

**การสร้างแผนที่ความอ่อนไหวในการเกิดน้ำท่วม โดยใช้วิธีอัตราส่วนความถี่
และดัชนีทางสถิติ กรณีศึกษาจังหวัดนครสวรรค์**

**Flood Susceptibility Mapping Using Frequency Ratio and Statistical Index Methods,
A Case Study of Nakhon Sawan Province**

ธิดาภัทร อนุชาญ^{1*}, ณัฐริกา ทองจิต²

Thidapath Anucham^{1*}, Nuttarika Thongjit²

¹สาขาระบบสารสนเทศ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จังหวัดสงขลา 90000

²สาขาวิชาภูมิสารสนเทศศาสตร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

*Corresponding author: thidapath.a@gmail.com

Received: December 1, 2019

Revised: December 25, 2019

Accepted: December 27, 2019

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) วิเคราะห์และจัดทำแผนที่แสดงพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วมในพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ โดยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับการวิเคราะห์ด้วยวิธีอัตราส่วนความถี่ (FR) และวิธีดัชนีทางสถิติ (SI) และ 2) เปรียบเทียบความถูกต้องของแผนที่ความอ่อนไหวต่อการเกิดน้ำท่วม ในการศึกษาครั้งนี้ทำการวิเคราะห์ปัจจัยเชิงพื้นที่ที่มีอิทธิพลต่อการเกิดน้ำท่วม จำนวน 7 ปัจจัย ประกอบด้วย ความลาดชัน การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน การระบายน้ำของผิวดิน ความสูงภูมิประเทศ ความหนาแน่นเส้นทางถนน ความหนาแน่นเส้นทางน้ำ และปริมาณน้ำฝนรายปี นำปัจจัยดังกล่าวมาวิเคราะห์ร่วมกับพื้นที่น้ำท่วมที่เคยเกิดขึ้นระหว่าง ปี พ.ศ. 2550 – 2559 โดยแบ่งลักษณะการเกิดน้ำท่วมเป็น 2 รูปแบบ คือ พื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก และพื้นที่เคยเกิดน้ำท่วมกับไม่เคยเกิดน้ำท่วม เพื่อทำแผนที่ความอ่อนไหวต่อการเกิดน้ำท่วมในจังหวัดนครสวรรค์ ผลจากการศึกษาพบว่า พื้นที่ที่มีความอ่อนไหวมากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด กรณีการเกิดน้ำท่วมซ้ำซาก วิธีอัตราส่วนความถี่ ครอบคลุมพื้นที่ 669.12 ตร.กม. 190.74 ตร.กม. 283.48 ตร.กม. 5,719.75 ตร.กม. และ 2,651.34 ตร.กม. ตามลำดับ ส่วนวิธีดัชนีทางสถิติ ครอบคลุมพื้นที่ 1,566.91 ตร.กม. 3,651.75 ตร.กม. 3,145.81 ตร.กม. 1,044.17 ตร.กม. และ 105.78 ตร.กม. ตามลำดับ ส่วนกรณีพื้นที่เคยเกิดน้ำท่วมและไม่เคยเกิดน้ำท่วม วิธีอัตราส่วนความถี่ ครอบคลุมพื้นที่ 242.58 ตร.กม. 2,400.17 ตร.กม. 4,385.40 ตร.กม. 2,189.33 ตร.กม. และ 296.94 ตร.กม. ตามลำดับ ส่วนวิธีดัชนีทางสถิติครอบคลุมพื้นที่ 2,034.85 ตร.กม. 5,107.32 ตร.กม. 1,884.46 ตร.กม. 371.80 ตร.กม. และ 115.99 ตร.กม. ตามลำดับ แผนที่ความอ่อนไหวต่อการเกิดน้ำท่วมจังหวัดนครสวรรค์ กรณีพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก วิธีอัตราส่วนความถี่ มีความถูกต้องเท่ากับ 80.13% วิธีดัชนีทางสถิติ มีความถูกต้องเท่ากับ 89.06% กรณีพื้นที่เคยเกิดน้ำท่วมและไม่เคยเกิดน้ำท่วม วิธีอัตราส่วนความถี่ มีความถูกต้องเท่ากับ 78.34% วิธีดัชนีทางสถิติ มีความถูกต้องเท่ากับ 88.12% ดังนั้น วิธีดัชนีทางสถิติมีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์หาพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วมดีกว่าวิธีอัตราส่วนความถี่

คำสำคัญ: น้ำท่วม / วิธีอัตราส่วนความถี่ / วิธีดัชนีทางสถิติ

Abstract

The objectives of this research were 1) to analyze and map the flood susceptibility areas in Nakhon Sawan Province by applying geographic information system together with frequency ratio (FR) and statistical index

methods (SI) and 2) to compare the accuracy of flood susceptibility maps. In this study, 7 factors used including slope, land use and land cover, elevation, stream network density, road network density and annual rainfall. All factors were analyzed together with flood areas that had occurred between 2007–2016 by dividing the flood patterns into 2 types which were repeatedly flooded and areas that had previously been flooded and never flooded in order to formulate flood susceptibility map in Nakhon Sawan province. The results found that the areas that were the highest susceptibility area, high, moderate, low and the lowest in the case of repeated flooding, frequency ratio method covered area 669.12 sq.km, 190.74 sq.km., 283.48 sq.km., 5,719.75 sq.km. and 2,651.34 sq.km., respectively. The SI method covered area 1,566.91 sq. Km. 3,651.75 sq. Km. 3,145.81 km. 1,044.17 km. And 105.78 sq. Km., respectively. In the case of flooded areas and never flooded, the frequency ratio method covered 242.58 sq.km., 2,400.17 sq.km., 4,385.40 sq.km., 2,189.33 sq.km. and 296.94 sq.km., respectively. The SI method were 2,034.85 sq.km., 5,107.32 sq.km., 1,884.46 sq.km., 371.80 sq.km. and 115.99 sq.km., respectively. Flood susceptibility map in Nakhon Sawan Province in case of repetitive flood areas using FR and SI method had the accuracy of 80.13% and 89.06%, respectively while flooded and never flooded areas, FR and SI method had the accuracy of 78.34% and 88.12%, respectively. The SI method was more effective in finding flood susceptibility areas than the FR method.

Keyword: Flood / Frequency Ratio / Statistical Index

1. บทนำ

สถานการณ์น้ำท่วมตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2554 จังหวัดนครสวรรค์เป็นจังหวัดที่มีน้ำท่วมมากที่สุดเป็นอันดับ 1 ครอบคลุมพื้นที่ที่เคยเกิดน้ำท่วม 1.989 ล้านไร่ โดยมีน้ำท่วมซึ่งในพื้นที่เกษตรกรรมมากที่สุด รองลงมา คือ พื้นที่ชุมชน (คลังข้อมูลน้ำและภูมิอากาศแห่งชาติ, 2554) [1] มีพื้นที่น้ำท่วม 10 อำเภอ รวม 73 ตำบล 643 หมู่บ้าน ประชาชนเดือดร้อน 70,851 ครัวเรือน และมีผู้เสียชีวิตจากเหตุการณ์นี้ 72 คน (ไทยรัฐออนไลน์, 2554) [2] จังหวัดนครสวรรค์มีสถิติการเกิดน้ำท่วมซ้ำซาก 5 ปี ในปี พ.ศ. 2554 – 2558 พื้นที่ทางการเกษตรเสียหาย 251,013.75 ไร่ แบ่งเป็นพื้นที่นาข้าว 226,583 ไร่ พืชไร่ 23,669 ไร่ พืชสวนและอื่น ๆ 761 ไร่ (กองอำนวยการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยจังหวัดนครสวรรค์, 2561) [3] นอกจากนี้เมื่อวันที่ 13 ตุลาคม พ.ศ. 2559 จังหวัดนครสวรรค์เกิดเหตุการณ์น้ำไหลหลากเข้าท่วมพื้นที่ 14 อำเภอ ประชาชนได้รับผลกระทบ 28,243 ครัวเรือน พื้นที่การเกษตรเสียหาย 248,380 ไร่ (กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย, 2559) [4] จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นว่าจังหวัดนครสวรรค์มีเหตุการณ์การน้ำท่วมเกิดขึ้นทุก ๆ ปี การวิจัยนี้จึงต้องการวิเคราะห์หาพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วมในพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์โดยใช้วิธีอัตราส่วนความถี่ (Frequency Ratio – FR) และวิธีดัชนีทางสถิติ (Statistical Index – SI) และนำแผนที่ความอ่อนไหวต่อการเกิดน้ำท่วมที่ได้จากทั้ง 2 วิธีมาเปรียบเทียบเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง เพื่อนำผลที่ได้จากการศึกษามาช่วยวางแผนบรรเทาปัญหาอุทกภัย การเตือนภัย และการเตรียมรับสถานการณ์ช่วงฤดูฝนในบริเวณจังหวัดนครสวรรค์

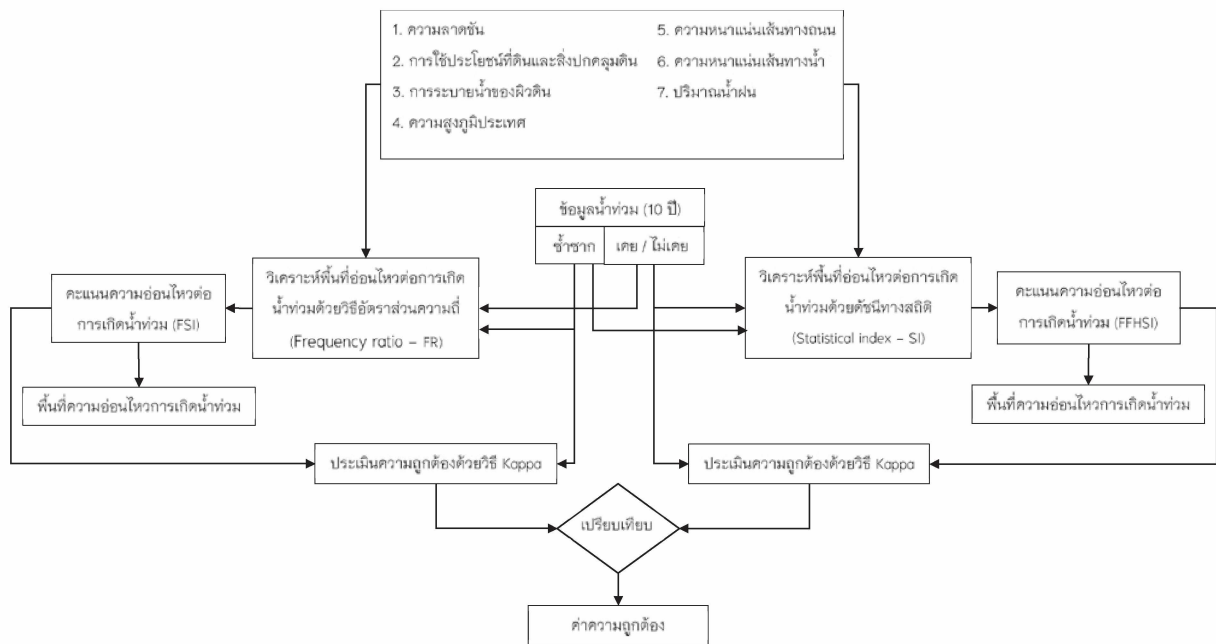
2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อวิเคราะห์หาพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วมในพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ด้วยวิธีอัตราส่วนความถี่ (Frequency Ratio – FR) และวิธีดัชนีทางสถิติ (Statistical Index – SI)

2.2 เปรียบเทียบความถูกต้องแผนที่ความอ่อนไหวต่อการเกิดน้ำท่วมที่ได้จากทั้ง 2 วิธี

3. วิธีการศึกษา

แนวทางการศึกษาค้นคว้านี้ มุ่งเน้นที่การวิเคราะห์หาพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วม ด้วยวิธีอัตราส่วนความถี่ และวิธีดัชนีทางสถิติ แล้วนำผลลัพธ์จากทั้ง 2 วิธีมาเปรียบเทียบ เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง (รูปที่ 1) สำหรับรายละเอียดการศึกษา มีดังนี้



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดของการศึกษา

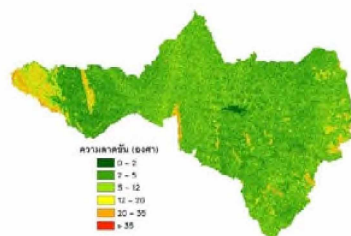
3.1 การรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ได้รวบรวมข้อมูลและทบทวนวรรณกรรมจากงานวิจัยหรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง และการสำรวจภาคสนาม เพื่อจัดเตรียมปัจจัยด้านกายภาพที่มีอิทธิพลต่อการเกิดน้ำท่วม โดยมีรายละเอียดดังนี้ (ตารางที่ 1 และ ภาพที่ 2 – 10)

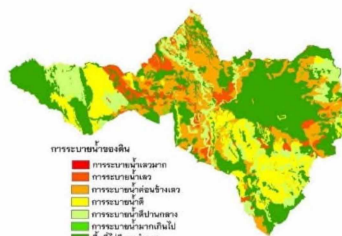
ตารางที่ 1 ปัจจัย (Factor)

ปัจจัย	รายละเอียด	แหล่งที่มา
1. ความลาดชัน	1:50,000	สร้างจากความสูงเชิงเลข
2. การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน	1:50,000	กรมพัฒนาที่ดิน
3. การระบายน้ำของผิวดิน	1:50,000	กรมพัฒนาที่ดิน
4. แบบจำลองความสูงเชิงเลข	1:50,000	USGS (SRTM GLOBAL DEM)
5. ความหนาแน่นเส้นทางถนน	1:50,000	สร้างจากเส้นทางถนน (กรมแผนที่ทหาร)
6. ความหนาแน่นเส้นทางน้ำ	1:50,000	สร้างจากเส้นทางน้ำ (กรมแผนที่ทหาร)
7. ปริมาณน้ำฝนรายปี	1:50,000	กรมอุตุนิยมวิทยา
8. ข้อมูลน้ำท่วมปี 2550 - 2559	1:50,000	GISTDA

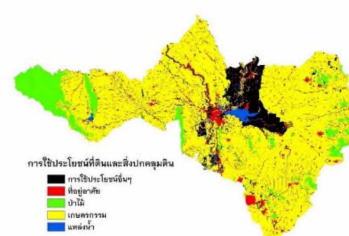
หมายเหตุ. GISTDA (Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (Public Organization) – สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) มีตัวย่อว่า สทอภ. และ USGS (United States Geological Survey) – กรมสำรวจธรณีวิทยาแห่งสหรัฐอเมริกา



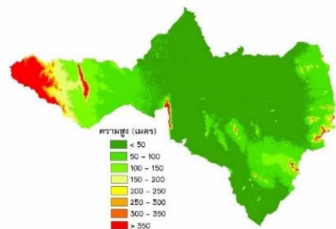
รูปที่ 2 ความลาดชัน



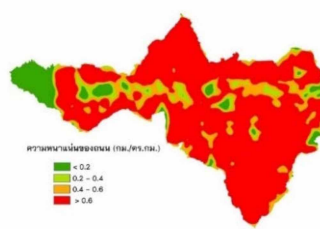
รูปที่ 3 การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน



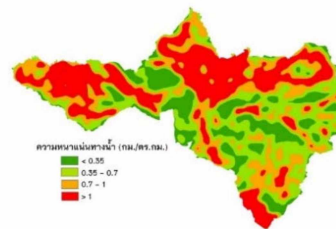
รูปที่ 4 การระบายน้ำของผิวดิน



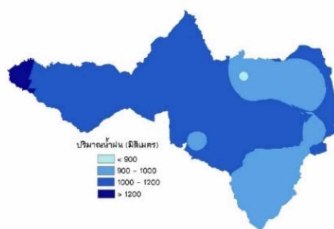
รูปที่ 5 ความสูงภูมิประเทศ



รูปที่ 6 ความหนาแน่นของเส้นทางถนน



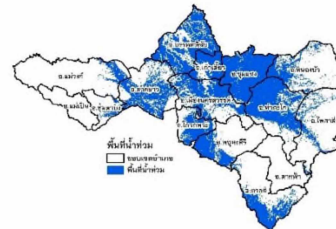
รูปที่ 7 ความหนาแน่นของเส้นทางน้ำ



รูปที่ 8 ปริมาณน้ำฝน



รูปที่ 9 พื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก



รูปที่ 10 พื้นที่เคยเกิดน้ำท่วมกับไม่เคยเกิด

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลปัจจัยทั้ง 7 ปัจจัย และข้อมูลน้ำท่วมที่เคยเกิดขึ้นในอดีตจำนวน 10 ปี (พ.ศ. 2550 – 2559) มาวิเคราะห์หาพื้นที่ที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดน้ำท่วม โดยวิธี FR (สมการที่ 1) [5] และวิธี SI (สมการที่ 3) [6] ซึ่งมีสมการการคำนวณ ดังนี้

สมการที่ 1 การวิเคราะห์พื้นที่ที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดน้ำท่วม ด้วยวิธี FR

$$FR = \frac{(CLP/TLP)}{(CA/TA)} = \frac{(CLP/CA)}{(TLP/TA)} \quad (1)$$

เมื่อ CLP คือ จำนวนพิกเซลน้ำท่วมในแต่ละคลาสของปัจจัย

TLP คือ จำนวนพิกเซลในพื้นที่ของแต่ละคลาสในปัจจัย

CA คือ จำนวนพิกเซลของแต่ละคลาสในปัจจัย

TA คือ จำนวนพิกเซลพื้นที่ศึกษาทั้งหมด

โดยค่า FR แบ่งออกเป็น 3 กรณี ได้แก่

ค่า $FR > 1$ หมายถึง มีโอกาสที่จะเกิดน้ำท่วมสูงมาก

ค่า $FR < 1$ หมายถึง มีโอกาสที่จะเกิดน้ำทมน้อยมาก

ค่า $FR = 1$ หมายถึง โอกาสเกิดใกล้เคียงกัน ซึ่งไม่มีผลต่อการศึกษา

จากนั้นนำค่า FR ในแต่ละปัจจัยมาซ้อนทับกันด้วยวิธี addition เพื่อหาค่าคะแนนความอ่อนไหวต่อการเกิดน้ำท่วม (Flood Susceptibility Index– FSI) (สมการที่ 2) ดังนี้

สมการที่ 2 ค่าคะแนนความอ่อนไหวต่อการเกิดน้ำท่วม (Flood Susceptibility Index– FSI) (สิริกร ดำรงพิบูลย์ และคณะ, 2561) [7]

$$FSI = \sum_{i=1}^n FR_i \quad (2)$$

เมื่อ FR_i คือ ค่า FR ของแต่ละปัจจัย

n คือ จำนวนของปัจจัยที่นำมาพิจารณา

สมการที่ 3 การวิเคราะห์พื้นที่ที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดน้ำท่วม ด้วยวิธี SI

$$SI = \ln\left(\frac{D_{ij}}{D}\right) = \ln\left(\frac{N_{ij}/N}{M_{ij}/M}\right) \quad (3)$$

เมื่อ SI คือ ดัชนีทางสถิติ

$\ln$ คือ ลอการิทึม $\log_e X$

D_{ij} คือ ค่าความหนาแน่นของพื้นที่น้ำท่วมในแต่ละคลาสของปัจจัย

D คือ ค่าความหนาแน่นของพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ศึกษาทั้งหมด

N_{ij} คือ จำนวนพิกเซลน้ำท่วมในแต่ละคลาสของปัจจัย

M_{ij} คือ จำนวนพิกเซลพื้นที่ศึกษาในแต่ละคลาสของปัจจัย

N คือ จำนวนพิกเซลน้ำท่วมทั้งหมด

M คือ จำนวนพิกเซลพื้นที่ศึกษาทั้งหมด

ค่า SI แบ่งออกเป็น 3 กรณี ได้แก่

ค่า $SI > 1$ หมายถึง มีโอกาสที่จะเกิดน้ำท่วมสูงมาก

ค่า $SI < 1$ หมายถึง มีโอกาสที่จะเกิดน้ำท่วมน้อยมาก

ค่า $SI = 1$ หมายถึง โอกาสเกิดใกล้เคียงกัน ซึ่งไม่มีผลต่อการศึกษา

จากนั้นนำค่า SI ในแต่ละปัจจัยมาซ้อนทับกัน เพื่อหาค่าคะแนนความอ่อนไหวต่อการเกิดน้ำท่วม (Flood Hazard Susceptibility – FHSI) (สมการที่ 4) ดังนี้

สมการที่ 4 ค่าคะแนนความอ่อนไหวต่อการเกิดน้ำท่วม (Flood Hazard Susceptibility – FHSI)

$$FHSI = \sum_{i=1}^n SI_{ij} \quad (4)$$

เมื่อ SI_{ij} คือ ค่า SI ของแต่ละปัจจัย

n คือ จำนวนของปัจจัยที่นำมา

จากนั้นนำค่า FSI และค่า FHSI ไปใช้ในการสร้างแผนที่ความอ่อนไหวต่อการน้ำท่วม โดยแบ่งระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดน้ำท่วมด้วยวิธีการ Natural break เป็น 5 ระดับ คือ พื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมน้อยที่สุด พื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมน้อย พื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมปานกลาง พื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมมาก และพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมมากที่สุด

3.3 การตรวจสอบความถูกต้อง

ในการตรวจสอบความถูกต้องของวิธี FR และวิธี SI ได้นำข้อมูลผลลัพธ์จากระดับความอ่อนไหวในการเกิดน้ำท่วมทั้ง 5 ระดับ นำมาซ้อนทับกับพื้นที่น้ำท่วม ที่แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 รูปแบบ คือ พื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก และพื้นที่เคยเกิดน้ำท่วมกับไม่เคยเกิดน้ำท่วม โดยใช้วิธีการสุ่มจุด (random point) และทำการตรวจสอบความถูกต้องกับพื้นที่น้ำท่วมจริงที่เคยเกิดขึ้นในอดีตด้วยวิธี Kappa Analysis (K) (US National Library of Medicine, 2012) [8] (สมการที่ 5)

สมการที่ 5 วิธี Kappa Analysis (K)

$$K = N \frac{\sum_{i=1}^k x_{ii} - N \sum_{i=1}^k (x_{i+} * x_{+i})}{N^2 - N \sum_{i=1}^k (x_{i+} * x_{+i})} \quad (5)$$

เมื่อ N คือ จำนวนทั้งหมด

x_{ii} คือ จำนวนการสังเกตที่ตรงกับในแถวที่ i และคอลัมน์ที่ i

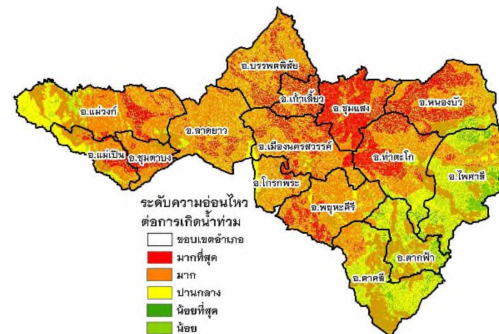
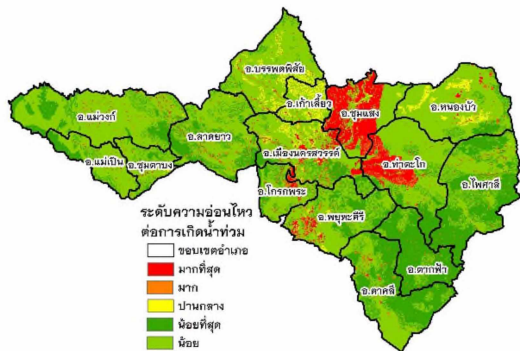
x_{i+} คือ ผลรวมทั้งหมดสำหรับแถว i

x_{+i} คือ ผลรวมเล็กน้อยสำหรับคอลัมน์ i

4. ผลการศึกษา

จากการวิเคราะห์แผนที่ความอ่อนไหวการเกิดน้ำท่วม ที่นำปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดน้ำท่วมทั้งหมด 7 ปัจจัย มาวิเคราะห์ร่วมกับลักษณะน้ำท่วม 2 รูปแบบ คือ รูปแบบน้ำท่วมที่เกิดซ้ำซาก ที่แบ่งคลาสหรือจำแนกชั้นข้อมูลในการคำนวณด้วยวิธี FR และวิธี SI ดังตารางที่ 2 จากนั้นนำผลลัพธ์จากการวิเคราะห์มาจัดระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดน้ำท่วม 5 ระดับ รายละเอียดดังตารางที่ 3 และแสดงผลลัพธ์ได้ดังรูปที่ 11 และ 12 และรูปแบบพื้นที่ที่เคยเกิดน้ำท่วมและไม่เคยเกิดน้ำท่วม ดังตารางที่ 4 และนำผลลัพธ์จากการวิเคราะห์มาจัดระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดน้ำท่วม 5 ระดับ รายละเอียดดังตารางที่ 5 พร้อมผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ดังรูปที่ 13 – 14 ตามลำดับ

จากการนำข้อมูลปัจจัยทั้ง 7 ปัจจัย มาวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลน้ำท่วมที่เคยเกิดขึ้นซ้ำซาก เพื่อทำการวิเคราะห์หาค่า FR และค่า SI (ตารางที่ 2) ซึ่งมีจำนวนพิกเซลพื้นที่ศึกษาทั้งหมด 5,946,511 พิกเซล จำนวนพิกเซลพื้นที่น้ำท่วมทั้งหมด 68,643 พิกเซล ผลการศึกษพบว่า ความลาดชัน 0 – 5 องศา (FR = 1.23, SI = 0.207) การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ประเภทเบ็ดเตล็ด (FR = 9.942, SI = 2.297) การระบายน้ำของผิวดินค่อนข้างเลว (FR = 2.243, SI = 0.808) ความสูงภูมิประเทศน้อยกว่า 0 – 100 เมตร (FR = 1.132, SI = 0.124) ความหนาแน่นของถนน 2 – 4 กม./ตร.กม. (FR = 1.302, SI = 0.264) มีโอกาสที่จะเกิดน้ำท่วมสูงมาก สำหรับความหนาแน่นของทางน้ำ 0.7 – 1 กม./ตร.กม. (FR = 1.242, SI = 0.217) และความหนาแน่นของทางน้ำมากกว่า 1 กม./ตร.กม. (FR = 1.746, SI = 0.557) และปริมาณน้ำฝน 1,000 – 1,200 มิลลิเมตร (FR = 1.403, SI = 0.338) มีโอกาสที่จะเกิดน้ำท่วมมาก



รูปที่ 11 ระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดน้ำท่วมโดยวิธี FR รูปที่ 12 ระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดน้ำท่วมโดยวิธี SI

ตารางที่ 2 การคำนวณค่าอัตราความถี่และค่าทางสถิติ พื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วมซ้ำซาก

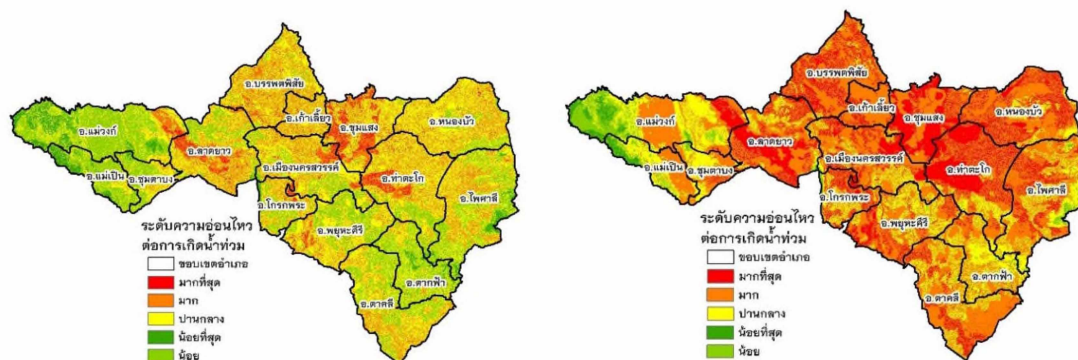
ปัจจัย	กลุ่มการจำแนก	พิกเซลพื้นที่ศึกษา		พิกเซลน้ำท่วมซ้ำซาก		อัตราส่วน ความถี่	ดัชนี ทางสถิติ
		จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ		
ความลาดชัน ของพื้นที่ (องศา)	0-5	4,834,699	81.3	68,580	99.98	1.23	0.207
	5-10	838,556	14.1	9	0.01	0.001	-6.98
	10-15	129,645	2.18	0	0	0	0
	>15	143,611	2.42	0	0	0	0
การใช้ ประโยชน์ที่ดิน และสิ่งปก คลุมดิน	เกษตรกรรม	4,311,293	72.5	5,988	8.73	0.12	-2.117
	แหล่งน้ำ	142,226	2.39	812	1.18	0.495	-0.703
	ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	351,930	5.92	148	0.22	0.036	-3.312
	ป่าไม้	603,612	10.15	9	0.01	0.001	-6.651
	เบ็ดเตล็ด	537,450	9.04	61,632	89.85	9.942	2.297
การระบายน้ำ ของผิวดิน	การระบายน้ำเร็วมาก	322	0.01	0	0	0	0
	การระบายน้ำเร็ว	372,406	6.26	2,726	3.97	0.635	-0.455
	การระบายน้ำค่อนข้างเร็ว	1,204,106	20.25	31,149	45.41	2.243	0.808
	การระบายน้ำดี	1,050,089	17.66	0	0	0	0
	การระบายน้ำดีปานกลาง	873,807	14.69	969	1.41	0.096	-2.342
	การระบายน้ำมากเกินไป	11,644	0.2	0	0	0	0
	พื้นที่ไม่มีการสำรวจ	2,434,137	40.93	33,745	49.2	1.202	0.184
ความสูงภูมิ ประเทศ (เมตร)	0-100	3,204,905	53.89	41,832	60.98	1.132	0.124
	100-300	1,957,580	32.92	22,575	32.91	1	0
	300-500	440,939	7.42	3,642	5.31	0.716	-0.334
	> 500	343,087	5.77	540	0.79	0.136	-1.992
ความหนาแน่น ของถนน กม./ ตร.กม.	<0.2	452,034	7.6	3,668	5.35	0.704	-0.352
	0.2-0.4	382,666	6.44	5,746	8.38	1.302	0.264
	0.4-0.6	749,140	12.6	10,540	15.37	1.22	0.199
	>0.6	4,362,671	73.37	48,635	70.91	0.967	-0.034
ความหนาแน่น ของทางน้ำ กม./ตร.กม.	< 0.35	969,824	16.31	1,120	1.63	0.1	-2.301
	0.35-0.7	1,688,572	28.4	9,377	13.67	0.481	-0.731
	0.7-1	1,397,776	23.51	20,023	29.19	1.242	0.217
	>1	1,890,339	31.79	38,069	55.5	1.746	0.557
ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)	0-900	1	0.01	0	0	0	0
	900-1,000	1,415,032	23.8	138	0.2	0.008	-4.773
	1,000-1,200	4,231,016	71.15	68,451	99.8	1.403	0.338
	> 1,200	300,462	5.05	0	0	0	0

ค่า FSI และ FHSI ที่ได้นำไปใช้ในการสร้างแผนที่ความอ่อนไหวต่อการเกิดน้ำท่วมสามารถแบ่งระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดน้ำท่วมได้เป็น 5 ระดับ ได้แก่ น้อยที่สุด น้อย ปานกลาง มาก และมากที่สุด (ตารางที่ 3) จากนั้นนำข้อมูลผลลัพธ์จากระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดน้ำท่วมทั้ง 5 ระดับ มาซ้อนทับกับข้อมูลพื้นที่น้ำท่วมทั้งหมดพบว่าค่า FSI มีพื้นที่ส่วนใหญ่ที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดน้ำท่วมอยู่ในระดับมากที่สุด (ร้อยละ 77.10) ตรวจสอบความถูกต้องด้วยวิธี Kappa Analysis เท่ากับร้อยละ 80.13 ส่วนค่า FHSI พบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่ที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดน้ำท่วมอยู่ในระดับมากที่สุด (ร้อยละ 94.08) ตรวจสอบความถูกต้องด้วยวิธี Kappa Analysis เท่ากับร้อยละ 89.06

ตารางที่ 3 ระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดน้ำท่วมซ้ำซาก

ระดับความอ่อนไหว	พื้นที่ทั้งหมด (FR)		พื้นที่น้ำท่วมจริง (FR)		พื้นที่ทั้งหมด (SI)		พื้นที่น้ำท่วมจริง (SI)	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
น้อยที่สุด	1,657,086	27.87	49	0.07	66,110	1.11	2	0
น้อย	3,574,841	60.12	2,241	3.26	652,604	10.97	70	0.10
ปานกลาง	177,172	2.98	5,727	8.34	1,966,134	33.06	1,088	1.59
มาก	119,214	2	7,705	11.22	2,282,344	38.38	2,907	4.23
มากที่สุด	418,198	7.03	52,921	77.10	979,319	16.47	64,576	94.08
รวม	5,946,511	100	68,643	100	5,946,511	100	68,643	100

แผนที่แสดงระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดน้ำท่วมโดยวิธี FR (รูปที่ 11) และวิธี SI (รูปที่ 12) มีความแตกต่างกันมาก อาจเนื่องจากวิธีการคำนวณของทั้งสองวิธีมีความแตกต่างกัน ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าผลลัพธ์ของวิธี FR ระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดน้ำท่วมซ้ำซากในระดับมากที่สุดและมาก จะมีความสอดคล้องกับลักษณะการเกิดน้ำท่วมซ้ำซากในรูปที่ 9 มากกว่าวิธีการ SI ซึ่งแผนที่ที่ได้จะส่งผลกระทบต่อตรวจสอบความถูกต้องด้วยวิธี Kappa Analysis อีกด้วย เนื่องจากวิธี SI พื้นที่ที่มีโอกาสเกิดน้ำท่วมในระดับมากที่สุดและมากค่อนข้างกระจายไปทั่วเกือบทุกพื้นที่ นั่นแสดงว่าไม่ว่าจะตรวจสอบพื้นที่ตรงตำแหน่งใดก็จะมีโอกาสเกิดน้ำท่วมได้สูงและมีความถูกต้องมากกว่าแน่นอน ดังนั้นหากมองในลักษณะความเป็นจริงเมื่อเทียบกับรูปที่ 8 วิธี FR ให้ผลลัพธ์ของแผนที่ที่มีโอกาสเกิดน้ำท่วมเหมาะสมกว่า



รูปที่ 13 ระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดน้ำท่วมโดยวิธี FR รูปที่ 14 ระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดน้ำท่วมโดยวิธี SI

ตารางที่ 4 การคำนวณค่าอัตราความถี่และค่าทางสถิติ พื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วมกับพื้นที่ไม่เกิดน้ำท่วม

ปัจจัย	กลุ่มการจำแนก	พิภพพื้นที่ศึกษา		พิภพพื้นที่น้ำท่วมเคยเกิด/ ไม่เคยเกิด		อัตราส่วน ความถี่	ดัชนีทาง สถิติ
		จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ		
ความลาดชัน	0-5	4,834,699	81.3	1,273,490	55.47	0.682	-0.382
ของพื้นที่	5-10	838,556	14.1	822,845	35.845	2.542	0.933
(องศา)	10-15	129,645	2.18	158,360	6.898	3.164	1.152
	>15	143,611	2.42	41,049	1.788	0.74	-0.301
การใช้	เกษตรกรรม	4,311,293	72.5	1,684,648	73.38	1.012	0.012
ประโยชน์	แหล่งน้ำ	142,226	2.39	62,182	2.71	1.132	0.124
ที่ดินและสิ่ง	ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	351,930	5.92	96,901	4.22	0.713	-0.338
ปกคลุมดิน	ป่าไม้	603,612	10.15	26,710	1.16	0.115	-2.166
	เบ็ดเตล็ด	537,450	9.04	425,413	18.53	2.05	0.718
การระบายน้ำ	การระบายน้ำเร็วมาก	322	0.01	284	0.01	2.284	0.826
ของผิวดิน	การระบายน้ำเร็ว	372,406	6.26	240,630	10.48	1.674	0.515
	การระบายน้ำค่อนข้างเร็ว	1,204,106	20.25	706,614	30.78	1.52	0.419
	การระบายน้ำดี	1,050,089	17.66	50,775	2.21	0.125	-2.078
	การระบายน้ำดีปานกลาง	873,807	14.69	180,725	7.87	0.536	-0.624
	การระบายน้ำมากเกินไป	11,644	0.2	4,049	0.18	0.901	-0.105
	พื้นที่ไม่มีการสำรวจ	2,434,137	40.93	1,112,777	48.47	1.184	0.169
ความสูงภูมิ	0-100	3,204,905	53.89	2,031,863	88.85	1.648	0.496
ประเทศ	100-300	1,957,580	32.92	241,37	10.56	0.321	-1.141
(เมตร)	300-500	440,939	7.42	12,078	0.53	0.071	-2.646
	>500	343,087	5.77	1,616	0.07	0.012	-4.406
ความ	<0.2	452,034	7.60	40,697	1.77	0.233	-1.456
หนาแน่นของ	0.2-0.4	382,666	6.44	153,743	6.70	1.041	0.040
ถนน กม./ตร.	0.4-0.6	749,140	12.60	335,705	14.62	1.161	0.149
กม.	>0.6	4,362,671	73.37	1,765,709	76.91	1.048	0.047
ความ	<0.35	969,824	16.31	274,860	11.97	0.734	-0.309
หนาแน่นของ	0.35-0.7	1,688,572	28.40	489,200	21.31	0.75	-0.287
ทางน้ำ กม./	0.7-1	1,397,776	23.51	519,747	22.64	0.963	-0.038
ตร.กม.	>1	1,890,339	31.79	1,012,047	44.08	1.387	0.327
ปริมาณน้ำฝน	0-900	1	0.01	1	0	0.006	0.952
(มิลลิเมตร)	900-1000	1,415,032	23.8	274,830	11.97	0.001	-0.687
	1000-1100	4,231,016	71.15	2,021,023	88.03	0.002	0.144
	> 1100	300,462	5.05	0	0	0	0

ตารางที่ 5 ระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดน้ำท่วมกับพื้นที่ไม่เกิดน้ำท่วม

ระดับความ อ่อนไหว	พื้นที่ทั้งหมด (FR)		พื้นที่น้ำท่วมจริง (FR)		พื้นที่ทั้งหมด (SI)		พื้นที่น้ำท่วมจริง (SI)	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
น้อยที่สุด	185,589	3.12	3,674	0.16	72,494	0.92	134	0.01
น้อย	1,368,329	23.01	151,297	6.59	232,376	2.95	5,492	0.24
ปานกลาง	2,740,878	46.09	1,123,741	48.96	1,177,785	14.97	145,502	6.34
มาก	1,500,104	25.23	885,351	38.58	3,192,074	53.68	349,980	15.25
มากที่สุด	151,611	2.55	131,020	5.47	1,271,782	21.39	1,793,975	78.17
รวม	5,946,511	100	2,295,083	100	5,946,511	100	2,295,083	100

ค่า FSI และ FHSI ที่ได้นำไปใช้ในการสร้างแผนที่ความอ่อนไหวต่อการเกิดน้ำท่วม สามารถแบ่งระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดน้ำท่วมได้เป็น 5 ระดับ ได้แก่ น้อยที่สุด น้อย ปานกลาง มาก และมากที่สุด จากนั้นนำข้อมูลผลลัพธ์จากระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดน้ำท่วมทั้ง 5 ระดับ มาซ้อนทับกับข้อมูลพื้นที่น้ำท่วมทั้งหมด พบว่าค่า FSI มีพื้นที่ส่วนใหญ่ที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดน้ำท่วมอยู่ในระดับปานกลาง (ร้อยละ 48.96) และมาก (ร้อยละ 38.58) ตรวจสอบความถูกต้องด้วยวิธี Kappa Analysis เท่ากับร้อยละ 78.34 ส่วนค่า FHSI พบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่ที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดน้ำท่วมอยู่ในระดับมากที่สุด (ร้อยละ 78.17) ตรวจสอบความถูกต้องด้วยวิธี Kappa Analysis เท่ากับร้อยละ 88.12

แผนที่แสดงระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดน้ำท่วมโดยวิธี FR (รูปที่ 13) และวิธี SI (รูปที่ 14) เมื่อเทียบกับพื้นที่เคยเกิดน้ำท่วมกับไม่เคย (รูปที่ 10) วิธีการ FR ทำนายโอกาสที่จะเกิดน้ำท่วมในระดับมากที่สุดและมากได้ถูกต้องน้อยกว่าพื้นที่ที่เคยเกิดขึ้นจริง ส่วนวิธี SI ทำนายโอกาสที่จะเกิดน้ำท่วมในระดับมากที่สุดและมากได้ถูกต้องใกล้เคียงกับพื้นที่ที่เคยเกิดขึ้นจริง

5. สรุป อภิปรายผลการศึกษา

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวในการเกิดน้ำท่วม โดยใช้วิธี FR และวิธี SI กรณีศึกษาจังหวัดนครสวรรค์ ได้นำปัจจัย 7 ปัจจัย ประกอบด้วย ความลาดชัน การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน การระบายน้ำของผิวดิน ความสูงภูมิประเทศ ความหนาแน่นเส้นทางถนน ความหนาแน่นเส้นทางน้ำ และปริมาณน้ำฝนรายปี มาวิเคราะห์ร่วมกับพื้นที่น้ำท่วมที่เคยเกิดขึ้นระหว่าง ปี พ.ศ. 2550 - 2559 โดยแบ่งน้ำท่วมเป็น 2 รูปแบบ ได้แก่ น้ำท่วมซ้ำซาก และพื้นที่เคยเกิดน้ำท่วมกับไม่เคยเกิดน้ำท่วม โดยพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดน้ำท่วมซ้ำซากด้วยวิธี FR มี 5 ระดับ ได้แก่ พื้นที่ที่มีความอ่อนไหวมากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด ครอบคลุมพื้นที่ 669.12 ตร.กม. 190.74 ตร.กม. 283.48 ตร.กม. 5,719.75 ตร.กม. และ 2,651.34 ตร.กม. ตามลำดับ ส่วนวิธี SI ครอบคลุมพื้นที่ 1,566.91 ตร.กม. 3,651.75 ตร.กม. 3,145.81 ตร.กม. 1,044.17 ตร.กม. และ 105.78 ตร.กม. ตามลำดับ วิธี FR มีความถูกต้องเท่ากับร้อยละ 80.13 วิธี SI มีความถูกต้องเท่ากับร้อยละ 89.06 พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดพื้นที่เคยเกิดน้ำท่วมและไม่เคยเกิดน้ำท่วม ด้วยวิธี FR มี 5 ระดับ ได้แก่ พื้นที่ที่มีความอ่อนไหวมากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด ครอบคลุมพื้นที่ 242.58 ตร.กม. 2,400.17 ตร.กม. 4,385.40 ตร.กม. 2,189.33 ตร.กม. และ 296.94 ตร.กม. ตามลำดับ ส่วนวิธี SI ครอบคลุมพื้นที่ 2,034.85 ตร.กม. 5,107.32 ตร.กม. 1,884.46 ตร.กม. 371.80 ตร.กม. และ 115.99 ตร.กม. ตามลำดับ วิธี FR มีความถูกต้องเท่ากับร้อยละ 78.34 วิธี SI มีความถูกต้องเท่ากับร้อยละ 88.12 โดยปัจจัยความลาด

ชั้นของพื้นที่ 0-5 องศา ความสูงภูมิประเทศ 0-100 เมตร ปริมาณน้ำฝน 1,000-1,200 มิลลิเมตร พื้นที่เบ็ดเตล็ด และการระบายน้ำค่อนข้างเร็ว ส่งผลต่อการเกิดน้ำท่วมสูง สำหรับการวิเคราะห์ด้วยวิธีดังกล่าวไม่สามารถทำการเปรียบเทียบปัจจัยแต่ละปัจจัยได้ว่าปัจจัยใดส่งผลกระทบต่อการเกิดน้ำท่วมมากที่สุด แต่สามารถเปรียบเทียบปัจจัยในแต่ละคลาสได้ว่าคลาสไหนส่งผลกระทบต่อการเกิดน้ำท่วมมากน้อยเพียงใด

อย่างไรก็ดี การศึกษานี้มีข้อจำกัดบางประการ โดยเฉพาะปัจจัยปริมาณน้ำฝน เนื่องจากมีระยะห่างระหว่างแต่ละสถานีวัดน้ำฝนห่างไกลกัน และส่วนใหญ่สถานีวัดน้ำฝนตั้งอยู่ในเขตพื้นที่เมือง ไม่ได้ครอบคลุมพื้นที่ที่เป็นภูมิประเทศลาดชันและภูเขา อาจทำให้เกิดความผิดพลาดในการนำมาใช้งานได้ และครั้งต่อไปควรนำรูปแบบวิธีการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นในการเกิดน้ำท่วมในหลายๆ วิธีการมารวมวิเคราะห์เพื่อหาแบบโมเดลที่เหมาะสมที่สุด

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] คลังข้อมูลน้ำและภูมิอากาศแห่งชาติ. (2554). บันทึกเหตุการณ์มหาอุทกภัยปี 2554. Retrieved from <http://www.thaiwater.net/current/flood54.html>
- [2] ไทยรัฐออนไลน์. (2554). นครสวรรค์อ่วม น้ำท่วมโกรกพระสูงกว่า 2 เมตร. Retrieved from <https://www.thairath.co.th/content/122266>
- [3] กองอำนวยการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยจังหวัดนครสวรรค์. (2561). ข้อมูลจังหวัดที่เกิดอุทกภัย ปี 2554 – 2558 (เกิดซ้ำ 5 ปี). Retrieved from <http://122.155.1.141/upload/filecenter/191/files>
- [4] กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย. (2559). ปก.รายงานสถานการณ์อุทกภัย 17 จังหวัด. Retrieved from http://www.disaster.go.th/th/cdetail-7115disaster_news
- [5] ชิตาภัทร อนุชาญ และ นิติ เอี่ยมชื่น. (2560). การสร้างแผนที่ความอ่อนไหวในการเกิดน้ำท่วมโดยใช้วิธีอัตราส่วนความถี่ บริเวณลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ภาคใต้ของประเทศไทย. บุรพา, 22(3), 106-122.
- [6] Chen Cao, Peihua Xu, Yihong Wang, Jianping Chen, Lianjing Zheng and Cencen Niu. (2016). Flash Flood Hazard Susceptibility Mapping Using Frequency Ratio and Statistical Index Methods in Coalmine Subsidence Areas. Sustainability, 8(948), 2-18.
- [7] สิริกร ด่วงพิบูลย์, ธงชัย สุธีระศักดิ์, รวี รัตนาคม และวันจิตรา โต๊ะหวันหลง. (2561). การจำลองพื้นที่เสี่ยงอุทกภัย โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และการวิเคราะห์อัตราส่วนความถี่ ในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองหลังสวน ภาคใต้ ประเทศไทย. พระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 28(2), 259-272.
- [8] US National Library of Medicine National Institutes of Health. (2012). วิธี Kappa Analysis (K). Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3900052/>
- [9] Mahyat Shafapour Tehrany et al. (2018). Evaluating the application of the statistical index method in flood susceptibility mapping and its comparison with frequency ratio and logistic regression methods