บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

2.1 วิธีการศึกษาผลิตภาพและความเสมอภาคของระบบชลประทาน

Lenton (1984) ได้ให้คำจำกัดความของคำว่า ผลิตภาพและความเสมอภาคของระบบชลประทานดังนี้

ผลิตภาพ (productivity) คือผลได้ (output) ของระบบชลประทาน ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปของจำนวนน้ำที่ส่งเข้าไร่นา จำนวนพื้นที่รับน้ำ ผลผลิตของพืชปลูกหรือรายได้เป็นต้น

ความเสมอภาค (equity) คือ คุณภาพในการกระจายตัวอย่างทั่วถึงของผลได้นั้น

2.2 การวัดผลิตภาพของระบบชลประทาน

2.2.1 <u>วัดโดยตรงในรูปผลการส่งน้ำ</u> (water delivery performance, WDP)

การวัดผลิตภาพของผลการส่งน้ำโดยตรง สามารถทำการวัดทั้งปริมาณและเวลาในการส่งน้ำให้แก่พื้นที่ ลักษณะที่สำคัญ 3 ประการของสิ่งที่นำมากำหนดผลการจัดการระบบชลประทานคือ สามารถวัดได้ในพื้นที่ขนาดใหญ่ เปรียบเทียบกับเป้าหมายได้ และสามารถปรับ (normalized) ให้ค่าของ WPD อยู่ระหว่าง 0-1 (ถ้า WDP เท่ากับ 1 หมายความว่าระบบชลประทานนั้นสามารถส่งน้ำได้เท่ากับเป้าหมาย ถ้าค่าเท่ากับ 0 แสดงว่าระบบชลประทานนั้นไม่สามารถส่งน้ำได้)

การวัดผลิตภาพของระบบชลประทานโดยประเมินจากค่า WDP สามารถทำได้หลายระดับชั้น (Lenton, 1984) ตั้งแต่ระดับไร่นาไปจนถึงระดับการส่งน้ำที่หัวงาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1. WDP ระดับไร่นา

$$WDP_1 = \sum_{t=1}^{n} \frac{k(t)\ V_1(t)}{V_1^*(t)} \ ;\ V_1(t) \leq V_1^* t \quad \ldots\ldots\ldots(1)$$

$$\sum_{t=1}^{n} k(t) = 1$$

เมื่อ WDP_1 = ผลการส่งน้ำที่ฟาร์ม

$V_1(t)$ = ปริมาณน้ำที่ส่งเข้าฟาร์มในสัปดาห์ที่ t ของฤดูการปลูกพืช

$V_1^*(t)$ = ปริมาณน้ำเป้าหมายที่จะต้องส่งให้ฟาร์มในสัปดาห์ที่ t ของฤดูการปลูกพืชนั้น (ได้จากการคำนวณ)

$K(t)$ = ค่าสัมประสิทธิ์ (weighting factor) ที่จะชี้ถึงความสำคัญของน้ำในระยะต่าง ๆ ของการเจริญเติบโตของพืช (ได้จากผลการวิจัย)

n = จำนวนสัปดาห์ในฤดูการปลูกพืช

ดังนั้น ผลของการส่งน้ำจะเท่ากับ 1.0 เมื่อน้ำถูกส่งไปยังฟาร์ม ทุกสัปดาห์ในฤดูการปลูกและเท่ากับเป้าหมายของการส่งน้ำที่ตั้งไว้ ถ้าผลของการส่งน้ำเท่ากับ 0 แสดงว่าไม่มีการส่งน้ำเลย แต่ถ้าส่งน้ำไปในเวลาและปริมาณที่ไม่ถูกต้อง ผลของการส่งน้ำจะผันแปรระหว่าง 0-1

ในกรณีที่พื้นที่ได้รับน้ำน้ำมากเกินกว่าเป้าหมาย อาจใช้สมการที่ 2 ดังนี้

$$WDP_1 = \sum_{t=1}^{n} \mathcal{E}_1(t) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2)$$

เมื่อ $\mathcal{E}_1(t) = K(t)\ \frac{V_1(t)}{V_1^*(t)}$ ถ้า $V_1(t) < V_1^*(t)$ $\ldots\ldots(3)$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หรือ $= K(t)\ \frac{V_i^*(t)}{V_i(t)}$ ถ้า $V_i(t) > V_i^*(t)$ .....(4)

สิ่งสำคัญในการปฏิบัติคือ การวัด $V_i(t)$ ตลอดจนการกำหนด $V_i^*(t)$ ซึ่งการวัด $V_i^*(t)$ นั้นจะใช้วิธีการวัดในเชิงวิศวกรรมโดยวัดทั้งอัตราการไหลของการส่งน้ำเข้าสู่ฟาร์มและวัดเวลาทั้งหมดที่ฟาร์มได้รับน้ำ แล้วจึงคำนวณหาปริมาณน้ำที่ได้รับทั้งหมด ในทางปฏิบัติแล้วจะยากมาก อาจเลี่ยงโดยการจับเวลาที่น้ำผ่านเข้ามาในฟาร์มทั้งหมดและประเมิน $V_i(t)$ ได้ โดยสมมติว่าอัตราของน้ำที่ให้แก่ฟาร์มในคราวหนึ่ง ๆ เท่ากัน ดังนั้น ถ้าเวลาที่ส่งน้ำให้แก่ฟาร์มหนึ่ง ๆ ต่างกัน $V_i(t)$ จะแตกต่างกัน

2. WDP ระดับท่อส่งน้ำเข้าฟาร์ม(turnout)

$$WDP_j = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} WDP_i \quad .....(5)$$

เมื่อ WDP_j = ผลการส่งน้ำ ณ ระดับท่อส่งน้ำเข้าฟาร์มที่ j

N = จำนวนฟาร์มทั้งหมดที่รับน้ำจากท่อส่งน้ำ

WDP_i = ผลการส่งน้ำ ณ ระดับฟาร์มที่ i

(ถ้าฟาร์ม$_i$ ไม่ได้รับน้ำ WDP_i จะเท่ากับ 0)

3. WDP ระดับคลองซอยแยก (minor)

$$WDP_k = \frac{1}{N_k} \sum_{j=1}^{N_k} WDP_j \quad .....(6)$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อ WDP_k = ผลในการส่งน้ำ ณ ระดับคลองซอยแยกที่ k

WDP_j = ผลในการส่งน้ำ ณ ระดับท่อส่งน้ำเข้าฟาร์มที่ j

N_k = จำนวนท่อส่งน้ำเข้าฟาร์มในคลองซอยแยกที่ k

ในการวัด WDP ในระดับท่อส่งน้ำเข้าฟาร์มนั้นไม่จำเป็นต้องวัดของทุกฟาร์ม แต่จะทำการประมาณค่าโดยใช้สูตร

$$WDP = \frac{1}{N_s} \sum_{i=1}^{N_s} WDP_j \quad \text{.....(7)}$$

เมื่อ WDP_k = ประมาณการของผลในการส่งน้ำ ณ ระดับท่อส่งน้ำที่ k

WDP_i = WDP ที่วัด ณ จุดฟาร์มตัวอย่าง i

N_s = จำนวนฟาร์มตัวอย่างรวมในระดับท่อน้ำเข้าฟาร์มที่ j

ดังนั้น ณ ระดับคลองซอยแยกสามารถประมาณค่า WDP_k จากตัวอย่างในระดับท่อส่งน้ำเข้าฟาร์ม

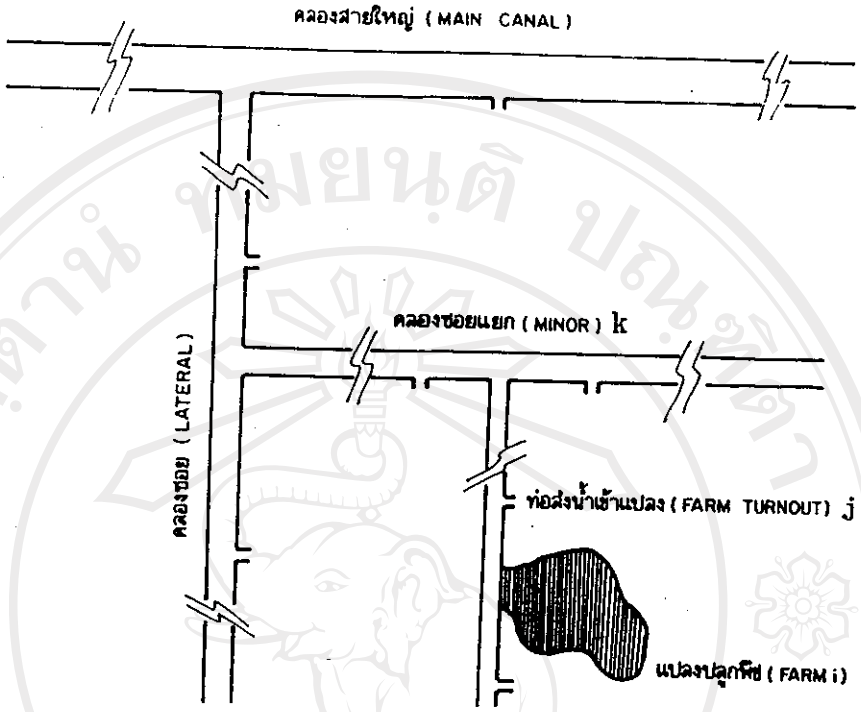
$$WDP_k = \frac{1}{N_{ks}} \sum_{j=1}^{N_{ks}} WDP_j \quad \text{.....(8)}$$

เมื่อ WDP_j = WDP ที่ท่อส่งน้ำตัวอย่างที่ j

N_{ks} = จำนวนฟาร์มตัวอย่างรวมในระดับคลองซอยแยกที่ k

หลักการเช่นนี้ใช้ได้เช่นกันกับการประมาณค่า (1) ณ ระดับคลองซอย คลองส่งน้ำสายใหญ่ และระดับการส่งน้ำที่หัวงาน ตำแหน่งของลำดับชั้นสำคัญ ๆ ของระบบการส่งน้ำแสดงไว้ในภาพที่ 1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 1 การส่งน้ำแต่ละระดับในระบบชลประทาน

2.2.2 <u>วัดโดยตัวชี้วัดต่าง ๆ</u>

1. <u>วัดในรูปของผลการผลิต</u> (yeild performance, YP) (Lenton, 1984) ดังสูตร

$$YP_i = \frac{Y_i}{Y_i^*} \quad \text{.....(9)}$$

เมื่อ YP_i = ผลในการผลิตของฟาร์ม

Y_i = จำนวนผลผลิตทั้งหมดของพืชที่ปลูกในฟาร์ม (อาจมีมากกว่าหนึ่งชนิดก็ได้)

Y_i^* = ผลผลิตเป้าหมายที่ตั้งไว้ (หาได้จากฟาร์มที่ผลิตได้สูงสุดในพื้นที่นั้น ๆ)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับค่า Y_i สามารถวัดโดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างผลผลิต (crop cutting)

2. ดัชนีแสดงปัญหาการขาดน้ำ (Water Problem Index, WPI)

Murray-Rust et al. (1984) ได้เสนอวิธีการวัดผลิตภาพโดยใช้ค่าดัชนีแสดงปัญหาการขาดน้ำ (Water Problem Index, WPI) ซึ่งได้จากการสอบถามเกษตรกรเกี่ยวกับปัญหาการขาดน้ำว่ามีน้ำมากเกินไป ปานกลาง ขาดน้ำหรือไม่ได้รับน้ำเลย ซึ่งร้อยละของคำตอบที่เกษตรกรที่ตอบว่าขาดน้ำกับไม่มีน้ำสามารถนำมาคำนวณหา WPI ได้ ทั้งนี้เพราะสองคำตอบหลังเป็นปัญหาที่รุนแรงมากกว่าสองคำตอบแรก พบว่า WPI มีความสัมพันธ์กับผลผลิตสามารถระบุปัญหาได้

3. ดัชนีการขาดน้ำของพืช (Crop Water Stress Index, CWSI)

Idso et al. (1981) ได้พัฒนาดัชนีการขาดน้ำของพืชเพื่อระบุความรุนแรงของการขาดน้ำของพืชซึ่งสามารถหาได้จากอัตราส่วนระยะทางตามแนวดิ่งของข้อมูลเหนือเส้นพิกัดล่างหรือเส้น base line ซึ่งเป็นเส้นกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแตกต่างของอุณหภูมิที่ใบพืชและบรรยากาศ (leaf-air temperature differential) กับค่าการขาดความอิ่มตัวของไอน้ำ (vapor pressure difficit) หน่วยเป็นมิลลิบาร์ต่อระยะทางระหว่างเส้น base line และเส้นแสดงจุดที่พืชขาดน้ำมากที่สุดหรือเส้นพิกัดบน (upper limit) ซึ่งอาจแสดงได้ดังสมการที่ 10

$$CWSI = \frac{b}{a + b} \qquad \text{.....(10)}$$

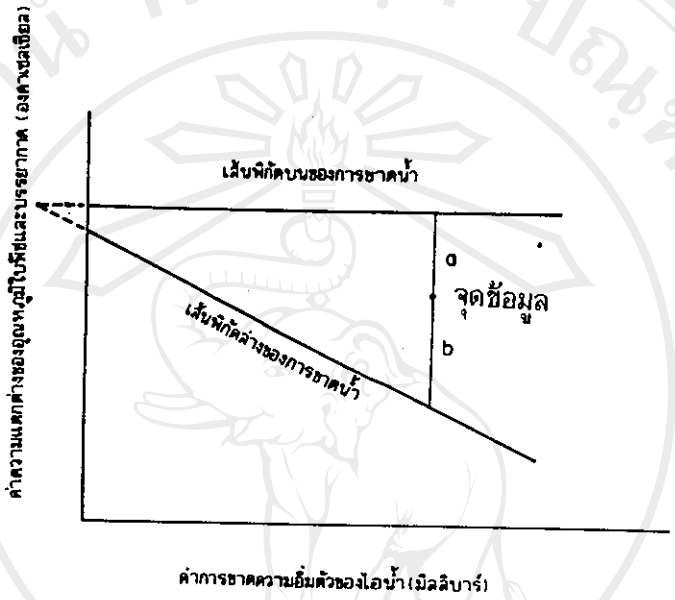
เมื่อ a = ระยะทางตามแนวดิ่งของจุดข้อมูล เมื่อวัดจากเส้นพิกัดบน

b = ระยะทางตามแนวดิ่งของจุดข้อมูล เมื่อวัดจากเส้นพิกัดล่าง

(ดังภาพที่ 2)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค่า CWSI จะผันแปรระหว่าง 0-1 ถ้าค่า CWSI เข้าใกล้ 0.0 พืชได้รับน้ำเต็มที่ ถ้าค่าเท่ากับ 1.0 พืชแสดงอาการขาดน้ำรุนแรงที่สุด และปากใบจะปิด รายละเอียดการวัดค่า CWSI จะปรากฏในหัวข้อวิธีการศึกษา



ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแตกต่างของอุณหภูมิที่ใบพืชและบรรยากาศกับค่าการขาดความอิ่มตัวของไอน้ำ

2.2 การวัดความเสมอภาค

การวัดความเสมอภาคในระบบชลประทานสามารถทำได้หลายวิธี Lenton (1984) เสนอว่า ควรวัดความเสมอภาคในรูปของการผันแปรของการส่งน้ำ (variability of water) หรือความผันแปรของผลผลิตระหว่างฟาร์มที่อยู่ในเขตการรับน้ำระดับต่าง ๆ

ความเสมอภาคในการส่งน้ำ (equity of water delivery) อาจคำนวณได้จาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1. วัดจาก WDP ที่ต้นน้ำและปลายน้ำ โดยอาศัยความสัมพันธ์ต่อไปนี้

$$EWD = \frac{WDP_t}{WDP_h} \quad \text{.....(11)}$$

เมื่อ EWD = ความเสมอภาคในการส่งน้ำ

WDP_t = WDP ที่ปลายน้ำ

WDP_h = WDP ที่ต้นน้ำ

ซึ่งค่า EWD จะผันแปรไปได้ระหว่าง 0-1

2. วัดจากอัตราส่วนระหว่างค่า WPD สูงสุดและต่ำสุด ดังสมการ

$$EWD = \frac{WDPmin}{WDPmax} \quad \text{.....(12)}$$

เมื่อ $WDPmax = \max (WDP_1, WDP_2, \ldots\ldots WDP_H)$

$WDPmin = \min (WDP_1, WDP_2, \ldots\ldots WDP_t)$

3. การวัดความแปรปรวน (varience) ของ WDP ดังสมการที่ 13

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} (WDP_i - \hat{WDP})^2 \quad \text{.....(13)}$$

เมื่อ σ^2 = ความแปรปรวนของ WDP

$\hat{WDP}$ = ค่าประมาณการของ WDP = $\frac{1}{N_a} \sum_{i=1}^{N_a} WDP_i$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

WDP_i = ค่า WDP ของฟาร์มที่วัด

N = จำนวนฟาร์มทั้งหมดที่วัด

หรือ $EWD = 1 - \frac{S}{WDP}$ .....(14)

เมื่อ S = ค่า sample standard deviation

การวัดความเสมอภาคสามารถวัดในระดับต่าง ๆ ของระบบได้เช่นกัน ตัวอย่างเช่น ความผันแปรของการส่งน้ำระหว่างพื้นที่รับน้ำของท่อส่งน้ำต่าง ๆ ในคลองแยกเดียวกัน สามารถคำนวณได้จาก

$$\text{minor/outlet variability}_k = \frac{WDP_{i=t}}{WDP_{j=h}} \quad \text{.....(15)}$$

และความผันแปรของการส่งน้ำระหว่างฟาร์มต่าง ๆ (i) ในคลองแยก (j) เดียวกันอาจคำนวณได้จาก

$$\text{minor/farm variability} = \frac{WDP(j=t, i=t)}{WDP(j=t, j=h)} \quad \text{.....(16)}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved