การวิเคราะห์หาที่ตั้งฝายต้นน้ำที่เหมาะสมด้วยระบบภูมิสารสนเทศ

นางสาวกรุณา พิมพ์ประสานต์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาระบบสารสนเทศปริภูมิทางวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2551
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ANALYSIS FOR SELECTING SUITABLE LOCATION OF CHECK DAMS USING GIS

Miss Karuna Pimprasan

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Spatial Information System in Engineering
Department of Survey Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2008
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์หาที่ตั้งฝายต้นน้ำที่เหมาะสมด้วยระบบภูมิสารสนเทศ
โดย	นางสาวกรุณา พิมพ์ประสานต์
สาขาวิชา	ระบบสารสนเทศปริภูมิทางวิศวกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.อิทธิ ตริสิริสัตยวงศ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. บรรเจิด พละการ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.อิทธิ ตริสิริสัตยวงศ์)

.....กรรมการ
(นักวิชาการป่าไม้ ชำนาญการ นายชลธร ชำนาญคิด)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ธงทิศ ฉายากุล)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรุณา พิมพ์ประสานต์ : การวิเคราะห์หาที่ตั้งฝายต้นน้ำที่เหมาะสมด้วยระบบภูมิสารสนเทศ. (ANALYSIS FOR SELECTING SUITABLE LOCATION OF CHECK DAMS USING GIS) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ.ดร.อิทธิ ตริสิริสัตยางค์, 98หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบจำลองทางระบบภูมิสารสนเทศ ในการหาที่ตั้งที่เหมาะสมของฝายต้นน้ำสำหรับพื้นที่ป่าต้นน้ำ พื้นที่ศึกษาคืออ่างเก็บน้ำห้วยสำโรง มีขนาดพื้นที่ 10.08 ตร.กม. อยู่ในอุทยานแห่งชาติกุยบุรี อำเภอกุยบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ประโยชน์ของงานวิจัยนี้ช่วยในการคำนวณหาตำแหน่งและจำนวนที่เหมาะสม เพื่อนำไปใช้ในการวางแผนคำนวณงบประมาณ และปริมาณน้ำเก็บกักหน้าฝายต้นน้ำ

การหาตำแหน่งฝายต้นน้ำ เริ่มต้นจากการสร้างเส้นชั้นความสูงเท่ากับความสูงฝายต้นน้ำ และสร้างเส้นทางน้ำ จากข้อมูลแบบจำลองความสูงของกรมพัฒนาที่ดินฯ มาตราส่วน 1: 4,000 จากนั้นนำเส้นทางน้ำและเส้นชั้นความสูงมาซ้อนทับเพื่อหาตำแหน่งจุดตัด และกำหนดเป็นตำแหน่งที่ตั้งฝายต้นน้ำ ทำการลดจำนวนฝายต้นน้ำด้วยวิธีการเลือกเฉพาะฝายต้นน้ำที่สามารถนำไปใช้งานได้จริง หรือเลือกจากฝายที่ตั้งอยู่บนเส้นทางน้ำที่มีอยู่จริงในธรรมชาติ และเส้นทางน้ำที่มีน้ำไหลเฉพาะในฤดูน้ำหลาก นำผลของตำแหน่งและจำนวนฝายต้นน้ำที่ได้มาคำนวณหาปริมาณน้ำเก็บกักหน้าฝายต้นน้ำด้วยการกำหนดรูปแบบให้กับเส้นทางน้ำเพื่อใช้เลือกวิธีการคำนวณเช่น แบบ U-shape และแบบ V-shape สุดท้ายคำนวณหางบประมาณที่ใช้ในการสร้างฝายต้นน้ำทั้งหมดในพื้นที่ศึกษา

ผลการศึกษาพบว่า ควรมีการสร้างฝายต้นน้ำในพื้นที่ป่าต้นน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยสำโรง จำนวน 679 ฝาย ใช้งบประมาณในการสร้างฝายต้นน้ำในพื้นที่ศึกษานี้ ทั้งหมด 4,385,000 บาท มีปริมาณน้ำเก็บกักหน้าฝายต้นน้ำรวมทั้งหมด 9,442.98 ลบ.ม. เป็นฝายต้นน้ำแบบผสมผสานจำนวน 637 เป็นฝายต้นน้ำแบบกึ่งถาวรจำนวน 36 ฝาย และเป็นฝายต้นน้ำแบบถาวรจำนวน 6 ฝาย ผลของจำนวนฝายต้นน้ำที่ได้จากงานวิจัยนี้ เมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยของระยะห่างระหว่างฝายต้นน้ำ ผลที่ได้คือ 11.13 เมตร สรุปได้ว่าการหาที่ตั้งด้วยวิธีการนี้มีความถี่ในการสร้างฝายต้นน้ำเป็นจำนวนมาก จึงต้องมีการหาวิธีการเพื่อเพิ่มระยะห่างโดยเฉลี่ยของฝายต้นน้ำต่อไป ในงานวิจัยนี้ได้เสนอวิธีการลดจำนวนฝายต้นน้ำเพื่อเพิ่มระยะห่างโดยเฉลี่ยของฝายต้นน้ำไว้ 2 วิธีคือ การเพิ่มความสูงฝายต้นน้ำ และการเพิ่มระยะห่างระหว่างฝายต้นน้ำจากระดับความสูงของที่ตั้งฝายต้นน้ำ ผลที่ได้คือมีจำนวนฝายลดลงและระยะห่างโดยเฉลี่ยของฝายต้นน้ำเพิ่มขึ้นด้วย

ภาควิชา.....วิศวกรรมสำรวจ.....ลายมือชื่อนิสิต.....กรุณา พิมพ์ประสานต์.....

สาขาวิชา....ระบบสารสนเทศปริภูมิทางวิศวกรรม..ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์.....

ปีการศึกษา..2551.....

4870209221 : MAJOR SPATIAL INFORMATION SYSTEM IN ENGINEERING

KEY WORDS: GIS / CHECKDAM

KARUNA PIMPRASAN : ANALYSIS FOR SELECTING SUITABLE LOCATION OF CHECK DAMS USING GIS. ADVISOR : ASSOC. PROF. ITTHI TRISIRISATAYAWONG,Ph.D, 98 pp.

This research objective is to create spatial model to analyze positions of check dam in head watershed forest area by using GIS .The study area is located in Huay sam rong covered 10.08 km^2 in Kuiburee national park, Prajuabkereekhan province. Benefits of this research are to indicate locations and calculate number of check dams for planning the budget and the water capacity of checkdams.

In order to locate positions of check dam, the model generates contour with the same height as checkdam height then, creates stream line from 1:4000 Land development department digital elevation model (DEM). Overlay streamline and contour layers is performed to indicate intersection points which become the positions of checkdam. For decreasing the number of check dams, the model selects the stream line which exists in nature and always flows in wet or rainy season then calculates the water capacity of checkdam from the pattern of streamline defined in U-shape and V-shape. Finally calculate the budget for building check dams in study area.

From the results, the number of check dams that should be built in Hau som rong are 679 positions which cost 4,385,000 bath. The water capacity is 9,442.98 m^3. There are 637 mixed check dams ,36 semi-permanent check dams and 6 permanent check dam. The average distance between check dams is 11.13 metres. This research offers the methods to decrease the number of checkdams for increased average distance .The first method is to increase height of checkdam and the second is to increase distance between checkdam form height of checkdam .The result shows that the number of checkdam decrease and distance between checkdam also increase

Department :.....Survey Engineering.....Student's Signature.....Karuna Pimprasan

Field of Study :..Spatial Information System in Engineering..Advisor's Signature.....

Academic year :....2008.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความปรารถนาดี และความกรุณาของบุคคลต่างๆ ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณชลธร ชำนาญคิด หัวหน้าฝ่ายส่งเสริมและพัฒนาการท่องเที่ยว ส่วนนันทนาการและสื่อความหมาย กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพันธุ์พืช ที่กรุณาให้แนวคิดและคำแนะนำในการดำเนินงานวิจัย ช่วยอธิบายเพื่อเพิ่มความเข้าใจในกระบวนการสร้างฝายต้นน้ำ และให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลือในด้านต่างๆ ได้แก่ การขอข้อมูล การอธิบายเพื่อเพิ่มความเข้าใจจากการศึกษาในสถานที่จริงของการสร้างฝายต้นน้ำ ช่วยอำนวยความสะดวกในด้านที่พักให้กับผู้วิจัยและทีมงานเป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.อิทธิ ตริสิริสัตยวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาเสียสละเวลาให้คำปรึกษา ให้แนวคิดและคำแนะนำในการดำเนินงานวิจัยตลอดจนแก้ปัญหาต่างๆ รวมถึงให้ข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ และตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณพระคุณ คุณสุมนต์ จงดี เจ้าหน้าที่อุทยานแห่งชาติกุยบุรี ที่ช่วยอธิบายและให้ความรู้เกี่ยวกับการสร้างฝายต้นน้ำ ช่วยในการหาข้อมูลและรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่างๆ เพื่อใช้ในการทำงานวิจัย รวมทั้งอำนวยความสะดวกในการลงเก็บข้อมูลภาคสนาม และอำนวยความสะดวกในทุกๆ ด้านตลอดการดำเนินงานวิจัย

ขอขอบคุณนายชัยยุทธ เจริญผล นายชัยภัทร เนื่องคำมา และนางสาวภาวิณี เพ็งเพชร ที่ช่วยให้คำแนะนำในด้านการเขียนโปรแกรม และช่วยให้ความรู้ในด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ช่วยให้กำลังใจตลอดการทำวิทยานิพนธ์ รวมทั้งเป็นผู้ร่วมเดินทางที่ดีเยี่ยมในการเดินทางเก็บข้อมูลภาคสนาม ที่อุทยานแห่งชาติกุยบุรี

ท้ายนี้ขอมอบความดีในวิทยานิพนธ์นี้แด่ ครอบครัว ของข้าพเจ้าที่คอยช่วยเหลือสนับสนุนและเป็นกำลังใจ ตลอดระยะเวลาในการทำงานวิจัย และศึกษาครั้งนี้ จนสำเร็จ พร้อมกันนี้ข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะก่อประโยชน์ต่อสังคมและประเทศชาติสืบไป

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ
กิตติกรรมประกาศ.....ฉ
สารบัญ.....ช
สารบัญตาราง.....ญ
สารบัญภาพ.....ฏ

บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....4
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....4
1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น.....5
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....6
1.6 วิธีดำเนินงานวิจัย.....6

บทที่ 2 แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....7
2.1 แนวคิดในการกำหนดรูปแบบของฝายต้นน้ำลำธาร.....7
2.1.1 ฝายต้นน้ำลำธารแบบผสมผสาน.....7
2.1.2 ฝายต้นน้ำลำธารแบบกึ่งถาวร.....7
2.1.3 ฝายต้นน้ำลำธารแบบถาวร.....7
2.2 แนวคิดการสร้างฝายต้นน้ำให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด.....9
2.3 แนวคิดวิธีการคำนวณหาตำแหน่งและจำนวนฝายต้นน้ำ.....10
2.3.1 การสร้างเส้นทางน้ำ.....11
2.3.2 การหาพื้นที่ลุ่มน้ำ.....22
2.4 แนวคิดการหาปริมาณน้ำหน้าฝายต้นน้ำ.....23
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....25

หน้า

บทที่ 3 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย……..……26
3.1 การสร้างขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำ……...……..26
3.2 การสร้างเส้นทางน้ำ……..……...27
3.3 การหาตำแหน่งและจำนวนฝายต้นน้ำ ……...31
3.4 วิธีการหาปริมาณน้ำเก็บกักหน้าฝายต้นน้ำ……..……33
3.5 การคำนวณงบประมาณในการสร้างฝายต้นน้ำ……35

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์……..……...36
4.1 ผลการวิเคราะห์ความถูกต้องของเส้นทางน้ำที่สร้างขึ้น ……..……36
4.2 ผลการหาตำแหน่งฝายต้นน้ำด้วยวิธีการซ้อนทับข้อมูล……..…44
4.2.1 ผลจากการสร้างเส้นทางน้ำ……44
4.2.2 ผลจากการสร้างเส้นชั้นความสูง ……..…….....45
4.2.3 ผลการซ้อนทับข้อมูล……..……....45
4.3 การวิเคราะห์เพื่อลดจำนวนฝายต้นน้ำ ……..……..47
4.3.1 การลดจำนวนฝายต้นน้ำด้วยวิธีการลดฝายต้นน้ำ
ที่สร้างอยู่บนเส้นทางน้ำที่มีน้ำไหลตลอดทั้งปี และเส้นทางน้ำ
ที่ไม่มีจริงในธรรมชาติ……..……..…47
4.3.2 การลดจำนวนฝายต้นน้ำด้วยวิธีการเพิ่มความสูงฝายต้นน้ำ……....52
4.3.3 การลดจำนวนฝายต้นน้ำด้วยวิธีการเพิ่มระยะห่าง
ระหว่างฝายต้นน้ำจากระดับความสูงของที่ตั้งฝายต้น……..……....57

บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา……..……63
5.1 สรุปผลที่ได้จากงานวิจัย……63
5.1.1 ขั้นตอนการหาพื้นที่ลุ่มน้ำ……..……..…..63
5.1.2 ขั้นตอนการสร้างเส้นทางน้ำ ……..……..63
5.1.3 ขั้นตอนการหาตำแหน่งและจำนวนฝายต้นน้ำ……..……..64
5.1.4 งบประมาณในการสร้างฝายต้นน้ำ……..……65
5.1.5 ปริมาณน้ำเก็บกักหน้าฝายต้นน้ำ……..……..65

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นจากงานวิจัย……..……66
5.3 ข้อเสนอแนะ……..……66
รายการอ้างอิง……..……..68
ภาคผนวก……....70
ภาคผนวก ก……..……71
ภาคผนวก ข……..……79
ภาคผนวก ค……..……88
ภาคผนวก ง……..……....95
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์……..……....98

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

1 - 1 แสดง รายละเอียดของข้อมูลแบบจำลองความสูงที่ใช้ในงานวิจัย 5
2 - 1 แสดงผลการรวบรวมข้อมูลการสร้างฝายต้นน้ำของส่วนจัดการต้นน้ำทั่วประเทศที่มีค่าสถิติสูงที่สุด 8
4 - 1 แสดงการหาค่าความถูกต้องเชิงตำแหน่งของจุดบรรจบเส้นทางน้ำจากข้อมูลแบบจำลองความสูง กรมพัฒนาที่ดิน กับจุดบรรจบจากข้อมูลภาคสนาม..... 40
4 - 2 แสดงการหาค่าความถูกต้องเชิงตำแหน่งของจุดบรรจบเส้นทางน้ำจากข้อมูลแบบจำลองความสูง กรมอุทยานแห่งชาติ กับจุดบรรจบจากข้อมูลภาคสนาม..... 41
4 - 3 แสดงการหาค่าความถูกต้องเชิงตำแหน่งของจุดบรรจบเส้นทางน้ำจากข้อมูลแบบจำลองความสูงSRTM 90 เมตร กับจุดบรรจบจากข้อมูลภาคสนาม.....43
4 - 4 แสดงจำนวนรวมของฝายต้นน้ำที่สร้างขึ้น..... 46
4 - 5 แสดงจำนวนฝายต้นน้ำภายหลังการลดจำนวน 48
4 - 6 แสดงจำนวนฝายต้นน้ำและงบประมาณที่ใช้ในการสร้างฝายต้นน้ำในรูปแบบต่างๆ... 50
4 – 7 แสดงปริมาณน้ำเก็บกักหน้าฝายต้นน้ำ คำนวณจากความสูงฝายต้นน้ำ 1 เมตร 51
4 - 8 แสดงผลการเปรียบเทียบจำนวนฝายต้นน้ำและค่าเฉลี่ยระยะห่างระหว่างฝายต้นน้ำที่สร้างจากความสูงฝายแตกต่างกัน 53
4 - 9 แสดงผลการเปรียบเทียบจำนวนและค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการสร้างฝายต้นน้ำที่มีค่าความสูงฝายที่สร้างจากความสูงฝายแตกต่างกัน..... 55
4 - 10 แสดงผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำเก็บกักหน้าฝายต้นน้ำที่สร้างจากความสูงฝายแตกต่างกัน 56
4 - 11 แสดงผลการเปรียบเทียบจำนวนฝายต้นน้ำและค่าเฉลี่ยระยะห่างระหว่างฝายต้นน้ำที่สร้างจากระดับความสูงของที่ตั้งฝายต้นน้ำที่แตกต่างกัน 58
4 - 12 แสดงผลการเปรียบเทียบจำนวนและค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการสร้างฝายต้นน้ำที่สร้างจากระดับความสูงที่ตั้งของฝายต้นน้ำที่แตกต่างกัน 59
4 - 13 แสดงผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำเก็บกักหน้าฝายต้นน้ำที่สร้างจากระดับความสูงที่ตั้งของฝายต้นน้ำที่แตกต่างกัน 60

หน้า

ตารางที่

4 - 14 แสดงการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการลดจำนวนฝายต้นน้ำด้วยวิธีการเพิ่มความสูงฝายต้นน้ำและวิธีการเพิ่มระยะห่างระหว่างฝายต้นน้ำ..... 61

ง-1 แสดงเนื้อที่ป่าไม้ของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2504 – 2541 แยกตามภูมิภาค……...96

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่

1 - 1 แสดงพื้นที่ศึกษา พื้นที่ลุ่มน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยสำโหรง อุทยานแห่งชาติกุยบุรี 4

2 - 1 แสดงตำแหน่งการสร้างฝายให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด..... 9

2 - 2 แสดงตำแหน่งการสร้างฝายต้นน้ำตำแหน่งแรกและตำแหน่งสุดท้าย 10

2 - 3 แสดง Flow chart ของ Hydrologic Analysis Model 11

2 - 4 แสดงการเกิด pit ในกริดของแบบจำลองความสูง 12

2 - 5 แสดงการเกิด Peak ในกริดของแบบจำลองความสูง 13

2 - 6 แสดงการเกิด sink ในแบบจำลองความสูง..... 13

2 - 7 แสดง Sink polygon และ พื้นที่การระบายน้ำของแต่ละจุด Sink polygon 14

2 - 8 แสดง Step ที่ 1 หาจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดที่อยู่ในพื้นที่การระบายน้ำเดียวกัน 15

2 - 9 แสดง Step ที่ 2 หาค่าความสูงระหว่างกริดเทียบจากกริดเริ่มต้น..... 15

2 - 10 แสดง Step ที่ 3 พิจารณากริดถัดไปเลือกจากกริดที่มีค่าความแตกต่างของความสูงน้อยที่สุด 16

2 - 11 แสดง Step ที่ 4 พิจารณากริดถัดไปเลือกจากกริดที่มีค่าความแตกต่างของความสูงที่มากขึ้นลำดับถัดไป 16

2 - 12 แสดง Step ที่ 5 พิจารณากริดถัดไปเลือกจากกริดที่มีค่าความแตกต่างของความสูงน้อยกว่า โดยเทียบกันระหว่าง 2 กริด 17

2 - 13 แสดง Step ที่ 6 ทำการเปรียบเทียบจนกว่าจะถึงกริดที่เป็นจุดระบายน้ำออก 17

2 - 14 แสดง Step ที่ 7 ทำการคำนวณหาค่าความสูงใหม่ในกริดที่อยู่ในเส้นทางระหว่างจุดเริ่มต้นไปยังจุดสิ้นสุด 18

2 - 15 แสดงตัวอย่างผลที่ได้จากการ fill..... 18

2 - 16 แสดง Grid DEM และ Flow direction 19

2 - 17 แสดงกระบวนการทำงานของ Flow accumulation 20

2 - 18 แสดง Stream network 20

2 - 19 แสดง Stream Order..... 21

2 – 20 แสดง Basin และ จำนวน cell ทั้งหมดในแต่ละ basin 22

2 - 21 แสดงขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำ (Watershed)..... 22

หน้า

รูปที่

2 - 22 แสดงหน้าตัดของเส้นทางน้ำและน้ำจากสิ่งแวดล้อมที่ไหลลงเส้นทางน้ำ 23
2 - 23 แสดงพื้นที่เก็บกักน้ำหน้าฝายต้นน้ำในอุดมคติ.....24
3 - 1 แสดงขั้นตอนการหาจำนวนและตำแหน่งฝายต้นน้ำ..... 26
3 - 2 แสดงผังงานในการสร้างพื้นที่ลุ่มน้ำ 27
3 - 3 แสดงผังงานในการสร้างเส้นทางน้ำ..... 28
3 - 4 แสดง GRID_CODE ทั้งหมดที่ผ่านกระบวนการสร้างเส้นทางน้ำ..... 29
3 - 5 แสดงการเลือกลำดับ GRID_CODE ที่ต่ำที่สุด 30
3 - 6 แสดงระดับความสูงฝายต้นน้ำ..... 32
3 - 7 แสดงการซ้อนทับของข้อมูลเส้นทางน้ำและเส้นชั้นความสูงที่สร้างขึ้น 32
3 - 8 แสดงจุดตัดที่เกิดขึ้นจากการซ้อนทับเส้นทางน้ำและเส้นชั้นความสูง..... 33
3 - 9 แสดงพื้นที่หน้าตัดลำน้ำ..... 33
3 - 10 แสดงความยาวของเส้นทางน้ำระหว่างฝายต้นน้ำ..... 34
3 - 11 แสดงด้านข้างของลำน้ำ 34
4 - 1 แสดงตำแหน่งจุดบรรจบของเส้นทางน้ำที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม..... 36
4 - 2 แสดงการเปรียบเทียบตำแหน่งจุดบรรจบของเส้นทางน้ำจากข้อมูล
แบบจำลองความสูงที่ต่างกัน..... 37
4 - 3 แสดงจุดบรรจบตำแหน่งที่ 1 38
4 - 4 แสดงจุดบรรจบตำแหน่งที่ 2 39
4 - 5 แสดงจุดบรรจบตำแหน่งที่ 3 39
4 - 6 แสดงเส้นทางน้ำที่สร้างขึ้นจากแบบจำลองความสูง 44
4 - 7 แสดงการซ้อนทับระหว่างเส้นชั้นความสูงและเส้นทางน้ำที่สร้างขึ้น 45
4 - 8 แสดงตำแหน่งฝายต้นน้ำแยกตามลำดับของเส้นทางน้ำ 46
4 - 9 แสดงตำแหน่งฝายต้นน้ำทั้งหมดก่อนการลดจำนวน 47
4 - 10 แสดงจำนวนฝายต้นน้ำที่หลังการลดจำนวน 48
4 - 11 แสดงการกำหนดรูปแบบการใช้งานให้กับฝายต้นน้ำ..... 50
4 - 12 แสดงตำแหน่งของฝายต้นน้ำที่สร้างแล้วมีประสิทธิภาพการเก็บกักน้ำสูงสุด..... 57

หน้า

รูปที่

4 - 13 แสดงการเพิ่มระยะห่างระหว่างฝายต้นน้ำ.....57
ก - 1 แสดง Tool bar เพื่อเปิดโปรแกรมประยุกต์.....72
ก - 2 แสดงแบบจำลองที่ใช้ในการสร้างขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำ.....72
ก - 3 แสดงขั้นตอนการเลือกพื้นที่ศึกษา.....73
ก - 4 แสดงขั้นตอนการสร้างเส้นทางน้ำ.....74
ก - 5 แสดงขั้นตอนการสร้างเส้นชั้นความสูง.....75
ก - 6 แสดงกระบวนการกำหนดตำแหน่งให้กับฝายต้นน้ำ.....75
ก - 7 แสดงขั้นตอนการแยกฝายต้นน้ำออกเป็นเส้นทางน้ำ.....76
ก - 8 แสดง USER INTERFACE กรณีที่ 1 การหาปริมาณน้ำแบบปกติ.....76
ก - 9 แสดง USER INTERFACE กรณีที่ 2 การหาปริมาณน้ำหน้าฝาย
แบบเพิ่มระยะห่างระหว่างฝายต้นน้ำ.....77
ก - 10 แสดงตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรมประยุกต์.....78
ข - 1 แสดงตำแหน่งการเก็บข้อมูลชุดที่.....80
ข - 2 แสดงจุดสูงสุดของระดับน้ำ ตำแหน่งที่ 1.....80
ข - 3 แสดงทางแยกของเส้นทางน้ำตำแหน่งที่ 2.....81
ข - 4 แสดงการผุดของน้ำใต้ดิน ตำแหน่งที่ 3.....81
ข - 5 แสดงตำแหน่งตาน้ำ ตำแหน่งที่ 4.....82
ข - 6 แสดงทางแยกของเส้นทางน้ำตำแหน่งที่ 5.....82
ข - 7 แสดงเส้นทางน้ำ ตำแหน่งที่ 6.....83
ข - 8 แสดงเส้นทางน้ำ ตำแหน่งที่ 7.....83
ข - 9 แสดงแหล่งน้ำซึมและโป่ง ตำแหน่งที่ 8.....84
ข - 10 แสดงตำแหน่งการเก็บข้อมูลชุดที่ 2.....84
ข - 11 แสดงทางแยกของเส้นทางน้ำตำแหน่งที่ 9.....85
ข - 12 แสดงเส้นทางน้ำ ตำแหน่งที่ 10.....85
ข - 13 แสดงเส้นทางน้ำ ตำแหน่งที่ 11.....86
ข - 14 แสดงเส้นทางน้ำ ตำแหน่งที่ 12.....86

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

รูปที่

ข - 15 แสดงทางแยกของเส้นทางน้ำตำแหน่งที่ 13.....87
ค - 1 แสดงภาพฝายผสมผสานแบบคอกหมู.....91
ค - 2 แสดงภาพฝายผสมผสานแบบไม้ไผ่.....91
ค - 3 แสดงภาพฝายผสมผสานแบบกระสอบ.....92
ค - 4 แสดงฝายผสมผสานแบบลวดตาข่าย.....92
ค - 5 แสดงฝายผสมผสานแบบหินทิ้ง.....93
ค - 6 แสดงฝายต้นน้ำลำธารแบบกึ่งถาวร.....93
ค - 7 แสดงฝายต้นน้ำลำธารแบบถาวร.....94
ง - 1 แสดงกราฟเนื้อที่ป่าไม้ตั้งแต่ปีพ.ศ.2504-2541.....97

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ป่าไม้เป็นระบบนิเวศวิทยาที่มีความสำคัญต่อชีวิตมนุษย์เป็นอย่างมาก เพราะป่าไม้เป็นแหล่งกำเนิดของสรรพชีวิตทั้งหลายที่อาศัยอยู่บนโลกใบนี้ ที่มีความเกี่ยวข้องและจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ ป่าไม้ (Forest) (นิวัติ เรืองพาณิช, 2528) คือบริเวณที่มีต้นไม้หลายชนิดขนาดต่างๆ ขึ้นอยู่อย่างหนาแน่นและมีพื้นที่กว้างใหญ่พอที่จะมีอิทธิพลต่อสิ่งแวดล้อมในบริเวณนั้น เช่นความเปลี่ยนแปลงของลมฟ้าอากาศ ความอุดมสมบูรณ์ของดินและน้ำ มีสัตว์ป่าและสิ่งมีชีวิตอื่นๆ นอกจากนี้ป่าไม้ยังมีประโยชน์อีกมากมายนานับประการ เช่น ป่าไม้เป็นส่วนสำคัญมากส่วนหนึ่งของวัฏจักรน้ำ ออกซิเจน และไนโตรเจน ในระบบนิเวศทำให้เกิดความสมดุลแห่งระบบช่วยในการหมุนเวียนเปลี่ยนแปลงแร่ธาตุและสสารในระบบนิเวศ ป่าไม้ช่วยในการอนุรักษ์ดินและน้ำ เมื่อฝนตกน้ำฝนบางส่วนจะถูกต้นไม้ดูดซับไว้ แล้วค่อยๆปล่อยลงสู่ผิวดิน และอีกส่วนหนึ่งที่ตกกระทบกับต้นไม้ ต้นไม้จะช่วยลดการกัดเซาะพังทลายของหน้าดิน ช่วยชะลอการไหลของน้ำที่รุนแรงเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความสูงของพื้นที่ ป่าไม้ช่วยปรับสภาพบรรยากาศให้มีความชื้นในอากาศและมีอุณหภูมิลดลง จากการระเหยของน้ำจากใบและลำต้นของต้นไม้ ป่าไม้ยังเป็นแหล่งปัจจัยสี่ เป็นปัจจัยพื้นฐานในการดำรงชีวิตของมนุษย์ มนุษย์นำสิ่งต่างๆ ที่อยู่ในป่ามาใช้ในการดำรงชีวิต เช่น นำมาสร้างที่อยู่อาศัย นำสมุนไพรมารักษาโรค ถักทอเป็นเครื่องนุ่งห่ม นำมาเป็นอาหาร เป็นต้น นอกจากนี้ป่ายังเป็นแหล่งต้นน้ำลำธาร (Head watershed หรือ Upstream watershed) (นิรันดร์ คำทอง, 2548) คือบริเวณที่เป็นต้นกำเนิดของลำธารสายแรก ส่วนใหญ่จะเป็นพื้นที่ภูเขาสูงชัน ปกคลุมไปด้วยป่าไม้ ในบริเวณที่ป่าไม้มีความอุดมสมบูรณ์ต้นไม้มีรากลึกและชอนไชอยู่ในดินอินทรียวัตถุจากต้นไม้และสัตว์ป่าจะช่วยปรับโครงสร้างของดินให้มีรูพรุนที่สามารถเก็บกักน้ำได้ดี น้ำฝนที่ผ่านต้นไม้จะลงสู่ดินในแนวดิ่งแล้วค่อยๆ ไหลซึมกระจายไปตามรากที่แตกแขนงออกไปตามอนุภาคดิน รูพรุนที่อยู่ในดิน เฉพาะรูพรุนขนาดเล็กในเม็ดดินนั้นสามารถกักเก็บน้ำได้มากกว่าน้ำหนักของเม็ดดินแห้งถึง 3-10 เท่า และน้ำที่กักเก็บไว้นั้นจะค่อยๆ ปลดปล่อยสู่ชั้นน้ำใต้ดินเพื่อลงสู่แหล่งน้ำลำธาร ป่าจึงเปรียบได้กับฟองน้ำขนาดใหญ่ที่ทำหน้าที่เป็นแหล่งกักเก็บน้ำตามธรรมชาติ ถ้าป่าเกิดในที่สูง น้ำที่เก็บกักไว้จะค่อยๆ ซึมลงมารวมกันตามหุบเขา และค่อยๆ ปล่อยน้ำออกมาไหลลงลำธารอย่างสม่ำเสมอตลอดทั้งปี เกิดเป็นธารน้ำเล็กๆ มากมาย และมีขนาดใหญ่ขึ้นเมื่อรวมตัวกัน เกิดเป็นน้ำที่มนุษย์ใช้ในการอุปโภค บริโภคต่อไป

น้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตทุกชนิด โลกของเราประกอบขึ้นด้วยพื้นดินและพื้นน้ำ โดยส่วนที่เป็นพื้นน้ำนั้นมีอยู่ประมาณ 3 ส่วนใน 4 ส่วนที่เหลือเป็นพื้นดิน น้ำเป็นทรัพยากรที่สามารถเกิดหมุนเวียนได้เรื่อย ๆ ไม่มีวันหมดสิ้น เมื่อแสงแดดส่องมาบนพื้นโลก น้ำจากทะเลและมหาสมุทรก็จะระเหยเป็นไอน้ำลอยขึ้นสู่เบื้องบนเนื่องจากไอน้ำมีความเบากว่าอากาศ เมื่อไอน้ำลอยสู่เบื้องบนแล้ว จะได้รับความเย็นและกลั่นตัวกลายเป็นละอองน้ำเล็ก ๆ ลอยจับตัวกันเป็นกลุ่มเมฆ เมื่อจับตัวกันมากขึ้นและกระทบความเย็นก็จะกลั่นตัวกลายเป็นหยดน้ำตกลงสู่พื้นโลก น้ำบนพื้นโลกจะระเหยกลายเป็นไอน้ำอีกเมื่อได้รับความร้อนจากดวงทิตย์ ไอน้ำจะรวมตัวกันเป็นเมฆและกลั่นตัวเป็นหยดน้ำกระบวนการเช่นนี้ เกิดขึ้นเป็นวัฏจักรหมุนเวียนต่อเนื่องกันตลอดเวลา เรียกว่า วัฏจักรน้ำทำให้มีน้ำเกิดขึ้นบนผิวโลกอยู่สม่ำเสมอ แต่เนื่องจากมนุษย์มีการตัดไม้ทำลายป่าเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้วัฏจักรที่มีการหมุนเวียนต่อเนื่องมาจากในอดีตเกิดผลกระทบซึ่งส่งผลให้เกิดภัยพิบัติต่างๆขึ้นมากมาย เช่นปัญหาฝนไม่ตกตามฤดูกาล ฝนตกน้อยลงเกิดการคลาดแคลนน้ำ ปัญหาน้ำท่วมไหลบ่าในฤดูฝน เนื่องมาจากการทำลายป่าของมนุษย์

จากค่าสถิติการลดลงของเนื้อที่ป่าโดยมีค่าการเปรียบเทียบเนื้อที่ป่าในปีต่างๆ ของกรมป่าไม้ มีปริมาณเนื้อที่ป่าลดลงไปทุกปี ดูรายละเอียดการลดลงของเนื้อที่ป่าในภาคผนวก ง การลดลงของพื้นที่ป่าเป็นสาเหตุสำคัญประการหนึ่งที่ทำให้เกิดภาวะแห้งแล้ง ฝนไม่ตกต้องตามฤดูกาล จากสถิติแนวโน้มของปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี และลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลประจวบคีรีขันธ์ (กฤชชัย โชติมูล, 2539) พบว่ามีแนวโน้มปริมาณฝนจะลดลงไปทุกปี โดยวัดทั้งหมด 14 สถานี ได้ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนที่ลดลงประมาณ 3-4 มิลลิเมตรต่อปี และจำนวนวันฝนตกลดลงปีละ 2.6 วัน ทำให้พื้นที่เกิดปัญหาเรื่องการคลาดแคลนน้ำ พื้นที่ต้นน้ำลำธารไม่สามารถเก็บกักน้ำได้ และเกิดน้ำไหลท่วมชะล้างพังทะลายของหน้าดินอย่างฉับพลันในช่วงฤดูฝน มีการตกตะกอนสะสมในแม่น้ำลำธารจนตื้นเขินเก็บกักน้ำได้น้อยลงในช่วงฤดูแล้ง ก่อให้เกิดปัญหาต่อพื้นที่บริเวณนั้นเป็นอย่างมาก ดังเช่นในอุทยานแห่งชาติกุยบุรี อำเภอกุยบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์เป็นพื้นที่แห่งหนึ่งที่เป็นแหล่งพื้นที่ต้นน้ำลำธารและเป็นที่พักพิงของสัตว์ป่า ได้ถูกบุกรุกจากมนุษย์ ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ใกล้เคียง เพื่อทำไร่สับปะรด ทำให้พื้นที่ป่าที่เป็นป่าต้นน้ำลดน้อยลงและความอุดมสมบูรณ์ในป่าลดน้อยลงไปด้วย เป็นผลทำให้อาหารของสัตว์ป่าที่มีในป่าลดจำนวนลง เมื่อไม่มีอาหาร สัตว์ป่าจึงออกมาหาอาหารนอกป่า ดังที่เป็นปัญหาใหญ่ในขณะนี้คือปัญหาช้างป่าลงมากินผลผลิตทางการเกษตรที่ชาวบ้านปลูกไว้ ปัญหาการขาดแคลนน้ำใช้ในช่วงฤดูแล้ง หรือในถึงช่วงเดือน กุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน

จากปัญหาดังกล่าวมาแล้ว การทำฝายต้นน้ำเป็นอีกวิธีการหนึ่ง ในการฟื้นฟูระบบนิเวศของป่าไม้บริเวณพื้นที่ต้นน้ำลำธารที่มีการขาดแคลนน้ำ ให้ฟื้นคืนสภาพความอุดมสมบูรณ์และมีลักษณะทางนิเวศที่เหมาะสมต่อการเป็นแหล่งต้นน้ำลำธาร ให้มีปริมาณน้ำที่เพียงพอ คุณภาพดี และมีระยะการไหลที่สม่ำเสมอ ฝายต้นน้ำ (Checkdam) (ส่วนจัดการทรัพยากรต้นน้ำฯ, 2547) คือสิ่งก่อสร้างที่ขวางกั้นทางไหลของลำน้ำ ซึ่งปกติมักจะกั้นห้วยลำธารขนาดเล็ก ในบริเวณที่เป็นป่าต้นน้ำ หรือพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง และหากช่วงที่มีน้ำไหลแรง ก็สามารถชะลอการไหลของน้ำให้ช้าลง ลดความรุนแรงของกระแสน้ำในลำธารไม่ให้ไหลหลากอย่างรวดเร็ว น้ำซึมลงสู่ดินได้มากขึ้นทำให้พื้นที่ใกล้เคียงมีความชุ่มชื้นขึ้น ช่วยเก็บกักตะกอนและเศษซากพืชที่ไหลลงมากับน้ำ ช่วยลดความรุนแรงของการเกิดไฟป่าในฤดูแล้ง นอกจากนั้นยังสามารถช่วยเก็บกักไว้ใช้ในการอุปโภคบริโภคของมนุษย์และสัตว์ป่า อีกด้วย (Thames, 1981)

ที่ผ่านมาในการสร้างฝายต้นน้ำแต่ละจุดนั้นเป็นการสร้างฝายต้นน้ำที่ยังไม่มีการระบุตำแหน่งที่แน่นอนได้ บางจุดสร้างจากความสะดวกของผู้สร้างโดยไม่คำนึงถึงประสิทธิผลในการใช้งาน เช่นการสร้างใกล้จุดคมนาคม ใกล้หมู่บ้าน หรือสร้างในเส้นทางน้ำที่มีการไหลของน้ำตลอดทั้งปี ซึ่งการสร้างตามลักษณะดังกล่าวทำให้เกิดการสูญเสียงบประมาณโดยเปล่าประโยชน์ เพราะหลักการในการสร้างฝายต้นน้ำให้มีประสิทธิภาพสูงสุดนั้น ต้องสร้างบริเวณพื้นที่ป่าต้นน้ำ และสร้างบนเส้นทางน้ำที่ไม่มีน้ำไหลตลอดทั้งปี มีน้ำเพียงในฤดูฝนเท่านั้น ในการสร้างฝายต้นน้ำในปัจจุบันยังไม่สามารถคำนวณจำนวนฝายต้นน้ำที่เหมาะสมและถูกต้องตามหลักวิชาการ เป็นผลทำให้ไม่สามารถประมาณการงบประมาณที่ใช้ในการสร้างฝายต้นน้ำอย่างเหมาะสมได้ นอกจากนี้ในการสร้างฝายแต่ละตำแหน่งนั้นต้องคำนึงถึงรูปแบบของฝายให้เหมาะสมกับพื้นที่และเส้นทางน้ำด้วย

จากปัญหาดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ผู้วิจัยได้นำระบบภูมิสารสนเทศมาช่วยเป็นเครื่องมือในการสร้างแบบจำลอง ในการหาตำแหน่งและจำนวนฝายต้นน้ำ เพื่อนำแบบจำลองที่ได้ในงานวิจัยนี้เป็นแนวทางในการวางแผนจัดการสร้างฝายต้นน้ำ รวมถึงการคำนวณงบประมาณแบบเบื้องต้นได้อีกด้วย การนำระบบภูมิสารสนเทศ มาช่วยในการวางแผนการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลก่อนการสร้างฝายต้นน้ำทำให้มีความสะดวกรวดเร็วในการตัดสินใจมากยิ่งขึ้น และปัจจุบันข้อมูลทางระบบภูมิสารสนเทศมีค่าความละเอียดถูกต้องมากขึ้น ดังเช่นข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้เป็นข้อมูลแบบจำลองระดับสูงมาตราส่วน 1:4,000 เมื่อนำมาใช้ในการสร้างเส้นทางน้ำ จะมีค่าความถูกต้องที่ระดับ 4 เมตร จากเดิมที่ใช้ เส้นทางน้ำจากมาตราส่วน 1:50,000 จะมีค่าความถูกต้องที่ระดับ 10 เมตร จากผลดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยเล็งเห็นว่าในการสร้างฝายต้นน้ำให้มี

ประสิทธิภาพและความแม่นยำในการคำนวณมากยิ่งขึ้น จึงจำเป็นต้องใช้ข้อมูลที่มีความถูกต้องมากขึ้นด้วย

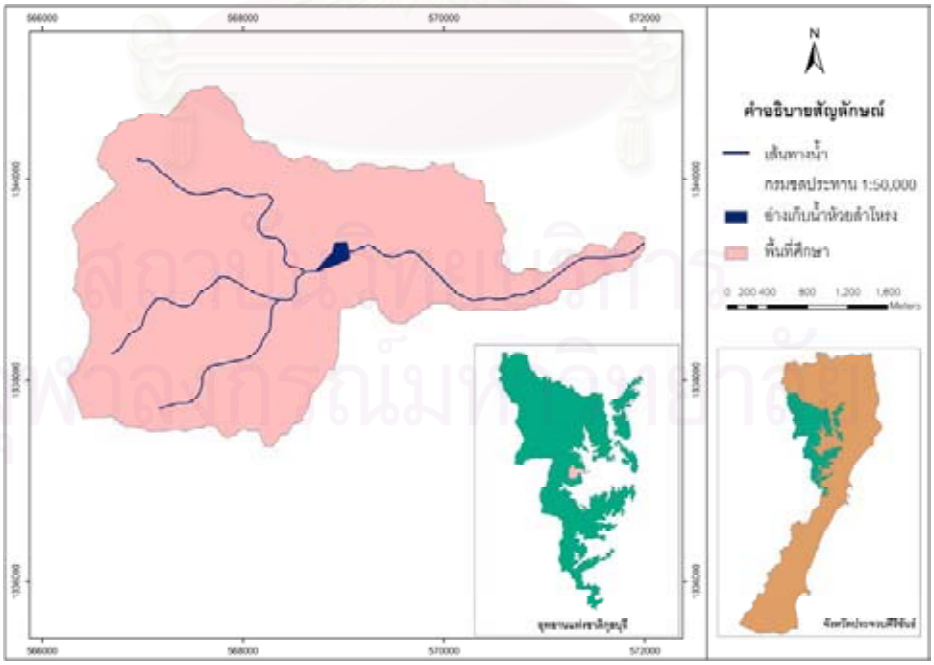
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

สร้างแบบจำลองเพื่อหาตำแหน่งและจำนวนที่เหมาะสมของการสร้างฝายต้นน้ำสำหรับพื้นที่ป่าต้นน้ำ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1) พื้นที่ศึกษา

ขอบเขตพื้นที่ที่ใช้ในการวิจัยคือ พื้นที่ต้นน้ำของอ่างเก็บน้ำห้วยสำโหรงตั้งอยู่ในอุทยานแห่งชาติกุยบุรี ตำบลหาดขาม อำเภอกุยบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ พื้นที่ป่าต้นน้ำนี้เป็นป่าดิบแล้งและป่าดิบชื้น ในฤดูแล้งน้ำในอ่างเก็บน้ำสำโหรงมีปริมาณน้อยมากไม่เพียงพอกับการอุปโภคบริโภคของชาวหมู่บ้านรวมไทย จึงมีความจำเป็นต้องเร่งทำฝายต้นน้ำเพื่อเพิ่มปริมาณความชื้นกับป่าต้นน้ำ เพื่อชะลอและเก็บกักน้ำในฤดูแล้งให้มีน้ำใช้ได้อย่างเพียงพอ อ่างเก็บน้ำห้วยสำโหรงสร้างเมื่อปี พ.ศ.2529 มีความจุอ่างเก็บน้ำ 1.48 แสนลูกบาศก์เมตร เนื้อที่อ่างเก็บน้ำประมาณ 0.04 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำนี้ 1.6 ตารารางกิโลเมตร และมีพื้นที่ป่าต้นน้ำประมาณ 10.08 ตารางกิโลเมตร



รูปที่ 1 - 1 แสดงพื้นที่ศึกษา พื้นที่ลุ่มน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยสำโหรง อุทยานแห่งชาติกุยบุรี

2) ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

2.1 ข้อมูลภาพออร์โธโฟโต (Orthophoto) มาตราส่วน 1 : 4000 (กรมพัฒนาที่ดิน :กระทรวงเกษตรและสหกรณ์) มีค่าความถูกต้องทางราบเท่ากับ 1 เมตร และความถูกต้องทางดิ่งเท่ากับ 2 เมตร

2.2 ข้อมูลแบบจำลองความสูง มาตราส่วน 1 : 4,000 (กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์)

2.3 ข้อมูลแบบจำลองความสูง SRTM 90 เมตร (สามารถ Download ได้ที่ http://srtm.csi.cgiar.org/)

2.4 ข้อมูลแบบจำลองความสูง (กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพันธุ์พืช กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม)

ตารางที่ 1 - 1 แสดง รายละเอียดของข้อมูลแบบจำลองความสูงที่ใช้ในงานวิจัย

ที่มาของข้อมูล	รายละเอียดจุดภาพ (เมตร)	ค่าความถูกต้องทางดิ่ง (เมตร)
กรมพัฒนาที่ดิน	5	2
กรมอุทยานฯ	30	4
NASA (SRTM 90m)	90	16

1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น

การสร้างแบบจำลองในการหาตำแหน่ง และปริมาณน้ำหน้าฝาย ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการคำนวณแบบเบื้องต้นในการระบุตำแหน่ง และการคำนวณหาปริมาณน้ำหน้าฝายต้นน้ำจากวิธีการคำนวณหาปริมาณน้ำในอุดมคติ เมื่อทำการระบุตำแหน่งในพื้นที่จริงอาจมีความคลาดเคลื่อนไปจากตำแหน่งที่คำนวณได้อันเนื่องมาจาก พื้นที่ป่าต้นน้ำที่ใช้ศึกษาเป็นพื้นที่ในบริเวณป่ารกทึบและลักษณะภูมิประเทศที่เป็นภูเขาสูงชัน สลับซับซ้อน ในส่วนของการหาปริมาณน้ำ เป็นการคำนวณปริมาณน้ำในอุดมคติ โดยไม่คำนึงถึงน้ำจากสิ่งแวดล้อม หรือน้ำที่ต้องสูญเสียระหว่างการไหลรวมไปถึงพื้นที่ในการเก็บกักน้ำหน้าฝายต้นน้ำ เป็นพื้นที่ที่มีลักษณะตามธรรมชาติ ที่มีความแตกต่างกันของแต่ละตำแหน่ง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถหาที่ตั้งและจำนวนที่เหมาะสมกับพื้นที่ในการสร้างฝายต้นน้ำลำธารโดยใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้น

2. แบบจำลองที่ได้จะช่วยให้เกิดความสะดวกรวดเร็วในการบริหารจัดการการสร้างฝายต้นน้ำในพื้นที่ต้นน้ำได้ดียิ่งขึ้น

3. แบบจำลองที่ได้จะเป็นแนวทางในการหาปริมาณน้ำที่ฝายกักเก็บ และที่ชุมชนสามารถวางแผนนำไปใช้ประโยชน์ได้ต่อไป

1.6 วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาข้อมูลการสร้างฝายต้นน้ำ

2. ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3. ศึกษาระบบภูมิสารสนเทศที่เกี่ยวข้องในงานวิจัย รวมทั้งวิธีการที่ใช้ในงานวิจัย

4. ทำการเตรียมข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย

5. ออกแบบการทำงานของแบบจำลองในการหาตำแหน่งและจำนวนที่เหมาะสมในการสร้างฝายต้นน้ำ

6. ทดสอบแบบจำลองต้นแบบที่ทำการพัฒนาขึ้นจากการใช้พื้นที่ศึกษา

7. ลงเก็บข้อมูลสนามตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองที่สร้างขึ้น

8. สรุปและประเมินผลการทดสอบ ทำการแก้ไขและปรับปรุง

9. สรุปผลงานวิจัยและจัดทำวิทยานิพนธ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดในการกำหนดรูปแบบของฝายต้นน้ำลำธาร

รูปแบบของฝายต้นน้ำที่ใช้ในงานวิจัยนี้ แบ่งตามวัตถุประสงค์การใช้งาน (ส่วนจัดการต้นน้ำ, 2547) แบ่งได้ 3 รูปแบบใหญ่ๆ (ดูรายละเอียดรูปแบบฝายต้นน้ำในภาคผนวก ค) ดังนี้

2.2.1 ฝายต้นน้ำลำธารแบบผสมผสาน

เป็นฝายที่ก่อสร้างจากวัสดุตามธรรมชาติที่มีอยู่ เช่น กิ่งไม้ ท่อนไม้ หิน มีการก่อสร้างแบบง่าย มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการดักตะกอนเศษวัสดุต่างๆ ที่ไหลมากับน้ำและช่วยลดความเร็วหรือชะลอการไหลของน้ำ เพื่อให้น้ำซึมลงสู่ดินได้นานและสม่ำเสมอ เหมาะสำหรับพื้นที่ที่เป็นป่ารกทึบการคมนาคมขนส่งวัสดุที่ใช้ในการสร้างไม่สะดวก

2.2.2 ฝายต้นน้ำลำธารแบบกึ่งถาวร

เป็นฝายที่สร้างด้วยหินก่อคอนกรีตเสริมเหล็ก มีความคงทนแข็งแรงมากขึ้นกว่าฝายรูปแบบแรก เหมาะกับขนาดของลำธารที่มีปริมาณน้ำไหลหลากรวมตัวกัน ตำแหน่งการสร้างฝายจะอยู่บริเวณตอนกลางหรือตอนปลายของลำห้วย ในบริเวณที่เรียกว่า ลำห้วยลำดับที่ 2 และลำห้วยลำดับที่ 3 ฝายชนิดนี้มีคุณสมบัติในการดักเก็บตะกอนที่ไหลลงมากับน้ำ สามารถเก็บกักน้ำได้บางส่วนในช่วงฤดูแล้ง และช่วยลดความรุนแรงหรือชะลอการไหลของน้ำที่เกิดจากการรวมตัวกันของลำห้วยลำดับที่ 1 ฝายในรูปแบบนี้จะมีความแข็งแรงและคงทนมากกว่าฝายแบบผสมผสาน

2.2.3 ฝายต้นน้ำลำธารแบบถาวร

เป็นฝายที่สร้างด้วยคอนกรีตเสริมเหล็ก เนื่องจากขนาดของห้วยที่กว้างขึ้นและปริมาณน้ำที่ไหลหลากจะรุนแรงมากขึ้น จึงต้องมีการออกแบบฝายให้มีความมั่นคงและแข็งแรงมากยิ่งขึ้น ตำแหน่งการสร้างฝายจะอยู่บริเวณตอนปลายของลำห้วย ฝายชนิดนี้มีคุณสมบัติในการลดความรุนแรงหรือชะลอการไหลของน้ำในลำห้วย ช่วยในการสร้างความชุ่มชื้นให้แก่พื้นที่สองฝั่งลำห้วยบนพื้นที่ต้นน้ำ เก็บกักตะกอนที่ไหลลองมากับน้ำ และเก็บกักน้ำไว้ใช้ประโยชน์ในด้านอุปโภคบริโภคแก่ชุมชนและสัตว์ป่าได้อีกด้วย

ตารางที่ 2 - 1 แสดงผลการรวบรวมข้อมูลการสร้างฝายต้นน้ำของส่วนจัดการต้นน้ำทั่วประเทศที่มีค่าสถิติสูงที่สุด (นิรันด์ คำทอง, 2548)

รูปแบบฝายต้นน้ำ / ตัวแปรที่พิจารณา	แบบผสมผสาน	แบบกึ่งถาวร	แบบถาวร
1. พื้นที่ก่อสร้างฝาย	พื้นที่ปรับปรุงระบบนิเวศต้นน้ำ	พื้นที่ปรับปรุงระบบนิเวศต้นน้ำ	พื้นที่เกษตรกรรม
2. ลำดับของเส้นทางน้ำ	เส้นทางน้ำลำดับที่1	เส้นทางน้ำลำดับที่2	เส้นทางน้ำสายหลัก
3. ปริมาณน้ำในเส้นทางน้ำ	มีน้ำเฉพาะฤดูฝน	มีน้ำตลอดทั้งปี	มีน้ำตลอดทั้งปี
4. ความกว้างของเส้นทางน้ำ	2-3 เมตร	3-4 เมตร	4-5 เมตร
5. ช่วงเวลาที่เหมาะสมในการสร้าง	เดือนกุมภาพันธ์-มีนาคม	เดือนกุมภาพันธ์-มีนาคม	เดือนกุมภาพันธ์-มีนาคม
6. วัตถุประสงค์ในการก่อสร้าง	ดักตะกอน	เก็บกักน้ำ	เก็บกักน้ำ
7. ลักษณะของฝายต้นน้ำ	เรียงด้วยหินอย่างง่าย	คอนกรีตเสริมเหล็ก	คอนกรีตเสริมเหล็ก
8. ประโยชน์ของฝายต้นน้ำ	ดักตะกอน	เก็บกักน้ำ	เก็บกักน้ำ
9. อายุการใช้งาน	3 ปี	5 ปี	มากกว่า 5 ปี
10. ปริมาณการรับน้ำได้สูงสุด	ไม่เกิน 30 ลบ.ม.	30 – 50 ลบ.ม.	ตั้งแต่ 50 ลบ.ม. ขึ้นไป
11. งบประมาณในการก่อสร้างต่อฝาย	5,000 บาท	25,000 บาท	50,000 บาท

2.2 แนวคิดการสร้างฝายต้นน้ำให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

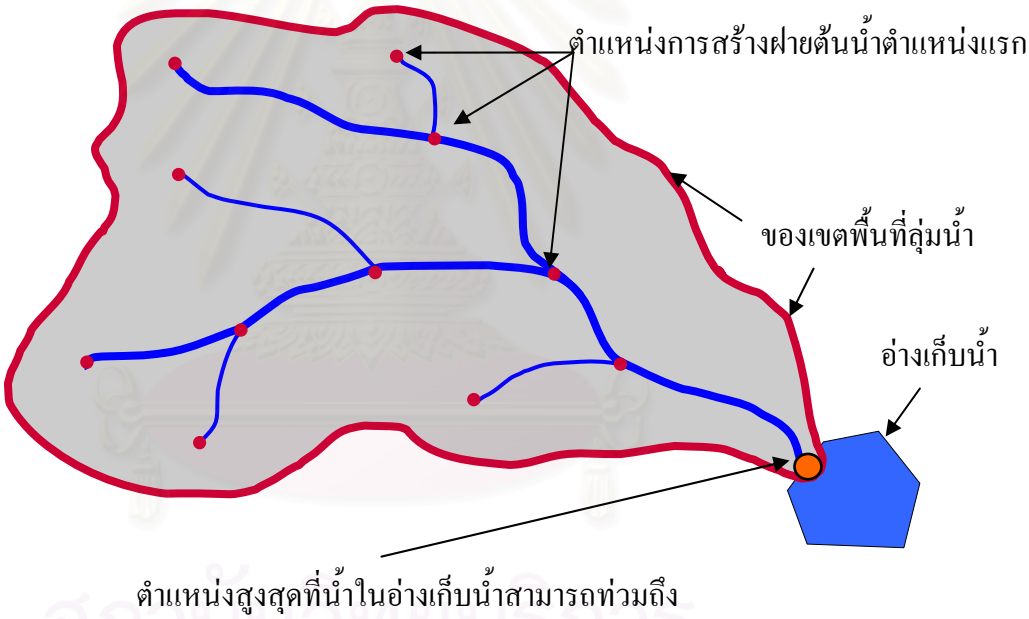
การสร้างฝายต้นน้ำจะได้ประโยชน์สูงสุดหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยสำคัญที่เป็นตัวแปรหลักในการสร้างที่ต้องคำนึงถึงเป็นอันดับต้นๆ อันดับแรกคือราคางบประมาณในการสร้าง งบประมาณที่ใช้ในการสร้างฝายนั้นเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการสร้าง เพราะถ้ามีการสร้างฝายที่ใช้งบประมาณมาก แต่ผลประโยชน์ที่ได้ไม่คุ้มค่ากับเงินงบประมาณที่ใช้ไป การสร้างฝายนั้นก็ไม่เกิดผล หรือปัจจัยอันดับที่รองลงมาคืออายุการใช้งานของฝาย ถ้าฝายที่สร้างนั้นมีอายุการใช้งานที่สั้นมากเกินไป อาจทำให้เสียงบประมาณที่ไม่จำเป็นในการบำรุงรักษา หรือสร้างใหม่ การสร้างฝายนั้นก็ไม่เกิดประสิทธิภาพ ดังนั้นก่อนการสร้างควรมีการวางแผนคำนวณ ผลที่ได้และงบประมาณที่ใช้สร้างให้เหมาะสม เพื่อให้การสร้างฝายต้นน้ำให้เกิดผลประโยชน์มากที่สุด มีหลักการในการสร้างฝายต้นน้ำให้มีประสิทธิภาพมากที่สุดคือการกำหนดให้ฐานของฝายต้นน้ำตัวบน ซึ่งปกติจะฝังตัวอยู่ในชั้นหินของท้องลำห้วยหรือร่องน้ำ อยู่ในระดับความสูงเดียวกันหรือต่ำกว่าปากของฝายต้นน้ำตัวล่างที่อยู่ถัดลงมา ทั้งนี้เพื่อให้ระดับที่เท่ากันนี้ลดความเร็วในการไหลและลดพลังงานในการกัดเซาะของน้ำบริเวณฐานด้านหลังของฝายตัวบน ส่งผลทำให้ฝายมีความมั่นคงและมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพในการเก็บกักตะกอนของฝายต้นน้ำยังแตกต่างไปตามความลาดชันของร่องน้ำอีกด้วย (Heede, 1977)

รูปที่ 2 - 1 แสดงตำแหน่งการสร้างฝายให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด
(Minnesota Pollution Control Agency, 2000)

หลักการที่สำคัญอีกอย่างนึงในการสร้างฝายต้นน้ำคือ ความลาดชันของพื้นที่ (Geyik, 1986) ความลาดชันของพื้นที่ในแต่ละพื้นที่จะมีความชันที่มีความแตกต่างกันไปบางที่จะค่อยๆ ลาดชันลดลั่นลงที่ละนิด แต่บางพื้นที่จะมีความชันที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ในพื้นที่ที่มีความเปลี่ยนแปลงความชันอย่างรวดเร็วจะมีการเพิ่มจำนวนการสร้างฝายต้นน้ำ เพราะเนื่องจากพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงความชันอย่างรวดเร็วจะมีปริมาณน้ำและการไหลของน้ำมีการไหลมากและแรงเกินกว่าปกติ จึงต้องมีการสร้างฝายเพิ่มขึ้น ส่วนบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงความชันไม่มากนักก็จะมีการลดจำนวนฝายลง

2.3 แนวคิดวิธีการคำนวณหาตำแหน่งและจำนวนฝายต้นน้ำ

แนวคิดในการหาตำแหน่งในการสร้างฝายต้นน้ำ ในการหาตำแหน่งสร้างฝายต้นน้ำมีแนวคิดมาจากหลักการในการสร้างฝายต้นน้ำของส่วนจัดการทรัพยากรต้นน้ำฯ (2547) โดยมีแนวคิดหลักๆ ดังนี้คือ การหาจุดเริ่มต้นของเส้นทางน้ำ หรือจุดแรกที่มีน้ำซึมออกจากพื้นดิน หรืออาจเรียกอีกชื่อว่า “ตาน้ำ” ตาน้ำบางจุดอาจไม่ใช่ตำแหน่งแรกของการสร้างฝายหรือตำแหน่งแรกของเส้นทางน้ำ พิจารณาจากตาน้ำที่อยู่ในตำแหน่งที่มีระดับความสูงมากที่สุดของในแต่ละเส้นทางน้ำนั้น เมื่อได้ตำแหน่งแรกของการสร้างฝายแล้ว จากนั้นทำการหาจุดถัดไป โดยการใช้แนวคิดของหลักการสร้างฝายให้มีประสิทธิภาพมากที่สุดของ (Heed,1977) ให้ฝายตัวถัดไปมีระดับเดียวกันหรือต่ำกว่าระดับฐานของฝายตัวแรก ทำเช่นนี้จนกระทั้งถึงตำแหน่งสุดท้าย คือ ตำแหน่งที่สูงที่สุดที่น้ำในอ่างเก็บน้ำสามารถท่วมถึง



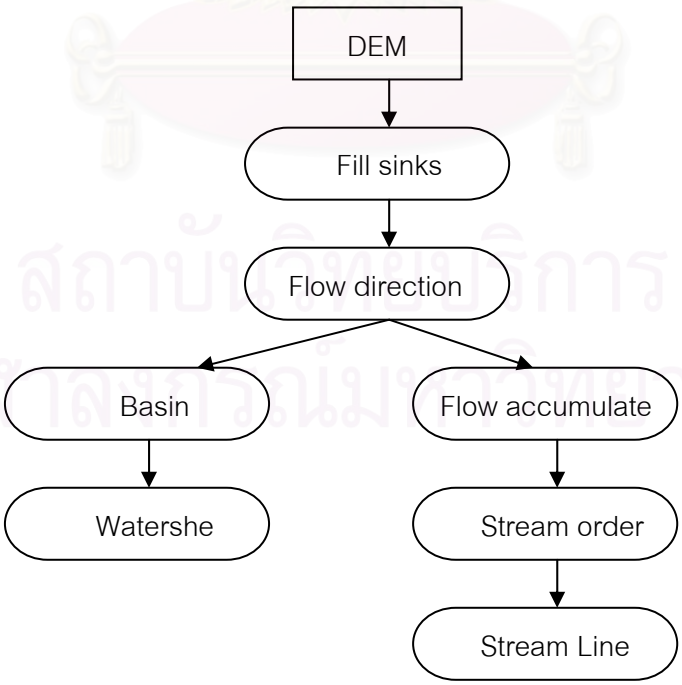
รูปที่ 2 - 2 แสดงตำแหน่งการสร้างฝายต้นน้ำตำแหน่งแรกและตำแหน่งสุดท้าย

จากวิธีการที่กล่าวมาข้างต้นถ้าทำโดยวิธีการดั่งเดิม โดยการสำรวจภาคสนามแล้วทำการวัดระดับความสูง ทำทีละฝายจะทำให้สูญเสียเวลา และค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนมาก จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยได้นำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาช่วยในการหาตำแหน่ง และจำนวนของฝายต้นน้ำที่จะสร้างในพื้นที่ลุ่มน้ำที่กำหนด ผู้วิจัยจึงใช้การคำนวณของ ณภา (2548) โดยทำการกำหนดตำแหน่งฝายต้นน้ำจากการสร้างเส้นชั้นความสูงที่มีค่าความสูงเท่ากับความสูงฝายต้นน้ำ เช่นถ้าความสูงฝายต้นน้ำแบบผสมผสานกำหนดให้มีความสูงเท่ากับ 1 เมตร ดังนั้นจะทำการสร้างเส้น

ชั้นความสูงทุกๆระดับความสูง 1 เมตร จากนั้นทำการนำข้อมูลเส้นชั้นความสูงที่ได้มาทำการซ้อนทับกับเส้นทางน้ำที่สร้างขึ้น กำหนดตำแหน่งฝายต้นน้ำจากจุดตัดของเส้นชั้นความสูงที่สร้างขึ้นและเส้นทางน้ำ ในการหาจุดตัดนั้นต้องมีข้อมูลเส้นทางน้ำและเส้นชั้นความสูง โดยมีแนวคิดในการสร้างดังต่อไปนี้

2.3.1 การสร้างเส้นทางน้ำ (Streamline)

การสร้างเส้นทางน้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการหาตำแหน่งและจำนวนฝายต้นน้ำ เพราะเส้นทางน้ำเป็นตัวแปรหลักในการกำหนดจุดที่ตั้ง ขนาด รูปแบบ และจำนวนของฝายต้นน้ำ จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นในแนวคิดในการสร้างฝาย ประกอบด้วยหลายปัจจัย โดยมีปัจจัยในเรื่องของเส้นทางน้ำเป็นหลัก ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ยกตัวอย่างการสร้างเส้นทางน้ำจากแบบจำลอง Hydrologic Analysis ของ Hamid (2004) Hydrologic Analysis คือการวิเคราะห์และสร้างเครื่องมือเพื่อช่วยในการจัดการลักษณะทางกายภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงไปของน้ำ ประกอบด้วยลักษณะที่สำคัญเช่น การหาพื้นที่ลุ่มน้ำและการสร้างเครือข่ายของการไหลของน้ำ และมีการใช้ Hydrologic models มาช่วยในการอธิบายลักษณะทางกายภาพของน้ำ การมีอยู่ การจัดเก็บ การแพร่กระจายของน้ำ โดยทำการสร้างแบบจำลองปฏิบัติการที่สามารถเชื่อถือได้ เพื่อใช้ในการวางแผนจัดการน้ำที่มีอยู่ให้เกิดประสิทธิภาพ และพยากรณ์สิ่งที่จะเกิดขึ้น เพื่อช่วยลดความรุนแรงและความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตได้

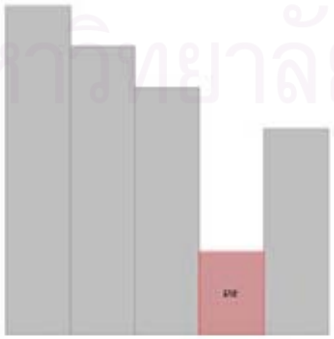


รูปที่ 2 - 3 แสดง Flow chart ของ Hydrologic Analysis Model

จาก Flow chart ของ Hydrologic Analysis Model ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองนี้คือข้อมูลแบบจำลองความสูง (DEM) (Tarboton and Ames, 2001) คือข้อมูล digital ที่สามารถบอกระดับความสูงที่ต้องการ โดยแสดงอยู่ในรูปแบบของกริด ในแต่ละกริดจะมีค่าระดับควมสูงของพื้นที่แสดงอยู่ 1 กริดจะมีขนาดเท่ากับขนาดของความละเอียดของข้อมูลแบบความสูงที่ใช้ยกตัวอย่างเช่น ในงานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลแบบจำลองความสูงที่มีค่าความละเอียดจุดภาพเท่ากับ 2 เมตร นั่นคือ 1 กริดจะมีค่าเท่ากับ 2 x 2 เมตร สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการอธิบายเส้นทางการไหล ในพื้นที่ลุ่มน้ำและระบบการไหลสำหรับ hydrologic modeling เป็นส่วนสำคัญในการสร้าง model ทางอุทกศาสตร์ เป็นการเปลี่ยนลักษณะทางธรรมชาติที่บ่งบอกถึงระดับความสูงต่ำของภูมิประเทศ ให้เป็นรหัสที่สามารถนำไปใช้งานได้ต่อไป สิ่งที่เป็นตัวควบคุมทิศทางการไหลออกของน้ำภายในพื้นที่ลุ่มน้ำคือการนำเอาแบบจำลองความสูง มาใช้ในการคำนวณหาค่าความลาดชัน (Slope) และทิศทางของความลาดชันที่เรียกว่า (Aspect) โดยใช้วิธีการในการอธิบายการไหลของน้ำเช่น แบบ single (เป็นการระบายออกไปในทิศทางของกริดด้านข้าง) และแบบ multiple (เป็นการระบายออกไปในหลายทิศทางไปยังกริดรอบข้าง) จากจุดเริ่มต้นไปยังจุดที่มีระดับตัวเลขที่แสดงในแต่ละ กริดที่ระดับเดียวกันหรือต่ำกว่า Hydrologic Analysis Model มีวิธีการทำงานดังนี้

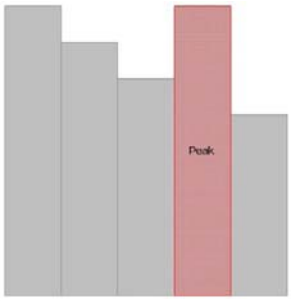
1. Fill Sink (ESRI, 2009) คือกระบวนการหาตำแหน่งความผิดปกติของแบบจำลองความสูงที่อาจเกิดจากกระบวนการสร้างแบบจำลองความสูงที่ผิดพลาดหรืออาจเกิดจากความผิดปกติของสภาพภูมิประเทศจริง ซึ่งความผิดปกติของแบบจำลองความสูงนี้อาจทำให้ทิศทางการไหลของน้ำมีทิศทางการไหลที่เปลี่ยนไปจากความเป็นจริง ความผิดปกติที่เกิดขึ้นนี้มีลักษณะการลดลงหรือเพิ่มขึ้นอย่างฉับพลัน ของค่าความสูงในแต่ละกริดของแบบจำลองความสูงเมื่อเทียบกับกริดข้างเคียง กริดที่เกิดความผิดปกติ อาจมีมากกว่า 1 กริด จากกริดที่อยู่ติดกัน ในกระบวนการนี้เป็นกระบวนการที่ช่วยในการแก้ไขข้อมูลแบบจำลองความสูงให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น มีวิธีการทำงานดังนี้

11	10	9	11
13	11	11	9
12	5	12	12
10	13	14	13



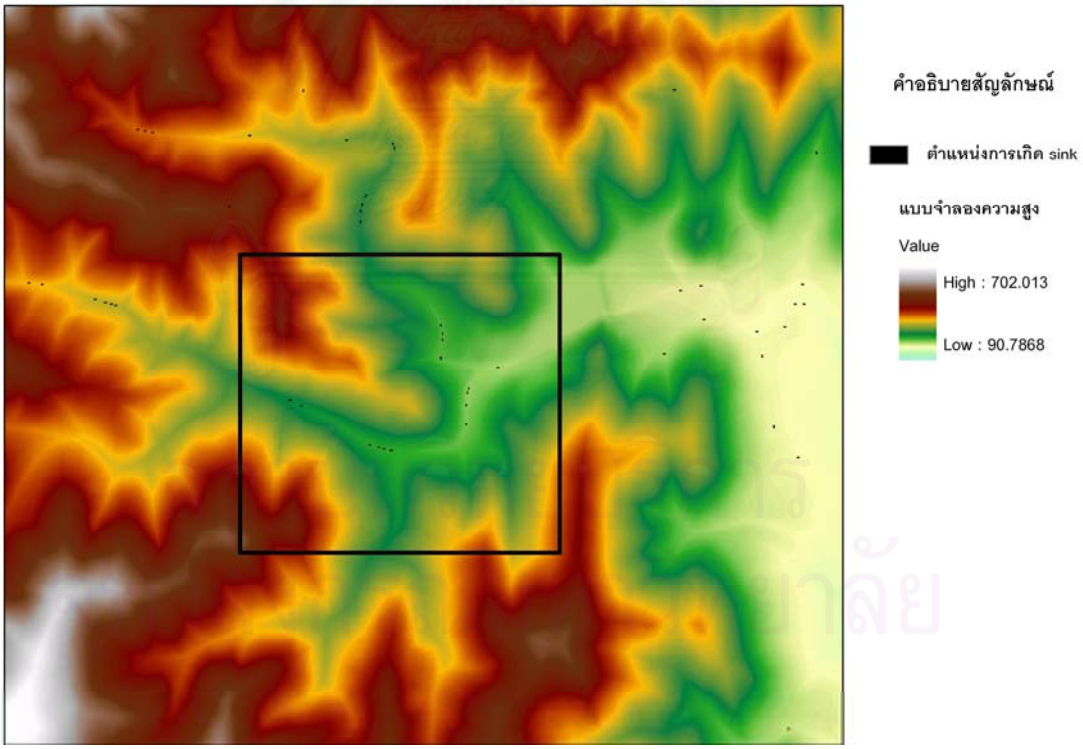
รูปที่ 2 - 4 แสดงการเกิด pit ในกริดของแบบจำลองความสูง

8	9	11	11
8	10	11	12
9	20	10	12
10	11	11	11



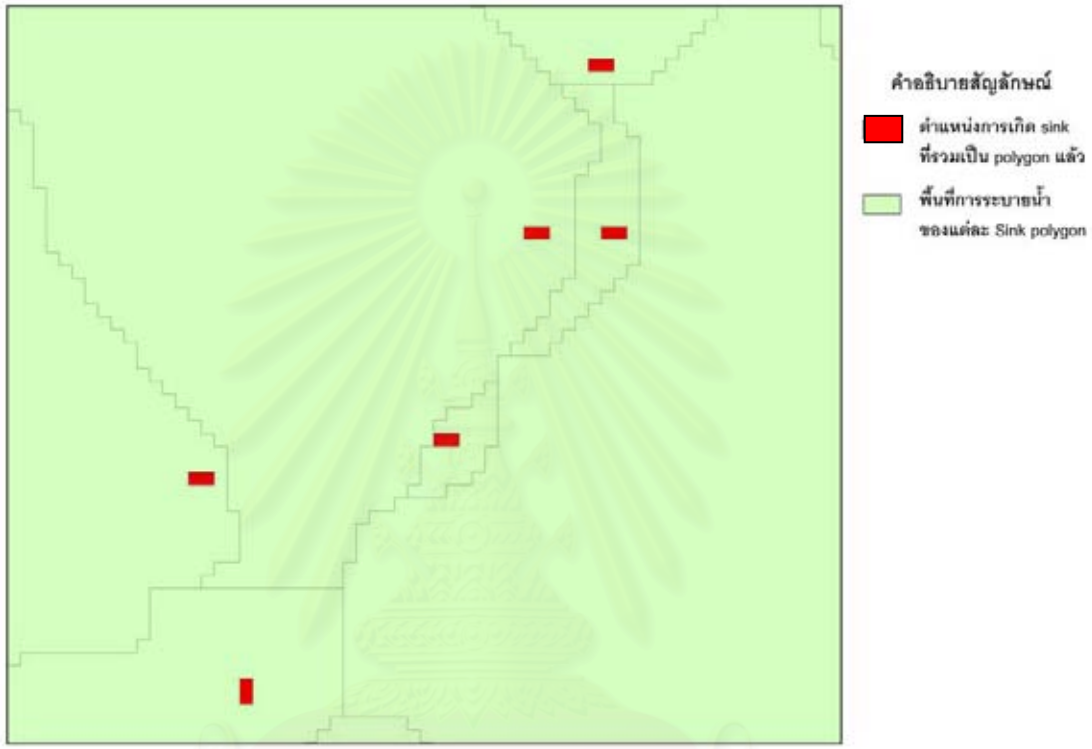
รูปที่ 2 - 5 แสดงการเกิด Peak ในกริดของแบบจำลองความสูง

รูปที่ 2-4 และรูปที่ 2-5 เป็นรูปที่ใช้ในการอธิบายการเกิด Pit และ Peak ในกริดของแบบจำลองความสูง ช่องสีแดงแสดงถึงค่าความสูงที่แสดงในรูปกริด เมื่อทำการเปรียบเทียบความสูง ค่าที่ได้จะมีความแตกต่างจากค่าความสูงของกริดรอบข้าง



รูปที่ 2 - 6 แสดงการเกิด sink ในแบบจำลองความสูง

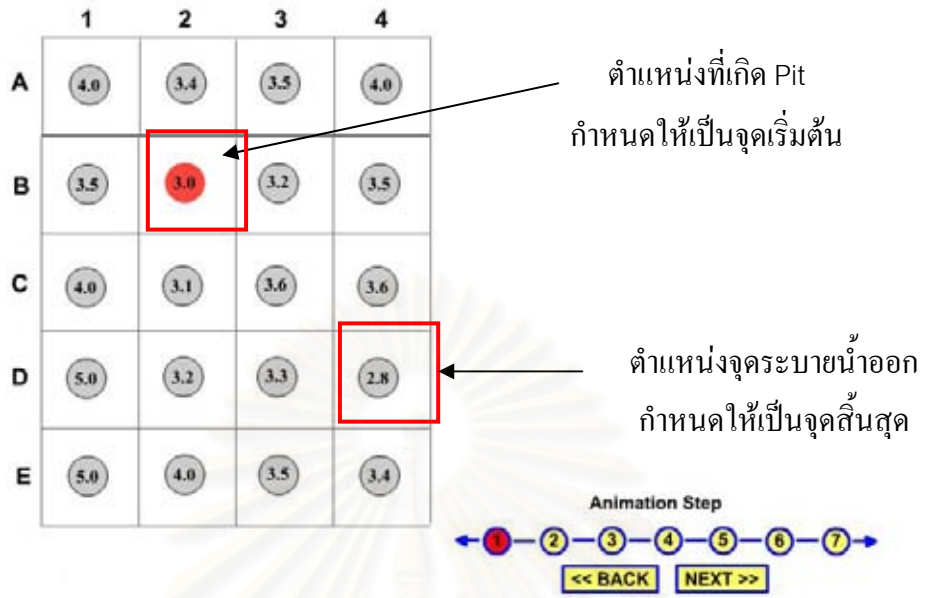
จากนั้นทำการรวมหรือสร้าง polygon จากกริดที่เกิด Pit และ Peak ถ้าเป็นกริดที่เกิดเพียงตำแหน่งเดียวนับเป็น 1 polygon และถ้าเป็นกริดที่อยู่ติดกันจะนำรวมกันเป็น polygon เดียว จากนั้นทำการสร้าง polygon รอบพื้นที่การระบายน้ำที่ได้ทำการตั้งค่าจำนวนกริดที่น้อยที่สุด รอบ polygon ที่สร้างขึ้นจากตำแหน่ง Pit และ Peak



รูปที่ 2 - 7 แสดง Sink polygon และ พื้นที่การระบายน้ำของแต่ละจุด Sink polygon

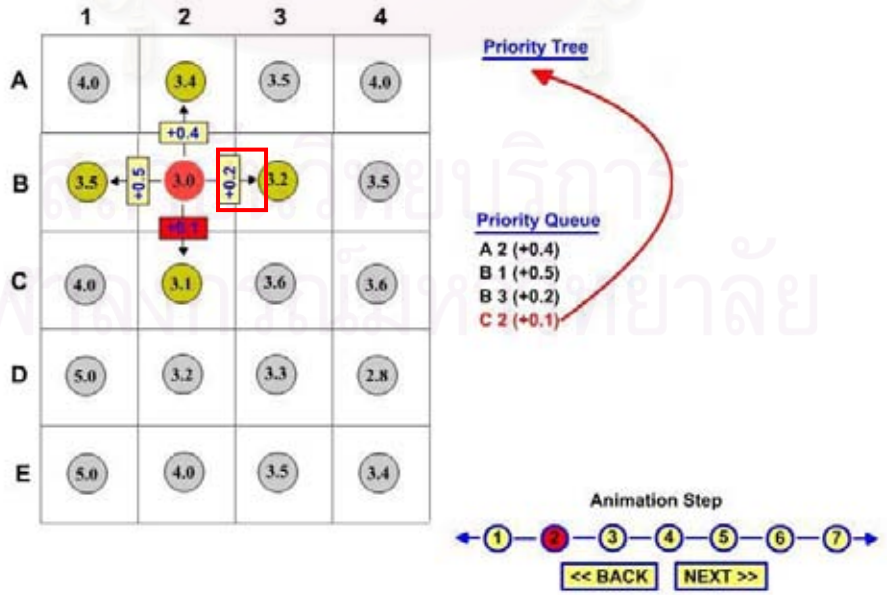
เมื่อได้พื้นที่การระบายน้ำและตำแหน่ง Sink แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่าความเป็นไปได้ของค่าความสูงที่จะใช้ในการแก้ไขค่าความสูงตำแหน่งกริดที่เกิด Pit และ Peak โดยมีวิธีการคำนวณเพื่อหาค่าความสูงกริดใหม่ด้วยวิธีการ Fill กริด มีขั้นตอนทั้งหมด 7 ขั้นตอน (ที่มา ; http://www.csse.com) ดังนี้

- Step ที่ 1 หาจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดที่อยู่ในพื้นที่การระบายน้ำเดียวกัน จุดเริ่มต้นการคำนวณคือ ตำแหน่งกริดที่เกิด Pit และ Peak จุดสิ้นสุดของการคำนวณคือตำแหน่งกริดที่เป็นจุดสิ้นสุดการระบายน้ำออกของพื้นที่การระบายน้ำที่ศึกษา



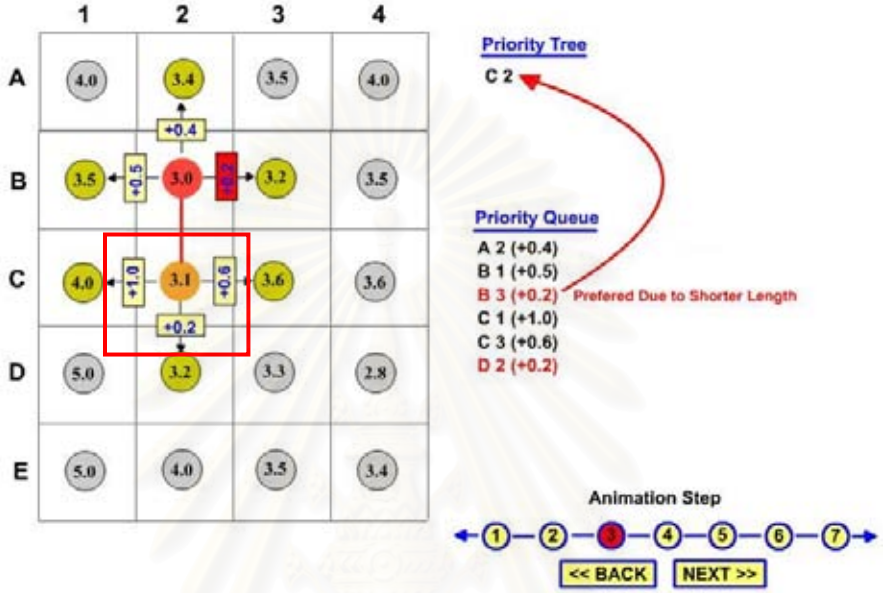
รูปที่ 2 - 8 แสดง Step ที่ 1 หาจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดที่อยู่ในพื้นที่การระบายน้ำเดียวกัน

- Step ที่ 2 หาค่าความสูงระหว่างกริดเทียบจากกริดเริ่มต้น เป็นวิธีการหาค่าความต่างความสูงกริดที่อยู่รอบๆ กริดที่เกิด Pit และ Peak เก็บค่าความต่างความสูงของแต่ละกริดที่อยู่รอบข้างไว้ใน Priority Queue กริดที่มีค่าความต่างความสูงน้อยที่สุดให้เก็บค่าความต่างความสูงไว้ใน Priority Tree



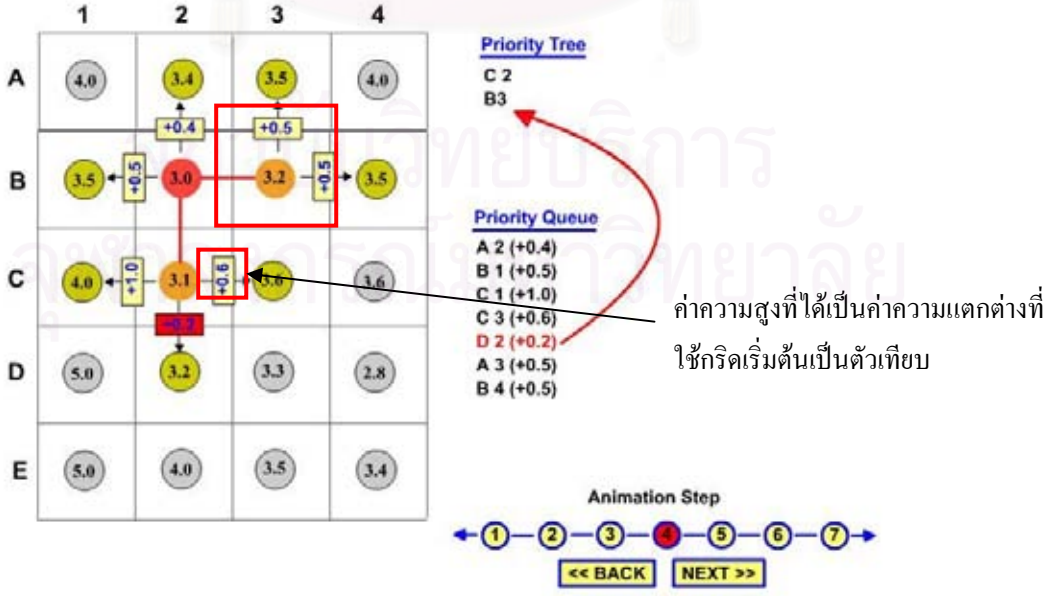
รูปที่ 2 - 9 แสดง Step ที่ 2 หาค่าความสูงระหว่างกริดเทียบจากกริดเริ่มต้น

- Step ที่ 3 พิจารณากริดถัดไป โดยเลือกตำแหน่งที่สนใจจากตำแหน่งกริดที่มีค่าความต่างความสูงน้อยที่สุดที่ได้จาก Step ที่ 1 จากนั้นทำการคำนวณหาค่าความต่างความสูงที่น้อยที่สุดจากกริดรอบข้าง ทำการเก็บตำแหน่งและค่าความต่างความสูงทั้งหมดไว้ใน Priority Queue และเก็บตำแหน่งและค่าความต่างความสูง ที่น้อยที่สุดไว้ใน Priority Tree



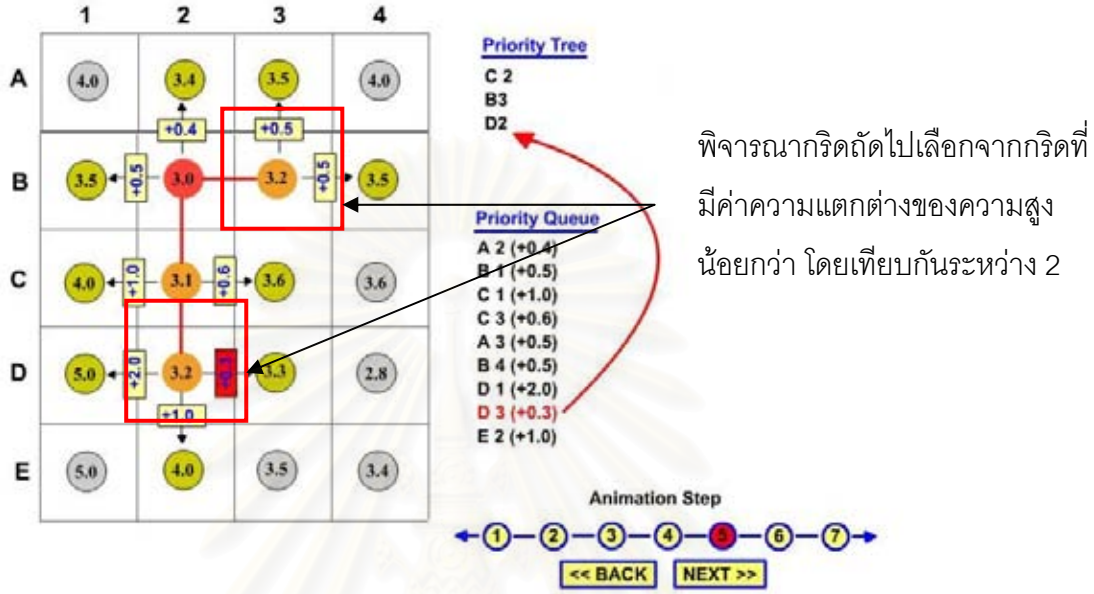
รูปที่ 2 - 10 แสดง Step ที่ 3 พิจารณากริดถัดไปเลือกจากกริดที่มีค่าความต่างความสูงน้อยที่สุด

- Step ที่ 4 พิจารณากริดถัดไปโดยใช้ค่าความต่างความสูงเป็นตัวเทียบ โดยคำนวณเหมือนกับ Step ที่ 1,Step ที่ 2 และ Step ที่ 3



รูปที่ 2 - 11 แสดง Step ที่ 4 พิจารณากริดถัดไปโดยใช้ค่าความต่างความสูงเป็นตัวเทียบ

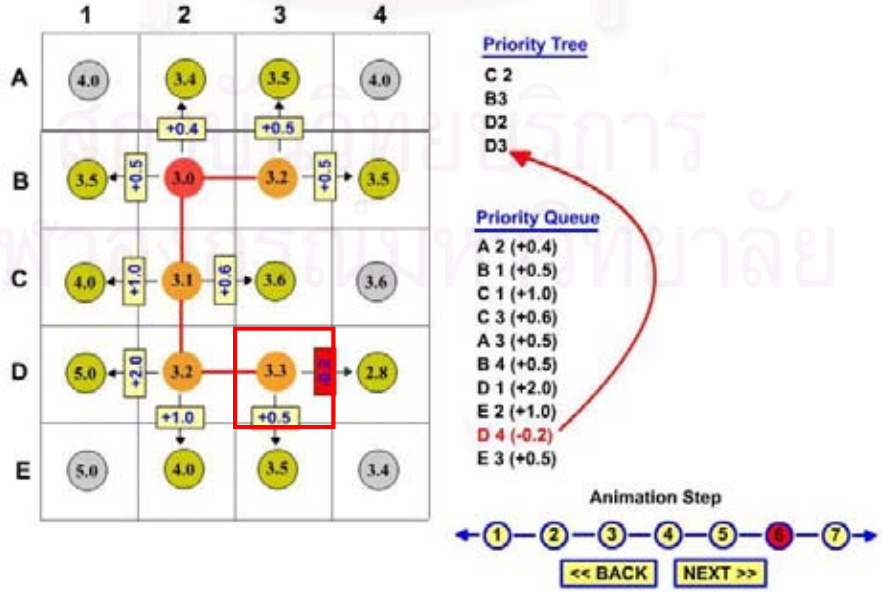
- Step ที่ 5 พิจารณากริดถัดไปเลือกจากกริดที่มีค่าความต่างความสูงที่น้อยกว่า จากกริดทั้ง 2 ทิศทางที่ได้จากการคำนวณจาก Step ที่ 1, Step ที่ 2, Step ที่ 3 และStep ที่ 4 โดยเลือกกริดที่จะใช้คำนวณต่อ จากค่าความต่างความสูงที่น้อยที่สุด



พิจารณากริดถัดไปเลือกจากกริดที่มีค่าความแตกต่างของความสูงน้อยกว่า โดยเทียบกันระหว่าง 2

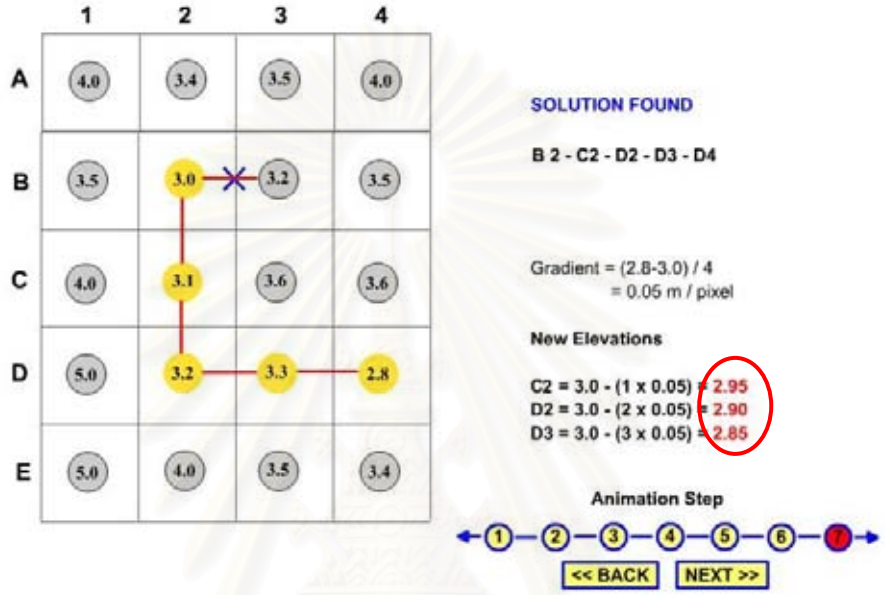
รูปที่ 2 - 12 แสดง Step ที่ 5 พิจารณากริดถัดไปเลือกจากกริดที่มีค่าความแตกต่างของความสูงน้อยกว่า โดยเทียบกันระหว่าง 2 กริด

- Step ที่ 6 ทำการเปรียบเทียบค่าความต่างความสูง จนกระทั่งถึงจุดสิ้นสุดการคำนวณหรือจนถึงกริดสุดท้ายที่มีการระบายน้ำออกของพื้นที่ที่ศึกษา



รูปที่ 2 - 13 แสดง Step ที่ 6 ทำการเปรียบเทียบจนกว่าจะถึงกริดที่เป็นจุดระบายน้ำออก

- Step ที่ 7 เป็นวิธีการหาค่าความสูงใหม่ จากการนำค่าความสูงจากกริดที่เกิด Pit หรือ Peak ลบด้วย (จำนวนระยะห่างของกริดจากจุดเริ่มต้น x (ความแตกต่างของค่าความสูงของจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุด / จำนวนกริดทั้งหมดที่เดินทางผ่าน)) นำค่าที่ได้ไปคำนวณค่าความสูงใหม่ของกริดที่มีการเดินทางผ่าน หรือกริดที่ได้ทำการเก็บตำแหน่งไว้ใน Priority Tree

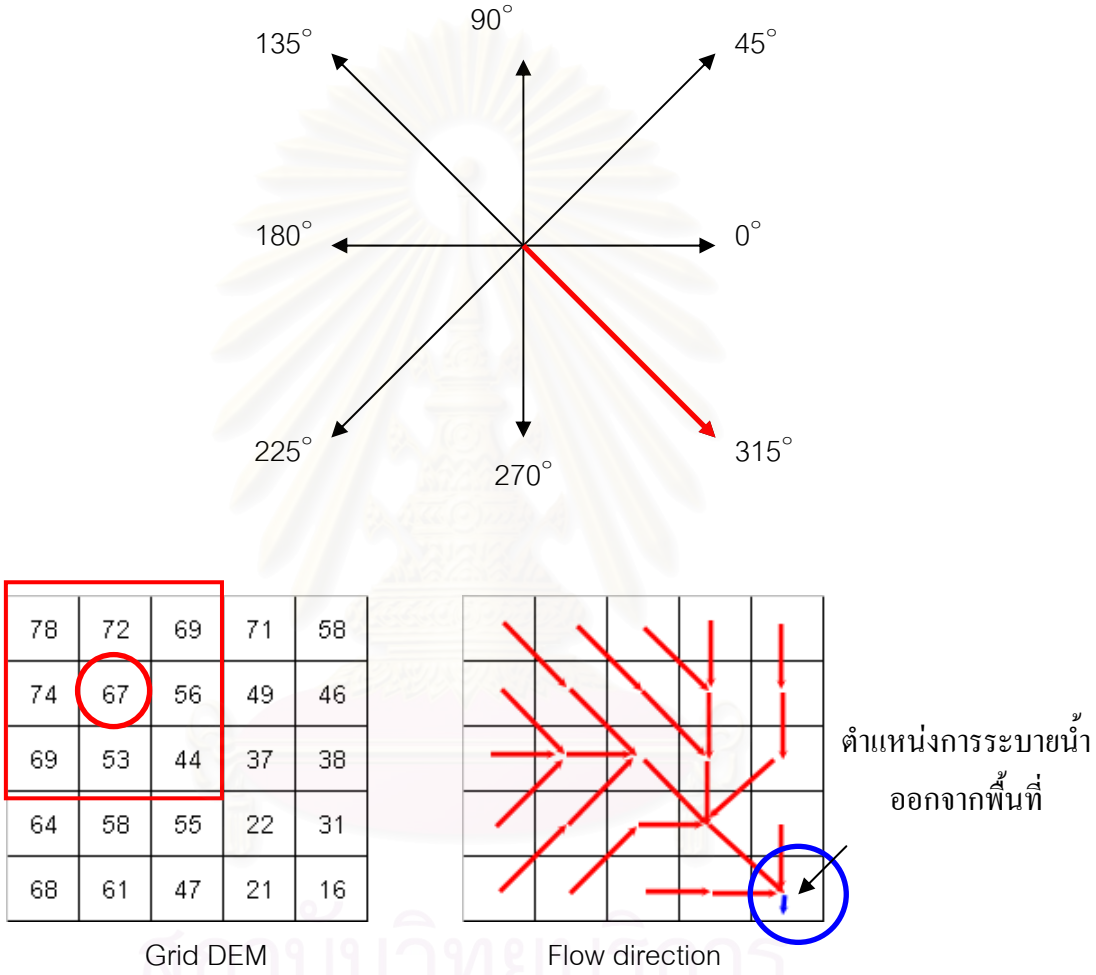


รูปที่ 2 - 14 แสดง Step ที่ 7 ทำการคำนวณหาค่าความสูงใหม่ในกริดที่อยู่ในเส้นทางระหว่างจุดเริ่มต้นไปยังจุดสิ้นสุด

รูปที่ 2 - 15 แสดงตัวอย่างผลที่ได้จากการ fill

2. Flow direction (Mark, 1988) คือการหาทิศทางการไหลของน้ำโดยพิจารณาจากข้อมูลแบบจำลองความสูงที่อยู่ในรูปแบบกริด น้ำจะไหลจากกริดหนึ่งไปยังกริดหนึ่งโดยใช้ ค่าระดับความสูงที่อยู่ในกริดเป็นตัวควบคุมทิศทางการไหล ยกตัวอย่างการหาทิศทางการไหลโดยกำหนดให้กริดที่มีค่าความสูงเท่ากับ 67 เป็นกริดที่สนใจ โดยพิจารณาจาก 8 กริด ที่อยู่รอบๆ โดยมีทิศทางการไหลเป็นมุมดังนี้ (0, 90, 180, 270, 45, 135, 225, 315) จากที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่า

น้ำจะไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำ เช่น กริดที่มีค่าระดับความสูงอยู่ที่ 67 ทำการเทียบกับกริดที่อยู่รอบข้าง จากผลการสังเกตุ กริดที่ทำมุม 315 องศา มีระดับความสูงที่ต่ำที่สุดเทียบจาก 8 กริด ที่อยู่รอบข้าง เพราะฉนั้นจากตัวอย่างข้างต้นสามารถบอกได้ว่าน้ำจะไหลไปยังกริด ที่มีค่าระดับความสูงที่ 44 ต่อไป

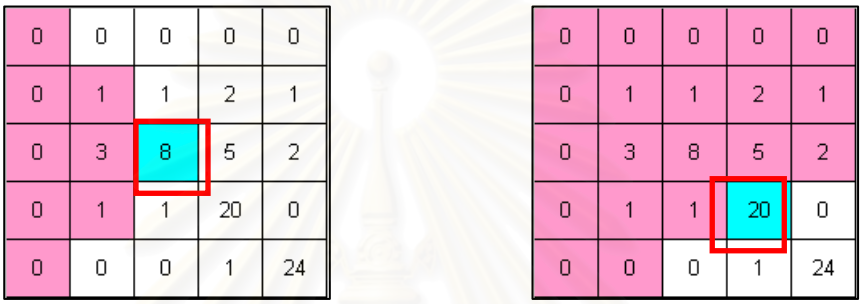


รูปที่ 2 - 16 แสดงการหาทิศทางการไหลของน้ำในกระบวนการ Flow direction

3.Flow accumulate (Maidment, 2002) คือการบันทึกการไหลสะสมของกริดแต่ละกริดที่มีการระบายน้ำผ่านกริด และแสดงจำนวนกริดที่มีการไหลรวมกันยังตำแหน่งที่มีการรับน้ำจากกริดอื่นๆ ที่มีการไหลผ่าน ในพื้นที่ที่มีการระบายน้ำออกมายังตำแหน่งเดียวกัน เช่น ตำแหน่งที่มีค่า Flow accumulation เท่ากับ 8 คือมีการไหลรวมกันของกริดจำนวนทั้งหมด 8 กริดก่อนที่จะมาถึงตำแหน่งดังกล่าว

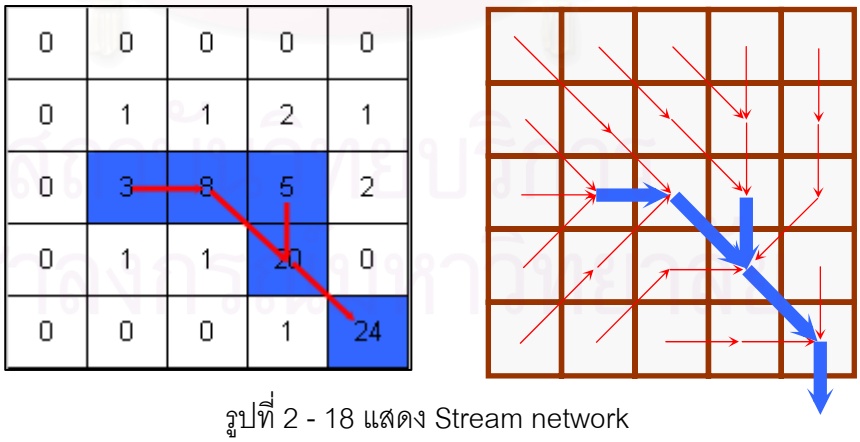
78	72	69	71	58
74	67	56	49	46
69	53	44	37	38
64	58	55	22	31
68	61	47	21	16

Grid DEM



รูปที่ 2 - 17 แสดงกระบวนการทำงานของ Flow accumulation

4. **Stream network** (ESRI, 2009) คือเส้นทางที่มีการระบายน้ำไหลผ่าน คำนวณจากค่าการไหลสะสมของจำนวนกริดที่รวมเป็นพื้นที่การระบายน้ำเดียวกัน โดยเริ่มต้นเส้นทางน้ำจากกริดที่มีค่าการไหลสะสมน้อยที่สุดไปยังกริดที่มีการไหลสะสมมากที่สุด



รูปที่ 2 - 18 แสดง Stream network

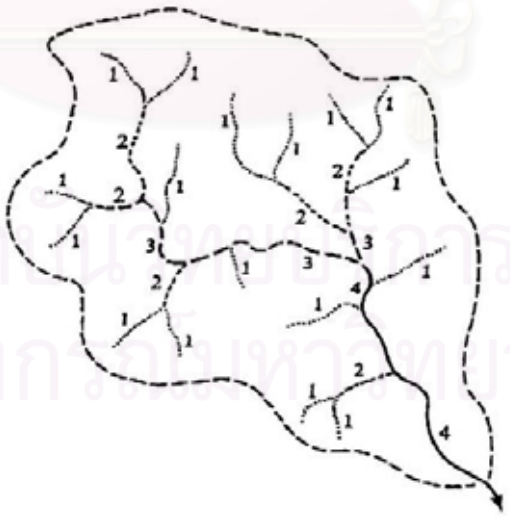
5. **Stream Order** คือการนำเส้นทางน้ำที่ได้มาแบ่งประเภทของเส้นทางน้ำตามกระบวนการแยก Stream Order (United States Environmental Protection Agency, 2000) เป็นการ

จำแนกประเภทของ Stream ที่อยู่ในลุ่มน้ำเดียวกัน ส่วนจัดการต้นน้ำฯ ได้แยกประเภท Stream Order ที่เหมาะสมกับการสร้างฝายต้นน้ำในประเทศไทยไว้ดังนี้

- First Order Stream คือ เส้นทางน้ำเส้นแรกที่เป็นจุดเริ่มต้นของลำธารและเป็นต้นกำเนิดของลำธาร เหมาะสำหรับการสร้างฝายต้นน้ำแบบผสมผสาน และในเส้นทางน้ำนี้เป็นเส้นทางที่อยู่ลึกเข้าไปในป่าการขนส่งยากลำบาก จึงเหมาะที่จะใช้วัตถุดิบจากธรรมชาติ เช่นก้อนหิน กิ่งไม้ ใบไม้ เสาไม้ เป็นต้น

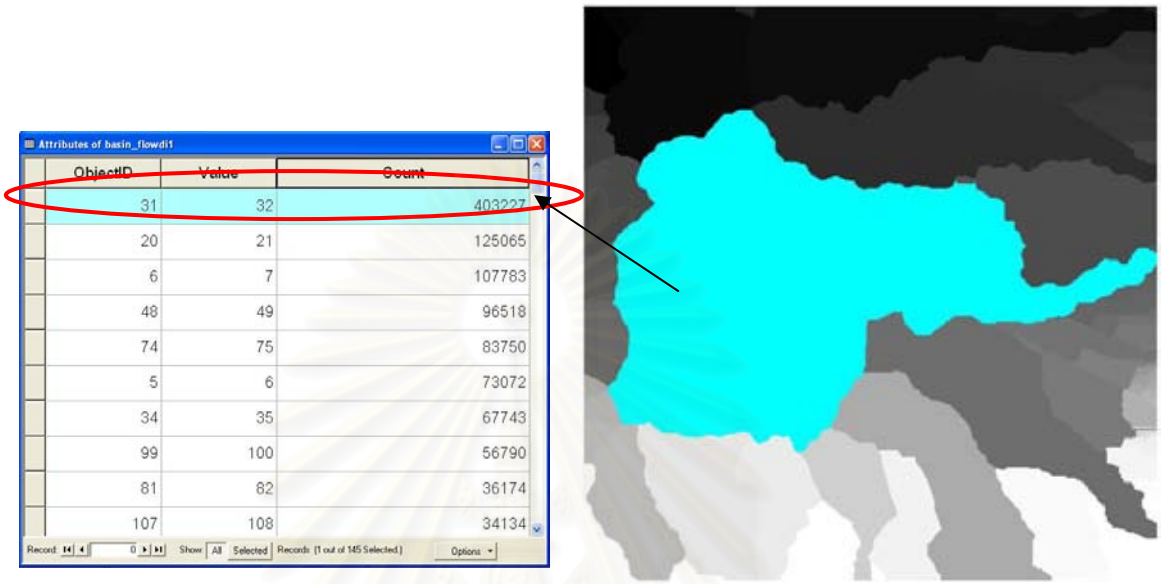
- Second Order Stream คือเส้นทางน้ำเส้นที่ได้จากการไหลรวมกันของ First Order Stream หลายๆ First Order Stream และอาจเป็นเส้นทางที่ First Order Stream กับ Second Order Stream ไหลรวมกัน จึงต้องมีการสร้างฝายให้มีความแข็งแรงมากขึ้นและพื้นที่นั้นยังเป็นพื้นที่ที่ยังมีการขนส่งไม่สะดวกมากนัก เหมาะสำหรับการสร้างฝายต้นน้ำแบบกึ่งถาวร

- Third Order Stream คือเส้นทางน้ำที่ได้จากการไหลรวมกันของ Second Order Stream กับ Second Order Stream หรือ Third Order Stream กับ First Order Stream หรือ Third Order Stream กับ Second Order Stream จึงต้องมีการพัฒนารูปแบบฝายให้มีความแข็งแรงมากขึ้นนั้นคือฝายต้นน้ำแบบถาวร สามารถชะลอความรุนแรงและเก็บกักปริมาณน้ำที่มีมากอำนวยความสะดวกให้กับแหล่งชุมชน



รูปที่ 2 - 19 แสดง Stream Order (Strahler, 1964)

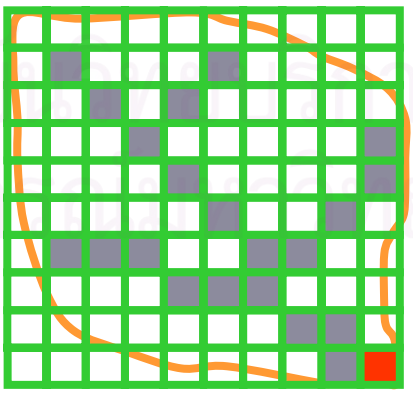
6. **Basin** คือ การหาพื้นที่การระบายน้ำที่มีการไหลรวมกันออกมาเป็นจุดระบายน้ำจุดเดียวกัน โดยทำการรวบรวมพื้นที่ทั้งหมดที่มีการไหลรวม



รูปที่ 2 - 20 แสดง Basin และจำนวน cell ทั้งหมดในแต่ละ basin

2.3.2 **การหาพื้นที่ลุ่มน้ำ** (Watershed)

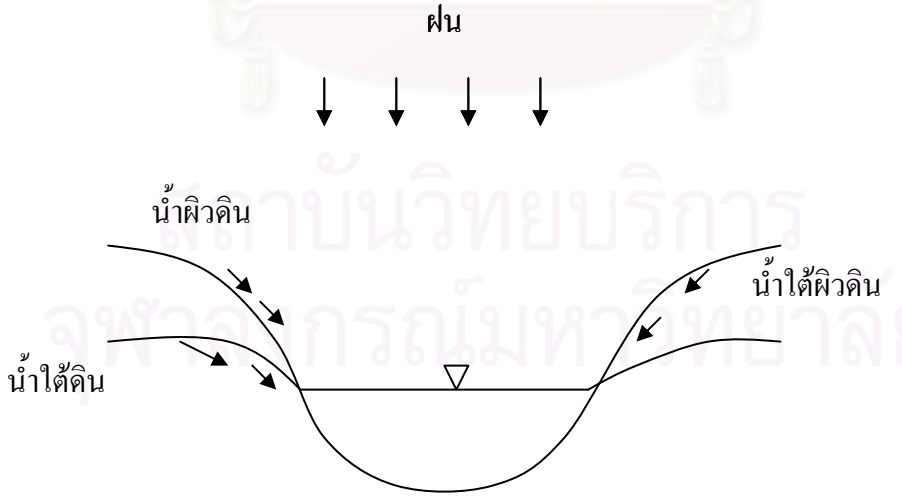
เป็นการหาขอบเขตของพื้นที่ลุ่มน้ำที่สร้างครอบคลุมพื้นที่ของกริดทั้งหมดที่มีการระบายและไหลรวมกันของน้ำออกมายังจุดเดียวกัน จากนั้นทำการเลือกพื้นที่ลุ่มน้ำเฉพาะพื้นที่ที่จะใช้ในการศึกษาจากพื้นที่ลุ่มน้ำที่สร้างขึ้นทั้งหมด



รูปที่ 2 - 21 แสดงขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำ (Watershed)

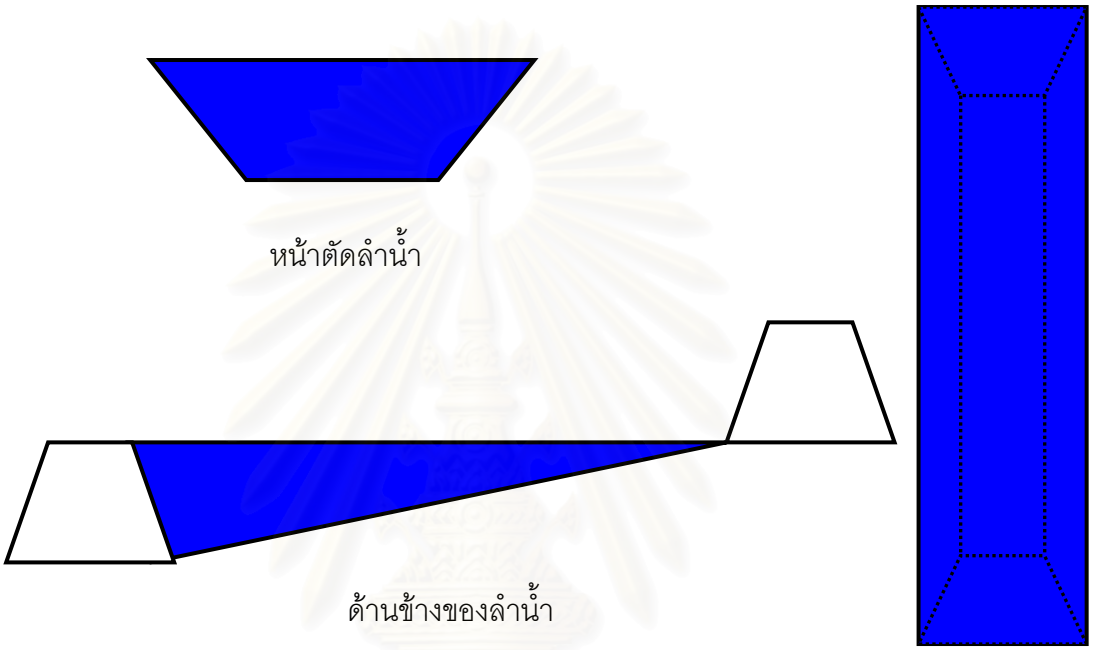
2.4 แนวคิดการหาปริมาณน้ำหน้าฝายต้นน้ำ

ในการหาปริมาณน้ำหน้าฝายต้นน้ำ ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการคำนวณปริมาณน้ำที่เก็บกักหน้าฝายต้นน้ำในอุดมคติ จากการหาปริมาตรของรูปทรงสี่เหลี่ยคางหมู เนื่องจากหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมคางหมูเป็นหน้าตัดที่ดีที่สุดทางชลศาสตร์ (กีรติ ลีวัจนกุล, 2549) และคำนวณปริมาณน้ำหน้าฝายต้นน้ำด้วยการหาปริมาตรของรูปทรงสามเหลี่ยม การคำนวณทั้งสองรูปทรงนี้เป็นการคำนวณตามลักษณะที่ใกล้เคียงกับเส้นทางน้ำจริงโดยทำการแยกเส้นทางน้ำออกเป็นแบบ U-Shape และแบบ V-Shape ในการเลือกวิธีการคำนวณจะเลือกด้วยวิธีการสำรวจภาคสนามหรือสอบถามจากเจ้าหน้าที่อุทยานฯ ที่ชำนาญในพื้นที่ เพื่อลดงบประมาณที่ใช้ในการลงสำรวจข้อมูลภาคสนามลง แต่ในความเป็นจริงตามธรรมชาติหน้าตัดของเส้นทางน้ำไม่สามารถคำนวณค่าความกว้าง ยาว และความสูงได้ จึงต้องมีการประมาณค่าความกว้าง ยาว สูง ให้มีค่าใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงในธรรมชาติมากที่สุด เพื่อช่วยในการประมาณการแบบเบื้องต้นให้มีความสะดวก รวดเร็ว เข้าใจง่ายมากขึ้นในการคำนวณ ในการหาปริมาณน้ำหน้าฝายต้นน้ำในงานวิจัยนี้ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น เป็นการคำนวณน้ำในอุดมคติ ในการคำนวณหาปริมาณน้ำในงานวิจัยนี้จึงไม่นำปริมาณน้ำที่ได้จากสิ่งแวดล้อม และปริมาณน้ำที่สูญเสียระหว่างการไหลมาใช้ในการคำนวณ ผลของปริมาณน้ำที่ได้ คือปริมาณน้ำที่ฝายต้นน้ำสามารถเก็บกักไว้ในบริเวณพื้นที่เก็บกักน้ำหน้าฝาย พื้นที่เก็บกักน้ำหน้าฝายในงานวิจัยนี้ คือพื้นที่ในเส้นทางน้ำ ที่อยู่ระหว่างฝายตัวแรกและฝายตัวถัดไป

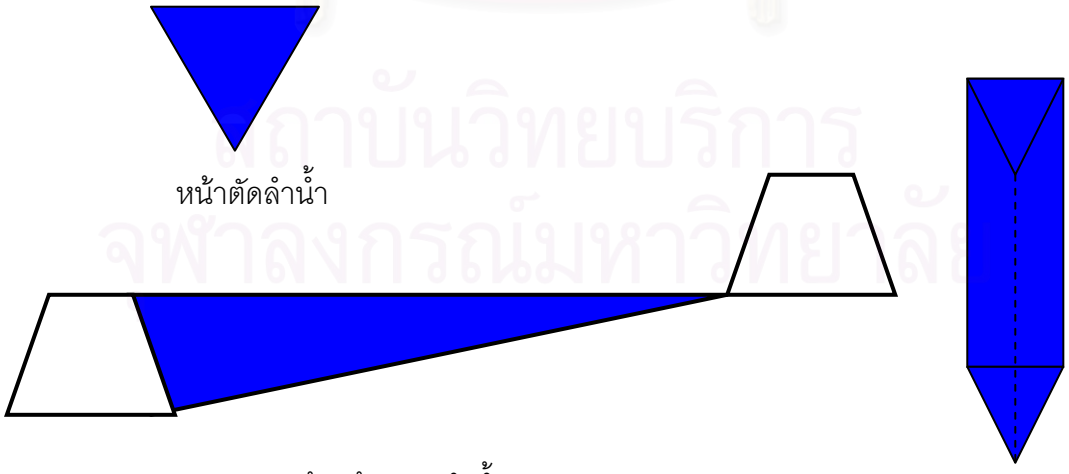


รูปที่ 2 - 22 แสดงหน้าตัดของเส้นทางน้ำและน้ำจากสิ่งแวดล้อมที่ไหลลงเส้นทางน้ำ

การคำนวณหาปริมาณน้ำหน้าฝายต้นน้ำ ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการแยกรูปแบบของเส้นทางน้ำที่ใช้ในการคำนวณหาปริมาณน้ำออกเป็น 2 แบบ แบบที่ 1 คือแบบ U-Shape แบบที่ 2 คือแบบ V-Shape โดยแยกตามลักษณะหน้าตัดของเส้นทางน้ำที่ใกล้เคียงกับเส้นทางน้ำที่มีอยู่จริงในธรรมชาติมากที่สุด เพื่อเพิ่มความถูกต้องของการคำนวณหาปริมาณน้ำเก็บกักหน้าฝายต้นน้ำให้มีค่าความถูกต้องมากยิ่งขึ้น



รูปที่ 2 - 23 แสดงพื้นที่เก็บกักน้ำหน้าฝายต้นน้ำในรูปแบบการคำนวณหน้าตัดลำน้ำแบบ U-Shape (รูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมู)



รูปที่ 2 – 24 แสดงพื้นที่เก็บกักน้ำหน้าฝายต้นน้ำในรูปแบบการคำนวณหน้าตัดลำน้ำแบบ U-Shape (รูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมู)

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ณภา (2548) เป็นงานวิจัยที่ใช้ในการหาจำนวนฝายต้นน้ำ โดยทำการหาตำแหน่งฝายต้นน้ำด้วยวิธีการสร้างเส้นชั้นความสูง กำหนดช่วงความสูงของระยะห่างฝายต้นน้ำทุกๆ 20 เมตรจากแผนที่แสดงภูมิประเทศมาตรส่วน 1:50,000 โดยกำหนดให้มีการสร้างฝายต้นน้ำบริเวณจุดตัดของลำน้ำกับเส้นชั้นความสูง จากนั้นทำการแบ่งขนาดของกริดใหม่จากข้อมูลแบบจำลองความสูงที่ใช้คือ 100 เมตร เป็น 1 ตารางกิโลเมตร และแสดงค่าของจำนวนฝายต้นน้ำในพื้นที่กริดที่สร้างขึ้นในรูปแบบ DN (Digital number) ของแต่ละกริด จากนั้นนำค่าของจำนวนฝายที่อยู่ในกริด 1 ตารางกิโลเมตร มาหาค่าความลาดชันของแต่ละกริด สร้างเป็นสมการวิเคราะห์การถดถอย นำสมการที่ได้มาคำนวณหาจำนวนฝายต้นน้ำในพื้นที่ศึกษาที่มีความสัมพันธ์กับค่าความลาดชันของพื้นที่ใน 1 ตารางกิโลเมตร

นิรันดร์ (2548) เป็นงานวิจัยที่ศึกษาทัศนคติของหัวหน้าหน่วยจัดการต้นน้ำต่อการสร้างฝายต้นน้ำลำธาร โดยใช้วิธีการสัมภาษณ์หัวหน้าหน่วยจัดการต้นน้ำจำนวน 189 แห่งทั่วประเทศ เรื่องความคิดเห็นที่เกี่ยวข้องกับการสร้างฝายต้นน้ำในพื้นที่ที่แตกต่างกันทั่วประเทศ โดยนำมาหาค่าสถิติข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการสร้างฝายต้นน้ำ ได้ผลการวิเคราะห์ที่แยกตามรูปแบบการสร้างฝายต้นน้ำดังแสดงในตารางที่ 2-1 ข้อที่ 2.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย

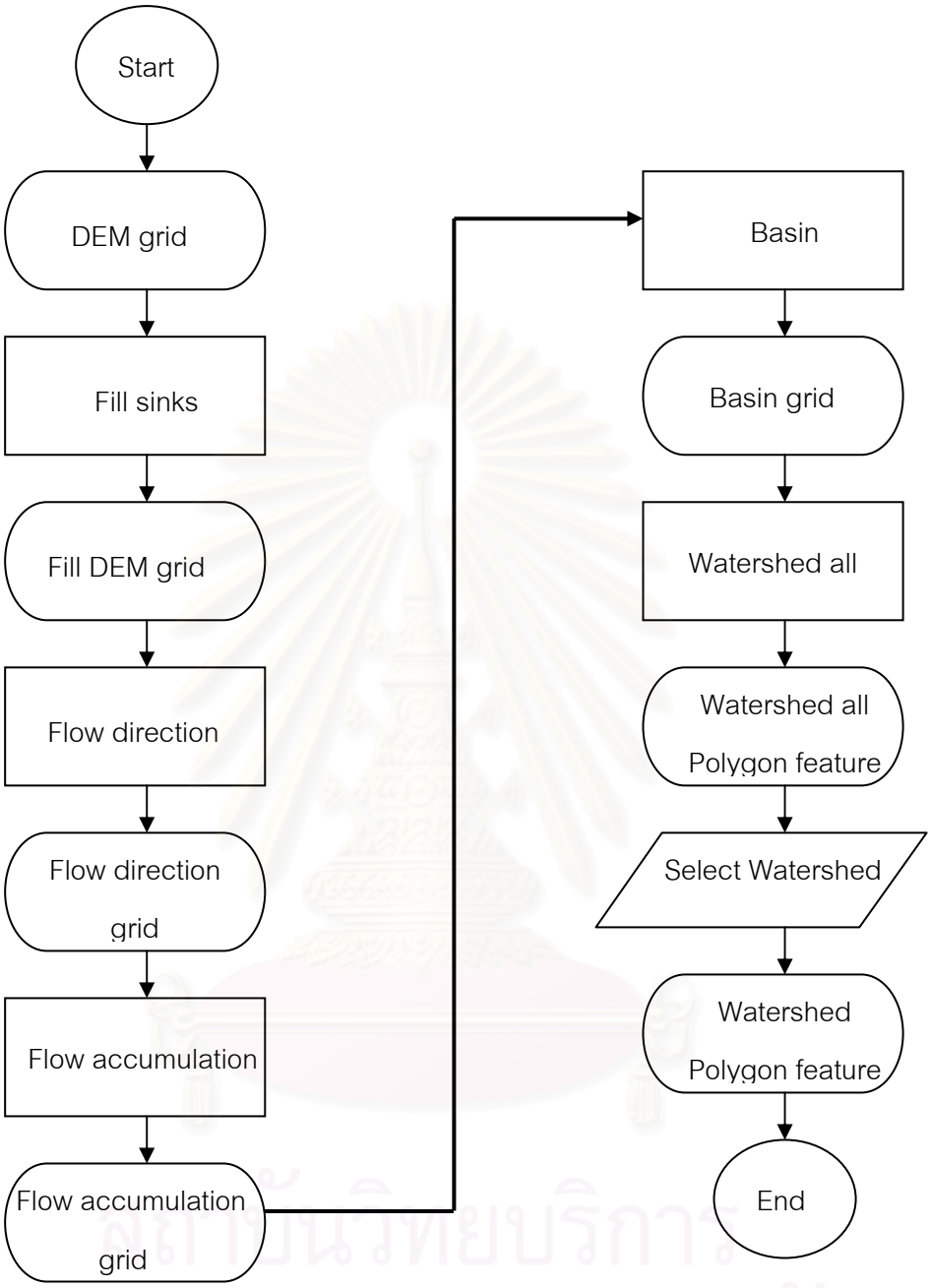
ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนในการศึกษา หาจำนวนและตำแหน่งฝายต้นน้ำ ซึ่งมีผังงานการทำงานดังนี้

รูปที่ 3 - 1 แสดงขั้นตอนการหาจำนวนและตำแหน่งฝายต้นน้ำ

3.1 การสร้างขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำ (Watershed)

การสร้างขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำในงานวิจัยนี้ สร้างเพื่อใช้ในการเลือกขอบเขตพื้นที่ศึกษา เนื่องจากข้อมูลแบบจำลองความสูงที่ใช้ในการสร้างเส้นทางน้ำนั้น เป็นข้อมูลที่มีพื้นที่กว้างครอบคลุมพื้นที่ศึกษารวมทั้งพื้นที่บริเวณรอบข้างด้วย เมื่อนำข้อมูลแบบจำลองความสูงไปสร้างเส้นทางน้ำจะได้เส้นทางน้ำที่อยู่นอกพื้นที่ศึกษาด้วย ในงานวิจัยนี้ สนใจเฉพาะเส้นทางน้ำที่อยู่ในพื้นที่ศึกษา ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีขอบเขตของพื้นที่ศึกษา เพื่อใช้ในการเลือกเฉพาะเส้นทางน้ำที่จะนำไปใช้ในการคำนวณหาตำแหน่งและจำนวนฝายต้นน้ำอีกต่อไป

ในการหาพื้นที่ลุ่มน้ำ ในงานวิจัยนี้จะใช้แบบจำลอง Hydrologic Analysis ของ Hamid (2004) ทำการหาพื้นที่ลุ่มน้ำ (Watershed) จากข้อมูลแบบจำลองความสูง มาตราส่วน 1: 4,000 ของกรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โดยมีขั้นตอนและวิธีการทำงานของแบบจำลองแสดงในผังงานดังต่อไปนี้

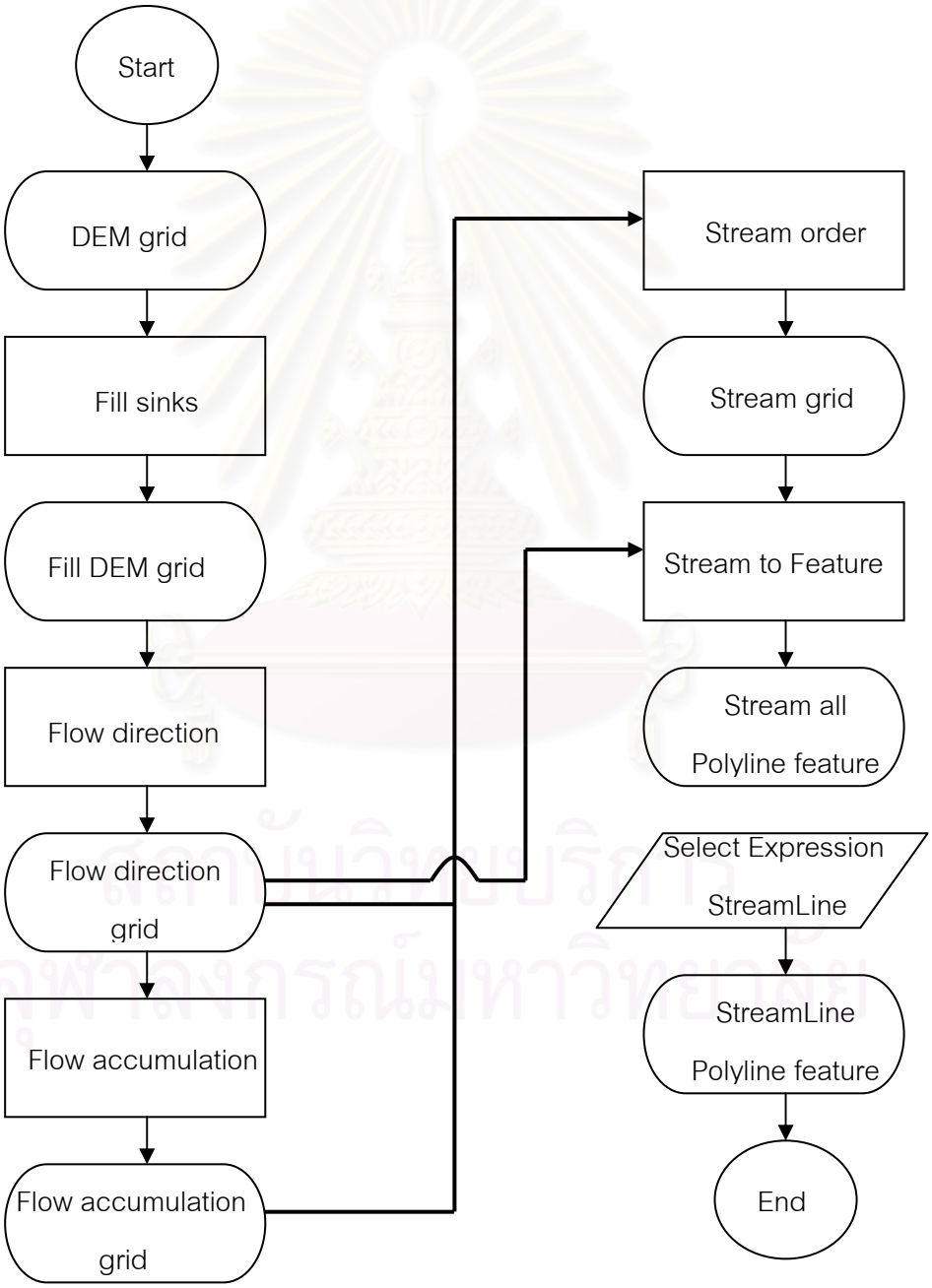


รูปที่ 3 - 2 แสดงผังงานในการสร้างพื้นที่ลุ่มน้ำ (ESRI, 2009)

3.2 การสร้างเส้นทางน้ำ

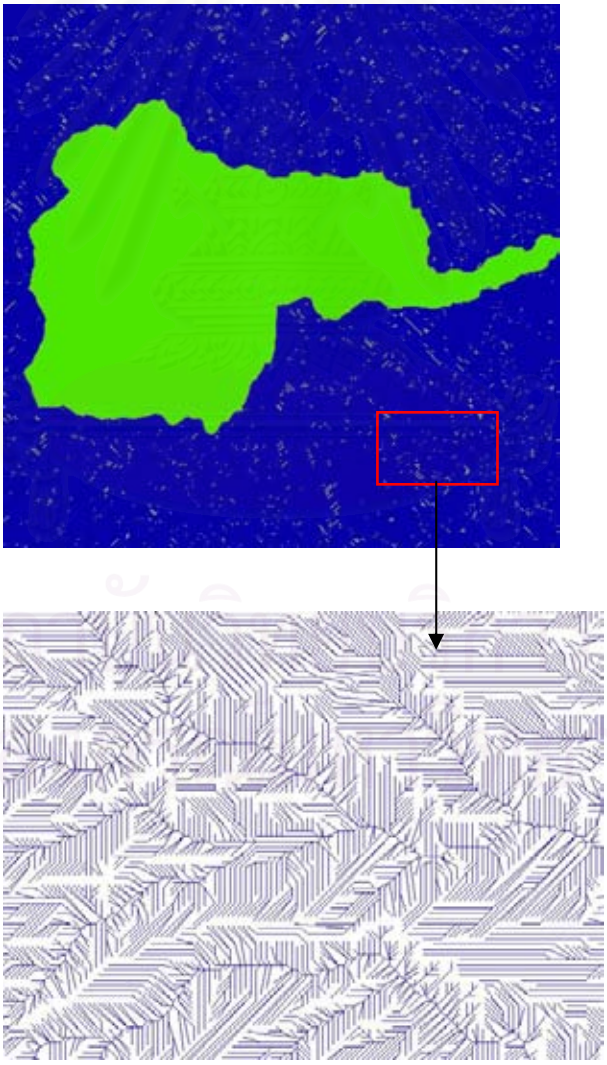
ในงานวิจัยนี้ทำการสร้างเส้นทางน้ำขึ้นใหม่จากแบบจำลองความสูง มาตราส่วน 1: 4,000 ของกรมพัฒนาที่ดิน เนื่องจากเส้นทางน้ำที่ใช้กันทั่วไปเช่นเส้นทางน้ำของกรมแผนที่ทหารมาตราส่วน 1:50,000 เมื่อเทียบกับเส้นทางน้ำที่มีอยู่จริงในธรรมชาติ จะมีเส้นทางที่มีจำนวนและความยาวไม่สอดคล้องกับเส้นทางน้ำจริงในธรรมชาติ ในการหาตำแหน่งฝายต้นน้ำจึงจำเป็นต้องสร้างเส้นทางน้ำที่มีลักษณะที่ใกล้เคียงกับเส้นทางน้ำจริงในธรรมชาติมากที่สุด เพื่อให้ได้จำนวนและ

ตำแหน่งที่ถูกต้องในการสร้างฝายต้นน้ำมากยิ่งขึ้น ในการหาเส้นทางน้ำ ในงานวิจัยนี้จะใช้แบบจำลอง Hydrologic Analysis ของ Hamid (2004) เหมือนกับการหาพื้นที่ลุ่มน้ำ (Watershed) แต่จะแตกต่างกันตรงที่ขั้นตอนหลังจากขั้นตอนการทำ Flow accumulate ในการสร้างเส้นทางน้ำจะสร้างจากข้อมูลแบบจำลองความสูง มาตราส่วน 1: 4,000 ของกรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โดยมีขั้นตอนและวิธีการทำงานของแบบจำลองแสดงในผังงานดังต่อไปนี้



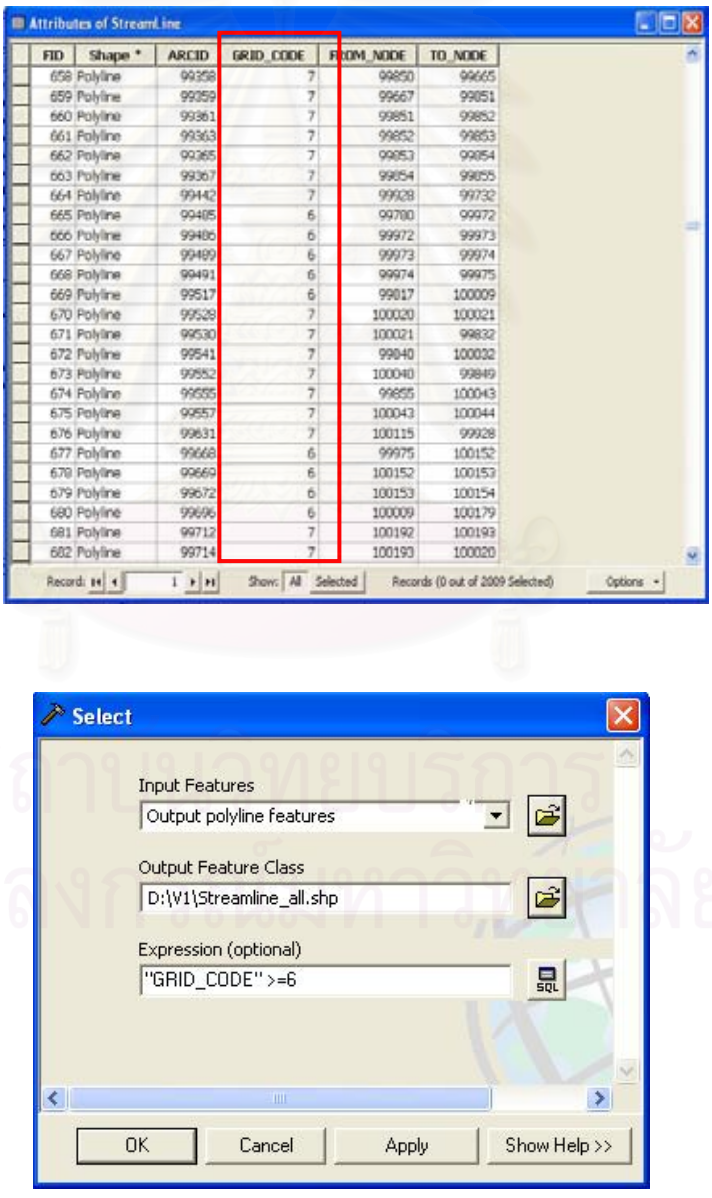
รูปที่ 3 - 3 แสดงผังงานในการสร้างเส้นทางน้ำ (ESRI, 2009)

ในกระบวนการ Select Expression StreamLine เป็นกระบวนการที่ใช้ในการเลือกลำดับของของเส้นทางน้ำที่มีลำดับน้อยที่สุดที่ใช้เป็นค่าเริ่มต้นของเส้นทางน้ำ และเป็นเส้นทางน้ำที่มีอยู่จริงในธรรมชาติ หรือที่เรียกว่า GRID_CODE คือค่าลำดับของเส้นทางน้ำ แสดงลำดับที่มีการไหลออกของน้ำจากกริดหนึ่งไปยังอีกกริดถัดไป เกิดจากกระบวนการสร้างเส้นทางน้ำ ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการเลือกเฉพาะ GRID_CODE ที่มีการไหลของน้ำในรูปแบบลำธารที่เกิดขึ้นจริงตามธรรมชาติ ในการเลือกลำดับของ GRID_CODE นั้นจะทำการทดลองสร้างเส้นทางน้ำจากการกำหนดค่าต่ำสุดของ GRID_CODE เพิ่มขึ้นทีละ 1 จนกระทั้ง GRID_CODE ลำดับสุดท้าย แล้วนำเส้นทางน้ำที่สร้างขึ้นจากการกำหนดค่าต่ำสุดของ GRID_CODE ทั้งหมด มาเปรียบเทียบกัน เลือก GRID_CODE ที่สร้างเส้นทางน้ำได้ใกล้เคียงกับเส้นทางน้ำที่มีอยู่จริงตามธรรมชาติมากที่สุด จากการสอบถามเจ้าหน้าที่อุทยานที่มีความชำนาญในพื้นที่ (สุมนต์ จงดี, 2551)



รูปที่ 3 - 4 แสดง GRID_CODE ทั้งหมดที่ผ่านกระบวนการสร้างเส้นทางน้ำ

ในงานวิจัยนี้ GRID_CODE ลำดับที่ต่ำที่สุดที่ใช้ในการสร้างเส้นทางน้ำแล้วได้เส้นทางน้ำที่มีความใกล้เคียงกับเส้นทางน้ำที่มีอยู่จริงตามธรรมชาติมากที่สุด คือ GRID_CODE ลำดับที่ 6 ในการกำหนดค่าลำดับที่ต่ำที่สุดของ GRID_CODE นั้นในการเลือกลำดับ GRID_CODE จะขึ้นอยู่กับพื้นที่ที่ศึกษา บางพื้นที่อาจใช้ลำดับของเส้นทางน้ำที่มีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าของงานวิจัยนี้ เพราะฉนั้นลำดับของ GRID_CODE อาจมีค่าที่แตกต่างกันไป ค่าของ GRID_CODE ที่น้อยที่สุดที่ทำการเลือกจะถูกกำหนดให้เป็น Stream Order แรกหรือที่เรียกว่า “First Order Stream” ค่าของ GRID_CODE ลำดับถัดไปจะเป็น “Second Order Stream” และThird Order Stream ตามลำดับต่อไป



รูปที่ 3 - 5 แสดงการเลือกลำดับ GRID_CODE ที่ต่ำที่สุด

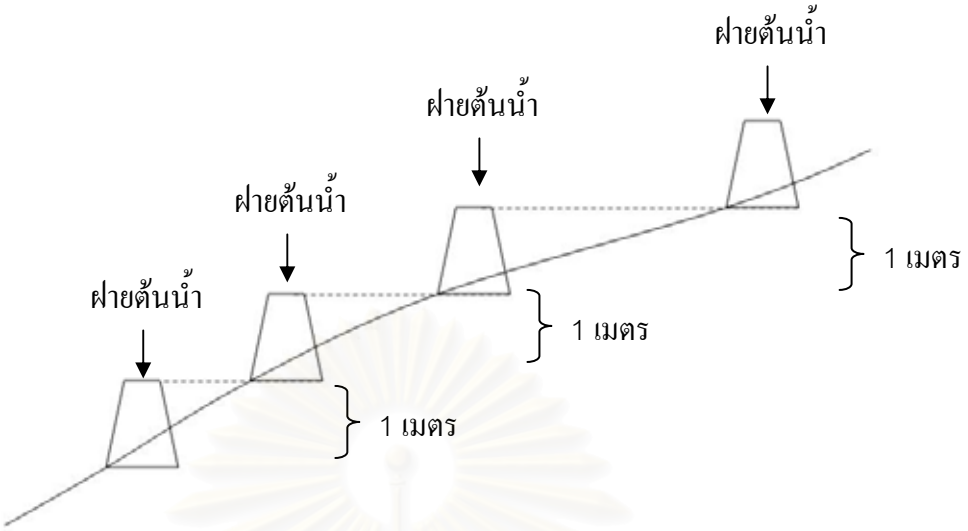
จากผังงานในรูปที่ 3-3 จะเป็นเส้นทางน้ำที่สร้างขึ้นจากแบบจำลองความสูง ที่มีพื้นที่ครอบคลุมพื้นที่ศึกษาทั้งหมด ดังนั้นจึงมีเส้นทางน้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำอื่น ที่นอกเหนือจากพื้นที่ลุ่มน้ำที่ศึกษา ดังนั้นจึงต้องมีการนำพื้นที่ลุ่มน้ำที่ผ่านการเลือกเป็นพื้นที่ศึกษาแล้วมาทำการซ้อนทับและตัดเลือกเฉพาะเส้นทางนี่อยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำที่ศึกษาเท่านั้น

3.3 การหาตำแหน่งและจำนวนฝายต้นน้ำ

เนื่องจากในพื้นที่ศึกษาเป็นป่ารกทึบ มีพื้นที่ขนาดใหญ่ มีเส้นทางน้ำหลายสาย อีกทั้งเส้นทางน้ำมีขนาดไม่คงที่ทั้งความกว้าง ความลึก และความชัน รวมทั้งเส้นทางที่ใช้ในการลำเลียงอุปกรณ์มีความยากลำบาก จากข้อมูลที่ได้กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยได้ทำการกำหนดส่วนประกอบที่ใช้ในการคำนวณหาตำแหน่งและฝายต้นน้ำใหม่ เพื่อให้เหมาะสมต่อสภาพพื้นที่และง่ายต่อการคำนวณ ผู้วิจัยจึงทำการกำหนดรูปแบบฝายต้นน้ำให้กับพื้นที่ศึกษาเป็นฝายต้นน้ำแบบผสมผสานทั้งหมด เพื่อง่ายต่อการคำนวณในเบื้องต้น จากปัญหาดังที่กล่าวมาข้างต้นพื้นที่ศึกษาเป็นป่ารกทึบ เส้นทางที่ใช้ในการลำเลียงอุปกรณ์มีความยากลำบาก ฝายต้นน้ำแบบผสมผสานจึงมีความเหมาะสมกับพื้นที่ศึกษามากกว่าฝายต้นน้ำรูปแบบอื่นๆ เนื่องจากฝายต้นน้ำแบบผสมผสาน เป็นฝายต้นน้ำที่สร้างจากวัสดุตามธรรมชาติ สามารถหาได้จากบริเวณตำแหน่งที่สร้าง เช่น เศษไม้ ก้อนหิน รวมถึงดินและก้อนหินขนาดเล็กที่สามารถกรอกลงถุงปุ๋ยได้ แต่ถ้าเป็นจุดที่มีการไหลรวมกันของเส้นทางน้ำก็อาจมีการออกแบบโครงสร้างหรือกำหนดรูปแบบฝายต้นน้ำใหม่ ให้มีความเข็มแรงพอที่จะสามารถรับน้ำที่ไหลมาบรรจบกันได้

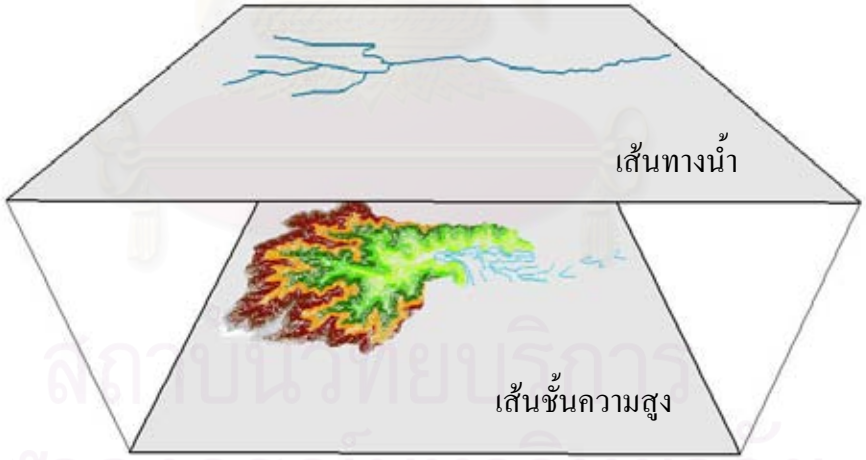
วิธีการหาตำแหน่งและจำนวนฝายต้นน้ำด้วยการหาจุดตัดของเส้นทางน้ำและเส้นชั้นความสูง

1) ทำการสร้างเส้นชั้นความสูงเพื่อเป็นตัวแทนที่ใช้ในการคำนวณหาตำแหน่งฝายต้นน้ำ จากแนวคิดของ Heed (1977) กล่าวไว้ว่าการสร้างฝายต้นน้ำควรให้จุดสูงสุดของฝายต้นน้ำตัวล่าง อยู่ในระดับความสูงเดียวกันหรือต่ำกว่าฐานของฝายต้นน้ำตัวบน จากแนวความคิดดังกล่าว ผู้วิจัยได้นำงานวิจัยของ ณภา (2548) มาเป็นแนวทางในการหาตำแหน่งฝายต้นน้ำ เริ่มต้นวิธีการหาตำแหน่งโดยการสร้างเส้นชั้นความสูงจากค่าความสูงของฝายต้นน้ำ ความสูงของฝายต้นน้ำที่ส่วนจัดการต้นน้ำฯ ได้กำหนดให้เป็นความสูงฝายต้นน้ำที่เหมาะสมในการสร้างฝายต้นน้ำในประเทศไทยโดยกำหนดให้ฝายต้นน้ำแบบผสมผสาน มีความสูงฝายต้นน้ำที่เหมาะสมอยู่ที่ความสูงฝายต้นน้ำเท่ากับ 1 เมตร (ส่วนจัดการทรัพยากรต้นน้ำฯ, 2547)



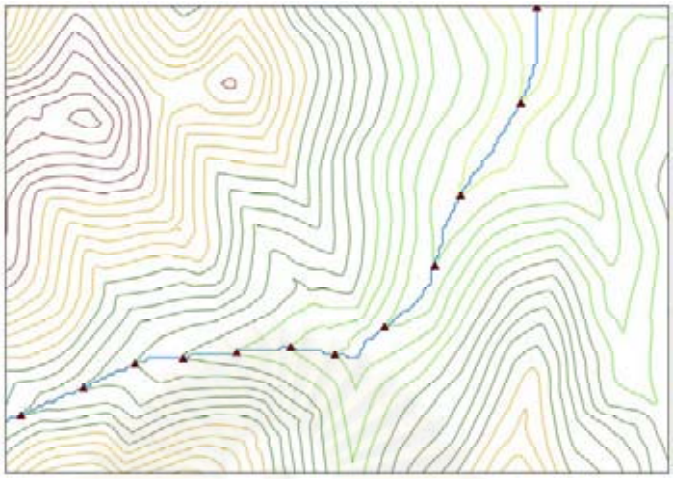
รูปที่ 3 - 6 แสดงระดับความสูงฝายต้นน้ำ

2) เมื่อได้เส้นชั้นความสูงแล้ว จากนั้นนำเส้นทางน้ำที่ได้จากข้อที่ 3.2 มาซ้อนทับกัน ตำแหน่งจุดตัดที่ได้ คือตำแหน่งฝายต้นน้ำที่กำหนดความสูงฝายต้นน้ำเท่ากับ 1 เมตร



รูปที่ 3 - 7 แสดงการซ้อนทับของข้อมูลเส้นทางน้ำและเส้นชั้นความสูงที่สร้างขึ้น

3) ทำการนับจำนวนฝายต้นน้ำ จากตำแหน่งจุดตัดระหว่างเส้นทางน้ำและเส้นชั้นความสูงที่สร้างขึ้นจากความสูงฝายต้นน้ำ 1 เมตร



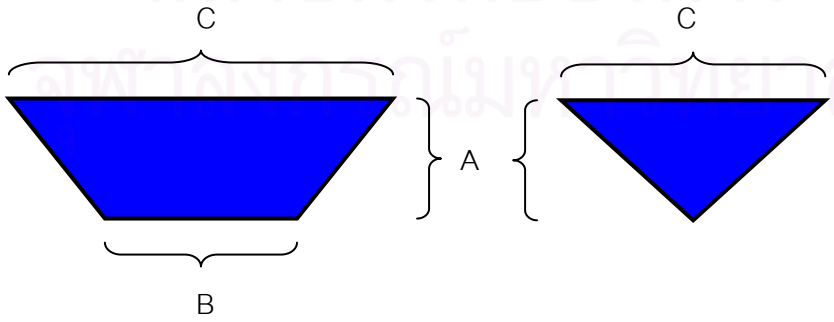
รูปที่ 3 - 8 แสดงจุดตัดที่เกิดขึ้นจากการซ้อนทับเส้นทางน้ำและเส้นชั้นความสูง

4) ทำการกำหนดรูปแบบให้กับฝายต้นน้ำ ตามแนวคิดการกำหนดรูปแบบให้กับฝายต้นน้ำในบทที่ 2 ข้อที่ 2.1 เมื่อทำการกำหนดรูปแบบแล้วนับจำนวนฝายต้นน้ำทั้งหมด โดยแยกตามรูปแบบฝายต้นน้ำ

3.4 การหาปริมาณเก็บกักหน้าฝายต้นน้ำ

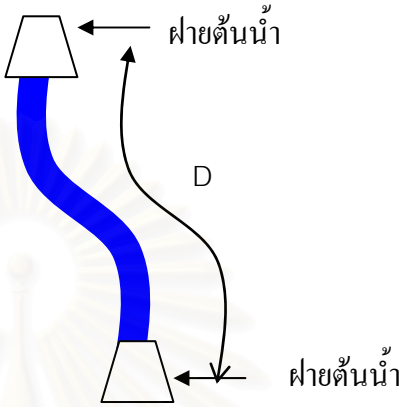
จากแนวคิดการหาปริมาณน้ำเก็บกักหน้าฝายต้นน้ำในบทที่ 2 ข้อที่ 2.4 วิธีการคำนวณหาปริมาณน้ำเก็บกักหน้าฝายต้นน้ำ ดังนี้

1) ทำการคำนวณหาพื้นที่หน้าตัดลำน้ำ จากวิธีการคำนวณหาพื้นที่หน้าตัดสี่เหลี่ยมคางหมู ในการคำนวณหาพื้นที่หน้าตัดในงานวิจัยนี้ ได้กำหนดค่าความกว้างของเส้นทางน้ำเท่ากับความกว้างสูงสุดของเส้นทางน้ำที่ใช้ในการสร้างฝายต้นน้ำแบบผสมผสาน และค่าความกว้างของท้องเส้นทางน้ำ ผู้วิจัยได้กำหนดให้มีค่าเท่ากับ ความกว้างของเส้นทางน้ำลบ 1 เมตร



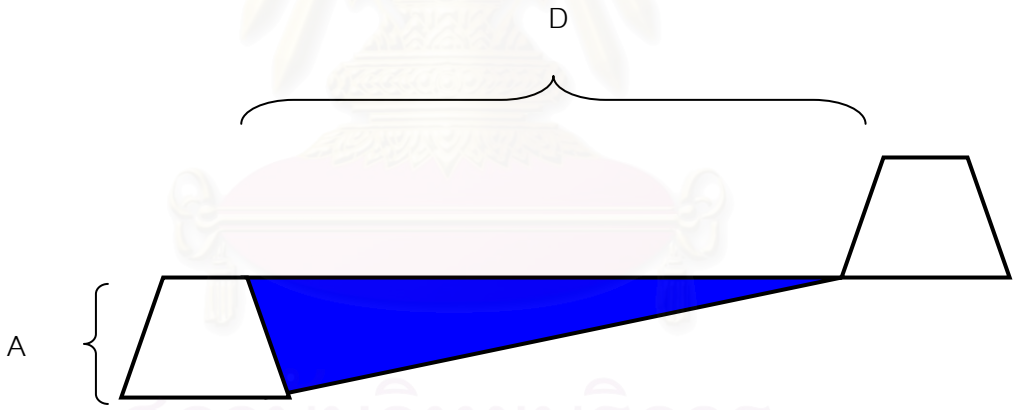
รูปที่ 3 - 9 แสดงพื้นที่หน้าตัดลำน้ำ

2) ทำการคำนวณหาระยะห่างระหว่างฝายต้นน้ำ การหาระยะห่างระหว่างฝายต้นน้ำในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการหาระยะห่างด้วยวิธีการ หาค่าความยาวของเส้นทางน้ำที่อยู่ระหว่างฝายต้นน้ำตัวแรกและฝายต้นน้ำตัวถัดไป



รูปที่ 3 - 10 แสดงความยาวของเส้นทางน้ำระหว่างฝายต้นน้ำ

3) ทำการคำนวณหาปริมาณน้ำเก็บกักหน้าฝายต้นน้ำด้วยวิธีการคำนวณดังนี้



รูปที่ 3 - 11 แสดงด้านข้างของลำน้ำ

สูตรการคำนวณปริมาณน้ำเก็บกักหน้าฝายต้นน้ำ

1) หน้าตัดเส้นทางน้ำแบบ U-Shape

$$V = 1/2 ((1/2 \times (B+C) \times A) \times D)$$

2) หน้าตัดเส้นทางน้ำแบบ V-Shape

$$V = 1 / 2 ((1/2 \times B \times A) \times D)$$

กำหนดให้

A = ความสูงฝายต้นน้ำ

B = ความกว้างของท้องเส้นทางน้ำ

C = ความกว้างของเส้นทางน้ำ

D = ระยะห่างระหว่างฝายต้นน้ำจากค่าความยาวของเส้นทางน้ำ

3.5 การคำนวณงบประมาณในการสร้างฝายต้นน้ำ

ในการคำนวณงบประมาณในการสร้างฝายต้นน้ำ จะทำการคำนวณจากราคาค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการสร้างฝายต้นน้ำที่ส่วนจัดการทรัพยากรต้นน้ำฯ (2547) ได้กำหนดไว้ใน บทที่ 2 ตารางที่ 2-1 โดยนำจำนวนฝายต้นน้ำที่ได้ภายหลังการกำหนดรูปแบบให้กับฝายต้นน้ำในพื้นที่ศึกษา มาทำการคำนวณราคางบประมาณที่ใช้ มีรายละเอียดการคำนวณดังนี้

1) ฝายต้นน้ำแบบผสมผสาน

งบประมาณที่ใช้ (บาท) = จำนวนฝายต้นน้ำแบบผสมผสาน x 5,000

2) ฝายต้นน้ำแบบกึ่งถาวร

งบประมาณที่ใช้ (บาท) = จำนวนฝายต้นน้ำแบบผสมผสาน x 25,000

3) ฝายต้นน้ำแบบถาวร

งบประมาณที่ใช้ (บาท) = จำนวนฝายต้นน้ำแบบผสมผสาน x 50,000

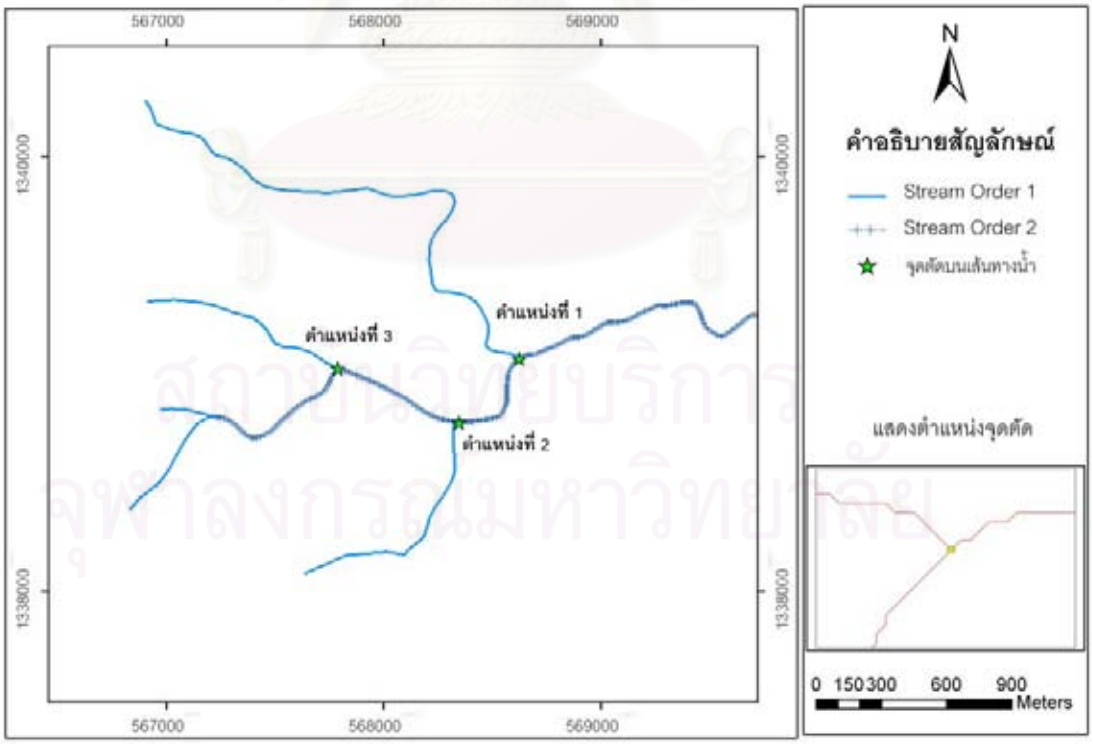
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

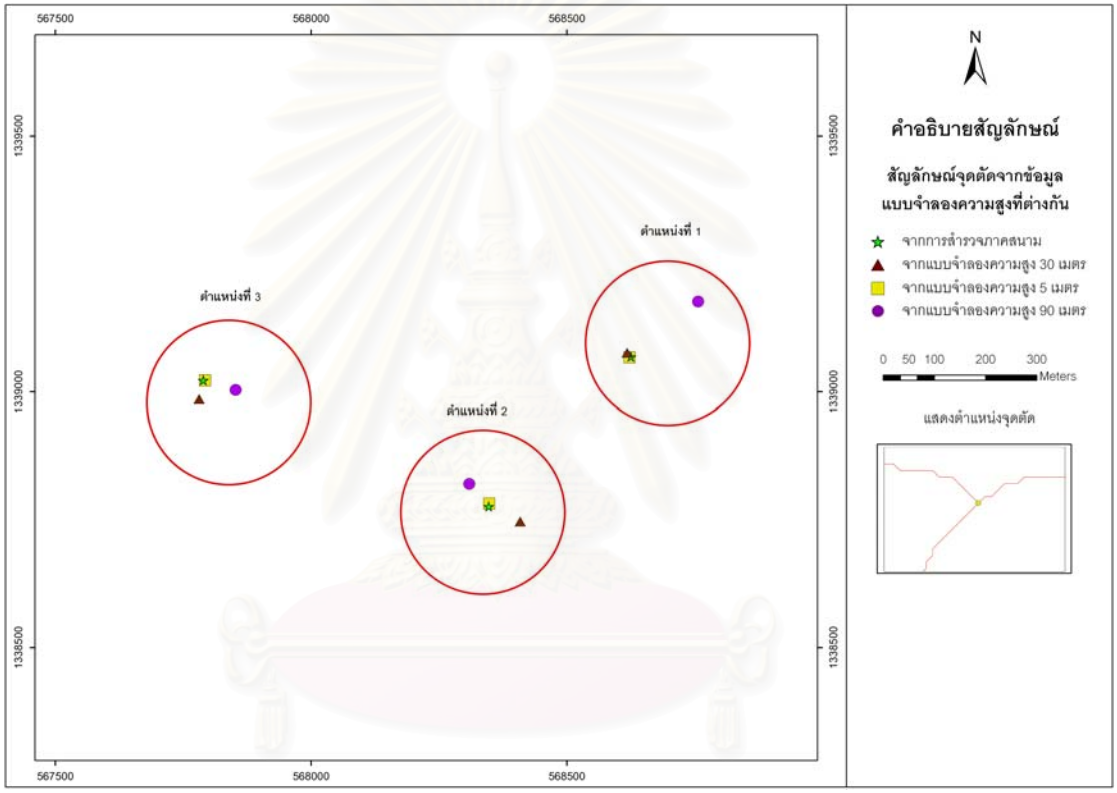
4.1 ผลการวิเคราะห์ความถูกต้องของเส้นทางน้ำที่สร้างขึ้น

จากวิธีการสร้างเส้นทางน้ำในข้อที่ 3.2 ผู้วิจัยได้นำเส้นทางน้ำมาทดสอบความถูกต้องเชิงตำแหน่งของเส้นทางน้ำ จากการเปรียบเทียบตำแหน่งจุดบรรจบของเส้นทางน้ำ ที่สร้างขึ้นจากข้อมูลแบบจำลองความสูงที่แตกต่างกัน นำมาทดสอบความถูกต้องกับข้อมูลตำแหน่งจุดบรรจบของเส้นทางน้ำที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม มีตำแหน่งที่ใช้ทดสอบทั้งหมดจำนวน 3 ตำแหน่ง จุดบรรจบของเส้นทางน้ำทั้ง 3 ตำแหน่ง นี้เป็นจุดที่สามารถเห็นตำแหน่งจุดบรรจบของเส้นทางน้ำได้ชัดเจน อีกทั้งเป็นบริเวณที่มีความโปร่งของป่า ทำให้เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมสามารถรับสัญญาณเพื่อระบุตำแหน่งได้ จากการสำรวจภาคสนาม ตำแหน่งจุดบรรจบที่ใช้ทดสอบคือจุดบรรจบของเส้นทางน้ำที่เป็นจุดบรรจบตำแหน่งที่ 1 จุดบรรจบตำแหน่งที่ 2 และจุดบรรจบตำแหน่งที่ 3 นับจากจุดปลายของเส้นทางน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 4-1



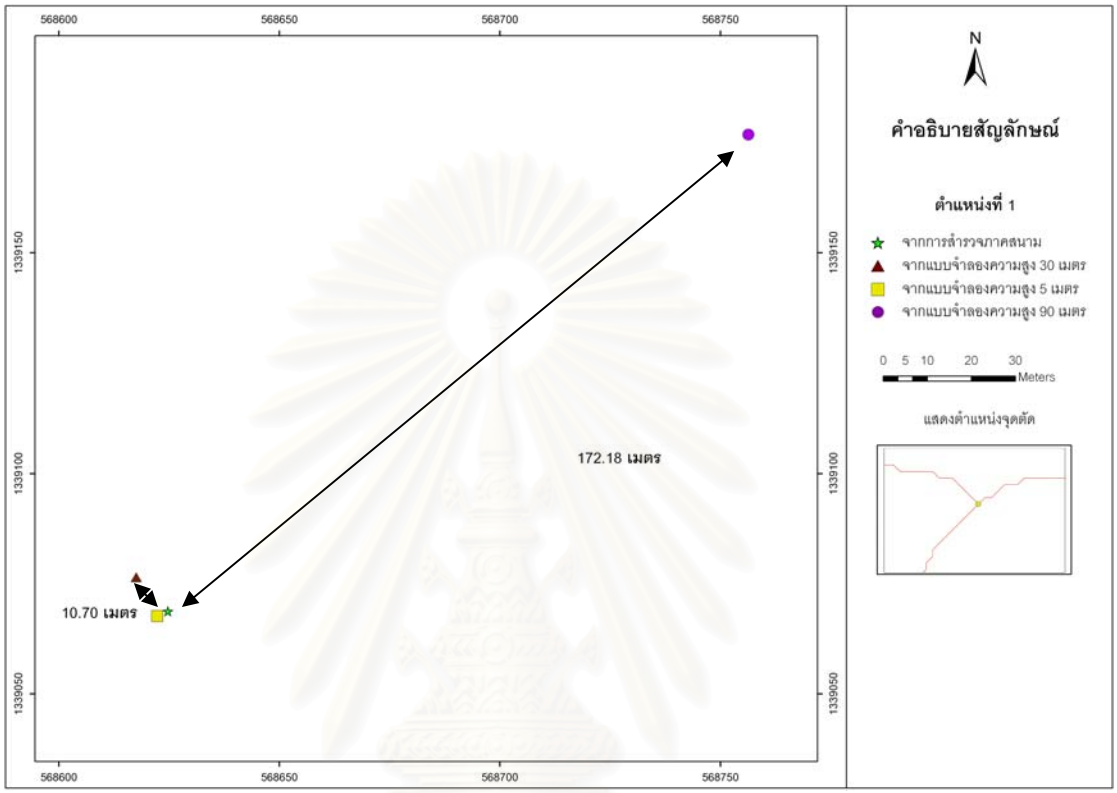
รูปที่ 4 - 1 แสดงตำแหน่งจุดบรรจบของเส้นทางน้ำที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม

ในการเลือกจุดบรรจบที่ใช้คำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่ง ในพื้นที่ศึกษานี้สามารถเลือกจุดทดสอบได้เพียง 3 จุด เนื่องจากในเส้นทางน้ำที่สร้างจากข้อมูลที่แตกต่างกันแต่ละเส้นนั้น มีจุดบรรจบที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันจากวิจารณญาณของผู้สำรวจ และมีความชัดเจนทางด้านตำแหน่งเพียง 3 จุด เมื่อได้ค่าพิกัดของทั้ง 3 จุดในแต่ละเส้นทางน้ำและตำแหน่งพิกัดที่ได้จากตำแหน่งจุดบรรจบจริงของเส้นทางน้ำเป็นตัวอ้างอิง นำมาหาค่าความถูกต้องของตำแหน่งจุดตัดจากตารางการหาค่าความคลาดเคลื่อน (MINNESOTA PLANNING, 1999) ได้ดังนี้



รูปที่ 4 - 2 แสดงการเปรียบเทียบตำแหน่งจุดบรรจบของเส้นทางน้ำจากข้อมูลแบบจำลองความสูงที่ต่างกัน

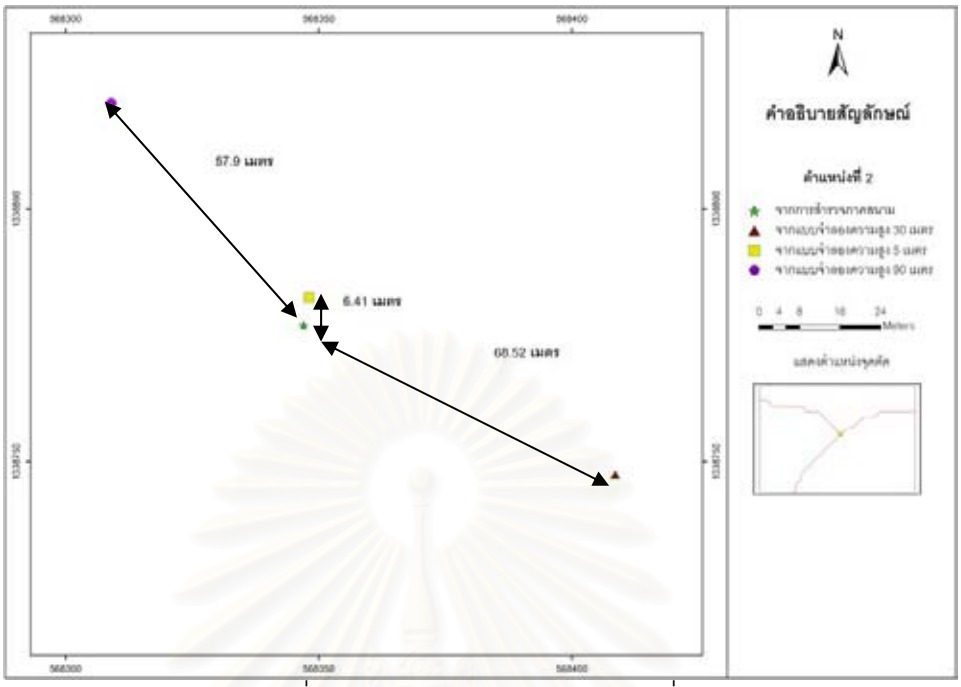
ตำแหน่งที่ 1 เป็นจุดบรรจบที่ได้จากการบรรจบกันของเส้นทางน้ำลำดับที่ 1 และลำดับที่ 2 จากข้อมูลเส้นทางน้ำที่มีอยู่จริงตามธรรมชาติ



รูปที่ 4 - 3 แสดงจุดบรรจบตำแหน่งที่ 1

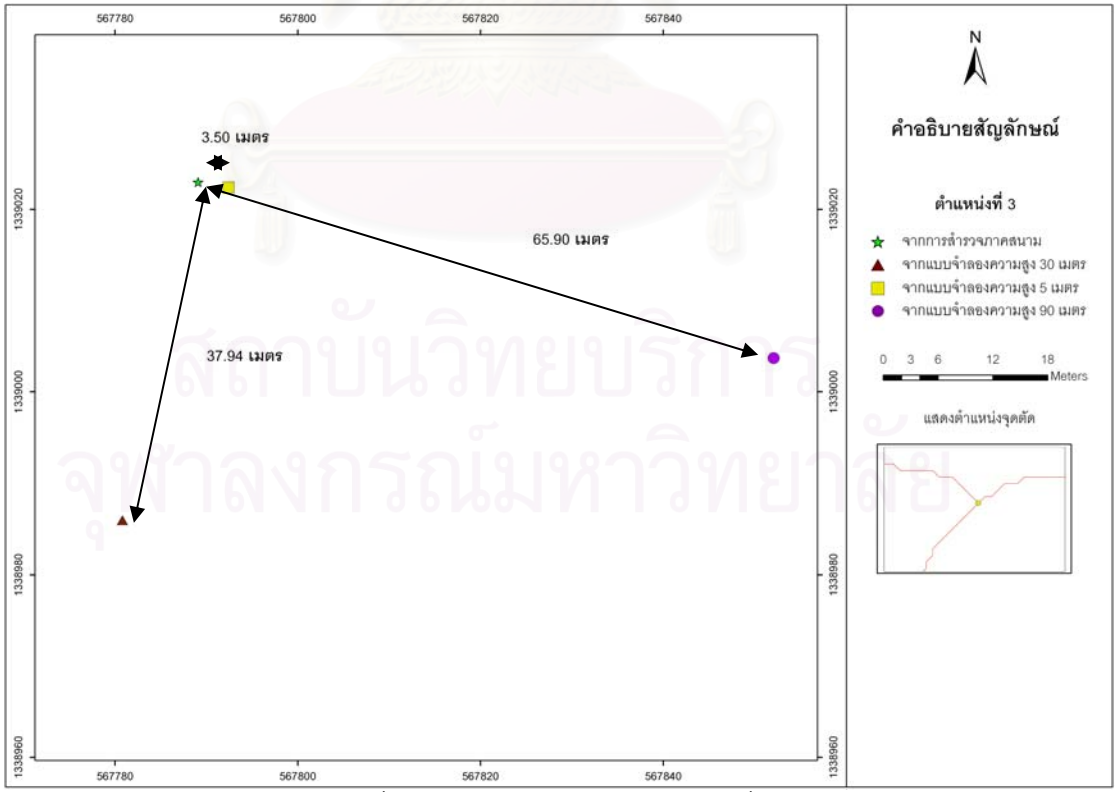
ตำแหน่งที่ 2 เป็นจุดบรรจบที่ได้จากการบรรจบกันของเส้นทางน้ำลำดับที่ 1 และลำดับที่ 2 จากข้อมูลเส้นทางน้ำที่มีอยู่จริงตามธรรมชาติ

จากรูปที่ 4-3 และ 4-5 ไม่สามารถแสดงระยะห่างระหว่างตำแหน่งจุดบรรจบของเส้นทางน้ำที่สร้างขึ้นจาแบบจำลองความสูงของกรมพัฒนาที่ดิน เนื่องจากเป็นระยะที่ใกล้กันมากเมื่อเทียบกับจุดอื่น จึงแสดงให้เห็นค่าของระยะห่างบนแผนที่ได้เพียงบางรูป



รูปที่ 4 - 4 แสดงจุดบรรจบตำแหน่งที่ 2

ตำแหน่งที่ 3 เป็นจุดบรรจบที่ได้จากการบรรจบกันของเส้นทางน้ำลำดับที่ 1 และลำดับที่ 2 จากข้อมูลเส้นทางน้ำที่มีอยู่จริงตามธรรมชาติ



รูปที่ 4 - 5 แสดงจุดบรรจบตำแหน่งที่ 3

ตารางที่ 4 - 1 แสดงการหาค่าความถูกต้องเชิงตำแหน่งของจุดบรรจบเส้นทางน้ำจากข้อมูลแบบจำลองความสูง กรมพัฒนาที่ดิน กับจุดบรรจบจากข้อมูลภาคสนาม

A Point number	B Point description	C x (independent)	D x (test)	E diff in x	F (diff in x)2	G y (independent)	H y (test)	I diff in y	J (diff in y)2	K (diff in x)2 +(diff in y)2
1	จุดตัดที่ 1	568624.733	568622.315	2.418	5.847	1339068.797	1339067.685	1.112	1.237	7.083
2	จุดตัดที่ 2	568347.000	568348.121	-1.121	1.257	1338777.000	1338782.500	-5.500	30.250	31.507
3	จุดตัดที่ 3	567789.083	567792.414	-3.331	11.096	1339023.016	1339022.414	0.602	0.362	11.458
									sum	50.048
									average	16.683
									$RMSE_r$	4.084

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4 - 2 แสดงการหาค่าความถูกต้องเชิงตำแหน่งของจุดบรรจบเส้นทางน้ำจากข้อมูลแบบจำลองความสูง กรมอุทยานแห่งชาติฯ กับจุดบรรจบจากข้อมูลภาคสนาม

A Point number	B Point description	C x (independent)	D x (test)	E diff in x	F (diff in x)2	G y (independent)	H y (test)	I diff in y	J (diff in y)2	K (diff in x)2 +(diff in y)2
1	จุดตัดที่ 1	568624.733	568617.554	7.179	51.538041	1339068.797	1339076.49	-7.693	59.182	110.720
2	จุดตัดที่ 2	568347.000	568408.563	-61.563	3790.002969	1338777.000	1338747.39	29.610	876.752	4666.755
3	จุดตัดที่ 3	567789.083	567780.789	8.294	68.790436	1339023.016	1338986.01	37.006	1369.444	1438.234
									sum	6215.710
									average	2071.903
									$RMSE_r$	45.518

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4 - 3 แสดงการหาค่าความถูกต้องเชิงตำแหน่งของจุดบรรจบเส้นทางน้ำจากข้อมูลแบบจำลองความสูงSRTM 90 เมตร กับจุดบรรจบจากข้อมูลภาคสนาม

A Point number	B Point description	C x (independent)	D x (test)	E diff in x	F (diff in x)2	G y (independent)	H y (test)	I diff in y	J (diff in y)2	K (diff in x)2 +(diff in y)2
1	จุดตัดที่ 1	568624.733	568756.357	-131.624	17324.877	1339068.797	1339176.860	-108.063	11677.612	29002.489
2	จุดตัดที่ 2	568347.000	568309.030	37.970	1441.721	1338777.000	1338820.922	-43.922	1929.142	3370.863
3	จุดตัดที่ 3	567789.083	567852.082	-62.999	3968.874	1339023.016	1339003.701	19.315	373.069	4341.943
									sum	36715.296
									average	12238.432
									$RMSE_r$	110.627

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำอธิบายสัญลักษณ์

A = ลำดับจุดบรรจบ

B = คำอธิบายจุดที่นำมาทดสอบ

C = ค่าพิกัด x ของตำแหน่งจุดบรรจบที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม

D = ค่าพิกัด x ของตำแหน่งจุดบรรจบที่ได้จากเส้นทางน้ำที่สร้างขึ้นจากแบบจำลองความสูงที่มีขนาดของตารางกริดที่แตกต่างกัน

E = ค่าความแตกต่างของ C และ D (ค่าความแตกต่างของค่าพิกัดจุดอ้างอิงและจุดทดสอบ)

F = ค่าความแตกต่างของ C และD ยกกำลัง 2

G = ค่าพิกัด y ของตำแหน่งจุดบรรจบที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม

H = ค่าพิกัด y ของตำแหน่งจุดบรรจบที่ได้จากเส้นทางน้ำที่สร้างขึ้นจากแบบจำลองความสูงที่มีขนาดของตารางกริดที่แตกต่างกัน

I = ค่าความแตกต่างของ G และ H (ค่าความแตกต่างของค่าพิกัดจุดอ้างอิงและจุดทดสอบ)

J = ค่าความแตกต่างของ G และH ยกกำลัง 2

K = ผลรวมของ E และ I

SUM = ผลรวมทั้งหมดของ K

AVERAGE = SUM หารด้วยจำนวนจุดทดสอบ

$RMSE_r$ = ค่าความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งจุดบรรจบเส้นทางน้ำ

จากผลการคำนวณในข้อที่ 4.2 การเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งของจุดบรรจบที่ได้จากการสร้างเส้นทางน้ำของข้อมูลแบบจำลองความสูงที่แตกต่างกัน ได้ผลการคำนวณดังนี้ จุดบรรจบที่ได้จากเส้นทางน้ำที่สร้างขึ้นจากแบบจำลองความสูงมาตราส่วน 1:4,000 ของกรมพัฒนาที่ดิน มีค่าความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งเท่ากับ 4.084 เมตร จุดบรรจบที่ได้จากเส้นทางน้ำที่สร้างขึ้นจากแบบจำลองความสูงของกรมอุทยานแห่งชาติฯ มีค่าความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งเท่ากับ 45.518 เมตร และจุดบรรจบที่ได้จากเส้นทางน้ำที่สร้างขึ้นจากแบบจำลองความสูง SRTM 90 เมตร มีค่าความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งเท่ากับ 110.627 เมตร สามารถสรุปได้ว่าแบบจำลองความสูงมาตราส่วน 1:4,000 ของกรมพัฒนาที่ดิน เมื่อนำมาสร้างเส้นทางน้ำจากแบบจำลองที่สร้างขึ้นมีค่าความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งน้อยที่สุด ได้เส้นทางน้ำที่มีความถูกต้องเชิงตำแหน่งมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลแบบจำลองความสูงอื่น ข้อมูลแบบจำลองความสูง

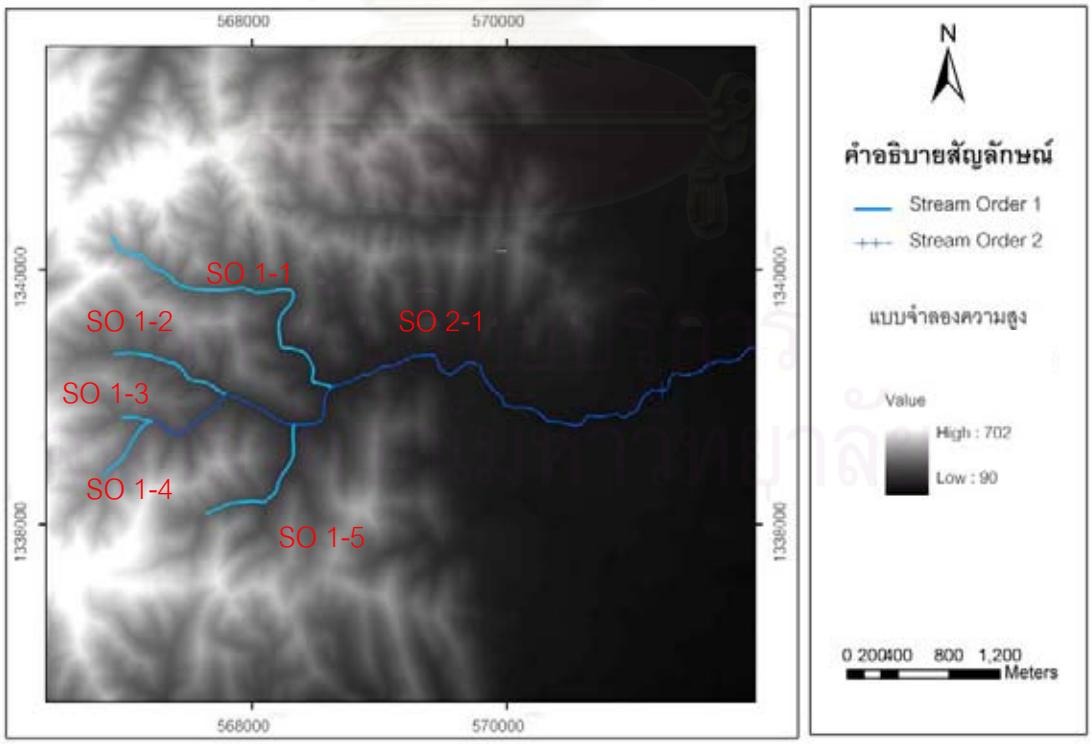
ที่มีระดับความถูกต้องรองลงมาคือเส้นทางน้ำที่ได้จากแบบจำลองความสูงกรมอุทยานแห่งชาติฯ และสุดท้ายจากแบบจำลองความสูง SRTM 90 เมตร

เพราะฉนั้นผู้วิจัย จึงได้นำข้อมูลแบบจำลองความสูงมาตราส่วน 1:4,000 ของกรมพัฒนาที่ดิน มาใช้ในการวิเคราะห์หาตำแหน่งและจำนวนฝายต้นน้ำ เพื่อให้ได้ตำแหน่งฝายต้นน้ำที่มีความถูกต้องสูง ต่อไป

4.2 ผลการหาตำแหน่งฝายต้นน้ำด้วยวิธีการซ้อนทับข้อมูล

4.2.1 ผลจากการสร้างเส้นทางน้ำ

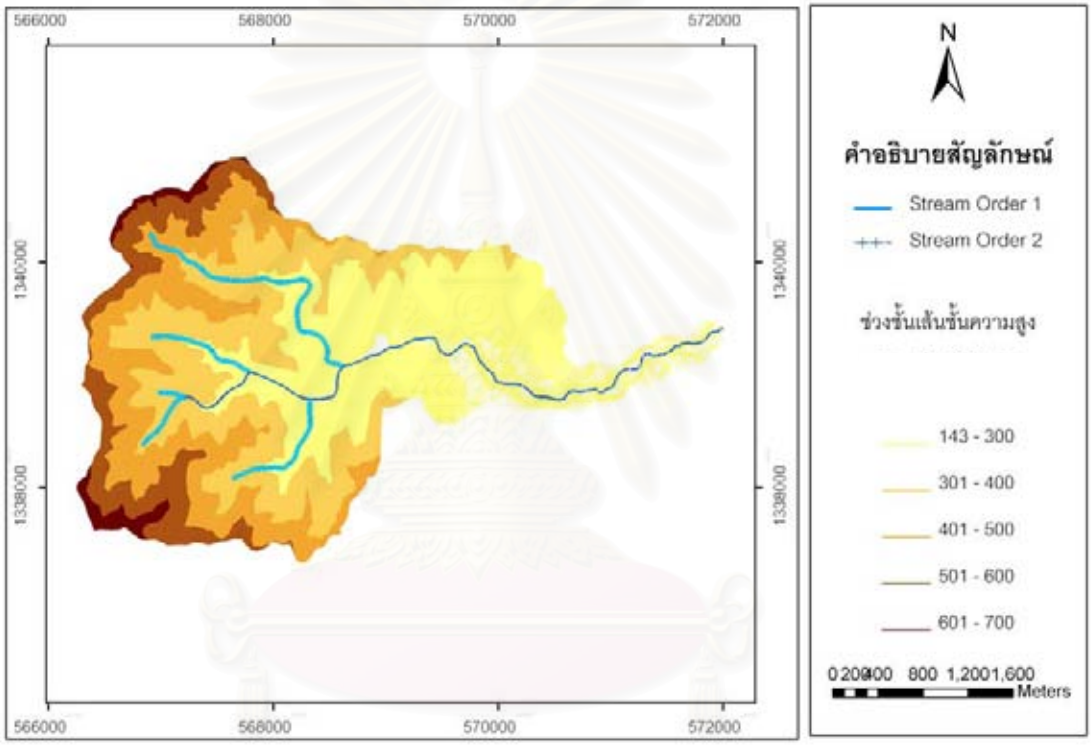
ทำการสร้างเส้นทางน้ำจากข้อมูลแบบจำลองความสูง ของกรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ที่มีขนาดของตารางกริดเท่ากับ 5 โดยทำการเลือกลำดับของ GRID_CODE ในข้อที่ 3.2 ได้ค่าต่ำสุดของลำดับ GRID_CODE คือ GRID_CODE=6 เมื่อทำการกำหนดให้ค่า GRID_CODE ต่ำสุดแล้วทำการสร้างเส้นทางน้ำ ได้เส้นทางน้ำทั้งหมดจำนวน 6 เส้นเป็นเส้นทางน้ำที่ 1 (First Order Stream) จำนวน 5 เส้น เป็นเส้นทางน้ำที่ 2 (Second Order Stream) จำนวน 1 เส้น



รูปที่ 4 - 6 แสดงเส้นทางน้ำที่สร้างขึ้นจากแบบจำลองความสูง

4.2.2 ผลจากการสร้างเส้นชั้นความสูง

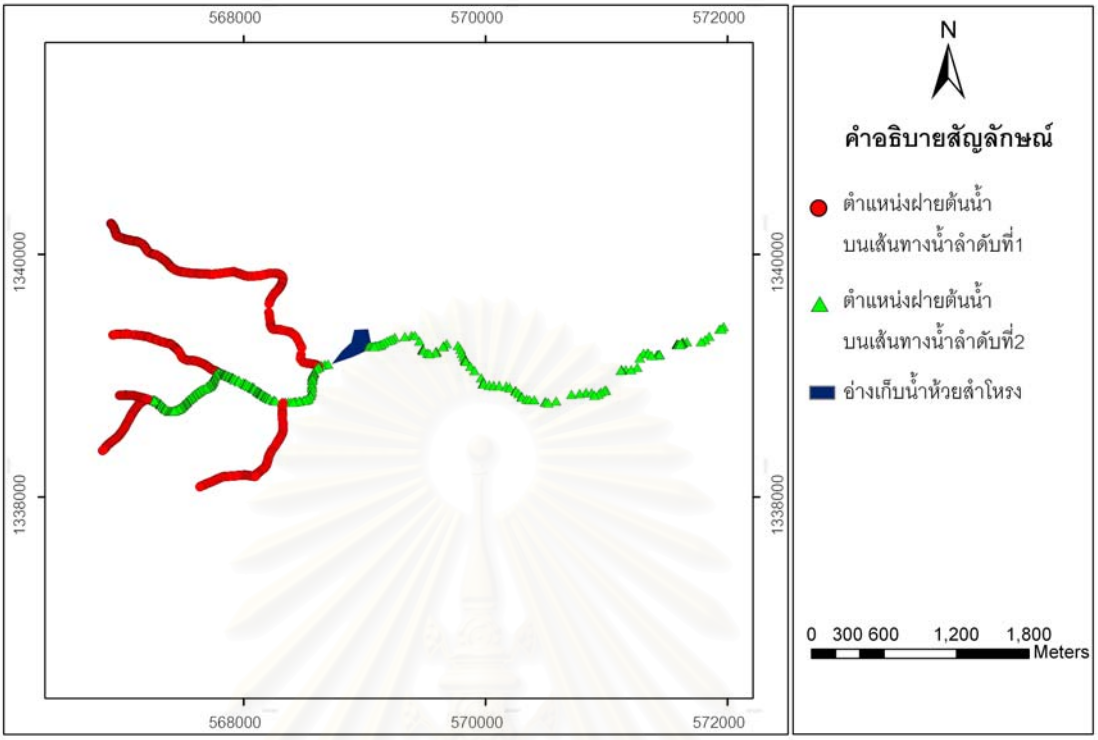
ทำการสร้างเส้นชั้นความสูงทุกระดับความสูง 1 เมตร จากข้อมูลแบบจำลองความสูง ของกรมพัฒนาที่ดิน ที่มีขนาดของตารางกริดเท่ากับ 5 เมตร ได้เส้นชั้นความสูงภายในขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำ จำนวนทั้งหมด 2,007 เส้น จำนวนเส้นชั้นความสูงจำนวนดังกล่าวนี้เป็นเส้นชั้นความสูงที่ผ่านการตัดเลือกเฉพาะเส้นชั้นความสูงในพื้นที่ลุ่มน้ำที่ศึกษา และมีเส้นชั้นความสูงที่ไม่ตัดกับเส้นทางน้ำรวมอยู่ด้วย



รูปที่ 4 - 7 แสดงการซ้อนทับระหว่างเส้นชั้นความสูงและเส้นทางน้ำที่สร้างขึ้น

4.2.3 ผลการซ้อนทับข้อมูล

เมื่อทำการสร้างเส้นทางน้ำและเส้นชั้นความสูงเท่ากับความสูงฝายเสร็จแล้ว นำข้อมูลที่ได้มาซ้อนทับกันเพื่อหาตำแหน่งฝายต้นน้ำ จากจุดตัดที่เกิดขึ้นจากการซ้อนทับได้ตำแหน่งฝายต้นน้ำและได้จำนวนฝายต้นน้ำทั้งหมด 847 ฝาย ในการหาระยะห่างโดยเฉลี่ยระหว่างฝายต้นน้ำ หาด้วยวิธีการนำผลของระยะห่างทั้งหมดมารวมกันแล้วหารด้วยจำนวนฝายต้นน้ำทั้งหมด



รูปที่ 4 - 8 แสดงตำแหน่งฝายต้นน้ำแยกตามลำดับของเส้นทางน้ำ

ตารางที่ 4 - 4 แสดงจำนวนรวมของฝายต้นน้ำที่สร้างขึ้น

ลำดับของเส้นทางน้ำ (Stream Order)	หมายเลขของเส้นทางน้ำ	ความยาวของเส้นทางน้ำ (เมตร)	จำนวนฝายต้นน้ำ (ฝาย)	ค่าเฉลี่ยระยะห่างฝาย (เมตร)
1	SO 1-1	2,789.38	269	10.37
	SO 1-2	1,010.88	86	11.75
	SO 1-3	395.98	29	13.65
	SO 1-4	401.67	31	12.96
	SO 1-5	1,182.41	122	9.69
2	SO 2-1	5,101.47	310	16.46
รวม		10,881.79	847	12.84

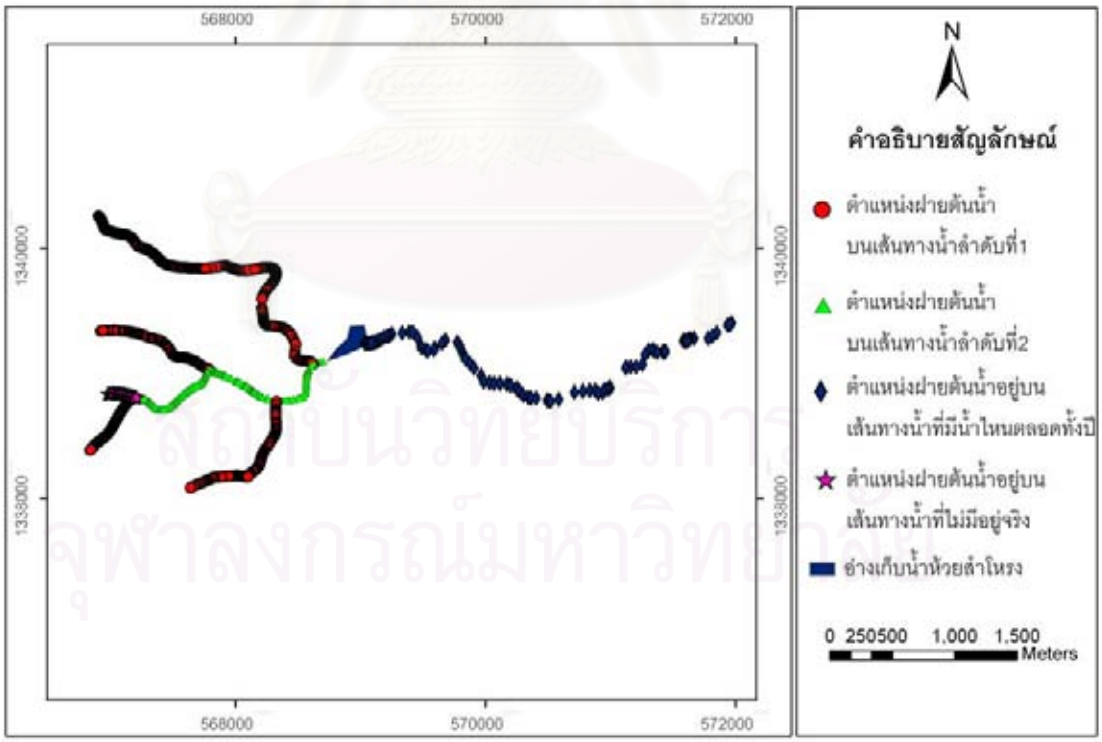
จากผลการหาตำแหน่งและจำนวนฝายต้นน้ำ ได้ฝายต้นน้ำทั้งหมดจำนวน 847 ฝาย มีระยะห่างระหว่างฝายต้นน้ำโดยเฉลี่ยเท่ากับ 12.84 เมตร

4.3 การวิเคราะห์เพื่อลดจำนวนฝายต้นน้ำ

4.3.1 การลดจำนวนฝายต้นน้ำด้วยวิธีการลดฝายต้นน้ำที่สร้างอยู่บนเส้นทางน้ำที่มีน้ำไหลตลอดทั้งปี และเส้นทางน้ำที่ไม่มีจริงในธรรมชาติ

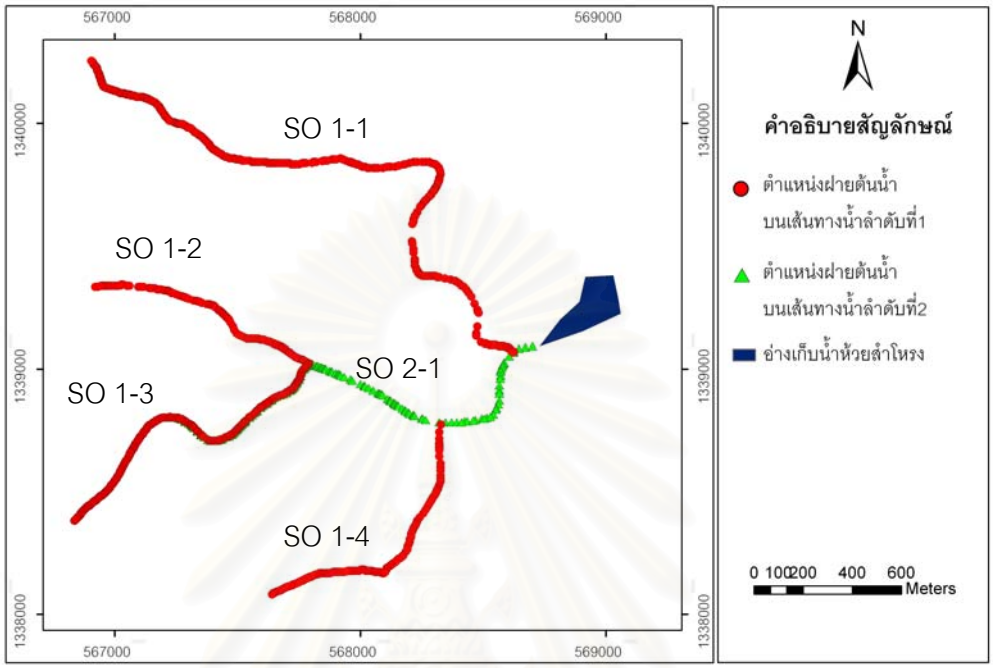
เนื่องจากจำนวนฝายต้นน้ำที่ได้จากข้อที่ 4.2 เป็นจำนวนฝายต้นน้ำทั้งหมดที่ได้จากการหาตำแหน่งจุดตัดของเส้นทางน้ำกับเส้นชั้นความสูงที่สร้างขึ้นทั้งหมด แต่ในความเป็นจริงแล้วอาจมีเส้นทางน้ำบางเส้นเป็นเส้นทางน้ำที่ไม่มีอยู่จริง หรือเป็นทางน้ำที่มีน้ำไหลตลอดทั้งปี ซึ่งเหตุผลดังกล่าวไม่มีความจำเป็นในการสร้างฝายต้นน้ำ ทำให้สูญเสียงบประมาณโดยเปล่าประโยชน์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการลดจำนวณฝายต้นน้ำในเส้นทางน้ำที่ไม่จำเป็นนี้ลง โดยมีขั้นตอนการลดจำนวนดังนี้

1) นำเส้นทางน้ำที่สร้างขึ้นในบทที่ 3 ข้อที่ 3.2 มาทำการสอบถามเส้นทางที่มีอยู่จริงของเส้นทางน้ำ และเส้นทางน้ำที่มีน้ำไหลตลอดทั้งปีที่ไม่มีความจำเป็นในการสร้างฝาย จากเจ้าหน้าที่อุทยานผู้ชำนาญพื้นที่ศึกษานี้ (สุมนต์ จงดี, 2551) เพื่อช่วยลดการลงสำรวจภาคสนามซึ่งอาจทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในการลงสนาม ตามมา ดังแสดงตำแหน่งฝายต้นน้ำที่อยู่เส้นทางน้ำ ในรูปที่ 4-9



รูปที่ 4 - 9 แสดงตำแหน่งฝายต้นน้ำทั้งหมดก่อนการลดจำนวน

2) ตัดฝายต้นน้ำที่อยู่บนเส้นทางน้ำที่ไม่มีอยู่จริงตามธรรมชาติ และเส้นทางน้ำที่มีน้ำไหลตลอดทั้งปีออก จากข้อมูลฝายทั้งหมด



รูปที่ 4 - 10 แสดงจำนวนฝายต้นน้ำที่หลังการลดจำนวน

ตารางที่ 4 - 5 แสดงจำนวนฝายต้นน้ำภายหลังการลดจำนวน

ลำดับของเส้นทางน้ำ (Stream Order)	หมายเลขของเส้นทางน้ำ	ความยาวของเส้นทางน้ำ (เมตร)	จำนวนฝายต้นน้ำ (ฝาย)	ค่าเฉลี่ยระยะห่างฝาย (เมตร)
1	SO 1-1	2,789.38	269	10.37
	SO 1-2	1010.88	86	11.75
	SO 1-3	1,370.69	148	9.26
	SO 1-4	1,182.41	122	9.69
2	SO 2-1	1,201.01	54	22.24
รวม		7,554.37	679	11.13

จากผลการลดจำนวนฝายต้นน้ำ สรุปได้ว่าพื้นที่ศึกษาควรมีการสร้างฝายต้นน้ำทั้งหมด จำนวน 679 ฝาย โดยที่จำนวนฝายทั้งหมดได้มาจากวิธีการคำนวณหาตำแหน่งฝายต้นน้ำตามแนวความคิดการสร้างฝายต้นน้ำให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด และลดจำนวนฝายที่สร้างบนเส้นทางน้ำที่ไม่มีจริงตามธรรมชาติ และเส้นทางน้ำที่มีน้ำไหลตลอดทั้งปีออก ผลของค่าเฉลี่ยระยะห่างฝายต้นน้ำเท่ากับ 11.13 เมตร

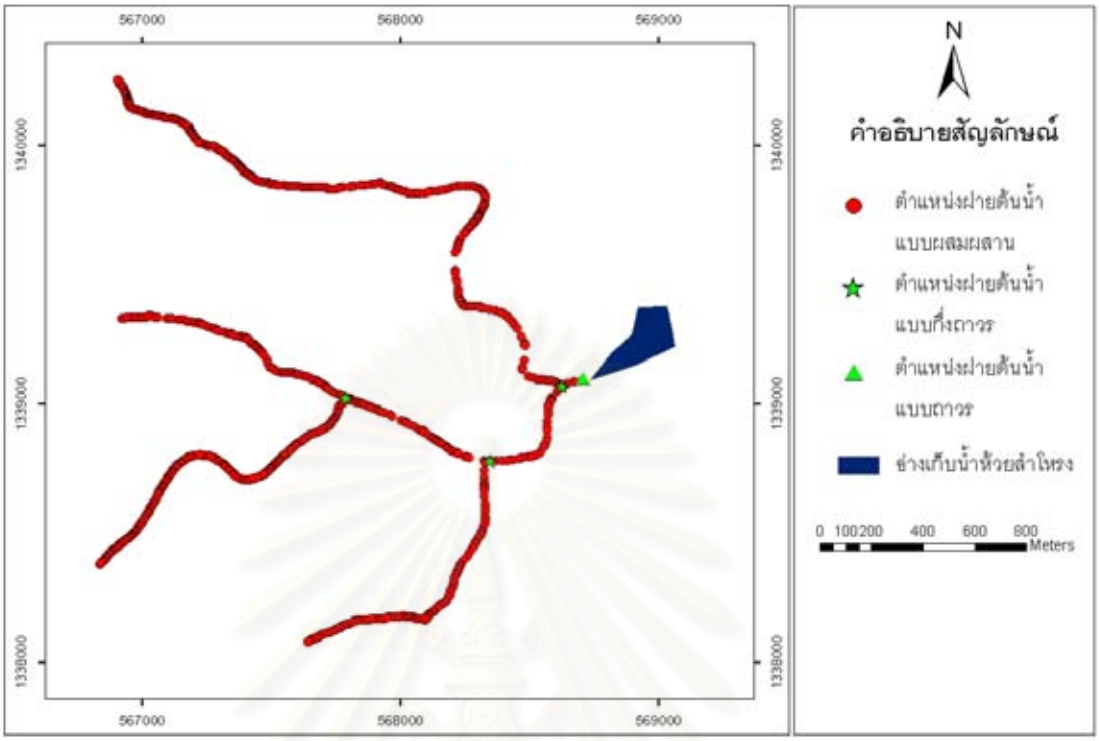
การกำหนดรูปแบบให้กับฝายต้นน้ำในพื้นที่ศึกษา

1) ฝายต้นน้ำแบบผสมผสาน กำหนดให้พื้นที่ศึกษาใช้ฝายต้นน้ำแบบผสมผสานทั้งหมดจำนวน 637 ฝาย สร้างอยู่บนเส้นทางน้ำลำดับที่ 1 และเส้นทางน้ำลำดับที่ 2 ในพื้นที่ศึกษาดังที่กล่าวไว้แล้วในบทที่ 3 ข้อที่ 3.3 เนื่องจากพื้นที่ศึกษาในงานวิจัยนี้ เส้นทางน้ำลำดับที่ 1 และเส้นทางน้ำลำดับที่ 2 เป็นเส้นทางน้ำที่อยู่ในป่ารกทึบ เส้นทางที่ใช้ในการลำเลียงอุปกรณ์มีความยากลำบาก ฝายต้นน้ำแบบผสมผสานจึงมีความเหมาะสมกับพื้นที่ศึกษามากกว่าฝายต้นน้ำรูปแบบอื่นๆ เนื่องจากฝายต้นน้ำแบบผสมผสาน เป็นฝายต้นน้ำที่สร้างจากวัสดุตามธรรมชาติ สามารถหาได้จากบริเวณตำแหน่งที่สร้าง เช่น เศษไม้ ก้อนหิน รวมถึงดินและก้อนหินขนาดเล็กที่สามารถกรอกลงถุงปุ๋ยได้ ฝายส่วนใหญ่จึงถูกกำหนดให้เป็นฝายต้นน้ำแบบผสมผสาน และในการกำหนดรูปแบบให้กับฝายต้นน้ำในงานวิจัยนี้ได้กำหนดรูปแบบฝายต้นน้ำตามความสามารถของฝายในการกักเก็บน้ำ ฝายต้นน้ำแบบผสมผสานสามารถรับน้ำได้สูงสุดเท่ากับ 30 ลบ.ม.

2) ฝายต้นน้ำแบบกึ่งถาวร ในพื้นที่ศึกษานี้ ผู้วิจัยได้กำหนดให้ใช้ฝายต้นน้ำแบบกึ่งถาวรทั้งหมดจำนวน 36 ฝาย ฝายต้นน้ำแบบกึ่งถาวรมีความแข็งแรงมากกว่าฝายต้นน้ำแบบผสมผสาน เพราะมีโครงสร้างที่ใช้ในการก่อสร้างทำจากคนกรีตจึงสามารถรับ้ำได้มากกว่า ฝายต้นน้ำแบบกึ่งถาวรสามารถรับน้ำได้สูงสุดเท่ากับ 30-50 ลบ.ม.

3) ฝายต้นน้ำแบบถาวร ฝายรูปแบบนี้เป็นฝายต้นน้ำที่มีความแข็งแรงมากที่สุด เมื่อเทียบกับฝายรูปแบบอื่นๆ และฝายชนิดนี้สามารถปรับเปลี่ยนโครงสร้างในการใช้งาน ให้มีโครงสร้างที่สามารถนำน้ำไปใช้ในการเกษตร และกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ได้ ในพื้นที่ศึกษานี้ได้กำหนดให้ใช้ฝายต้นน้ำแบบถาวร 6 ฝาย สร้างในตำแหน่งที่มีปริมาณน้ำสะสมหน้าฝายต้นน้ำมากกว่า 50 ลบ.ม.

สรุปจำนวนฝายต้นน้ำที่สร้างในพื้นที่ศึกษานี้ เป็นฝายต้นน้ำแบบผสมผสานจำนวน 637 ฝาย เป็นฝายต้นน้ำแบบกึ่งถาวรจำนวน 36 ฝาย และเป็นฝายต้นน้ำแบบถาวรจำนวน 6 ฝาย แสดงผลตัวอย่างของตำแหน่งฝายต้นน้ำดังนี้



รูปที่ 4 - 11 แสดงการกำหนดรูปแบบการใช้งานให้กับฝายต้นน้ำ

นำผลของจำนวนฝายต้นน้ำที่ได้ภายหลังการลดจำนวนลงมาทำการคำนวณงบประมาณในการสร้างฝายต้นน้ำ

การคำนวณงบประมาณในการสร้างฝายต้นน้ำ จะทำการคำนวณราคาจากราคาของวัตถุดิบและแรงงานที่ใช้ในการสร้างฝายต้นน้ำที่ส่วนจัดการทรัพยากรต้นน้ำฯ (2547) ได้กำหนดไว้ ใช้วิธีการคำนวณหางบประมาณที่ใช้ในการสร้างฝายต้นน้ำ จากบทที่ 3 ข้อที่ 3.5 โดยมีผลการคำนวณราคางบประมาณที่ใช้สร้างฝายต้นน้ำในพื้นที่ศึกษาทั้งหมดดังนี้

ตารางที่ 4 - 6 แสดงจำนวนฝายต้นน้ำและงบประมาณที่ใช้ในการสร้างฝายต้นน้ำในรูปแบบต่างๆ

รูปแบบฝายต้นน้ำ	ความสูงฝาย 1 เมตร	
	จำนวน (ฝาย)	งบประมาณทั้งหมด (บาท)
ฝายต้นน้ำแบบผสมผสาน	637	3,185,000
ฝายต้นน้ำแบบกึ่งถาวร	36	900,000
ฝายต้นน้ำแบบถาวร	6	300,000
รวม	679	4,385,000

ดังนั้นในพื้นที่ลุ่มน้ำป่าต้นน้ำห้วยสำโหรงจากการคำนวณในงานวิจัยนี้ จำเป็นต้องสร้างฝายต้นน้ำแบบผสมผสานจำนวน 637 ฝาย สร้างฝายต้นน้ำแบบกึ่งถาวรจำนวน 36 ฝาย และสร้างฝายต้นน้ำแบบถาวรจำนวน 6 ฝายรวมจำนวนฝายทั้งหมดเท่ากับ 679 ฝาย ใช้งบประมาณในการสร้างฝายทั้งหมดจำนวน 4,385,000 บาท

จากนั้นนำตำแหน่งที่ได้จากการหาตำแหน่งที่ตั้งฝายต้นน้ำมาใช้ในการคำนวณหาปริมาณน้ำเก็บกักหน้าฝายต้นน้ำ ด้วยวิธีการหาปริมาณน้ำเก็บกักหน้าฝายต้นน้ำในบทที่ 3 ข้อที่ 3.4 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4-7

ตารางที่ 4 - 7 แสดงปริมาณน้ำเก็บกักหน้าฝายต้นน้ำ คำนวณจากความสูงฝายต้นน้ำ 1 เมตร

ลำดับของเส้นทางน้ำ (Stream Order)	หมายเลขของเส้นทางน้ำ	จำนวนฝายต้นน้ำ (ฝาย)	ปริมาณน้ำเก็บกัก (ลบ.ม.)	ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำเก็บกัก (ลบ.ม.)
1	SO 1-1	269	3,486.73	12.96
	SO 1-2	86	1,263.61	14.69
	SO 1-3	148	1,713.36	11.58
	SO 1-4	122	1,478.01	12.11
2	SO 2-1	54	1,501.27	27.80
รวม		679	9,442.98	13.90

ผลการหาปริมาณน้ำเก็บกักหน้าฝายต้นน้ำด้วย ได้ปริมาณน้ำเก็บกักหน้าฝายต้นน้ำในพื้นที่ศึกษา รวมทั้งหมดจำนวน 9,442.98 ลบ.ม. ปริมาณน้ำเก็บกักโดยเฉลี่ยฝายต้นน้ำแต่ละตัวเท่ากับ 13.90 ลบ.ม. ในการกำหนดรูปแบบเพื่อเลือกสูตรที่ใช้ในการคำนวณตามลักษณะพื้นที่หน้าตัดเส้นทางน้ำ จากการสอบถามจากเจ้าหน้าที่อุทยานฯ ผู้ชำนาญในพื้นที่ผลที่ได้คือเส้นทางน้ำเป็นเส้นทางน้ำที่อยู่ในรูปแบบ U-Shape ในการคำนวณผู้วิจัยจึงเลือกใช้การหาปริมาตรของรูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมูมาช่วยในการคำนวณหาปริมาณน้ำเก็บกักหน้าฝายต้นน้ำ เพราะเป็นรูปทรงที่ใกลเคียงกับรูปแบบของเส้นทางน้ำจริงมากที่สุด

จากผลในตารางที่ 4-4 ถึง 4-7 ที่แสดงผลของจำนวนฝายต้นน้ำ ระยะห่างระหว่างฝายต้นน้ำโดยเฉลี่ย งบประมาณในการสร้างฝายต้นน้ำ และปริมาณน้ำเก็บกักหน้าฝายต้นน้ำ ผู้วิจัยได้เล็งเห็นว่าฝายต้นน้ำมีจำนวนมาก และตำแหน่งฝายต้นน้ำมีความถี่ของตำแหน่งการสร้างฝายมาก

เกินไป เมื่อจำนวนฝายต้นน้ำมีมากส่งผลให้งบประมาณในการสร้างฝายต้นน้ำมีจำนวนมากตามไปด้วย และจากผลของค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำเก็บกักหน้าฝายต้นน้ำแสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำที่ฝายต้นน้ำแต่ละตัวเก็บกักไว้นั้นเป็นปริมาณที่น้อยกว่าความสามารถสูงสุดที่ฝายต้นน้ำสามารถรับได้ประมาณร้อยละ 50 ของความสามารถสูงสุดที่ฝายต้นน้ำสามารถรับได้ ความสามารถสูงสุดที่ฝายต้นน้ำสามารถรับได้แสดงไว้ในบทที่ 2 ตารางที่ 2-1 ผู้วิจัยจึงได้ทำการเสนอแนะวิธีการเพื่อลดจำนวนการสร้างฝายต้นน้ำในพื้นที่ลง เพื่อให้ฝายต้นน้ำที่จะทำการสร้างในพื้นที่มีประโยชน์และมีประสิทธิภาพสูงสุด และเพื่อให้คุ้มค่ากับงบประมาณที่ใช้ในการสร้าง ด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

4.3.2 การลดจำนวนฝายต้นน้ำด้วยวิธีการเพิ่มความสูงฝายต้นน้ำ

วิธีการนี้เป็นเพียงข้อเสนอแนะของผู้วิจัยเพียงเท่านั้น เพื่อให้เกิดความสะดวกในการทดสอบ ผู้วิจัยได้กำหนดความสูงของฝายต้นน้ำที่ใช้เป็นตัวอย่างในการคำนวณเท่ากับ 1.5 และ 2 เมตร เริ่มต้นการการหาตำแหน่งฝายต้นน้ำด้วยการสร้างเส้นชั้นความสูงจากแบบจำลองความสูงของกรมพัฒนาที่ดิน โดยการกำหนดช่วงความสูงเท่ากับ 1.5 เมตรและ 2 เมตร นำผลที่ได้มาซ้อนทับกับเส้นทางน้ำที่สร้างขึ้น เพื่อหาตำแหน่งการสร้างฝายต้นน้ำ จากนั้นทำการลดจำนวนฝายต้นน้ำด้วยวิธีการลดตำแหน่งฝายต้นน้ำที่ตั้งอยู่บนเส้นทางน้ำที่ไม่มีจริงตามธรรมชาติ และเส้นทางน้ำที่มีน้ำไหลตลอดทั้งปี ได้ผลของตำแหน่งและจำนวนฝายต้นน้ำดังแสดงในตารางที่ 4-8

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4 - 8 แสดงผลการเปรียบเทียบจำนวนฝายต้นน้ำและค่าเฉลี่ยระยะห่างระหว่างฝายต้นน้ำที่สร้างจากความสูงฝายแตกต่างกัน

ลำดับของเส้นทางน้ำ (Stream Order)	หมายเลขของเส้นทางน้ำ	ความยาวของเส้นทางน้ำ (เมตร)	ความสูงฝายเท่ากับ 1 เมตร		ความสูงฝายเท่ากับ 1.5 เมตร		ความสูงฝายเท่ากับ 2 เมตร	
			จำนวน (ฝาย)	ค่าเฉลี่ยระยะห่างฝาย (เมตร)	จำนวน (ฝาย)	ค่าเฉลี่ยระยะห่างฝาย (เมตร)	จำนวน (ฝาย)	ค่าเฉลี่ยระยะห่างฝาย (เมตร)
1	SO 1-1	2,789.38	269	10.37	179	15.54	134	20.82
	SO 1-2	1,010.88	86	11.75	57	17.65	44	22.97
	SO 1-3	1,370.69	148	9.26	99	13.92	74	18.52
	SO 1-4	1,182.41	122	9.69	81	14.90	60	19.71
2	SO 2-1	1,201.01	54	22.24	36	34.23	27	44.48
รวม		7,554.37	679	11.13	452	16.71	339	22.28

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางที่ 4-8 เมื่อทำการลดจำนวนฝายต้นน้ำด้วยวิธีการเพิ่มค่าความสูงให้กับฝายต้นน้ำ ผลของจำนวนฝายต้นน้ำและระยะห่างระหว่างฝายต้นน้ำที่ได้คือ ถ้าเพิ่มความสูงของฝายต้นน้ำเป็น 1.5 เมตร จะได้จำนวนฝายต้นน้ำทั้งหมดเท่ากับ 452 ฝาย และมีค่าเฉลี่ยระยะห่างระหว่างฝายต้นน้ำเท่ากับ 16.71 เมตร ถ้าทำการเพิ่มความสูงของฝายต้นน้ำเป็น 2 เมตร จะได้จำนวนฝายต้นน้ำทั้งหมดเท่ากับ 339 ฝาย และมีค่าเฉลี่ยระยะห่างระหว่างฝายต้นน้ำเท่ากับ 22.28 เมตร จากผลการเปรียบเทียบ สรุปได้ว่าถ้าเพิ่มความสูงฝายต้นน้ำมากขึ้นจะมีผลทำให้จำนวนฝายต้นน้ำมีจำนวนลดลง และมีระยะห่างระหว่างฝายต้นน้ำเพิ่มมากขึ้น

เนื่องจากผลของการเพิ่มความสูงฝายต้นน้ำส่งผลให้ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในในการสร้างฝายต้นน้ำเพิ่มขึ้นตามไปด้วย Heed (1997) ได้ทำการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของฝายต้นน้ำกับค่าใช้จ่ายในการสร้างฝายต้นน้ำ สรุปไว้ว่าการคำนวณหาค่าใช้จ่ายในการสร้างฝายต้นน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นตามค่าความสูงฝายต้นน้ำ โดยมีความสัมพันธ์กับค่าความสูงฝายต้นน้ำอยู่ในรูปแบบการแปรผันตาม กันกับค่าใช้จ่ายในการสร้างฝายต้นน้ำผลของจำนวนราคางบประมาณที่ใช้ในการสร้างฝายต้นน้ำเมื่อมีการเพิ่มความสูงฝายต้นน้ำ คำนวณตามราคาที่ส่วนจัดการต้นน้ำได้กำหนดไว้ และเพิ่มราคาตามอัตราการเพิ่มความสูงฝายต้นน้ำ ได้ผลของงบประมาณที่ใช้ในการก่อสร้างในพื้นที่ศึกษาทั้งหมดดังนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4 - 9 แสดงผลการเปรียบเทียบจำนวนและค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการสร้างฝายต้นน้ำที่มีค่าความสูงฝายที่สร้างจากความสูงฝายแตกต่างกัน

รูปแบบฝายต้นน้ำ	ความสูงฝาย 1 เมตร		ความสูงฝาย 1.5 เมตร		ความสูงฝาย 2 เมตร	
	จำนวน (ฝาย)	ค่าใช้จ่ายที่ใช้ทั้งหมด (บาท)	จำนวน (ฝาย)	ค่าใช้จ่ายที่ใช้ทั้งหมด (บาท)	จำนวน (ฝาย)	ค่าใช้จ่ายที่ใช้ทั้งหมด (บาท)
ฝายต้นน้ำแบบผสมผสาน	637	3,185,000	307	2,302,500	66	660,000
ฝายต้นน้ำแบบกึ่งถาวร	36	900,000	91	3,412,500	132	6,600,000
ฝายต้นน้ำแบบถาวร	6	300,000	54	4,050,000	141	14,100,000
รวม	679	4,385,000	452	9,765,000	339	21,360,000

จากตารางที่ 4-9 เมื่อทำการลดจำนวนฝายต้นน้ำด้วยวิธีการเพิ่มค่าความสูงให้กับฝายต้นน้ำ ผลของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการสร้างฝายต้นน้ำที่ได้คือ ถ้าเพิ่มความสูงของฝายต้นน้ำเป็น 1.5 เมตร ต้องใช้งบประมาณในการสร้างฝายต้นน้ำทั้งหมดจำนวน 9,765,000 บาท และถ้าเพิ่มความสูงของฝายต้นน้ำเป็น 2 เมตร ต้องใช้งบประมาณในการสร้างฝายต้นน้ำทั้งหมดจำนวน 21,360,000 บาท ผลการเปรียบเทียบ สรุปได้ว่าถ้าเพิ่มความสูงฝายต้นน้ำให้มีความสูงมากขึ้น ทำให้มีการเว้นระยะห่างระหว่างฝายเพิ่มขึ้นและมีพื้นที่เก็บน้ำมากยิ่งขึ้น ทำให้รูปแบบที่ใช้ในการกำหนดรูปแบบฝายต้นน้ำเปลี่ยนไป และมีผลให้งบประมาณที่ใช้ในการก่อสร้างฝายต้นน้ำเพิ่มมากขึ้นด้วย

ตารางที่ 4 - 10 แสดงผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำเก็บกักหน้าฝายต้นน้ำ ที่สร้างจากความสูงฝายแตกต่างกัน

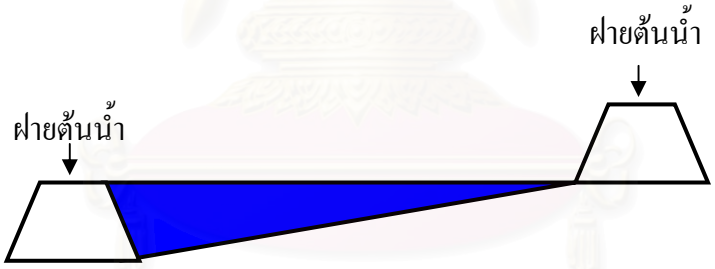
ลำดับของเส้นทางน้ำ (Stream Order)	หมายเลขของเส้นทางน้ำ	ความสูงฝาย 1 เมตร		ความสูงฝาย 1.5 เมตร		ความสูงฝาย 2 เมตร	
		ปริมาณน้ำเก็บกัก (ลบ.ม.)	ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำเก็บกัก (ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำเก็บกัก (ลบ.ม.)	ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำเก็บกัก (ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำเก็บกัก (ลบ.ม.)	ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำเก็บกัก (ลบ.ม.)
1	SO 1-1	3,486.73	12.96	5,217.19	29.15	6,938.92	51.78
	SO 1-2	1,263.61	14.69	1,885.99	33.09	2,527.22	57.44
	SO 1-3	1,713.36	11.58	2,584.75	26.11	3,412.37	46.11
	SO 1-4	1,478.01	12.11	2,263.25	27.94	2,823.90	47.06
2	SO 2-1	1,501.27	27.80	2,310.39	64.18	2930.37	108.53
รวม		9,442.98	13.90	14,261.57	31.55	18,632.78	54.96

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

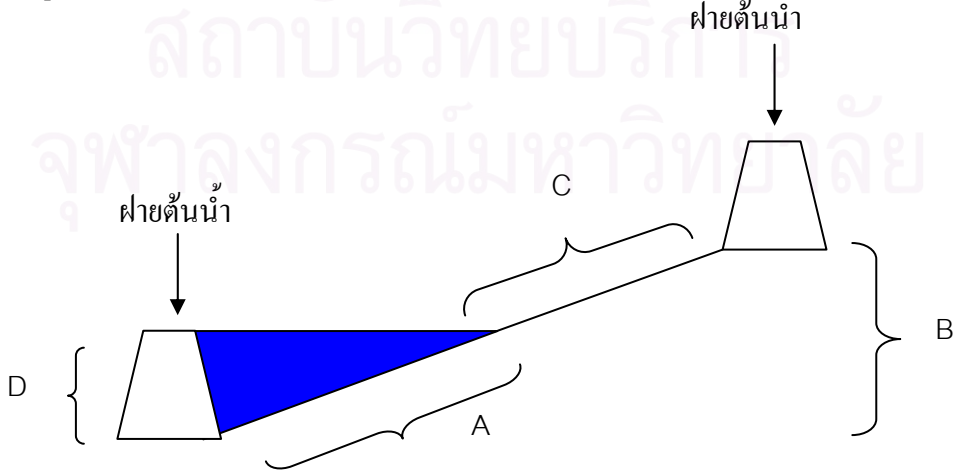
จากตารางที่ 4 -10 ผลของปริมาณการเก็บกักน้ำหน้าฝายต้นน้ำ ถ้ากำหนดให้ฝายต้นน้ำมีความสูงเท่ากับ 1.5 เมตร จะมีปริมาณน้ำเก็บกักหน้าฝายต้นน้ำในพื้นที่ศึกษาทั้งหมดจำนวน 14,261.57 ลบ.ม. ฝายแต่ละตัวเก็บน้ำไว้หน้าฝายโดยเฉลี่ยประมาณ 31.55 ลบ.ม. และถ้ากำหนดให้ฝายต้นน้ำมีความสูงเท่ากับ 2 เมตร จะมีปริมาณน้ำเก็บกักหน้าฝายต้นน้ำในพื้นที่ศึกษาทั้งหมดจำนวน 18,632.78 ลบ.ม. ฝายแต่ละตัวเก็บน้ำไว้หน้าฝายโดยเฉลี่ยประมาณ 54.96 ลบ.ม.

4.3.3 การลดจำนวนฝายต้นน้ำด้วยวิธีการเพิ่มระยะห่างระหว่างฝายต้นน้ำจากระดับความสูงของที่ตั้งฝายต้นน้ำ

การเพิ่มระยะห่างของฝายต้นน้ำเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้ในการลดจำนวนฝายต้นน้ำที่มีจำนวนมากในพื้นที่ลุ่มน้ำ วิธีการลดจำนวนฝายต้นน้ำวิธีนี้เป็นการลดจำนวนฝายต้นน้ำด้วยการเพิ่มระยะห่างระหว่างฝายต้นน้ำ โดยไม่คำนึงถึงตำแหน่งที่สร้างฝายให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด และในการคำนวณวิธีการนี้อาจเกิดการสูญเสียพื้นที่ที่ใช้เก็บกักน้ำหน้าฝายต้นน้ำด้วย ตัวอย่างระดับความสูงที่แตกต่างกันที่ผู้วิจัยได้กำหนดเพื่อใช้ในการทดสอบวิธีนี้คือ กำหนดให้ฝายต้นน้ำมีความแตกต่างกันของระดับความสูงเท่ากับ 2 เมตร 2.5 เมตร และ 3 เมตร ตัวเลขที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้นมานี้เพื่อให้สะดวกในการคำนวณและเห็นผลที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น แต่ในทั้งนี้ความสูงฝายต้นน้ำยังมีระดับความสูงเท่ากับ 1 เมตร ดังรูปที่แสดงต่อไปนี้



รูปที่ 4 - 12 แสดงตำแหน่งของฝายต้นน้ำที่สร้างแล้วมีประสิทธิภาพการเก็บกักน้ำสูงสุด



รูปที่ 4 - 13 แสดงการเพิ่มระยะห่างระหว่างฝายต้นน้ำ

กำหนดให้ A = พื้นที่เก็บกักน้ำหน้าฝายต้นน้ำ

B = ระดับความสูงที่แตกต่างกันของฝายต้นน้ำ

C = ระยะการสูญเสียพื้นที่รับน้ำ

D = ความสูงฝายต้นน้ำเท่ากับ 1 เมตร

ตารางที่ 4 - 11 แสดงผลการเปรียบเทียบจำนวนฝายต้นน้ำและค่าเฉลี่ยระยะห่างระหว่างฝายต้นน้ำที่สร้างจากระดับความสูงของที่ตั้งฝายต้นน้ำที่แตกต่างกัน

ลำดับของเส้นทางน้ำ (Stream Order)	หมายเลขของเส้นทางน้ำ	ความยาวของเส้นทางน้ำ (เมตร)	ระดับความสูงที่แตกต่างกันเท่ากับ 2 เมตร (ฝาย)		ระดับความสูงที่แตกต่างกันเท่ากับ 2.5 เมตร (ฝาย)		ระดับความสูงที่แตกต่างกันเท่ากับ 3 เมตร (ฝาย)	
			จำนวน (ฝาย)	ค่าเฉลี่ยระยะห่างฝาย (เมตร)	จำนวน (ฝาย)	ค่าเฉลี่ยระยะห่างฝาย (เมตร)	จำนวน (ฝาย)	ค่าเฉลี่ยระยะห่างฝาย (เมตร)
1	SO 1-1	2,789.38	133	20.97	106	26.31	88	31.70
	SO 1-2	1,010.88	42	24.07	33	30.63	28	36.10
	SO 1-3	1,370.69	73	18.78	58	23.63	48	28.56
	SO 1-4	1,182.41	60	19.71	48	24.63	39	30.32
2	SO 2-1	1,201.01	26	46.19	20	60.05	17	70.65
รวม		7,554.37	334	22.62	265	28.51	220	34.34

จากตารางที่ 4-11 ถ้าเพิ่มระยะห่างความสูงที่แตกต่างกันของฝายต้นน้ำเท่ากับ 2 เมตร ได้ตำแหน่งการสร้างฝายต้นน้ำจำนวน 334 ฝาย ที่มีระยะห่างระหว่างฝายโดยเฉลี่ยเท่ากับ 22.62 เมตร ถ้าเพิ่มระยะห่างความสูงที่แตกต่างกันของฝายต้นน้ำเท่ากับ 2.5 เมตร ได้ตำแหน่งการสร้างฝายต้นน้ำจำนวน 265 ฝาย ที่มีระยะห่างระหว่างฝายโดยเฉลี่ยเท่ากับ 28.51 เมตร และถ้าเพิ่มระยะห่างความสูงที่แตกต่างกันของฝายต้นน้ำเท่ากับ 3 เมตร ได้ตำแหน่งการสร้างฝายต้นน้ำจำนวน 220 ฝาย มีระยะห่างระหว่างฝายโดยเฉลี่ยเท่ากับ 34.34 เมตร

ตารางที่ 4 - 12 แสดงผลการเปรียบเทียบจำนวนและค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการสร้างฝายต้นน้ำที่สร้างจากระดับความสูงที่ตั้งของฝายต้นน้ำที่แตกต่างกัน

รูปแบบฝายต้นน้ำ	ระดับความสูงที่แตกต่างกันเท่ากับ 2 เมตร (ฝาย)		ระดับความสูงที่แตกต่างกันเท่ากับ 2.5 เมตร (ฝาย)		ระดับความสูงที่แตกต่างกันเท่ากับ 3 เมตร (ฝาย)	
	จำนวน (ฝาย)	ค่าใช้จ่ายที่ใช้ทั้งหมด (บาท)	จำนวน (ฝาย)	ค่าใช้จ่ายที่ใช้ทั้งหมด (บาท)	จำนวน (ฝาย)	ค่าใช้จ่ายที่ใช้ทั้งหมด (บาท)
ฝายต้นน้ำแบบผสมผสาน	315	1,575,000	236	1,180,000	207	1,035,000
ฝายต้นน้ำแบบกึ่งถาวร	15	375,000	16	400,000	11	275,000
ฝายต้นน้ำแบบถาวร	4	200,000	3	150,000	2	100,000
รวม	334	2,150,000	265	1,730,000	220	1,410,000

จากตารางที่ 4-12 ถ้าเพิ่มระยะห่างความสูงที่แตกต่างกันของฝายต้นน้ำเท่ากับ 2 เมตร ผลของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการสร้างฝายต้นน้ำที่ได้คือ 2,150,000บาท ถ้าเพิ่มระยะห่างความสูงที่แตกต่างกันของฝายต้นน้ำเท่ากับ 2.5 เมตร ผลของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการสร้างฝายต้นน้ำที่ได้คือ 1,730,000 บาท และถ้าเพิ่มระยะห่างความสูงที่แตกต่างกันของฝายต้นน้ำเป็น 3 เมตร ต้องใช้งบประมาณในการสร้างฝายต้นน้ำทั้งหมดจำนวน 1,410,000 บาท

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4 - 13 แสดงผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำเก็บกักหน้าฝายต้นน้ำ ที่สร้างจากระดับความสูงที่ตั้งของฝายต้นน้ำที่แตกต่างกัน

ลำดับของเส้นทางน้ำ (Stream Order)	หมายเลขของเส้นทางน้ำ	ระดับความสูงที่แตกต่างกันเท่ากับ 2 เมตร (ฝาย)		ระดับความสูงที่แตกต่างกันเท่ากับ 2.5 เมตร (ฝาย)		ระดับความสูงที่แตกต่างกันเท่ากับ 3 เมตร (ฝาย)	
		ปริมาณน้ำเก็บกัก (ลบ.ม.)	ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำเก็บกัก (ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำเก็บกัก (ลบ.ม.)	ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำเก็บกัก (ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำเก็บกัก (ลบ.ม.)	ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำเก็บกัก (ลบ.ม.)
1	SO 1-1	1,703.91	12.81	1,356.76	12.80	1,305.74	14.84
	SO 1-2	670.46	15.96	523.85	15.87	378.28	13.51
	SO 1-3	825.03	11.30	662.95	11.43	576.71	12.01
	SO 1-4	696.89	17.42	599.85	12.50	437.30	11.21
2	SO 2-1	715.13	27.50	543.64	27.18	463.91	27.29
รวม		4,611.42	13.81	3,687.05	13.91	3,161.94	14.37

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางที่ 4-13 ผลของปริมาณการเก็บกักน้ำหน้าฝายต้นน้ำ ถ้ากำหนดให้ระยะห่างระดับความสูงที่ตั้งฝายต้นน้ำมีความสูงเท่ากับ 2 เมตร จะมีปริมาณน้ำเก็บกักหน้าฝายต้นน้ำในพื้นที่ศึกษาทั้งหมดจำนวน 4,611.42 ลบ.ม. ฝายแต่ละตัวเก็บน้ำไว้หน้าฝายโดยเฉลี่ยประมาณ 13.81 ลบ.ม. ถ้ากำหนดให้ระยะห่างระดับความสูงที่ตั้งฝายต้นน้ำมีความสูงเท่ากับ 2.5 เมตร จะมีปริมาณน้ำเก็บกักหน้าฝายต้นน้ำในพื้นที่ศึกษาทั้งหมดจำนวน 3,687.05 ลบ.ม. ฝายแต่ละตัวเก็บน้ำไว้หน้าฝายโดยเฉลี่ยประมาณ 13.91 ลบ.ม. และถ้ากำหนดให้ระยะห่างระดับความสูงที่ตั้งฝายต้นน้ำมีความสูงเท่ากับ 3 เมตร จะมีปริมาณน้ำเก็บกักหน้าฝายต้นน้ำในพื้นที่ศึกษาทั้งหมดจำนวน 3,161.94 ลบ.ม. ฝายแต่ละตัวเก็บน้ำไว้หน้าฝายโดยเฉลี่ยประมาณ 14.37 ลบ.ม.

ตารางที่ 4 - 14 แสดงการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการลดจำนวนฝายต้นน้ำด้วยวิธีการเพิ่มความสูงฝายต้นน้ำและวิธีการเพิ่มระยะห่างระหว่างฝายต้นน้ำ

ผลจากการลดจำนวนฝายต้นน้ำ	การเพิ่มความสูงฝายต้นน้ำ	การเพิ่มระยะห่างระหว่างฝายต้นน้ำ
1. จำนวนฝายต้นน้ำ	ลดลง	ลดลง
2. ถูกต้องตามหลักการสร้างฝายให้มีประสิทธิภาพในการกักเก็บน้ำ	มีประสิทธิภาพ	ไม่มีประสิทธิภาพ
3. ระยะห่างระหว่างฝายต้นน้ำ	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น
4. ปริมาณน้ำเก็บกักหน้าฝายรวมทั้งพื้นที่	เพิ่มขึ้น	ลดลง
5. งบประมาณที่ใช้ในการสร้าง	เพิ่มขึ้น	ลดลง

สรุปผลที่ได้จากการลดจำนวนฝายต้นน้ำด้วยวิธีการเพิ่มความสูงฝายต้นน้ำ วิธีการนี้ทำให้ฝายต้นน้ำที่มีจำนวนน้อยลง ตำแหน่งที่สร้างถูกต้องตามหลักแนวคิดการสร้างฝายให้มีประสิทธิภาพ โดยให้ความสูงฝายตัวถัดไปอยู่ในระดับเดียวกับฐานของฝายตัวบน ยิ่งเพิ่มความสูงฝายยิ่งมีระยะห่างกันเพิ่มมากขึ้น ทำให้มีพื้นที่เก็บน้ำมากขึ้น ส่งผลให้มีปริมาณน้ำเก็บกักรวมในพื้นที่เพิ่มขึ้น แต่งบประมาณที่ใช้สร้างนั้นเพิ่มตามขึ้นเป็นเท่าตัว วิธีการนี้เหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีความลาดชันค่อนข้างมาก เพราะในการเพิ่มความสูงฝายต้นน้ำขนาดความหนาของฝายจะเพิ่มขึ้นด้วย ทำให้ฝายมีความแข็งแรงและสามารถเก็บน้ำไว้ในพื้นที่เป็นจำนวนมากได้

ส่วนวิธีการลดจำนวนฝายต้นน้ำด้วยวิธีการเพิ่มระยะห่างระหว่างฝายต้นน้ำ เป็นวิธีการที่ช่วยลดการสร้างฝายต้นน้ำในพื้นที่ให้น้อยลง แต่ตำแหน่งที่สร้างอาจไม่มีประสิทธิภาพเนื่องจากมีพื้นที่สูญเสียที่เกิดจากการเว้นระยะห่างเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำที่เก็บกักได้ทั้งพื้นที่มีปริมาณน้ำรวมลดลงจากการสร้างฝายต้นน้ำแบบปกติ เนื่องจากฝายต้นน้ำมีความสูงฝายต้นน้ำเท่าเดิม แต่งบประมาณที่ใช้สร้างมีจำนวนลดน้อยลงตามจำนวนฝายต้นน้ำ วิธีการนี้เหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีความลาดชันไม่มาก ไม่มีน้ำหลากในช่วงฤดูฝนรุนแรงมากนัก และมีงบประมาณในการสร้างฝายต้นน้ำจำนวนน้อย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา

5.1 สรุปผลที่ได้จากงานวิจัย

การสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการหาตำแหน่งและจำนวนฝายต้นน้ำ โดยใช้หลักการทางด้าน GIS เพื่อใช้ในการวางแผนในการสร้างและคำนวณงบประมาณในการสร้างมีขั้นตอนการทำงาน 3 ขั้นตอนดังนี้

5.1.1 ขั้นตอนการหาขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำ

ในการเลือกพื้นที่ศึกษานั้น จำเป็นต้องเลือกพื้นที่ศึกษา ตามขอบเขตของพื้นที่ลุ่มน้ำ เพราะขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำเป็นตัวบอกถึงขอบเขตของพื้นที่ทั้งหมดที่มีการระบายน้ำออกมายังจุดเดียวกัน และรวมไปถึงขอบเขตของเส้นทางน้ำที่มีการไหลออกมายังจุดเดียวกัน ในการหาขอบเขตพื้นที่ศึกษาในงานวิจัยนี้ สร้างขึ้นจากข้อมูลแบบจำลองความสูง 1:4,000 ของกรมพัฒนาที่ดิน ซึ่งมีขอบเขตพื้นที่ทั้งหมดเท่ากับ 10.08 ตารางกิโลเมตร

5.1.2 ขั้นตอนการสร้างเส้นทางน้ำ

เป็นขั้นตอนที่สร้างเส้นทางการลำเลียงน้ำออกจากพื้นที่ลุ่มน้ำมายังอ่างเก็บน้ำห้วยสำโหรง ในการสร้างเส้นทางน้ำในงานวิจัยนี้เป็นการสร้างเส้นทางน้ำจากข้อมูลแบบจำลองความสูง 1:4,000 ของกรมพัฒนาที่ดิน ข้อมูลแบบจำลองความสูงที่มีขนาดของกริดเท่ากับ 30 เมตร ของกรมอุทยานแห่งชาติ และข้อมูลแบบจำลองความสูง SRTM 90 เมตร ของ NASA เมื่อทำมาทดสอบหาค่าความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งจุดบรรจบของเส้นทางน้ำที่สร้างจากแบบจำลองความสูงที่ต่างกันนี้ สามารถสรุปผลการทดสอบได้ว่า เส้นทางน้ำที่สร้างจากแบบจำลองความสูง 1:4,000 ของกรมพัฒนาที่ดิน มีค่าความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งน้อยที่สุด นั่นคือมีค่าความถูกต้องเชิงตำแหน่งมากที่สุด และเส้นทางน้ำที่ได้จากข้อมูลแบบจำลองความสูง 1:4,000 ของกรมพัฒนาที่ดิน มีจำนวนและความยาวของเส้นทางน้ำใกล้เคียงกับเส้นทางน้ำที่มีอยู่จริงตามธรรมชาติของพื้นที่ศึกษามากที่สุด จากการสอบถามจากเจ้าหน้าที่อุทยานที่ชำนาญในพื้นที่ และการเก็บข้อมูลภาคสนาม ค่าของ GRID_CODE ที่เหมาะสมในการสร้างเส้นทางน้ำได้ใกล้เคียงที่สุดมีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 6 และได้จำนวนของเส้นทางน้ำลำดับที่ 1 จำนวน 5 เส้น และได้เส้นทางน้ำลำดับที่ 2 จำนวน 1 เส้น

5.1.3 ขั้นตอนการหาตำแหน่งและจำนวนฝายต้นน้ำ

- วิธีการหาตำแหน่งและจำนวนฝายต้นน้ำด้วยการหาจุดตัดของเส้นทางน้ำและเส้นชั้นความสูง วิธีการนี้เป็นวิธีการสร้างเส้นชั้นความสูงจากความสูงฝายต้นน้ำ และนำมาซ้อนทับกับเส้นทางน้ำที่สร้างขึ้น หาจุดตัดของข้อมูล เพื่อนำไปกำหนดเป็นตำแหน่งฝายต้นน้ำ วิธีการนี้เป็นวิธีการกำหนดตำแหน่งฝายต้นน้ำให้ฝายต้นน้ำมีประสิทธิผลตรงตามวัตถุประสงค์ของการสร้างฝายต้นน้ำมากที่สุด นั่นคือให้ความสูงฝายต้นน้ำตัวถัดไปอยู่ในระดับเดียวกับฐานของฝายต้นน้ำตัวบน ได้จำนวนฝายต้นน้ำที่อยู่บนเส้นทางน้ำลำดับที่ 1 จำนวน 537 ฝาย และจำนวนฝายต้นน้ำที่อยู่บนเส้นทางน้ำลำดับที่ 2 จำนวน 310 ฝาย ได้จำนวนฝายต้นน้ำรวมทั้งหมดเท่ากับ 847 ฝาย

- การลดจำนวนฝายต้นน้ำ เนื่องจากฝายต้นน้ำที่คำนวณได้จากการหาจุดตัดของเส้นทางน้ำ เป็นจำนวนฝายต้นน้ำที่ได้จากเส้นทางน้ำทั้งหมดที่สร้างขึ้น แต่แนวทางของการสร้างฝายต้นน้ำ ให้เกิดประโยชน์นั้น ไม่ควรสร้างบนเส้นทางน้ำที่มีน้ำไหลตลอดทั้งปี และควรสร้างบนเส้นทางน้ำที่มีอยู่จริงตามธรรมชาติ จึงจะทำให้ฝายต้นน้ำที่สร้างขึ้นเกิดประโยชน์ และไม่ทำให้สิ้นเปลืองงบประมาณโดยเปล่าประโยชน์ ดังนั้นจึงต้องมีการตัดฝายต้นน้ำที่อยู่บนเส้นทางน้ำดังกล่าวออก เหลือแต่เส้นทางน้ำที่สามารถนำไปใช้งานได้จริง ในการตัดฝายต้นน้ำที่อยู่บนเส้นทางน้ำที่ไม่จำเป็นนั้นสามารถตัดจากเส้นทางน้ำก่อนการซ้อนทับกับเส้นชั้นความสูงที่สร้างขึ้นก่อนได้ แต่ในงานวิจัยนี้ทำการตัดฝายต้นน้ำหลังจากได้ตำแหน่งฝายต้นน้ำก่อนเพราะเส้นทางน้ำลำดับที่ 2 ที่สร้างขึ้น เป็นเส้นทางน้ำที่มีทั้งฝายต้นน้ำที่ใช้งานได้ และฝายต้นน้ำที่อยู่บนเส้นทางที่มีน้ำไหลตลอดทั้งปี จึงจำเป็นต้องหาตำแหน่งฝายต้นน้ำก่อนเพื่อหาตำแหน่งจุดเริ่มต้นเส้นทางที่มีน้ำไหลตลอดทั้งปีต่อไป ผลการลดจำนวนฝายต้นน้ำ ได้จำนวนฝายต้นน้ำที่อยู่บนเส้นทางน้ำลำดับที่ 1 จำนวน 625 ฝาย และจำนวนฝายต้นน้ำที่อยู่บนเส้นทางน้ำลำดับที่ 2 จำนวน 54 ฝาย ได้จำนวนฝายต้นน้ำรวมทั้งหมดเท่ากับ 679 ฝาย

- ระยะห่างระหว่างฝายต้นน้ำ ในการหาระยะห่างระหว่างฝายต้นน้ำในงานวิจัยนี้เป็นการหาระยะห่างระหว่างฝายต้นน้ำด้วยวิธีการหาระยะทางของเส้นทางน้ำทั้งหมดหารด้วยจำนวนฝายต้นน้ำในแต่ละเส้นทางน้ำ ผลที่ได้คือค่าเฉลี่ยระยะห่างของฝายต้นน้ำ จากผลการทดสอบได้ค่าเฉลี่ยของระยะห่างฝายต้นน้ำเท่ากับ 12.84 เมตร ภายหลังการลดจำนวนฝายต้นน้ำด้วยวิธีการตัดฝายต้นน้ำที่อยู่บนเส้นทางน้ำที่มีน้ำไหลตลอดทั้งปี และไม่มีอยู่จริงในธรรมชาติ ได้ค่าเฉลี่ยของระยะห่างฝายต้นน้ำเท่ากับ 11.13 เมตร

5.1.4 งบประมาณในการสร้างฝายต้นน้ำ

เป็นการคำนวณราคาทั้งหมดของการสร้างฝายต้นน้ำ รวมราคาค่าแรงงานและวัสดุในการสร้าง แต่อาจมีจำนวนที่ลดลงเนื่องจากวัสดุอุปกรณ์บางอย่างสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เช่น จอบ มีด ตลับเมตร เป็นต้น หรืออีกส่วนที่อาจมีการลดลงได้คือค่าแรงงานถ้าเป็นส่วนที่มีการระดมคนช่วยสร้าง อาจลดงบประมาณในส่วนนี้ได้ ฝายต้นน้ำแบบผสมผสานมีทั้งหมดจำนวน 637 ฝาย คิดเป็นเงินที่ใช้ในการสร้างทั้งหมดเท่ากับ 3,375,000 บาท เป็นฝายต้นน้ำแบบกึ่งถาวรมีทั้งหมดจำนวน 36 ฝาย คิดเป็นเงินที่ใช้ในการสร้างทั้งหมด เท่ากับ 900,000บาท และเป็นฝายต้นน้ำแบบถาวรจำนวน 6 ฝาย คิดเป็นเงินที่ใช้ในการสร้างทั้งหมด เท่ากับ 300,000 บาท รวมงบประมาณทั้งหมดที่ใช้ในการสร้างฝายต้นน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสำโหรงเท่ากับ 4,385,000 บาท และงบประมาณที่ใช้ในการสร้างฝายต้นน้ำต่อพื้นที่เท่ากับ ตารางกิโลเมตรละ 641 บาท

5.1.5 ปริมาณน้ำเก็บกักหน้าฝายต้นน้ำ

คำนวณจากการหาปริมาตรรูปสี่เหลี่ยมคางหมู ที่มีความใกล้เคียงกับเส้นทางน้ำในธรรมชาติมากที่สุด ในการคำนวณหาปริมาณน้ำเก็บกักนี้ ไม่คำนึงถึงน้ำที่มาจากสิ่งแวดล้อมและการสูญเสียน้ำ ผลของปริมาณน้ำเก็บกักหน้าฝายต้นน้ำในพื้นที่ศึกษาทั้งหมดเท่ากับ 9,442.98 ลบ.ม. และค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำเก็บกักของฝายต้นน้ำแต่ละตัวเท่ากับ 13.90 ลบ.ม. เพื่อให้ได้ฝายต้นน้ำที่ถูกต้องตามหลักการสร้างฝายให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

ผลสรุปงานวิจัยพบว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นเป็นแบบจำลองที่ช่วยในการหาตำแหน่งและจำนวนฝายต้นน้ำได้ถูกต้องตามหลักวิชาการ ที่ได้กำหนดไว้ในเรื่องตำแหน่งที่สร้างฝายต้นน้ำให้มีประสิทธิภาพสูงสุด เรื่องการสร้างฝายต้นน้ำบนเส้นทางน้ำที่มีอยู่จริงในธรรมชาติ และเส้นทางน้ำที่มีความต้องการสร้างฝายเพื่อเพิ่มความชุ่มชื้นให้กับพื้นที่ป่า และในเรื่องของราคางบประมาณที่ใช้ในการสร้างฝายต้นน้ำ แต่ในการหาค่าเฉลี่ยของระห่างระหว่างฝายต้นน้ำผลที่ได้คือค่าที่มีความถี่ในการสร้างฝายมากเกินไป คือทุกระยะ 11.13 เมตรมีฝายต้นน้ำหนึ่งตำแหน่ง จากงานวิจัยนี้สรุปได้ว่ามีจำนวนของความถี่ของการสร้างฝายต้นน้ำมากเกินไป ผู้วิจัยจึงได้เสนอวิธีการลดจำนวนฝายต้นน้ำด้วยวิธีการเพิ่มความสูงฝายต้นน้ำ และวิธีการเพิ่มระยะห่างระหว่างฝายต้นน้ำจากระดับความสูงของที่ตั้งฝายต้นน้ำ ผลที่ได้คือ จากการลดจำนวนฝายต้นน้ำด้วยวิธีการเพิ่มความสูงฝายต้นน้ำ วิธีการนี้ทำให้ฝายต้นน้ำที่มีจำนวนน้อยลง ตำแหน่งที่สร้างถูกต้องตามหลักแนวคิดการสร้างฝายให้มีประสิทธิภาพ โดยให้ความสูงฝายตัวถัดไปอยู่ในระดับเดียวกับฐานของฝายตัวบน ยิ่งเพิ่มความสูงฝายยิ่งมีระยะห่างกันเพิ่มมากขึ้น ทำให้มีพื้นที่เก็บน้ำมากขึ้น ส่งผลให้มีปริมาณน้ำเก็บกักรวมในพื้นที่เพิ่มขึ้น แต่งบประมาณที่ใช้สร้างนั้นเพิ่มตามขึ้นเป็นเท่าตัว วิธีการนี้

เหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีความลาดชันค่อนข้างมาก เพราะในการเพิ่มความสูงฝายต้นน้ำขนาดความหนาของฝายจะเพิ่มขึ้นด้วย ทำให้ฝายมีความแข็งแรงและสามารถเก็นน้ำไว้ในพื้นที่เป็นจำนวนมากได้ ส่วนวิธีการลดจำนวนฝายต้นน้ำด้วยวิธีการเพิ่มระยะห่างระหว่างฝายต้นน้ำ เป็นวิธีการที่ช่วยลดการสร้างฝายต้นน้ำในพื้นที่ให้น้อยลง แต่ตำแหน่งที่สร้างอาจไม่มีประสิทธิภาพเนื่องจาก มีพื้นที่สูญเสียที่เกิดจากการเว้นระยะห่างเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำที่เก็บกักทั้งพื้นที่มีปริมาณลดลงจากการสร้างแบบปกติ แต่งบประมาณที่ใช้สร้างมีจำนวนลดน้อยลงตามจำนวนฝายต้นน้ำ วิธีการนี้เหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีความลาดชันไม่มาก ไม่มีน้ำหลากในฤดูฝนรุนแรง และมีงบประมาณในการสร้างฝายต้นน้ำน้อย ในการเลือกใช้วิธีการลดจำนวนฝายต้นน้ำควรเลือกใช้ให้เหมาะสมกับลักษณะพื้นที่ งบประมาณในการสร้าง และจุดประสงค์ของการสร้างฝายต้นน้ำในพื้นที่นั้นๆด้วย ผลของตำแหน่งและจำนวนที่ได้สามารถนำไปวางแผนก่อนการสร้างฝายต้นน้ำในพื้นที่ป่าต้นน้ำเพื่อต้องการเพิ่มความชุ่มชื่นให้กับป่า และช่วยดักตะกอนที่มากับน้ำยืดอายุการใช้งานของอ่างเก็บน้ำต่อไป

5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นจากงานวิจัย

1) เนื่องจากลักษณะป่าพื้นที่ศึกษา เป็นป่ารกทึบในการกำหนดตำแหน่งในงานวิจัยนี้เมื่อนำไปใช้ในพื้นที่จริง อาจมีการสร้างในตำแหน่งที่ไม่ตรงกับที่กำหนดไว้ เป็นผลจากเครื่องรับสัญญาณ GPS ไม่สามารถรับสัญญาณได้ หรือสัญญาณที่ได้อาจเป็นสัญญาณที่ตกกระทบกับต้นไม้ก่อนเข้าเครื่องรับสัญญาณ อาจเกิดความผิดพลาดเชิงตำแหน่งขึ้นได้

2) การคำนวณปริมาณน้ำเก็บกักหน้าฝายนั้นเป็นการคำนวณปริมาณน้ำในอุดมคติ เพื่อหาปริมาณน้ำและใช้ในการวางแผนในเบื้องต้นเท่านั้น เนื่องจากเส้นทางน้ำในพื้นที่ศึกษาเป็นเส้นทางน้ำที่มีรูปทรงที่ไม่แน่นอน จึงไม่สามารถหาพื้นที่เก็บกักได้ตรงกับสภาพพื้นที่จริง และเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูลการไหลของน้ำมีน้อย จึงไม่สามารถคำนวณสถิติปริมาณน้ำที่อาจเกิดขึ้นเมื่อมีฝนตก หรือน้ำหลากในฤดูฝนได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ใช้วิธีการคำนวณปริมาณน้ำในอุดมคติ

5.3 ข้อเสนอแนะ

1) ข้อมูลที่ใช้ในการสร้างเส้นทางน้ำ ถ้าใช้ข้อมูลที่มีขนาดกริดมากจะทำให้ผลของเส้นทางน้ำที่ได้ เป็นเส้นทางน้ำที่มีขนาดความยาวสั้นกว่าเส้นทางน้ำจริง หรือบางเส้นทางอาจไม่ปรากฏให้เห็น และถ้าใช้ข้อมูลที่มีขนาดกริดเล็กลง ผลที่ได้จากการนำไปสร้างเส้นทางน้ำ ได้เส้นทางน้ำที่รวมเส้นทางที่ไม่ใช่เส้นทางน้ำ อาจเป็นร่องเขา หรือเป็นเส้นทางที่ไม่มีน้ำไหลจริงในธรรมชาติ จาก

ปัญหาดังที่กล่าวมาแล้วนี้ ในการกำหนดเส้นทางน้ำที่ใช้ในการสร้างฝายต้นน้ำ จำเป็นต้องใช้กระบวนการลงเก็บข้อมูลภาคสนามและเพิ่มเติมหรือเลือกเส้นทางน้ำ โดยการสอบถามจากเจ้าหน้าที่อุทยานผู้ชำนาญในพื้นที่เข้าช่วย ในกระบวนการดังกล่าวอาจมีงบประมาณที่ใช้ในการลงเก็บภาคสนามเพิ่มเติม หรืออาจเกิดความล้าช้าในการสอบถามข้อมูลจากเจ้าหน้าที่ผู้ชำนาญในพื้นที่ เนื่องจากในบางพื้นที่จำเป็นต้องใช้ผู้ชำนาญพื้นที่หลายคน ดังนั้นควรมีการศึกษาต่อในเรื่องการจัดทำฐานข้อมูลเส้นทางน้ำ ที่เป็นเส้นทางน้ำที่ไม่มีในแผนที่ และเป็นเส้นทางน้ำที่มีอยู่จริงในธรรมชาติ เพื่อลดกระบวนการสร้างเส้นทางน้ำลง และเพิ่มความรวดเร็วในการวางแผนก่อนการตัดสินใจในการสร้างฝายต้นน้ำ และข้อมูลเส้นทางน้ำที่ได้สามารถนำไปใช้ประโยชน์อื่นได้ต่อไป

2) ผลของปริมาณน้ำเก็บกักหน้าฝายต้นน้ำที่ได้ เป็นผลที่ได้จากการคำนวณแบบอุดมคติ ผลของปริมาณน้ำเมื่อเทียบกับน้ำที่ฝายสามารถเก็บไว้ได้จริง เป็นผลที่มีค่าของปริมาณน้ำมากเกินความเป็นจริง เนื่องจากในการคำนวณใช้เพียงวิธีการคำนวณหาปริมาตร โดยใช้รูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมู และรูปทรงสามเหลี่ยมเป็นตัวแทนในการคำนวณ และค่าที่ใช้ในการคำนวณเป็นค่าที่มากที่สุด ที่ นิรันดร์ คำทอง (2548) ได้ทำการรวบรวมทางสถิติจากหัวหน้าอุทยานและเจ้าหน้าที่อุทยานทั่วประเทศ ค่าที่มากที่สุดที่ใช้ในการคำนวณเช่น ค่าความกว้างของเส้นทางน้ำ ค่าความสูงของฝายต้นน้ำ รวมถึงเส้นทางน้ำที่ใช้ในการคำนวณเป็นเส้นทางน้ำที่อยู่ในธรรมชาติ มีลักษณะที่ไม่แน่นอน สามารถเปลี่ยนแปลงตามลักษณะภูมิประเทศได้ ควรมีการศึกษาต่อในเรื่องการคำนวณหาปริมาณน้ำเก็บกักหน้าฝายต้นน้ำ ให้ได้ค่าปริมาณน้ำที่ฝายเก็บกักใกล้เคียงกับความเป็นจริง จำเป็นต้องมีการศึกษาในเรื่องการหาอัตราการไหลของน้ำ ปัจจัยในการคำนวณหาปริมาณน้ำอื่นๆ เช่น รูปร่าง ขนาด และความเรียบของทางน้ำ เพิ่มเติม เพื่อให้ได้ผลของปริมาณน้ำใกล้เคียงกับปริมาณน้ำที่ฝายต้นน้ำเก็บกักได้จริงมากที่สุด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กีรติ ลีวัจนกุล. วิศวกรรมชลศาสตร์. ปทุมธานี: SPEC, 2549.

กฤชชัย โชติมูล. แนวโน้มฝนในลุ่มน้ำเพชรบุรีและลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลประจวบคีรีขันธ์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.

มหาดไทย, กระทรวง. คู่มือโครงการ 80 พรรษา 80 ฝาย การก่อสร้างฝายต้นน้ำลำธารตามแนวพระราชดำริ กระทรวงมหาดไทย, 2549.

นิรันดร์ คำทอง. ทัศนคติของหัวหน้าหน่วยจัดการต้นน้ำต่อฝายต้นน้ำลำธาร.กรุงเทพมหานคร: สำนักบริหารจัดการพื้นที่อนุรักษ์ที่ 16 กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธ์พืช, 2548.

นิวัติ เรืองพาณิช. การอนุรักษ์ทรัพยากรณ์ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพมหานคร: เฉลิมชาญการพิมพ์, 2528.

ณภา คาโนวา. การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการหาจำนวนฝายต้นน้ำลำธาร พื้นที่ศึกษา หน่วยจัดการต้นน้ำแม่สลอง จังหวัดเชียงราย.กรุงเทพมหานคร: สำนักอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธ์พืช, 2548.

ส่วนจัดการทรัพยากรต้นน้ำ. คู่มือการก่อสร้างฝายต้นน้ำลำธาร. กรุงเทพมหานคร: ส่วนจัดการทรัพยากรต้นน้ำ สำนักอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธ์พืช, 2547.

ส่วนจัดการทรัพยากรต้นน้ำ. ฝายต้นน้ำลำธาร. กรุงเทพมหานคร: ส่วนจัดการทรัพยากรต้นน้ำ สำนักอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธ์พืช, 2547.

สุมนต์ จงดี, เจ้าหน้าที่อุทยานแห่งชาติกุยบุรี. สัมภาษณ์, 22 พฤศจิกายน 2551.

อุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช,กรม. ฝายชะลอความชุ่มชื่น[ออนไลน์]. แหล่งที่มา:http://www.dnp.go.th/kingdnp/ORRI/Royal/Theory/Checkdam.html (10 มีนาคม 2551)

ภาษาอังกฤษ

Catchment Simulation.Solutions. Hydrologic Conditioning of DEM[online].Available from :http://www.csse.com.au/catchsim_online_help/index.php?algorithmsummary.htm [2009,Jan10]

ESRI. Arc Hydro Tool – Tutorial Version 1.3. Redlands California USA, 2009.

Geyik, MP. FAO watershed management field manual – Gully control. Rome, Italy: FAO, 1986

Hamid Moradkhani. Dual state–parameter estimation of hydrological models using ensemble Kalman filter. Department of Civil and Environmental Engineering. University of California USA, 2004.

Heede, B.H. Designing Gully Control Systems for Eroding Watersheds. Environmental Management. Vol. 2. No. 6 Springer-Veriag New York, 1978.

Heede, B.H. Gully Control Structures and System. In FAO Conservation Guide 1. ; Guidelines of Watershed Management: FAO, 1977.

Maidment, R. Arc Hydro GIS for Water Resources. Redlands California USA: ESRI Press, 2002.

Mark, D.M. Network models in geomorphology Automated Basin Delineation From Digital Elevation Data. Geo Processing, 1988.

MINNESOTA PLANNING. Positional Accuracy Handbook US, 1999.

Minnesota Pollution Control Agency. Protecting Water Quality in Urban Areas Best Management Practices for Dealing wit Storm Water Runoff from Urban. Suburban and Developing Areas of Minnesota. Minneapolis, 2000.

Tarboton and Ames. Advances in the mapping of flow networks from digital elevation data, World Water and Environmental Resources Congress May 20-24 Orlando. Florida, 2001.

Thames, J.L. Erosion Processes and control. In Proceedings of Regionnal Training Course ; Wateshed Resources Management & Environmental Monitoring in Humid and Tropical Ecosystems. ONB& DTEC, 1981.

United States Environmental Protection Agency. Nutrient Criteria Technical Guidance Manual Rivers and Streams, 2000.

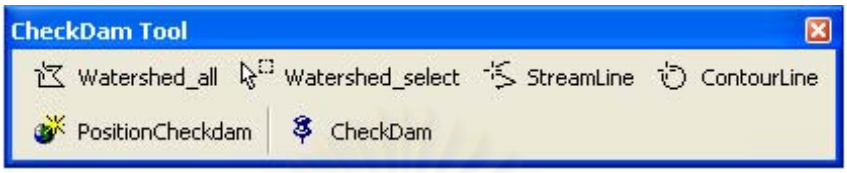
ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก
วิธีการใช้งานแบบจำลอง

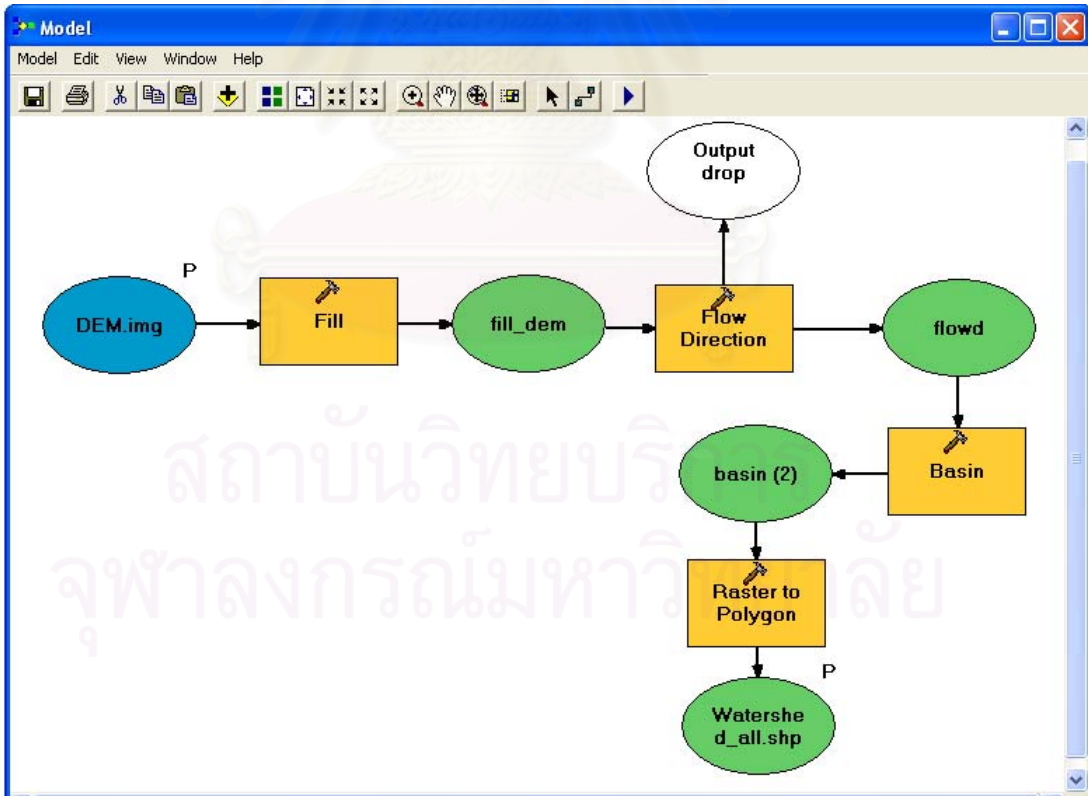
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การใช้งานโปรแกรมประยุกต์สำหรับวางแผนวิเคราะห์หาที่ตั้งฝายต้นน้ำที่เหมาะสมมีกระบวนการทำงานดังต่อไปนี้



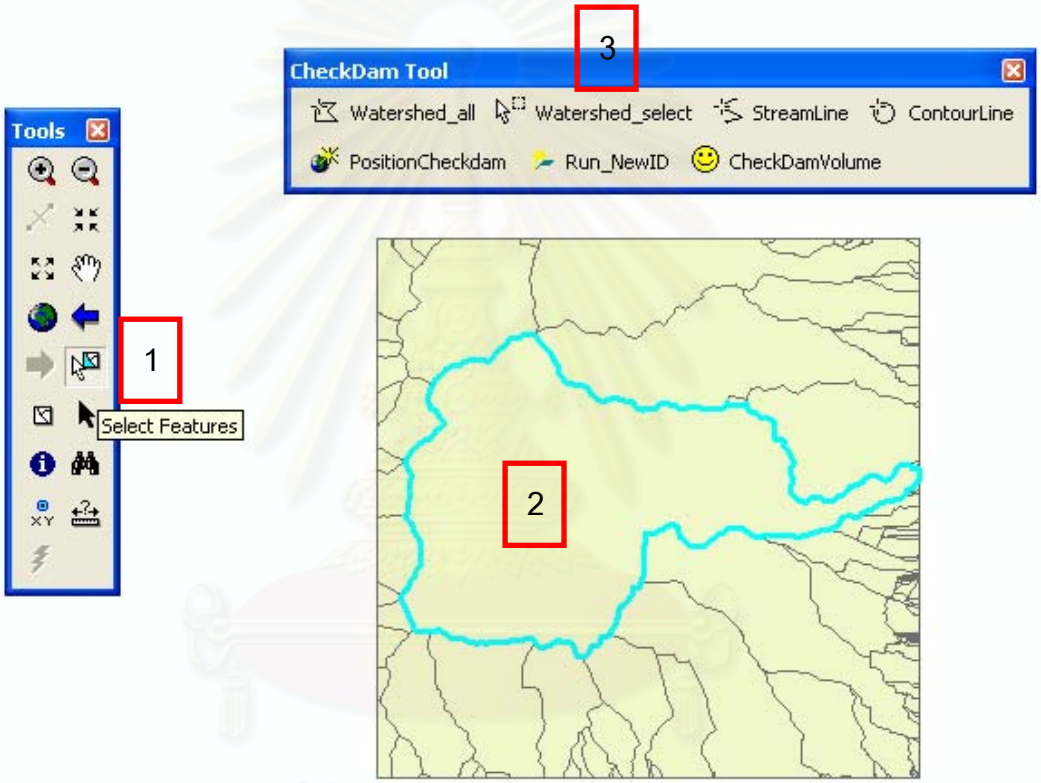
รูปที่ ก - 1 แสดง Tool bar เพื่อเปิดโปรแกรมประยุกต์

1. ทำการสร้างขอบเขตพื้นที่ศึกษา (Watershed_all) โดยใช้พื้นที่ลุ่มน้ำเป็นตัวกำหนดขอบเขต สร้างด้วยการใช้แบบจำลองใน ArcTool box ของโปรแกรม ArcGIS9.2 มีรูปแบบการทำงานดังแสดงใน รูปที่ ก – 2 ข้อมูลที่ใช้คือแบบจำลองความสูงของภูมิประเทศ ผลที่ได้คือพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด



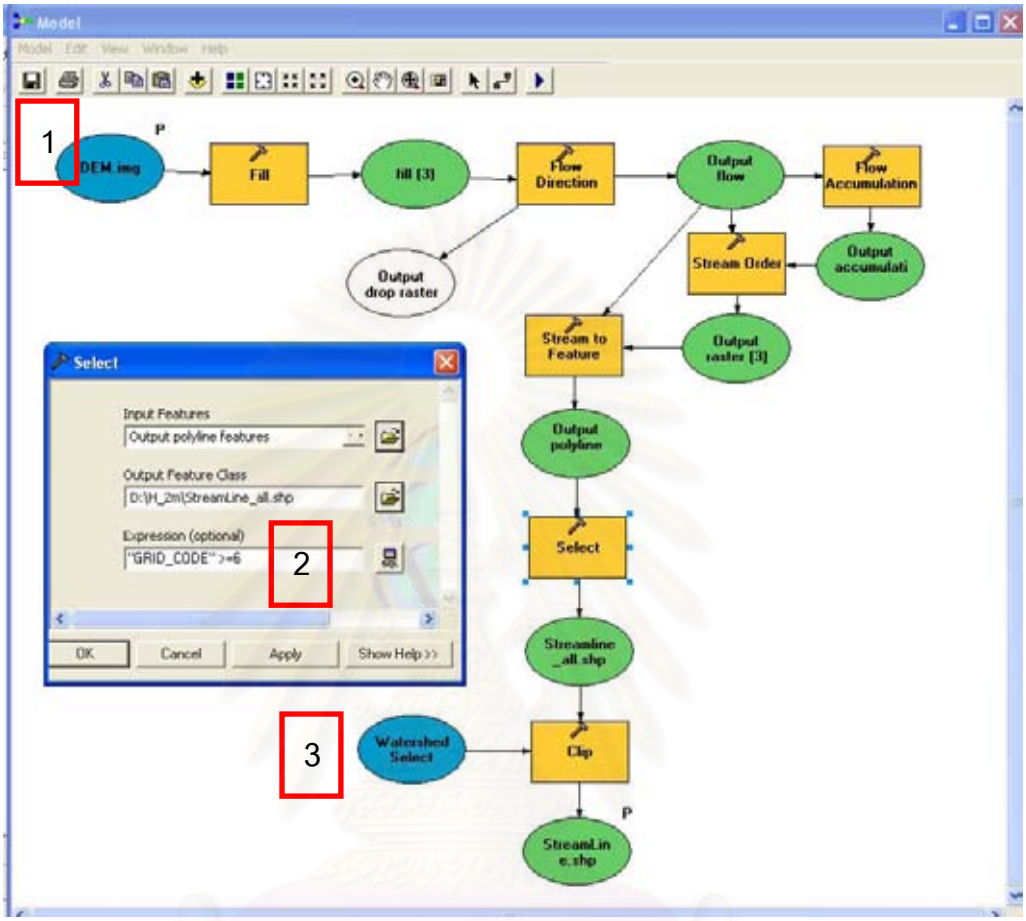
รูปที่ ก - 2 แสดงแบบจำลองที่ใช้ในการสร้างขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำ

2. ทำการเลือกเฉพาะพื้นที่ที่ใช้ศึกษา จากพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมดที่มีการสร้างขึ้น โดยทำการกดปุ่ม Select Features จากนั้นกดเลือกที่ Watersed_select ที่ Tool bar ของโปรแกรมประยุกต์ในรูปที่ ก – 1 โปรแกรมจะทำการสร้าง Shapefile พื้นที่ลุ่มน้ำขึ้นมาใหม่ชื่อ WatershedSelect.shp



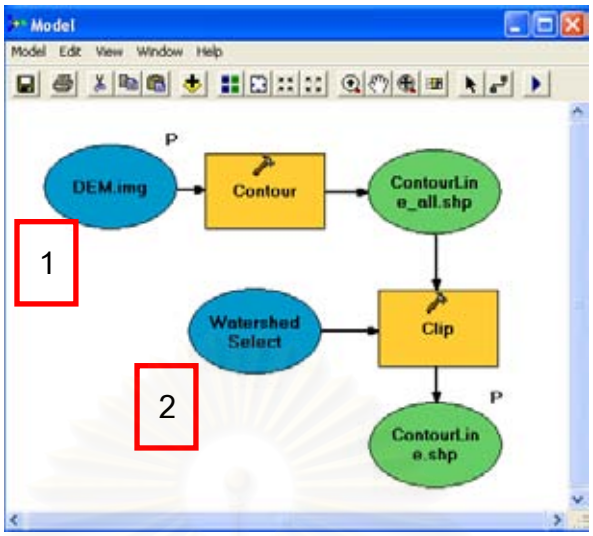
รูปที่ ก - 3 แสดงขั้นตอนการเลือกพื้นที่ศึกษา

3. ทำการสร้างเส้นทางน้ำจากแบบจำลองความสูงภูมิประเทศ โดยกดเลือกแบบจำลองใน Toolbox ที่ทำการสร้างขึ้น เพื่อทำการแก้ไขข้อมูลที่นำเข้าและกระบวนการเลือกลำดับของเส้นทางน้ำที่สร้างแล้วใกล้เคียงกับเส้นทางน้ำที่มีอยู่จริงในธรรมชาติมากที่สุด ข้อมูลที่ใช้คือแบบจำลองความสูงของภูมิประเทศ กระบวนการที่ต้องแก้ไขคือกระบวนการในการเลือกลำดับของเส้นทางน้ำที่ลำดับ GRID_CODE ที่น้อยที่สุดที่เริ่มใช้แสดงเส้นทางน้ำที่มีอยู่จริง และแก้ไขขอบเขตพื้นที่ศึกษา เพื่อใช้ในการตัดเลือกเฉพาะเส้นทางน้ำที่อยู่ในพื้นที่ศึกษา ผลที่ได้คือเส้นทางน้ำที่จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์หาตำแหน่งและจำนวนฝายต้นน้ำต่อไป



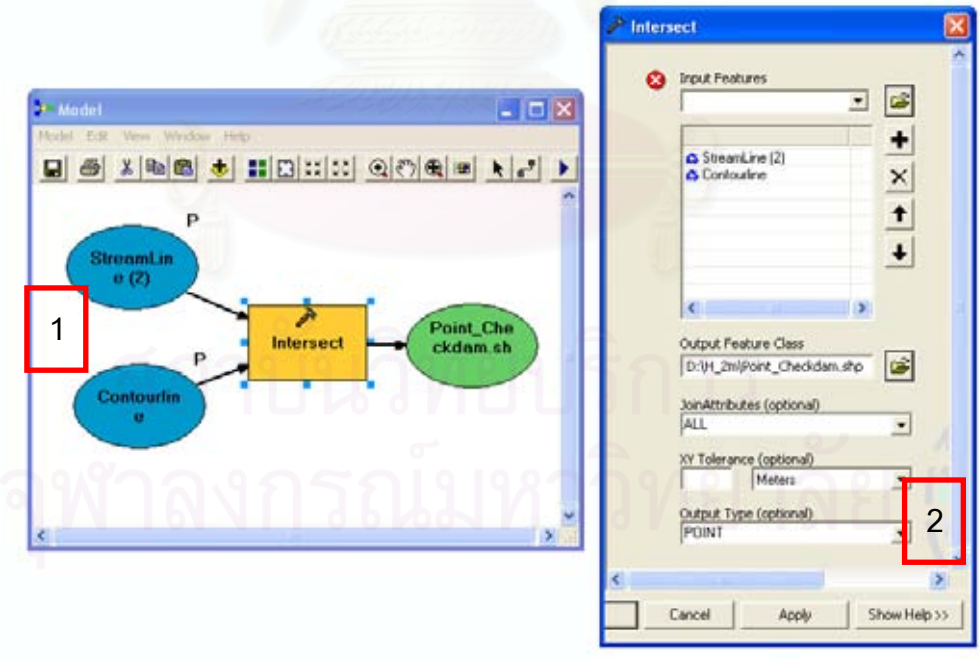
รูปที่ ก - 4 แสดงขั้นตอนการสร้างเส้นทางน้ำ

4. ทำการสร้างเส้นชั้นความสูงที่มีค่าเท่ากับความสูงฝายต้นน้ำ โดยกดเลือกแบบจำลองใน Toolbox ที่ทำการสร้างขึ้น ข้อมูลที่ใช้คือแบบจำลองความสูงของภูมิประเทศ กระบวนการที่ต้องแก้ไขคือพื้นที่ศึกษา เพื่อใช้ในการตัดเลือกเฉพาะเส้นชั้นความสูงที่อยู่ในพื้นที่ศึกษา ผลที่ได้คือเส้นชั้นความสูงที่จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์หาตำแหน่งและจำนวนฝายต้นน้ำต่อไป



รูปที่ ก - 5 แสดงขั้นตอนการสร้างเส้นชั้นความสูง

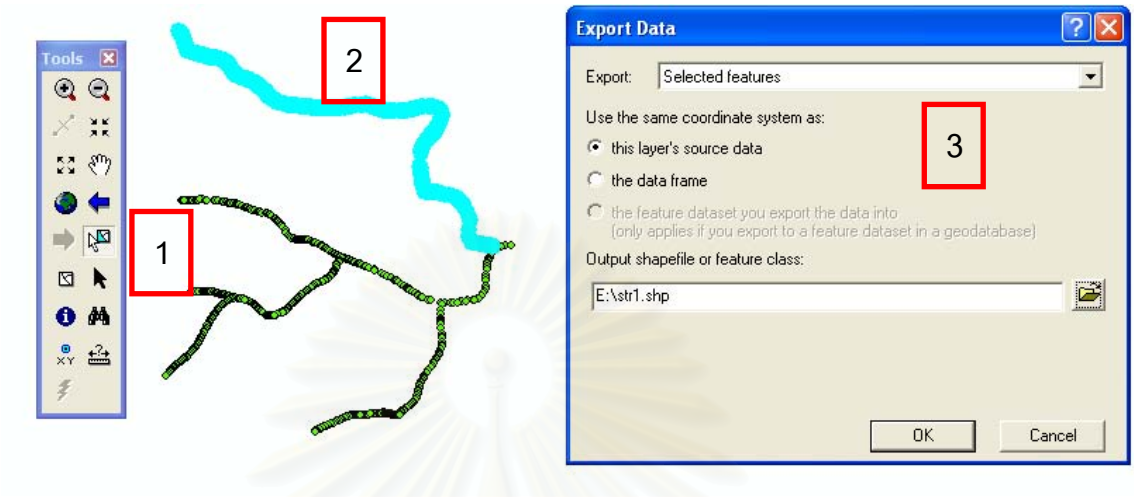
5. ทำการกำหนดตำแหน่งให้กับฝายต้นน้ำ กดที่ปุ่ม PositionCheckdam ที่ Tool bar ของโปรแกรมประยุกต์ในรูปที่ ก – 1 เป็นกระบวนการซ้อนทับระหว่างเส้นทางน้ำและเส้นชั้นความสูง กำหนดผลลัพธ์ที่ได้ให้อยู่ในรูปแบบจุด ผลที่ได้คือตำแหน่งฝายต้นน้ำ



รูปที่ ก - 6 แสดงกระบวนการกำหนดตำแหน่งให้กับฝายต้นน้ำ

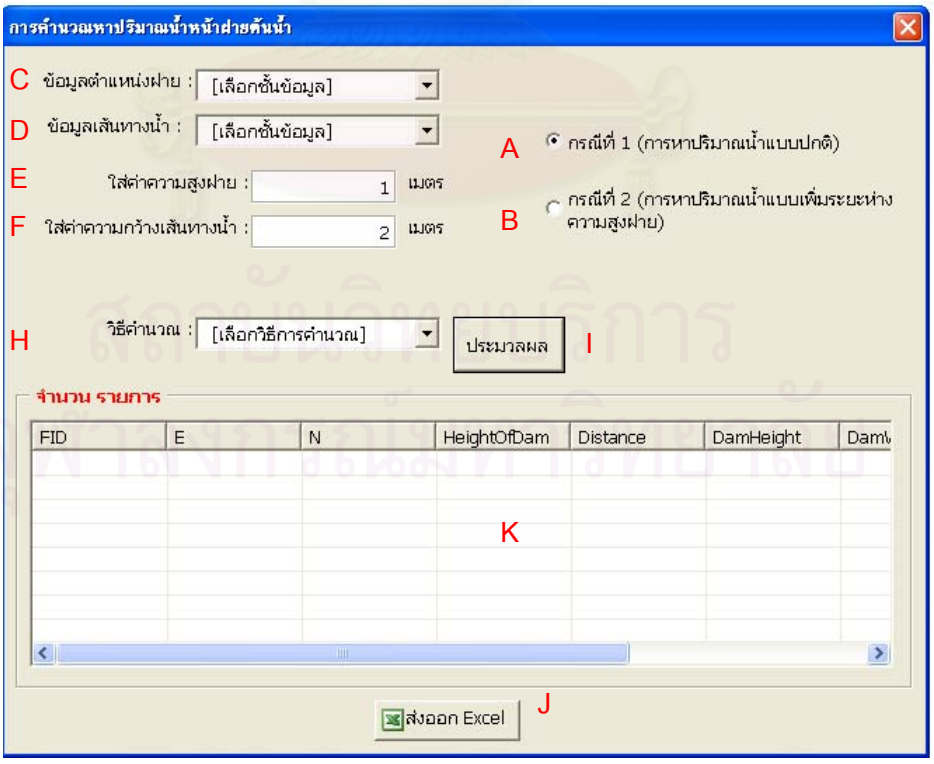
6. เมื่อได้ตำแหน่งฝายต้นน้ำทั้งหมดในพื้นที่ศึกษาแล้ว จากนั้นทำการแยกฝายต้นน้ำออกเป็นจากกันโดยใช้เส้นทางน้ำแต่ละสายเป็นตัวกำหนด ด้วยวิธีการ Select Features

และ Export Data แยกออกทีละเส้นทางน้ำ และทำการแยกเส้นทางน้ำออกจากกันด้วยวิธีเดียวกัน

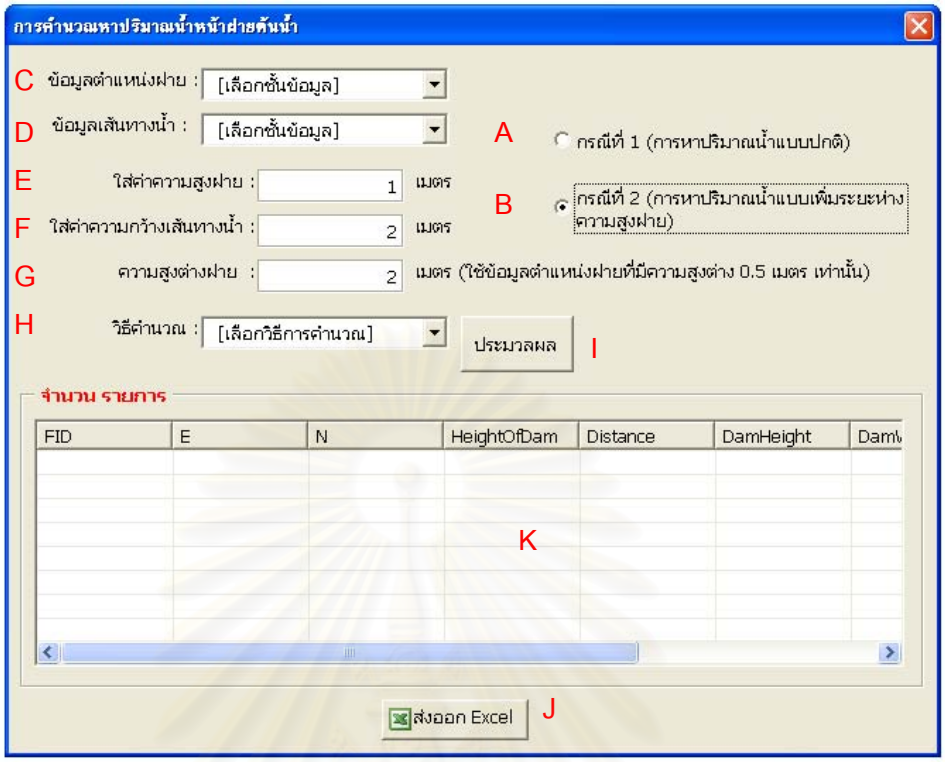


รูปที่ ก - 7 แสดงขั้นตอนการแยกฝายต้นน้ำออกเป็นเส้นทางน้ำ

7. คำนวณปริมาณน้ำหน้าฝายต้นน้ำโดยการกดปุ่ม CheckDam จาก Toolbar ดังรูปที่ ก-1 จะปรากฏ USER INTERFACE ชื่อ “การคำนวณหาปริมาณน้ำหน้าฝายต้นน้ำ” ดังแสดงในรูปที่ ก-8 เป็นกรณีการคำนวณที่ 1 และรูปที่ ก – 9 เป็นกรณีการคำนวณที่ 2



รูปที่ ก - 8 แสดง USER INTERFACE กรณีที่ 1 การหาปริมาณน้ำแบบปกติ



รูปที่ ก - 9 แสดง USER INTERFACE กรณีที่ 2 การหาปริมาณน้ำหน้าฝายแบบเพิ่มระยะห่างระหว่างฝายต้นน้ำ

คำอธิบายสัญลักษณ์

A การคำนวณหาปริมาณน้ำแบบปกติ

B การคำนวณหาปริมาณน้ำแบบเพิ่มระยะห่างความสูงฝายต้นน้ำ

C เลือกข้อมูลตำแหน่งฝายต้นน้ำที่ผ่านการแยกออกแต่ละเส้นทางน้ำ

D เลือกเส้นทางน้ำที่ผ่านการแยกเส้นทางน้ำแล้ว

E ค่าความสูงฝายต้นน้ำ

F ใส่ค่าความกว้างของเส้นทางน้ำ

G ใส่ค่าความต่างความสูงฝายต้นน้ำ ใช้เฉพาะในกรณีที่ 2

H เลือกรูปแบบเส้นทางน้ำ แบบ U-shape หรือ V-shape

I ทำการประมวลผลการคำนวณ

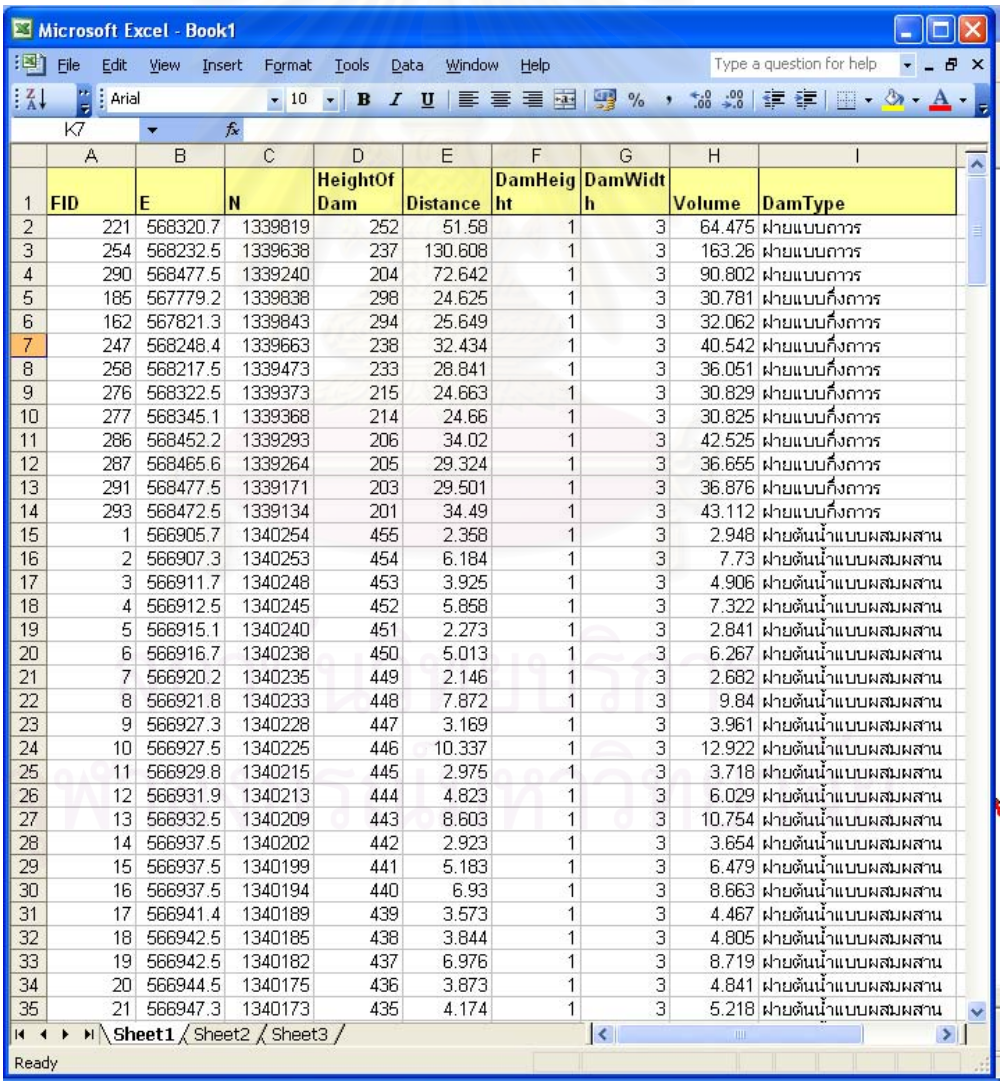
J ส่งออกข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบ Excel

K พื้นที่ที่ใช้ในการแสดงผลข้อมูลในโปรแกรมประยุกต์

ข้อจำกัดในการใช้งานโปรแกรม

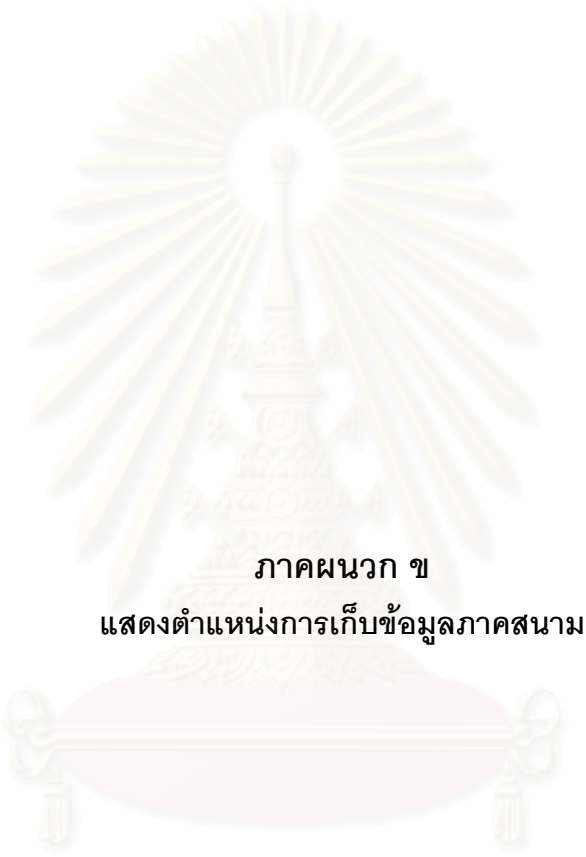
- ก่อนการคำนวณต้องทำการแยกฝายต้นน้ำออกเป็นแต่ละเส้นทางน้ำเพื่อสะดวกในการคำนวณ และเนื่องจากคำนวนหาค่าความชันจำเป็นต้องใช้ค่าของเส้นชั้นความสูง ที่บางตำแหน่งฝายอาจเป็นฝายที่เกิดจากเส้นชั้นความสูงเดียวกัน

- ในการคำนวณหาปริมาณน้ำหน้าฝายต้นน้ำด้วยวิธีการของกรณีที่ 2 ต้องทำการสร้างฝายต้นน้ำจากเส้นชั้นความสูงที่มีค่าเท่ากับ 0.5 เมตร เนื่องจากในตัวอย่างของงานวิจัยนี้มีการกำหนดค่าความต่างความสูงถึงระดับของทศนิยม ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณคือข้อมูลที่ได้จากการสร้างฝายที่มีค่าความต่างความสูงเท่ากับ 0.5 เมตร ผลของปริมาณน้ำที่ได้จะเป็นผลของปริมาณน้ำที่ที่ได้กำหนดความสูงไว้ในช่องที่ E



	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	FID	E	N	HeightOf Dam	Distance	DamHeig ht	DamWidt h	Volume	DamType
2	221	568320.7	1339819	252	51.58	1	3	64.475	ฝายแบบถาวร
3	254	568232.5	1339638	237	130.608	1	3	163.26	ฝายแบบถาวร
4	290	568477.5	1339240	204	72.642	1	3	90.802	ฝายแบบถาวร
5	185	567779.2	1339838	298	24.625	1	3	30.781	ฝายแบบกึ่งถาวร
6	162	567821.3	1339843	294	25.649	1	3	32.062	ฝายแบบกึ่งถาวร
7	247	568248.4	1339663	238	32.434	1	3	40.542	ฝายแบบกึ่งถาวร
8	258	568217.5	1339473	233	28.841	1	3	36.051	ฝายแบบกึ่งถาวร
9	276	568322.5	1339373	215	24.663	1	3	30.829	ฝายแบบกึ่งถาวร
10	277	568345.1	1339368	214	24.66	1	3	30.825	ฝายแบบกึ่งถาวร
11	286	568452.2	1339293	206	34.02	1	3	42.525	ฝายแบบกึ่งถาวร
12	287	568465.6	1339264	205	29.324	1	3	36.655	ฝายแบบกึ่งถาวร
13	291	568477.5	1339171	203	29.501	1	3	36.876	ฝายแบบกึ่งถาวร
14	293	568472.5	1339134	201	34.49	1	3	43.112	ฝายแบบกึ่งถาวร
15	1	566905.7	1340254	455	2.358	1	3	2.948	ฝายต้นน้ำแบบผสมผสาน
16	2	566907.3	1340253	454	6.184	1	3	7.73	ฝายต้นน้ำแบบผสมผสาน
17	3	566911.7	1340248	453	3.925	1	3	4.906	ฝายต้นน้ำแบบผสมผสาน
18	4	566912.5	1340245	452	5.858	1	3	7.322	ฝายต้นน้ำแบบผสมผสาน
19	5	566915.1	1340240	451	2.273	1	3	2.841	ฝายต้นน้ำแบบผสมผสาน
20	6	566916.7	1340238	450	5.013	1	3	6.267	ฝายต้นน้ำแบบผสมผสาน
21	7	566920.2	1340235	449	2.146	1	3	2.682	ฝายต้นน้ำแบบผสมผสาน
22	8	566921.8	1340233	448	7.872	1	3	9.84	ฝายต้นน้ำแบบผสมผสาน
23	9	566927.3	1340228	447	3.169	1	3	3.961	ฝายต้นน้ำแบบผสมผสาน
24	10	566927.5	1340225	446	10.337	1	3	12.922	ฝายต้นน้ำแบบผสมผสาน
25	11	566929.8	1340215	445	2.975	1	3	3.718	ฝายต้นน้ำแบบผสมผสาน
26	12	566931.9	1340213	444	4.823	1	3	6.029	ฝายต้นน้ำแบบผสมผสาน
27	13	566932.5	1340209	443	8.603	1	3	10.754	ฝายต้นน้ำแบบผสมผสาน
28	14	566937.5	1340202	442	2.923	1	3	3.654	ฝายต้นน้ำแบบผสมผสาน
29	15	566937.5	1340199	441	5.183	1	3	6.479	ฝายต้นน้ำแบบผสมผสาน
30	16	566937.5	1340194	440	6.93	1	3	8.663	ฝายต้นน้ำแบบผสมผสาน
31	17	566941.4	1340189	439	3.573	1	3	4.467	ฝายต้นน้ำแบบผสมผสาน
32	18	566942.5	1340185	438	3.844	1	3	4.805	ฝายต้นน้ำแบบผสมผสาน
33	19	566942.5	1340182	437	6.976	1	3	8.719	ฝายต้นน้ำแบบผสมผสาน
34	20	566944.5	1340175	436	3.873	1	3	4.841	ฝายต้นน้ำแบบผสมผสาน
35	21	566947.3	1340173	435	4.174	1	3	5.218	ฝายต้นน้ำแบบผสมผสาน

รูปที่ ก - 10 แสดงตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรมประยุกต์



ภาคผนวก ข

แสดงตำแหน่งการเก็บข้อมูลภาคสนาม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แสดงตำแหน่งที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของเส้นทางน้ำที่สร้างขึ้นจากแบบจำลองความสูงที่แตกต่างกัน

1. ภาพแสดงการเก็บข้อมูลชุดที่ 1 นับจากปลายของเส้นทางน้ำ โดยเริ่มจากจุดระบายน้ำออกของพื้นที่ลุ่มน้ำ ที่ระบายน้ำออกสู่อ่างเก็บน้ำห้วยสำโหรง ตำแหน่งที่ 1-8

รูปที่ ข - 1 แสดงตำแหน่งการเก็บข้อมูลชุดที่ 1

2. ภาพแสดงจุดสูงสุดของระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยสำโหรง ในเส้นทางน้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสำโหรง

รูปที่ ข - 2 แสดงจุดสูงสุดของระดับน้ำ ตำแหน่งที่ 1

3. ภาพแสดงตำแหน่งจุดตัดของเส้นทางน้ำจุดแรก อยู่ในตำแหน่งที่ 2 ในชุดการเก็บข้อมูลภาคสนามชุดที่ 1

รูปที่ ข - 3 แสดงทางแยกของเส้นทางน้ำตำแหน่งที่ 2

4. ภาพแสดงตำแหน่งการผุดขึ้นมาของน้ำใต้ดิน ตามเงื่อนไขการสร้างฝายต้นน้ำ ถ้าตำแหน่งใดมีการผุดของน้ำ หรือมีตาน้ำที่มีน้ำไหลตลอดทั้งปี ไม่มีความจำเป็นต้องสร้างฝายในบริเวณนั้น ควรสร้างในตำแหน่งถัดไป

รูปที่ ข - 4 แสดงการผุดของน้ำใต้ดิน ตำแหน่งที่ 3

รูปที่ ข - 5 แสดงตำแหน่งตาน้ำ ตำแหน่งที่ 4

5. ภาพแสดงตำแหน่งจุดตัดของเส้นทางน้ำจุดที่ 2 อยู่ในตำแหน่งที่ 5 ในชุดการเก็บข้อมูลภาคสนามชุดที่ 1

รูปที่ ข - 6 แสดงทางแยกของเส้นทางน้ำตำแหน่งที่ 5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6. ภาพแสดงเส้นทางน้ำที่ควรสร้างฝายต้นน้ำ เนื่องจากเป็นเส้นทางน้ำที่มีน้ำไหลเฉพาะฤดูน้ำหลาก

รูปที่ ข - 7 แสดงเส้นทางน้ำ ตำแหน่งที่ 6

รูปที่ ข - 8 แสดงเส้นทางน้ำ ตำแหน่งที่ 7

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7. ภาพแสดงแหล่งน้ำซึม แหล่งน้ำซึมคือแหล่งน้ำที่มีไหลซึมอยู่ตลอดทั้งปี ในบริเวณนี้ควรงดเว้นการสร้างฝายให้สร้างฝายในตำแหน่งถัดไป

รูปที่ ข - 9 แสดงแหล่งน้ำซึมและโป่ง ตำแหน่งที่ 8

8. ภาพแสดงการเก็บข้อมูลชุดที่ 2 นับจากปลายของเส้นทางน้ำ โดยเริ่มจากจุดตัดของเส้นทางน้ำจุดที่ 3 แสดงการเก็บข้อมูลในตำแหน่งที่ 9-13

รูปที่ ข - 10 แสดงตำแหน่งการเก็บข้อมูลชุดที่ 2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

9. ภาพแสดงตำแหน่งจุดตัดของเส้นทางน้ำจุดที่ 3 อยู่ในตำแหน่งที่ 9 ในชุดการเก็บข้อมูลภาคสนามชุดที่ 2

รูปที่ ข - 11 แสดงทางแยกของเส้นทางน้ำตำแหน่งที่ 9

10.ภาพแสดงเส้นทางน้ำที่ควรสร้างฝายต้นน้ำ เนื่องจากเป็นเส้นทางน้ำที่มีน้ำไหลเฉพาะฤดูน้ำหลาก

รูปที่ ข - 12 แสดงเส้นทางน้ำ ตำแหน่งที่ 10

รูปที่ ข - 13 แสดงเส้นทางน้ำ ตำแหน่งที่ 11

รูปที่ ข - 14 แสดงเส้นทางน้ำ ตำแหน่งที่ 12

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

11.ภาพแสดงตำแหน่งจุดตัดของเส้นทางน้ำจุดที่ 4 อยู่ในตำแหน่งที่ 13 ในชุดการเก็บข้อมูลภาคสนามชุดที่ 2

รูปที่ ข - 15 แสดงทางแยกของเส้นทางน้ำตำแหน่งที่ 13

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค
แนวทางการสร้างฝายต้นน้ำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. การเลือกพื้นที่สร้างฝายต้นน้ำลำธาร

การเลือกทำเลสำหรับการสร้างฝายต้นน้ำลำธารควรพิจารณาเลือกให้เหมาะสมตามเกณฑ์ดังนี้ (ส่วนจัดการต้นน้ำ, 2547)

- ตำแหน่งที่สร้างฝายควรอยู่ในตำแหน่งที่สามารถเป็นแหล่งเก็บกักน้ำบริเวณด้านหน้าฝายได้พอสมควร
- บริเวณที่จะสร้างฝายควรมีตลิ่งของลำน้ำทางด้านข้างของตัวฝายสูงมากพอที่จะไม่ทำให้น้ำไหลท่วมและกัดเซาะเป็นร่องน้ำได้
- ควรสร้างในบริเวณลำห้วยที่มีความลาดชันต่ำและแคบ เพื่อจะได้ฝายในขนาดที่ไม่เล็กเกินไป อีกทั้งยังสามารถเก็บกักน้ำและตะกอนได้มากพอควรสำหรับลำห้วยที่มีความลาดชันสูง ก็ควรสร้างฝายให้ถี่ขึ้น
- ควรสำรวจสภาพพื้นที่ วัสดุก่อสร้างตามธรรมชาติ และรูปแบบฝายที่เหมาะสมกับภูมิประเทศมากที่สุด เช่น ควรพิจารณาสร้างฝายต้นน้ำแบบผสมผสานในตอนบนของพื้นที่ป่า หรือในลำห้วยสาขาหรือร่องน้ำขนาดเล็ก สำหรับตอนกลางหรือตอนล่างของพื้นที่ ซึ่งเป็นลำห้วยหลักก็ควรจะกำหนดเป็นฝายแบบกึ่งถาวร หรือฝายแบบถาวร เพื่อให้ฝายมีความแข็งแรงพอที่จะรับปริมาณน้ำที่จะเกิดขึ้นได้
- ต้องคำนึงถึงความแข็งแรงให้มากพอที่จะไม่เกิดการพังทลายเสียหาย กรณีฝนตกหนักและกระแสน้ำไหลแรงในกรณีที่พื้นที่ก่อสร้างมีความลาดชันมากกว่า 25% หรือประมาณ 15% ขึ้นไป ควรขยายฐานของฝายให้กว้างขึ้นโดยให้มีอัตราส่วนความสูงของฝายต่อความกว้างของฐานเดิม1 : 3 – 4 เพื่อให้สามารถลดแรงดันได้และน้ำหนักของน้ำต่อตัวฝาย ในการสร้างฝายบริเวณที่ผ่านโค้งของลำห้วยมาเล็กน้อย หรือบริเวณที่มีต้นไม้ใหญ่ หรือกอไผ่อยู่บริเวณริมห้วย จะช่วยเสริมให้ฝายมีความมั่นคงแข็งแรงมากขึ้นไม่เกิดการพังทลายได้ง่าย

2. การกำหนดขนาดของฝายต้นน้ำลำธาร

ขนาดของฝายต้นน้ำลำธาร ไม่มีการกำหนดขนาดตายตัว ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆดังนี้

- พื้นที่รับน้ำของแต่ละลำห้วย ควรสร้างในตำแหน่งที่มีบริเวณหรือพื้นที่รับน้ำหน้าฝายได้พอสมควร
- ความลาดชันของพื้นที่ บริเวณที่มีความลาดชันของพื้นที่มากจะทำให้เกิดการไหลของกระแสน้ำแรงกว่าพื้นที่ที่มีความลาดชันต่ำ ฉนั้นในการสร้างฝายควรสร้างฝายที่มีความแข็งแรงสูง หรือทำการเพิ่มขนาดของฐานฝายให้มีขนาดกว้างขึ้น

- สภาพของดินและการชะล้างพังทลายของดิน ถ้าดินที่มีการชะล้างหรือการพังทลายของดินสูงเมื่อฝนตกลงสู่ผิวดิน จะทำให้ดินไหลรวมตัวกับน้ำและไหลลงสู่ลำธาร ทำให้เกิดตะกอนดินสะสมในลำห้วยได้ จึงต้องมีการออกแบบให้ฝายมีรูปแบบที่สามารถดักตะกอนที่มากับน้ำได้สูงขึ้นตามมาด้วย

- ปริมาณน้ำฝน การเกิดปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ ถ้าพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนมาก จะทำให้เกิดน้ำมากในลำห้วย จึงต้องทำการออกแบบฝายให้มีความแข็งแรงเพียงพอสามารถรับน้ำได้ในช่วงฤดูน้ำหลาก

- วัตถุประสงค์ของการก่อสร้าง ในการสร้างฝายในรูปแบบต่างๆ จะต้องคำนึงถึงวัตถุประสงค์ในการก่อสร้างด้วย เช่น สร้างขึ้นมาเพื่อดักตะกอน สร้างเพื่อชะลอและเพิ่มความชุ่มชื้นของพื้นที่ หรือสร้างเพื่อเก็บกักน้ำไว้ใช้ในชุมชน เป็นต้น

3. ข้อควรคำนึงในการสร้างฝายต้นน้ำลำธาร

- การสร้างฝายต้นน้ำนั้นไม่ควรสร้างในเส้นทางน้ำที่มีน้ำไหลตลอดปี เพราะการสร้างฝายต้นน้ำเป็นการเพิ่มความชุ่มชื่นให้กับพื้นที่ป่า ทำให้เกิดการสิ้นเปลืองงบประมาณโดยเปล่าประโยชน์

- ควรสำรวจสภาพพื้นที่ วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างตามธรรมชาติ และรูปแบบของฝายต้นน้ำลำธารที่เหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศให้มากที่สุด

- ต้องคำนึงถึงความแข็งแรงเพียงพอสำหรับการชะลอหรือเก็บกักน้ำไว้ ที่ไม่ทำให้เกิดการพังทลายเสียหายในยามฝนตกหนักและกระแสน้ำไหลแรง

- ควรก่อสร้างในบริเวณลำห้วยที่มีความลาดชันต่ำและแคบ

- สำหรับฝายต้นน้ำลำธารแบบกึ่งถาวรและแบบถาวร ควรก่อสร้างฐานให้ลึกเพียงพอสำหรับยึดฐานและเพียงพอสำหรับการดึงน้ำใต้ดินเหนือฝายได้

- วัสดุก่อสร้างฝายต้นน้ำลำธาร ประเภทกิ่งไม้ ท่อนไม้ ที่นำมาใช้ในการสร้างฝายควรเลือกกิ่งไม้ที่ล้มแล้ว หรือเศษกิ่งไม้ที่ไม่มีชีวิตแล้ว

- การจัดลำดับความสำคัญของลำห้วย จะต้องพิจารณาจากสภาพแวดล้อมและความรุนแรงของการไหลน้ำเป็นสำคัญ หากป่าไม้มีสภาพค่อนข้างสมบูรณ์หรือมีต้นไม้หนาแน่น ความต้องการของฝายอาจลดน้อยลง อาจมีการสร้างบางจุดเสริมขึ้นมาเท่านั้น ตามความต้องการของสภาพพื้นที่

4. รูปแบบของฝายต้นน้ำชนิดต่าง ๆ

4.1 ฝายต้นน้ำลำธารแบบผสมผสาน สามารถแบ่งได้ตามลักษณะการสร้างและวัสดุที่ใช้ในการสร้างได้ดังนี้

1) ฝายผสมผสานแบบคอกหมู เป็นฝายที่ใช้ไม้หลักเป็นแกนยึดตีเป็นกรอบล้อมรอบ ภายในบรรจุวัสดุต่างๆ เช่น กระสอบบรรจุดิน กระสอบบรรจุทราย หรือวัสดุที่สามารถหาได้จากท้องถิ่นนั้นๆ พร้อมตีกรอบด้วยลำไม้ไผ่หรือเศษไม้ขนาบด้านหน้าและด้านหลัง

รูปที่ ค - 1 แสดงภาพฝายผสมผสานแบบคอกหมู

2) ฝายผสมผสานแบบไม้ไผ่ เป็นฝายที่เหมาะสมกับพื้นที่ที่มีไม้ไผ่จำนวนมาก โดยใช้ไม้ไผ่เป็นแกนยึดและทำเป็นกรอบ ภายในบรรจุดิน และตอกหลักด้วยไม้ไผ่ในการยึดดินเพื่อความแข็งแรงเรียงเสริมด้วยหินด้านหลัง

รูปที่ ค - 2 แสดงภาพฝายผสมผสานแบบไม้ไผ่

(ที่มา : http://www.dnp.go.th/kingdnp/ORRI/Royal/Theory/Checkdam.html)

3) ฝายผสมผสานแบบกระสอบ เหมาะสำหรับลำห้วยที่มีความลาดชันน้อยมาก มีปริมาณน้ำไหลไม่มากและลำห้วยมีขนาดไม่กว้างมาก หรือบริเวณที่เรียกว่าลำห้วยลำดับที่ 1 (first order stream) ใช้ดินหรือทรายที่สามารถหาได้บริเวณฝายกรอกใส่กระสอบปุ๋ยแล้ววางเรียงกันสลับแบบฟันปลา พร้อมตีกรอบด้วยลำไม้ไผ่ขนาบด้านหน้าและด้านหลัง

รูปที่ ค - 3 แสดงภาพฝายผสมผสานแบบกระสอบ

(ที่มา : http://www.dnp.go.th/kingdnp/ORRI/Royal/Theory/Checkdam.html)

4) ฝายผสมผสานแบบลวดตาข่าย เป็นการใช้ตาข่ายอลูมิเนียมทำเป็นกรอบและเทหินหรือเศษไม้ใส่ในแกนกลาง อาจมีการเทฐานด้วยคอนกรีต หรือเททับด้วยคอนกรีต ตามความต้องการความแข็งแรงหรือตามสภาพพื้นที่ของฝายตัวนั้นๆ ซึ่งสามารถเพิ่มปริมาตรความจุน้ำได้ตามขนาดความสูงของกระสอบ

รูปที่ ค - 4 แสดงฝายผสมผสานแบบลวดตาข่าย

(ที่มา : http://www.dnp.go.th/checkdam_site/page6.htm)

5) ฝายผสมผสานแบบหินทิ้ง เหมาะสำหรับพื้นที่หรือลำห้วยที่มีหินจำนวนมาก ความลาดชันน้อย ปริมาณการไหลของน้ำในลำห้วยไม่มาก หรือบริเวณที่เรียกว่า ลำห้วยลำดับที่ 1 (first order stream) สามารถทำได้ทั้งฝายแบบหินทิ้งธรรมดา และฝายหินทิ้งแบบเทคอนกรีตยาตามแนวช่องว่างระหว่างหิน

รูปที่ ค - 5 แสดงฝายผสมผสานแบบหินทิ้ง

4.2 ฝายต้นน้ำแบบกึ่งถาวร เป็นฝายชนิดหินก่อคอนกรีตเสริมเหล็ก เป็นฝายที่มีความมั่นคงแข็งแรงพอสมควร

รูปที่ ค - 6 แสดงฝายต้นน้ำลำธารแบบกึ่งถาวร

4.3 ฝายต้นน้ำแบบถาวร เป็นฝายชนิดคอนกรีตเสริมเหล็ก มีความมั่นคงแข็งแรง ซึ่งจะดำเนินการก่อสร้างในตอนปลายของลำห้วย

รูปที่ ค - 7 แสดงฝายต้นน้ำลำธารแบบถาวร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง
สถิติเนื้อที่ป่าไม้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง-1 แสดงเนื้อที่ป่าไม้ของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2504 – 2541 แยกตามภูมิภาค

ปี พ.ศ.	ภาคเหนือ		ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ		ภาคตะวันออก		ภาคกลาง		ภาคใต้		รวม	
	ตร.กม	%	ตร.กม	%	ตร.กม	%	ตร.กม	%	ตร.กม	%	ตร.กม	%
2504	116,275.00	68.54	70,904.00	41.99	21,163.00	57.98	35,661.00	52.91	29,626.00	41.89	273,629.00	53.33
2516	113,595.00	66.96	50,671.00	30.01	15,036.00	41.19	23,970.00	35.56	18,435.00	26.07	221,707.00	43.21
2519	102,327.00	60.32	41,494.00	24.57	12,631.00	34.6	21,826.00	32.38	20,139.00	28.48	198,417.00	38.67
2521	94,937.00	55.96	31,221.00	18.49	11,037.00	30.24	20,426.00	30.31	17,603.00	24.89	175,224.00	34.15
2525	87,756.00	51.73	25,886.00	15.33	8,000.00	21.92	18,516.00	27.47	16,442.00	23.25	156,600.00	30.52
2528	84,126.00	49.59	25,580.00	15.15	7,990.00	21.89	17,685.00	26.24	15,485.00	21.9	150,866.00	29.4
2531	80,402.00	47.39	23,693.00	14.03	17,244.00	25.59	17,244.00	25.59	14,630.00	20.69	143,803.00	28.03
2532	80,222.00	47.29	23,586.00	13.97	17,223.00	25.55	17,223.00	25.55	14,600.00	20.65	143,417.00	27.95
2534	77,143.00	45.47	21,799.00	12.91	16,616.00	24.65	16,616.00	24.65	13,449.00	19.02	136,698.00	26.64
2536	75,231.00	44.35	21,473.00	12.72	16,408.00	24.34	16,408.00	24.34	12,808.00	18.11	133,554.00	26.03
2538	73,886.00	43.55	21,265.00	12.59	16,288.00	24.17	16,288.00	24.17	12,455.00	17.61	131,485.00	25.62
2541	73,057.00	43.06	20,984.00	12.43	16,049.00	23.81	16,049.00	23.81	12,125.00	17.15	129,722.00	25.28

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ที่มา:

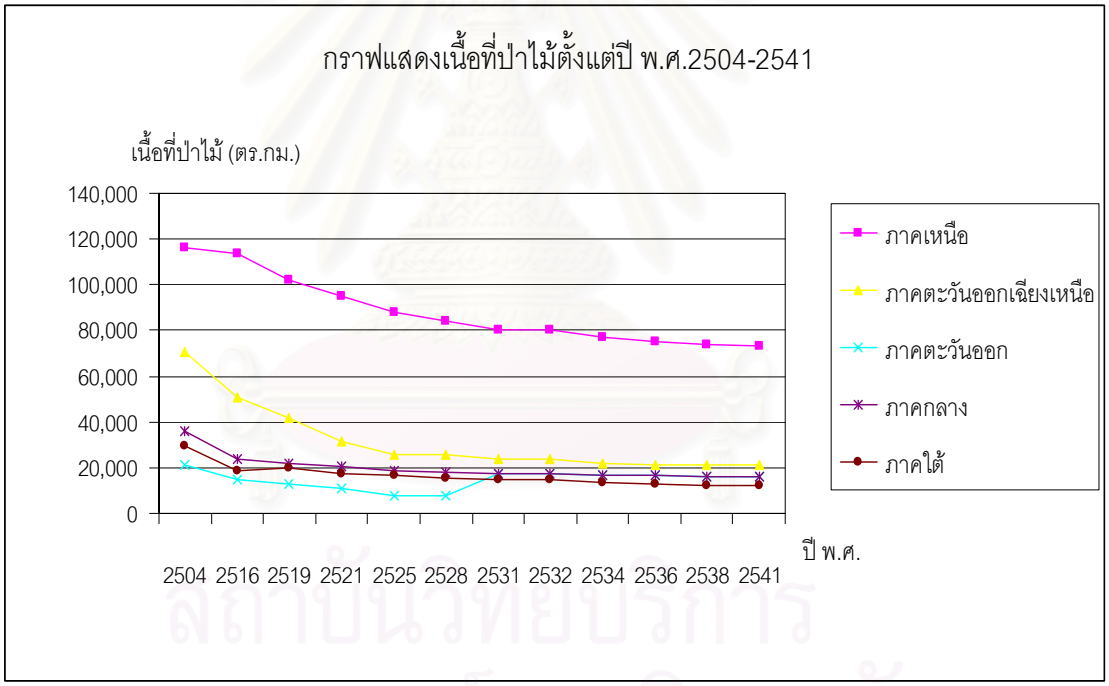
1. กรมแผนที่ทหาร

2. สำนักจัดการและฟื้นฟูพื้นที่ป่าอนุรักษ์ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช

หมายเหตุ

1. เนื้อที่ป่าไม้ได้มาจากการแปลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5 (TM) มาตราส่วน 1 : 50,000

2. เนื้อที่ป่า หมายถึง เนื้อที่ป่าชนิดต่างๆ ได้แก่ ป่าดงดิบ ป่าสน ป่าชายเลน ป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรัง ป่าเต็งรังแคระแกร็น ป่าพรุ ป่าชายเลน และป่าชายหาด เป็นต้น ไม่ว่าจะอยู่ในเขตป่าสงวนแห่งชาติ อุทยานแห่งชาติ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า ป่าโครงการ และพื้นที่ที่ใหญ่กว่า 5 เฮกเตอร์ (31.25 ไร่) โดยมีเรือนยอดต้นไม้สูงอย่างน้อย 5 เมตร ปกคลุมมากกว่า 10% ของพื้นที่



รูปที่ ง - 1 แสดงกราฟเนื้อที่ป่าไม้ตั้งแต่ปีพ.ศ.2504-2541

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ: นางสาวกรุณา พิมพ์ประสานต์

วันเดือนปีเกิด: 19 มกราคม พ.ศ. 2526

คุณวุฒิทางการศึกษา:

พ.ศ. 2544	วิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีชนบท คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
พ.ศ. 2548	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา ระบบสารสนเทศปริภูมิทางวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย