

การหาปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยจากลักษณะ เครือข่ายลำน้ำของกลุ่มน้ำ

ดร.ประกอบ วิโรจน์ภู

รองศาสตราจารย์

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

พ.อ.ชูชัย สิ้นไชย

อาจารย์พิเศษ

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทคัดย่อ

ลักษณะเครือข่ายลำน้ำของกลุ่มน้ำเป็นผลที่เกิดจากกระบวนการทางอุทกวิทยาของฝนและการไหลบนผิวดินของน้ำเป็นระยะเวลานาน ด้วยเหตุนี้ลักษณะเครือข่ายลำน้ำซึ่งได้แก่ความยาวของลำน้ำหลัก ความยาวรวมของลำน้ำ พื้นที่หน้าตัดของลำน้ำหลัก ความหนาแน่นของลำน้ำ และขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำ จึงมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำท่าที่ไหลออกจากกลุ่มน้ำจากการวิเคราะห์ข้อมูลของกลุ่มน้ำ 9 แห่งซึ่งถือเป็นตัวแทนของกลุ่มน้ำในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สรุปผลได้ดังนี้:-

ลักษณะเครือข่ายลำน้ำภายในลุ่มน้ำ ซึ่งได้แก่ ความยาวเฉลี่ยของลำน้ำลำดับ n ความยาวรวมของลำน้ำเฉลี่ยสำหรับลุ่มน้ำลำดับ n และพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยของลำน้ำลำดับ n ต่างก็มีความสัมพันธ์กับลำดับของลำน้ำเป็นอย่างมากโดยความสัมพันธ์ในรูปของสมการยกกำลัง $x = a b^n$ มีค่าสัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์สูงมาก ($r > 0.95$) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเกิดเครือข่ายลำน้ำมิได้เป็นไปโดยบังเอิญ แต่เกิดจากกระบวนการทางอุทกวิทยาในลุ่มน้ำเป็นระยะเวลานานและเป็นเหตุเป็นผลสัมพันธ์กัน นอกจากนี้ขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำ (A) ก็มีความสัมพันธ์กับลักษณะเครือข่ายลำน้ำในรูปของสมการยกกำลัง $A = c x^d$ ค่อนข้างสูง ($r > 0.85$) โดย

เฉพาะอย่างยิ่งกับความยาวของลำน้ำหลัก (L_m) ความยาวรวมทั้งหมดของลำน้ำ (L_g) และพื้นที่หน้าตัดของลำน้ำหลัก (C) ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีจากลุ่มน้ำ ($\bar{Q}$) มีความสัมพันธ์ในรูปสมการยกกำลังค่อนข้างดีกับ A , L_m

Annual Runoff Estimation from Stream Network Properties

Prakob Wirojanagud

Associate Professor

Department of Civil Engineering

Faculty of Engineering Khon Kaen University

Major Colonel Chuchai Sinchai

Guest Lecturer

Department of Civil Engineering

Faculty of Engineering Khon Kaen University

Abstract

Stream network characteristics of a watershed can be taken as a long-term effect of the hydrological processes of rainfall and runoff within the watershed. It is, therefore, reasonable to expect some relationships between the watershed runoff and its stream network properties such as length of the main stream, total length of streams, cross-sectional area of the main stream, stream density, and watershed area. Analyses of data obtained from nine representative watersheds of Northeast Thailand yield the following summary.

The stream network properties, such as the average length of main stream, total length of streams, and cross-sectional area of the main stream are closely related to the stream order (u) in general form as $x = ab^u$ ($r > 0.95$). The watershed area (A) is also related to the length of main stream (L_m), the total

length of stream (L_s), and the cross-sectional area of main stream (C) in general form as $A = cx^d$ ($r > 0.85$). Such inter-relationships indicate the causality nature of the formation processes of stream networks within a watershed. The average annual runoff ($\bar{Q}$) is found to have good relationships with A , L_m , and C ($r > 0.80$).

ลักษณะเครือข่ายลำน้ำ

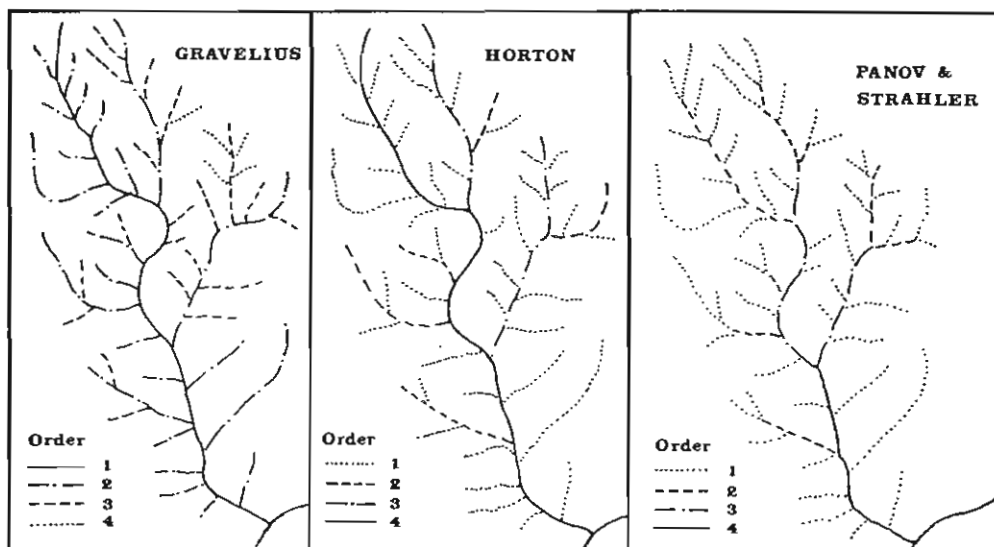
รูปพรรณสัณฐานของลุ่มน้ำ ซึ่งประกอบด้วย ลักษณะเครือข่ายลำน้ำและขนาดของพื้นที่รับน้ำมีความสัมพันธ์โดยตรงกับกระบวนการทางอุทกวิทยาซึ่งได้แก่ ปริมาณและอัตราการไหลของน้ำภายในลุ่มน้ำ ลักษณะเครือข่ายลำน้ำในที่นี้หมายถึง คุณสมบัติเชิงตัวเลขของระบบลำน้ำ ซึ่งได้แก่ ลำดับขนาดของลำน้ำ ความยาวของลำน้ำลำดับต่างๆ ความยาวและขนาดพื้นที่หน้าตัดของลำน้ำหลัก ความลาดชันของลำน้ำหลัก เป็นต้น ระบบการจัดลำดับของลำน้ำมีหลายระบบ ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์เพื่อการใช้ประโยชน์ Gravelius ได้จัดลำดับลำน้ำโดยกำหนดให้ลำน้ำหลักจากปากน้ำถึงต้นน้ำเป็นลำดับ 1 สาขาที่แยกออกไปจากลำน้ำหลักทั้งหมดเป็นลำน้ำลำดับ 2 และสาขาที่แยกออกจากลำดับ 2 ออกไปเป็นลำน้ำลำดับ 3 เป็นเช่นนี้ไปตามลำดับ[1]

Horton[2] เสนอระบบการแบ่งลำดับเครือข่ายลำน้ำโดยเริ่มจากต้นน้ำ ลำน้ำเริ่มแรกที่ปรากฏให้เห็นในแผนที่ถือเป็นลำน้ำลำดับ 1 ถ้าลำน้ำลำดับ 1 สองสายมาพบกันจะเกิดเป็นลำน้ำลำดับ 2 เมื่อลำน้ำลำดับ 2 สองสายมาพบกันก็จะเกิดเป็นลำน้ำลำดับ 3 เป็นเช่นนี้ไปเรื่อยๆ ทำให้เกิดเป็นลำน้ำลำดับสูงขึ้นไปหรือลำน้ำขนาดใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ และจะเกิดเป็นลำน้ำลำดับสูงสุดหรือลำน้ำขนาดใหญ่ที่สุดที่จุดไหลออกสู่ทะเล

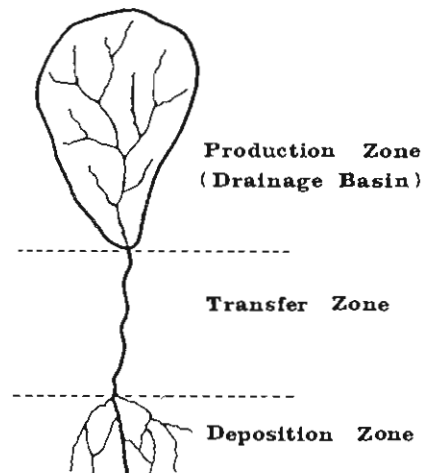
Panov ในปี 1948 และ Strahler ในปี 1952[1] ได้เสนอการจัดระบบเครือข่ายลำน้ำแบบใหม่ซึ่งคล้ายกับของ Horton แต่แตกต่างกันตรงที่ว่าวิธีการของ Panov และ Strahler นั้น เมื่อลำน้ำลำดับเท่ากันมาพบกันก็จะเกิดเป็นลำน้ำที่มีลำดับสูงขึ้นนับจากจุดพบกันลงไปสู่ท้ายน้ำ ส่วนวิธีของ Horton จะพิจารณาส่วนของลำน้ำจากจุดพบกันของลำน้ำขึ้นไปยังต้นน้ำตามแนวของลำน้ำหลักสายใดสายหนึ่งให้มีลำดับเท่ากับลำดับของลำน้ำส่วนที่ไหลลงสู่ท้ายน้ำ ความแตกต่างของระบบการจัดเครือข่ายลำน้ำดังกล่าว แสดงให้เห็นในรูปที่ 1 จากนั้นก็มีผู้ทำระบบเครือข่ายลำน้ำตามแบบของ Panov และ Strahler ไปทำการศึกษาและประยุกต์ใช้งานกัน

อย่างกว้างขวาง ในการศึกษานี้จะใช้ระบบการจัดลำดับเครือข่ายลำน้ำของ Panov และ Strahler เนื่องจากเป็นระบบที่เชื่อได้ว่าคุณสมบัติเครือข่ายลำน้ำมีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติทางอุทกวิทยาของกลุ่มน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำที่อยู่ก่อนไปทางต้นน้ำ

Schumm[3] ได้แบ่งเขตพื้นที่ลุ่มน้ำตามลักษณะการไหลของน้ำออกเป็น 3 เขต ดังแสดงในรูปที่ 2 ได้แก่ เขตที่ 1 เป็นเขตของการผลิต (production zone) หรือเป็นเขตที่มีการกัดกร่อนผิวดินโดยกระบวนการไหลของน้ำ ซึ่งเป็นเขตที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทางอุทกวิทยาของการเกิดและการไหลออกของน้ำตามผิวดินและน้ำท่า เขตที่ 2 เป็นเขตของการเคลื่อนย้ายมวลสารน้ำและตะกอน ซึ่งเกี่ยวข้องกับพลศาสตร์การไหลของน้ำ (hydraulics of flow) เขตที่ 3 เป็นเขตของการตกตะกอน ซึ่งเกี่ยวข้องกับพลศาสตร์ของการตกตะกอนและวิศวกรรมชายฝั่ง ด้วยเหตุนี้ การทำนายปริมาณและอัตราการไหลออกจากกลุ่มน้ำจากคุณสมบัติเครือข่ายลำน้ำ จึงควรจะใช้ได้ดีสำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำเขตที่ 1 หรือลุ่มน้ำย่อยขนาดเล็กเท่านั้น



รูปที่ 1 การจัดลำดับเครือข่ายลำน้ำตามระบบของ Gravelius, Horton , และ Panov & Strahler



รูปที่ 2 การแบ่งเขตพื้นที่ของกลุ่มน้ำตามลักษณะการไหลของน้ำและการพัดพาตะกอนของดิน[3]

วัตถุประสงค์และลุ่มน้ำตัวแทนที่ใช้ในการศึกษา

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างลำดับของลำน้ำ (u) กับลักษณะต่างๆ ของเครือข่ายลำน้ำ เช่น ความยาวของลำน้ำแต่ละลำดับ ความยาวรวมของลำน้ำในกลุ่มน้ำแต่ละลำดับ พื้นที่หน้าตัดของลำน้ำ ความลาดชันของลำน้ำ เป็นต้น นอกจากนี้ก็จะหาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของพื้นที่รับน้ำ (A) กับคุณสมบัติต่างๆ ของเครือข่ายลำน้ำ ความสัมพันธ์ดังกล่าวจะเป็นเครื่องพิสูจน์สมมติฐานที่ว่า การเกิดเครือข่ายลำน้ำไม่ได้เป็นไปโดยความบังเอิญ แต่เกิดจากกระบวนการทางอุทกวิทยาในลุ่มน้ำเป็นระยะเวลาอันยาวนาน ลักษณะหรือคุณสมบัติต่างๆ ของเครือข่ายลำน้ำจะมีความสัมพันธ์เป็นเหตุเป็นผลซึ่งกันและกัน วัตถุประสงค์อีกประการหนึ่งคือ เพื่อที่จะหาความสัมพันธ์ของปริมาณและอัตราการไหลของน้ำทำกับคุณสมบัติเครือข่ายลำน้ำของกลุ่มน้ำในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ลุ่มน้ำตัวแทนที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วยลุ่มน้ำขนาดเล็กและขนาดกลางจำนวน 9 ลุ่มน้ำ โดยถือเป็นตัวแทนของลุ่มน้ำขนาดเล็กและขนาดกลางในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่กระจัดกระจายอยู่ในลุ่มน้ำหลัก 3 ลุ่มน้ำ ได้แก่ ลุ่มน้ำโขง ลุ่มน้ำชี และลุ่มน้ำมูล ตารางที่ 1

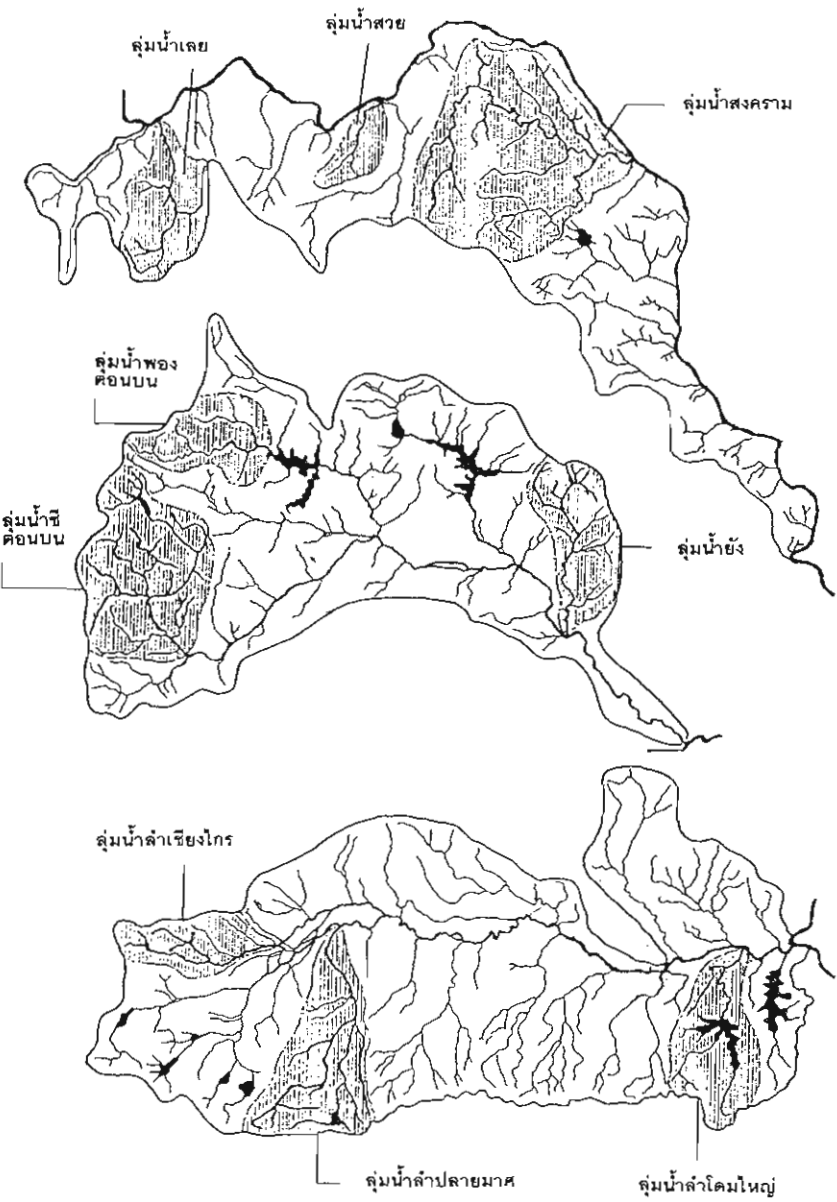
แสดงรายชื่อและคุณสมบัติที่สำคัญของกลุ่มน้ำตัวแทนทั้ง 9 กลุ่มน้ำ รูปที่ 3 เป็นแผนที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่แสดงตำแหน่งของทั้ง 9 กลุ่มน้ำ

ตารางที่ 1

กลุ่มน้ำที่ใช้ในการศึกษาซึ่งถือเป็นตัวแทนของกลุ่มน้ำในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

กลุ่มน้ำที่ใช้ในการศึกษา	ลำดับ ลำน้ำ	พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	L_m (กม.)	L_s (กม.)	เขตจังหวัด
กลุ่มน้ำโขง					
1. กลุ่มน้ำเลย	6	3,082	253	1,896	เลย
2. กลุ่มน้ำสวय	5	1,285	107	716	อุดรฯ หนองคาย
3. กลุ่มน้ำสงคราม	7	12,340	420	7,883	สกลนคร นครพนม
กลุ่มน้ำชี					
4. กลุ่มน้ำชีตอนบน	6	4,466	200	3,932	ชัยภูมิ
5. กลุ่มน้ำพองตอนบน	6	3,090	170	2,035	อุดรฯ ขอนแก่น
6. กลุ่มน้ำยัง	6	3,240	180	2,094	กาฬสินธุ์ ร้อยเอ็ด
กลุ่มน้ำมูล					
7. กลุ่มน้ำลำเชียงไกร	5	938	82	846	นครราชสีมา
8. กลุ่มน้ำลำปลายมาศ	6	6,027	250	3,043	บุรีรัมย์
9. กลุ่มน้ำลำโดมใหญ่	6	4,647	242	4,659	อุบลราชธานี

ในการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะเครือข่ายลำน้ำและลำดับของลำน้ำนั้น ได้แบ่งกลุ่มน้ำออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่มีขนาดพื้นที่ใหญ่กว่า 100 ตร.กม. และที่เล็กกว่า 100 ตร.กม. สำหรับกลุ่มน้ำขนาดใหญ่กว่า 100 ตร.กม. ข้อมูลที่ใช้ได้มาจากกลุ่มน้ำย่อยอย่างน้อย 20 กลุ่มน้ำภายในแต่ละกลุ่มน้ำตัวแทน ในขณะที่สำหรับกลุ่มน้ำขนาดเล็กกว่า 100 ตร.กม. ข้อมูลที่ใช้ได้มาจากกลุ่มน้ำย่อยจำนวน 75 กลุ่มน้ำ ภายในแต่ละกลุ่มน้ำตัวแทน



รูปที่ 3 แผนที่กลุ่มน้ำโขง-ชี-มูล ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แสดงตำแหน่งกลุ่มน้ำตัวแทน
ทั้ง 9 กลุ่มน้ำที่ใช้ในการศึกษา

ในส่วนของการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีและคุณสมบัติเครือข่ายลำน้ำนั้น ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้มาจากสถานีวัดน้ำท่ากว่า 102 สถานี ที่วัดน้ำท่าจากพื้นที่รับน้ำขนาดต่างๆ ตั้งแต่ 100 ตร.กม. ถึง 4,800 ตร.กม. ซึ่งอยู่กระจัดกระจายในพื้นที่ลุ่มน้ำโขง ซี และมูล สำหรับลุ่มน้ำขนาดเล็กกว่า 100 ตร.กม. นั้น เนื่องจากข้อมูลในลุ่มน้ำตัวนั้นมีอยู่น้อยมาก ด้วยเหตุนี้จึงใช้ข้อมูลจากลุ่มน้ำสวย ในจังหวัดอุดรธานีและหนองคาย ซึ่งทำการเก็บข้อมูลโดยสำนักงานการพลังงานแห่งชาติและลุ่มน้ำคลองยาว อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งทำการเก็บข้อมูล โดย อรุณ พงษ์กาญจนะและคณะ (2526-2530)

ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติต่างๆ ของเครือข่ายลำน้ำ

คุณสมบัติหรือลักษณะเครือข่ายลำน้ำที่ทำการศึกษาหาความสัมพันธ์กับลำดับของลำน้ำ

(u) ตามระบบการจัดเครือข่ายลำน้ำของ Panov-Strahler ในการวิจัยนี้ได้แก่

ความยาวเฉลี่ยของลำน้ำลำดับ u , $\bar{L}_u$, กม.

ความยาวรวมของลำน้ำเฉลี่ยสำหรับลุ่มน้ำลำดับ u , $\bar{L}_{su}$, กม.

พื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยของลำน้ำลำดับ u , $\bar{C}_u$, ตร.ม.

ลักษณะของความสัมพันธ์เขียนให้อยู่ในรูปสมการยกกำลังโดยทั่วไปได้ดังนี้

$$x = a b^u \quad (1)$$

โดยที่ x คือ คุณสมบัติเครือข่ายลำน้ำดังกล่าว
 a และ b คือ ค่าคงที่สำหรับแต่ละลุ่มน้ำ

จากการศึกษาลุ่มน้ำตัวแทนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือพบว่า คุณสมบัติเครือข่ายลำน้ำต่างๆ ดังกล่าวมีความสัมพันธ์ที่ดีมาก ($r > 0.95$) กับลำดับของลำน้ำในรูปแบบตามสมการ (1) โดยมีค่าคงที่ a และ b ที่แตกต่างกันเล็กน้อยสำหรับแต่ละลุ่มน้ำเนื่องจากความแตกต่างของสภาพภูมิประเทศและอุทกวิทยาของแต่ละลุ่มน้ำ สมการความสัมพันธ์ต่างๆ สำหรับลุ่มน้ำในภาคตะวันออกเฉียงเหนือสรุปได้ดังนี้

$$\bar{L}_u = 0.65 (2.51)^u \quad (2)$$

$$\bar{C}_u = 2.18 (2.54)^u \quad (3)$$

$$\bar{L}_{su} = 0.38 (4.40)^u \quad (4)$$

สำหรับจำนวนลำน้ำลำดับต่างๆ ภายในพื้นที่ลุ่มน้ำนั้น จากการวิเคราะห์ข้อมูลลุ่มน้ำตัวแทน 9 ลุ่มน้ำพบว่าสัดส่วนของจำนวนลำน้ำลำดับใดๆ ต่อจำนวนลำน้ำลำดับสูงขึ้น หรือที่เรียกว่า Bifurcation ratio ($R_b = N_u / N_{u+1}$) มีค่าอยู่ในช่วง 3.39 ถึง 4.07 โดยมีค่าเฉลี่ย 3.73 จำนวนลำน้ำลำดับ u ในลุ่มน้ำที่มีลำน้ำลำดับสูงสุด k สามารถคำนวณได้จากสมการ ดังนี้

$$N_u = R_b^{k-u} \quad (5)$$

จากการที่คุณสมบัติเครือข่ายลำน้ำและลำดับลำน้ำมีความสัมพันธ์กันเป็นอย่างดี สำหรับลุ่มน้ำในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แสดงให้เห็นว่ากระบวนการทางอุทกวิทยาและการเกิดระบบเครือข่ายลำน้ำในลุ่มน้ำเป็นไปอย่างมีกฎเกณฑ์ และเป็นเหตุเป็นผลซึ่งกันและกัน มิได้เกิดขึ้นโดยความบังเอิญอย่างเดียว

ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำและคุณสมบัติ เครือข่ายลำน้ำ

คุณสมบัติเครือข่ายลำน้ำซึ่งกำหนดให้มีค่าเป็นตัวเลขที่ใช้ในการหาความสัมพันธ์กับขนาดของพื้นที่รับน้ำในการศึกษานี้ได้แก่

ความยาวของลำน้ำหลัก, L_m , กม.

ความยาวรวมของลำน้ำทั้งหมด, L_s , กม.

พื้นที่หน้าตัดของลำน้ำ, C , ตร.ม.

โดยที่ความยาวของลำน้ำหลักหมายถึง ความยาวของลำน้ำสายหลักที่วัดจากจุดที่ไหลออกจากพื้นที่รับน้ำขึ้นไปจนถึงต้นน้ำ c หมายถึง พื้นที่หน้าตัดของลำน้ำหลักที่จุดไหลออกจากลุ่มน้ำ สมการความสัมพันธ์ในรูปยกกำลังสามารถเขียนในรูปทั่วไปได้ดังนี้

$$A = cX^d \quad (6)$$

Hack[4] ได้นำข้อมูลของ Langbein[5] จากสถานีวัดน้ำจำนวนกว่า 400 สถานีในอเมริกามาวิเคราะห์และได้ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ลุ่มน้ำและความยาวของลำน้ำหลักดังนี้

$$A = 0.57 L_m^{1.67} \quad (7)$$

Diaconu[6] ได้ให้ความสัมพันธ์สำหรับลำน้ำในประเทศโรมาเนียในลักษณะที่ใกล้เคียงกับของ Hack ดังนี้

$$A = 0.63 L_m^{1.68} \quad (8)$$

Morisawa[7] พบว่าค่าลือคของพื้นที่ลุ่มน้ำและความยาวเฉลี่ยสะสมของลำน้ำมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกันเป็นอย่างดี

จากการวิเคราะห์ข้อมูลลุ่มน้ำขนาดต่างๆ ภายในลุ่มน้ำตัวแทนทั้ง 9 ลุ่มน้ำในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่า ขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำมีความสัมพันธ์ค่อนข้างดีกับความยาวของลำน้ำหลัก ($r > 0.90$) โดยมีความสัมพันธ์เฉลี่ยดังนี้

$$A = 1.08 L_m^{1.55} : A > 100 \text{ ตร.กม.} \quad (9)$$

และ

$$A = 1.11 L_m^{1.35} : A < 100 \text{ ตร.กม}$$

ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการความสัมพันธ์ (c และ d) เปลี่ยนแปลงเล็กน้อยสำหรับแต่ละลุ่มน้ำ แต่ลักษณะของการเปลี่ยนแปลงไม่มีรูปแบบที่แน่นอน จึงไม่สามารถสรุปให้เห็นถึงความแตกต่างสำหรับลุ่มน้ำในแต่ละเขต

ความยาวรวมของลำน้ำทั้งหมด (L_s) มีความสัมพันธ์ที่ดีมากกับขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำ ($r>0.94$) และมีสมการความสัมพันธ์สรุปได้ดังนี้

$$A = 2.30 L_s^{0.95} : A > 100 \text{ ตร.กม.} \quad (11)$$

และ

$$A = 1.21 L_s^{1.02} : A < 100 \text{ ตร.กม} \quad (12)$$

ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการความสัมพันธ์ (c และ d) มีความแตกต่างกันมากพอสมควรสำหรับแต่ละลุ่มน้ำ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ดังกล่าวจะมีลักษณะเฉพาะที่มากกว่าความสัมพันธ์ระหว่าง A และ L_m

ส่วนความสัมพันธ์ระหว่าง A และ C นั้น ค่าสัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์อยู่ในเกณฑ์พอใช้ได้ ($r>0.82$) แต่สัมประสิทธิ์ c และ d เปลี่ยนแปลงค่อนข้างมากสำหรับแต่ละลุ่มน้ำที่มีขนาดใหญ่กว่า 100 ตร.กม. ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความหลากหลายของสภาพภูมิศาสตร์และอุทกวิทยาของลุ่มน้ำขนาดต่างๆ

ความสัมพันธ์ระหว่างรูปพรรณสัณฐานลุ่มน้ำและ น้ำท่าที่ไหลออก

จุดประสงค์สำคัญประการหนึ่งของการวัดรูปพรรณสัณฐานของลุ่มน้ำในเชิงตัวเลขเช่นขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำและลักษณะเครือข่ายลำน้ำ ก็เพื่อที่จะใช้เป็นประโยชน์ในการหาคุณสมบัติทางอุทกวิทยาของลุ่มน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการหาปริมาณและอัตราการไหลของน้ำท่าออกจากลุ่มน้ำ

Hack ได้ให้ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลเฉลี่ยรายปี กับพื้นที่ลุ่มน้ำ ดังนี้

$$\bar{Q} = kA^n \quad (13)$$

โดยที่ $\bar{Q}$ คือ อัตราการไหลเฉลี่ยรายปี (ลบ.ม/วินาที)

A คือ ขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ (ตร.กม.) k และ n เป็นค่าคงที่สำหรับแต่ละลุ่มน้ำ

Rodda[8] ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของความยาวของลำน้ำหลักและรูปร่างของลุ่มน้ำ กับ ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีที่ไหลออกจากลุ่มน้ำในเขตพื้นที่ที่ศึกษาเขาอุปมาเลเขียนพบว่าปริมาณ น้ำท่าเฉลี่ยรายปีมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความยาวของลำน้ำหลัก แต่มีความสัมพันธ์น้อย มากกับรูปร่างของลุ่มน้ำ

Horton[9] กล่าวถึง Drainage density (D_d) ซึ่งหมายถึง สัดส่วนของความยาวรวม ของลำน้ำทั้งหมดต่อพื้นที่ลุ่มน้ำ (L_d/A) ว่าลุ่มน้ำที่มี Drainage density สูงจะมีปริมาณฝนตก มากกว่าและมีความสามารถในการระบายน้ำออกจากลุ่มน้ำได้ดีกว่า

Gregory and Walling[10] ได้ให้ความสำคัญต่อ Drainage density เป็นอย่างมากว่า เป็นค่าคุณสมบัติเพียงตัวเดียวในบรรดาค่าคุณสมบัติรูปพรรณสัณฐานของลุ่มน้ำที่มีประโยชน์ มากที่สุดในด้านความสัมพันธ์กับคุณสมบัติทางอุทกวิทยาของลุ่มน้ำ

นอกจากนี้แล้วลักษณะรูปพรรณสัณฐานอื่นๆ เช่น ระดับความสูงของลุ่มน้ำ ความลาดชันของลุ่มน้ำ ความลาดชันของลำน้ำ และพื้นที่หน้าตัดของลำน้ำก็มีความสัมพันธ์ที่ดีกับคุณสมบัติทางอุทกวิทยาของลุ่มน้ำ (Linsley, 1949) สมการการไหลในลำน้ำของ Chezy (Chezy's equation) และของ Manning (Manning's equation) เป็นตัวอย่างที่ดีของความสัมพันธ์ ระหว่างอัตราการไหลเฉลี่ยออกจากลุ่มน้ำกับความลาดชันและพื้นที่หน้าตัดของลำน้ำหลัก

สำหรับลุ่มน้ำในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นั้น สุบิน ปิ่นขยัน[11] ได้ศึกษาอุทกวิทยาของ ลุ่มน้ำลำเซบก ในจังหวัดอุบลราชธานีโดยใช้ข้อมูลจากสถานีวัดน้ำ 20 สถานี และพบว่า

$$\bar{Q} = 0.029 A^{0.87} \quad : \quad r = 0.972 \quad (14)$$

เมื่อ

$\bar{Q}$ คือ อัตราการไหลเฉลี่ยรายปี (ลบ.ม/วินาที)

A คือ ขนาดพื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีกับคุณสมบัติเครือข่ายลำน้ำและขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของงานวิจัยนี้พบว่า ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีจากลุ่มน้ำมีความสัมพันธ์ที่ดีกับขนาดพื้นที่รับน้ำ (A) ความยาวของลำน้ำหลัก (L_m) และพื้นที่หน้าตัดของลำน้ำหลัก (c) โดยมีสัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์สูงกว่า 0.80 สมการความสัมพันธ์สรุปได้ดังนี้

$$\bar{Q} = 0.022 A^{0.91} \quad (15)$$

$$\bar{Q} = 0.024 L_m^{1.40} \quad (16)$$

$$\bar{Q} = 0.013 C^{1.35} \quad (17)$$

โดยที่ $\bar{Q}$ คือ อัตราการไหลเฉลี่ยรายปีมีหน่วยเป็น ลบ.ม/วินาที (CMS) จะเห็นว่าสมการ (15) ซึ่งเป็นสมการความสัมพันธ์เฉลี่ยสำหรับลุ่มน้ำในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีความใกล้เคียงกันมากกับสมการ (14) ซึ่งเป็นสมการความสัมพันธ์สำหรับลุ่มน้ำลำเซบก

จากการหาความสัมพันธ์โดยใช้ตัวแปรมากกว่าหนึ่งตัว (multiple regression) พบว่า $\bar{Q}$ มีความสัมพันธ์ที่ดีมากกับ A คู่กับคุณสมบัติเครือข่ายลำน้ำอื่นๆ แต่ไม่สามารถเขียนเป็นสมการความสัมพันธ์โดยทั่วไปได้ เนื่องจากสัมประสิทธิ์ของสมการรีเกรสชันบางตัวสำหรับบางลุ่มน้ำมีค่าติดลบ ซึ่งอาจจะเกิดจากการที่ค่าคุณสมบัติเครือข่ายลำน้ำมีความสัมพันธ์กันเองกับ A

บทสรุป

การศึกษาลักษณะเครือข่ายลำน้ำและรูปพรรณสัณฐานอื่นๆ ของลุ่มน้ำในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตลอดจนความสัมพันธ์ของคุณสมบัติต่างๆ ของลุ่มน้ำ เป็นการตอกย้ำความเชื่อที่ว่าระบบเครือข่ายลำน้ำของลุ่มน้ำมิได้เกิดขึ้นโดยความบังเอิญ แต่มีส่วนเกิดจากกระบวนการตกของฝนและการไหลกีดเซาะของน้ำลงสู่ที่ต่ำ ด้วยเหตุนี้คุณสมบัติเครือข่ายลำน้ำนอกจากจะมี

ความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันแล้วยังมีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติทางอุทกวิทยาของลุ่มน้ำ ประโยชน์ที่ได้นอกจากจะทำให้เกิดความเข้าใจถึงลักษณะทางอุทกวิทยาของลุ่มน้ำในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เมื่อเปรียบเทียบกับลุ่มน้ำในเขตอื่นๆ ของโลกแล้ว ก็ยังสามารถใช้ประเมินคุณสมบัติทางอุทกวิทยาของลุ่มน้ำที่ไม่มีข้อมูลการวัดเช่น การประเมินปริมาณน้ำท่ารายปีจากลุ่มน้ำ การประเมินอัตราการไหลสูงสุดจากลุ่มน้ำ และการกัดเซาะทับถมของดินในลุ่มน้ำ เป็นต้น

การศึกษาวิจัยในอนาคตควรจะทำให้ความสัมพันธ์กับ Drainage density (D_d) เพื่อหาความสัมพันธ์กับคุณสมบัติทางอุทกวิทยาต่างๆ ดังกล่าวของลุ่มน้ำ เนื่องจากค่า D_d ได้รวมคุณสมบัติด้านความยาวรวมของลำน้ำ และขนาดของพื้นที่รับน้ำเข้าด้วยกัน จึงน่าจะเป็นคุณสมบัติรูปพรรณสัณฐานของลุ่มน้ำเพียงตัวเดียวที่มีประโยชน์มากที่สุดในการหาความสัมพันธ์กับคุณสมบัติทางอุทกวิทยาของลุ่มน้ำ

เอกสารอ้างอิง

1. Zavoianu , I. **Morphometry of Drainage Basins**, Institute of Geography, Bucharest, Romania, 1985.
2. Horton, R.E. **Erosional development of streams and their drainage basins**, Bulletin of the Geological Society of America, 56, p.275-370, 1945.
3. Schumm, S.A. **The Fluvial System**, John-Wiley Interscience, 338 p., 1977.
4. Hack, J.T. **Studies of longitudinal stream profiles in Virginia and Maryland**, U.S. Geol. Surv. Professional Paper 294 - B, 1957.
5. Langbein, W.B., **Topographic characteristics of drainage basins**, U.S. Geol. Surv. Water Supply Paper 968 c, p.125-157, 1947.
6. Diaconu, C. **Romanian's Rivers** : A Hydrological Monograph, Bucharest, 1971.
7. Morisawa, M.E. **Stream : Their Dynamics and Morphology** , McGraw-Hill, New York, 1968.

8. Rodda, J.C. ***The significance of characteristics of basin rainfall and morphology in a study of floods in the United Kingdom***, UNESCO Symposium on Floods and their Composition, International Association of Scientific Hydrology, Vol. 2, p. 834 - 845, 1969.
9. Horton, R.E. ***Drainage basin characteristics***, Transactions of the American Geophysical Union, 13, p. 350 - 361, 1932.
10. Gregory, K.J. and Walling, D.E. ***The variation of drainage density within a catchment***, International Association for Scientific Hydrology Bulletin, V. 13, p. 61 - 68, 1968.
11. Subin Pinkayan. ***Hydrologic Study of the Thung-Ma-Hiv Project***, National Energy Administration, Bangkok, Thailand, 1973.