การประยุกต์ภูมิสารสนเทศศาสตร์เพื่อวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยลุ่มแม่น้ำปราจีนบุรีตอนล่าง

Application of Geoinformatics for Analysis of Flood Risk Areas in Lower Part of Prachinburi River Subbasin

ณัฐกิตติ์ เสงี่ยม[1] ณรงค์ พลีรักษ์[2] สุพรรณ กาญจนสุธรรม[3] และแก้ว นวลฉวี[4]

Nattakit Sa-ngiam, Narong Pleerux, Supan Karnchanasutham and Kaew Nualchawee

บทคัดย่อ

การศึกษานี้นำเสนอการพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยบริเวณพื้นที่ลุ่มแม่น้ำปราจีนบุรีตอนล่าง มีพื้นที่ 1,361,630.90 ไร่ โดยกำหนดตัวแปรและใช้ระบบภูมิสารสนเทศในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงอุทกภัย โดยวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ด้วยการซ้อนทับข้อมูล โดยแบ่งพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยเป็น 3 ระดับคือ สูง ปานกลาง และต่ำ รวมทั้งสร้างภาพฉายอนาคตสถานการณ์อุทุกภัยที่เกิดขึ้น โดยกำหนดสถานการณ์การเพิ่มของน้ำท่าออกเป็น 5 ช่วง ช่วงละ 2 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรม Arcgis 10.0 และ แบบจำลอง MIKE FLOOD ซึ่งข้อมูลในการวิเคราะห์ประกอบด้วย การใช้ประโยชน์ที่ดิน เส้นทางคมนาคม แบบจำลองภูมิประเทศ ชุดดิน แหล่งน้ำ พื้นที่น้ำท่วมพ.ศ. 2548 – 2556 และปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายวัน

ผลการวิเคราะห์พบว่าพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยสูงมีพื้นที่ 357,207.54 ไร่ ครอบคลุมพื้นที่มากที่สุดในเขตอำเภอบ้านสร้าง จังหวัดปราจีนบุรี มีพื้นที่ 127,559.06 ไร่ พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยปานกลางมีพื้นที่ 853,309.35 ไร่ ครอบคลุมพื้นที่มากที่สุดในเขตอำเภอศรีมหาโพธิ จังหวัดปราจีนบุรี พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยต่ำมีพื้นที่ 151,114.01 ไร่ ครอบคลุมพื้นที่มากที่สุดในเขตอำเภอประจันตคาม จังหวัดปราจีนบุรี และสร้างภาพฉายอนาคตโดยใช้แบบจำลอง Mike Flood เพื่อวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยและระดับน้ำท่วมที่เกิดขึ้นในของลุ่มแม่น้ำปราจีนบุรีตอนล่าง โดยเมื่อปริมาณน้ำท่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 2, 4, 6, 8 และ 10 พบพื้นที่น้ำท่วมเท่ากับ 469,723.8, 471,456.2, 473,070.5, 475,155.8 และ 476,594.9 ตามลำดับ โดยพื้นที่พบอุทกภัยสูงที่สุดและมีระดับน้ำท่วมสูงที่สุดครอบคลุมพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดปราจีนบุรี

คำสำคัญ: *ภูมิสารสนเทศ แบบจำลอง Mike Flood*

---

[1]นักศึกษาปริญญาโท คณะภูมิสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี
Master's degree student, Faculty of Geoinformatics, Burapha University, Chonburi.
[2]ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. คณะภูมิสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี
Assistant Professor, Faculty of Geoinformatics, Burapha University, Chonburi.
[3]อาจารย์ ดร. คณะภูมิสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี
Lecturer, Faculty of Geoinformatics, Burapha University, Chonburi.
[4]รองศาสตราจารย์ ดร. ประจำภาควิชาภูมิสารสนเทศศาสตร์ คณะภูมิสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี
Associate Professor, Department of Geoinfprmatics, Faculty of Geoinformatics, Burapha University, Chonburi.
Corresponding e-mail: nattakitsangiam@gmail.com

Abstract

This paper presents an assessment of flood risk areas in the Lower Prachinburi River Basin, covering an area of 1,361,630.90 rai. The definition of variables that are processed together with the geo-informatics to Analysis Flooding areas. The method of spatial data analysis by Layers Overlay method and create flooding scenarios. By increasing the run-off into 5 ranges, 2 percent each. The application using Arcgis 10.0 and Mike Flood model. The information are including, Land use, Transportation, Digital Elavation Model (DEM), soil group, hydrology, flood areas from 2005 - 2013 and maximum daily rainfall.

The results of the analysis showed that the risk of flooding area is 357,207.54 rai in Prachinburi provice. the most found in Bansrang district, has an area of 127,559.06 rai. The risk of flooding is moderate. The area is 853,309.35 rai, the most in Si Maha Pho district and The low risk area is 151,114.01 rai, the most common in Prachantakham district. Scenarios using the Mike Flood model to assess flood risk and intensity in the Lower Prachin Buri River Basin. The number of streams increased by 2, 4, 6, 8 and 10 percent. The areas with highest flood size and the highest amount of flood were located in Muang district, Prachinburi.

Keywords: *Geoinformatics, MIKE FLOOD Model*

บทนำ

พื้นที่ลุ่มแม่น้ำปราจีนบุรีตอนล่างเป็นพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากอุทกภัยซ้ำซาก พื้นที่ลุ่มแม่น้ำปราจีนบุรีตอนล่างครอบคลุมพื้นที่อำเภอกบินทร์บุรี อำเภอนาดี อำเภอบ้านสร้าง อำเภอประจันตคาม อำเภอเมือง อำเภอศรีมหาโพธิ และอำเภอศรีมโหสภ จังหวัดปราจีนบุรี อำเภอเมือง และอำเภอปากพลี จังหวัดนครนายก อำเภอพนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทรา ในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำปราจีนบุรีตอนล่างมีโรงงานอุตสาหกรรมทั้งสิ้น 493 โรงงาน อยู่ในสองอำเภอหลัก ได้แก่ อำเภอเมืองปราจีนบุรี และอำเภอศรีมหาโพธิ พ.ศ. 2555 และ 2556 อำเภอศรีมหาโพธิเกิดอุทกภัยครั้งใหญ่ เส้นทางการขนส่งผลผลิตอุตสาหกรรมเสียหาย ปัญหาอุทกภัยที่เกิดในพื้นที่ลุ่มน้ำตอนบนและลำน้ำสาขาต่างๆ เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศซึ่งส่งผลให้เกิดมรสุมที่คาดการณ์ได้อยาก และไม่สามารถประเมินความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นได้อย่างชัดเจน ทั้งนี้มรสุมส่งผลให้เกิดฝนตกหนักและน้ำป่าไหลบ่าจากต้นน้ำ ทำให้ลำน้ำสายหลักไม่สามารถระบายน้ำได้ทัน (Yuen, B. and King, L., 2009) ประกอบกับมีสิ่งกีดขวางจากเส้นทางคมนาคมขวางทางน้ำ และมีอาคารระบายน้ำไม่เพียงพอ พื้นที่ที่เกิดอทกภัยซ้ำซาก ได้แก่ อำเภอเขาฉกรรจ์ และอำเภอเมือง จังหวัดสระแก้ว และอำเภอประจันตคาม จังหวัดปราจีนบุรี ในขณะที่อุทกภัยที่เกิดในบริเวณแม่น้ำปราจีนบุรีสายหลัก ตั้งแต่จุดบรรจบแม่น้ำพระปรงและแม่น้ำหนุมานลงไปถึงจุดบรรจบแม่น้ำนครนายก เกิดบริเวณพื้นที่ราบลุ่ม และแม่น้ำสายหลักตื้นเขิน ความสามารถระบายน้ำไม่เพียงพอ และเกิดน้ำหนุนจากแม่น้ำบางปะกง ทำให้ไม่สามารถระบายน้ำลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ พื้นที่ที่เกิดน้ำท่วมเป็นประจำได้แก่ อำเภอกบินทร์บุรี อำเภอบ้านสร้าง อำเภอศรีมโหสถ อำเภอศรีมหาโพธิ์ และอำเภอเมืองปราจีนบุรี (กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย, 2555)

งานวิจัยนี้หาพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำปราจีนบุรีตอนล่างโดยใช้ข้อมูล 7 ชนิด ประกอบด้วย การใช้ประโยชน์ที่ดิน เส้นทางคมนาคม แบบจำลองภูมิประเทศ ชุดดิน แหล่งน้ำ พื้นที่น้ำท่วม พ.ศ. 2548 - 2556 และปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายวัน โดยให้คะแนนค่าถ่วงน้ำหนักตัวแปร แบ่งออกเป็น 4 ช่วงคูรกับคะแนนความเหมาะสมของตัวแปรจากผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้เทคนิค Layer Overlay เพื่อรวมคะแนนตัวแปรและแบ่งความเสี่ยงการเกิดอุทกภัย 3 ระดับ ได้แก่ เสี่ยงอุทกภัยสูง เสี่ยงอุทกภัยปานกลาง และเสี่ยงอุทกภัยต่ำ อีกทั้งยังสร้างภาพฉายอนาคตเพื่อวิเคราะห์พื้นที่และระดับน้ำท่วมเมื่อปริมาณน้ำท่าเพิ่มขึ้น ตามช่วงที่กำหนดเพื่อทำแผนที่พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยและสามารถนำไปใช้ในการวางแผนบริหารจัดการอุทกภัยในพื้นที่ได้อย่างเหมาะสม

การสร้างแบบจำลองพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยด้วย MIKE FLOOD โดยสามารถวิเคราะห์การไหลภายใต้ความดันหรือการไหลแบบทางน้ำเปิดในระบบโครงข่ายท่อและคลองโดยการแบ่งท่อหรือคลองระบายน้ำออกเป็นช่วง ๆ ที่มีจุดเชื่อมที่เรียกว่า Node ทำหน้าที่เป็นจุดทางเข้า-ออกของน้ำและท่อหรือคลองระหว่างจุดเชื่อมเรียกว่า Branch มีหน้าที่ส่งน้ำไปยังจุดเชื่อมต่าง ๆ (Kundzewicz, Z. and K. Takeuchi, 1999). แบบจำลองสามารถวิเคราะห์ระบบการไหลเวียนของน้ำเมื่อโครงสร้างทางชลศาสตร์ต่าง ๆได้ เช่น บ่อน้ำ อ่างเก็บน้ำ เป็นต้น และถ้าหากเกิดน้ำล้นจากระบบระบายน้ำซึ่งเป็นการไหลแผ่บนผิวดินจะวิเคราะห์การไหลเป็น 2 มิติ และสร้างชั้นความลึกของการไหลด้วยแหนที่ความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model, DEM) (DHI Group, 2011) ข้อมูลที่สำคัญในการจำลองการไหลแผ่บนผิวดินใน 2 มิติ คือ แบบจำลองความสูงเชิงเลข (DEM) ซึ่งมีลักษณะเป็นกริดสี่เหลี่ยม ในแต่ละกริดจะมี Digital Number (DN) เป็นตัวแทนความสูงของกริดนั้นๆ โดยแบบจำลองการไหลแผ่บนผิวดินแบบ 2 มิติปริมาณน้ำล้นที่คำนวนได้จากแบบจำลองจะเป็นปริมาณน้ำที่ล้นออกจากกริดที่ทำการเชื่อมต่อกับการไหลของระบบน้ำในโครงข่าย ซึ่งจากแบบจำลองจะจำลองการแผ่ของน้ำที่ล้นบนแบบจำลองความสูงเชิงเลขของพื้นที่ศึกษา ในช่วงเวลาต่าง ๆ และทราบถึงระดับความสูงของน้ำเหนือแบบจำลองความสูง นั่นคือระดับความรุนแรงของน้ำท่วมในพื้นที่ดังกล่าว ว่ามีระดับน้ำท่วมสูงเพียงใด และมีระยะเวลาในการท่วมขังนานเท่าใด

วัตถุประสงค์

1. เพื่อวิเคราะห์และสร้างภาพฉายอนาคตพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยในพื้นที่ลุ่มน้ำปราจีนบุรีตอนล่าง
2. สร้างแบบจำลองพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยและระดับน้ำท่วมด้วยแบบจำลอง MIKE FLOOD
3. เปรียบเทียบแบบจำลองกับพื้นที่น้ำท่วม พ.ศ. 2556

ขอบเขตการวิจัย

1. ขอบเขตด้านเนื้อหา

1.1 วิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยด้วยวิธีการซ้อนทับชั้นข้อมูลโดยใช้ตัวแปรในการศึกษาวิจัยด้วยโปรแกรม ArcGIS Desktop 10.0

1.2 สร้างภาพฉายอนาคตพื้นที่เกิดอุทกภัยเมื่อปริมาณน้ำท่าเพิ่มขึ้นจากปริมาณน้ำท่าสูงสุดในรอบ 40 ปี สูงสุด 10 เปอร์เซ็นต์ โดยแบ่งเป็น 5 ช่วง ช่วงละ 2 เปอร์เซ็นต์

1.3 เปรียบเทียบแบบจำลองและภาพฉายอนาคต กับพื้นที่อุทกภัยปี พ.ศ. 2556

2. ขอบเขตด้านพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาบริเวณลุ่มแม่น้ำปราจีนบุรีตอนล่าง ครอบคลุมพื้นที่ 3 จังหวัด คือ จังหวัดปราจีนบุรี นครนายก และฉะเชิงเทรา มีพื้นที่ทั้งหมด 1,361,630.90 ไร่

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยมีผู้ทำการวิจัยด้วยโดยใช้การสร้างแบบจำลองจำนวนมากพอสรุปได้ดังนี้

กอบกิจ ไกรนรา (2549) ศึกษาพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยบริเวณลุ่มน้ำเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี โดยการประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และการสำรวจระยะไกล โดยการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักและความสามารถของปัจจัยแต่ละระดับจากปัจจัยต่างๆ ได้แก่ การใช้ประโยชน์ที่ดิน ชนิดพืชคลุมดิน ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีความสูงจากระดับน้ำทะเล สภาพการระบายน้ำของดิน ความลาดชัน และความหนาแน่นของทางน้ำ ผลการวิเคราะห์สามารถนำมาจัดทำแผนที่แสดงพื้นที่เสี่ยงอุทกภัย โดยแบ่งระดับความเสี่ยงออกเป็น 5 ระดับ คือ พื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่ำมาก ต่ำ ปานกลาง สูง และสูงมาก โดยมีพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยต่ำมาก เป็นพื้นที่ 386,023.75 ไร่ (10.04%) พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยต่ำ เป็นพื้นที่ 1,400,779 ไร่ (36.42%) พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยปานกลาง 415,431.50 ไร่ (10.80%) พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยสูง 416,700.50 ไร่ (10.83%) และพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยสูงมาก คิดเป็นพื้นที่ 22,303.50 ไร่ (0.58%)

สุพิชฌาย์ ธนารุณ (2553) ศึกษาสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดอุทกภัยในจังหวัดอ่างทอง โดยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่ ด้วยวิธีการให้ค่าน้ำหนักคะแนนความเหมาะสมของปัจจัย (Weighting) และค่าน้ำหนักคะแนนของปัจจัย (Rating) ซึ่งกำหนดโดยผู้เชี่ยวชาญจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน พื้นที่น้ำท่วมในอดีต (ช่วงปี พ.ศ.2545 – 2551) ความลาดชันของพื้นที่ ความสูงจากระดับทะเลปานกลาง ความหนาแน่นของทางน้ำ ขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย สิ่งกีดขวางทางน้ำ (เส้นทางคมนาคม) ความสามารถในการระบายน้ำของดิน และการใช้ประโยชน์ที่ดิน (สิ่งปกคลุมดิน) พบว่า จังหวัดอ่างทองมีพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยสูงประมาณ 952.01 ตารางกิโลเมตร หรือ 595,006 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 9.23 ของพื้นที่ทั้งหมด และพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยปานกลาง 7.37 ตารางกิโลเมตรหรือ 4,606 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.77 ของพื้นที่ทั้งหมด อภิมุข มุขตารี (2558) Mike Flood ประกอบด้วย เทคนิคทางคณิตศาสตร์ 2 แบบคือ วิธีการ finite difference ซึ่งพื้นที่ศึกษาอธิบายไว้ในโครงข่ายของรูปแบบกริดสี่เหลี่ยม และ เทคนิคกริดแบบยืดหยุ่น (flexible mesh) ซึ่งพื้นที่ทำแบบจำลองอธิบายไว้ในรูปแบบกริดสามเหลี่ยม ซึ่งแตกต่างกันในรายละเอียดขึ้นอยู่กับเงื่อนไขทางกายภาพและความสำคัญของพื้นที่ และเนื่องจากแบบ flexible mesh มีความยืดหยุ่นดีกว่า การเริ่มดำเนินการเต็มรูปแบบของแบบจำลอง Mike Flood แบบออฟไลน์ โดยการจำลองหลายเหตุการณ์ในอดีต และผลคำนวณเหล่านี้แสดงเส้นทางน้ำท่วมในพื้นที่ราบ และเพื่อช่วยในการอธิบายลักษณะการท่วมในพื้นที่น้ำท่วม ในแบบจำลอง MIKE 11 นอกจากนี้ ผลจากแบบจำลอง MIKE FLOOD จะเป็นพื้นฐานสำหรับการตัดสินใจในการบริหารจัดการน้ำท่วมโดยละเอียด โดยให้แผนที่น้ำท่วมแบบแปรผันตามเวลา และแบบคงที่ระบุพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม ตรวจสอบทางเลือกเหตุการณ์สมมติการบริหารจัดการน้ำท่วม และจัดทำแผนที่น้ำท่วมสำหรับการเตือนภัย แผนที่ควรจัดทำตามมาตรฐานทั่วไปสำหรับแผนที่น้ำท่วม

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การกำหนดปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงอุทกภัย ได้แก่

1.1 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน เนื่องจากการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละชนิดยอมให้น้ำซึมผ่านในอัตราที่แตกต่างกัน จึงต้องจัดกลุ่มเพื่อใช้วิเคราะห์การซึมผ่านของน้ำฝน

1.2 สิ่งกีดขวางทางน้ำ หมายถึง ถนน และทางรถไฟ เนื่องจากเป็นสิ่งกีดขวางทางระบายน้ำหลักในแต่ละพื้นที่

1.3 ชุดดินประเทศไทย นำมาใช้วิเคราะห์การยอมให้น้ำซึมผ่านของพื้นดินในพื้นที่ศึกษา เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงจากปริมาณน้ำฝนไปเป็นปริมาณน้ำท่า

1.4 เส้นทางน้ำและแหล่งน้ำ เป็นข้อมูลพื้นที่ที่ใช้ในการวิเคราะห์ศักยภาพในการระบายน้ำและศักยภาพในการกักเก็บน้ำของพื้นที่ศึกษา

1.5 แบบจำลองความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model : DEM) เป็นชั้นข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ความสูง-ต่ำของภูมิประเทศ และใช้วิเคราะห์ความลาดชันภูมิประเทศ อีกทั้งยังนำไปเข้าแบบจำลอง Mike Flood เพื่อวิแคราะห์พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยและแสดงภาพฉายอนาคต

1.6 พื้นที่น้ำท่วมพ.ศ. 2548 – 2556 ข้อมูลการเกิดน้ำท่วมพื้นที่ลุ่มน้ำปราจีนบุรีตอนล่าง จากสถาบันพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) ใช้เป็นตัวแปรกำหนดพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก และใช้ตรวจสอบและเปรียบเทียบพื้นที่จริงที่การเกิดอุทกภัยในลุ่มแม่น้ำปราจีนบุรีตอนล่าง

1.7 ปริมาณน้ำฝนรายวันพ.ศ. 2551 – 2556 จากสถานีตรวจอากาศในพื้นที่ศึกษา จำนวน 5 สถานี โดยนำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของปริมาณฝนรายวัน

2. ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยลุ่มน้ำปราจีนบุรีตอนล่าง

2.1 การให้ค่าน้ำหนักคะแนนความเหมาะสมของปัจจัย (Weighting) และการให้ค่าน้ำหนักคะแนนระดับของปัจจัย (Rating) โดยการออกแบบสอบถามถึงผู้เชียวชาญด้านอุทกวิทยา เพื่อกำหนดเกณฑ์ความเหมาะสมของตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1: ค่าน้ำหนักและค่าคะแนนที่ใช้ในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำปราจีนบุรีตอนล่าง

ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา	ประเภทข้อมูล	ค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัย	ค่าคะแนนของตัวแปร
ปริมาณน้ำฝนรายวัน (มม.)	มากกว่า 100	9.875	69.125
	71 – 100	8.875	62.125
	41 – 70	7.625	53.375
	0 – 40	3.250	22.750
พื้นที่น้ำท่วมในอดีต (ปี)	มากกว่า 5	9.625	48.125
	≥ 2 ปีแต่ไม่เกิน 5 ปี	8.500	42.500
	น้ำท่วมปีใดปีหนึ่ง	4.250	21.250
	ไม่ท่วม	0.875	5.3740

ตารางที่ 1: (ต่อ)

ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา	ประเภทข้อมูล	ค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัย	ค่าคะแนนของตัวแปร
ความลาดชันของพื้นที่ (เปอร์เซ็นต์)	0 – 3	8.500	51.000
	4 – 6	7.000	42.000
	7 – 10	4.750	28.500
	> 10	3.375	20.250
ความสูงจากระดับทะเลปานกลาง	0 – 30	7.625	7.625
(ม.รทก.)	31 – 60	6.625	6.625
	61 – 90	5.625	5.625
	> 90	4.625	4.625
สิ่งกีดขวางทางน้ำ	> 0.60	9.125	18.250
(กม./ตร.กม.)	0.41 – 0.60	6.625	13.250
	0.21 – 0.40	4.375	8.750
	0.00 – 0.20	2.625	5.250
ความสามารถ	การระบายน้ำเลว	9.625	28.875
ในการระบายน้ำของดิน	การระบายน้ำค่อนข้างเลว	8.625	25.875
	การระบายน้ำดีปานกลาง	7.625	22.875
	การระบายน้ำดี	6.625	19.875
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	ที่อยู่อาศัย และเขตอุตสาหกรรม	8.875	35.500
(สิ่งปกคลุมดิน)	พืชไร่	8.125	32.500
	พืชสวน	7.125	28.500
	ป่าไม้	5.750	23.000

2.2 หลังจากการซ้อนทับข้อมูลบนแผนที่และการคำนวณหาค่าคะแนนของข้อมูลในแต่ละชั้นปัจจัยต่างๆ ที่มีการให้ค่าความสามารถและค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละปัจจัยและรวมค่าคะแนนของข้อมูลที่ได้รับการถ่วงน้ำหนักแต่ละปัจจัยโดยใช้โปรแกรม ArcGIS 10.0 จะทำให้ได้พื้นที่ที่มีค่าคะแนนรวมต่างๆ กัน หลังจากที่ทำการซ้อนทับแผนที่ปัจจัยทั้งหมดแล้ว การคิดค่าคะแนนรวมในการวิเคราะห์ข้อมูลและจัดระดับความเสี่ยงการเกิดอุทกภัย ดังสมการที่ 1

$$S = (R_1W_1) + (R_2W_2) + (R_3W_3) + (R_4W_4) + (R_5W_5) + (R_6W_6) + (R_7W_7) \quad \text{สมการที่ 1}$$

โดย S = ระดับคะแนนรวมของปัจจัยที่เสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัย
R = ค่าคะแนนของปัจจัย
W = ค่าน้ำหนักของปัจจัย

3. การแบ่งระดับความเสี่ยงของพื้นที่

การพิจารณาระดับความเสี่ยงอุทกภัยในพื้นที่ลุ่มน้ำปราจีนบุรีตอนล่าง ระดับคะแนนรวมของปัจจัยเสี่ยงอุทกภัย (S) โดยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) โดยกำหนดค่าพิสัย (Range) ของคะแนนในแต่ละช่วง (Uchele, B. et al., 2006) การพิจารณาความกว้างของช่วงแต่ละระดับตามหลักการดังนี้

พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยระดับสูง ใช้เกณฑ์ $S \geq \bar{X} - SD$

พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยระดับปานกลาง ใช้เกณฑ์ $S > \bar{X} - SD$ และ $S < \bar{X} + SD$

พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยระดับต่ำ ใช้เกณฑ์ $S \leq \bar{X} + SD$

โดย S = ระดับคะแนนรวมของปัจจัยเสี่ยงอุทกภัย

$\bar{X}$ = ค่าคะแนนเฉลี่ยของปัจจัยเสี่ยงอุทกภัย

SD = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานช่วงคะแนนความเหมาะสม ของระดับคะแนนรวมปัจจัยเสี่ยงอุทกภัย

ผลการศึกษา

ผลการวิเคราะห์สามารถแบ่งพื้นที่เสี่ยงอุทกภัย ของลุ่มแม่น้ำปราจีนบุรีตอนล่างออกเป็น 3 ระดับ โดยกำหนดขนาดของกริดเท่ากับ 40 x 40 เมตร หรือ 1 ไร่ โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 2 ดังนี้

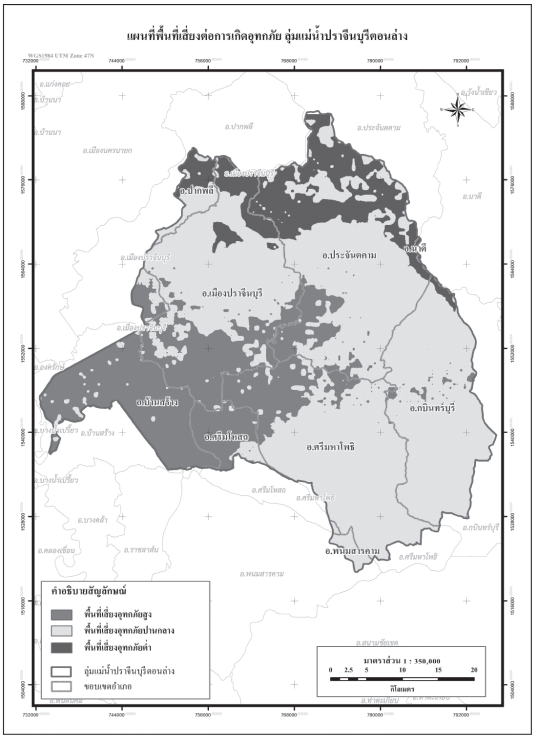
พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยสูงมีพื้นที่ 357,207.54 ไร่ พบครอบคลุมมากในอำเภอบ้านสร้าง จังหวัดปราจีนบุรี มีพื้นที่ 127,559.06 ไร่ รองลงมาได้แก่ อำเภอเมืองปราจีนบุรีและอำเภอศรีมหาโพธิ มีพื้นที่ 86,850.30 ไร่ และ 59,067.16 ไร่ ตามลำดับ

พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยปานกลางมีพื้นที่ 853,309.35 ไร่ พบครอบคลุมมากในอำเภอศรีมหาโพธิ จังหวัดปราจีนบุรี มีพื้นที่ 210,982.76 ไร่ รองลงมาได้แก่ อำเภอกบินทร์บุรีและอำเภอประจันตคาม มีพื้นที่ 210,747.93 ไร่ และ 209,128.95 ไร่ ตามลำดับ

พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยต่ำมีพื้นที่ 151,114.01 ไร่ พบครอบคลุมมากในอำเภอประจันตคาม จังหวัดปราจีนบุรี มีพื้นที่ 105,695.77 ไร่ รองลงมาได้แก่อำเภอเมืองปราจีนบุรี จังหวัดปราจีนบุรีและอำเภอปากพลี จังหวัดนครนายก มีพื้นที่ 29,194.45 ไร่ และ 12,040.17 ไร่ ตามลำดับ

ตารางที่ 2: พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยของลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำปราจีนบุรีตอนล่าง จังหวัดปราจีนบุรี

อำเภอ	พื้นที่สี่ยงต่อการเกิดอุกภัย (ไร่)			
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	รวม
กบินทร์บุรี	3,200.18	210,747.93	3962.50	217910.6
นาดี	983.44	-	-	983.44
ประจันตคาม	105,695.77	209,128.95	35,109.41	349,934.14
เมืองปราจีนบุรี	29,194.45	179,063.81	86,850.30	295,108.56
บ้านสร้าง	-	5,060.59	127,559.06	132,619.65
ศรีมหาโพธิ	-	210,982.76	59,067.16	270,049.92
ศรีมโหสถ	-	7,600.09	36,491.77	44,091.85
พนมสารคาม	-	8,706.88	-	8,706.88
ปากพลี	12,040.17	22,018.34	8,167.34	42,225.85
รวม	**151,114.01**	**853,309.35**	**357,207.54**	**1,361,630.90**



ภาพที่ 1: พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยของลุ่มแม่น้ำปราจีนบุรีตอนล่าง

จากภาพที่ 1 แสดงให้เห็นว่า พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยสูงอยู่ด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ของพื้นที่ศึกษา โดยพื้นที่พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยสูงในอำเภอเมืองปราจีนบุรี อำเภอบ้านสร้าง อำเภอศรีมหาโพธิ อำเภอศรีมโหสถ และอำเภอประจันตคาม จังหวัดปราจีนบุรี พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยปานกลางครอบคลุมพื้นที่ตอนกลางและทางด้านตะวันออกของพื้นที่ศึกษา ได้แก่ อำเภอศรีมหาโพธิ อำเภอกบินทร์บุรี อำเภอประจันตคาม อำเภอเมืองปราจีนบุรี จังหวัดปราจีนบุรี พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยต่ำอยู่ทางทิศเหนือของพื้นที่ศึกษา โดยพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นภูเขาเขตอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ และอุทยานแห่งชาติทับลาน ได้แก่ อำเภอประจันตคาม อำเภอนาดี อำเภอเมือปราจีนบุรีง จังหวัดปราจีนบุรี และอำเภอปากพลี จังหวัดนครนายก

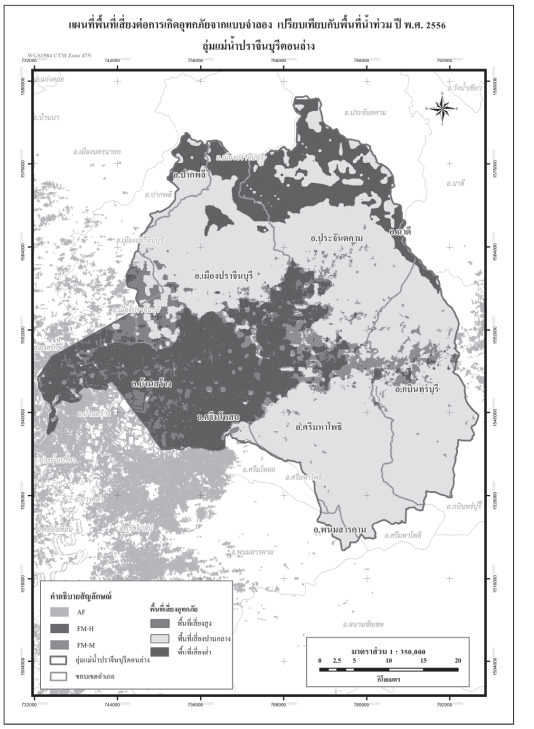
การเปรียบเทียบพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยจากแบบจำลองกับพื้นที่อุทกภัย พ.ศ. 2556

การตรวจสอบความถูกต้องของผลการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยจากแบบจำลองกับพื้นที่เกิดอุกภัย พ.ศ. 2556 ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมโดยสถาบันพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) หรือ GISDA มีพื้นที่น้ำท่วม พ.ศ. 2556 ทั้งหมด 334,020.48 ไร่ โดยไม่มีพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยต่ำ โดยแบ่งพื้นที่ออกเป็น 4 ประเภท ดังภาพที่ 2 ได้แก่ พื้นที่เกิดอุทกภัย พ.ศ. 2556 (Actual Flood: AF) พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยจากแบบจำลอง (Model Flood: FM) พื้นที่เกิดอุทกภัย พ.ศ. 2556 ตรงกับพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยจสูงจากแบบจำลอง (Model Flood vs High-risk: FM-H) และพื้นที่เกิดอุทกภัย พ.ศ. 2556 ตรงกับพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยปานกลางจากแบบจำลอง (Model Flood vs Moderate-risk: FM-M)

พบว่า พื้นที่เกิดอุทกภัยจริงใน พ.ศ. 2556 ตรงกับพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยสูงร้อยละ 78.41 และพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยปานกลางร้อยละ 21.59 ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3: การเปรียบเทียบพื้นที่อุทกภัยจากแบบจำลองกับพื้นที่ประสบอุทกภัยในพื้นที่ พ.ศ.2556

ระดับความเสี่ยง	พื้นที่เกิดอุทกภัยจากแบบจำลองกับพื้นที่เกิดอุทกภัยใน พ.ศ.2556	
	ไร่	ร้อยละ
พื้นที่เสี่ยงสูง	261,912.45	78.41
พื้นที่เสี่ยงปานกลาง	72,108.03	21.59
พื้นที่เสี่ยงต่ำ	0.00	0.00
รวม	**334,020.48**	**100.00**



ภาพที่ 2: พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยจากแบบจำลองกับพื้นที่เกิดอุทกภัยใน พ.ศ. 2556

จากภาพที่ 2 พื้นที่เกิดอุทกภัยในปี พ.ศ. 2556 นำมาเปรียบเทียบกับพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยที่ได้จากแบบจำลองพบว่า พื้นที่ส่วนมากเป็นพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยสูง มากกว่าร้อยละ 80 รองลงมาคือพื้นที่เสี่ยงปานกลาง บริเวณทิศตะวันตกเฉียงใต้ และพื้นที่ลุ่มริมแม่น้ำปราจีนบุรี ในเขตอำเภอเมืองบ้านสร้าง ศรีมโหสถ ศรีมหาโพธิ ประจันตคาม และกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี

ภาพฉายอนาคตจากแบบจำลอง Mike Flood

จากการสร้างภาพฉายอนาคต หรือ Scenario โดยใช้แบบจำลอง Mike Flood เพื่อประเมินพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยและระดับความรุนแรงที่เกิดขึ้นในของลุ่มแม่น้ำปราจีนบุรีตอนล่าง โดยอ้างอิงระดับน้ำสูงสุดในรอบ 5 ปีย้อนหลัง ปีที่น้ำท่วมสูงสุดคือ พ.ศ. 2556 โดยระดับน้ำอยู่ที่ 11.99 เมตร จากระดับท้องน้ำ ปริมาณน้ำสูงสุดเท่ากับ 1,232.02 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ซึ่งเกินกว่าปริมาณความจุลำน้ำ 658 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที และระดับตลิ่ง 10.20 เมตรจากระดับท้องน้ำ โดยกำหนดการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำท่าออกเป็น 5 ช่วง ช่วงละ 2 เปอร์เซ็นต์ รวมเพิ่มขึ้น 10 เปอร์เซ็นต์ ผลจากแบบจำลองแสดงให้เห็นพื้นที่น้ำท่วมโดยแบ่งออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้

1. ปริมาณน้ำท่าเพิ่มขึ้น 2 เปอร์เซ็นต์ พบพื้นที่เกิดอุทกภัยเท่ากับ 469,723.8 ไร่ โดย อำเภอเมืองปราจีนบุรี จังหวัดปราจีนบุรี พบพื้นที่น้ำท่วมมากที่สุดมีพื้นที่เท่ากับ 138,707.2 ไร่

2. ปริมาณน้ำท่าเพิ่มขึ้น 4 เปอร์เซ็นต์ ตอนล่าง พบพื้นที่เกิดอุทกภัยเท่ากับ 471,456.2 ไร่ โดยอำเภอเมืองปราจีนบุรี จังหวัดปราจีนบุรี พบพื้นที่น้ำท่วมมากที่สุดมีพื้นที่เท่ากับ 138,707.2 ไร่

3. ปริมาณน้ำท่าเพิ่มขึ้น 6 เปอร์เซ็นต์ พบพื้นที่เกิดอุทกภัยเท่ากับ 473,070.5 ไร่ โดยอำเภอเมืองปราจีนบุรี จังหวัดปราจีนบุรี พบพื้นที่น้ำท่วมมากที่สุดมีพื้นที่เท่ากับ 138,548.9 ไร่

4. ปริมาณน้ำท่าเพิ่มขึ้น 8 เปอร์เซ็นต์ พบพื้นที่เกิดอุทกภัยเท่ากับ 475,155.8 ไร่ โดยอำเภอเมืองปราจีนบุรี จังหวัดปราจีนบุรี พบพื้นที่น้ำท่วมมากที่สุดมีพื้นที่เท่ากับ 139,982.0 ไร่

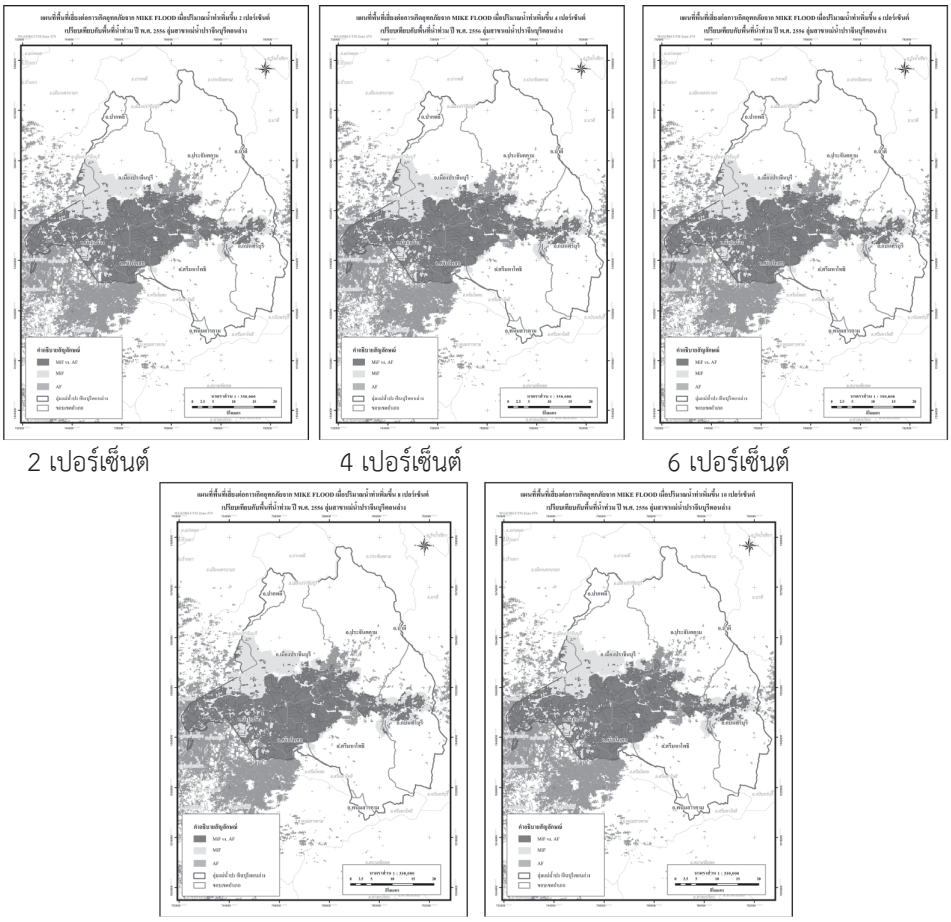
5. ปริมาณน้ำท่าเพิ่มขึ้น 10 เปอร์เซ็นต์ พบพื้นที่เกิดอุทกภัยเท่ากับ 476,594.9 ไร่ โดยอำเภอเมืองปราจีนบุรี จังหวัดปราจีนบุรี พบพื้นที่น้ำท่วมมากที่สุดมีพื้นที่เท่ากับ 140,461.8 ไร่

การตรวจสอบความถูกต้องจากแบบจำลอง Mike Flood กับพื้นที่เกิดอุทกภัยจริงใน พ.ศ. 2556 โดย สถาบันพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) หรือ GISDA มีพื้นที่น้ำท่วมจริง พ.ศ. 2556 ทั้งหมด 334,020.48 ไร่ โดยแบ่งประเภทของพื้นที่ 3 แบบ ได้แก่ พื้นที่เกิดอุทกภัยจริงปี พ.ศ. 2556 (Actual Flood: AF) พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยจากแบบจำลอง Mike Flood (MIKE FLOOD Model: MFM) พื้นที่เกิดอุทกภัยจากแบบจำลอง Mike Flood ตรงกับพื้นที่เกิดอุทกภัยจริงพื้นใน พ.ศ. 2556 (MIKE FLOOD Model vs Actual Flood: MFM vs. AF)

จากภาพที่ 3 และตารางที่ 4 พบว่าการเปรียบเทียบพื้นที่เกิดอุทกภัยจากแบบจำลอง Mike Flood เมื่อปริมาณน้ำท่าเพิ่มขึ้น 2 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีพื้นที่ตรงกันเท่ากับ 289,523.07 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 86.68 น้ำท่าเพิ่มขึ้น 4 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีพื้นที่ตรงกันเท่ากับ 290,429.63 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 86.95 น้ำท่าเพิ่มขึ้น 6 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีพื้นที่ตรงกันเท่ากับ 291,659.33 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 87.32 น้ำท่าเพิ่มขึ้น 8 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีพื้นที่ตรงกันเท่ากับ 292,950.96 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 87.70 น้ำท่าเพิ่มขึ้น 10 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีพื้นที่ตรงกันเท่ากับ 294,040.17 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 88.03 ของพื้นที่อุทกภัยปี พ.ศ. 2556 โดยมีพื้นที่ตรงกันบริเวณทิศตะวันตกเฉียงใต้ และพื้นที่ลุ่มริมแม่น้ำปราจีนบุรีในเขตอำเภอเมือง บ้านสร้าง ศรีมโหสถ ศรีมหาโพธิ ประจันตคาม และกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี

ตารางที่ 4: เปรียบเทียบพื้นที่เกิดอุทกภัยจากแบบจำลอง Mike Flood กับพื้นที่เกิดอุทกภัยใน พ.ศ.2556

พื้นที่น้ำท่วมจาก Mike Flood กับ พื้นที่น้ำท่วม พ.ศ. 2556	พื้นที่(ไร่)	ร้อยละของพื้นที่เกิดอุทกภัย พ.ศ. 2556
2	289,523.07	86.68
4	290,429.63	86.95
6	291,659.33	87.32
8	292,950.96	87.70
10	294,040.17	88.03



2 เปอร์เซ็นต์ 4 เปอร์เซ็นต์ 6 เปอร์เซ็นต์

8 เปอร์เซ็นต์ 10 เปอร์เซ็นต์

ภาพที่ 3: พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยจาก Mike Flood เมื่อปริมาณน้ำท่าเพิ่มขึ้นจากปริมาณสูงสุดในอดีต 5 ระดับ กับพื้นที่เกิดอุทกภัยใน พ.ศ. 2556

สรุปและอภิปรายผล

พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยสูง

พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัยสูงจะปรากฏในพื้นที่ลุ่มต่ำ และเป็นพื้นที่เกษตรกรรม โดยธรรมชาติน้ำไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำ และพื้นที่ต่ำที่สุดในภูมิประเทศนั้นก็คือ แม่น้ำลำคลองต่างๆ พื้นที่เสี่ยงสูงส่วนมากเป็นพื้นที่ราบริมแม่น้ำปราจีนบุรี โดยพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพืชไร่ รองลงมาได้แก่พื้นที่เมืองและอุตสาหกรรม เมื่อฝนตกมาในเขตเมืองและอุตสาหกรรม การไหลผ่านของน้ำลงในชั้นดินทำได้น้อยมาก ทำให้มีปริมาณน้ำผิวดินปริมาณมาก ส่งผลให้ปริมาณน้ำท่าสูงขึ้น พื้นที่ส่วนมากริมแม่น้ำปราจีนบุรีนั้นเป็นพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยสูง

พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยปานกลาง

พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัยปานกลางกระจายตัวอยู่ถัดจากพื้นที่เสี่ยงสูงออกไปทางตอนเหนือ ตะวันออก และตอนใต้ของลุ่มน้ำ โดยมีครอบคลุมพื้นที่มากที่สุดถึง 853,309.35 ไร่ หรือร้อยละ 62.67

พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยต่ำ

จากผลการวิจัยพบว่า พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยต่ำมีลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขาทางเหนือของลุ่มน้ำในเขตพื้นที่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ เนื่องจากพื้นที่สูงห่างจากแม่น้ำมาก และความลาดชันของพื้นที่สูงทำให้น้ำไหลตลอดเวลาไม่สามารถท่วมได้ จึงเป็นพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยต่ำ

พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยจากแบบจำลอง MIKE FLOOD กับ พื้นที่น้ำท่วมจริง พ.ศ. 2556

พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยจากแบบจำลอง MIKE FLOOD เมื่อน้ำท่าเพิ่มขึ้น 2, 4, 6, 8, และ 10 เปอร์เซ็นต์ กับ พื้นที่น้ำท่วมจริง พ.ศ. 2556 พบว่าพื้นที่เกิดอุทกภัยจากแบบจำลอง MIKE FLOOD ตรงกับพื้นที่น้ำท่วมจริงถึงเกือบร้อยละ 80 ซึ่งผลจากแบบจำลองทำให้ทราบว่าเมื่อปริมาณน้ำท่าเพิ่มขึ้นตามลำดับข้างต้นแล้ว พื้นที่น้ำท่วมเพิ่มขึ้นมาเพียงเล็กน้อยเท่านั้นในแต่ละระดับ แต่พื้นที่น้ำท่วมเดิมจะมีระดับน้ำท่วมที่สูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากพฤติกรรมของน้ำท่วม จะมีการไหลระบายตลอดเวลาเมื่อปริมาณน้ำสูงจนล้นระดับแนวคันกั้นน้ำ (ถนน) หากระดับน้ำยังไม่สูงจนท่วมล้นน้ำก็จะขังรอระบายอยู่ในตำแหน่งเดิมจนกว่าจะระบายออกไปจนหมด พื้นที่น้ำท่วมจากแบบจำลองก็จะอยู่บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำต่ำริมแม่น้ำปราจีนบุรีเช่นเดียวกัน

เอกสารอ้างอิง

กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย. (2555). **แผนปฏิบัติการลดความเสี่ยงจากภัยพิบัติแห่งชาติในเชิงยุทธศาสตร์ พ.ศ.2553 – 2562.** กรุงเทพฯ: กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย

กอบกิจ ไกรนรา. (2549). **การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และการสำรวจระยะไกลในการกำหนดพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัย บริเวณลุ่มน้ำเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมป่าไม้). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.

สุพิชฌาย์ ธนารุณ. (2553). **การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการกำหนดพื้นที่เสี่ยงอุทกภัย จังหวัดอ่างทอง.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อม). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหาศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.

อภิมุข มุขตารี. (2558). **การพัฒนาแบบจำลองน้ำท่วมแบบ 2 มิติ เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ความเสี่ยงน้ำท่วมประกอบการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน และการจัดวางผังเมืองในพื้นที่จังหวัดสุโขทัย.** เอกสารประชุมวิชาการวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 20 ประจำปี 2558. กรุงเทพฯ: วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูชินุปถัมภ์.

DHI Group. (2011). **Project for the Comprehensive Flood Management Plan for the Chao Phraya River Basin.** Bangkok: Japan International Cooperation Agency.

Kundzewicz, Z. and K. Takeuchi. (1999). Flood protection and management. quo vadimus. **Hydrological Sciences.** 44(3): 417–432.

Matthews, T. (2011). **Climate Change Adaptation in Urban Systems: Strategies for Planning Regimes.** Urban Program. Research Paper 32 February 2011.

Uchele, B. et al. (2006). Flood-risk mapping: contributions towards an enhanced assessment of extreme events and associated risks. **Natural Hazards and Earth System Sciences.** 6: 485–503.

Yuen, B. and King, L. (2009). **Climate Change and Urban Planning in Southeast Asia.** Retrieved March 3, 2009, from http://sapiens.revues.org/881