในตัวอย่างนี้ใช้ค่าชั้นของความละเอียดเท่ากับ 0.001 หรือ 1 มม. และการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำเหนือทางระบายน้ำล้น (Spillway) จะวนรอบเพิ่มขึ้นรอบละ 1 มม. นำค่า Trial El_{t+1} ที่เพิ่มขึ้นในแต่ละรอบการคำนวณมาหาค่า Trial S_{t+1} Trial_SA Trial $Over_{t+1}$ Trial $Rain_{t+1}$ Trial $Evap_{t+1}$ และ Trial $Seep_{t+1}$ นำไปแทนค่าในสมการผนวกที่ 9 จนกว่าเงื่อนไขจะเป็นจริง

$$I_{t+1} + Trial_Rain_{t+1} \leq Trial_S_{t+1} - S_t + Trial_Over_{t+1} + Plan_{t+1} + Trial_Evap_{t+1} + Trial_Seep_{t+1} \quad (9)$$

รูปแบบที่ 3 $\Sigma Inflow < \Sigma Outflow$ รูปแบบนี้จะส่งผลให้ปริมาณน้ำและระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่ลดลง ตั้งแต่เริ่มต้นไปจนถึงสิ้นสุดช่วงระยะเวลาที่พิจารณา การคำนวณค่า S_{t+1} และ El_{t+1} เมื่อสิ้นสุดช่วงระยะเวลาที่พิจารณานั้น จะใช้วิธีการ Trial and Error ค่าระดับของผิวน้ำเหนือทางระบายน้ำล้น คือ Trial Elevation = Elevation - ชั้นของความละเอียด ในตัวอย่างนี้ใช้ค่าชั้นของความละเอียดเท่ากับ 0.001 หรือ 1 มม. และการลดลงของระดับน้ำเหนือทางระบายน้ำล้น (Spillway) จะวนรอบลดลงรอบละ 1 มม. นำค่า Trial El_{t+1} ที่ลดลงในแต่ละรอบการคำนวณมาหาค่า Trial S_{t+1} Trial_SA Trial $Over_{t+1}$ Trial $Rain_{t+1}$ Trial $Evap_{t+1}$ และ Trial $Seep_{t+1}$ นำไปแทนค่าในสมการผนวกที่ 10 จนกว่าเงื่อนไขจะเป็นจริง

$$I_{t+1} + Trial_Rain_{t+1} \geq Trial_S_{t+1} - S_t + Trial_Over_{t+1} + Plan_{t+1} + Trial_Evap_{t+1} + Trial_Seep_{t+1} \quad (10)$$

ตรวจสอบค่า $\Sigma Inflow$ กับค่า $\Sigma Outflow$

ตรวจสอบค่า $\Sigma Inflow = 1.2151 > \Sigma Outflow = 0.9617$ แสดงว่าปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำในวันที่จำลองสถานการณ์น้ำ มีค่ามากกว่าปริมาณน้ำที่สูญเสียออกจากอ่างเก็บน้ำทั้งหมด ในกรณีนี้ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนถึงเวลาที่สิ้นสุดการพิจารณา

ขั้นตอนที่ 12 คำนวณค่า Trial Elevation (Trial El_{t+1})

Trial $El_{t+1} = El_t = 227.2124$ ม.รทก. (ค่าเริ่มต้นของรอบแรก)

Trial $El_{t+1} = Trial_El_{t+1} + 0.001 = 227.2124 + 0.001 = 227.2134$ ม.รทก.

Trial $El_{t+1} = 227.2134 > Retention\ Elevation = 227.0000$ ดังนั้น เกิดสภาวะน้ำล้นอ่างเก็บน้ำ

ขั้นตอนที่ 13 คำนวณค่า Trial Surface Area (Trial_SA) จากค่า Trial El_{t+1}

โดยการ Interpolate จากตารางผนวกที่ 2

Trial_SA = $(227.2134 - 229) \times 30 / (227 - 229) + (227.2134 - 227) \times 33.1 / (229 - 227)$

Trial_SA = 30.3308 ตร.กม. ←

ขั้นตอนที่ 14 คำนวณค่า Trial $Rain_{t+1}$ จากค่า Trial_SA โดยแทนค่าตัวแปรลงในสมการผนวกที่ 3

คำนวณค่าปริมาณน้ำฝนที่ตกลงบนพื้นที่ผิวน้ำของอ่างเก็บน้ำ จากสมการผนวกที่ 3

จากโจทย์ SR = 10 มม.

จากขั้นตอนที่ 13 Trial SA = 30.3308 ตร.กม.

$$\text{Trial_Rain}_{t+1} = [(10/1,000) \times (30.3308 \times 1,000 \times 1,000)]/1,000,000$$

$$\text{Trial_Rain}_{t+1} = 0.3033 \text{ ล้าน ลบ.ม.} \quad \Leftarrow$$

ขั้นตอนที่ 15 คำนวณค่า Trial_Evap_{t+1} จากค่า Trial_SA

จากโจทย์และตารางผนวกที่ 1 E_M = 175.6 มม.

จากโจทย์และตารางผนวกที่ 2 ndm = 31 วัน

จากขั้นตอนที่ 1 Trial_SA = 30.3308 ตร.กม.

$$\text{จากสมการผนวกที่ 4 } E_D = E_M/ndm = 175.6/31 = 5.6645 \text{ มม.}$$

$$\text{จากสมการผนวกที่ 5 } E_R = 0.70 E_D = 0.70 \times 5.6645 = 3.9652 \text{ มม.}$$

$$\text{จากสมการผนวกที่ 6 } \text{Trial_Evap}_{t+1} = [(3.9645/1,000) \times (30.3308 \times 1,000 \times 1,000)]/1,000,000$$

$$\text{Trial_Evap}_{t+1} = 0.1203 \text{ ล้าน ลบ.ม.} \quad \Leftarrow$$

ขั้นตอนที่ 16 คำนวณค่า Trial_Seep_{t+1} จากค่า Trial_SA

จากโจทย์ Seep_{Depth} = 2 มม.

จากขั้นตอนที่ 1 Trial_SA = 30.3308 ตร.กม.

$$\text{จากสมการผนวกที่ 7 } \text{Trial_Seep}_{t+1} = [(2/1,000) \times (30.3308 \times 1,000 \times 1,000)]/1,000,000$$

$$\text{Trial_Seep}_{t+1} = 0.0607 \text{ ล้าน ลบ.ม.} \quad \Leftarrow$$

ขั้นตอนที่ 17 คำนวณค่า S_{t+1} จากค่า Trial_El_{t+1}

โดยการ Interpolate จากตารางผนวกที่ 2

$$\text{Trial_S}_{t+1} = (227.2134-229) \times 275 / (227-229) + (227.2134-227) \times 328.67 / (229-227)$$

$$\text{Trial_S}_{t+1} = 280.7266 \text{ ล้าน ลบ.ม.} \quad \Leftarrow$$

ขั้นตอนที่ 18 คำนวณค่า Trial Spillway Overflow (Trial_Over_{t+1})

จากโจทย์ Spillway Crest Length = 40 ม.

จากโจทย์ Retention Elevation = 227 ม.รทก.

จากขั้นตอนที่ 12 Trial_El_{t+1} = 227.2134 ม.รทก.

$$\text{จากสมการผนวกที่ 8 } \text{Trial_Over}_{t+1} = 1.82 \times 40.0000 \times (227.2134 - 227)^{15} \times 60 \times 60 \times 24/1,000,000$$

$$\text{Trial_Over}_{t+1} = 0.6201 \text{ ล้าน ลบ.ม.} \quad \Leftarrow$$

ขั้นตอนที่ 19 ตรวจสอบเงื่อนไขจากสมการผนวกที่ 9

แทนค่าตัวแปรทั้งหมดลงใน สมการผนวกที่ 9

$$0.9118 + 0.3033 \leq 280.7266 - 280.7000 + 0.6201 + 0.1650 + 0.1203 + 0.0607$$

$$1.2151 \leq 0.9927 \quad \text{** เงื่อนไขสมการไม่เป็นจริง **}$$

เงื่อนไขสมการยังไม่เป็นจริง คือ ผลรวมของเทอม Trial_S_{t+1} - S_t + Trial_Over_{t+1} + Plan_{t+1} + Trial_Evap_{t+1} + Trial_Seep_{t+1} ยังมีค่าน้อยกว่าค่า ΣInflow = I_{t+1} + Trial_Rain_{t+1} ต้องกลับไปทำใน ขั้นตอนที่ 12 - ขั้นตอนที่ 18 ใหม่อีกครั้ง คือ บวกค่าระดับเพิ่มขึ้นอีก 1 มม. ทำลักษณะนี้ไปจนกว่าเงื่อนไขจะเป็นจริง ดังเช่น

$$\text{Trial_El}_{t+1} = 227.2134 + 0.001$$

*** สมมติว่าเงื่อนไขที่เป็นจริง คือ Trial_El_{t+1} = 227.2214 ม.รทก. Trial_SA = 30.3432 ตร.กม.

Trial_Rain_{t+1} = 0.3034 ล้าน ลบ.ม. Trial_Evap_{t+1} = 0.1203 ล้าน ลบ.ม. Trial_Seep_{t+1} = 0.0607 ล้าน ลบ.ม.

$Trial_S_{t+1} = 280.9413$ ล้าน ลบ.ม. และ $Trial_Over_{t+1} = 0.6552$ ล้าน ลบ.ม. แทนค่าตัวแปรทั้งหมดลงใน สมการ
 ผนวกที่ 9 อีกครั้ง เพื่อตรวจสอบเงื่อนไข ***

$$0.9118 + 0.3034 \leq 280.9413 - 280.7000 + 0.6552 + 0.1650 + 0.1203 + 0.0607$$

$$1.2152 \leq 1.2425 \text{ *** เงื่อนไขสมการเป็นจริง ***}$$

สรุป ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์น้ำเมื่อสิ้นสุดช่วงเวลาที่ยังพิจารณา

1. Storage ($Trial_S_{t+1}$) = 280.9413 ล้าน ลบ.ม.

2. Elevation ($Trial_El_{t+1}$) = 227.2214 ม.รทก.

หมายเหตุ: ค่า $Trial_S_{t+1}$ และค่า $Trial_El_{t+1}$ จะเป็นค่าเริ่มต้นของรอบการคำนวณของวันถัดไป คือ
 $Trial_S_{t+1} = S_t$ และ $Trial_El_{t+1} = El_t$

ตารางผนวกที่ 1 ค่าระเหยของน้ำจากผิวดินการระเหยแบบ Class A – Pan ที่ติดตั้งอยู่บริเวณอ่างเก็บน้ำ

เดือน	ค่าการระเหยจากผิวดินการระเหยแบบ Class A-Pan (มม.)
1	128.6
2	137.9
3	180.7
4	182.1
5	175.6
6	164.1
7	162.9
8	153.2
9	134.7
10	128.2
11	120.2
12	124.6

ตารางผนวกที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างความจุของน้ำในอ่างเก็บน้ำ พื้นที่ผิวน้ำในอ่างเก็บน้ำ และระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ

ความจุน้ำในอ่างเก็บน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)	ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ (ม. รทก.)	พื้นที่ผิวน้ำในอ่างเก็บน้ำ (ตร.กม.)
0.40	209.00	0.00
1.00	210.00	0.04
3.00	212.00	3.00
23.00	215.00	11.00
81.00	219.00	18.00
122.00	221.00	22.00
166.00	223.00	25.00
218.00	225.00	27.00
275.00	227.00	30.00
328.67	229.00	33.10
383.17	231.00	36.00
437.67	233.00	38.90
492.17	235.00	41.80
546.67	237.00	44.70

การประมาณค่าฝนใช้การ (Effective Rainfall)

วิธีการประมาณค่าฝนใช้การของข้าว

1. วิธีการของกองอุทกวิทยา กรมชลประทาน (RID Hydrology Division) เป็นวิธีการประมาณค่าปริมาณฝนใช้การในการทำนา โดยคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์จากฝนตกประจำวันของเดือนต่าง ๆ ดังตารางผนวกที่ 3

ตารางผนวกที่ 3 วิธีการประมาณค่าฝนใช้การของ กองอุทกวิทยา กรมชลประทาน (RID Hydrology Division)

ฤดู	เดือน	ฝนใช้การ
เดือนในต้นฤดูฝน	เม.ย. – ก.ย.	ฝนใช้การ 75 % ของฝนจริง
เดือนปลายฤดูฝน	ต.ค.	ฝนใช้การ 65 % ของฝนจริง
เดือนในต้นฤดูแล้ง	พ.ย. – ธ.ค.	ฝนใช้การ 80 % ของฝนจริง
เดือนในฤดูแล้ง	ม.ค. – มี.ค.	ฝนใช้การ 90 % ของฝนจริง

ที่มา : อภิชาติ อนุกุลอำไพ วิบูลย์ บุญยธโรกุล วรารุช วุฒิวิณชัย โกวิท ท้วมเสงี่ยม มนตรี คำชู. 2524. คู่มือการชลประทานระดับไร่นา. กรุงเทพฯ

2. วิธีการของ ECI (Engineering Consultant, Inc.) วิธีนี้เป็นวิธีที่แนะนำโดยบริษัทวิศวกรที่ปรึกษา (Engineering Consultant, Inc.) ได้แนะนำให้คำนวณค่าปริมาณฝนใช้การ สำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ข้อเสนอแนะนี้ให้ถือว่า ถ้าฝนเฉลี่ยตลอดเดือนมีค่าไม่เกิน 200 มม. ให้นับเป็นฝนใช้การได้ทั้งหมด ถ้าฝนเฉลี่ยตลอดเดือนมากกว่า 200 มม. จะลดลงตามส่วนดังแสดงเป็นตัวเลขได้ดังตารางผนวกที่ 4

ตารางผนวกที่ 4 วิธีการประมาณค่าฝนใช้การของ ECI (Engineering Consultant, Inc.)

ฝนรายเดือนเฉลี่ย – มม.	ฝนใช้การ – มม. (%)	% ของฝนที่เพิ่มขึ้น 50 มม.
200	200 (100%)	
		75
250	237.5 (95.0%)	
		65
300	270.0 (90.0%)	
		45
350	292.5 (83.6%)	
		35
400	310.0 (77.5%)	
		20
450	320.0 (71.1%)	
		10
500	325.0 (65.0%)	

ที่มา : อภิชาติ อนุกุลอำไพ วิบูลย์ บุญยธโรกุล วรารุช วุฒิวิณชัย โกวิท ท้วมเสงี่ยม มนตรี คำชู. 2524. คู่มือการชลประทานระดับไร่นา. กรุงเทพฯ

3. วิธีการของ Acres (Acres International Ltd.) ในภาคกลางของประเทศไทย (ลุ่มน้ำเจ้าพระยา) บริษัท Acres International Ltd. ได้จัดทำรายงานการคำนวณปริมาณฝนใช้การไว้ดังตารางผนวกที่ 5

ตารางที่ 5 วิธีการประมาณค่าฝนใช้การของ Acres (Acres International Ltd.)

ฝนตกทั้งหมด มม.	Effective Rainfall เป็นเดือน (มม.)							
	กรณีที่ 1		กรณีที่ 2		กรณีที่ 3			
	ต.ค.	เดือนอื่น ๆ	ต.ค.	เดือนอื่น ๆ	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	เดือนอื่น ๆ
0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	25	25	25	25	25	25	25	25
50	43	50	50	50	50	50	50	50
100	58	80	92	100	100	100	100	100
150	71	93	95	126	150	140	120	150
200	82	100	100	135	190	165	120	200
250	84	110	100	147	215	180	120	250
300	84	120	100	156	234	189	120	275
400	84	120	100	160	264	212	120	300
500	84	120	100	160	264	215	120	300

ที่มา : อภิชาติ อนุกุลอำไพ วิบูลย์ บุญยธโรกุล วราวุธ วุฒิวิเศษย์ โกวิท ท้วมเสงี่ยม มนตรี คำชู. 2524. คู่มือการชลประทานระดับไร่นา. กรุงเทพฯ

วิธีการประมาณค่าฝนใช้การของพืชอื่น ๆ

1. วิธีการของ Dependable Rainfall การประมาณค่าฝนใช้การด้วยวิธีของ Dependable Rainfall เป็นวิธีการที่ดีที่สุดสำหรับเขตชุ่มชื้น ดังนั้นการประมาณค่าฝนใช้การด้วยวิธีนี้จึงเหมาะสมกับประเทศไทย เพราะประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น สภาพโดยทั่วไปจึงใกล้เคียงกับเขตชุ่มชื้นมาก มีวิธีการคำนวณ ดังสมการผนวกที่ 11 และ ดังสมการผนวกที่ 12 โดยสมการผนวกที่ 11 จะใช้คำนวณค่าฝนใช้การเมื่อปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยมีค่ามากกว่า 16.667 มม. ถ้าน้อยกว่าถือว่าไม่มีฝนใช้การ

$$Reff = 0.6 \times Rmonth - 10 \text{ ในกรณีที่ } Rmonth \leq 70 \text{ mm} \text{ ----- (11)}$$

$$Reff = 0.8 \times Rmonth - 24 \text{ ในกรณีที่ } Rmonth > 70 \text{ mm} \text{ ----- (12)}$$

เมื่อ

$Reff$ = ปริมาณฝนใช้การรายเดือน หน่วย มม.

$Rmonth$ = ปริมาณฝนรายเดือน หน่วย มม.

หมายเหตุ: จากสมการผนวกที่ 11 ถ้า $Rmonth \leq 16.667$ มม. ถือว่า $Reff = 0$

ที่มา: Dastane, N.G. (1974). Effective rainfall in Plangated agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 25. Rome, ITALY.

2. วิธีการของ USDA SCS เป็นวิธีที่พัฒนาโดย The U.S. Department of Agriculture's Soil Conservation Service ซึ่งพิจารณาจากองค์ประกอบของดินในประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นหลัก (ดังนั้นวิธีนี้จึง

อาจจะไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ในประเทศไทยมากนัก แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของผู้ใช้งานโปรแกรมด้วย) ดังสมการ
 ผนวกที่ 13 และสมการผนวกที่ 14

$$Reff = R_{tot} \times [(125 - 0.2 \times R_{tot}) / 125] \text{ ในกรณีที่ } R_{tot} < 250 \text{ มม. ---- (13)}$$

$$Reff = 125 + 0.1 \times R_{tot} \text{ ในกรณีที่ } R_{tot} \geq 250 \text{ มม. ---- (14)}$$

เมื่อ

$Reff$ = ปริมาณฝนใช้การรายเดือน หน่วย มม.

R_{tot} = ปริมาณฝนรายเดือน หน่วย มม.

ที่มา: Dastane, N.G. (1974). Effective rainfall in irrigated agriculture. FAO Irrigation and
 Drainage Paper No. 25. Rome, ITALY.

3. วิธีการของ Fixed Percentage of Rainfall เป็นวิธีประมาณค่าฝนใช้การที่ค่อนข้างหยابกว่าวิธีอื่น
 โดยกำหนดค่าของเปอร์เซ็นต์ของฝนจริงที่ตรวจวัดได้ไว้ดังนี้ 70% 80% และ 90% ดังสมการผนวกที่ 15

$$Reff = \text{Fixed Percentage} \times R_{tot} \text{ ---- (15)}$$

เมื่อ

$Reff$ = ปริมาณฝนใช้การรายเดือน หน่วย มม.

R_{tot} = ปริมาณฝนรายเดือน หน่วย มม.

Fixed Percentage = 0.70 0.80 และ 0.90 (70% 80% และ 90%)

ที่มา: Dastane, N.G. (1974). Effective rainfall in irrigated agriculture. FAO Irrigation and
 Drainage Paper No. 25. Rome, ITALY.

การประมาณค่าอัตราการรั่วซึมของน้ำในแปลงนา

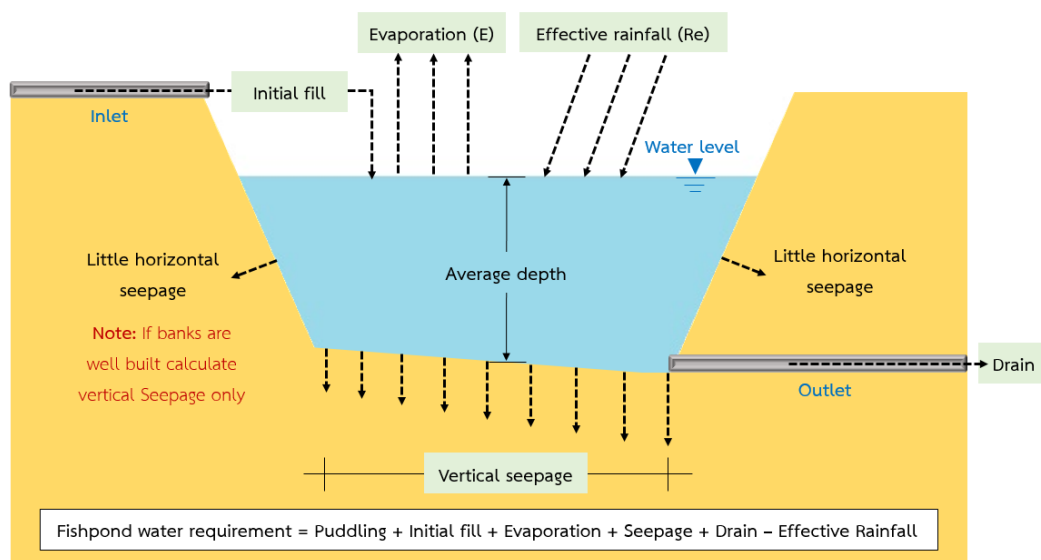
วิธีการประมาณค่าอัตราการรั่วซึมของน้ำเลยเขตรากในแปลงนาของโปรแกรม WAPF 3.0 จะประมาณค่าจากตารางที่แนะนำโดย เอกสารประกอบการบรรยาย โครงการฝึกอบรมการจัดการน้ำชลประทาน เล่มที่ 1 ความต้องการน้ำชลประทาน หน้า 169

ตารางผนวกที่ 6 อัตราการรั่วซึมในแปลงนา (Percolation, P)

เนื้อดิน	อัตราการรั่วซึมในแปลงนาเฉลี่ย (มม./วัน)
ดินทราย (Sand)	2.50 – 8.0
ดินร่วน (Loam)	1.5 – 2.5
ดินเหนียว (Clay)	1.0 – 1.5

ที่มา: โครงการฝึกอบรมการจัดการน้ำชลประทาน เล่มที่ 1 (2527: หน้า 169)

การประมาณค่าความต้องการน้ำของบ่อปลา



รูปผนวกที่ 1 แผนผังการใช้น้ำของบ่อปลา

วิธีการประมาณค่าความต้องการน้ำของบ่อปลาของโปรแกรม WAPF 3.0 จะเลือกใช้วิธีการคำนวณที่แนะนำโดย FAO Training Series หัวข้อ WATER Chapter 2: Estimates of Water Requirements for a Fishpond และวิธีการที่แนะนำโดยคู่มือปฏิบัติการจัดสรรน้ำ เล่มที่ 15 หน้า 15 – 8 เรื่อง การคำนวณหาประสิทธิภาพการชลประทาน นำทั้งสองวิธีการคำนวณมาประยุกต์ใช้งานร่วมกัน ได้สมการที่ใช้ในการคำนวณดังสมการที่ 16

$$\text{Fishpond Requirement} = \text{Puddling} + \text{Initial Fill} + \text{Drainage} + \text{Water Losses} - \text{Effective Rainfall} \text{ ----- (16)}$$

เมื่อ

Puddling = ความต้องการน้ำเตรียมบ่อเพื่อสร้างชั้นดินเลน ประมาณ 200 – 300 มม. (ถ้ามี)

Initial Fill = ความต้องการน้ำเพื่อการเติมบ่อปลาครั้งแรกหลังจากเตรียมบ่อปลา ขึ้นอยู่กับความลึกของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงปลา หน่วย ม. (ถ้ามี)

Drainage = ร้อยละของการเปลี่ยนถ่ายน้ำในแต่ละครั้งของบ่อปลา ขึ้นอยู่กับจำนวนครั้งของการเปลี่ยนถ่ายต่อเดือน หน่วย เปอร์เซ็นต์/ครั้ง (ถ้ามี)

Water Losses = อัตราการรั่วซึมของน้ำในบ่อปลา หน่วย มม./วัน + อัตราการระเหยของน้ำจากบ่อปลา หน่วย มม./วัน คำนวณได้จากสมการผนวกที่ 17

$$\text{Water Losses} = \text{Seepage} + \text{Fishpond Evaporation} \text{ ----- (17)}$$

เมื่อ

Seepage = ค่าจากตารางผนวกที่ 7 แนะนำโดย FAO Training Series

ตารางผนวกที่ 7 อัตราการรั่วซึมของน้ำในบ่อปลา (Fishpond Seepage)

เนื้อดิน	อัตราการรั่วซึมของน้ำในบ่อปลา (มม./วัน)
ดินร่วนปนทราย (Sandy loam)	3 – 6
ดินร่วน (Loam)	2 – 3
ดินร่วนปนเหนียว (Clayey loam)	1 – 2
ดินเหนียวปนร่วน (Loamy clay)	ประมาณ 1
ดินเหนียว (Clay)	ประมาณ 1

ที่มา : FAO Training Series หัวข้อ WATER Chapter 2: Estimates of Water Requirements for a Fishpond

Fishpond Evaporation = อัตราการระเหยของน้ำจากบ่อปลา คำนวณจากสมการผนวกที่ 18

$$\text{Fishpond Evaporation} = 0.75 \times \text{Epan} \text{ ----- (18)}$$

เมื่อ

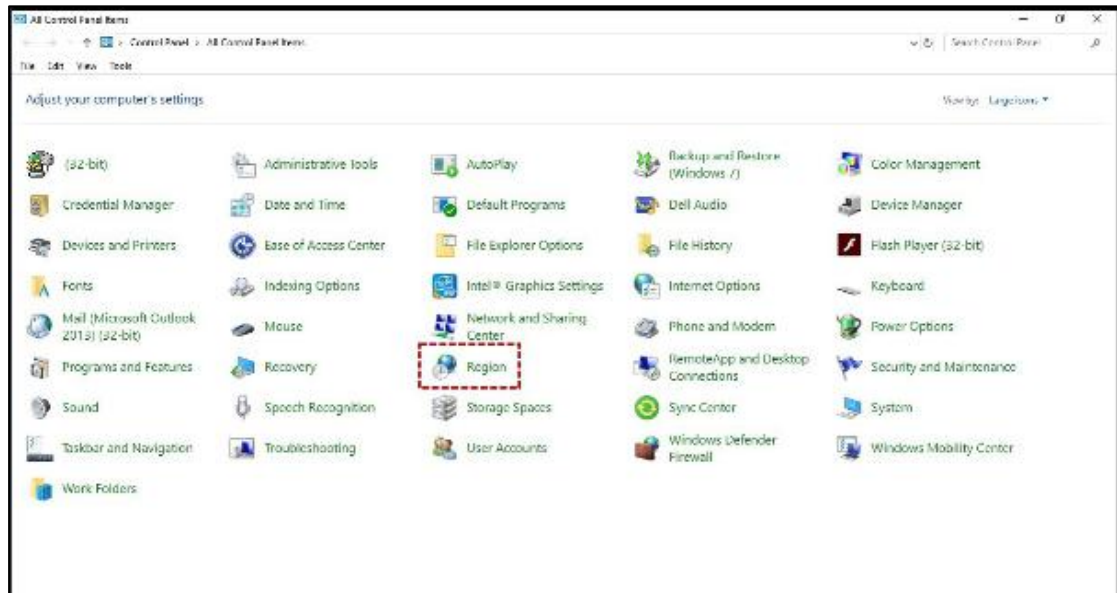
Epan = Class A – Pan Evaporation

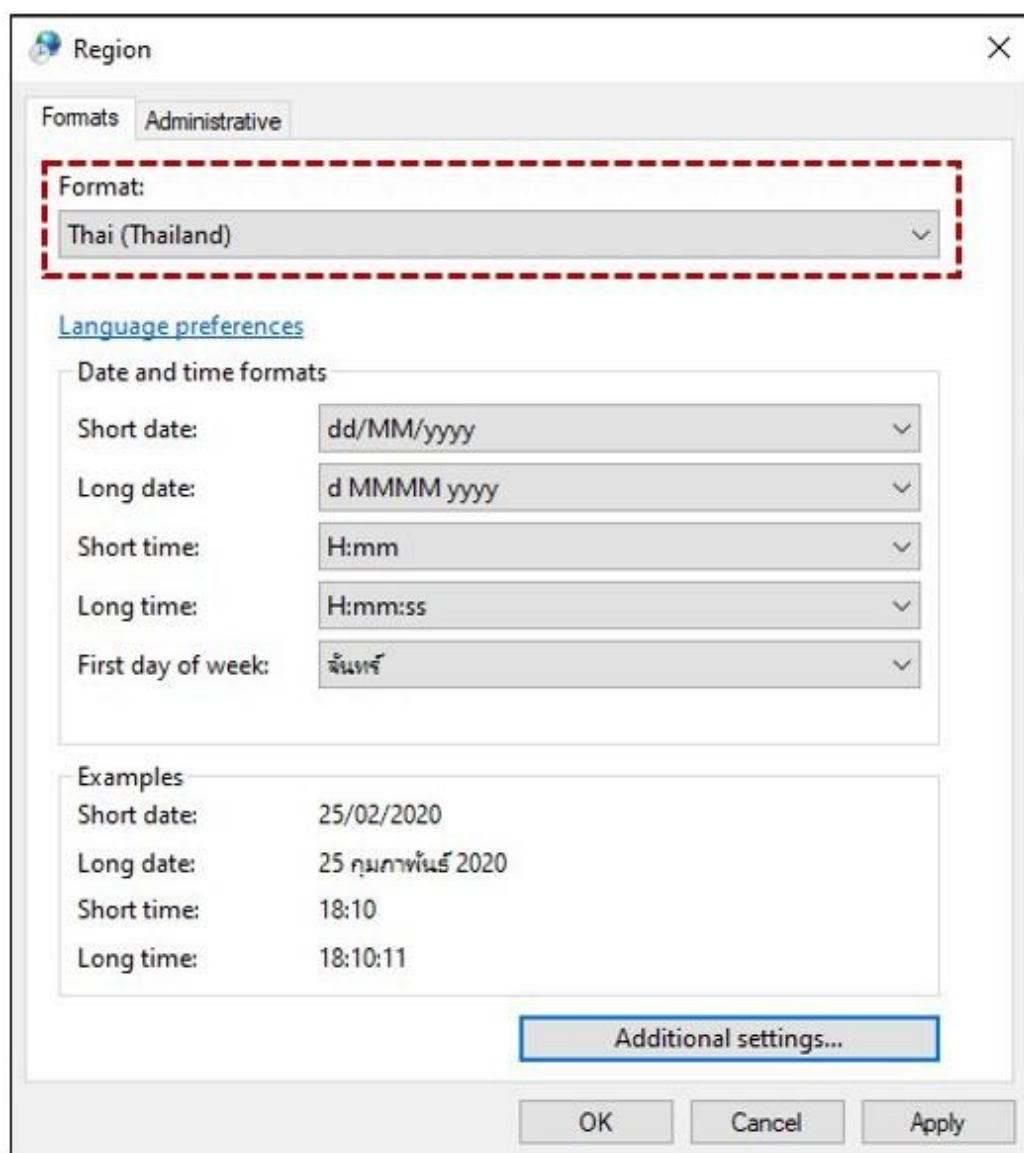
0.75 = Correction Factor

หมายเหตุ : การคำนวณค่าการระเหยของน้ำจากบ่อปลาจะคำนวณโดยใช้สมการผนวกที่ 18 และใช้ข้อมูลค่าการระเหยที่วัดได้จากภาควัดการระเหยแบบ Class A – Pan ที่ถูกติดตั้งอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกับพื้นที่บ่อปลา และจะต้องปรับแก้ค่าการระเหยดังกล่าวโดยคูณด้วยค่าปรับแก้ (Correction Factor) ที่แนะนำโดย FAO Training Series มีค่าเท่ากับ 0.75 ก่อน เพราะอัตราการระเหยจากภาควัดการระเหยเร็วกว่าบ่อปลามาก เพราะมีพื้นที่ผิวน้ำของภาควัดการระเหยเล็กกว่าพื้นที่ผิวน้ำของบ่อปลา

การตั้งค่าระบบคอมพิวเตอร์ก่อนใช้งานโปรแกรม 1

ก่อนใช้งานโปรแกรม ผู้ใช้งานจำเป็นต้องตั้งค่ารูปแบบการแสดงผลของระบบคอมพิวเตอร์บางประการ เพื่อให้การแสดงผลและการทำงานของโปรแกรมเป็นไปอย่างถูกต้อง ได้แก่ รูปแบบเวลา รูปแบบปี และรูปแบบวันที่





Customize Format

Numbers Currency Time Date

Example

Short date: 25/2/2020

Long date: 25 กุมภาพันธ์ 2020

Date formats

Short date: dd/MM/yyyy

Long date: d MMMM yyyy

What the notations mean:
d, dd = day; ddd, dddd = day of week; M = month; y = year

Calendar

When a two-digit year is entered, interpret it as a year between:

1930 and 2029

First day of week: จันทร์

Calendar type: คริสต์ศักราช

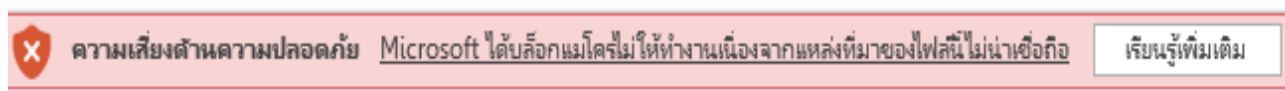
Click Reset to restore the system default settings for numbers, currency, time, and date.

Reset

OK Cancel Apply

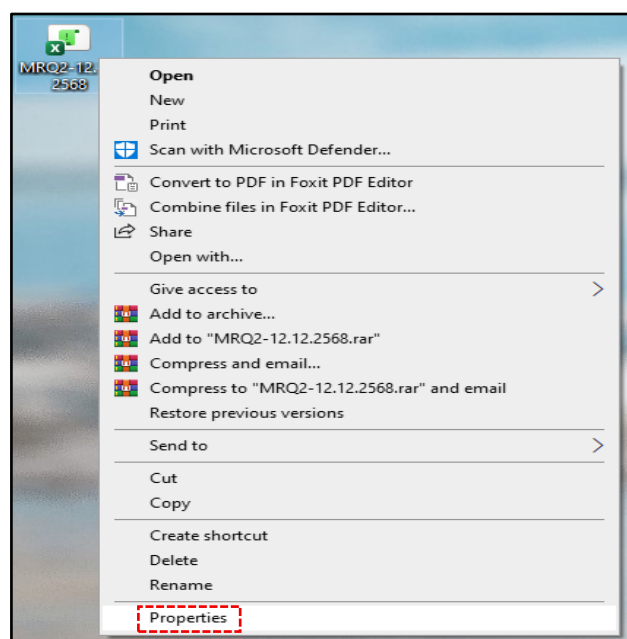
การตั้งค่าระบบคอมพิวเตอร์ก่อนใช้งานโปรแกรม 2

กรณีที่ 1 พบข้อความเตือนความเสี่ยงด้านความปลอดภัย

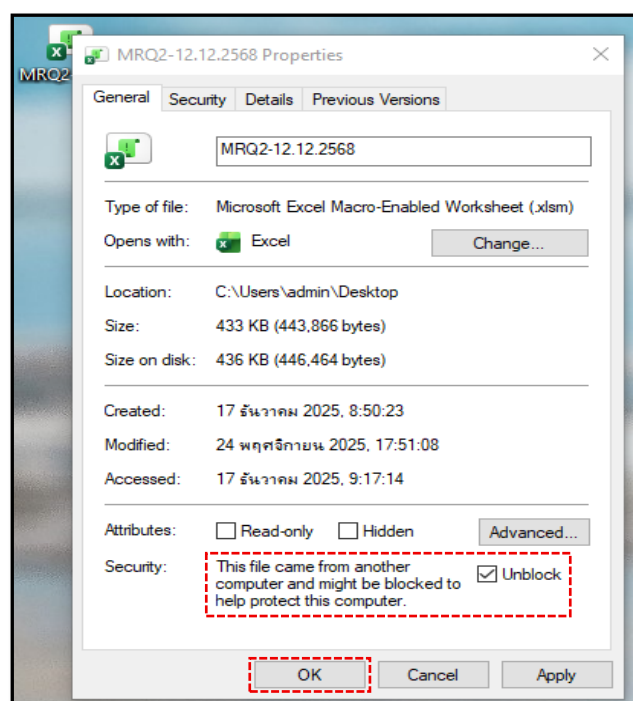


วิธีแก้ไข

ขั้นตอนที่ 1 คลิกขวาที่ไฟล์ MRQ2.xlsm ⇨ คลิกเลือก Properties



ขั้นตอนที่ 2 คลิกเครื่องหมาย ✓ ในช่องสี่เหลี่ยมหน้าคำว่า Unblock ⇨ คลิกปุ่ม OK



กรณีที่ 2 ไม่สามารถกดปุ่ม MRQ2 ได้

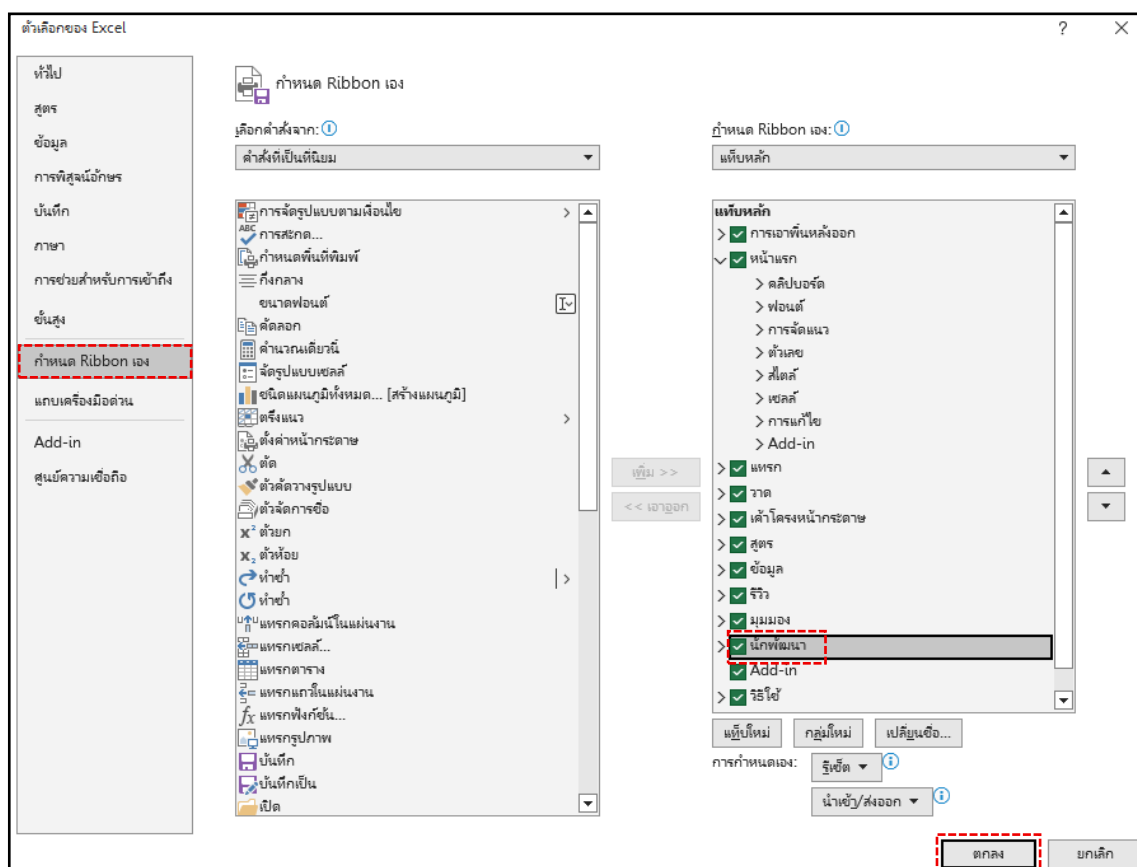
MR-Quick 2

วิธีแก้ไข

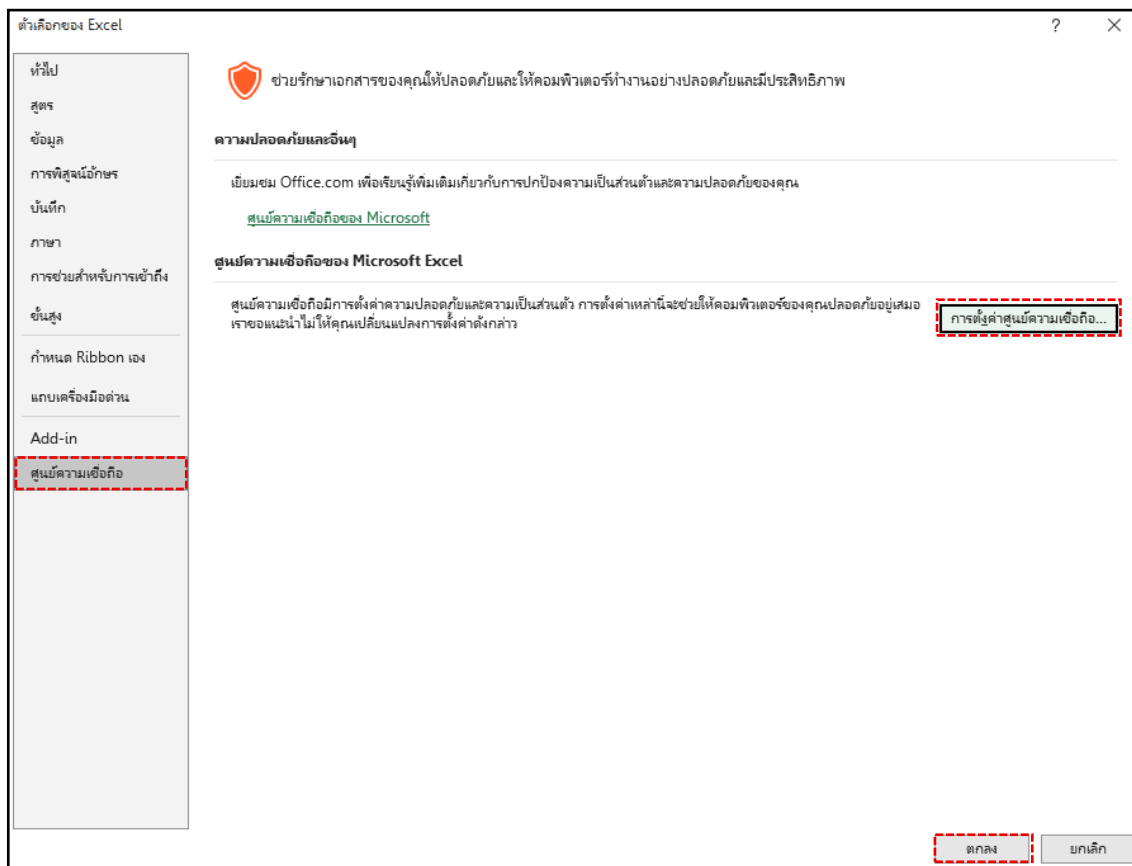
ขั้นตอนที่ 1 เปิดไฟล์โปรแกรม MR-Quick 2 ⇒ คลิกเลือกเมนู ไฟล์ ⇒ คลิก ตัวเลือก



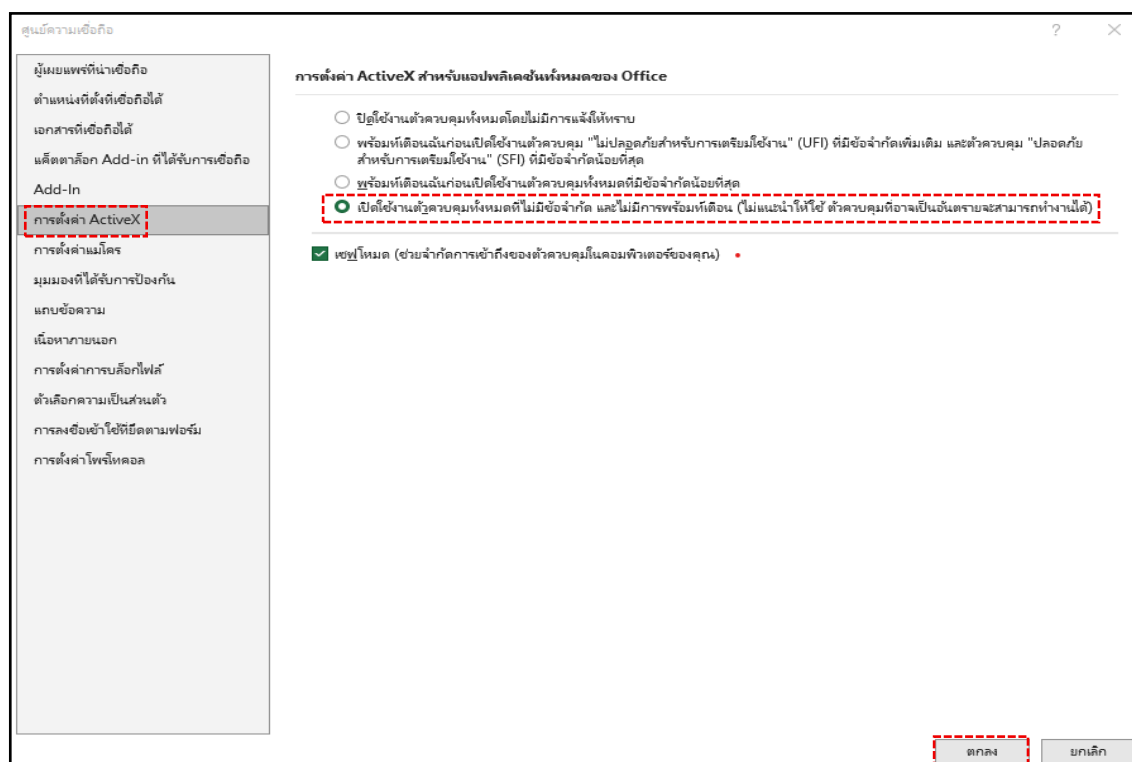
ขั้นตอนที่ 2 คลิกเลือก กำหนด Ribbon เอง ⇒ คลิกเครื่องหมาย ✓ ในช่องสี่เหลี่ยมหน้าคำว่า นักพัฒนา ⇒ คลิกปุ่ม ตกลง



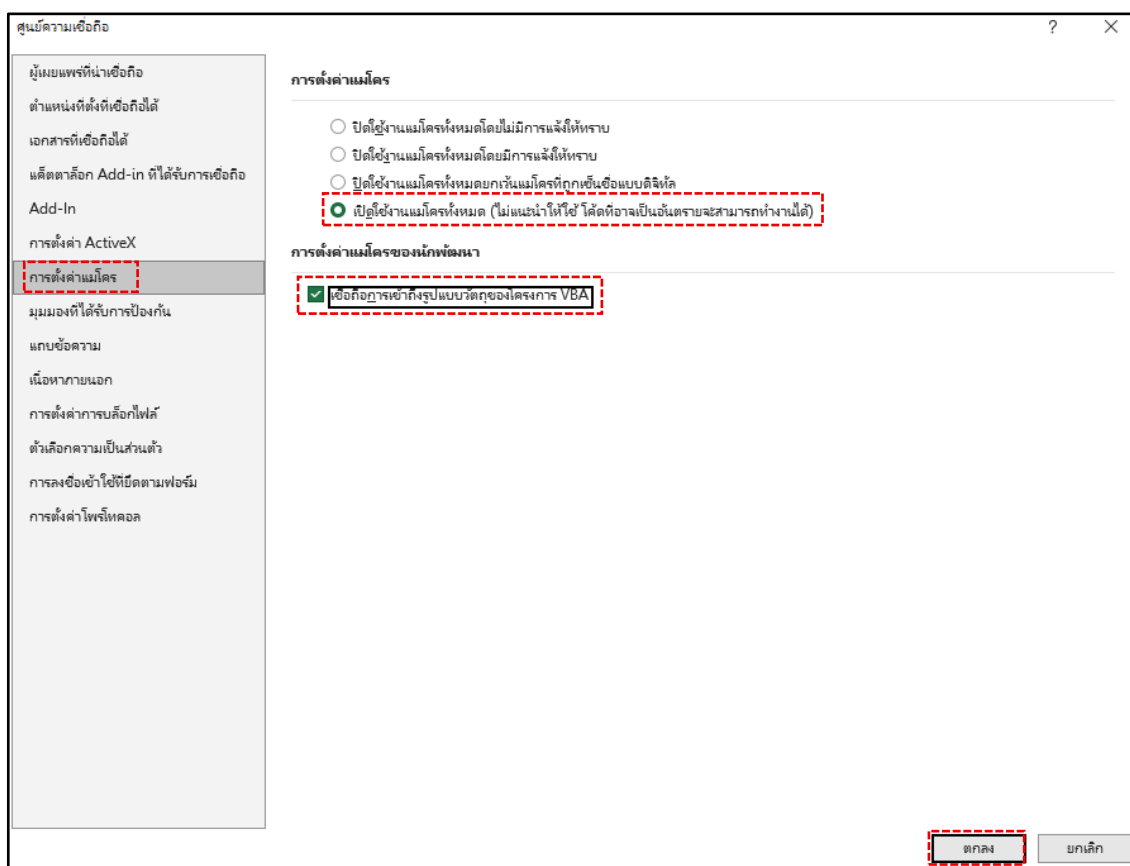
ขั้นตอนที่ 3 คลิกเลือก ศูนย์ความเชื่อถือ ⇒ คลิกเลือก การตั้งค่าศูนย์ความเชื่อถือ ⇒ คลิกปุ่ม ตกลง



ขั้นตอนที่ 4 คลิกเลือก การตั้งค่า ActiveX ⇒ คลิกเลือก เปิดใช้งานตัวควบคุมทั้งหมดที่ไม่มีข้อจำกัดและไม่มี
การพร้อมเตือน ⇒ คลิกปุ่ม ตกลง



ขั้นตอนที่ 5 คลิกเลือก การตั้งค่าแมโคร ⇨ คลิกเลือก เปิดใช้งานแมโครทั้งหมด ⇨ คลิกเครื่องหมาย ✓
 ในช่องสี่เหลี่ยมหน้าคำว่า เชื้อถือการเข้าถึงรูปแบบวัตถุของโครงการ VBA ⇨ คลิกปุ่ม ตกลง ⇨ Save โปรแกรม
 ⇨ ปิดโปรแกรมและเปิดใช้งานโปรแกรมใหม่อีกครั้ง



จากผู้พัฒนา

“ไม่ใช่ผู้เชี่ยวชาญ ... แต่คือผู้ลงมือทำ”

ผมไม่ใช่คนที่รู้ทุกเรื่องและไม่เคยคิดว่าตัวเองเป็นผู้เชี่ยวชาญ แต่สิ่งที่มีคือ ประสบการณ์หลายสิบปีจากการลงมือทำงานจริง เคยผ่านจุดที่สับสน ไม่เข้าใจ และต้องเรียนรู้จากการลองผิดลองถูกมาด้วยตัวเอง วันนี้ผมจึงอยากให้โปรแกรมนี้อย่างน้อย เป็นสิ่งเล็กๆ ที่ช่วยให้ใครอีกหลายคน “เข้าใจงานได้เร็วขึ้นกว่าที่ผมเคยเข้าใจ” โปรแกรมนี้ไม่ได้ถือกำเนิดขึ้นจากความต้องการจะสร้างสิ่งที่ทันสมัยที่สุด แต่เกิดจากคำถามง่าย ๆ ที่ค้างคาใจมาตลอดหลายปีว่า...

**“เราจะลดขั้นตอนที่ซ้ำซ้อนในงานประจำลงได้หรือไม่
เพื่อให้บุคลากรของเราได้มีเวลาไปใช้กับการคิดวิเคราะห์
และพัฒนานวัตกรรมในการทำงานได้เพิ่มมากขึ้น”**

ผมไม่ได้พัฒนาโปรแกรมนี้นี้ขึ้นมาเพื่อให้ใครแค่ “ใส่ข้อมูลแล้วได้ผลลัพธ์” แต่ตั้งใจให้มันเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ผู้ใช้ได้ ผึกคิด ผึกตรวจสอบ และผึกทำความเข้าใจ ที่มาของทุกตัวเลข และทุกกระบวนการที่เกิดขึ้นในการทำงาน เพราะผมเชื่อว่า...

**“การเรียนรู้ที่ดี ไม่ใช่แค่การได้คำตอบเร็วที่สุด
แต่คือการเข้าใจที่มาของคำตอบนั้นอย่างแท้จริง”**

ในโลกยุคใหม่ที่เทคโนโลยีเปลี่ยนไปอย่างรวดเร็ว หลายสิ่งอาจถูกเร่งให้เดินหน้าแต่บางครั้ง “ความเข้าใจ” กลับไม่ได้เติบโตตามไปด้วยเสมอ โปรแกรมนี้จึงไม่ได้ตั้งต้นจากการแสวงหาเครื่องมือที่ล้ำสมัยที่สุด แต่จากความตั้งใจที่จะออกแบบ “เครื่องมือที่เข้าใจง่าย” และ “ไม่ล้มเหลวเบื้องหลัง” ผมหวังว่าโปรแกรมนี้อาจช่วยลดภาระในงานที่ซ้ำซ้อน ลดเวลาที่ต้องใช้กับการทำงานเรื่องเดิม ๆ และช่วยเพิ่มเวลาให้กับผู้ที่ใช้งาน ได้กลับมาผึกผ่น และเรียนรู้หลักการทางวิชาการแบบเดิม ๆ ด้วยวิธีการที่ง่ายขึ้นกว่าเดิม และถ้าหากสิ่งเล็กๆ เหล่านี้ จะมีคุณค่าขึ้นมาบ้าง ผมก็หวังเพียงว่า มันจะช่วยเป็นจุดเริ่มต้นของการเรียนรู้สำหรับใครบางคนได้ไม่มากนัก

ผู้พัฒนา

