โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

การวิเคราะห์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และสถิติของเมืองที่มีคูน้ำโบราณในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย :การคมนาคมและภัยพิบัติธรรมชาติ

โดย

นายสุชัจจ์กุล เข็มเพชร

เลขประจำตัวนิสิต 5732756123

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับปริญญาตรี
ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2560

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของโครงงานทางวิชาการที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของโครงงานทางวิชาการที่ส่งผ่านทางคณะที่สังกัด

The abstract and full text of senior projects in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)

are the senior project authors' files submitted through the faculty.

การวิเคราะห์ภูมิสารสนเทศและสถิติของเมืองที่มีคูน้ำโบราณในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย: การคมนาคมและพิบัติภัยธรรมชาติ

นายสุชัจจ์กุล เข็มเพชร
เลขประจำตัวนิสิต 5732756123

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชาธรณีวิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พุทธศักราช 2560

GIS and Statistical Analysis of Ancient Moated Site in the Northeastern Thailand: Transportation and Natural Hazard

MISTER SUCHATKUL KEMPETCH

ID: 5732756123

A Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for

the Bachelor of Science, Department of Geology,

Chulalongkorn University, academic year 2017

หัวข้อโครงงาน	การวิเคราะห์ภูมิสารสนเทศและสถิติของเมืองที่มีคูน้ำโบราณ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย: การคมนาคมและพิบัติภัยธรรมชาติ
โดย	นายสุชัจจ์กุล เข็มเพชร
สาขาวิชา	ธรณีวิทยา
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน	อาจารย์ ดร. อัคนีวุธ ชะบางบอน
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานร่วม	รศ.ดร.สันติ ภัยหลบลี้

วันที่ส่ง.....

วันที่อนุมัติ.....

.....

ที่ปรึกษาโครงการหลัก

(ดร. อัคนีวุธ ชะบางบอน)

.....

ที่ปรึกษาโครงการร่วม

(รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ ภัยหลบลี้)

หัวข้อโครงงาน การวิเคราะห์ภูมิสารสนเทศและสถิติของเมืองที่มีคูน้ำโบราณในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย: การคมนาคมและพิบัติภัยธรรมชาติ

ผู้วิจัย นายสุชัจจ์กุล เข็มเพชร **รหัสนิสิต** 5732756123

สาขาวิชา ธรณีวิทยา

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน อาจารย์ ดร. อัคนีวุธ ชะบางบอน

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานร่วม รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ ภัยหลบลี้

ปีการศึกษา 2560

บทคัดย่อ:

เมืองที่มีคูน้ำโบราณหรือเมืองที่ล้อมรอบด้วยคูน้ำโบราณ คือเมืองหรือชุมชนเก่าซึ่งได้มีการขุดคูน้ำล้อมรอบโดยฝีมือของมนุษย์เพื่อประโยชน์ในการใช้สอย การป้องกันตัว และเหตุผลอื่นๆ โดยในบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือนั้นได้มีการศึกษารวบรวมข้อมูลและนิยามเมืองที่มีคูน้ำโบราณไว้ทั้งหมด 297 แห่งด้วยกัน ด้วยวิธีการศึกษาจากภาพถ่ายทางอากาศ ภาพถ่ายดาวเทียม และการลงศึกษาพื้นที่ ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้ได้นำข้อมูลเหล่านั้นมาวิเคราะห์ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์โดยมีจุดประสงค์ในการศึกษาอยู่ 2 ประการคือ 1) คาดการณ์ความสัมพันธ์ระหว่างเมืองที่มีคูน้ำโบราณและพิบัติภัย โดยการนำข้อมูลความสูง ขนาด และจำนวนชั้นของคูน้ำของเมืองที่มีคูน้ำโบราณทั้ง 297 แห่ง มาเปรียบเทียบลำดับชั้นน้ำและระยะห่างจากแม่น้ำใกล้เคียง 2) ศึกษาเส้นทางการคมนาคมจากการหาความสัมพันธ์ระหว่างเมืองที่มีคูน้ำโบราณและช่องเขาซึ่งเชื่อมต่อระหว่างภาคตะวันออกเฉียงเหนือประเทศไทยกับประเทศเขมร เพื่อศึกษาว่าช่องเขาใดมีความเหมาะสมมากที่สุดที่จะเป็นช่องทางการคมนาคมหลักระหว่างทั้งสองพื้นที่ ผลการศึกษาสรุปว่าชุมชนเก่าในพื้นที่ตะวันออกเฉียงเหนือนั้นมีการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมตามถิ่นฐานที่อาศัยโดยการถมพื้นที่ภายในคูน้ำในลักษณะเนินดินเพื่อเป็นการป้องกันน้ำท่วม โดยชุมชนเก่าที่อยู่ในบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึงนั้นจะพบเนินดินที่มีความสูงโดยเฉลี่ยสูงกว่าความสูงเนินดินของชุมชนในบริเวณตะพักลำน้ำเพื่อเป็นการป้องกันพิบัติภัยจากน้ำท่วมที่มีความรุนแรงต่างกัน นอกจากนั้นจากการวิเคราะห์ระยะทางระหว่างเมืองที่มีคูน้ำโบราณแต่ละแห่งและช่องเขาสรุปได้ว่าเส้นทางที่มีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นเส้นทางการติดต่อเดินทางระหว่างทั้งสองพื้นที่ คือช่องเขาตาเมือนและช่องเขากร่าง ซึ่งทั้งสองช่องเขานั้นตั้งอยู่บนบริเวณเดียวกันกับที่เส้นทางราชมรรคาที่เคยใช้ในการติดต่อเดินทางระหว่างพิมายและนครวัดพาดผ่าน

Project Title GIS and Statistical Analysis of Ancient Moated Site in the Northeastern Thailand: Transportation and Natural Hazard

Researcher Suchatkul Kempetch **ID:** 5732756123

Department Geology

Project Advisor Dr. Akkaneewut Chabangborn

Project Co-advisor Assoc. Prof. Dr. Santi Pailoplee

Academic Year 2560

Abstract:

Ancient moated site is a community or area that have surrounded by moat for multiple purposes such as storage, defensive structure or other means. Moated sites in northeastern of Thailand have been defined and recorded to be 297 sites by using aerial photo, satellite image and site excavation. In this research I have analyze these data by geographic information system for 2 main purposes. The first purpose is to predict relation between ancient moated site and hydrological hazard by collecting height, size and number of moat data of 297 moated sites then compare their relationship with stream order and distance to nearby river. For second purpose is to predict the most possible transportation route from relationship between ancient moated site and mountain pass connecting northeastern of Thailand and Cambodia. The result of this research shows that ancient moated site in this region have adapt to its environment by having higher mound in floodplain and lower mound in terrace region for prevent flood of different degree. Moreover from the relation between moated site and mountain pass shows that Ta muen route and Krang route are the highest possible choice for transportation between 2 regions which is the same passage as Royal roads connecting Pimai and Angkor wat once used.

กิตติกรรมประกาศ

การทำโครงงานวิจัยในครั้งนี้ได้รับความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงจากที่ปรึกษาโครงการ ดร. อัคนีวุธ ชะบางบอน และที่ปรึกษาร่วม รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ ภัยหลบลี้ ในการให้ความปรึกษาและคอยสั่งสอนอยู่เสมอจนทำให้งานวิจัยชิ้นนี้เสร็จสมบูรณ์ได้

ขอขอบคุณคณาจารย์ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ประสบการณ์และความรู้มาตลอด 4 ปี ขอบคุณครอบครัว รุ่นพี่และรุ่นน้องธรณีวิทยาและเพื่อน ๆ ทุกท่านที่ทั้งช่วยเหลือและเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย ก

บทคัดย่อภาษาไทย ข

กิตติกรรมประกาศ ค

สารบัญ ง

สารบัญรูปภาพ ฉ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญ 1

1.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 2

1.3 ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา 3

1.4 วัตถุประสงค์ 4

1.5 ขอบเขตงานวิจัย 4

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 4

บทที่ 2 ระเบียบวิธีวิจัย 5

2.1 วิธีดำเนินงานวิจัย 5

2.2 การรวบรวมข้อมูล 5

2.3 การประมวลผลข้อมูล 5

2.4 วิธีวิเคราะห์ข้อมูล 8

บทที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูล 9

3.1. ภาพตัดขวาง 9

3.2. ข้อมูลของตัวแปรชนิดต่าง ๆ 11

3.3. ความสัมพันธ์ระหว่างชุดข้อมูล 16

บทที่ 4 การอภิปรายผล 32

4.1. ภาพตัดขวาง 32

4.2. ข้อมูลของตัวแปรชนิดต่าง ๆ 33

4.3. ความสัมพันธ์ระหว่างชุดข้อมูล 35

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 38

5.1. สรุปผลการวิจัย 38

5.2. ข้อเสนอแนะ 38

บรรณานุกรม 39

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 1.1	ตัวอย่างลักษณะของคูเมืองที่ตรวจพบจากภาพถ่ายดาวเทียม รายงานโดย Reilly และ Scott (2015)	1
รูปที่ 2.1	แสดงพื้นที่ศึกษา 297 แห่ง และช่องเขาทั้ง 9 แห่ง	6
รูปที่ 2.2	แสดงทางน้ำ โดยแสดงตามขนาดลำดับลำน้ำต่าง ๆ	6
รูปที่ 2.3	แสดงการตัดภาพตัดขวางโดยการลากผ่านจุดตัดทิศตะวันตกและจุดตัดทิศตะวันออก	7
รูปที่ 3.1	แสดงภาพตัดขวางเฉลี่ยของพื้นที่ทั้งหมดในบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึง	9
รูปที่ 3.2	แสดงภาพตัดขวางเฉลี่ยของพื้นที่ทั้งหมดในบริเวณตะพัก	9
รูปที่ 3.3	แสดงภาพตัดขวางเฉลี่ยของพื้นที่ทั้งหมดในระดับความสูงต่ำกว่า 135 เมตรจากน้ำทะเล	10
รูปที่ 3.4	แสดงภาพตัดขวางเฉลี่ยของพื้นที่ทั้งหมดในระดับความสูงระหว่าง 135 ถึง 150 เมตรจากน้ำทะเล	10
รูปที่ 3.5	แสดงภาพตัดขวางเฉลี่ยของพื้นที่ทั้งหมดในระดับความสูงระหว่าง 150 ถึง 175 เมตรจากน้ำทะเล	11
รูปที่ 3.6	แสดงภาพตัดขวางเฉลี่ยของพื้นที่ทั้งหมดในระดับความสูงมากกว่า 175 เมตรจากน้ำทะเล	11
รูปที่ 3.7	แสดงการกระจายตัวของข้อมูลลำดับชั้นน้ำ	12
รูปที่ 3.8	แสดงการกระจายตัวของข้อมูลลำดับชั้นน้ำในบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึงและบริเวณตะพัก	12
รูปที่ 3.9	แสดงการกระจายตัวของข้อมูลระยะทางถึงแม่น้ำ	13
รูปที่ 3.10	แสดงการกระจายตัวของข้อมูลระยะทางถึงแม่น้ำในบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึงและบริเวณตะพัก	13
รูปที่ 3.11	แสดงการกระจายตัวของจำนวนชั้นคูน้ำ	14
รูปที่ 3.12	แสดงการกระจายตัวของจำนวนชั้นคูน้ำในบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึงและบริเวณตะพัก	14
รูปที่ 3.13	แสดงการกระจายตัวของขนาดพื้นที่ศึกษา	15

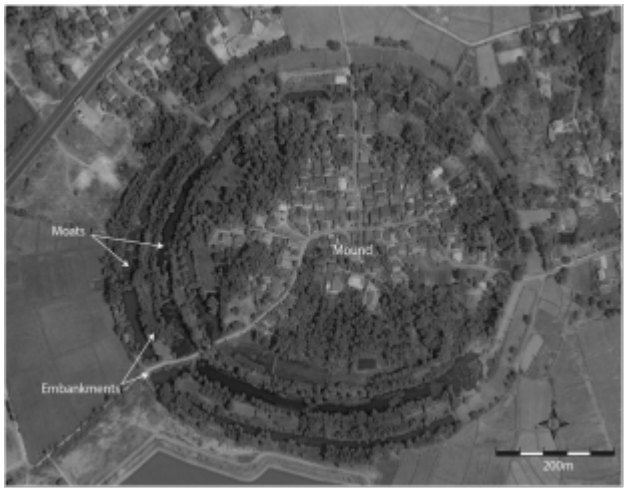
รูปที่ 3.14	แสดงการกระจายตัวของขนาดพื้นที่ศึกษาในบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึงและบริเวณตะพัก	15
รูปที่ 3.15	แสดงการกระจายตัวของข้อมูลจำนวนคูน้ำ และลำดับขั้นน้ำ	16
รูปที่ 3.16	แสดงการกระจายตัวของข้อมูลลำดับขั้นน้ำของพื้นที่ศึกษาที่มีคูน้ำ 1 ชั้น	16
รูปที่ 3.17	แสดงการกระจายตัวของข้อมูลลำดับขั้นน้ำของพื้นที่ศึกษาที่มีคูน้ำ 2 ชั้น	17
รูปที่ 3.18	แสดงการกระจายตัวของข้อมูลลำดับขั้นน้ำของพื้นที่ศึกษาที่มีคูน้ำ 3 ชั้น	17
รูปที่ 3.19	แสดงการกระจายตัวของข้อมูลลำดับขั้นน้ำของพื้นที่ศึกษาที่มีคูน้ำ 4 ชั้น	18
รูปที่ 3.20	แสดงการกระจายตัวของข้อมูลลำดับขั้นน้ำของพื้นที่ศึกษาที่มีคูน้ำ 5 ชั้น	18
รูปที่ 3.21	แสดงการกระจายตัวของข้อมูลจำนวนชั้นคูน้ำซึ่งมีระยะห่างจากแม่น้ำไม่เกิน 0.5 กิโลเมตร	19
รูปที่ 3.22	แสดงการกระจายตัวของข้อมูลจำนวนชั้นคูน้ำซึ่งมีระยะห่างจากแม่น้ำระหว่าง 0.5 ถึง 1 กิโลเมตร	20
รูปที่ 3.23	แสดงการกระจายตัวของข้อมูลจำนวนชั้นคูน้ำซึ่งมีระยะห่างจากแม่น้ำระหว่าง 1 ถึง 1.5 กิโลเมตร	20
รูปที่ 3.24	แสดงการกระจายตัวของข้อมูลจำนวนชั้นคูน้ำซึ่งมีระยะห่างจากแม่น้ำมากกว่า 1.5 กิโลเมตร	21
รูปที่ 3.25	แสดงการกระจายตัวของข้อมูลระยะห่างจากแม่น้ำซึ่งมีคูน้ำ 1 ชั้น	21
รูปที่ 3.26	แสดงการกระจายตัวของข้อมูลระยะห่างจากแม่น้ำซึ่งมีคูน้ำ 2 ชั้น	22
รูปที่ 3.27	แสดงการกระจายตัวของข้อมูลระยะห่างจากแม่น้ำซึ่งมีคูน้ำ 3 ชั้น	22
รูปที่ 3.28	แสดงการกระจายตัวของข้อมูลระยะห่างจากแม่น้ำซึ่งมีคูน้ำ 4 ชั้น	23
รูปที่ 3.29	แสดงการกระจายตัวของข้อมูลระยะห่างจากแม่น้ำซึ่งมีคูน้ำ 5 ชั้น	23
รูปที่ 3.30	แสดงการกระจายตัวของข้อมูลจำนวนคูน้ำ และขนาดพื้นที่ศึกษา	24
รูปที่ 3.31	แสดงขนาดพื้นที่เฉลี่ยของพื้นที่ศึกษาซึ่งมีจำนวนคูน้ำต่าง ๆ กัน	24
รูปที่ 3.32	แสดงการกระจายตัวของข้อมูลจำนวนคูน้ำ และขนาดพื้นที่ศึกษา	25
รูปที่ 3.33	แสดงการกระจายตัวของข้อมูลลำดับขั้นน้ำ และระยะทางถึงแม่น้ำ	25
รูปที่ 3.34	แสดงระยะทางเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละลำดับขั้นน้ำถึงแม่น้ำ	26
รูปที่ 3.35	แสดงการกระจายตัวของข้อมูลลำดับขั้นน้ำ และขนาดพื้นที่ศึกษา	27

รูปที่ 3.36	แสดงการกระจายตัวของข้อมูลลำดับขั้นน้ำซึ่งมีขนาดพื้นที่ศึกษาไม่เกิน 10 เฮกเตอร์	27
รูปที่ 3.37	แสดงการกระจายตัวของข้อมูลลำดับขั้นน้ำซึ่งมีขนาดพื้นที่ศึกษาระหว่าง 10 ถึง 20 เฮกเตอร์	28
รูปที่ 3.38	แสดงการกระจายตัวของข้อมูลลำดับขั้นน้ำซึ่งมีขนาดพื้นที่ศึกษาระหว่าง 20 ถึง 30 เฮกเตอร์	28
รูปที่ 3.39	แสดงการกระจายตัวของข้อมูลลำดับขั้นน้ำซึ่งมีขนาดพื้นที่ศึกษาระหว่าง 30 ถึง 40 เฮกเตอร์	29
รูปที่ 3.40	แสดงการกระจายตัวของข้อมูลลำดับขั้นน้ำซึ่งมีขนาดพื้นที่ศึกษามากกว่า 40 เฮกเตอร์	29
รูปที่ 3.41	แสดงการกระจายตัวของข้อมูลขนาดพื้นที่ศึกษาซึ่งมีระยะห่างจากแม่น้ำน้อยกว่า 0.5 กิโลเมตร	30
รูปที่ 3.42	แสดงการกระจายตัวของข้อมูลขนาดพื้นที่ศึกษาซึ่งมีระยะห่างจากแม่น้ำระหว่าง 0.5 ถึง 1 กิโลเมตร	30
รูปที่ 3.43	แสดงการกระจายตัวของข้อมูลขนาดพื้นที่ศึกษาซึ่งมีระยะห่างจากแม่น้ำระหว่าง 1 ถึง 1.5 กิโลเมตร	31
รูปที่ 3.44	แสดงการกระจายตัวของข้อมูลขนาดพื้นที่ศึกษาซึ่งมีระยะห่างจากแม่น้ำมากกว่า 1.5 กิโลเมตร	31
รูปที่ 4.1	แสดงภาพตัดขวางระหว่างบริเวณตะพัก(สีแดง)และบริเวณที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึง(สีน้ำเงิน)	32
รูปที่ 4.2	แสดงภาพตัดขวางระหว่างข้อมูลในชุดความสูงต่าง ๆ	33
รูปที่ 4.3	แสดงภาพการกระจายตัวแม่น้ำลำดับที่ 5 และ 6 ในชุดข้อมูลความสูงต่าง ๆ	34
รูปที่ 4.4	แสดงระยะทางจากพื้นที่ศึกษาทั้งหมดถึงช่องเขาต่าง ๆ ทั้ง 9 ช่อง	37

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าแหล่งโบราณคดีที่ล้อมรอบด้วยคูน้ำ หรือ คูเมือง (moat) ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย (รูปที่ 1.1) ที่มีการระบุไว้ในช่วงต้นศตวรรษที่ 20 (Damrong Rajanubhap, HRH Prince, 1995) และเริ่มเป็นที่สนใจของนักวิชาการทั้งนักโบราณคดีและนักธรณีวิทยามาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งผลจากการศึกษาวิจัยจากหลายกลุ่มวิจัยในเวลาต่อมาบ่งชี้ว่าคูเมืองดังกล่าวส่วนมากมีวิวัฒนาการการเจริญเติบโตและขยายตัวอยู่ในช่วงยุคเหล็ก (Iron Age) (ประมาณ 500 ก่อนคริสตกาล – ค.ศ. 600) และในปัจจุบันมีการค้นพบคูเมืองในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากการสำรวจเพิ่มเติมอย่างเป็นระบบด้วยข้อมูลโทรสัมผัส Reilly และ Scott (2015) สรุปและนำเสนอว่ามีคูเมืองทั้งสิ้น 297 คูเมือง กระจายตัวอยู่ทั่วภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยคูเมืองส่วนใหญ่ตั้งอยู่ใกล้กับแม่น้ำมูลและแม่น้ำชีซึ่งเป็นแม่น้ำสายสำคัญ



รูปที่ 1.1 ตัวอย่างลักษณะของคูเมืองที่ตรวจพบจากภาพถ่ายดาวเทียม
รายงานโดย Reilly และ Scott (2015)

อย่างไรก็ตามจากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่างานวิจัยส่วนใหญ่เป็นการมุ่งเป้าประสงค์ไปที่การสำรวจ ค้นหาและรายงานการค้นพบคูเมืองในแต่ละพื้นที่เฉพาะและการขุดค้นในรายละเอียดเฉพาะบางพื้นที่เท่านั้น ซึ่งรายละเอียดเกี่ยวกับพฤติกรรมและวิวัฒนาการการขยายตัวของกลุ่มคูเมืองดังกล่าวยังไม่มีการศึกษามากนัก ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาพฤติกรรมหรือ

ลักษณะเฉพาะของการกระจายตัวในเชิงพื้นที่ของคูเมืองดังกล่าวโดยการวิเคราะห์ภูมิสารสนเทศและสถิติของคูเมือง เพื่อสืบค้นหลักฐานในเชิงพื้นที่ (spatial evidence) เพื่อตอบประเด็นปัญหาทางโบราณคดีที่น่าสนใจต่างๆ เกี่ยวกับคูเมืองทั้ง 297 คูเมืองดังกล่าว เช่น การคมนาคม และพิบัติภัย

1.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาของ Welch (1989) ได้กล่าวถึงความสัมพันธ์ของชุมชนต่าง ๆ โดยในบริเวณพิมาย และพื้นที่โดยรอบมีปฏิสัมพันธ์ในรูปของศูนย์กลางค้าขายและแหล่งผลิตสินค้าชนิดต่าง ๆ โดยมีชุมชนในบริเวณที่ราบเป็นแหล่งผลิตข้าว บริเวณตะพักเป็นแหล่งผลิตข้าวฟ่าง มันเทศ และชุมชนในบริเวณที่สูงเป็นแหล่งผลิตของป่า แหล่งไม้ แหล่งล่าสัตว์ และแหล่งผลิตศิลาแลงซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเหล็ก นอกจากนั้นยังระบุว่าพิมายเป็นเส้นทางการติดต่อหลักระหว่างบริเวณนี้และอาณาจักรเขมร

จากการศึกษาของ Lustig และ Hendrickson (2012) ได้ศึกษาคำจารึกอธิบายถึงถนนในช่วงเวลาต่าง ๆ โดยเฉพาะในช่วงคริสต์ศตวรรษที่ 11 ซึ่งเกิดการขยายอิทธิพลของอาณาจักรเขมร โดยระบุว่าเส้นทางราชมรรคาเชื่อมต่อระหว่างพิมายและนครวัดมีการก่อสร้างและพัฒนาหลายครั้ง โดยเฉพาะในช่วงคริสต์ศตวรรษที่ 11 และได้มีการก่อสร้างโอสถศาลาขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวกในภายหลังโดยพระเจ้าชัยวรมันที่ 7

จากการศึกษาของ Reilly (2014) ระบุถึงวัตถุประสงค์ในการสร้างคูน้ำล้อมรอบเพื่อการแก้ปัญหาจากภาวะฝนตกไม่ตรงตามฤดูกาลในพื้นที่โดยชนชั้นสูงในพื้นที่ เนื่องจากความต้องการใช้ทรัพยากรน้ำในช่วงน้ำแล้งเพื่อการเพาะปลูก ก่อให้เกิดการควบคุมทรัพยากรโดยชนชั้นสูงและพัฒนาไปสู่โครงสร้างอำนาจในชุมชน

จากการศึกษาของ Reilly และ Scott (2015)รวบรวมข้อมูลเมืองที่มีคูน้ำโบราณล้อมรอบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือก่อนหน้านี้ โดย Moore และ Higham ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมโดยวิธีโทรสัมผัสเพื่อรวมรวมพื้นที่ศึกษาเพิ่มเติมและศึกษาคุณสมบัติต่าง ๆ ได้แก่ ขนาด จำนวนชั้นน้ำ และความสูงของพื้นที่ศึกษาทั้ง 297 แห่ง

จากการศึกษาของ Duke และคณะ (2016)ใช้เครื่องเรดาร์หยั่งความลึกศึกษาชั้นดิน (ground penetrating radar, GPR) ในการศึกษาเมืองที่ทีคูน้ำโบราณล้อมรอบซึ่งไม่สามารถเห็นสังเกตคูน้ำได้ในปัจจุบันจากการทับถมหรือการกลบฝัง ซึ่งผลการศึกษาระบุว่าพื้นที่ศึกษาซึ่งไม่สามารถระบุคูน้ำจากภาพถ่ายทางอากาศสามารถค้นหาคูน้ำได้โดยวิธี GPR รวมทั้งการใช้ประโยชน์ของชุมชนจากแม่น้ำที่เคยพาดผ่านบริเวณนั้นในอดีต

จากการศึกษาของ Yamoah และคณะ (2017) งานวิจัยชิ้นนี้ศึกษาการปรับตัวของชุมชนต่อหนองปะโคภายหลังคริสต์ศตวรรษที่ 13 เนื่องจากภาวะที่ลมมรสุมอ่อนกำลังในพื้นที่ตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยด้วยการศึกษาออกซิเจนและไฮโดรเจนไอโซโทป โดยภาวะที่ลมมรสุมอ่อนกำลังตั้งแต่คริสต์ศตวรรษที่ 10 ประกอบกับอีกหลายปัจจัยทำให้เกิดการทิ้งร้างของนครวัดนครธม

1.3 พื้นที่ศึกษา

1.3.1 ลักษณะภูมิประเทศและภูมิสัณฐานในบริเวณที่ราบสูงโคราช

พื้นที่ศึกษาตั้งอยู่ในบริเวณที่ราบสูงโคราชซึ่งลักษณะภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นที่ราบเรียบ มีความสูงประมาณ 130-250 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลางประกอบด้วยเทือกเขาเพชรบูรณ์และดงพญาเย็นเป็นขอบที่ราบสูงโคราชทางทิศตะวันตก ซึ่งบริเวณนี้พื้นที่มีความลาดเทไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ และขอบที่ราบสูงโคราชทางด้านทิศใต้ ประกอบด้วยทิวเขาสันกำแพงและพนมดงรัก ซึ่งเป็นขอบเขาสูงชันและเอียงเทไปหาแอ่งทางทิศเหนือ ส่วนขอบแอ่งทางด้านทิศเหนือและตะวันออกเป็นแนวเทือกเขาในประเทศลาว

นอกจากนั้นที่ราบสูงโคราชถูกแบ่งออกด้วยเทือกเขาภูพานที่เกิดจากโครงสร้างชั้นหินโค้งรูปประทุนลูกฟูกที่มีแกนวางตัวอยู่ในแนวทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ทำให้ส่วนทางด้านเหนือ เกิดแอ่งย่อยอุดร-สกลนคร และทางด้านใต้ เกิดแอ่งย่อยโคราช-อุบล แอ่งทั้งสองมีพื้นที่เอียงเทไปยังทิศตะวันออกและมีพื้นที่ราบเรียบ ซึ่งประกอบด้วยที่ราบน้ำท่วมถึง (floodplain) และที่ราบน้ำท่วมไม่ถึง (non-floodplain) หรือในงานวิจัยนี้เรียกว่าตะพัก (Terrace) อยู่กลางแอ่ง

ซึ่งพื้นที่ศึกษาในงานวิจัยครั้งนี้กระจายตัวอยู่โดยรอบแม่น้ำมูลและแม่น้ำชีในบริเวณแอ่งย่อยโคราช-อุบล และอีกส่วนหนึ่งในแอ่งย่อยสกลนคร

1.3.2 ธรณีวิทยาทั่วไป

ธรณีวิทยาโดยทั่วไปประกอบด้วยหินชั้นของกลุ่มหินโคราช (Khorat Group) ซึ่งเป็นชั้นหินสีแดงมหายุคมีโซโซอิกสะสมตัวบนภาคพื้นทวีป (non-marine red beds) เป็นส่วนใหญ่ ประกอบด้วยหินทรายแป้ง หินทราย หินโคลนและหินกรวดมน ความหนาของหินทั้งสิ้นอาจถึง 4,000 เมตร มีอายุตั้งแต่ยุคไทรแอสซิกตอนปลายถึงยุคครีเทเชียส-เทอร์เชียรี วางทับอยู่บนพื้นผิวที่เกิดจากการผุกร่อนของหินมหายุคพาลีโอโซอิกตอนบน โดยที่ชั้นหินเอียงลาดเล็กน้อยสู่ใจกลางแอ่งโคราชและแอ่งสกลนคร บริเวณทิศใต้ของที่ราบสูงโคราช มีหินบะซอลต์ยุคควอเทอร์นารีไหลคลุมกลุ่มหินโคราชเป็นหย่อมๆ

1.4 วัตถุประสงค์

1) วิเคราะห์และจำแนกลักษณะของคูเมือง เช่น ที่ตั้งและความสูงของคูเมืองในแต่ละพื้นที่ เพื่อประเมินพิบัติภัย (น้ำท่วม) ของแต่ละคูเมืองอันเนื่องมาจากแม่น้ำมูลและแม่น้ำชี ว่าพื้นที่ภายในคูเมืองดังกล่าวเกิดการปรับตัวหลังจากเลือกที่ตั้งเมืองเพื่อป้องกันพิบัติภัยรึไม่ หรือเกิดจากลักษณะธรรมชาติดั้งเดิมที่เหมาะสมแก่การดำรงชีวิตของมนุษย์เพียงอย่างเดียว

2) วิเคราะห์การกระจายตัวของคูเมือง เช่น ความหนาแน่นของคูเมืองในพื้นที่ต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบหาความเกี่ยวข้องกับเส้นทางคมนาคมโบราณระหว่างชุมชนบนที่ราบสูงในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยปัจจุบันและที่ลุ่มต่ำในประเทศกัมพูชาปัจจุบัน

1.5 ขอบเขตงานวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาโดยใช้ระบบภูมิสารสนเทศเพื่อสร้างภาพตัดขวางของพื้นที่ศึกษารวมทั้งระยะทาง ลำดับชั้นน้ำและระยะทางถึงช่องเขาต่างๆของพื้นที่ศึกษาจากการวิจัยโดย Reilly และ Scott (2015) จำนวน 297 แห่ง เพื่อที่จะศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆต่อพิบัติภัยและการคมนาคม

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถวิเคราะห์การรับมือพิบัติภัยจากน้ำท่วมและการคมนาคมของเมืองที่มีคูน้ำโบราณ โดยใช้ข้อมูลต่างๆที่ได้จากการศึกษาก่อนหน้าและข้อมูลจากการศึกษาเพิ่มเติมในครั้งนี้

บทที่ 2 ระเบียบวิธีวิจัย

2.1 วิธีดำเนินงานวิจัย

การศึกษาเมืองที่มีคูน้ำโบราณมีลักษณะที่เป็นตัวแปรสำคัญอยู่หลายประการ โดยตัวแปรที่ผู้วิจัยสนใจคือ ตำแหน่งหรือพิกัดละติจูดและลองจิจูด ความสูงโดยรอบพื้นที่ ความสูงเนินดิน ขนาดของเนินดิน จำนวนชั้นน้ำล้อมรอบ ลำดับชั้นน้ำและระยะทางถึงลำน้ำใกล้เคียง เพื่อศึกษาตัวแปรที่อาจส่งผลต่อระดับการปรับตัวต่ออุทกภัย ซึ่งเป็นพิบัติภัยสำคัญในบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

2.2 การรวบรวมข้อมูล

1) ข้อมูลจากการศึกษาก่อนหน้าโดย O'Reilly, D. และ Scott, G., 2015 ซึ่งได้รวบรวมเมืองที่มีคูน้ำโบราณ 297 แห่ง ไว้ในรูปแบบ excel ประกอบด้วยข้อมูลจำนวนชั้นคูน้ำ (Number of Moats) ขนาดพื้นที่ศึกษา (Moat's Area) ละติจูด (Latitude) ลองจิจูด (Longitude) และข้อมูลความสูง (Elevation)

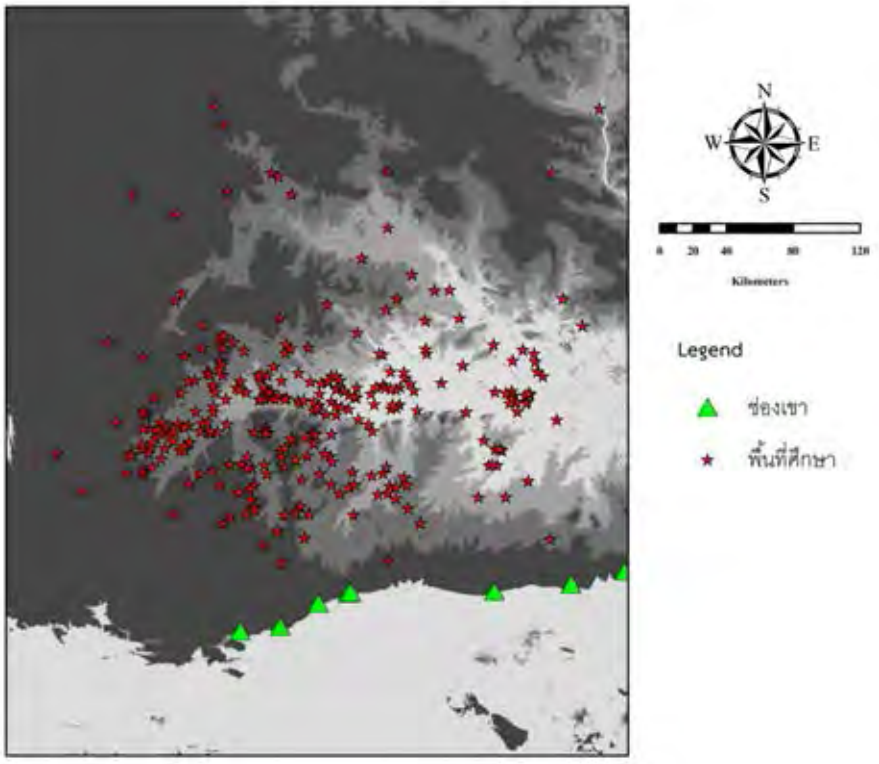
2) แบบจำลองระดับสูงเชิงเลข หรือ DEM ซึ่งมีความละเอียดที่ 30 เมตร จากองค์การสำรวจอวกาศญี่ปุ่นหรือ Japan Aerospace Exploration Agency's (JAXA) ซึ่งมีความละเอียดสูงที่สุดในปัจจุบัน

2.3 การประมวลผลข้อมูล

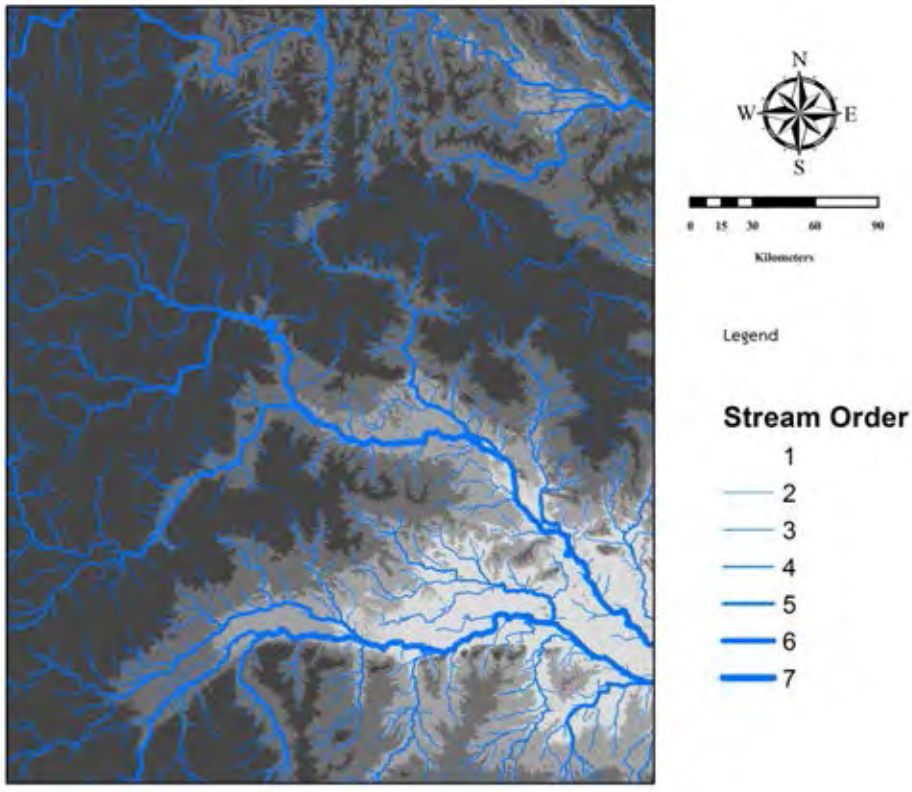
1) กำหนดตำแหน่งพื้นที่ศึกษาทั้ง 297 แห่งและตำแหน่งช่องเขา 9 แห่ง ลงบนแผนที่ โดยยึดตามละติจูดและลองจิจูดในระบบพิกัด WGS 1984 (รูปที่ 2.1)

2) การวิเคราะห์การไหลของน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยนำข้อมูล DEM มาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม ArcGIS จนกระทั่งได้ผลลัพธ์เป็นพื้นที่ลุ่มน้ำและข้อมูลทิศทางการไหลของน้ำ และนำมาสร้างเป็นแผนที่แสดงทางน้ำและลำดับลำน้ำในพื้นที่ (รูปที่ 2.2)

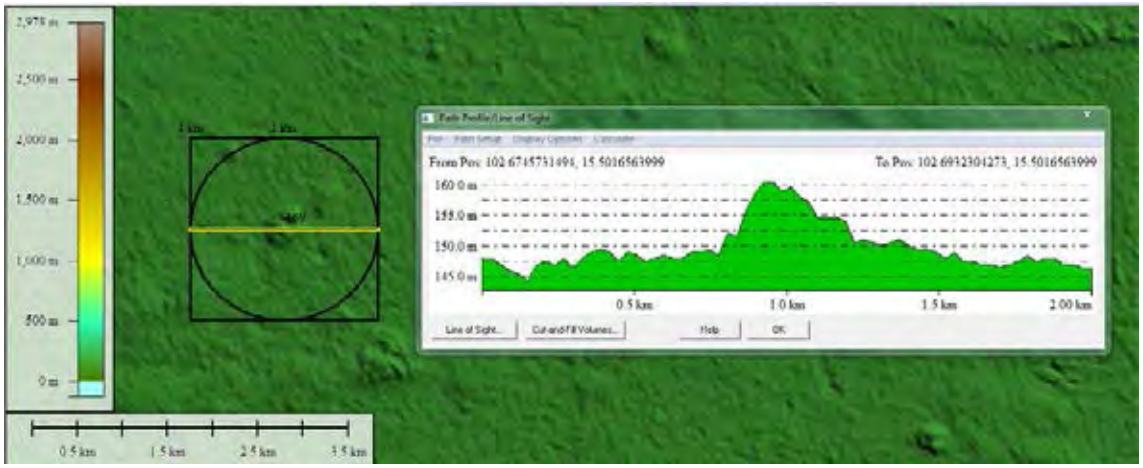
3) ภาพตัดขวางของความสูงโดยรอบพื้นที่ศึกษาทั้งหมดในแนวตะวันออก-ตะวันตก โดยการสร้างจุดตัดระหว่างสี่เหลี่ยมและวงกลม และสร้างภาพตัดขวางผ่านจุดตัดทางทิศตะวันตกและทางทิศตะวันออกซึ่งแต่ละจุดมีระยะห่างจากกึ่งกลางพื้นที่ศึกษา 1 กิโลเมตร เป็นระยะทางรวม 2 กิโลเมตรให้คลอบคลุมพื้นที่ศึกษาทุกขนาด (รูปที่ 2.3)



รูปที่ 2.1 แสดงพื้นที่ศึกษา 297 แห่ง และช่องเขาทั้ง 9 แห่ง



รูปที่ 2.2 แสดงทางน้ำ โดยแสดงตามขนาดลำดับลำน้ำต่าง ๆ



รูปที่ 2.3 แสดงการตัดภาพตัดขวางโดยการลากผ่านจุดตัดทิศตะวันตกและจุดตัดทิศตะวันออก

4) ระยะทางและลำดับชั้นน้ำที่ใกล้พื้นที่ศึกษาแต่ละแห่งมากที่สุด โดยการนำข้อมูลลำน้ำมาแปลงรูปแบบเป็นข้อมูลประเภทจุดเพื่อคำนวณระยะห่างระหว่างจุดต่างๆของแม่น้ำทั้ง 515634 จุดและพื้นที่ศึกษา 297 แห่ง เพื่อให้ได้ข้อมูลลำดับลำน้ำที่ใกล้ที่สุดและระยะห่างจากแม่น้ำเหล่านั้นถึงพื้นที่ศึกษา

โดยคำนวณระยะทางด้วยสมการ

$$S = 100\sqrt{(\mathrm{Lat}_1 - \mathrm{Lat}_2)^2 + (\mathrm{Long}_1 - \mathrm{Long}_2)^2}$$

S แทน ระยะทางระหว่างสองจุด มีหน่วย กิโลเมตร

Lat_1 แทน พิกัดละติจูดของพื้นที่ศึกษา

Lat_2 แทน พิกัดละติจูดของจุดที่สนใจ

Long_1 แทน พิกัดลองจิจูดของพื้นที่ศึกษา

Long_2 แทน พิกัดลองจิจูดของจุดที่สนใจ

5) ใช้ข้อมูลพิกัดเพื่อคำนวณระยะห่างระหว่างพื้นที่ศึกษาทั้ง 297 แห่งและช่องเขาแต่ละแห่ง และบันทึกระยะห่างจากจุดศึกษาถึงช่องเขาทุกแห่ง โดยใช้สมการในหัวข้อ 4

2.4 วิธีวิเคราะห์ข้อมูล

1) แบ่งข้อมูลพื้นที่ศึกษาออกเป็นชุดข้อมูล โดยแยกตามระดับความสูงที่แตกต่างกันของพื้นที่ศึกษา

2) นำข้อมูลภาพตัดขวางมาวิเคราะห์ ทั้งโดยรวมและแยกตามชุดข้อมูลต่างๆ

3) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลขนาด ระยะทาง ลำดับชั้นน้ำ และจำนวนคูน้ำ ทั้งโดยรวมและแยกตามชุดศึกษา

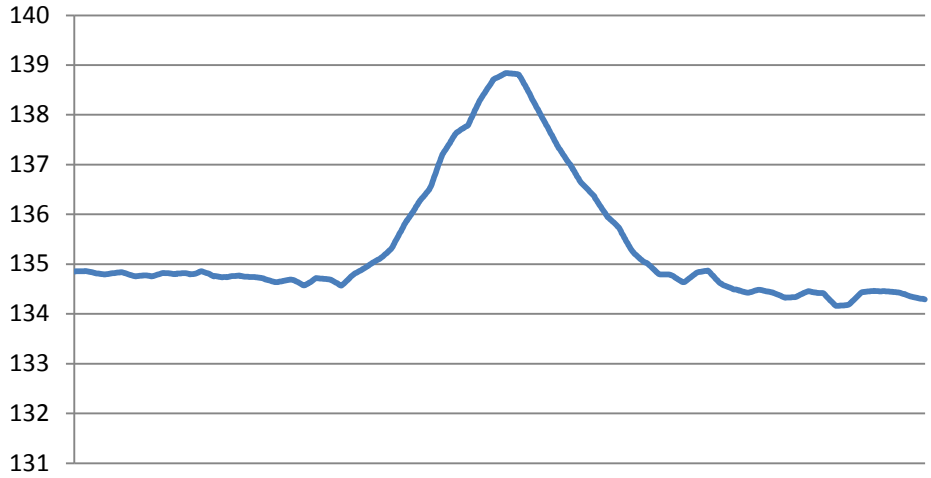
บทที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ภาพตัดขวาง

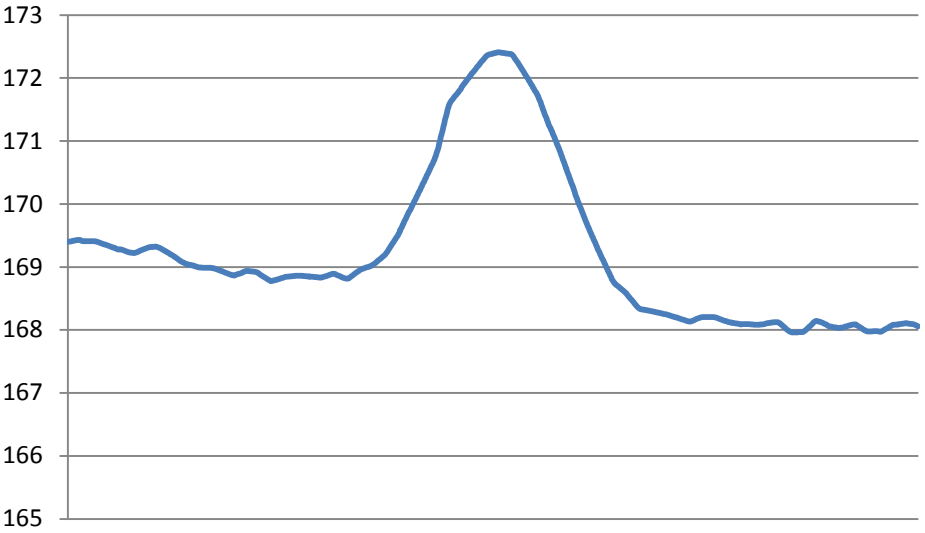
1) แบ่งข้อมูลพื้นที่ศึกษาออกเป็นชุดข้อมูลโดยแยกตามระดับความสูงของพื้นที่ออกเป็น 2 บริเวณ คือ

    1) บริเวณที่ราบน้ำท่วมถึง ระดับความสูงต่ำกว่า 150 เมตรจากน้ำทะเล

    2) บริเวณตะพัก ระดับความสูงมากกว่า 150 เมตรจากน้ำทะเล



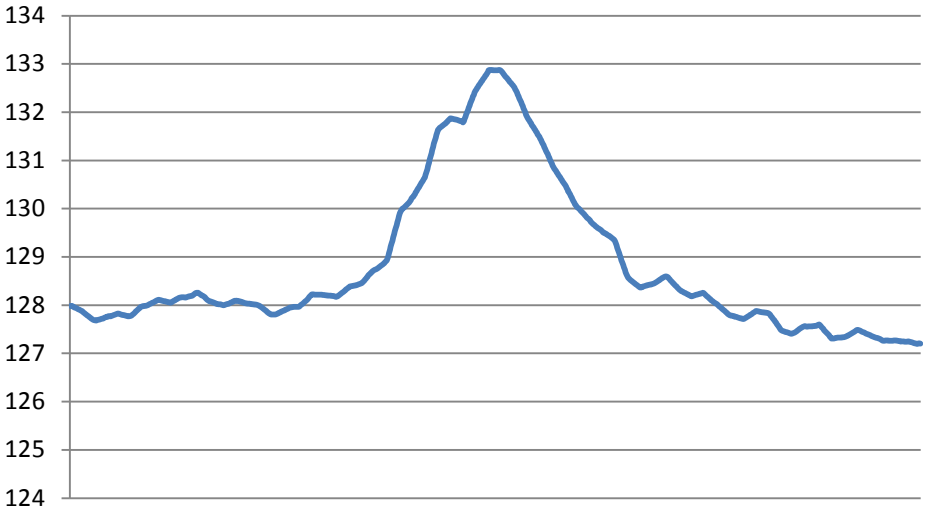
รูปที่ 3.1 แสดงภาพตัดขวางเฉลี่ยของพื้นที่ทั้งหมดในบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึง



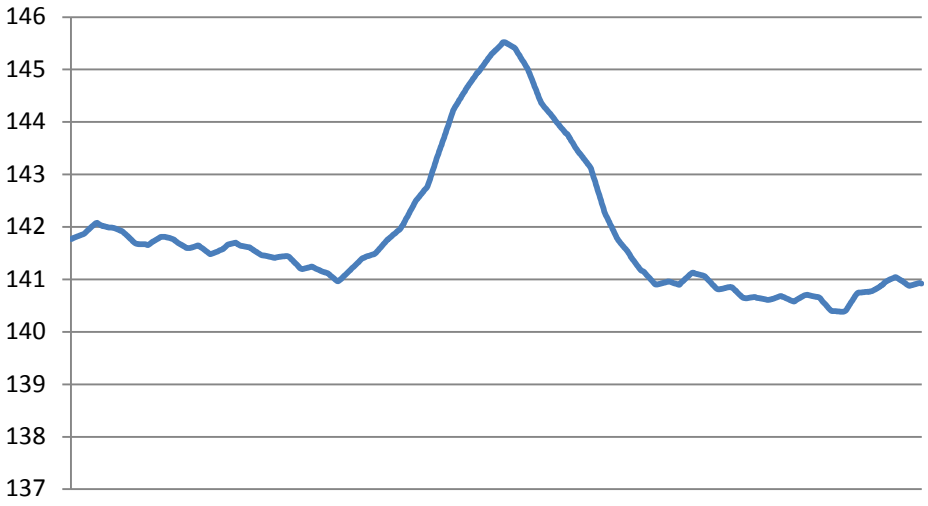
รูปที่ 3.2 แสดงภาพตัดขวางเฉลี่ยของพื้นที่ทั้งหมดในบริเวณตะพัก

2) แบ่งข้อมูลพื้นที่ศึกษาออกเป็นชุดข้อมูลโดยแยกตามระดับความสูงของข้อมูลออกเป็น 4 ชุดข้อมูล คือ

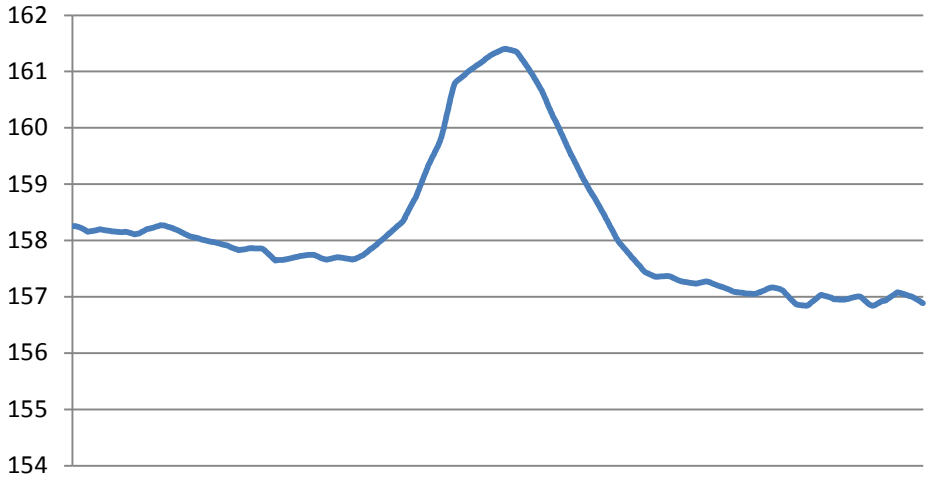
1) ระดับความสูงต่ำกว่า 135 เมตรจากน้ำทะเล
2) ระดับความสูงระหว่าง 135 ถึง 150 เมตรจากน้ำทะเล
3) ระดับความสูงระหว่าง 150 ถึง 175 เมตรจากน้ำทะเล
4) ระดับความสูงมากกว่า 175 เมตรจากน้ำทะเล



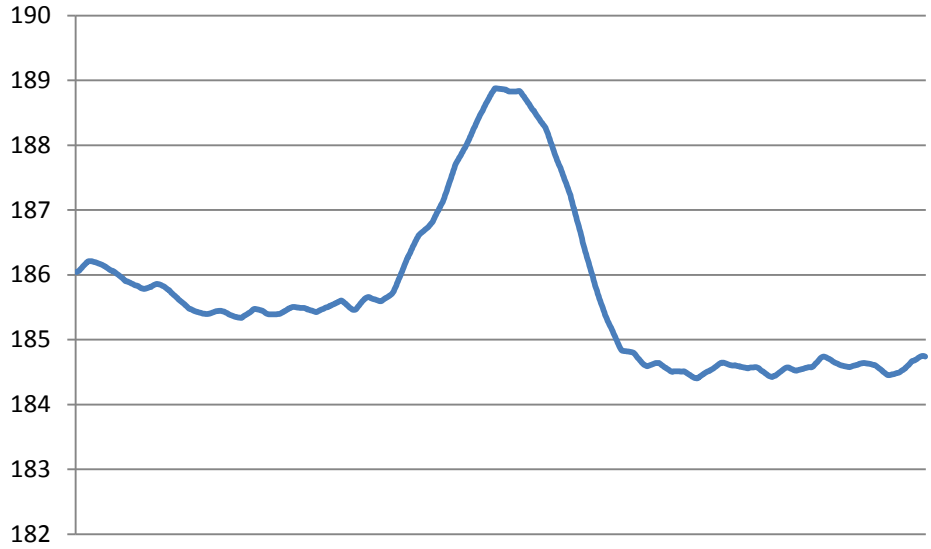
รูปที่ 3.3 แสดงภาพตัดขวางเฉลี่ยของพื้นที่ทั้งหมดในระดับความสูงต่ำกว่า 135 เมตรจากน้ำทะเล



รูปที่ 3.4 แสดงภาพตัดขวางเฉลี่ยของพื้นที่ทั้งหมดในระดับความสูงระหว่าง 135 ถึง 150 เมตรจากน้ำทะเล



รูปที่ 3.5 แสดงภาพตัดขวางเฉลี่ยของพื้นที่ทั้งหมดในระดับความสูง ระหว่าง 150 ถึง 175 เมตรจากน้ำทะเล

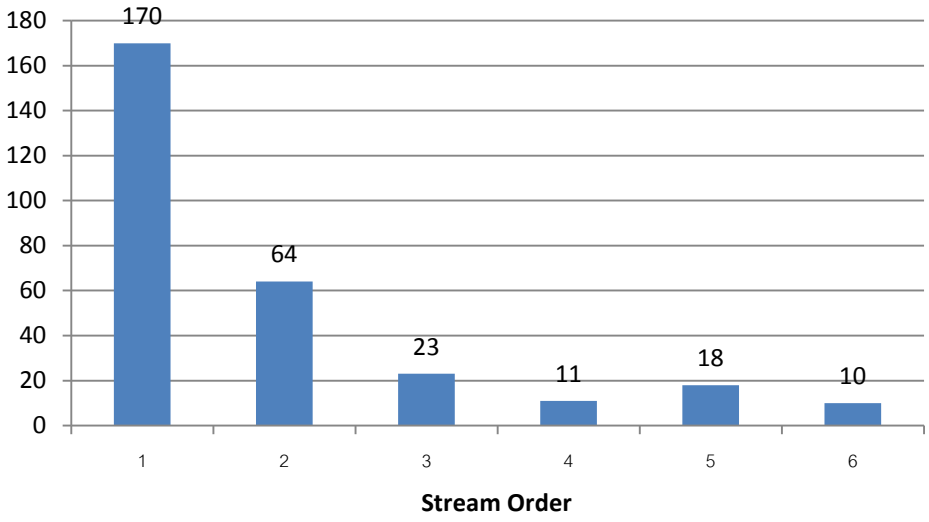


รูปที่ 3.6 แสดงภาพตัดขวางเฉลี่ยของพื้นที่ทั้งหมดในระดับความสูง มากกว่า 175 เมตรจากน้ำทะเล

3.2 ข้อมูลของตัวแปรชนิดต่าง ๆ

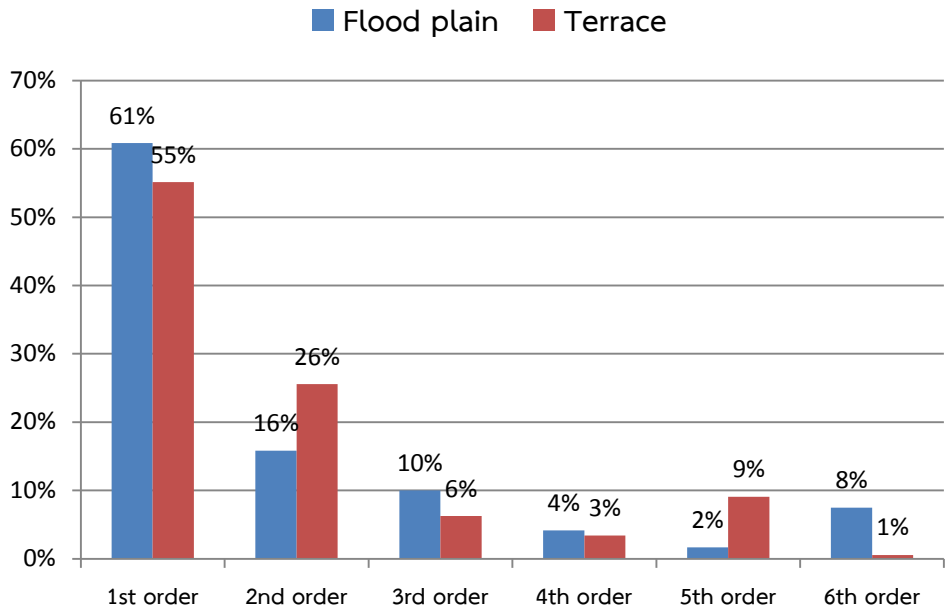
1) ลำดับขั้นน้ำ (Stream order)

จากรูปที่ 3.7 จะเห็นว่าพื้นที่ศึกษาส่วนมากมักจะอยู่ใกล้ลำน้ำขนาดเล็ก หรือกว่าร้อยละ 57 และ 22 ของพื้นที่ศึกษาทั้งหมดวางตัวอยู่ใกล้ลำน้ำลำดับที่ 1 และ ลำดับที่ 2 ตามลำดับ รวมพื้นที่ซึ่งอยู่ใกล้ลำน้ำลำดับที่ 1 และ 2 จำนวน 234 พื้นที่ จากทั้งหมด 297 พื้นที่ และพบจำนวนลดหลั่นตามลำดับลำน้ำที่เพิ่มขึ้น โดยพบจำนวนข้อมูลเพิ่มขึ้นเล็กน้อยบริเวณลำน้ำลำดับที่ 5



รูปที่ 3.7 แสดงการกระจายตัวของข้อมูลลำดับชั้นน้ำ

จากรูปที่ 3.8 แสดงการกระจายตัวของข้อมูลในบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึง และบริเวณตะพัก โดยข้อมูลส่วนมากแสดงแนวโน้มการกระจายตัวใกล้ลำน้ำลำดับที่ 1 และ 2 เช่นเดียวกับรูปที่ 3.7 และพบลักษณะที่แตกต่างกันในบริเวณลำน้ำลำดับที่ 5 และ 6 โดยพื้นที่ศึกษาอยู่ใกล้ลำน้ำลำดับที่ 5 ส่วนมากจะอยู่ในบริเวณตะพัก และลำน้ำลำดับที่ 6 ส่วนมากพบในบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึง

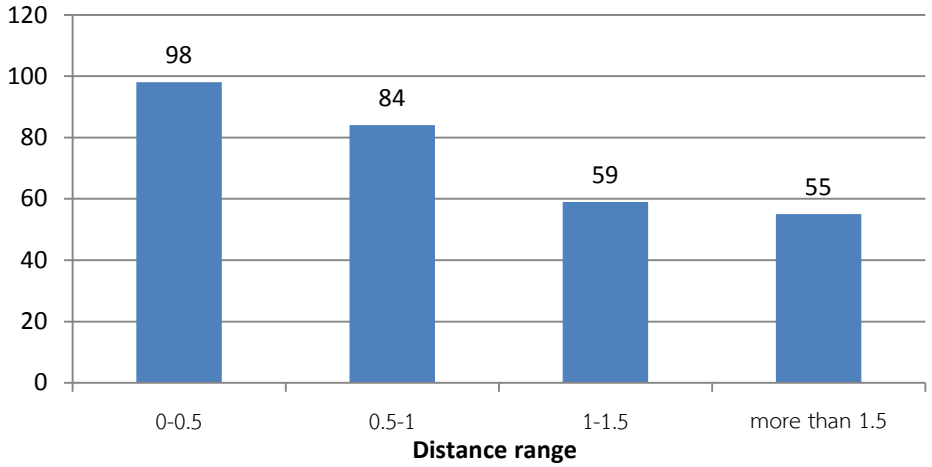


รูปที่ 3.8 แสดงการกระจายตัวของข้อมูลลำดับชั้นน้ำในบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึง และบริเวณตะพัก

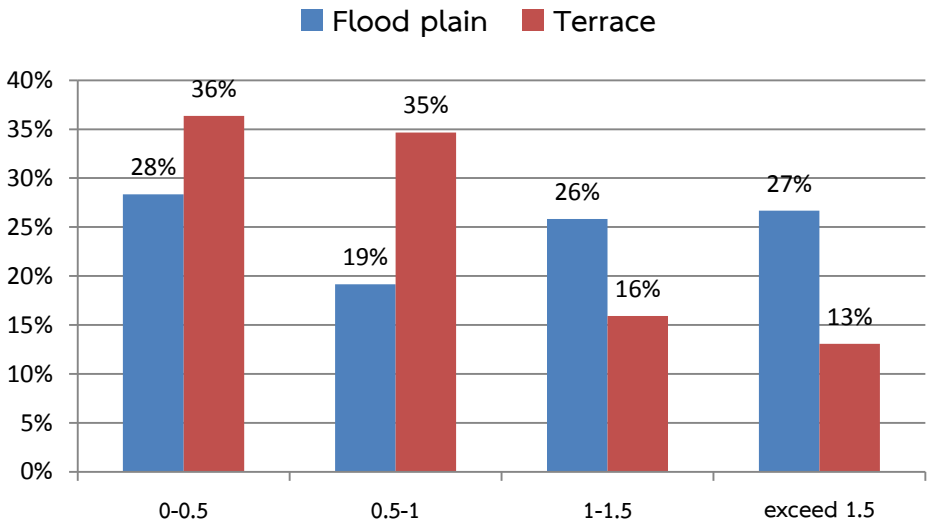
2) ระยะทางถึงแม่น้ำ (Distance)

จากรูปที่ 3.9 พบการกระจายตัวของข้อมูลที่ใกล้เคียงกันทั้ง 4 ระยะจากแม่น้ำโดยพบมากที่สุดในระยะไม่เกิน 500 เมตรจากแม่น้ำ และลดลงตามระยะห่างจากแม่น้ำที่เพิ่มขึ้น

นอกจากนั้นในการเปรียบเทียบข้อมูลระยะทางระหว่างบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึง และบริเวณตะพักในรูปที่ 3.10 พบว่าในบริเวณที่ราบน้ำท่วมมีการกระจายตัวของพื้นที่ศึกษาอย่างทั่วถึงในทุก ๆ ระยะ 500 เมตรจากแม่น้ำ ในขณะที่พบข้อมูลพื้นที่ศึกษาในบริเวณตะพักกว่าร้อยละ 70 ซึ่งมีระยะห่างจากแม่น้ำไม่เกิน 1 กิโลเมตร แสดงถึงพฤติกรรมการตั้งถิ่นฐานใกล้เคียงแม่น้ำมากขึ้นในบริเวณตะพัก



รูปที่ 3.9 แสดงการกระจายตัวของข้อมูลระยะทางถึงแม่น้ำ

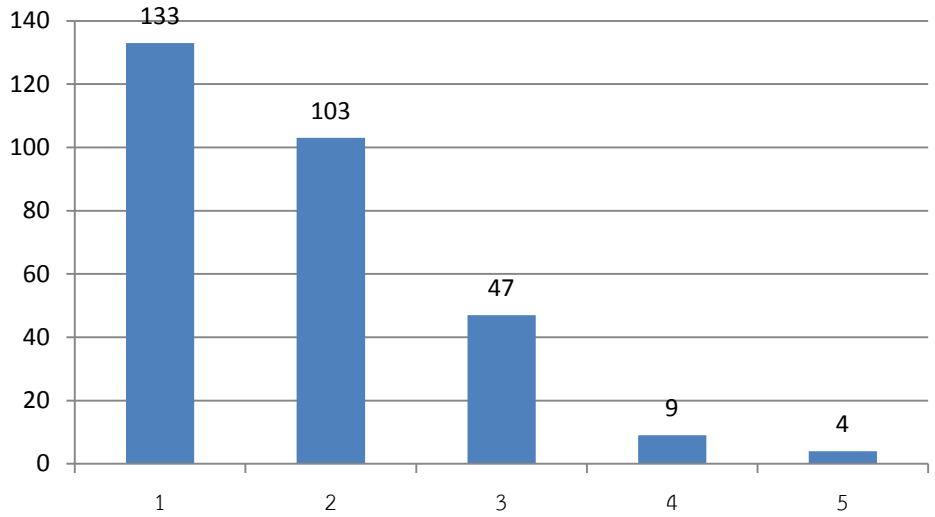


รูปที่ 3.10 แสดงการกระจายตัวของข้อมูลระยะทางถึงแม่น้ำในบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึงและบริเวณตะพัก

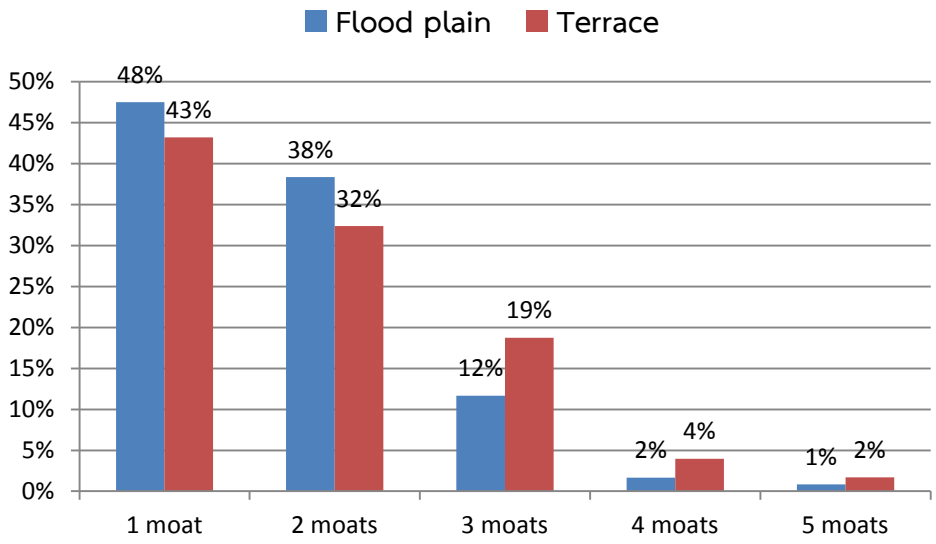
3) จำนวนชั้นคูน้ำ (Number of Moats)

พื้นที่ศึกษา 297 แห่งมีจำนวนคูน้ำล้อมรอบต่าง ๆ กันตั้งแต่ 1 ชั้นไปจนถึง 6 ชั้น โดยมีจำนวนข้อมูลดังรูปที่ 3.11 โดยมากกว่าร้อยละ 70 ของข้อมูลทั้งหมดมีจำนวนชั้นคูน้ำล้อมรอบไม่เกิน 2 ชั้น

นอกจากนั้นจากรูปที่ 3.12 สามารถพบพื้นที่ศึกษาซึ่งมีจำนวนคูน้ำล้อมรอบตั้งแต่ 3 ถึง 5 ชั้นในสัดส่วนที่มากกว่าอย่างมากในบริเวณตะพักนับเป็นร้อยละ 25 และร้อยละ 15 ในบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึง



รูปที่ 3.11 แสดงการกระจายตัวของจำนวนชั้นคูน้ำ

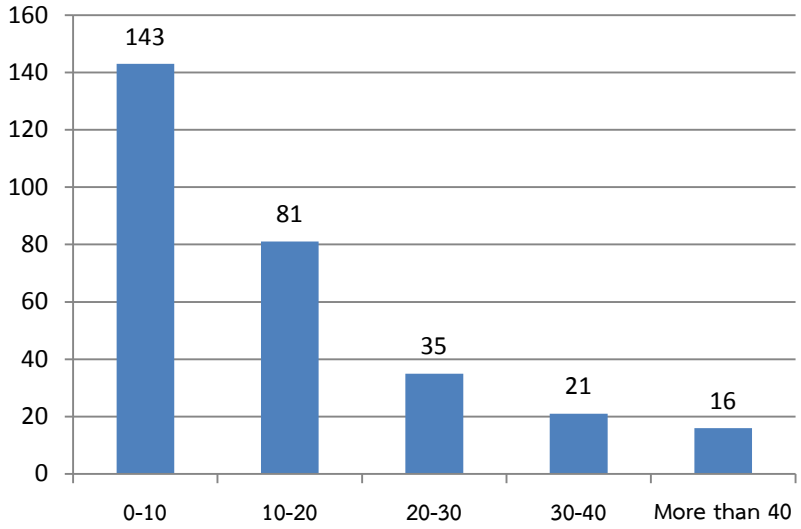


รูปที่ 3.12 แสดงการกระจายตัวของจำนวนชั้นคูน้ำในบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึงและบริเวณตะพัก

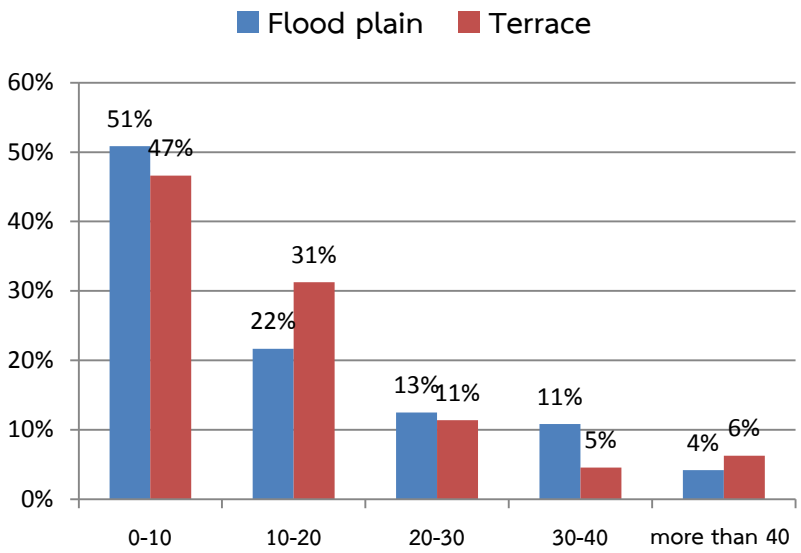
4) ขนาดพื้นที่ศึกษา (Moat's Area)

พื้นที่ศึกษามีขนาดหลากหลาย ตั้งแต่ขนาดเล็กสุดที่ 0.7 เฮกเตอร์ไปจนถึงพื้นที่ศึกษาที่มีขนาดใหญ่ที่สุด 171 เฮกเตอร์ และมีขนาดพื้นที่เฉลี่ยเท่ากับ 15.9 เฮกเตอร์ โดยข้อมูลส่วนใหญ่มีขนาดไม่เกิน 20 เฮกเตอร์และพบจำนวนพื้นที่ศึกษาน้อยลงตามพื้นที่ที่เพิ่มมากขึ้น (รูป 3.13)

โดยพื้นที่ศึกษาในบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึงและบริเวณตะพักมีการกระจายตัวของข้อมูลขนาดที่ไม่ต่างกันมากนัก ซึ่งบริเวณทั้งสองมีข้อมูลขนาดไม่เกิน 20 เฮกเตอร์ ถึงร้อยละ 70 โดยพบพื้นที่ขนาด 10-20 เฮกเตอร์มากกว่าในบริเวณตะพัก (รูปที่ 3.14)



รูปที่ 3.13 แสดงการกระจายตัวของขนาดพื้นที่ศึกษา

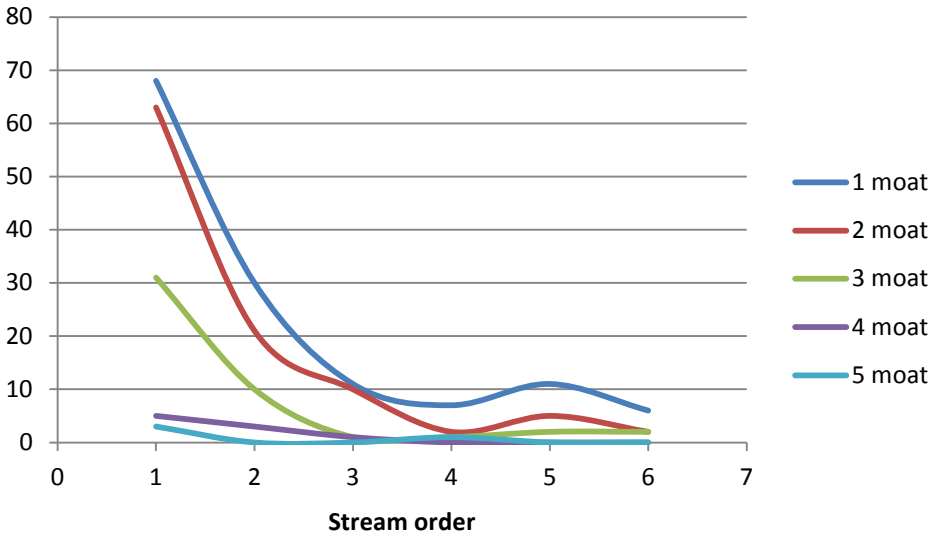


รูปที่ 3.14 แสดงการกระจายตัวของขนาดพื้นที่ศึกษาในบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึงและบริเวณตะพัก

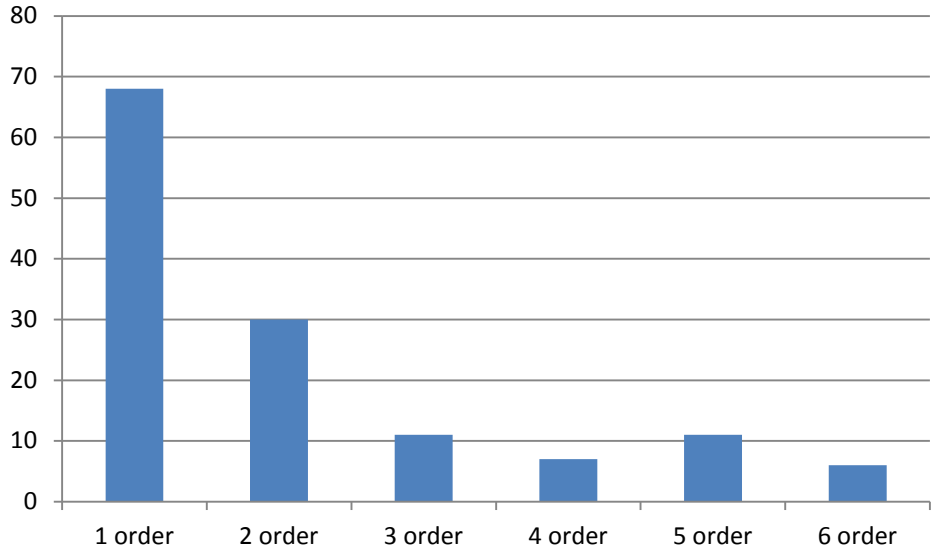
3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างชุดข้อมูล

1) จำนวนคูน้ำ และลำดับขั้นน้ำ

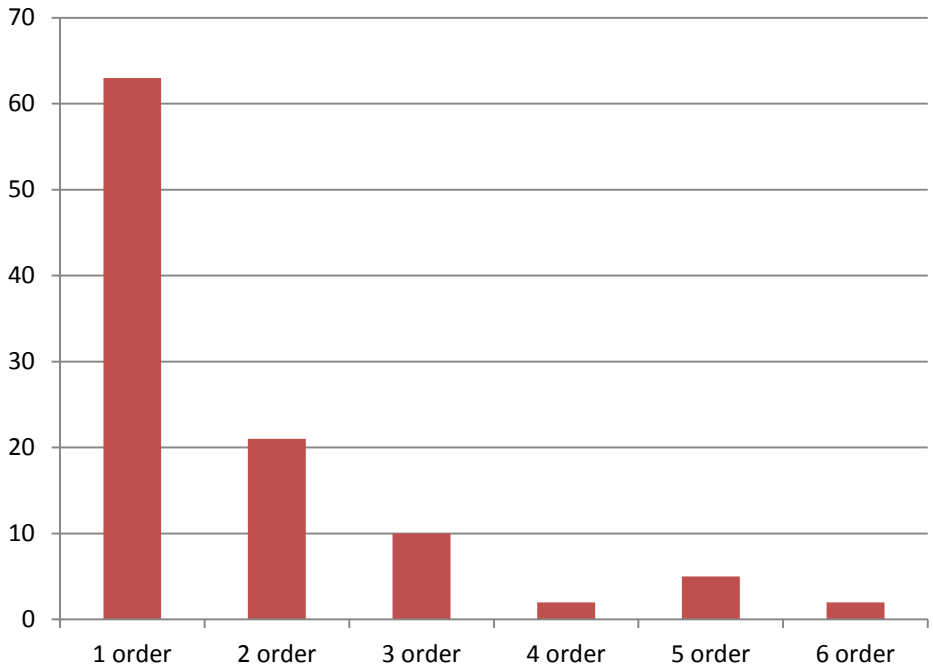
พื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่ที่มีจำนวนชั้นคูน้ำตั้งแต่ 1 ถึง 5 ชั้นมีการกระจายตัวของข้อมูลใกล้เคียงกันกล่าวคือ พบข้อมูลจำนวนมากตั้งอยู่บริเวณลำน้ำลำดับที่ 1 และ 2 และพบได้น้อยลงในลำน้ำลำดับต่อๆมา โดยไม่พบการเปลี่ยนแปลงการกระจายตัวของข้อมูลลำดับขั้นน้ำตามจำนวนคูน้ำที่แตกต่างกัน (รูปที่ 3.15) โดยในทุกพื้นที่ศึกษาที่มีจำนวนคูน้ำแตกต่างกันนั้นมีแนวโน้มการกระจายตัวข้อมูลเช่นเดียวกับการกระจายตัวของโดยรวมพื้นที่ศึกษา (รูปที่ 3.16, รูปที่ 3.17, รูปที่ 3.18, รูปที่ 3.19, รูปที่ 3.20)



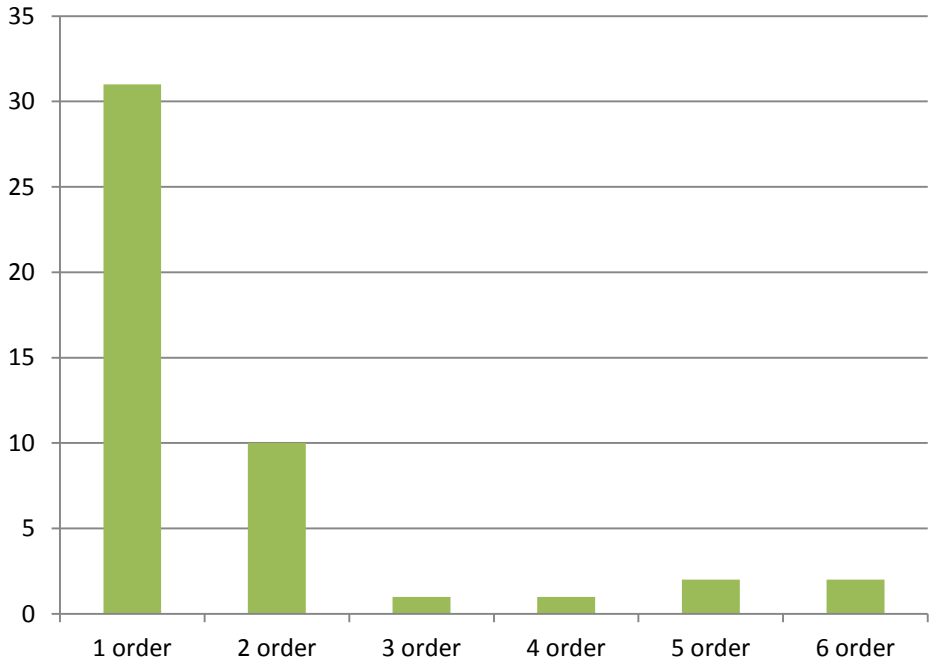
รูปที่ 3.15 แสดงการกระจายตัวของข้อมูลจำนวนคูน้ำ และลำดับขั้นน้ำ



รูปที่ 3.16 แสดงการกระจายตัวของข้อมูลลำดับขั้นน้ำของพื้นที่ศึกษาที่มีคูน้ำ 1 ชั้น

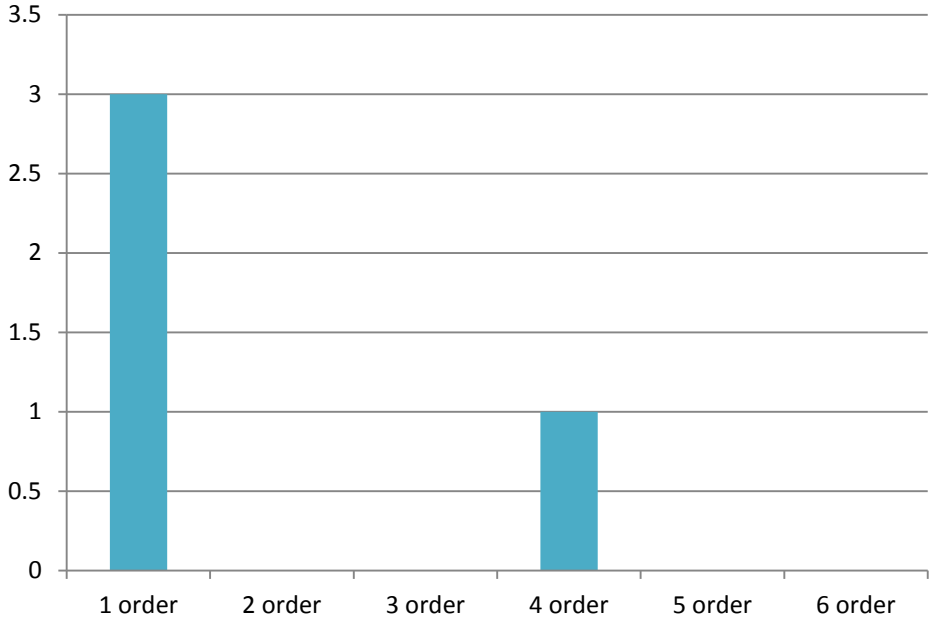


รูปที่ 3.17 แสดงการกระจายตัวของข้อมูลลำดับขั้นน้ำของพื้นที่ศึกษาที่มีคูน้ำ 2 ชั้น



รูปที่ 3.18 แสดงการกระจายตัวของข้อมูลลำดับขั้นน้ำของพื้นที่ศึกษาที่มีคูน้ำ 3 ชั้น

รูปที่ 3.19 แสดงการกระจายตัวของข้อมูลลำดับขั้นน้ำของพื้นที่ศึกษาที่มีคูน้ำ 4 ชั้น

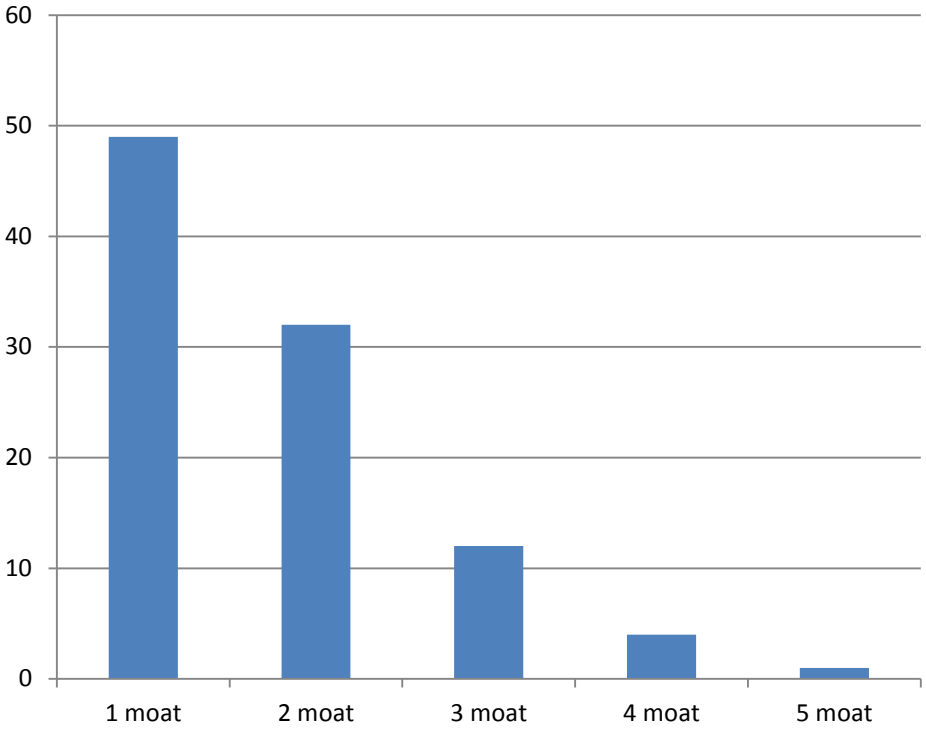


รูปที่ 3.20 แสดงการกระจายตัวของข้อมูลลำดับขั้นน้ำของพื้นที่ศึกษาที่มีคูน้ำ 5 ชั้น

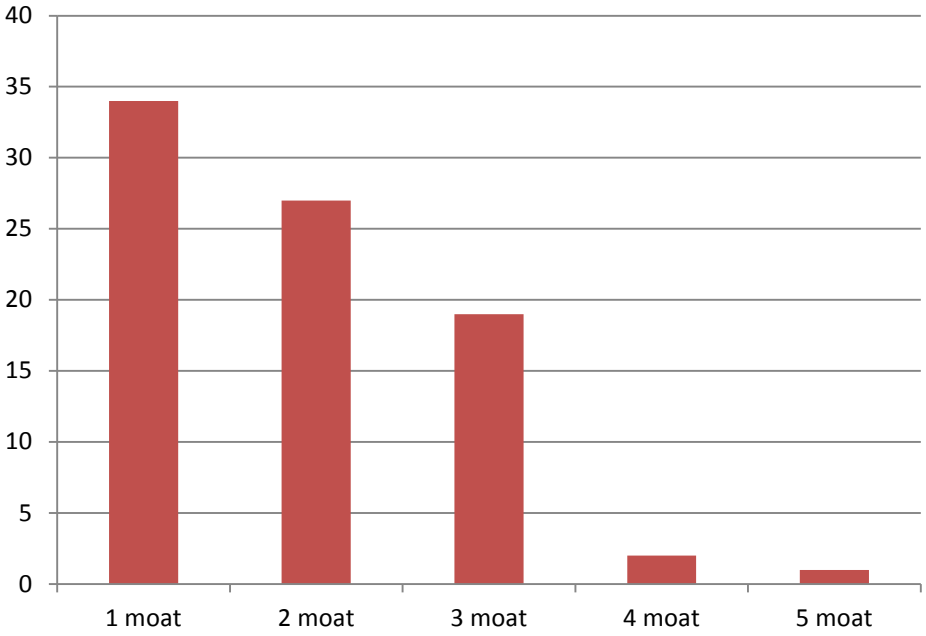
2) จำนวนคูน้ำ และระยะทางถึงแม่น้ำ

ในทุก ๆ ระยะ 0.5 กิโลเมตรมีการกระจายตัวของข้อมูลจำนวนคูน้ำใกล้เคียงกัน โดยจำนวนข้อมูลเรียงจากมากไปน้อย คือพื้นที่ศึกษาซึ่งมีคูน้ำ 1 ชั้นมีจำนวนมากที่สุดและ 2 ชั้น 3 ชั้น 4 ชั้น และ 5 ชั้นมีจำนวนลดลงตามลำดับ (รูปที่ 3.21, รูปที่ 3.22, รูปที่ 3.23, รูปที่ 3.24)

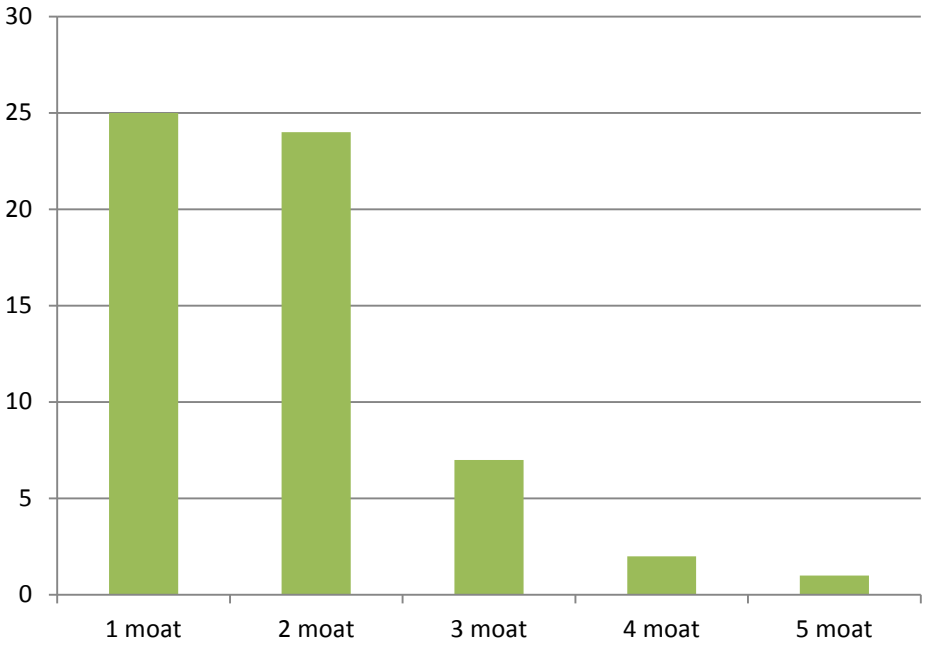
พื้นที่ศึกษาซึ่งมีคูน้ำ 1 ชั้น 2 ชั้น และ 4 ชั้น (รูปที่ 3.25,รูปที่ 3.26 และรูปที่ 3.28) มีการกระจายตัวข้อมูลใกล้เคียงกัน กล่าวคือประกอบด้วยข้อมูลซึ่งวางตัวอยู่ห่างจากแม่น้ำไม่เกิน 0.5 กิโลเมตรเป็นส่วนใหญ่ และลดลงตามระยะทางที่เพิ่มมากขึ้น ในขณะที่พื้นที่ศึกษาซึ่งมีคูน้ำ 3 ชั้นพบข้อมูลซึ่งมีระยะระหว่าง 5 เมตร และ 1 กิโลเมตรเป็นจำนวนมาก (รูปที่ 3.27) และพบการกระจายข้อมูลเท่ากันทุกระยะในพื้นที่ศึกษาซึ่งมีคูน้ำ 5 ชั้น (รูปที่ 3.29)



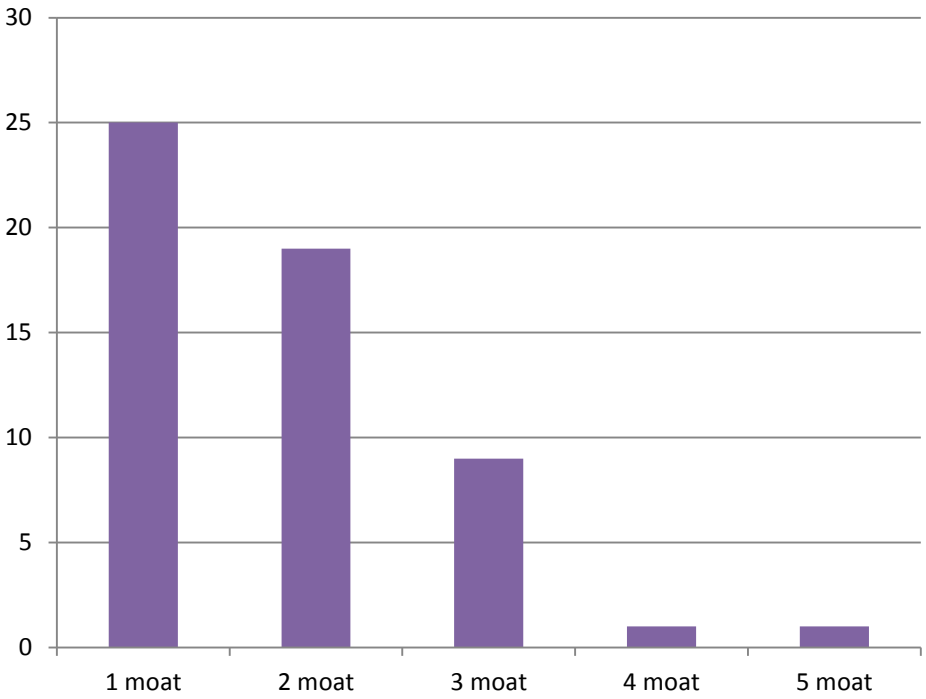
รูปที่ 3.21 แสดงการกระจายตัวของข้อมูลจำนวนชั้นคูน้ำซึ่งมีระยะห่างจากแม่น้ำไม่เกิน 0.5 กิโลเมตร



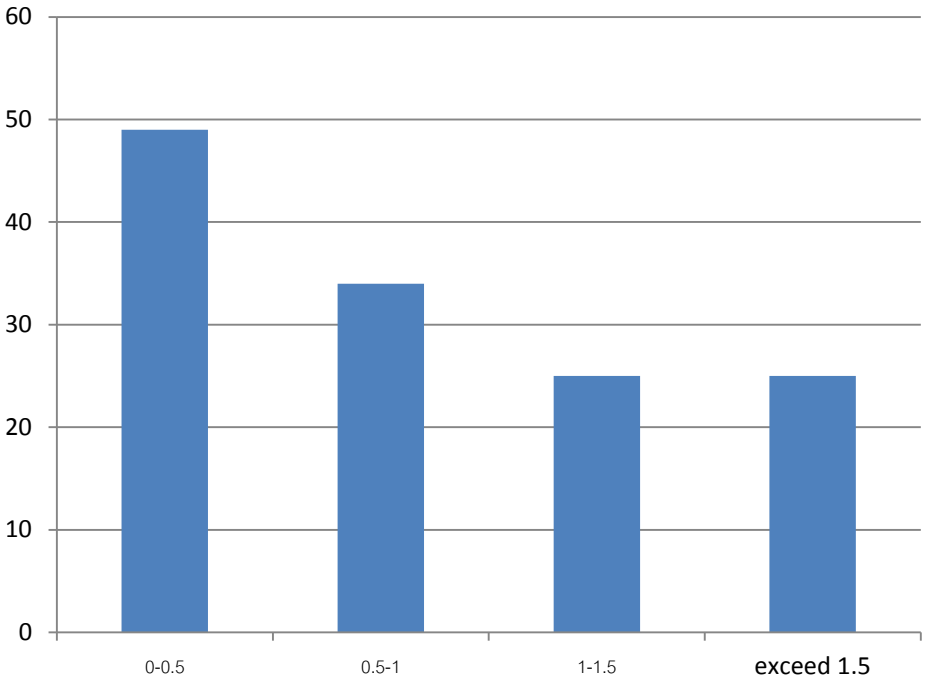
รูปที่ 3.22 แสดงการกระจายตัวของข้อมูลจำนวนชั้นคูน้ำซึ่งมีระยะห่างจากแม่น้ำระหว่าง 0.5 ถึง 1 กิโลเมตร



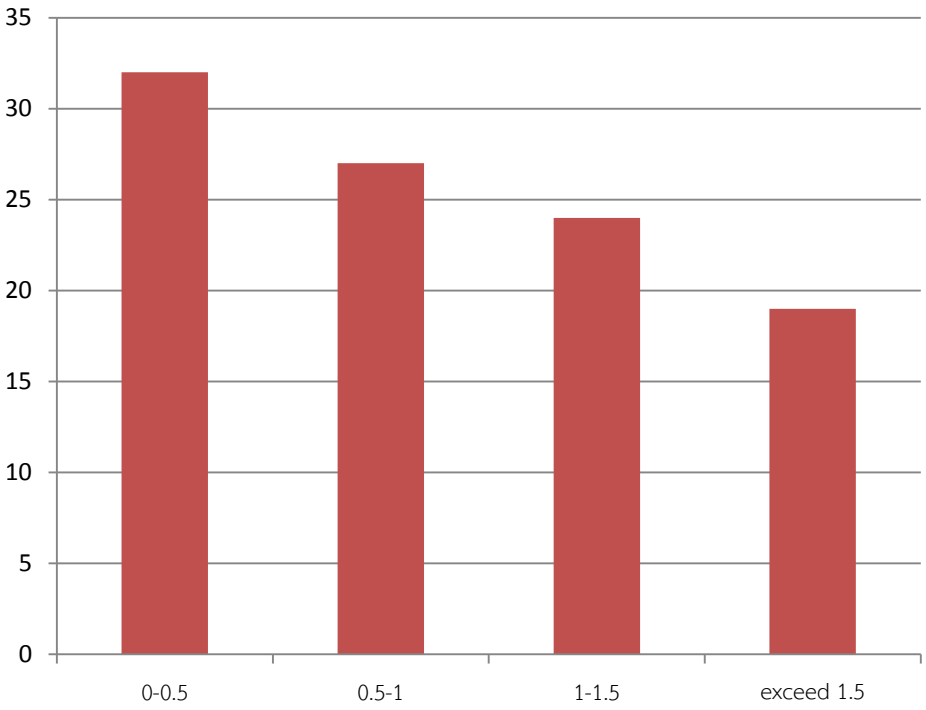
รูปที่ 3.23 แสดงการกระจายตัวของข้อมูลจำนวนชั้นคูน้ำซึ่งมีระยะห่างจากแม่น้ำระหว่าง 1 ถึง 1.5 กิโลเมตร



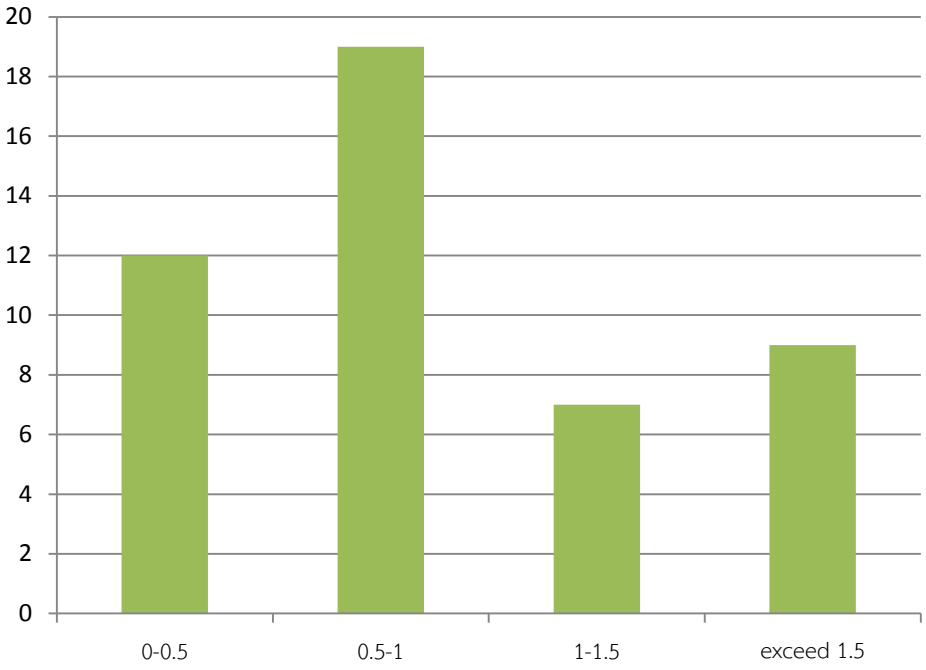
รูปที่ 3.24 แสดงการกระจายตัวของข้อมูลจำนวนชั้นคูน้ำซึ่งมีระยะห่างจากแม่น้ำมากกว่า 1.5 กิโลเมตร



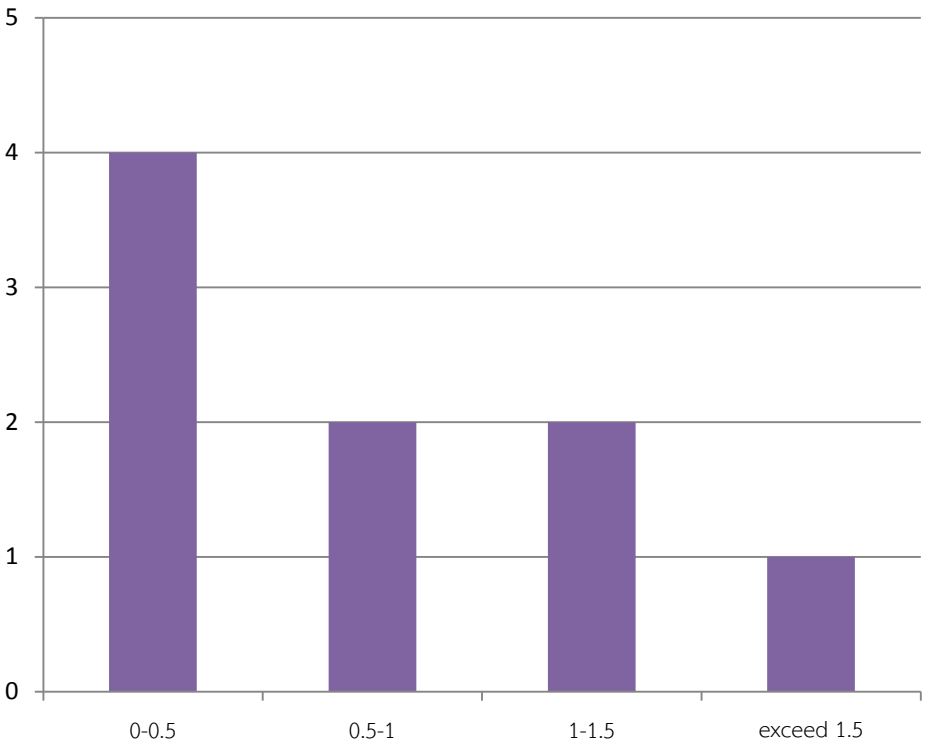
รูปที่ 3.25 แสดงการกระจายตัวของข้อมูลระยะห่างจากแม่น้ำซึ่งมีคูน้ำ 1 ชั้น



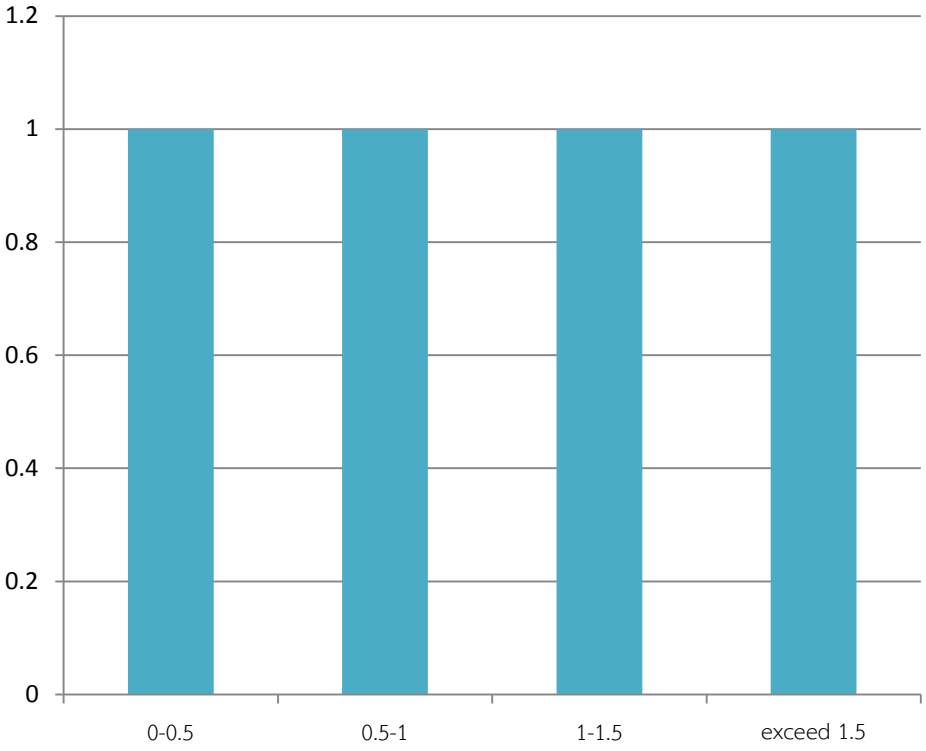
รูปที่ 3.26 แสดงการกระจายตัวของข้อมูลระยะห่างจากแม่น้ำซึ่งมีคูน้ำ 2 ชั้น



รูปที่ 3.27 แสดงการกระจายตัวของข้อมูลระยะห่างจากแม่น้ำซึ่งมีคูน้ำ 3 ชั้น



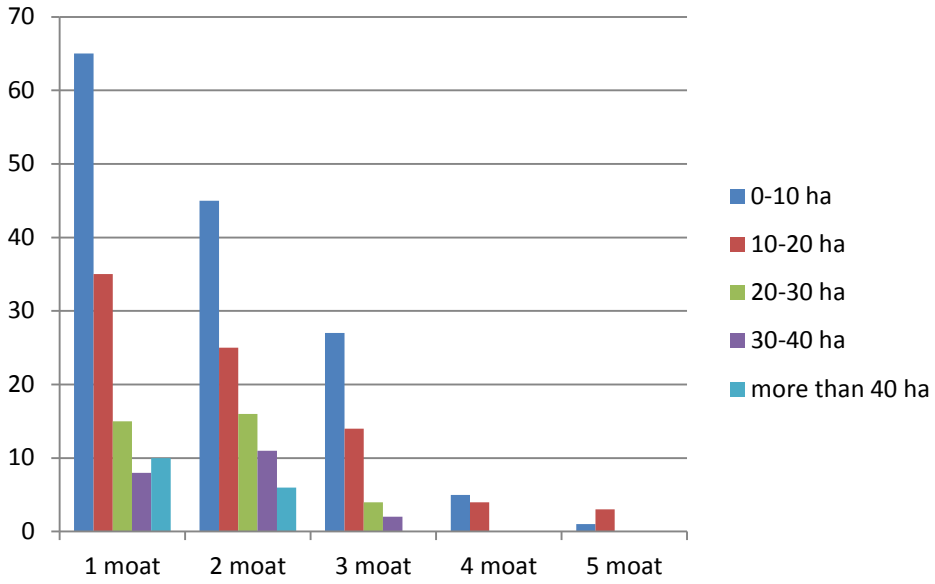
รูปที่ 3.28 แสดงการกระจายตัวของข้อมูลระยะห่างจากแม่น้ำซึ่งมีคูน้ำ 4 ชั้น



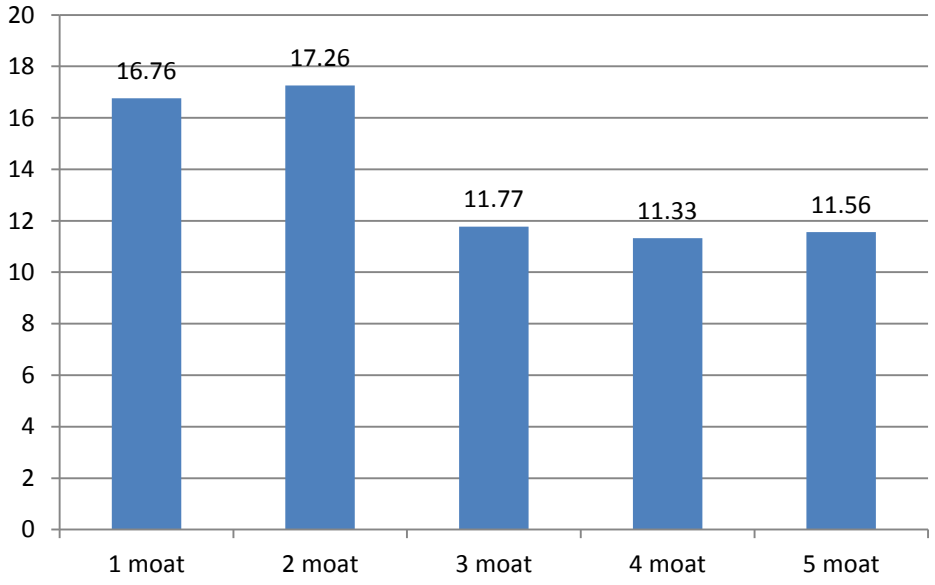
รูปที่ 3.29 แสดงการกระจายตัวของข้อมูลระยะห่างจากแม่น้ำซึ่งมีคูน้ำ 5 ชั้น

3) จำนวนคูน้ำ และขนาดพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่มีพื้นที่อยู่ไม่เกิน 20 เฮกเตอร์หรือ 0.2 ตารางกิโลเมตร (รูปที่ 3.30) โดยพื้นที่ที่มีคูน้ำ 1 ชั้นมีพื้นที่เฉลี่ยเท่ากับ 16.76 เฮกเตอร์ พื้นที่ที่มีคูน้ำ 2 ชั้นมีพื้นที่เฉลี่ยเท่ากับ 17.26 เฮกเตอร์ พื้นที่ที่มีคูน้ำ 3 ชั้นมีพื้นที่เฉลี่ยเท่ากับ 11.77 เฮกเตอร์ พื้นที่ที่มีคูน้ำ 4 ชั้นมีพื้นที่เฉลี่ยเท่ากับ 11.33 เฮกเตอร์ และพื้นที่ที่มีคูน้ำ 5 ชั้นมีพื้นที่เฉลี่ยเท่ากับ 11.56 เฮกเตอร์ (รูปที่ 3.31)

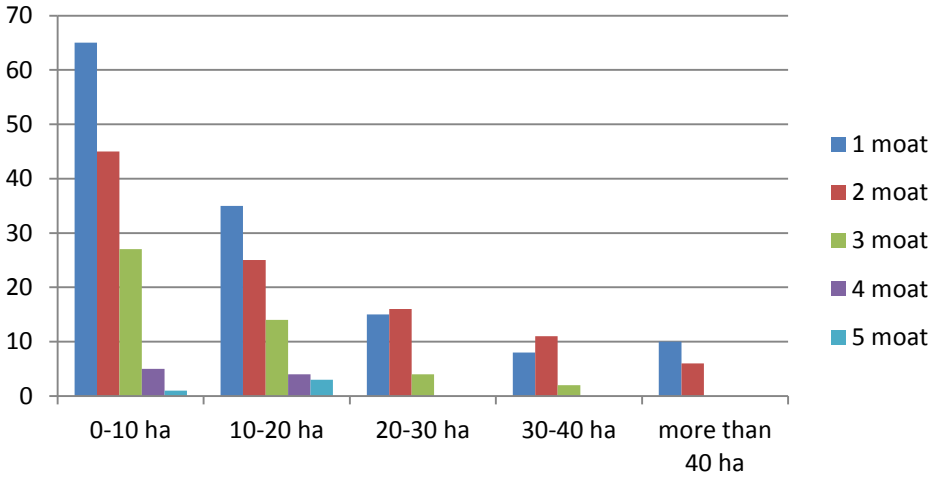


รูปที่ 3.30 แสดงการกระจายตัวของข้อมูลจำนวนคูน้ำ และขนาดพื้นที่ศึกษา



รูปที่ 3.31 แสดงขนาดพื้นที่เฉลี่ยของพื้นที่ศึกษาซึ่งมีจำนวนคูน้ำต่าง ๆ กัน

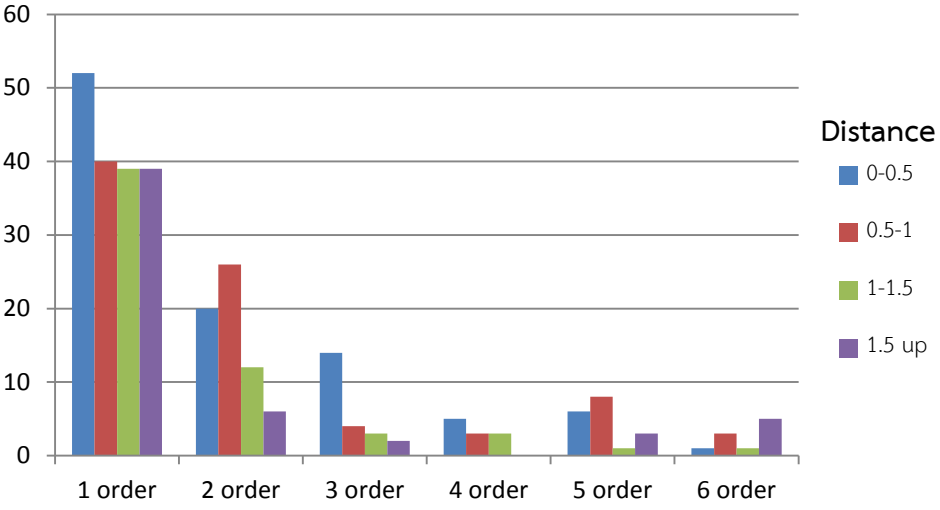
นอกจากนั้นพื้นที่ศึกษาทุกขนาดมีลักษณะร่วมกัน กล่าวคือประกอบด้วยจำนวนคูน้ำ 1 ชั้น และ 2 ชั้นเป็นส่วนใหญ่และมีเพียงพื้นที่ขนาดไม่เกิน 20 เฮกเตอร์ ที่สามารถพบพื้นที่ศึกษาประเภทคูน้ำ 4 ชั้นและ 5 ชั้น (รูปที่ 3.32)



รูปที่ 3.32 แสดงการกระจายตัวของข้อมูลจำนวนคูน้ำ และขนาดพื้นที่ศึกษา

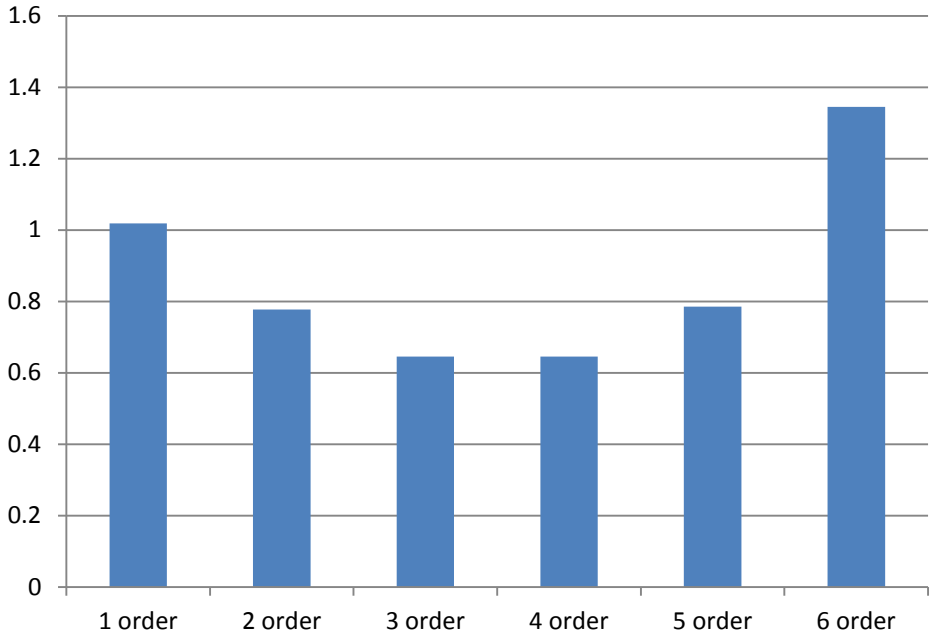
4) ลำดับขั้นน้ำ และระยะทางถึงแม่น้ำ

แต่ละลำดับขั้นน้ำมีลักษณะระยะทางถึงแม่น้ำต่างกัน โดยในแม่น้ำลำดับที่ 1 พบจำนวนข้อมูลระยะทางถึงแม่น้ำใกล้เคียงกันในทุกระยะ ในแม่น้ำลำดับที่ 2 3 4 และ 5 พบข้อมูลจำนวนมากมีระยะทางถึงแม่น้ำไม่เกิน 1 กิโลเมตร ในขณะที่แม่น้ำลำดับที่ 6 มีระยะทางถึงแม่น้ำมากกว่า 1.5 กิโลเมตรถึง 5 ข้อมูลจากข้อมูลแม่น้ำลำดับที่ 6 ทั้งหมด 10 ข้อมูล (รูปที่ 3.33)



รูปที่ 3.33 แสดงการกระจายตัวของข้อมูลลำดับขั้นน้ำ และระยะทางถึงแม่น้ำ

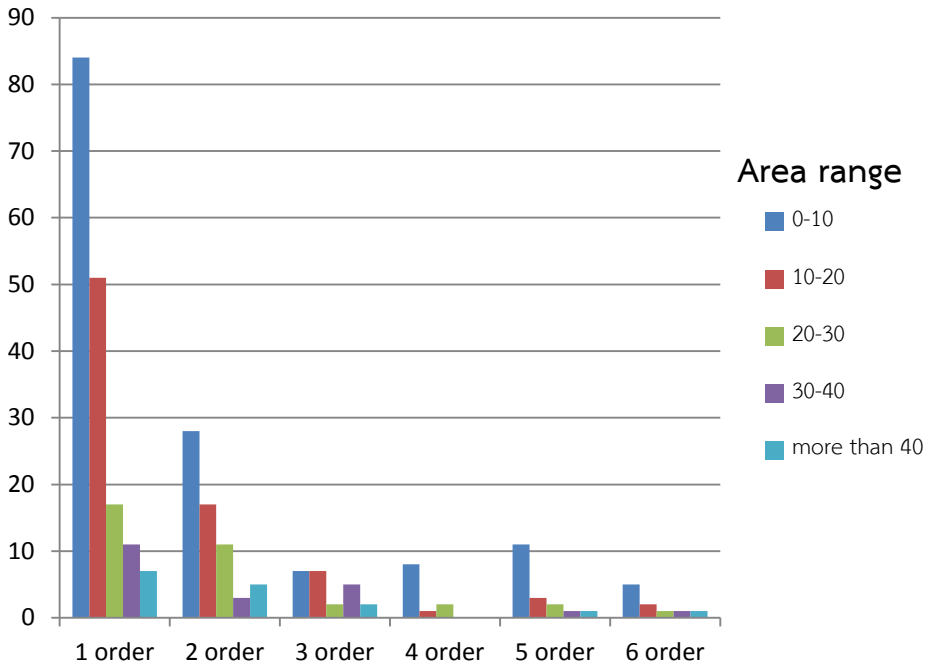
พื้นที่ศึกษามีระยะทางถึงแม่น้ำโดยเฉลี่ย 0.92 กิโลเมตร โดยที่แม่น้ำลำดับที่ 1 มีระยะทางเฉลี่ย 1.02 กิโลเมตร แม่น้ำลำดับที่ 2 มีระยะทางเฉลี่ย 0.78 กิโลเมตร แม่น้ำลำดับที่ 3 มีระยะทางเฉลี่ย 0.65 กิโลเมตร แม่น้ำลำดับที่ 4 มีระยะทางเฉลี่ย 0.65 กิโลเมตร แม่น้ำลำดับที่ 5 มีระยะทางเฉลี่ย 0.79 กิโลเมตร และแม่น้ำลำดับที่ 6 มีระยะทางเฉลี่ยมากที่สุด 1.35 กิโลเมตร (รูปที่ 3.34)



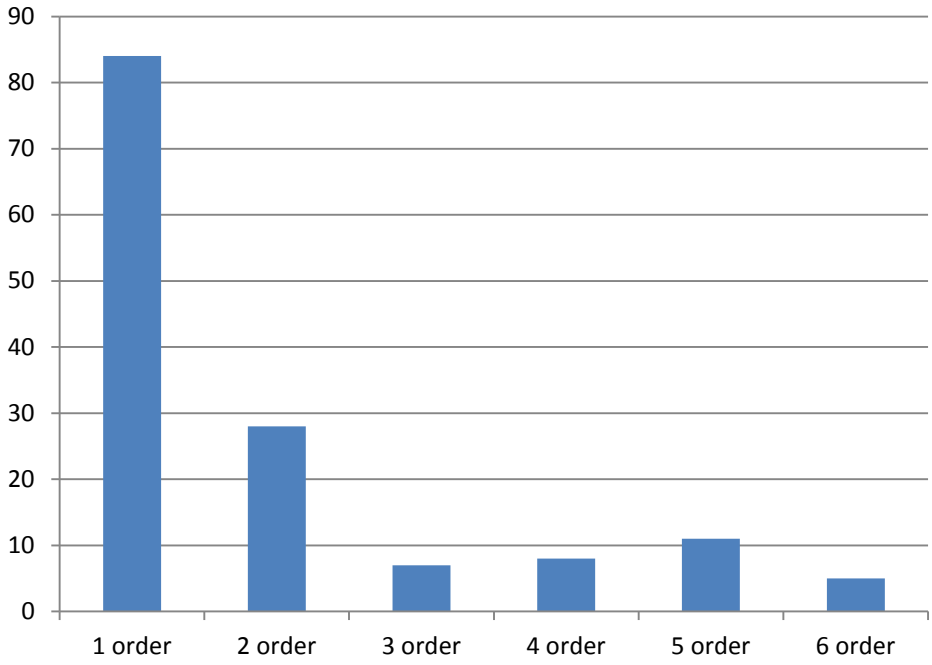
รูปที่ 3.34 แสดงระยะทางเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละลำดับขั้นน้ำถึงแม่น้ำ

5) ลำดับขั้นน้ำ และขนาดพื้นที่ศึกษา

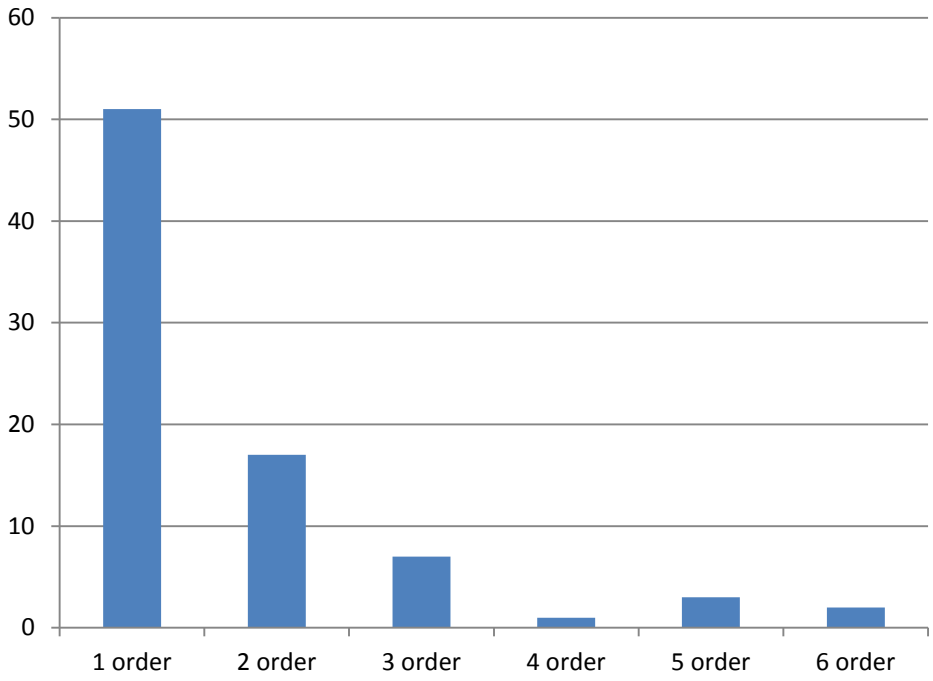
ทุกลำดับชั้นน้ำมีการกระจายตัวข้อมูลในลักษณะใกล้เคียงกัน โดยร้อยละ 70 ของข้อมูลของทุก ๆ ลำดับชั้นน้ำมีขนาดไม่เกิน 20 เฮกเตอร์(รูปที่ 3.35) และพบข้อมูลน้อยลงตามขนาดที่เพิ่มมากขึ้น โดยข้อมูลร้อยละ 70 ในทุกช่วงขนาดพื้นที่มีลำดับชั้นน้ำในลำดับที่ 1 และลำดับที่ 2 (รูปที่ 3.36,รูปที่ 3.37,รูปที่ 3.38,รูปที่ 3.39 และรูปที่ 3.40)



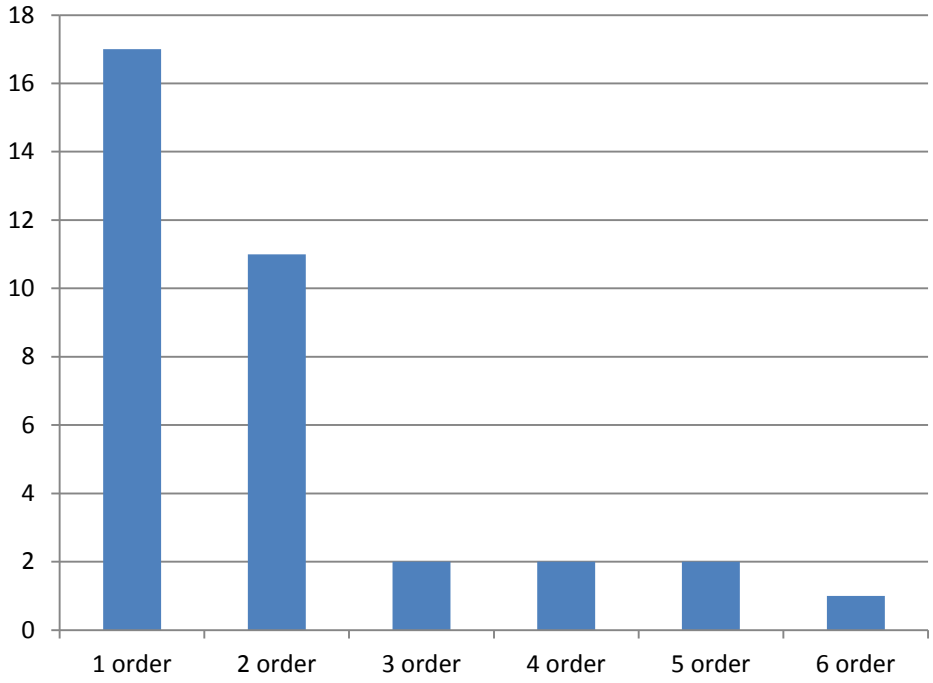
รูปที่ 3.35 แสดงการกระจายตัวของข้อมูลลำดับขั้นน้ำ และขนาดพื้นที่ศึกษา



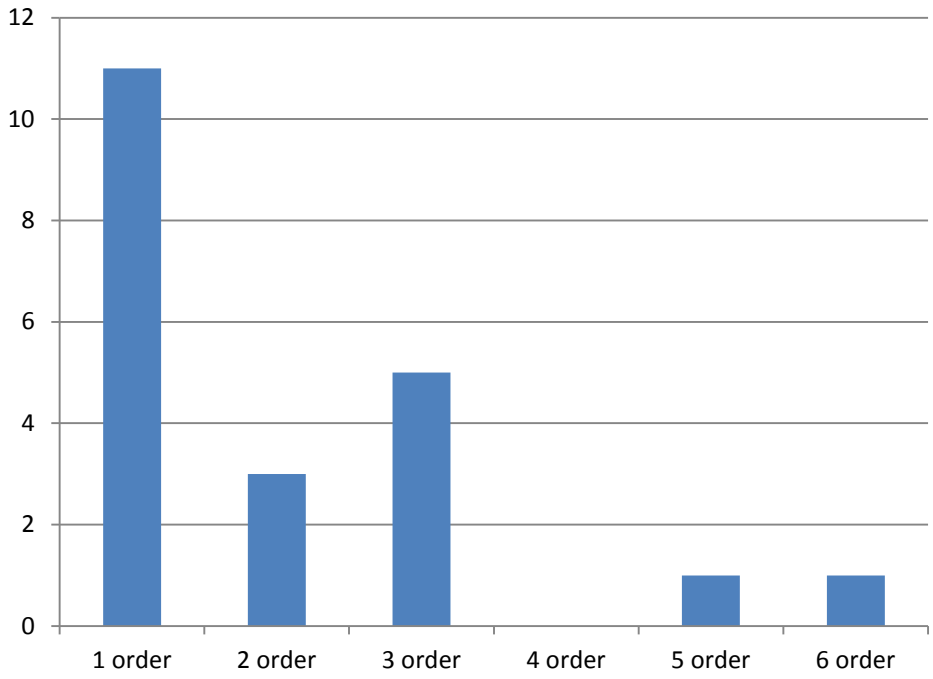
รูปที่ 3.36 แสดงการกระจายตัวของข้อมูลลำดับขั้นน้ำซึ่งมีขนาดพื้นที่ศึกษาไม่เกิน 10 เฮกเตอร์



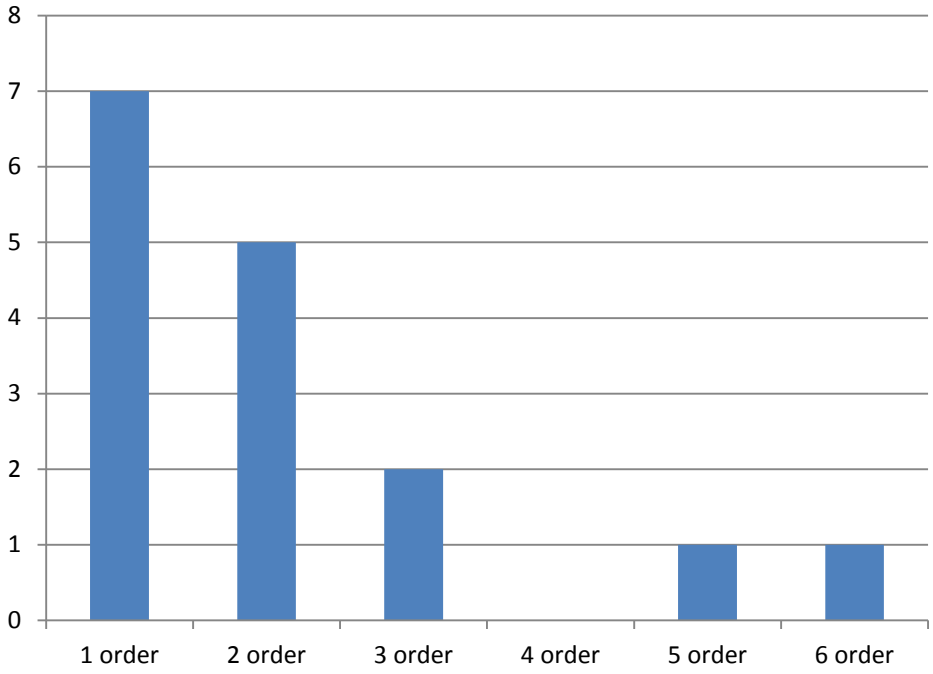
รูปที่ 3.37 แสดงการกระจายตัวของข้อมูลลำดับขั้นน้ำซึ่งมีขนาดพื้นที่ศึกษาระหว่าง 10 ถึง 20 เฮกเตอร์



รูปที่ 3.38 แสดงการกระจายตัวของข้อมูลลำดับขั้นน้ำซึ่งมีขนาดพื้นที่ศึกษาระหว่าง 20 ถึง 30 เฮกเตอร์



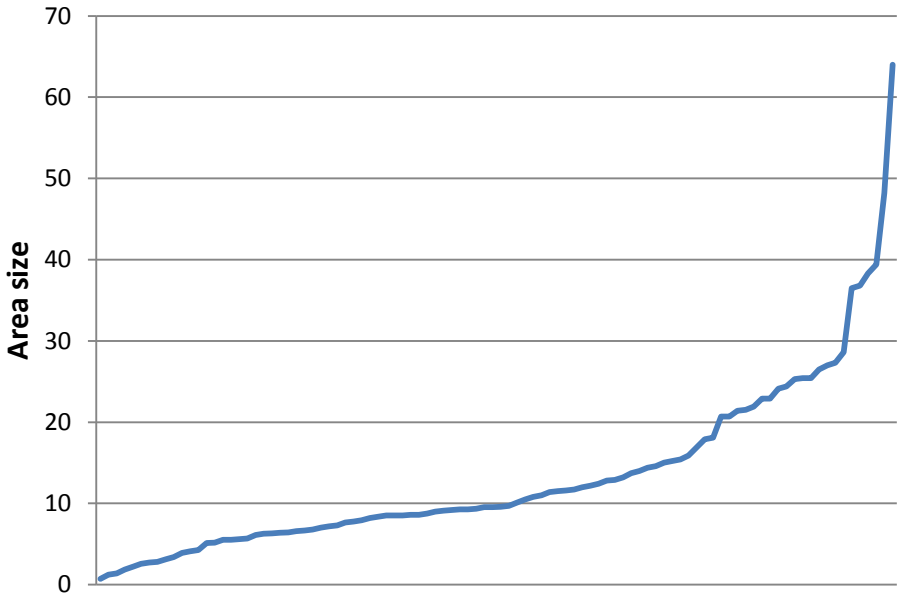
รูปที่ 3.39 แสดงการกระจายตัวของข้อมูลลำดับขั้นน้ำซึ่งมีขนาดพื้นที่ศึกษาระหว่าง 30 ถึง 40 เฮกเตอร์



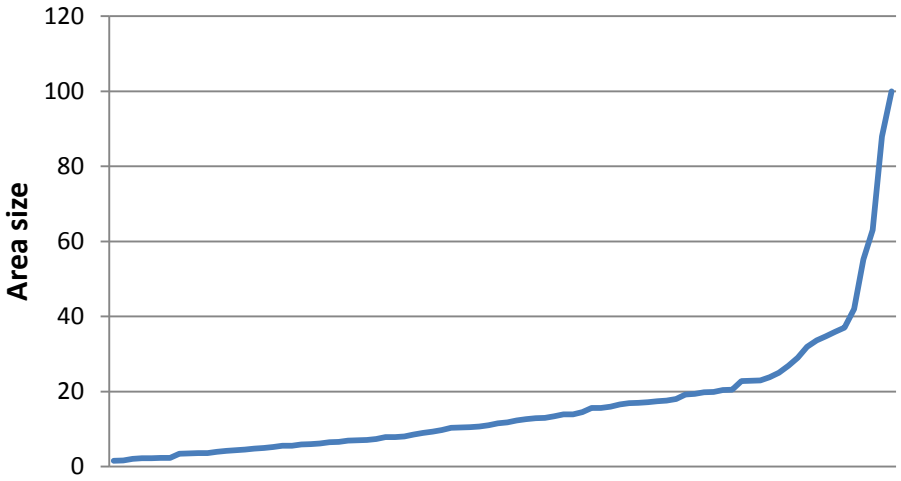
รูปที่ 3.40 แสดงการกระจายตัวของข้อมูลลำดับขั้นน้ำซึ่งมีขนาดพื้นที่ศึกษามากกว่า 40 เฮกเตอร์

6) ระยะทางถึงแม่น้ำ และขนาดพื้นที่ศึกษา

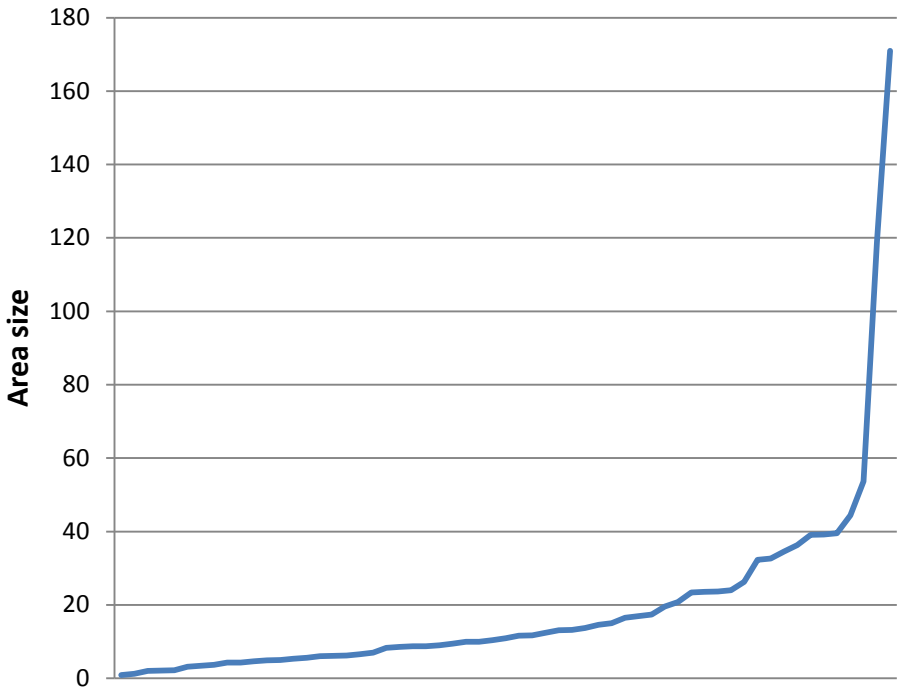
ทุกช่วงระยะทางพบพื้นที่ส่วนใหญ่ถึงร้อยละ 70 มีขนาดเล็กกว่า 20 เฮกเตอร์ โดยพบข้อมูลน้อยลงเมื่อขนาดเพิ่มขึ้น (รูปที่ 3.41,รูปที่ 3.42,รูปที่ 3.43 และรูปที่ 3.44)



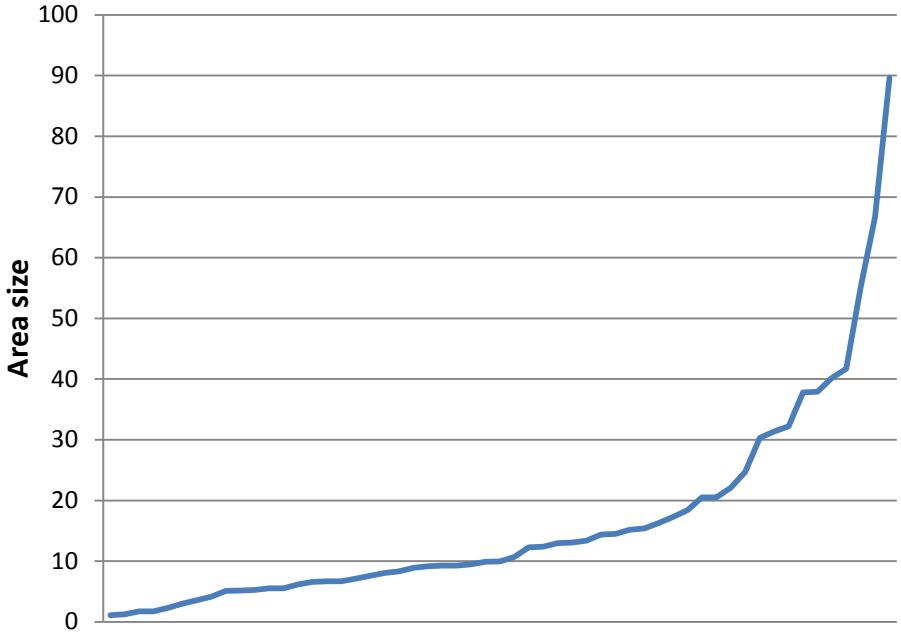
รูปที่ 3.41 แสดงการกระจายตัวของข้อมูลขนาดพื้นที่ศึกษาซึ่งมีระยะห่างจากแม่น้ำน้อยกว่า 0.5 กิโลเมตร



รูปที่ 3.42 แสดงการกระจายตัวของข้อมูลขนาดพื้นที่ศึกษาซึ่งมีระยะห่างจากแม่น้ำระหว่าง 0.5 ถึง 1 กิโลเมตร



รูปที่ 3.43 แสดงการกระจายตัวของข้อมูลขนาดพื้นที่ศึกษาซึ่งมีระยะห่างจากแม่น้ำระหว่าง 1 ถึง 1.5 กิโลเมตร



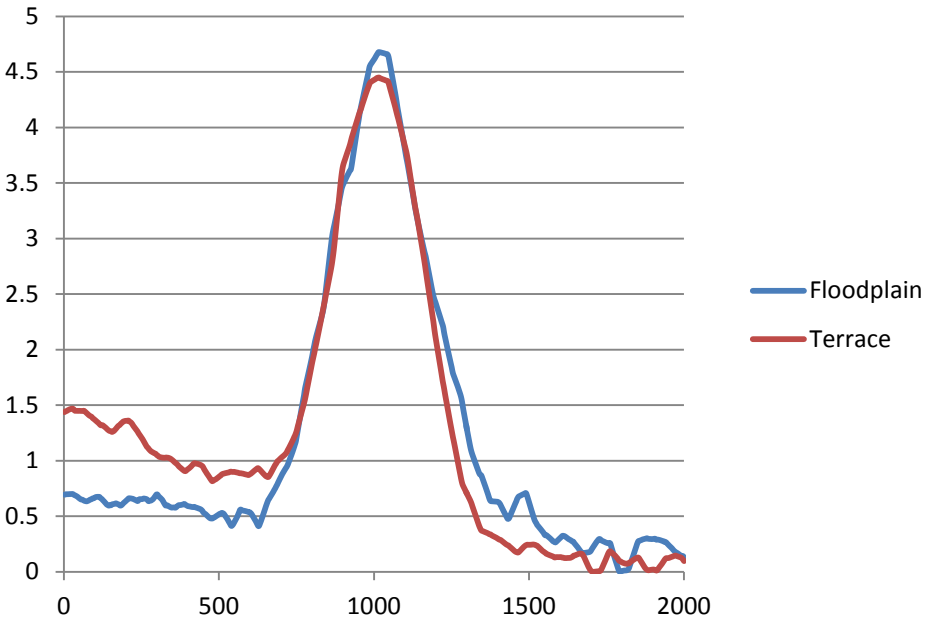
รูปที่ 3.44 แสดงการกระจายตัวของข้อมูลขนาดพื้นที่ศึกษาซึ่งมีระยะห่างจากแม่น้ำมากกว่า 1.5 กิโลเมตร

บทที่ 4 การอภิปรายผล

4.1 ภาพตัดขวาง

1) เปรียบเทียบภาพตัดขวางระหว่างบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึงและบริเวณตะพัก

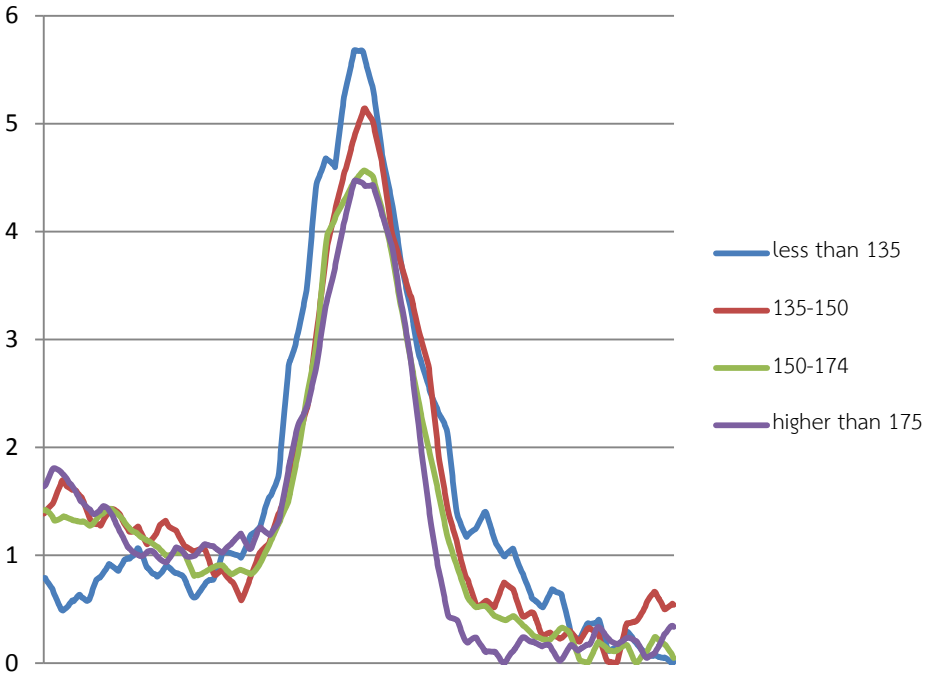
ภาพตัดขวางของสองบริเวณมีลักษณะใกล้เคียงกัน กล่าวคือมีเนินดินอยู่กลางพื้นที่โดยเนินดินในบริเวณตะพักมีความสูงเฉลี่ยสูงสุด 4.67 เมตร และมีความสูงเฉลี่ยสูงสุด 4.45 เมตรในบริเวณที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึง (รูปที่ 4.1)



รูปที่ 4.1 แสดงภาพตัดขวางระหว่างบริเวณตะพัก(สีแดง)และบริเวณที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึง(สีน้ำเงิน)

2) เปรียบเทียบภาพตัดขวางระหว่างความสูงต่าง ๆ

ภาพตัดขวางใน 4 ช่วงความสูงมีลักษณะแตกต่างกันเด่นชัดมากขึ้น โดยมีความสูงเฉลี่ยสูงสุด 4.43 ในบริเวณที่มีความสูงมากกว่า 175 เมตร เฉลี่ยสูงสุด 4.57 เมตรในบริเวณที่มีความสูงระหว่าง 150 ถึง 175 เมตร เฉลี่ยสูงสุด 5.14 ในบริเวณที่มีความสูงระหว่าง 135 ถึง 150 เมตร และเฉลี่ยสูงสุด 5.68 ในบริเวณที่มีความสูงไม่เกิน 135 เมตร จากลักษณะดังกล่าวพบว่าข้อมูลมีแนวโน้มพบเนินดินสูงมากขึ้นในบริเวณที่มีความสูงต่ำลงและพบเนินดินต่ำลงในบริเวณตะพัก

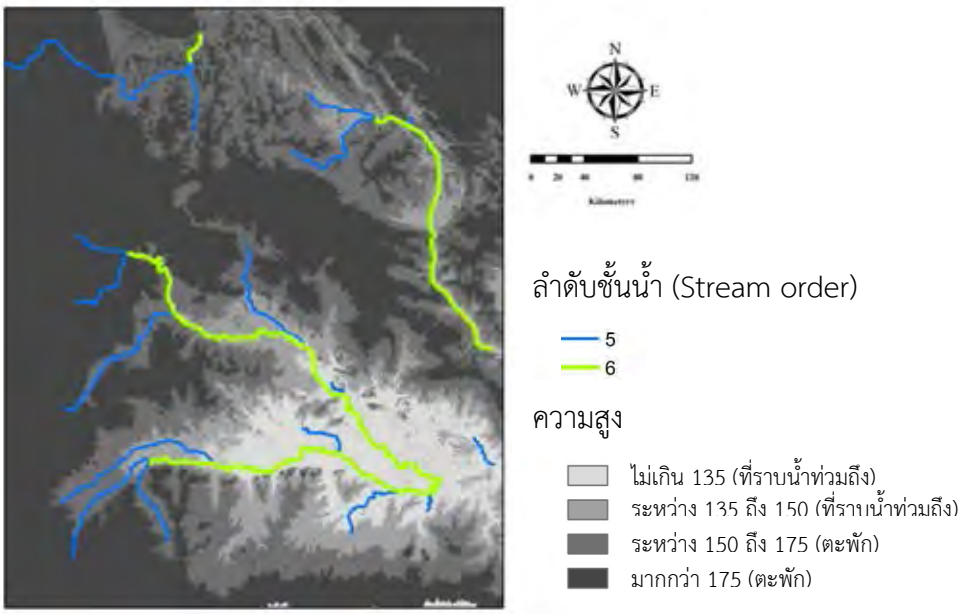


รูปที่ 4.2 แสดงภาพตัดขวางระหว่างข้อมูลในชุดความสูงต่าง ๆ

4.2 ข้อมูลของตัวแปรชนิดต่าง ๆ

1) ลำดับขั้นน้ำ (Stream order)

ร้อยละ 70 ของพื้นที่ศึกษาทั้งหมดวางตัวอยู่ใกล้ลำน้ำลำดับที่ 1 หรือลำน้ำลำดับที่ 2 โดยพื้นที่ศึกษาอยู่ใกล้ลำน้ำลำดับที่ 5 ส่วนมากจะอยู่ในบริเวณตะพัก นอกจากนี้พบลำน้ำลำดับที่ 6 ส่วนมากในบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึง เนื่องจากตำแหน่งข้อมูลซึ่งมีความแตกต่างกัน โดยลำน้ำลำดับที่ 5 พบได้มากบริเวณตะพักและลำน้ำลำดับที่ 6 ส่วนใหญ่อยู่ในบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึงทำให้ทั้งสองบริเวณมีจำนวนข้อมูลแตกต่างกัน (รูปที่ 3.47)



รูปที่ 4.3 แสดงภาพการกระจายตัวแม่น้ำลำดับที่ 5 และ 6 ในชุดข้อมูลความสูงต่าง ๆ

1) ระยะทางถึงแม่น้ำ (Distance)

การเปรียบเทียบข้อมูลระยะทางระหว่างบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึง และบริเวณตะพัก (รูปที่ 3.10) แสดงการกระจายตัวของพื้นที่ศึกษาอย่างทั่วถึงในบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึง ในขณะที่ข้อมูลพื้นที่ศึกษาในบริเวณตะพักกว่าร้อยละ 70 มีระยะห่างจากแม่น้ำไม่เกิน 1 กิโลเมตร แสดงถึงพฤติกรรมการตั้งถิ่นฐานใกล้เคียงแม่น้ำมากขึ้นในบริเวณตะพักเนื่องจากความต้องการใช้น้ำเพิ่มขึ้นในบริเวณดังกล่าว

2) จำนวนชั้นคูน้ำ (Number of Moats)

นอกจากเหตุผลในการป้องกันตัว การแสดงอำนาจและเหตุผลทางความเชื่อ การขุดคูน้ำล้อมรอบคูน้ำคันดินเพื่อประโยชน์ในการกักเก็บน้ำเพื่อใช้ในการอุปโภคบริโภคในช่วงที่มีปริมาณน้ำฝนลดลง จำนวนคูน้ำล้อมรอบตั้งแต่ 3 ถึง 5 ชั้นพบในสัดส่วนที่มากกว่าอย่างมากในบริเวณตะพัก โดยนับเป็นร้อยละ 25 และร้อยละ 15 ในบริเวณตะพักและที่ราบน้ำท่วมถึงตามลำดับ แสดงถึงการปรับตัวเพื่อเพิ่มปริมาณน้ำกักเก็บเพื่อการป้องกันภัยแล้งซึ่งมีความรุนแรงมากกว่าในบริเวณตะพัก

3) ขนาดพื้นที่ศึกษา (Moat’s Area)

ไม่พบความสัมพันธ์ของพื้นที่ศึกษาในบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึงและบริเวณตะพัก ซึ่งทั้งสองบริเวณมีการกระจายตัวของข้อมูลขนาดพื้นที่ศึกษาที่ไม่ต่างกันมากนัก โดยประกอบด้วยข้อมูลขนาดพื้นที่ไม่เกิน 20 เฮกเตอร์ ถึงร้อยละ 70

4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างชุดข้อมูล

1) จำนวนคูน้ำ และลำดับขั้นน้ำ

ไม่พบความสัมพันธ์ของจำนวนคูน้ำ และลำดับขั้นน้ำ โดยในทุกพื้นที่ศึกษาที่มีจำนวนคูน้ำแตกต่างกันมีแนวโน้มการกระจายตัวข้อมูลลำดับชั้นน้ำเช่นเดียวกับการกระจายตัวของลำดับชั้นน้ำโดยรวมพื้นที่ศึกษา

2) จำนวนคูน้ำ และระยะทางถึงแม่น้ำ

ไม่พบความสัมพันธ์ของจำนวนคูน้ำ และระยะทางถึงแม่น้ำ เนื่องจากในช่วงระยะต่าง ๆ จากแม่น้ำไม่พบการเปลี่ยนแปลงของการกระจายตัวของข้อมูลจำนวนคูน้ำ โดยทุกช่วงระยะที่เปลี่ยนไปยังคงพบพื้นที่ศึกษาซึ่งมีคูน้ำ 1 ชั้นมีจำนวนมากที่สุดและ 2 ชั้น 3 ชั้น 4 ชั้น และ 5 ชั้นมีจำนวนลดลงตามลำดับ ทั้งนี้ลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลจำนวนคูน้ำทุกช่วงระยะมีลักษณะเช่นเดียวกับการกระจายตัวของข้อมูลจำนวนคูน้ำโดยรวม

3) จำนวนคูน้ำ และขนาดพื้นที่ศึกษา

ไม่พบความเกี่ยวข้องระหว่างจำนวนชั้นคูน้ำของพื้นที่ศึกษา และขนาดพื้นที่ศึกษา เนื่องจากพื้นที่ศึกษาทุกขนาดมีลักษณะร่วมกัน คือประกอบด้วยจำนวนคูน้ำ 1 ชั้น และ 2 ชั้น เป็นส่วนใหญ่และพบพื้นที่ซึ่งมีคูน้ำ 3 ถึง 5 ชั้นในปริมาณน้อยมาก นอกจากนั้นทุกพื้นที่ศึกษาทั้งที่มีคูน้ำ 1 ชั้น จนถึง 6 ชั้นต่างประกอบด้วยข้อมูลซึ่งมีพื้นที่ไม่เกิน 20 เฮกเตอร์เป็นส่วนมาก

4) ลำดับชั้นน้ำ และระยะทางถึงแม่น้ำ

พื้นที่ศึกษามีแนวโน้มที่จะเปลี่ยนแปลงตามลำดับชั้นน้ำ เนื่องจากแต่ละลำดับชั้นน้ำมีระยะทางถึงแม่น้ำแตกต่างกัน โดยพื้นที่ซึ่งอยู่ใกล้แม่น้ำขนาดใหญ่คือแม่น้ำลำดับที่ 5 และลำดับที่ 6 มีระยะห่างจากแม่น้ำมากกว่าพื้นที่ซึ่งมีลำดับชั้นน้ำลำดับที่ 1 2 3 และ 4

ผู้วิจัยตั้งสมมติฐานว่า แม้ชุมชนในบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะมีแนวโน้มในการตั้งถิ่นฐานรอบข้างแม่น้ำสายสำคัญอย่างแม่น้ำมูลและแม่น้ำชีเพื่อการใช้ทรัพยากรน้ำในวัตถุประสงค์ต่างๆ แต่เลือกจะอยู่ใกล้กับแม่น้ำสาขาซึ่งมีขนาดเล็กมากกว่าเนื่องจากมีน้ำเพียงพอต่อความต้องการและลดความเสี่ยงจากน้ำท่วมโดยการหลีกเลี่ยงการตั้งถิ่นฐานริมแม่น้ำขนาดใหญ่

5) ลำดับขั้นน้ำ และขนาดพื้นที่ศึกษา

ไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างลำดับขั้นน้ำ และขนาดพื้นที่ศึกษา เนื่องจากทุกลำดับชั้นน้ำมีการกระจายตัวข้อมูลในลักษณะใกล้เคียงกัน โดยร้อยละ 70 ของข้อมูลของทุก ๆ ลำดับชั้นน้ำมีขนาดไม่เกิน 20 เฮกเตอร์และพบข้อมูลน้อยลงตามขนาดที่เพิ่มมากขึ้น

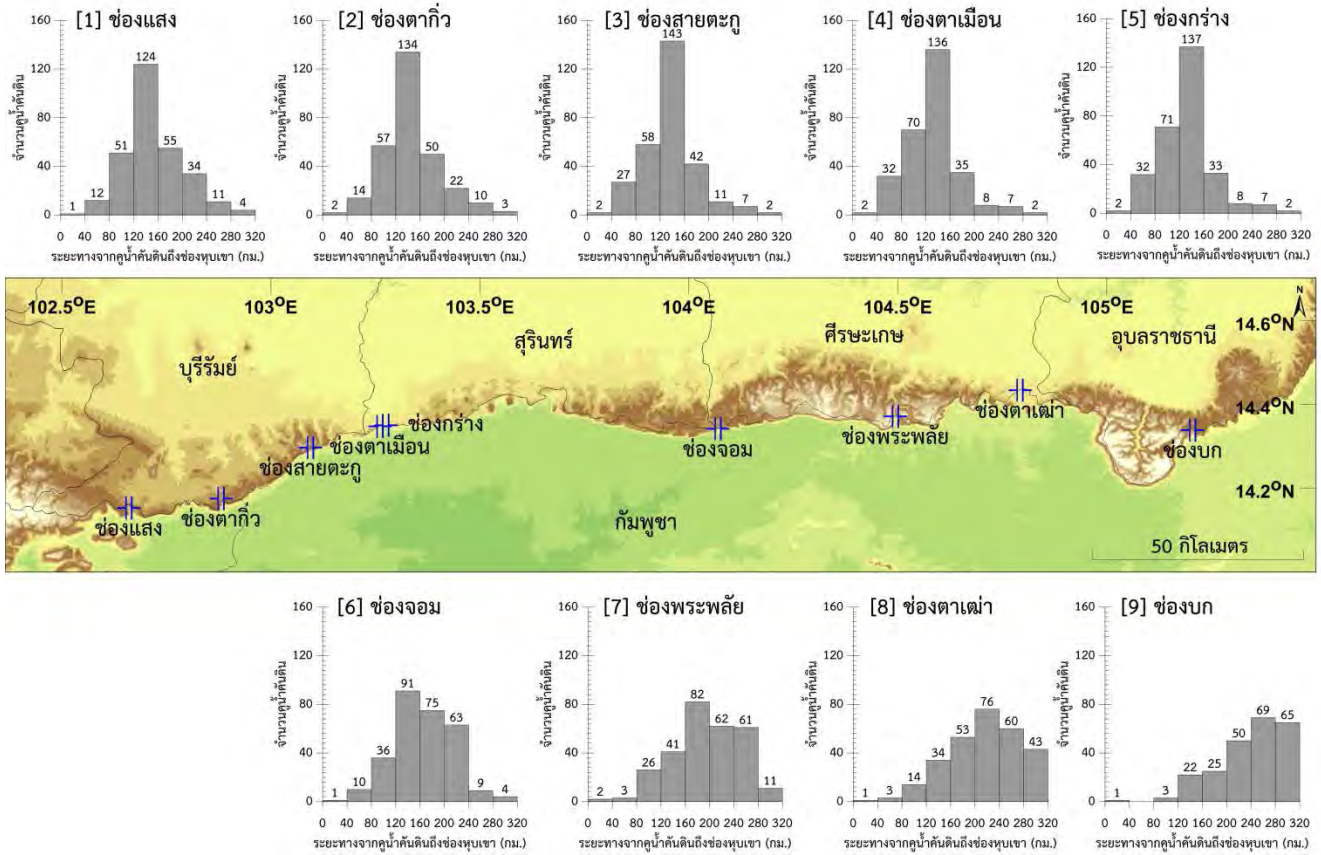
นอกจากนั้นในทุกช่วงขนาดพื้นที่ร้อยละ 70 ของข้อมูลทั้งหมดมีลำดับชั้นน้ำในลำดับที่ 1 และลำดับที่ 2 ซึ่งตรงกับลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลลำดับชั้นน้ำโดยรวมของพื้นที่ทั้งหมด

6) ระยะทางถึงแม่น้ำ และขนาดพื้นที่ศึกษา

ไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางถึงแม่น้ำ และขนาดพื้นที่ศึกษา เนื่องจากทุกช่วงระยะทางพบพื้นที่ร้อยละ 70 มีขนาดเล็กกว่า 20 เฮกเตอร์และพบข้อมูลน้อยลงเมื่อขนาดเพิ่มขึ้น ซึ่งตรงกับลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลขนาดพื้นที่ศึกษาจึงสรุปว่าขนาดพื้นที่ศึกษาที่เพิ่มขึ้นไม่มีความสัมพันธ์กับข้อมูลระยะทาง

4.4 ข้อมูลระยะทางถึงช่องเขา

ช่องเขาแสง ช่องเขาตากิ่ว ช่องเขาสายตะกู ช่องเขาตาเมือนช่องเขากร่าง และช่องเขาจอมมีระยะทางจากพื้นที่ศึกษาในช่วง 120 ถึง 160 กิโลเมตรมากที่สุดโดยมีจำนวน 124 134 143 136 137 และ 91 ข้อมูลตามลำดับ โดยในจำนวนนี้ 3 ช่องเขามีความเหมาะสมมากที่สุด ได้แก่ ช่องเขาสายตะกู ช่องเขาตาเมือนและช่องเขากร่าง และจากข้อมูลในช่วงระยะทาง 80-120 กิโลเมตรจึงสรุปว่าช่องเขาตาเมือนและช่องเขากร่าง มีความเหมาะสมสูงสุด (รูปที่ 3.48)



รูปที่ 4.4 แสดงระยะทางจากพื้นที่ศึกษาทั้งหมดถึงช่องเขาต่าง ๆ ทั้ง 9 ช่อง

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

1) ความสัมพันธ์ระหว่างเมืองที่มีคูน้ำโบราณกับแหล่งน้ำใกล้เคียง

เมืองที่มีคูน้ำโบราณมีการปรับตัวเข้ากับพิบัติภัย โดยเมืองต่างๆความสูงของเนินดินมีการแปรผันไปตามความเสี่ยงที่จะได้รับผลกระทบจากน้ำท่วม กล่าวคือเมืองที่มีความเสี่ยงมากจะมีเนินสูงและเมืองที่มีความเสี่ยงน้อยจะมีเนินต่ำกว่า นอกจากนั้นยังมีการขุดคูน้ำมากขึ้นในบริเวณลานตะพักลำน้ำชั้นบนเพื่อป้องกันภัยแล้งและอยู่ห่างจากแม่น้ำขนาดใหญ่เพื่อป้องกันภัยจากน้ำท่วม

2) ความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายตัวของเมืองที่มีคูน้ำโบราณกับเส้นทางคมนาคมในอดีต

เส้นทางที่มีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นเส้นทางหลักในการคมนาคมระหว่างชุมชนโบราณในบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือและอาณาจักรขอม คือ ช่องเขาตาเมือนและช่องเขากร่าง ซึ่งทั้งสองช่องเขานั้นตั้งอยู่บนบริเวณเดียวกันกับที่เส้นทางราชมรรคาที่เคยใช้ในการติดต่อเดินทางระหว่างพิมายและนครวัดพาดผ่าน

5.2 ข้อเสนอแนะ

การศึกษาข้อมูลจากภาคสนามเพิ่มเติมจะช่วยยืนยันสมมติฐานต่าง ๆ ในงานวิจัยนี้ได้โดยการใช้ GPR ในการศึกษาภาคสนามเพื่อศึกษาถึงขนาดคูน้ำ ขนาดและระยะทางถึงแม่น้ำเพิ่มเติมจากการศึกษาโทรสัมผัส

ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางถึงช่องเขาและจำนวนชั้นคูน้ำ ขนาดพื้นที่ เพื่อศึกษาอิทธิพลของอาณาจักรเขมรต่อการพัฒนาการในบริเวณ

บรรณานุกรม

Damrong Rajanubhap, HRH Prince 1995. Visitations in Monthon Nakhon Rajasima and MonthonUdon Isarn in Rattanakosin 125 and B.E. 2449 (in Thai). Diskul Foundation, Bangkok.

David j. Welch, 1989. Late Prehistoric and Early Historic Exchange Patterns in the Phimai Region, Thailand. Journal of Southeast Asian Studies (1989) 11-26

Duke, B. J. , Chang, N. J., Moffat, I. &Wayne Morris, 2016. The invisible moats of the mun river valley, NE Thailand: the Examination of water management devices at mounded sites through ground-penetrating radar (gpr). Journal of indo-pacific archaeology 40 (2016) 1–11

O'Reilly, D. and Scott, G. 2015. Moated sites of the Iron Age in the Mun River Valley, Thailand: New discoveries using Google Earth. Archaeological Research in Asia 3 (2015) 9–18

Yamoah et al., 2017. Societal response to monsoonal fluctuations in NE Thailand during the demise of Angkor Civilisation. The Holocene (2017) 1-10

Lustig, E. and Hendrickson, M., 2012. Angkor's Roads: An Archaeo–Lexical Approach. Connecting Empires: Selected Papers from the 13th International Conference of the European Association of Southeast Asian Archaeologists. Volume 2,. NUS Press, Singapore, pp.191-208.