



Linear programming for optimal land and water allocation case study: Ubolratana Dam Khon Kaen

Onauma Samanya¹, Ratee Bojaras^{1,*}, Sawitree Tensopa¹, Arisara Foithong¹, Pairin Suwannasri¹ and
Kridsada Narong¹

¹*Department of Mathematics Statistics and Computer, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University*

**Email: ratee.b@ubu.ac.th*

Received <18 April 2025>; Revised <8 October 2025>; Accepted <2 November 2025>

Abstract

This research focuses on the allocation of crop cultivation areas for maximum net profit and the allocation of water resources. The case study is the Ubonratana Dam in Khon Kaen Province from 2021 to 2023, using a linear programming model and the LINGO software. The results found that allocating land for the main economic cultivation of five types of crops, including first-season rice, off-season rice, cassava, rubber, and sugarcane, in three irrigation districts, namely Mueang, Nam Phong, and Kranuan, can increase the average annual profit by 14.54% compared to growing traditional crops. Moreover, it was found that the amount of water released from the dam each month was sufficient to meet the water demand of agriculture without causing a water shortage in the reservoir.

Keywords: Allocation of crop cultivation; Allocation of water resource; Linear programming model; LINGO software

กำหนดการเชิงเส้นเพื่อการจัดสรรที่ดินและน้ำอย่างเหมาะสม กรณีศึกษา: เขื่อนอุบลรัตน์ จังหวัดขอนแก่น

อรอุมา สมัญญา¹ รติ โบจรัส^{1*} สาวิตรี เทนโสภา¹ อริศรา ฝอยทอง¹ ไพรินทร์ สุวรรณศรี¹ และ กฤษดา นารอง¹

¹ภาควิชาคณิตศาสตร์ สถิติและคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

*Email: ratee.b@ubu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการจัดสรรพื้นที่เพาะปลูกพืชเพื่อให้ได้กำไรสุทธิมากที่สุดและการจัดสรรทรัพยากรน้ำ กรณีศึกษา : เขื่อนอุบลรัตน์ จังหวัดขอนแก่น ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2564 - 2566 โดยใช้ตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นและโปรแกรม LINGO ผลการวิจัย พบว่าการจัดสรรพื้นที่เพาะปลูกพืชเศรษฐกิจหลัก 5 ชนิด ได้แก่ ข้าวนาปี ข้าวนาปรัง มันสำปะหลัง ยางพารา และอ้อยในเขตชลประทาน 3 อำเภอ ได้แก่ อำเภอเมือง อำเภอน้ำพองและอำเภอกระนวนด้วยตัวแบบสามารถเพิ่มผลกำไรเฉลี่ยต่อปีเป็น 14.54% เมื่อเทียบกับการปลูกพืชแบบเดิมและพบว่าปริมาณน้ำจากเขื่อนที่ปล่อยในแต่ละเดือนเหมาะสมเพียงพอกับความ ต้องการน้ำในการเกษตรโดยไม่ทำให้เกิดความขาดแคลนของน้ำในอ่างเก็บน้ำ

คำสำคัญ: การจัดสรรพื้นที่เพาะปลูก; การจัดสรรทรัพยากรน้ำ; ตัวแบบกำหนดการเชิงเส้น; โปรแกรม LINGO

บทนำ

ภาคการเกษตรมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อความมั่นคงทางอาหารและเศรษฐกิจทั่วโลกและยังต้องเผชิญกับความท้าทาย เช่น ปัญหาการขาดแคลนทรัพยากรที่ดินและน้ำซึ่งมีอยู่อย่างจำกัด การบริหารจัดการทรัพยากรเหล่านี้ย่อมมีประสิทธิภาพจึงเป็นหัวใจสำคัญในการเพิ่มผลผลิตและสร้างรายได้ให้กับเกษตรกร พร้อมทั้งส่งเสริมการพัฒนาการเกษตรที่ยั่งยืน เพื่อแก้ไขปัญหาต่างกล่าว กำหนดการเชิงเส้น (Linear Programming) จึงเป็นเครื่องมือทางคณิตศาสตร์ที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในการวางแผนการเกษตร ช่วยสร้างแบบจำลองเพื่อหาแนวทางการจัดสรรทรัพยากรที่ดีที่สุด เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ เช่น การเพิ่มผลกำไรสูงสุด หรือการใช้ทรัพยากรน้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุด

การจัดสรรทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพต้องใช้ความรู้ด้านการวิจัยดำเนินงานเพื่าคำนวณการจัดสรรที่เหมาะสม โดยทั่วไปแล้วกำหนดการเชิงเส้นเป็นเทคนิคการดำเนินการที่ได้รับการยอมรับทั่วโลกและถูกใช้อย่างแพร่หลายในการวางแผนการปลูกพืชและการจัดการทรัพยากรน้ำ เช่น งานวิจัยของ Moradi-Jalal *et al.* (2007) ใช้กำหนดการเชิงเส้นบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำ โดยมุ่งเน้นการจัดสรรน้ำในระบบชลประทานอย่างเหมาะสมเพื่อการเพาะปลูกพืชหลายชนิด ทำให้เกษตรกรได้รับผลตอบแทนสูงสุด ปี 2011 Mohamad and Said (2011) แก้ปัญหาการปลูกพืชให้เกิดประสิทธิภาพในพื้นที่เกษตรกรรมและนำแบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นไปประยุกต์ใช้กับพืชที่สามารถเก็บเกี่ยวได้ครั้งเดียวต่อปี โดยใช้โปรแกรม LINDO หาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด ผลลัพธ์จากงานวิจัยพบว่าสามารถจัดสรรทรัพยากรสำหรับการเกษตรให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และช่วยเพิ่มผลกำไรได้เมื่อเทียบกับการวางแผนโดยอาศัยประสบการณ์เพียงอย่างเดียว งานวิจัยของ Rani and Rao (2012) ใช้เทคนิคการหาค่าเหมาะที่สุดแบบหลายวัตถุประสงค์ (Multi-objective optimization) เพื่อวางแผนการเพาะปลูกพืช โดยมีเป้าหมายหลายอย่างพร้อมกัน ผลลัพธ์ของงานวิจัยทำให้เลือกแผนการเพาะปลูกที่เหมาะสมที่สุด โดยคำนึงถึงผลตอบแทนทางเศรษฐกิจและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม งานวิจัยของ Vadde, Shreedhar and Hiremath (2017) ใช้กำหนดการเชิงเส้นจัดสรรทรัพยากรที่ดินและน้ำในอ่างเก็บน้ำอย่างเหมาะสม เพื่อเพิ่มผลตอบแทนสุทธิรายปีสูงสุดในพื้นที่ชลประทาน รัฐคาร์นาตากา ทางตอนเหนือของประเทศอินเดีย งานวิจัยของ Raju, Gowda and Karthika (2020) ใช้ตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นเพื่อพิจารณาการปล่อยน้ำรายเดือนในเขื่อน Hemavathy ประเทศอินเดีย พบว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการน้ำได้ดีกว่าเดิมโดยไม่ทำให้เกิดความขาดแคลนของน้ำในอ่างเก็บน้ำ ในปีเดียวกัน Bhatia and Rana (2020) นำเสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เรียกว่า "Integrated Farm Model" เพื่อปรับการจัดสรรพืชผลและปศุสัตว์ให้เกิดประโยชน์สูงสุด และเพิ่มรายได้ทางการเกษตร ในภูมิภาคแห้งแล้งของรัฐราชสถาน ประเทศอินเดีย ในปี 2021 Imron and Murtiningrum (2021) ใช้กำหนดการเชิงเส้นเพื่อหาพื้นที่เพาะปลูกโดยใช้น้ำจากระบบชลประทานเบลิตัง ประเทศอินโดนีเซีย ซึ่งมักประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในช่วงฤดูแล้ง และงานวิจัยของ Glinsukhon *et al.* (2024) นำเสนอตัวแบบกำหนดการเชิงจำนวนเต็ม (Integer Programming Model) เพื่อวางแผนการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจที่เก็บเกี่ยวได้ทั้งแบบครั้งเดียวและหลายครั้งในช่วงฤดูแล้ง โดยใช้โปรแกรม Python และ Gurobi Optimization Package วิเคราะห์งบประมาณและปริมาณน้ำที่แตกต่างกัน

จากงานวิจัยข้างต้นแสดงว่าการจัดสรรน้ำเพื่อการเกษตรเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อผลผลิตและความมั่นคงทางอาหารของประเทศ การบริหารจัดการน้ำที่มีประสิทธิภาพสามารถเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร ลดความเสี่ยงจากภัยแล้ง ภัยน้ำท่วมและส่งเสริมการใช้ทรัพยากรน้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุด อย่างไรก็ตาม ปัญหาการขาดแคลนน้ำและการปล่อยน้ำแบบไร้ทิศทาง ทำให้เกิดปัญหามากมาย เช่น ภัยแล้ง ภัยอุทกภัย ผลผลิตทางการเกษตรน้อยลง ดังนั้นหากจัดการบริหารน้ำให้ดี มีประสิทธิภาพ จะสามารถแก้ปัญหาต่างกล่าวไม่มากนัก

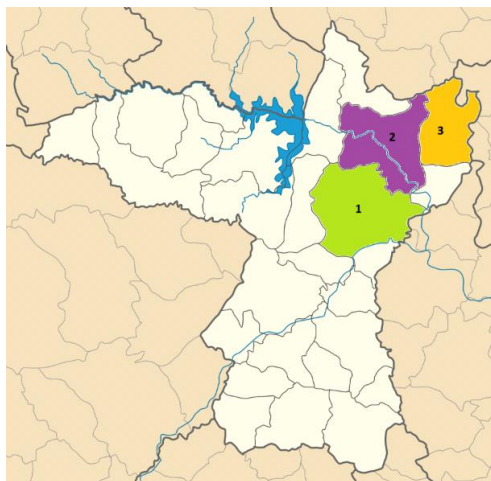
งานวิจัยนี้ใช้กำหนดการเชิงเส้นแก้ปัญหาการจัดสรรพื้นที่เพาะปลูกพืชเศรษฐกิจหลักจำนวน 5 ชนิด ได้แก่ ข้าวนาปี ข้าวนาปรัง มันสำปะหลัง ยางพาราและอ้อย ในเขตชลประทาน 3 อำเภอ ได้แก่ อำเภอเมือง อำเภอน้ำพองและอำเภอกะนวน จังหวัดขอนแก่น เพื่อให้ได้กำไรสุทธิมากที่สุดและศึกษาปัญหาการจัดสรรทรัพยากรน้ำ เพื่อหาปริมาณการปล่อยน้ำในแต่ละเดือนที่เหมาะสมและเพียงพอกับความต้องการน้ำเพื่อการเกษตร ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2564-2566 โดยใช้ตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นและโปรแกรมสำเร็จรูป LINGO พื้นที่ศึกษา

เขื่อนอุบลรัตน์ ชื่อเดิมว่า เขื่อนพองหนีบ เป็นโครงการเขื่อนอเนกประสงค์แห่งที่สองของไทยและเป็นเขื่อนผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดใหญ่แห่งแรกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เริ่มก่อสร้างเมื่อปี พ.ศ. 2507 แล้วเสร็จในปี พ.ศ. 2509 โดยมีลำน้ำหลัก

รับน้ำลงสู่อ่างเก็บน้ำ 3 ลำน้ำคือ ลำน้ำพอง ลำน้ำเชิญ มีต้นน้ำจากเทือกเขาเพชรบูรณ์ และลำพะเนียง มีต้นน้ำจาก เทือกเขาภูพาน จ.หนองบัวลำภู แผนที่แสดงที่ตั้งเขื่อนอุบลรัตน์แสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนที่แสดงที่ตั้งเขื่อนอุบลรัตน์



ภาพที่ 2 แผนที่แสดงพื้นที่ศึกษา

วัตถุประสงค์การวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดสรรพื้นที่เพาะปลูกพืชเศรษฐกิจหลักจำนวน 5 ชนิด ได้แก่ ข้าวนาปี ข้าวนาปรัง มันสำปะหลัง ยางพาราและอ้อย ในเขตชลประทาน 3 อำเภอ ได้แก่ 1) อำเภอเมือง 2) อำเภอน้ำพองและ 3) อำเภอกระนวน จังหวัดขอนแก่น ดังภาพที่ 2 เพื่อให้ผลกำไรสุทธิมากที่สุดและจัดสรรทรัพยากรน้ำเพื่อหาปริมาณการปล่อยน้ำในแต่ละเดือนที่เหมาะสมและเพียงพอกับความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรตั้งแต่ปี พ.ศ. 2564-2566 โดยใช้ตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นและโปรแกรมสำเร็จรูป LINGO

วิธีดำเนินการวิจัย

ตัวแบบคณิตศาสตร์เพื่อการจัดสรรพื้นที่

งานวิจัยนี้ใช้ตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นเพื่อจัดสรรพื้นที่เพาะปลูกพืชเศรษฐกิจหลักจำนวน 5 ชนิด ได้แก่ ข้าวนาปี ข้าวนาปรัง มันสำปะหลัง ยางพาราและอ้อย ในเขตชลประทาน 3 อำเภอ ได้แก่ อำเภอเมือง อำเภอน้ำพองและอำเภอกระนวน จังหวัดขอนแก่น เพื่อให้ผลกำไรสุทธิมากที่สุด ดังสมการที่ (1.1)– (1.5)
กำหนดให้ i คือ ดัชนีของพืช เมื่อ $i = 1, 2, \dots, m$

- j คือ ดัชนีของอำเภอ เมื่อ $j = 1, 2, \dots, n$
 NP_i หมายถึง กำไรสุทธิของพืชชนิดที่ i (หน่วย: บาท/ไร่)
 X_{ij} หมายถึง พื้นที่เพาะปลูกของพืชชนิดที่ i ในอำเภอที่ j (หน่วย: ไร่)
 W_i หมายถึง ความต้องการน้ำของพืชชนิดที่ i (หน่วย: ลบ.ม./ไร่)
 AW หมายถึง ปริมาณน้ำที่ใช้เพื่อการเกษตรทั้งหมด (หน่วย: ล้าน ลบ.ม.)
 C_i หมายถึง ต้นทุนที่ใช้เพาะปลูกพืชชนิดที่ i (หน่วย: บาท/ไร่)
 AC_j หมายถึง งบประมาณที่ใช้เพาะปลูกพืชทั้งหมดของแต่ละอำเภอ (หน่วย: บาท/ไร่)
 T_j หมายถึง พื้นที่การเกษตรทั้งหมดของอำเภอที่ j (หน่วย: ไร่)
 R_{ij} หมายถึง พื้นที่เพาะปลูกขั้นต่ำของพืชชนิดที่ i ในอำเภอที่ j (หน่วย: ไร่)

ฟังก์ชันจุดประสงค์

$$\text{Max } Z = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m NP_i X_{ij} \quad (1.1)$$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m W_i X_{ij} \leq AW \quad (1.2)$$

เงื่อนไขบังคับที่ (1.2) หมายถึง ความต้องการน้ำในการปลูกพืช m ชนิด ใน n อำเภอต้องไม่เกินปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำที่ใช้เพื่อการเกษตรทั้งหมด

$$\sum_{i=1}^m C_i X_{ij} \leq AC_j \quad \text{สำหรับ } j = 1, 2, \dots, n \quad (1.3)$$

เงื่อนไขบังคับที่ (1.3) หมายถึง ต้นทุนที่ใช้เพาะปลูกพืช m ชนิด ใน n อำเภอต้องไม่เกินงบประมาณที่ใช้เพาะปลูกพืชทั้งหมดของแต่ละอำเภอ

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} \leq T_j \quad \text{สำหรับ } j = 1, 2, \dots, n \quad (1.4)$$

เงื่อนไขบังคับที่ (1.4) หมายถึง ผลรวมของพื้นที่เพาะปลูกพืช m ชนิด ใน n อำเภอเท่ากับพื้นที่การเกษตรทั้งหมดของแต่ละอำเภอ

$$X_{ij} \geq R_{ij} \quad (1.5)$$

เงื่อนไขบังคับที่ (1.5) หมายถึง พื้นที่เพาะปลูกของพืชแต่ละชนิดมากกว่าหรือเท่ากับพื้นที่เพาะปลูกขั้นต่ำของพืชแต่ละชนิด

สมมติฐานของงานวิจัยนี้แบ่งแบบจำลองเป็น 2 แบบ โดยแบบแรกจะกำหนดผลรวมของพื้นที่เพาะปลูกพืชให้น้อยกว่าหรือเท่ากับพื้นที่การเกษตรทั้งหมดของแต่ละอำเภอ เรียกว่าแบบ A และแบบที่สองกำหนดผลรวมของพื้นที่เพาะปลูกพืชเท่ากับพื้นที่การเกษตรทั้งหมดของแต่ละอำเภอ เรียกว่าแบบ B เพื่อพิจารณาความแตกต่างของผลลัพธ์จากทั้งสองตัวแบบ นอกจากนี้ในตัวอย่างทั้งสองยังได้กำหนดปริมาณน้ำเพื่อการเกษตรขั้นต่ำในแต่ละปี เพื่อให้ผลกำไรสุทธิมากที่สุด

ตัวอย่างข้อมูลนำเข้า พื้นที่เพาะปลูกขั้นต่ำและข้อมูลพืชผลทางการเกษตร ในปี พ.ศ. 2565 (Department of Land Development Khon Kaen Province, 2024) ดังตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1 พื้นที่เพาะปลูกขั้นต่ำของพืชแต่ละชนิด (หน่วย: ไร่)

พืช	อ.เมือง	อ.น้ำพอง	อ.กระนวน
ข้าวนาปี	83,718	62,154	13,681
ข้าวนาปรัง	79,390	45,087	13,681
มันสำปะหลัง	32,688	35,143	27,907
ยางพารา	1,497	7,461	37,103
อ้อย	54,047	82,198	110,685

ตารางที่ 2 ข้อมูลพืชผลทางการเกษตร ปี พ.ศ. 2565

พืช	ราคาขาย (บาท/ กก.)	ผลผลิตเฉลี่ย (กก./ ไร่)	ความต้องการน้ำ (ลบ.ม./ ไร่)	ต้นทุน (บาท/ ไร่)	กำไร (บาท/ ไร่)
ข้าวนาปี	10.75	460.14	1,172	3,902.25	1,044.26
ข้าวนาปรัง	9.98	719.38	1,172	4,831.02	2,348.37
มันสำปะหลัง	2.94	3,410.38	1,274	6,158.66	3,867.87
ยางพารา	25.13	321.61	15.4	8,586.90	332.74
อ้อย	1.19	8,991.39	1,656	9,150.46	1,519.32

กรณียางพาราที่เป็นพืชยืนต้น ต้องใช้เวลาปลูก 6–7 ปี จึงเริ่มให้ผลผลิตและมีอายุการเก็บเกี่ยว 25–30 ปี ซึ่งงานวิจัยนี้จะพิจารณากำไรของยางพาราที่มีอายุเก็บเกี่ยวแล้วเท่านั้น

การแก้ปัญหาการจัดสรรพื้นที่ด้วยโปรแกรม LINGO

จากข้อมูลนำเข้าปี พ.ศ. 2565 ใช้โปรแกรม LINGO แก้ปัญหาการจัดสรรพื้นที่เพาะปลูก
กำหนดให้ $i = 1, 2, \dots, 5$
(โดยที่ $i = 1$ คือ ข้าวนาปี/ $i = 2$ คือ ข้าวนาปรัง/ $i = 3$ คือ มันสำปะหลัง/ $i = 4$ คือ ยางพาราและ $i = 5$ คือ อ้อย)
 $j = 1, 2, 3$
(โดยที่ $j = 1$ คือ อำเภอเมือง/ $j = 2$ คือ อำเภอน้ำพอง/ $j = 3$ คือ อำเภอกนวนน)

ขั้นตอนที่ 1 : กำหนดขอบเขตของตัวแปรด้วยคำสั่ง

SETS: CROP/1..5/: W, COST, NP;
DISTRICT/1..3/: AC, TX;
CALENDAR(CROP,DISTRICT): RX, X; ENDSETS

ขั้นตอนที่ 2 : นำเข้าข้อมูลแต่ละตัวแปรในโปรแกรม LINGO ด้วยคำสั่ง

DATA: W = @OLE("E:\ LINGO20 \ CROP.xlsx", "W");
TX = @OLE("E: \ LINGO20 \ CROP.xlsx", "TX");
COST = @OLE("E: \ LINGO20 \ CROP.xlsx", "COST");
NP = @OLE("E: \ LINGO20 \ CROP.xlsx", "NP");
AC = @OLE("E: \ LINGO20 \ CROP.xlsx", "AC");
RX = @OLE("E:\ LINGO20 \ CROP.xlsx", "RX");
@OLE("E: \ LINGO20 \ CROP.xlsx", "AREA")=X;
ENDDATA

ขั้นตอนที่ 3 : กำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์ดังสมการที่ 1.1 ด้วยคำสั่ง MAX = @SUM(CALENDAR(i,j) : NP(i) * X(i,j));

ขั้นตอนที่ 4 : กำหนดเงื่อนไขบังคับดังสมการที่ 1.2-1.5 ด้วยคำสั่ง

$$\text{@FOR(DISTRICT(j): @SUM(CROP(i): W(i) * X(i,j)) <= AW);}$$
$$\text{@FOR(DISTRICT(j): @SUM(CROP(i): COST(i) * X(i,j) <= AC(j));}$$
$$\text{@FOR(DISTRICT(j): @SUM(CROP(i): X(i,j)) <= TX(j));}$$
$$\text{@FOR(CALENDAR(i,j): X(i,j) >= RX(i,j));}$$

ตัวแบบคณิตศาสตร์ของการจัดสรรทรัพยากรน้ำ

งานวิจัยนี้ใช้ตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นเพื่อพิจารณาการปล่อยน้ำในเขื่อนรายเดือนอย่างเหมาะสม โดยพิจารณาปริมาณน้ำที่ต้องใช้ขั้นต่ำ-ขั้นสูงจากตัวแบบการจัดสรรพื้นที่เพาะปลูกที่ให้กำไรสุทธิมากสุดในแต่ละปี ซึ่งทำให้ทราบปริมาณน้ำขั้นต่ำที่ใช้ปลูกพืชปี 2564-2566 ต้องมากกว่า 300 ล้านลูกบาศก์เมตรและปริมาณน้ำมากสุดใช้ปลูกพืชปี 2564-2566 ไม่เกิน 700 ล้านลูกบาศก์เมตร 600 ล้านลูกบาศก์เมตรและ 500 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ เนื่องจากถ้ากำหนดปริมาณน้ำมากกว่านี้จะให้ผลกำไรเท่าเดิมไม่เปลี่ยนแปลง เมื่อได้ปริมาณน้ำสูงสุดที่ใช้ในแต่ละปี จะนำไปคำนวณความต้องการน้ำรายเดือน โดยพิจารณาควบคู่กับปฏิทินการเพาะปลูกพืชรายปี จากคลังความรู้กรมส่งเสริมการเกษตร ดังตารางที่ 3 ค่าในตารางคือค่าสัมประสิทธิ์ปฏิทินพืชผล โดยที่ 1 หมายถึง มีการปลูกพืชในเดือนนั้นและ 0 หมายถึง ไม่มีการปลูกพืชในเดือนนั้น

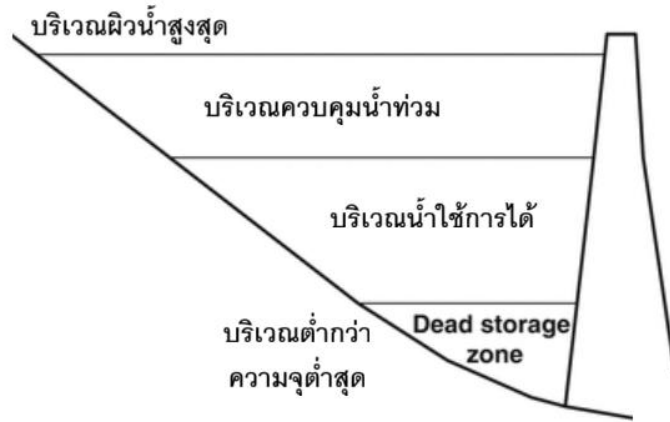
ตารางที่ 3 ปฏิทินการเพาะปลูกพืช

ปฏิทินการเพาะปลูกพืช					
เดือน	ข้าวนาปี	ข้าวนาปรัง	มันสำปะหลัง	ยางพารา*	อ้อย**
มกราคม	0	1	0	0	1
กุมภาพันธ์	0	1	0	1	1
มีนาคม	0	1	0	1	1
เมษายน	0	1	1	1	1
พฤษภาคม	1	0	1	1	0
มิถุนายน	1	0	1	1	0
กรกฎาคม	1	0	1	1	0
สิงหาคม	1	0	1	1	0
กันยายน	1	0	1	1	1
ตุลาคม	1	0	1	1	1
พฤศจิกายน	0	1	1	1	1
ธันวาคม	0	1	0	0	1

*อายุ 4 ปีขึ้นไป **อ้อยต้นฝน

เมื่อทราบปริมาณน้ำที่ใช้เพาะปลูกในแต่ละเดือนของพืชทั้ง 5 ชนิด จะใช้เป็นข้อมูลนำเข้าปริมาณความต้องการน้ำรายเดือนในแต่ละปีและใช้ตัวแบบการจัดสรรน้ำเพื่อคำนวณค่าตัวแปรตัดสินใจ คือ ปริมาณการปล่อยน้ำรายเดือนและปริมาณน้ำกักเก็บในเขื่อนในแต่ละเดือน ภายใต้ข้อจำกัดในสมการที่ (2.2) – (2.6) โดยมีฟังก์ชันจุดประสงค์เพื่อหาผลรวมปริมาณการปล่อยน้ำรายเดือนน้อยที่สุด หรือวิธีใช้น้ำที่ประหยัดที่สุดแต่ยังคงตอบสนองความต้องการครบถ้วน ดังสมการที่ (2.1)

กรณีศึกษาเป็นการใช้สมมติฐานว่า พื้นที่ปลูกพืชต่างชนิดกันควรปลูกอะไรเพื่อให้ผลตอบแทนสูงสุด ซึ่งในทางปฏิบัติเกษตรกรสามารถใช้พื้นที่ปลูกเดียวกันได้ด้วยการสลับฤดูกาล เช่น ข้าวนาปีและข้าวนาปรังสามารถใช้พื้นที่เพาะปลูกเดียวกันได้เมื่อพิจารณาจากปฏิทินการเพาะปลูกพืช



ภาพที่ 3 บริเวณอ่างเก็บน้ำ

- กำหนดให้ R_t คือ ตัวแปรตัดสินใจคำนวณปริมาณน้ำที่ปล่อยออกจากเขื่อน ในช่วงเวลา t
 S_t คือ ตัวแปรตัดสินใจคำนวณปริมาณน้ำที่กักเก็บในเขื่อน ในช่วงเวลา t (โดยที่ $S_{13} = S_1$ ของปีถัดไป)
 I_t หมายถึง ปริมาณน้ำไหลเข้าในเขื่อน ในช่วงเวลา t
 E_t หมายถึง ปริมาณน้ำระเหยออกจากเขื่อน ในช่วงเวลา t
 O_t หมายถึง ปริมาณน้ำท่วมล้นจากเขื่อน ในช่วงเวลา t
 D_t หมายถึง ความต้องการน้ำเพื่อการเกษตร ในช่วงเวลา t
 K คือ ความจุของอ่างเก็บน้ำ
 S_{min} คือ ปริมาณน้ำที่กักเก็บต่ำสุด
 t คือ ดัชนีของเดือน เมื่อ $t = 1, 2, 3, \dots, 12$

ฟังก์ชันจุดประสงค์

$$\text{Min } R = \sum_{t=1}^{12} R_t \quad (2.1)$$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$S_{t+1} = S_t + I_t - E_t - R_t - O_t \quad (2.2)$$

เงื่อนไขบังคับที่ (2.2) หมายถึง ปริมาณน้ำกักเก็บของเดือนถัดไปเท่ากับปริมาณน้ำกักเก็บในเดือนปัจจุบัน

$$R_t \geq D_t \quad (2.3)$$

เงื่อนไขบังคับที่ (2.3) หมายถึง ปริมาณการปล่อยน้ำมากกว่าหรือเท่ากับปริมาณความต้องการน้ำเพื่อการเกษตร

$$S_t \leq K \quad (2.4)$$

เงื่อนไขบังคับที่ (2.4) หมายถึง ปริมาณน้ำกักเก็บต้องไม่เกินปริมาณความจุของอ่างเก็บน้ำ เพื่อป้องกันเหตุการณ์น้ำล้นเขื่อน

$$S_t \geq S_{min} \quad (2.5)$$

เงื่อนไขบังคับที่ (2.5) หมายถึง ปริมาณน้ำกักเก็บต้องไม่ต่ำกว่าปริมาณน้ำกักเก็บต่ำสุดของอ่างเก็บน้ำ

$$R_t \geq 0 \quad (2.6)$$

เงื่อนไขบังคับที่ (2.6) ตัวแปรตัดสินใจต้องไม่เป็นลบ
ตัวอย่างข้อมูลนำเข้า ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ปริมาณน้ำในเขื่อนอุบลรัตน์ ในปี พ.ศ. 2564

ปริมาณน้ำ						
เดือน (t)	กักเก็บ (St)	ปล่อย (Rt)	ไหลเข้า (It)	ท่วมล้น (Ot)	ระเหย (Et)	การเกษตร (Dt)
มกราคม	1,413.94	102.50	0.50	0.00	0.85	36.92
กุมภาพันธ์	1,270.77	110.27	0.59	0.00	0.82	40.07
มีนาคม	1,102.19	142.89	0.93	0.00	0.85	72.88
เมษายน	929.08	131.87	2.30	0.00	0.80	72.88
พฤษภาคม	916.33	66.11	4.34	0.00	0.76	54.18
มิถุนายน	911.06	196.15	6.66	0.00	0.73	54.18
กรกฎาคม	830.93	171.70	5.58	0.00	0.63	54.18
สิงหาคม	735.92	127.99	1.37	0.00	0.51	54.18
กันยายน	1,026.97	77.73	40.43	0.00	0.59	75.32
ตุลาคม	2,417.96	394.39	56.91	16.53	1.12	75.32
พฤศจิกายน	2,649.64	374.17	9.31	21.25	1.26	72.88
ธันวาคม	2,230.04	306.82	1.54	0.00	1.10	36.92
หน่วย (ล้าน ลบ.ม)						

การแก้ปัญหาการจัดสรรน้ำด้วยโปรแกรม LINGO

จากข้อมูลนำเข้าปริมาณน้ำจากเขื่อนอุบลรัตน์ในปี พ.ศ. 2564 ดังตารางที่ 4 กำหนดให้ปริมาณน้ำที่กักเก็บต่ำสุด S_{min} เท่ากับ 678.05 ล้านลูกบาศก์เมตรและปริมาณความจุของอ่างเก็บน้ำ K เท่ากับ 2,431 ล้านลูกบาศก์เมตร ใช้โปรแกรม LINGO แก้ปัญหาการจัดสรรทรัพยากรน้ำดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 : กำหนดขอบเขตของตัวแปรในโปรแกรม LINGO ด้วยคำสั่ง

```
SETS:
    MONTHS/1..12/ : RELEASES, STORAGE;
    IN/1..12/:INFLOW;
    O/1..12/:SPILL;
    E/1..12/:EVAPORATION;
    D/1..12/:DEMAND;
```

ENDSETS

ขั้นตอนที่ 2 : นำเข้าข้อมูลแต่ละตัวแปรในโปรแกรม LINGO ด้วยคำสั่ง

```
DATA: INFLOW = @OLE("E:\LINGO20\DATAWATER", "INFLOW");
    SPILL = @OLE("E:\LINGO20\DATAWATER", "SPILL");
    EVAPORATION = @OLE("E:\LINGO20\DATAWATER", "EVAPO");
    DEMAND = @OLE("E:\LINGO20\DATAWATER", "DEMAND");
    CAPACITY = 2431;
    MINCAPACITY = 678.05;
    @OLE("E:\LINGO20\DATAWATER", "RELEASES")=RELEASES;
    @OLE("E:\LINGO20\DATAWATER", "STORAGE")=STORAGE;
```

ENDDATA

ขั้นตอนที่ 3 : กำหนดฟังก์ชันจุดประสงค์ ดังสมการที่ 2.1 ด้วยคำสั่ง

```
MINRELEASES = @SUM (MONTHS (t) : RELEASES (t)); MIN = MINRELEASES ;
```

ขั้นตอนที่ 4 : กำหนดเงื่อนไขบังคับดังสมการที่ 2.2-2.6 ด้วยคำสั่ง

@FOR(MONTHS (t) | t #NE# 12: STORAGE(t+1) = STORAGE (t) + INFLOW (t) - EVAPORATION (t) - RELEASES (t) - SPILL(t));

@FOR(MONTHS(t): RELEASES(t) >= DEMAND(t));

@FOR(MONTHS(t): STORAGE(t) <= CAPACITY);

@FOR(MONTHS(t): STORAGE(t) >= MINCAPACITY);

@FOR(MONTHS(t): RELEASES(t) >= 0);

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลลัพธ์การจัดสรรพื้นที่ด้วยโปรแกรม LINGO

หัวข้อนี้แสดงผลการจัดสรรพื้นที่เพาะปลูกพืชเศรษฐกิจหลักจำนวน 5 ชนิด ในเขตชลประทาน 3 อำเภอ ได้แก่ อำเภอมือง อำเภอน้ำพองและอำเภอกะนวน จังหวัดขอนแก่น ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2564 - 2566 โดยใช้ตัวแบบกำหนดการเชิงเส้น แบบ A (ผลรวมของพื้นที่เพาะปลูกพืชน้อยกว่าหรือเท่ากับพื้นที่การเกษตรทั้งหมด) และแบบ B (ผลรวมของพื้นที่เพาะปลูกพืชเท่ากับพื้นที่การเกษตรทั้งหมด) ดังตารางที่ 5.1-5.3

ตารางที่ 5.1 ผลลัพธ์พื้นที่เพาะปลูกจากโปรแกรม ปี พ.ศ. 2564 (หน่วย: ไร่)
(AW คือ ปริมาณน้ำเพื่อการเกษตรทั้งหมด หน่วย: ล้านลูกบาศก์เมตร)

แบบ A (AW = 700)				แบบ B (AW = 400)		
พืช	อ.เมือง	อ.น้ำพอง	อ.กะนวน	อ.เมือง	อ.น้ำพอง	อ.กะนวน
ข้าวนาปี	83,718.00	62,154.00	13,681.00	149,764.22	141,231.15	138,081.89
ข้าวนาปรัง	79,390.00	45,087.00	13,681.00	79,390.00	45,087.00	13,681.00
มันสำปะหลัง	57,293.60	110,564.29	327,533.37	32,688.00	35,143.00	27,907.00
ยางพารา	1,497.00	7,461.00	37,103.00	18,500.53	48,250.35	213,377.86
อ้อย	54,047.00	82,198.00	110,685.00	54,047.00	82,198.00	110,685.00
รวม	275,945.60	307,464.29	502,683.37	334,389.75	351,909.50	503,732.75
กำไรสุทธิ (ล้านบาท)	2,259			กำไรสุทธิ (ล้านบาท)		

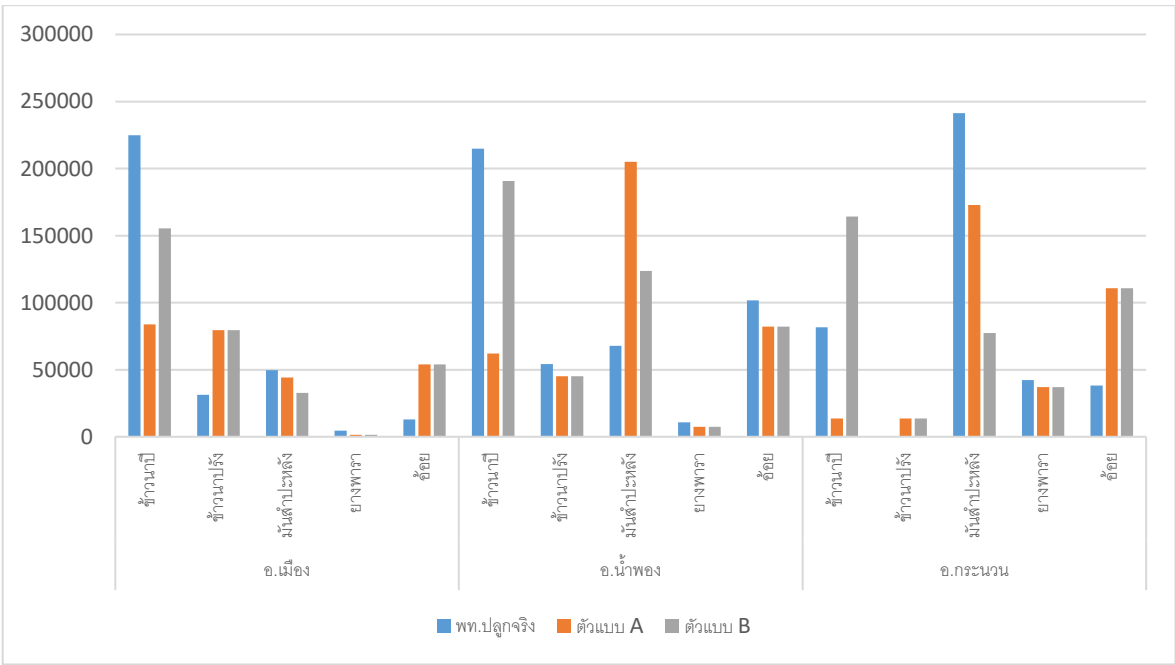
ตารางที่ 5.2 ผลลัพธ์พื้นที่เพาะปลูกจากโปรแกรม ปี พ.ศ. 2565 (หน่วย: ไร่)
กำหนดปริมาณน้ำเพื่อการเกษตรทั้งหมด (AW = 600 ล้านลูกบาศก์เมตร)

แบบ A				แบบ B		
พืช	อ.เมือง	อ.น้ำพอง	อ.กะนวน	อ.เมือง	อ.น้ำพอง	อ.กะนวน
ข้าวนาปี	83,718.00	62,154.00	13,681.00	155,417.75	190,790.10	164,342.70
ข้าวนาปรัง	79,390.00	45,087.00	13,681.00	79,390.00	45,087.00	13,681.00
มันสำปะหลัง	44,225.04	205,156.30	172,817.06	32,688.00	123,649.90	77,354.80
ยางพารา	1,497.00	7,461.00	37,103.00	1,497.00	7,461.00	37,103.00
อ้อย	54,047.00	82,198.00	110,685.00	54,047.00	82,198.00	110,685.00
รวม	262,877.04	402,056.30	347,967.06	323,039.75	449,186.00	403,166.50
กำไรสุทธิ (ล้านบาท)	2,515			กำไรสุทธิ (ล้านบาท)		

ตารางที่ 5.3 ผลลัพธ์พื้นที่เพาะปลูกจากโปรแกรม ปี พ.ศ. 2566 (หน่วย: ไร่)
กำหนดปริมาณน้ำเพื่อการเกษตรทั้งหมด (AW = 500 ล้านลูกบาศก์เมตร)

แบบ A				แบบ B		
พืช	อ.เมือง	อ.น้ำพอง	อ.กระนวน	อ.เมือง	อ.น้ำพอง	อ.กระนวน
ข้าวนาปี	83,718.00	62,154.00	13,681.00	140,635.00	216,657.00	75,397.50
ข้าวนาปรัง	79,390.00	45,087.00	13,681.00	79,390.00	45,087.00	13,681.00
มันสำปะหลัง	34,446.04	130,077.97	33,280.64	32,688.00	35,143.00	27,907.00
ยางพารา	1,497.00	7,461.00	37,103.00	1,497.00	7,461.00	37,103.00
อ้อย	54,047.00	82,198.00	110,685.00	54,047.00	82,198.00	110,685.00
รวม	253,098.04	326,977.97	208,430.64	308,257.00	386,546.00	264,773.50
กำไรสุทธิ (ล้านบาท)	1,882			กำไรสุทธิ (ล้านบาท) 1,617		

ผลลัพธ์จากโปรแกรม พบว่าปริมาณน้ำเพื่อการเกษตรขั้นต่ำต้องมากกว่า 300 ล้านลูกบาศก์เมตรในทุกตัวแบบ ในปี 2564 พบว่าปริมาณน้ำที่ใช้เพื่อการเกษตรในตัวแบบ A ต้องไม่เกิน 700 ล้านลูกบาศก์เมตรเนื่องจากปริมาณน้ำที่มากกว่านี้ จะให้คำตอบไม่เปลี่ยนแปลง ต่างจากผลลัพธ์ในตัวแบบ B จะมีกำไรสุทธิลดลงหากปริมาณน้ำมากกว่า 400 ล้านลูกบาศก์เมตร สำหรับปี 2565 และ 2566 ปริมาณน้ำที่ใช้เพื่อการเกษตรทั้งสองตัวแบบมีปริมาณเท่ากันคือไม่เกิน 600 ล้านลูกบาศก์เมตรและ 500 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ดังตารางที่ 5.1-5.3

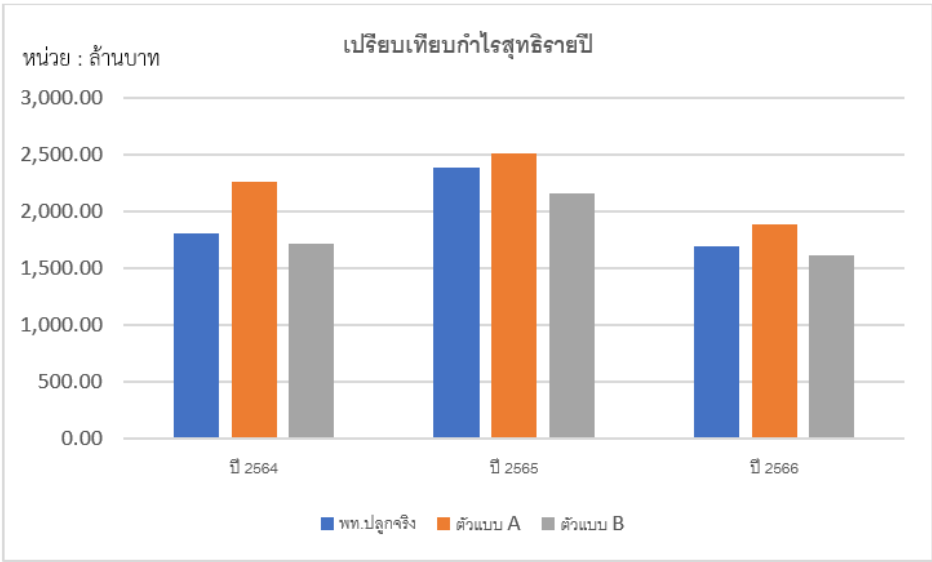


ภาพที่ 4 เปรียบเทียบพื้นที่เพาะปลูกจริง จากตัวแบบ A และตัวแบบ B ปี พ.ศ. 2565 (หน่วย: ไร่)

จากภาพที่ 4 พบว่าพื้นที่เพาะปลูกที่คำนวณจากตัวแบบ A แตกต่างจากพื้นที่เพาะปลูกจริง เนื่องจากตัวแบบ A จะคำนวณพื้นที่เพาะปลูกพืชที่ให้ผลกำไรมากที่สุด ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด มิได้พิจารณาถึงความต้องการที่แท้จริง จึงพบว่าพื้นที่ที่ปลูกมันสำปะหลังในอำเภอน้ำพองและอำเภอกระนวนมีค่ามากที่สุด ในขณะที่ผลลัพธ์จากตัวแบบ B ให้คำตอบใกล้เคียงกับพื้นที่เพาะปลูกจริงมากกว่า

เมื่อเปรียบเทียบกำไรสุทธิจากพื้นที่เพาะปลูกจริงกับพื้นที่จากตัวแบบ พบว่ากำไรสุทธิที่คำนวณจากตัวแบบ A มีค่ามากที่สุด ส่วนกำไรสุทธิจากตัวแบบ B มีค่าน้อยที่สุด โดยในปี พ.ศ. 2564 ผลลัพธ์การจัดสรรพื้นที่เพาะปลูกจากตัวแบบ A คำนวณกำไรสุทธิมากกว่าพื้นที่เพาะปลูกจริงประมาณ 480 ล้านบาท เพิ่มขึ้นจากพื้นที่เพาะปลูกจริง 26.96% เช่นเดียวกับปี

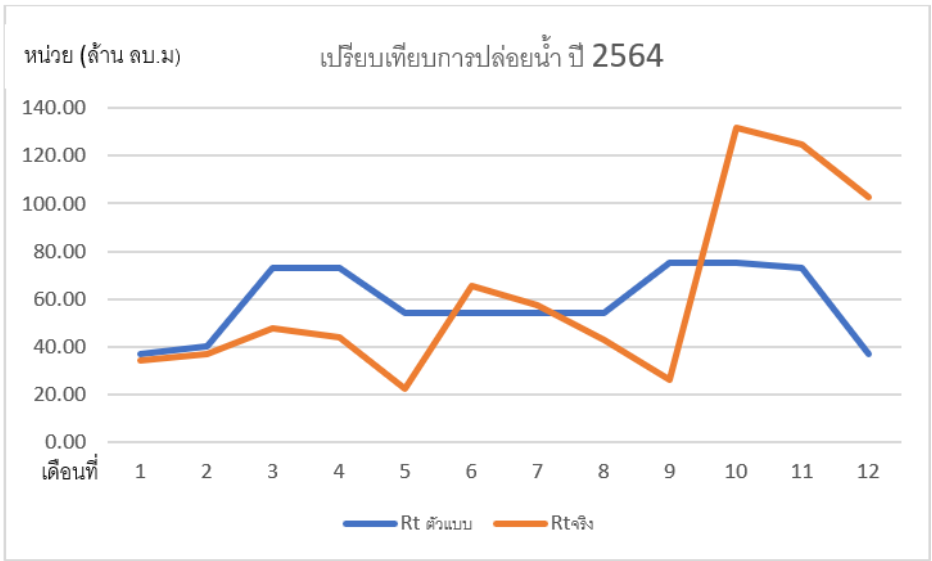
พ.ศ. 2565 และ 2566 กำไรสุทธิคำนวณจากตัวแบบ A เพิ่มขึ้นจากพื้นที่เพาะปลูกจริง ประมาณ 131 ล้านบาท และ 189 ล้านบาท คิดเป็น 5.51% และ 11.14% ตามลำดับ



ภาพที่ 5 เปรียบเทียบกำไรจากพื้นที่เพาะปลูกจริงกับพื้นที่จากตัวแบบ A และตัวแบบ B

ผลลัพธ์การจัดสรรน้ำด้วยโปรแกรม LINGO

หัวข้อนี้แสดงผลการจัดสรรทรัพยากรน้ำด้วยตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นโดยใช้โปรแกรม LINGO จากข้อมูลนำเข้า ปี พ.ศ.2564 ได้ผลลัพธ์คือปริมาณการปล่อยน้ำรายเดือน (R_t) และปริมาณน้ำกักเก็บแต่ละเดือน (S_t) ดังตารางที่ 6 นอกจากนี้ยังเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยน้ำจริงเพื่อการเกษตร (คำนวณจาก 33.42% จากปริมาณการปล่อยน้ำในเขื่อนทั้งหมด) และปริมาณการปล่อยน้ำที่คำนวณจากโปรแกรม ดังภาพที่ 6



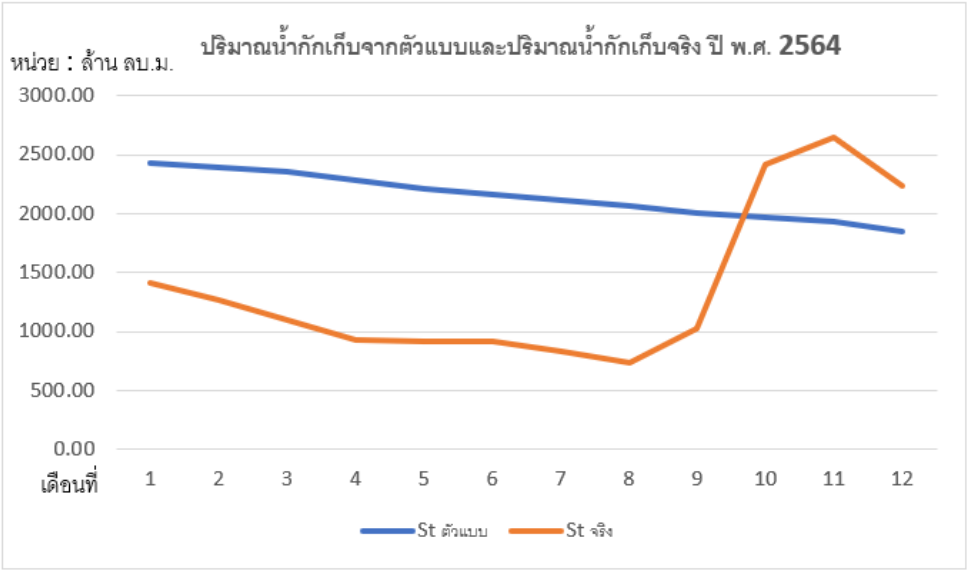
*ข้อมูลจากแผนบริหารจัดการน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ ศูนย์ปฏิบัติการน้ำอัจฉริยะ (SWOC6) ฝ่ายบริหารจัดการน้ำ สำนักงานชลประทานที่ 6
ภาพที่ 6 ปริมาณการปล่อยน้ำจากตัวแบบและปริมาณการปล่อยน้ำจริง* ปี พ.ศ. 2564

ตารางที่ 6 ปริมาณน้ำที่ปล่อยออกจากเขื่อนและปริมาณน้ำที่กักเก็บในเขื่อน ปี พ.ศ.2564

เดือน	Rt	St
มกราคม	36.92	2431.00
กุมภาพันธ์	40.07	2393.73
มีนาคม	72.88	2353.43
เมษายน	72.88	2280.63
พฤษภาคม	54.18	2209.25
มิถุนายน	54.18	2158.65
กรกฎาคม	54.18	2110.40
สิงหาคม	54.18	2061.17
กันยายน	75.32	2007.84
ตุลาคม	75.32	1972.36
พฤศจิกายน	72.88	1936.30
ธันวาคม	36.92	1850.21
ผลรวม	699.23	

หน่วย : ล้านลูกบาศก์เมตร

ปี พ.ศ.2564 ปริมาณการปล่อยน้ำจากตัวแบบเพียงพอกับความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรได้อย่างเหมาะสมในทุกเดือน ขณะที่ปริมาณการปล่อยน้ำจริงไม่เพียงพอกับความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคมและเดือนสิงหาคมถึงเดือนกันยายน สำหรับปริมาณน้ำกักเก็บจริงจากตัวแบบมีค่าใกล้เคียงกันในทุกเดือนแต่ปริมาณน้ำกักเก็บจริงจะมีค่าสูงมากตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม



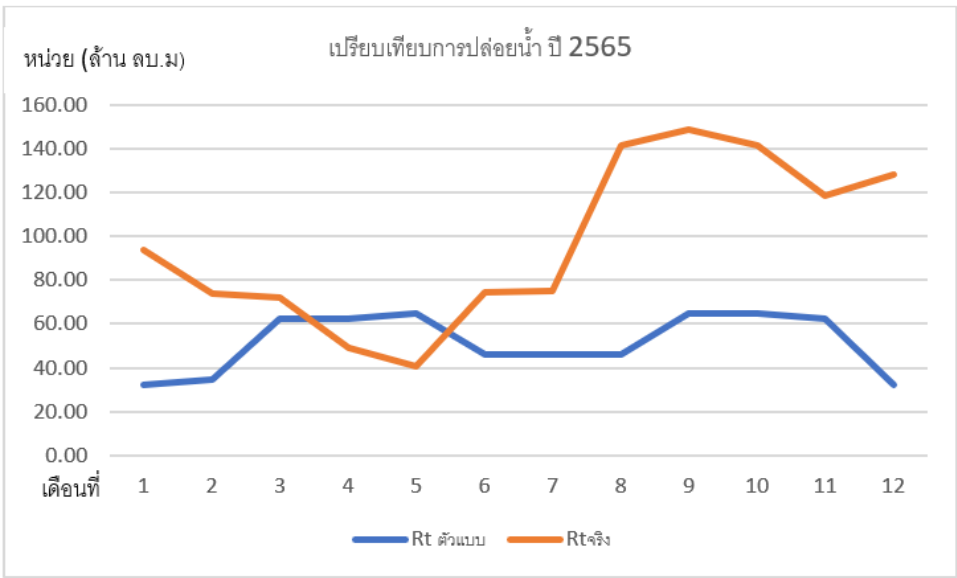
ภาพที่ 7 ปริมาณน้ำกักเก็บจากโปรแกรมและปริมาณน้ำกักเก็บจริงปี พ.ศ. 2564

ตารางที่ 7 ปริมาณน้ำที่ปล่อยออกจากเขื่อนและปริมาณน้ำที่กักเก็บในเขื่อน ปี พ.ศ.2565

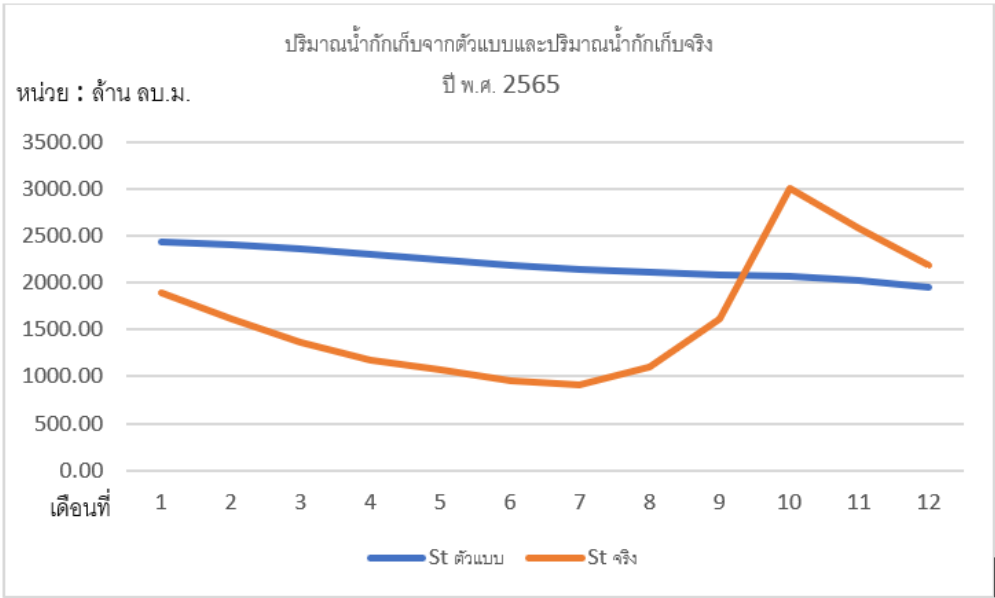
เดือน	Rt	St
มกราคม	31.92	2431.30
กุมภาพันธ์	34.65	2399.48
มีนาคม	62.44	2365.15
เมษายน	62.44	2303.07
พฤษภาคม	64.55	2241.57
มิถุนายน	46.27	2180.27
กรกฎาคม	46.27	2136.72
สิงหาคม	46.27	2104.48
กันยายน	64.55	2078.64
ตุลาคม	64.55	2063.09
พฤศจิกายน	62.44	2023.91
ธันวาคม	31.92	1954.56
ผลรวม	618.28	

หน่วย : ล้านลูกบาศก์เมตร

ปี พ.ศ.2565 ปริมาณการปล่อยน้ำจริงมากกว่าปริมาณน้ำเพื่อการเกษตรเกือบทุกเดือน ยกเว้นเดือนเมษายนและเดือนพฤษภาคมปริมาณการปล่อยน้ำจริงต่ำกว่าปริมาณน้ำเพื่อการเกษตร สำหรับปริมาณน้ำกักเก็บจริงจากตัวแบบมีค่าใกล้เคียงกันในทุกเดือนแต่ปริมาณน้ำกักเก็บจริงจะมีค่าสูงที่สุดในเดือนตุลาคม

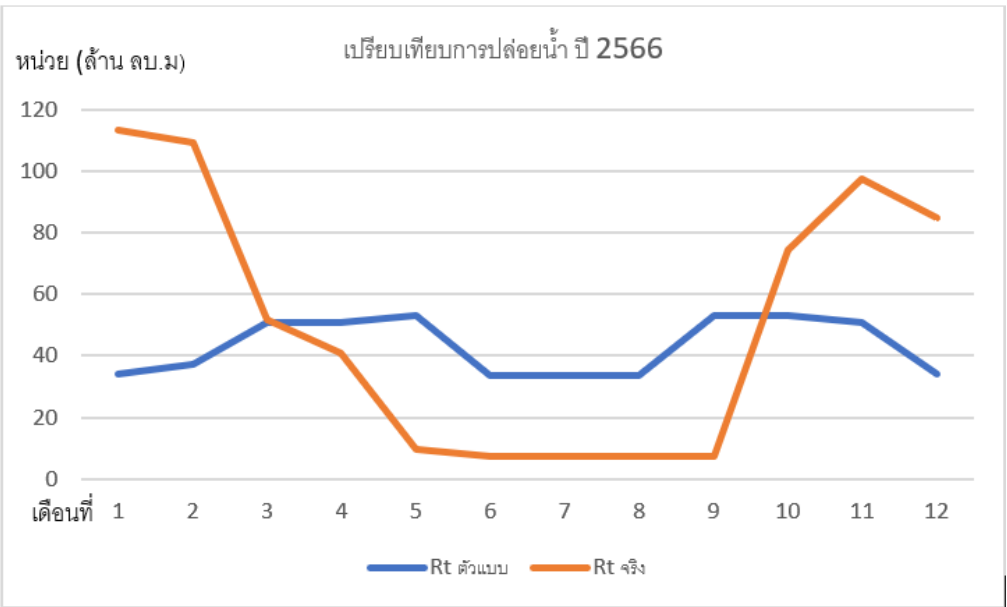


ภาพที่ 8 ปริมาณการปล่อยน้ำจากตัวแบบและปริมาณการปล่อยน้ำจริงปี พ.ศ. 2565



ภาพที่ 9 ปริมาณน้ำกักเก็บจากตัวแบบและปริมาณน้ำกักเก็บจริงปี พ.ศ. 2565

ปี พ.ศ.2566 ปริมาณการปล่อยน้ำจากตัวแบบมากกว่าปริมาณการปล่อยน้ำจริงในเดือนเมษายนถึงเดือนกันยายน และปริมาณการปล่อยน้ำจริงมีความแตกต่างอย่างมากในช่วงต้นปีและปลายปี บางช่วงไม่เพียงพอกับความต้องการด้านการเกษตร สำหรับปริมาณน้ำกักเก็บจริงและจากตัวแบบมีค่าใกล้เคียงกันเกือบทุกเดือนยกเว้นเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคมมีความแตกต่างกันอย่างมาก

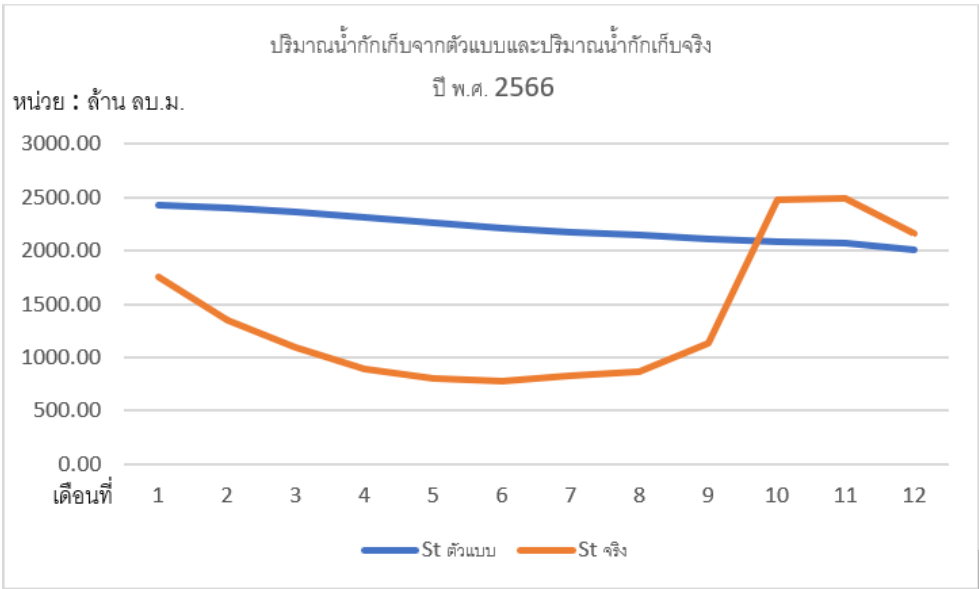


ภาพที่ 10 ปริมาณการปล่อยน้ำจากตัวแบบและปริมาณการปล่อยน้ำจริงปี พ.ศ. 2566

ตารางที่ 8 ปริมาณน้ำที่ปล่อยออกจากเขื่อนและปริมาณน้ำที่กักเก็บในเขื่อน ปี พ.ศ.2566

เดือน	Rt	St
มกราคม	34.17	2431.00
กุมภาพันธ์	37.09	2397.74
มีนาคม	51.02	2361.71
เมษายน	51.02	2311.42
พฤษภาคม	53.22	2260.91
มิถุนายน	33.65	2208.29
กรกฎาคม	33.65	2176.19
สิงหาคม	33.65	2146.22
กันยายน	53.22	2114.16
ตุลาคม	53.22	2088.76
พฤศจิกายน	51.02	2066.74
ธันวาคม	34.17	2013.27
ผลรวม	519.10	

หน่วย : ล้านลูกบาศก์เมตร



ภาพที่ 11 ปริมาณน้ำกักเก็บจากตัวแบบและปริมาณน้ำกักเก็บจริงปี พ.ศ. 2566

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะจากการวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้ตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นจัดสรรพื้นที่เพาะปลูกพืชเศรษฐกิจหลักจำนวน 5 ชนิด ได้แก่ ข้าวนาปี ข้าวนาปรัง มันสำปะหลัง ยางพาราและอ้อย ในเขตชลประทาน 3 อำเภอ จังหวัดขอนแก่น เพื่อให้ผลกำไรสุทธิมากที่สุดและจัดสรรทรัพยากรน้ำเพื่อหาปริมาณการปล่อยน้ำในแต่ละเดือนที่เหมาะสมและเพียงพอกับความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรตั้งแต่ปี พ.ศ. 2564-2566 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป LINGO

ปัญหาการจัดสรรพื้นที่เพาะปลูกพืช พิจารณาจากพื้นที่เพาะปลูกขั้นต่ำ ความต้องการน้ำของพืชแต่ละชนิดงบประมาณในการเพาะปลูกและพื้นที่การเกษตรทั้งหมด เพื่อหาพื้นที่เพาะปลูกที่เหมาะสมและให้ผลกำไรสุทธิมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์พื้นที่จากตัวแบบกับพื้นที่เพาะปลูกจริง พบว่าพื้นที่จากตัวแบบ A พิจารณาเฉพาะผลกำไรสูงสุดเป็นหลัก

โดยไม่ได้พิจารณาถึงความต้องการที่แท้จริงหรือข้อจำกัดด้านอื่น ๆ ตามความเป็นจริง แบบจำลอง A จึงเลือกจัดสรรพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในอำเภอหนองและอำเภอกระนวนเป็นพื้นที่มากที่สุด (โดยเฉพาะปี 2564 และ 2565) ทำให้ผลกำไรสุทธิจากตัวแบบ A มีค่ามากที่สุดในทุกปีและสูงกว่ากำไรสุทธิจากพื้นที่เพาะปลูกจริงคิดเป็นกำไรเฉลี่ยเพิ่มขึ้นต่อปีเป็น 14.54% ในขณะที่ตัวแบบ B ให้ผลลัพธ์พื้นที่เพาะปลูกใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากกว่า แต่ให้กำไรสุทธิที่น้อยที่สุด

ผลลัพธ์จากการจัดสรรทรัพยากรน้ำสะท้อนให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างการบริหารจัดการน้ำตามแบบจำลองกับการปฏิบัติจริง โดยเฉพาะการตอบสนองต่อความต้องการน้ำเพื่อการเกษตร ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 สรุปข้อมูลปริมาณการปล่อยน้ำจากแบบจำลองและปริมาณการปล่อยน้ำจริง

ปี พ.ศ.	ปริมาณการปล่อยน้ำจากแบบจำลอง	ปริมาณการปล่อยน้ำจริง (Rt จริง)	ข้อสังเกต
2564	เพียงพอต่อความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรในทุกเดือน	ไม่เพียงพอต่อความต้องการในบางช่วง เช่น มี.ค.-พ.ค. และ ส.ค.-ก.ย.	การปล่อยน้ำจริงไม่สามารถตอบสนองความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรได้ตามช่วงเวลาที่เหมาะสม ในขณะที่แบบจำลองมีรูปแบบการปล่อยน้ำที่สอดคล้องกับความต้องการเพาะปลูกมากกว่า
2565	มีปริมาณสม่ำเสมอว่าการปล่อยน้ำจริง	สูงกว่าแบบจำลองเกือบทุกเดือน (ยกเว้น เม.ย.-พ.ค.)	การปล่อยน้ำจริงมีความผันผวนสูงมาก และบางช่วง (เม.ย.-พ.ค.) ปริมาณการปล่อยน้ำจริงต่ำกว่าความต้องการ
2566	มีปริมาณสม่ำเสมอว่าการปล่อยน้ำจริง	มีความแตกต่างอย่างมากในช่วงต้นปีและปลายปี และบางช่วงไม่เพียงพอต่อความต้องการด้านการเกษตร	ปริมาณการปล่อยน้ำจริงน้อยกว่าปริมาณการปล่อยน้ำจากตัวแบบ ในช่วงเดือนเมษายนถึงกันยายน และมีความแตกต่างอย่างมากในช่วงต้นปีและปลายปี บางช่วงไม่เพียงพอต่อความต้องการด้านการเกษตร

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยน้ำจากตัวแบบและปริมาณการปล่อยน้ำจริง พบว่าปริมาณการปล่อยน้ำที่ใช้ตัวแบบเพียงพอกับความต้องการน้ำเพื่อการเกษตร แต่ปริมาณการปล่อยน้ำจริงจะปล่อยตามปัจจัยสถานการณ์ในขณะนั้นเช่น สภาพอากาศ ปริมาณน้ำฝน ปัญหาภัยแล้ง-อุทกภัย เป็นต้น นอกจากนี้ปริมาณน้ำกักเก็บที่คำนวณจากตัวแบบมีปริมาณลดลงเรื่อย ๆ ซึ่งสามารถคาดการณ์ได้ ในขณะที่ปริมาณน้ำกักเก็บจริงมีความผันผวน ไม่สามารถคาดเดาได้

ผลการวิจัยนี้สรุปได้ว่าการใช้ตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นช่วยให้เกิดประสิทธิภาพในการวางแผนการจัดสรรพื้นที่และทรัพยากรน้ำได้อย่างมีระบบมากขึ้น เป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรในการตัดสินใจปรับเปลี่ยนรูปแบบการเพาะปลูกพืชตามความต้องการได้

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

จากการเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่างแบบจำลองและข้อมูลจริง สามารถนำไปสู่ข้อเสนอแนะในการวางแผนการเกษตรและการจัดการทรัพยากรน้ำได้ดังนี้

1. ด้านการจัดสรรพื้นที่เพาะปลูก

แม้ว่าแบบจำลอง A จะให้กำไรสูงสุด แต่จัดสรรพื้นที่ไม่สอดคล้องกับความเป็นจริง จึงควรใช้ผลลัพธ์ของแบบจำลอง B ที่ให้คำตอบพื้นที่เพาะปลูกใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากกว่า เพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดนโยบายการจัดสรรพื้นที่ และควรเพิ่มข้อจำกัดด้านอื่น ๆ ที่สำคัญนอกเหนือจากกำไร เช่น ข้อจำกัดด้านแรงงาน ความผันผวนของตลาด ช่วงเวลาเพาะปลูก และเก็บเกี่ยวเดียวกันหรือมีรอบการเพาะปลูกพืชใกล้เคียงกัน เพื่อให้ผลลัพธ์จากงานวิจัยมีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลจริงมากขึ้น

2. ด้านการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ

ผลลัพธ์จากตัวแบบแสดงให้เห็นว่าสามารถจัดสรรน้ำให้เพียงพอต่อความต้องการเพื่อการเกษตรได้ เพื่อให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องปรับปรุงแผนการปล่อยน้ำรายเดือนให้สอดคล้องกับความต้องการมากขึ้น โดยเฉพาะในช่วงขาดแคลนน้ำในขณะที่ปริมาณการปล่อยน้ำจริงจะมากกว่าความต้องการในช่วงปลายปีของทุกปี จึงควรสร้างความสมดุลระหว่างการกักเก็บน้ำกับการปล่อยน้ำเพื่อลดความเสี่ยงการขาดแคลนน้ำในช่วงเพาะปลูกและลดปัญหาอุทกภัยในฤดูฝนนอกจากนี้ปริมาณน้ำกักเก็บที่คำนวณจากตัวแบบมีปริมาณลดลงเรื่อย ๆ ซึ่งสามารถคาดการณ์ได้ ในขณะที่ปริมาณน้ำกักเก็บจริงมีความผันผวน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี สำนักงานเกษตร จังหวัดขอนแก่น นายจิตติพงษ์ ภูผาลัย เจ้าหน้าที่สำนักกรมชลประทานที่ 6 สำหรับข้อมูลการดำเนินงานวิจัย และขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิสำหรับคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยในครั้งนี้

จริยธรรมการวิจัย

การวิจัยเรื่อง “กำหนดการเชิงเส้นเพื่อการจัดสรรที่ดินและน้ำอย่างเหมาะสม กรณีศึกษา: เขื่อนอุบลรัตน์ จังหวัดขอนแก่น” ไม่มีการทดลองในมนุษย์หรือสัตว์และไม่ก่อให้เกิดความเสี่ยงหรือผลกระทบทางลบต่อบุคคล สัตว์หรือสิ่งแวดล้อม โดยปฏิบัติตามหลักจริยธรรมการวิจัยอย่างเคร่งครัด ได้แก่ หลักความเคารพในบุคคล (Respect for Person) ผ่านการใช้ข้อมูลจากแหล่งที่อนุญาตและให้เครดิตอย่างถูกต้อง หลักคุณประโยชน์ ไม่ก่ออันตราย (Beneficence) มุ่งเน้นสร้างองค์ความรู้ที่เป็นประโยชน์ต่อภาคการเกษตร และหลักความยุติธรรม (Justice) โดยใช้ข้อมูลที่เข้าถึงได้อย่างเท่าเทียมและเหมาะสมตามหลักจริยธรรมการวิจัยสากล

References

- Bhatia and Rana (2020). A Mathematical Approach to Optimize Crop Allocation – A Linear Programming. *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics*, 15(2), 245-252.
- Department of Land Development Khon Kaen Province (2024). Retrieved 10 December 2024, from LDD.GO: <https://www.ddd.go.th/Agri-Map/Data/NE/kkn.pdf>.
- Glinsukhon A, Khongpensuk S, Angchuan S and Boonperm A. (2024). An Integer Programming Model for Economic Crop Cultivation Planning with Single and Multiple Harvests in the Dry Season. *Thai Journal of Operations Research*, 12(2), 1-12.
- Imron, F. and Murtiningrum. (2021). Optimization of irrigation water allocation by using linear programming: case study on Belitang irrigation system. *Proceedings of IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. (pp. 012023). IOP Publishing.
- Mohamad, N. H. and Said, F. (2011). A mathematical programming approach to crop mix problem. *African Journal of Agricultural Research*, 6(1), 191–197.
- Moradi-Jalal, M., Haddad, O. B., Karney, B. W. and Mariño, M. A. (2007). Reservoir operation in assigning optimal multi-crop irrigation areas. *Agricultural Water Management*, 90(1-2), 149–159.
- Raju, B. C. K., Gowda, C. C. and Karthika, B. S. (2020). Optimization of reservoir operation using linear programming. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 8(5), 1028–1032.
- Rani, Y. R. and Rao, P.T. (2012). Multi objective crop planning for optimal benefits. *International Journal of Engineering Research and Applications*, 2(5), 279–287.
- Vadde, S. G., Shreedhar, R. and Hiremath, C. G. (2017). Linear programming approach for optimal land and water resource allocation under different hydrological scenarios. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 8(10), 1500–1512.