Development of a Runoff Coefficient Equation Using Spatial Variables for Feasibility Study of Small-scale Irrigation Projects

1,2 2 2 ,*

1 7 . . .

Corresponding author; E mail address polpech.sa@ku.th

ในการศึกษาความเหมาะสมเบื้องต้นของโครงการชลประทานขนาดเล็กประเภทการพัฒนาแหล่งกักเก็บน้ำตามแนวปฏิบัติของกรมชลประทาน มีขั้นตอนการประเมินปริมาณน้ำท่ารายเดือนที่ไหลผ่านหัวงานก่อสร้างเพื่อกำหนดขนาดความจุกักเก็บ โดยคำนวณจากพื้นที่รับน้ำ ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือน และค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า (runoff coefficient, R.O.C.) ปัจจุบัน การกำหนดค่า R.O.C. อาศัยการพิจารณาภูมิประเทศเชิงคุณภาพซึ่งขาดเกณฑ์เชิงตัวเลขที่ชัดเจน ส่งผลให้การประเมินขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของวิศวกรโครงการแต่ละคน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสมการประมาณค่า R.O.C. ที่มีหลักเกณฑ์เชิงตัวเลขชัดเจน โดยใช้ตัวแปรเชิงพื้นที่ ได้แก่ ข้อมูลความลาดชันที่วิเคราะห์จากแบบจำลองความสูงดิจิทัล MERIT DEM ร่วมกับข้อมูลกริดความหนาแน่นของต้นไม้จาก ISCGM นอกจากนี้ ได้ทำการตรวจสอบความสอดคล้องของสมการที่พัฒนาขึ้นโดยเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าที่คำนวณได้กับผลการคำนวณจากวิธีดั้งเดิมที่ใช้ในโครงการที่มีการออกแบบไว้แล้วในภาคตะวันตก จำนวน 20 โครงการ ผลการศึกษาพบว่าสมการที่พัฒนาขึ้นสามารถประมาณค่า R.O.C. ได้สอดคล้องกับวิธีการพิจารณาเดิมที่ใช้ในโครงการออกแบบ โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 0.995 ช่วยเชื่อมโยงตัวแปรเชิงพื้นที่กับค่า R.O.C. ได้อย่างชัดเจน ลดการพึ่งพาดุลยพินิจของวิศวกรโครงการ และสามารถนำไปใช้ประกอบเป็นส่วนหนึ่งในการจัดทำคู่มือการปฏิบัติงานสำหรับวิศวกรในการศึกษาความเหมาะสมเบื้องต้นของโครงการชลประทานขนาดเล็กทั่วประเทศ เพื่อเพิ่มความแม่นยำและความเป็นมาตรฐานเดียวกัน

คำสำคัญ: สัมประสิทธิ์น้ำท่า, ตัวแปรเชิงพื้นที่, โครงการชลประทานขนาดเล็ก

Abstract

The preliminary feasibility study of small-scale irrigation projects for water resources development under the Royal Irrigation Department (RID) guidelines requires a monthly runoff assessment at the headworks to determine storage capacity. Runoff is calculated using catchment area, average monthly

rFed0 g03(ca5.2 84q0.000008d4q02)-53(mo4)3(-4(f)6(f)--3( )-183(i4te)c-5(i)34ci)4(e)4(nt,)-34q0d(.C.))] T.(mo4)1(Ct)8(h(i)3(gt,)-3ly)34c84q3.1

1:50,000 ส่วนความหนาแน่นของพืชพรรณพิจารณาจากการสำรวจภาคสนาม จากนั้นจึงเลือกค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าจากลักษณะภูมิประเทศ 5 กลุ่ม วิธีดังกล่าวอาศัยดุลยพินิจของวิศวกรในการเลือกกลุ่มภูมิประเทศที่เหมาะสม ทำให้การประเมินมีความแปรปรวนแตกต่างกันไปตามประสบการณ์และมุมมองของผู้ประเมิน นอกจากนี้ วิธีเดิมยังมีข้อจำกัดอื่นๆ ได้แก่ ความละเอียดของแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ที่อาจไม่เพียงพอสำหรับพื้นที่รับน้ำขนาดเล็กมาก หรือมีความคลาดเคลื่อนในพื้นที่ภูมิประเทศซับซ้อน รวมทั้งความยากลำบากและต้นทุนในการสำรวจพืชพรรณภาคสนามให้ครอบคลุมทั้งพื้นที่รับน้ำขนาดใหญ่ ซึ่งมักทำได้เพียงการสำรวจบริเวณหัวงานโครงการเท่านั้น การใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่จากแหล่งข้อมูลภูมิสารสนเทศที่มีความละเอียดและครอบคลุมมากขึ้นจะช่วยแก้ไขข้อจำกัดเหล่านี้ได้

งานวิจัยในปัจจุบันได้พัฒนาแนวทางการประมาณค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าจากพารามิเตอร์เชิงพื้นที่ โดยใช้ข้อมูลภูมิสารสนเทศ เช่น ข้อมูลแบบจำลองความสูงดิจิทัล (DEM) ข้อมูลการใช้ที่ดิน ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม [6], [7] งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนาสมการประมาณค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่ารายเดือนตามแนวปฏิบัติของกรมชลประทานโดยใช้ตัวแปรเชิงพื้นที่ ได้แก่ ความลาดชันและความหนาแน่นของพืชพรรณ โดยทั้งสองตัวแปรเป็นตัวแปรหลักในการพัฒนาสมการที่มีความสอดคล้องโดยตรงกับปัจจัยที่กรมชลประทานใช้พิจารณาในวิธีเดิมอยู่แล้ว ซึ่งจะช่วยให้การเปลี่ยนผ่านจากวิธีเดิมมาสู่วิธีใหม่มีความต่อเนื่องและได้รับการยอมรับจากวิศวกรผู้ปฏิบัติงานได้ง่ายขึ้น ผลการวิจัยนี้คาดว่าจะเป็นประโยชน์ในการลดความไม่แน่นอนจากดุลยพินิจของวิศวกรในการเลือกค่า R.O.C. และเพิ่มความเป็นระบบให้กับการศึกษาความเหมาะสมเบื้องต้นของโครงการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดเล็ก ก่อนนำไปสู่ขั้นตอนการออกแบบอาคารชลประทานต่อไป

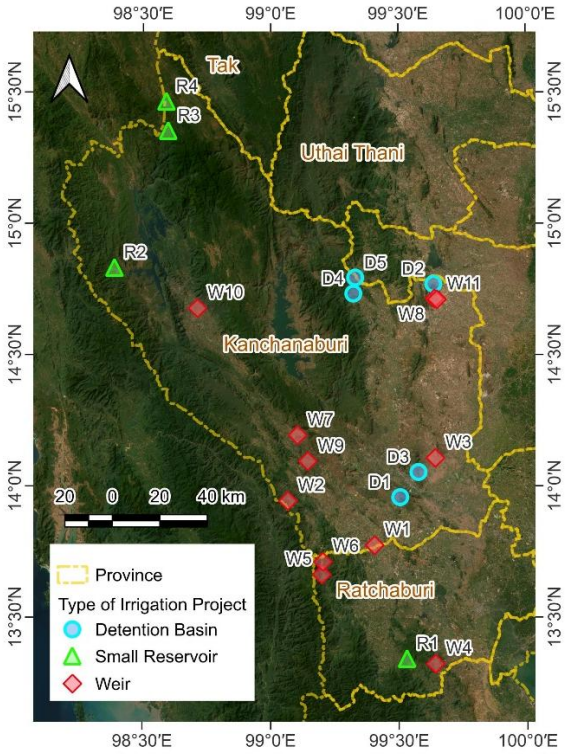
2.

2.1

ในงานวิจัยนี้ได้คัดเลือกพื้นที่ศึกษาโครงการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดเล็กที่มีผลการศึกษาความเหมาะสมเบื้องต้น (reconnaissance study) จากสำนักงานชลประทานที่ 13 จำนวน 20 โครงการ เป็นพื้นที่ทดสอบสมการที่พัฒนาขึ้น โครงการทั้งหมดตั้งอยู่ในพื้นที่ภาคตะวันตกของประเทศไทย ประกอบด้วยโครงการประเภทต่างๆ ได้แก่ ฝาย แก้มลิง และอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก (รูปที่ 1 และตารางที่ 1) ซึ่งมีความหลากหลายของลักษณะภูมิประเทศและพืชพรรณปกคลุม ซึ่งจะช่วยให้สมการที่พัฒนาขึ้นสามารถประยุกต์ใช้ได้กับโครงการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดเล็กในสภาพพื้นที่ที่หลากหลาย

โครงการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดเล็ก

ฝาย	ฝายห้วยลูกนก (W1), ฝายเขาแดน (W2), ฝายวังไข่เน่า (W3), ฝายห้วยพุเต่าตก 2 (W4), ฝายบ้านตะโกล่าง (W5), ฝายบ้านแปดเหลี่ยม (W6), ฝายทดน้ำบ้านหนองตามว่าง (W7), ฝายห้วยชัฏตาหมื่น (W8), ฝายลุ่มผึ้ง 2 (W9), ฝายสหกรณ์นิคม (W10), ฝายเขาวงพระจันทร์ 1 (W11)
แก้มลิง	แก้มลิงกองการสัตว์และเกษตรกรรมแห่งที่ 3 (D1), แก้มลิงหุบผาแดง (D2), แก้มลิงห้วยตลุง (D3), แก้มลิงบ้านเขาหินตั้ง (D4), แก้มลิงบ้านบารมี หมู่ 5 (D5),
อ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก	อ่างเก็บน้ำบ้านโปร่งพรหม อันเนื่องมาจากพระราชดำริฯ (R1), จัดหาน้ำสนับสนุน ตชด.ปิล็อกคี่ (R2), จัดหาน้ำสนับสนุน ตชด.บ้านทีไล่ป่า (R3), จัดหาน้ำสนับสนุน ศกร.ตชด.ท่านผู้หญิงมณีรัตน์ บุญนาค (R4)



1 พื้นที่ศึกษาโครงการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดเล็ก

2.2

2.2.1 MERIT DEM

ข้อมูลแบบจำลองความสูงดิจิทัล MERIT DEM (Multi-Error-Removed Improved-Terrain DEM) พัฒนาโดยมหาวิทยาลัยโตเกียว ประเทศญี่ปุ่น [8] ข้อมูล MERIT DEM ได้รับการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนและสัญญาณรบกวนโดยใช้ข้อมูล DEM ที่มีอยู่เดิม (NASA SRTM3 v2.1, JAXA AW3D-30m v1 และ Viewfinder Panoramas) ร่วมกับข้อมูลประกอบอื่นๆ ทำให้พื้นที่มีความแม่นยำทางดิ่งเพิ่มขึ้น ข้อมูล MERIT DEM มีความละเอียดเชิงพื้นที่ประมาณ 3 arc-seconds (หรือประมาณ 90 เมตรสำหรับบริเวณพื้นที่ใกล้เส้นศูนย์สูตร) สามารถดาวน์โหลดได้จากเว็บไซต์ http://hydro.iis.u-tokyo.ac.jp/~yamadai/MERIT_DEM/

2.2.2 Percent Tree Cover (PTC)

ข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความปกคลุมของต้นไม้ (Percent Tree Cover, PTC) Version 2 ซึ่งพัฒนาโดย The International Steering Committee for Global Mapping (ISCGM) ร่วมกับ The Geospatial Information Authority of Japan (GSI) และมหาวิทยาลัยชิบะ [9] โดยแปลผลมาจากภาพถ่ายจากดาวเทียม TerraMODIS มีความละเอียดเชิงพื้นที่ 500 เมตร (15 arc-seconds) แสดงความหนาแน่นของต้นไม้บนพื้นดิน โดยเป็นอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ที่ปกคลุมด้วยกิ่งก้านและใบของต้นไม้ (เรือนยอดไม้) ต่อพื้นผิวดิน มีค่าตั้งแต่ 0-100% โดย 0% หมายถึงไม่มีต้นไม้ปกคลุม และ 100% หมายถึงพื้นที่นั้นปกคลุมด้วยเรือนยอดไม้ทั้งหมด สามารถดาวน์โหลดได้จากเว็บไซต์ https://globalmaps.github.io/ptc.html

2.3

ในการประเมินปริมาณน้ำท่ารายเดือนสำหรับการศึกษาความเหมาะสมเบื้องต้นของโครงการชลประทานขนาดเล็ก กรมชลประทานได้กำหนดแนวทางการคำนวณโดยใช้สมการดังนี้ [5] :

(1)

โดย

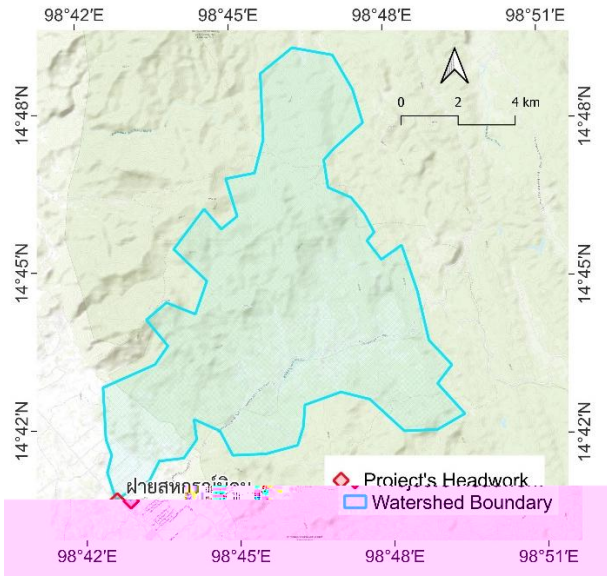
I คือ ปริมาณน้ำท่ารายเดือนที่ไหล่ผ่านหัวงาน (ลูกบาศก์เมตร)

$R.O.C.$ คือ สัมประสิทธิ์น้ำท่า (runoff coefficient) (%)

R คือ ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือน (มิลลิเมตร)

A คือ พื้นที่รับน้ำ (ตารางกิโลเมตร)

พื้นที่รับน้ำของโครงการกำหนดโดยการกำหนดขอบเขตพื้นที่รับน้ำ (watershed) จากตำแหน่งหัวงานโครงการโดยใช้แผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ซึ่งในการศึกษานี้ได้ทำการดิจิไทซ์ (digitize) ขอบเขตพื้นที่รับน้ำของโครงการทั้ง 20 แห่ง ด้วยโปรแกรม QGIS เพื่อสร้างไฟล์ Shapefile ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 2



ตัวอย่าง Shapefile พิกัดหัวงานโครงการและพื้นที่รับน้ำ (Watershed)

ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่ารายเดือน (R.O.C.) กำหนดจากสมการดังนี้:

(2)

ค่า C ในสมการนี้พิจารณาจากลักษณะภูมิประเทศซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ประเภท ตามความลาดชันและความหนาแน่นของพืชพรรณ ดังแสดงในรูปที่ 3 โดยแต่ละลักษณะภูมิประเทศมีค่า C ดังนี้:

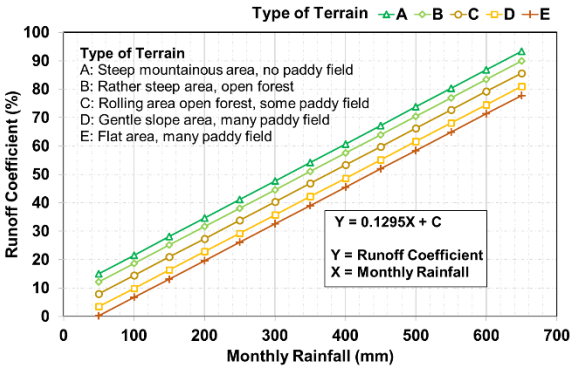
ประเภท A: พื้นที่ภูเขาสูงชัน ไม่มีนาข้าว ค่า C = 8.501

ประเภท B: พื้นที่ค่อนข้างชัน มีป่าโปร่ง ค่า C = 2.011

ประเภท C: พื้นที่ลูกคลื่น มีป่าโปร่ง มีนาข้าวบางส่วน ค่า C = 0.705

ประเภท D: พื้นที่ลาดชันน้อย มีนาข้าวจำนวนมากค่า C = -3.162

ประเภท E: พื้นที่ราบ มีนาข้าวจำนวนมาก ค่า C = -6.237



3 กราฟสัมประสิทธิ์น้ำท่ารายเดือนตามแนวทางของกรมชลประทาน [5]

การพิจารณาเลือกลักษณะภูมิประเทศทำโดยวิศวกรโครงการซึ่งอาศัยการสำรวจภาคสนามและการพิจารณาจากแผนที่ภูมิประเทศ ซึ่งต้องใช้ดุลยพินิจในการเลือกกลุ่มภูมิประเทศที่เหมาะสม

ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาวิธีการกำหนดค่า C ใหม่โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์ความลาดชันเฉลี่ย (average slope) ที่วิเคราะห์จากข้อมูล MERIT DEM และค่าเปอร์เซ็นต์ความปกคลุมของต้นไม้เฉลี่ย (Average PTC) ที่วิเคราะห์จากข้อมูล PTC ในพื้นที่รับน้ำของโครงการ การพัฒนาสมการค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าใหม่ทำโดยใช้แนวคิดลดพารามิเตอร์จากสองปัจจัย (ความลาดชันและความหนาแน่นของต้นไม้) ให้เหลือพารามิเตอร์เดียวโดยใช้ค่าระยะทาง Euclidean ดังสมการ:

(3)

จากนั้นจึงหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า D กับค่า C ในสมการที่ (2) โดยวิธีการ Linear Scale จากความสัมพันธ์นี้จะได้สมการสัมประสิทธิ์น้ำท่ารายเดือนใหม่ดังนี้:

(4)

โดยที่ m และ c คือค่าคงที่จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างค่า D และค่า C

จากนั้นใช้ค่า R.O.C. แบบใหม่คำนวณปริมาณน้ำท่ารายเดือนผ่านหัวงานโครงการ และทำการวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างปริมาณน้ำท่าแบบเดิมและแบบใหม่ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Agreement, d) ดังนี้ [10] :

(5)

โดย

คือ ค่าที่สังเกตได้ (ในที่นี้คือปริมาณน้ำท่าจากวิธีเดิม)

คือ ค่าที่ทำนาย (ในที่นี้คือปริมาณน้ำท่าจากวิธีใหม่)

คือ ค่าเฉลี่ยของค่าที่สังเกตได้

n คือ จำนวนข้อมูล

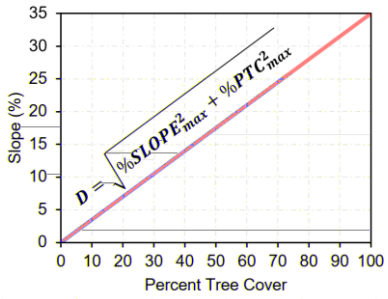
ค่าดัชนีความสอดคล้องมีค่าระหว่าง 0-1 โดยค่าที่ใกล้ 1 จะแสดงถึงความสอดคล้องที่ดีมากระหว่างผลการคำนวณจากทั้งสองวิธี

3.

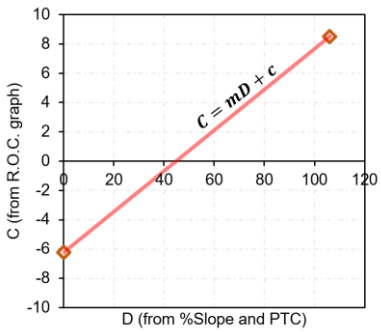
ในการพัฒนาสมการประมาณค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า ได้กำหนดขอบเขตของตัวแปรเชิงพื้นที่ตามแนวคิดการวิเคราะห์ลักษณะภูมิประเทศ โดยกำหนดให้ความลาดชัน (slope) มีค่าสูงสุดที่ 35% ตามแนวทางการประเมินพื้นที่ลาดชันของกรมพัฒนาที่ดิน ซึ่งกำหนดให้พื้นที่ที่มีความลาดชันมากกว่า 35% เป็นพื้นที่ลาดชันเชิงซ้อน (complex slope area) หากพบพื้นที่ที่มีความลาดชันมากกว่า 35% ในการวิเคราะห์ จะกำหนดให้พื้นที่นั้นมีค่าความลาดชันเท่ากับ 35% และเปอร์เซ็นต์ความปกคลุมของต้นไม้ (PTC) มีค่าสูงสุดที่ 100% ซึ่งหมายถึงพื้นที่ที่ปกคลุมด้วยเรือนยอดไม้ทั้งหมด เมื่อใช้ค่า Euclidean Distance (D) เป็นพารามิเตอร์เดี่ยวในการอธิบายลักษณะภูมิประเทศ ค่า D จะมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0 (ในกรณีที่พื้นที่ไม่มีความลาดชันและไม่มีต้นไม้ปกคลุม) และมีค่าสูงสุดประมาณ 105.95 (ในกรณีที่พื้นที่มีความลาดชัน 35% และมีต้นไม้ปกคลุม 100%) ดังแสดงในรูปที่ 4

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร D และค่าสัมประสิทธิ์ C ใช้วิธี Linear Scaling เนื่องจากเป็นวิธีที่ตรงไปตรงมาที่สุดในการปรับขอบเขตช่วงค่าของตัวแปรใหม่ (D: 0 ถึง 105.95) ให้สอดคล้องกับขอบเขตช่วงค่าของพารามิเตอร์เดิม (C: -6.237 ถึง 8.501) ซึ่งจะทำให้สมการที่ได้มีความเรียบง่ายและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในทางปฏิบัติ และสอดคล้องกับการจำแนกภูมิประเทศตามแนวทางของกรมชลประทาน โดยค่า C ที่สูง (8.501) สัมพันธ์กับภูมิประเทศประเภท A ซึ่งเป็นพื้นที่ภูเขาสูงชันที่มีความลาดชันสูง ส่วนค่า C ที่ต่ำ (-6.237) สัมพันธ์กับภูมิประเทศประเภท E ซึ่งเป็นพื้นที่ราบที่มีความลาดชันน้อยและมีการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นนาข้าวเป็นส่วนใหญ่ มีพืชปกคลุมดินน้อย การกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างค่า D กับค่า C ดังแสดงในรูปที่ 5 โดยมีสมการความสัมพันธ์คือ:

(6)



ความสัมพันธ์ระหว่างความลาดชัน (slope) และเปอร์เซ็นต์ความปกคลุมของต้นไม้ (PTC) ในการคำนวณระยะทาง Euclidean (D)



ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างค่า Euclidean Distance (D) และค่าคงที่ C ในสมการสัมประสิทธิ์น้ำท่า

จากความสัมพันธ์เชิงเส้นที่ได้จากสมการที่ 6 เมื่อนำสมการนี้ไปแทนในสมการสัมประสิทธิ์น้ำท่าเดิม (สมการที่ 2) จะได้สมการสัมประสิทธิ์น้ำท่ารายเดือนใหม่ในรูปแบบของตัวแปรเชิงพื้นที่ (สมการที่ 7) โดยที่ค่า D คือระยะทาง Euclidean ที่คำนวณจากความลาดชันและ PTC ตามสมการที่ 3

(7)

สมการที่พัฒนาขึ้นนี้จะช่วยแก้ไขข้อจำกัดของวิธีเดิมที่ต้องอาศัยดุลยพินิจของวิศวกรในการเลือกประเภทภูมิประเทศ โดยใช้ข้อมูลความลาดชันและเปอร์เซ็นต์ความปกคลุมของต้นไม้ที่วิเคราะห์ได้จากแหล่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ มาคำนวณค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าโดยตรง ทำให้ผลการประเมินมีความเป็นมาตรฐานและเป็นกลางมากขึ้น

เมื่อนำสมการที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในการคำนวณปริมาณน้ำท่ารายปีผ่านหัวงานโครงการทั้ง 20 แห่ง แล้วเปรียบเทียบกับผลจากวิธีเดิม ได้ผลการคำนวณดังแสดงในตารางที่ 2

ผลเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าผ่านหัวงานโครงการระหว่างวิธีเดิมกับวิธีที่พัฒนาขึ้น

Code	PTC (%)	Slope (%)			
D3	20.2	2.3	668,097.2	466,518.0	-30.2%
W3	15.8	2.9	33,930,401.8	24,696,104.0	-27.2%
W8	18.8	12.8	2,776,260.3	2,139,071.2	-23.0%
W1	25.3	5.2	2,464,575.2	1,957,357.9	-20.6%
D4	25.3	10.0	247,956.1	198,706.7	-19.9%
W4	28.5	13.7	2,843,560.8	2,368,909.5	-16.7%
W7	29.8	15.2	7,394,560.2	6,338,148.4	-14.3%
D1	38.4	2.5	1,607,753.6	1,397,961.1	-13.1%
D2	33.5	18.7	216,166.8	190,018.4	-12.1%
W9	37.6	19.8	18,569,315.4	17,019,950.4	-8.3%
W11	18.3	12.3	1,113,359.7	1,106,561.4	-0.6%
W10	55.6	17.8	38,919,755.9	39,428,903.0	1.3%
R4	61.7	13.9	1,611,789.3	1,645,276.6	2.1%
W2	54.6	27.8	514,161.4	534,663.7	4.0%
D5	24.6	14.9	243,079.7	256,563.2	5.6%
W6	58.7	26.4	2,808,244.7	2,974,800.4	5.9%
R2	63.3	31.5	150,554.0	159,884.4	6.2%
W5	57.7	32.9	1,661,683.2	1,783,727.9	7.3%
R3	87.5	20.4	4,463,416.5	4,873,841.3	9.2%
R1	65.8	22.7	633,707.8	696,133.7	9.9%

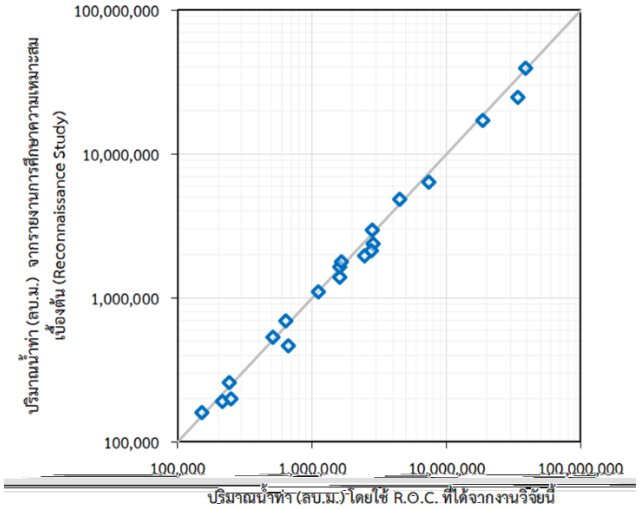
จากตารางที่ 2 พบว่า ปริมาณน้ำท่าที่คำนวณได้จากทั้งสองวิธีมีทั้งกรณีที่วิธีใหม่ให้ค่าน้อยกว่าวิธีเดิม (ค่าความแตกต่างเป็นลบ) และกรณีที่วิธีใหม่ให้ค่ามากกว่าวิธีเดิม (ค่าความแตกต่างเป็นบวก) โดยมีโครงการที่ให้ผลแตกต่างไม่เกิน ±10% จำนวน 11 โครงการ (ร้อยละ 55 ของทั้งหมด) และแตกต่างไม่เกิน ±20% จำนวน 16 โครงการ (ร้อยละ 80 ของทั้งหมด)

โครงการที่มีความแตกต่างมากที่สุด (มากกว่า 20%) ได้แก่ แก้มลิงห้วยตลุง (D3) ฝายวังไข่เน่า (W3) ฝายห้วยชัฏตาหมื่น (W8) และฝายห้วยลูกนก (W1) มีลักษณะร่วมกันคือมีค่า PTC ต่ำ (15.8-25.3%) และมีค่า Slope ต่ำมาก (2.3-12.8%) ความแตกต่างที่เกิดขึ้นอาจอธิบายได้ว่า ในวิธีเดิม วิศวกรอาจสำรวจพื้นที่และประเมินเฉพาะบริเวณหัวงานโครงการว่าเป็นภูมิประเทศประเภท C ซึ่งเป็นพื้นที่ลูกคลื่นลอนลาดและมีป่าโปร่งหรือมี

นาข้าวบางส่วน ขณะที่ในวิธีใหม่ แต่การคำนวณโดยตรงจากค่า Slope และ PTC คำนวณเฉลี่ยทั้งพื้นที่รับน้ำ ทำให้มีค่า R.O.C. น้อยกว่าวิธีเดิม

ในทางตรงกันข้าม กลุ่มโครงการที่มีค่า PTC สูงและ Slope สูง เช่น จัดหาน้ำสนับสนุน ตชด.บ้านทิไล่ป่า (R3) และอ่างเก็บน้ำบ้านโปร่งพรหม อันเนื่องมาจากพระราชดำริฯ (R1) ซึ่งวิธีใหม่ให้ค่าน้ำท่าสูงกว่าวิธีเดิม ประมาณ 9-10% ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากวิศวกรโครงการประเมินลักษณะภูมิประเทศเฉพาะบริเวณหัวงานโครงการว่าเป็นประเภท C แต่สภาพพื้นที่จริงจากพื้นที่รับน้ำทั้งหมดส่วนมากเป็นพื้นที่ป่าไม้และมีความลาดชันสูง จึงทำให้ผลการประเมิน R.O.C. โดยวิธีใหม่สูงกว่าวิธีเดิม

เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่าที่คำนวณได้จากทั้งสองวิธี ดังแสดงในรูปที่ 6 พบว่ามีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 0.995 ซึ่งค่าที่ใกล้ 1 แสดงถึงความสอดคล้องที่ดีมากระหว่างผลการคำนวณจากทั้งสองวิธี บ่งชี้ว่าสมการที่พัฒนาขึ้นสามารถให้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับวิธีเดิมได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะในช่วงค่าปริมาณน้ำท่าระดับกลาง (1-10 ล้านลูกบาศก์เมตร) ที่ข้อมูลกระจายตัวอยู่ใกล้เส้นแนวโน้ม 1:1 มากที่สุด



ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่าที่คำนวณด้วยวิธีเดิมและวิธีใหม่

จากผลการวิเคราะห์ที่พบความแตกต่างของปริมาณน้ำท่าระหว่างวิธีเดิมและวิธีใหม่ โดยเฉพาะในโครงการที่มีความแตกต่างสูงสุด (ประมาณ 30%) จะมีนัยสำคัญในทางปฏิบัติที่สำคัญ ความแตกต่างระดับ 20-30% ในการประเมินปริมาณน้ำท่าจะส่งผลโดยตรงต่อการกำหนดขนาดความจุกักเก็บของโครงการ หากออกแบบตามวิธีใหม่ซึ่งให้ค่าน้อยกว่า จะทำให้ประหยัดงบประมาณก่อสร้าง แต่ต้องพิจารณาความเสี่ยงจากการมีความจุไม่เพียงพอในบางกรณีด้วย ทั้งนี้ วิธีใหม่คาดว่าจะให้ผลการประเมินที่แม่นยำกว่าในพื้นที่ที่มีความหลากหลายของลักษณะภูมิประเทศและพืชพรรณ เนื่องจากพิจารณาข้อมูลเฉลี่ยทั้งพื้นที่รับน้ำ ไม่ใช่เฉพาะบริเวณหัวงานโครงการ ซึ่งจะช่วยให้การออกแบบโครงการสอดคล้องกับสภาพจริงมากขึ้น

4.

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาสมการประมาณค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่ารายเดือน (R.O.C.) โดยใช้ตัวแปรเชิงพื้นที่ ได้แก่ ความลาดชัน (slope) จากข้อมูล MERIT DEM และเปอร์เซ็นต์ความปกคลุมของต้นไม้ (PTC) จาก ISCGM ผลการทดสอบกับโครงการชลประทานขนาดเล็ก 20 โครงการในภาคตะวันตกของประเทศไทย พบว่าสมการที่พัฒนาขึ้นสามารถประมาณค่า R.O.C. ได้สอดคล้องกับวิธีดั้งเดิม โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้อง เท่ากับ 0.995 ซึ่งแสดงถึงความสอดคล้องที่ดีมาก โดยสมการใหม่นี้ช่วยเชื่อมโยงตัวแปรเชิงพื้นที่กับค่า R.O.C. ได้อย่างชัดเจน ลดการพึ่งพาดุลยพินิจของวิศวกรโครงการ และสร้างความเป็นมาตรฐานในการประเมินปริมาณน้ำท่าสำหรับการศึกษาความเหมาะสมเบื้องต้นของโครงการชลประทานขนาดเล็ก

สมการที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นส่วนหนึ่งในคู่มือการปฏิบัติงานสำหรับวิศวกรในการศึกษาความเหมาะสมเบื้องต้นของโครงการชลประทานขนาดเล็กทั่วประเทศ เพื่อเพิ่มความแม่นยำและความเป็นมาตรฐานเดียวกันในการประเมิน อย่างไรก็ตาม การวิจัยในอนาคตควรขยายขอบเขตการทดสอบให้ครอบคลุมพื้นที่ในภูมิภาคอื่นๆ ของประเทศไทยที่มีลักษณะภูมิประเทศและพืชพรรณแตกต่างกัน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของสมการในบริบทที่หลากหลาย นอกจากนี้ ควรมีการศึกษาความแม่นยำของการประเมินปริมาณน้ำท่าจากสมการที่พัฒนาขึ้นโดยเปรียบเทียบกับข้อมูลการวัดจริงในพื้นที่ที่มีสถานีวัดน้ำท่า เพื่อยืนยันประสิทธิภาพของสมการและปรับปรุงความแม่นยำให้เหมาะสมกับการใช้งานในการออกแบบโครงการชลประทานขนาดเล็กในอนาคต และควรศึกษาการวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis) ของค่า R.O.C. ต่อการเปลี่ยนแปลงของ %Slope และ PTC เพื่อให้เข้าใจว่าตัวแปรใดมีอิทธิพลต่อค่า R.O.C. มากกว่ากัน และในช่วงค่าใดที่การเปลี่ยนแปลงของตัวแปรเหล่านี้จะส่งผลกระทบต่อค่า R.O.C. อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งจะช่วยให้เข้าใจพฤติกรรมของสมการได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ ควรพิจารณาศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่มีต่อค่า PTC และค่า R.O.C. ในระยะยาว ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการวางแผนการจัดการทรัพยากรน้ำอย่างยั่งยืน โดยเฉพาะในสถานการณ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการขยายตัวของเขตเมือง

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากคณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ขอขอบพระคุณสำนักงานชลประทานที่ 13 ที่อนุเคราะห์ข้อมูลเล่มวางโครงการศึกษาเบื้องต้น รวมถึงเพื่อนและพี่น้องที่เป็นผู้ช่วยในการเก็บข้อมูลและรวบรวมข้อมูลในการศึกษาเป็นอย่างดี

[1] Ditthakit, P., Pinthong, S., Salaeh, N., Binnui, F., Khwanchum, L., and Pham, Q. B. 2021. Using machine learning methods for supporting GR2M model in runoff estimation in an ungauged basin, *Scientific Reports*, 11, 19955.

[2] Machado, R. E., Cardoso, T. O., and Mortene, M. H. 2022. Determination of runoff coefficient (C) in catchments based on analysis of precipitation and flow events, *International Soil and Water Conservation Research*, 10(2), 208–216.

[3] Zheng, Y., Coxon, G., Woods, R., Li, J., and Feng, P. 2023. A Framework for Estimating the Probability Distribution of Event Runoff Coefficient in Ungauged Catchments, *Water Resources Research*, 59, e2022WR033227.

[4] Itsukushima, R. 2021. Characteristics and controlling factors of the drought runoff coefficient, Water, 13(9), 1259.

[5] Kriangsiri, P. and Lertsincharoen, J. 1995. Guidelines for Studying Small Water Resource Project Planning in Northern Thailand using Spreadsheet Programs, *Kasetsart Engineering Journal*, 9(25), 75–114.

[6] Lu, J., Chen, X., Zhang, L., Sauvage, S., and Sćnchez-Pérez, J. M. 2018. Water balance assessment of an ungauged area in Poyang Lake watershed using a spatially distributed runoff coefficient model, *Journal of Hydroinformatics*, 20(5), 1009–1024.

[7] Akbari, M., Haghighi, A. T., Aghayi, M. M., Javadian, M., Tajrishy, M., and Kløve, B. 2019. Assimilation of satellite-based data for hydrological mapping of precipitation and direct runoff coefficient for the Lake Urmia basin in Iran, *Water*, 11(8), 1624.

[8] Yamazaki, D. et al. 2017. A high-accuracy map of global terrain elevations, *Geophysical Research Letters*, 44(11), 5844–5853.

[9] Kobayashi, T., Tsend-Ayush, J., and Tateishi, R. 2016. A new global tree-cover percentage map using MODIS data, *International Journal of Remote Sensing*, 37(4), 969–992.

[10] Willmott, C. J., Robeson, S. M., and Matsuura, K. 2012. A refined index of model performance, *International Journal of Climatology*, 32(13), 2088–2094.