AN APPLICATION OF GIS FOR ANALYZING SUITABLE AREA FOR FLOOD DISASTER SHELTER IN NAKORNPATHOM PROVINCE, THAILAND

WONGSAKORN TONGSALEE

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
(INFORMATION TECHNOLOGY MANAGEMENT)
FACULTY OF GRADUATE STUDIES
MAHIDOL UNIVERSITY
2015

COPYRIGHT OF MAHIDOL UNIVERSITY

Thesis
entitled

AN APPLICATION OF GIS FOR ANALYZING SUITABLE AREA FOR FLOOD DISASTER SHELTER IN NAKORNPATHOM PROVINCE, THAILAND

……
Mr. Wongsakorn Tongsalee
Candidate

……
Asst. Prof. Supaporn Kiattisin,
Ph.D. (Electrical and Computer Engineering)
Major advisor

……
Asst. Prof. Adisorn Leelasantitham,
Ph.D. (Electrical Engineering)
Co-advisor

……
Asst. Prof. Bunlur Emaruchi,
Ph.D. (Environment Systems Engineering)
Co-advisor

……
Prof. Patcharee Lertrit,
M.D., Ph.D. (Biochemistry)
Dean
Faculty of Graduate Studies
Mahidol University

……
Asst. Prof. Supaporn Kiattisin,
Ph.D. (Electrical and Computer Engineering)
Program Director
Master of Science Program in Information Technology Management
Faculty of Engineering
Mahidol University

Thesis
entitled

AN APPLICATION OF GIS FOR ANALYZING SUITABLE AREA FOR FLOOD DISASTER SHELTER IN NAKORNPATHOM PROVINCE, THAILAND

was submitted to the Faculty of Graduate Studies, Mahidol University
for the degree of Mater of Science
(Information Technology Management)
on
April 29, 2015

……
Mr. Wongsakorn Tongsalee
Candidate

……
Lect. Taweesak Samanchuen,
Ph.D. (Electrical Engineering)
Chair

……
Asst. Prof. Supaporn Kiattisin,
Ph.D. (Electrical and Computer Engineering)
Member

……
Asst. Prof. Adisorn Leelasantitham,
Ph.D. (Electrical Engineering)
Member

……
Asst. Prof. Bunlur Emaruchi,
Ph.D. (Environment Systems Engineering)
Member

……
Asst. Prof. Waranyu Wongseree,
Ph.D. (Electrical Engineering)
Member

……
Prof. Patcharee Lertrit,
M.D., Ph.D. (Biochemistry)
Dean
Faculty of Graduate Studies
Mahidol University

……
Lect. Worawit Isarangkul,
M.S. (Technical Management)
Dean
Faculty of Engineering
Mahidol university

ACKNOWLEDGEMENTS

This thesis would not be success without supports, advices and encouragements from many people. I would like to express my gratitude to my advisor Asst. Prof. Supaporn Kiattisin, Ph.D., Asst. Prof. Adisorn Leelasantitham, Ph.D., and Asst. Professor Bunlur Emaruchi, Ph.D. They were recommended me on this thesis of this topic and knowledge of flood management, Geographic Information System (GIS) and using tools. They gave me a good advices and taught me about how to invent the process.

The indispensable group was my family and my friends who always stay beside and encourage me when I was discouraged and under pressure. Even they do not know deeply in this topic, but they tend to support me as much as possible. Finally, I gratitude Mr.Junwistphop Wongpanja, Ms. Niorn Jitjong, Ms. Waraporn Kreawporrapak, and the DPM officers, who devoting their times and sharing GIS data, flood lessons learn and local information for troubleshooting the selection of flood disaster suitable area. It succeeds this thesis.

Wongsakorn Tongsalee

AN APPLICATION OF GIS FOR ANALYZING SUITABLE AREA FOR FLOOD DISASTER SHELTER IN NAKORNPATHOM PROVINCE, THAILAND

WONGSAKORN TONGSALEE 5636633 EGIT/M

M.Sc. (INFORMATION TECHNOLOGY MANAGEMENT)

THESIS ADVISORY COMMITTEE: SUPAPORN KIATTISIN, Ph.D., ADISORN LEELASANTITHAM, Ph.D., BANLUR EMARUCHI, Ph.D.

ABSTRACT

This thesis aims to evaluate potential areas of Nakornpathom to find suitable areas for the establishment of a flood disaster shelter. By studying the topography and the risk of flooding in the area, with the data from trusted public and government agencies, participate in the analysis, together with the five selected criteria taken from the Disaster Prevention and Mitigation officer, including the flood risk, the flood record, the slope, the distance from the main road, and the population density of each sub district. By applying the geographic information system (GIS) through, the Potential Surface Analysis (PSA) method, the five factors are overlaid to find the most suitable area in Nakornpathom province.

By studying the potential surface for a flood disaster shelter, the suitable results are divided into 5 levels, given as: most suitable, suitable, moderately suitable, less suitable and lowest suitable area. The results showed that Nakornpathom Province has 2.39 percent of the highest suitable areas. It is found in the clustering areas of Muang Nakorn Pathom, Kamphaeng Saen, and the area along the major transport routes in Samphran and Nakhon Chai Si district. It is followed by 21.27 percent of the high suitable areas, found in the area along the transportation routes in the south and west. It is also found on transport links to the central of the Don Tum district.

KEY WORDS: GIS / PSA / SHELTER / FLOOD

74 pages

การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อวิเคราะห์ที่ตั้งเหมาะสมสำหรับศูนย์พักพิงผู้ประสบอุทกภัย จังหวัดนครปฐม

AN APPLICATION OF GIS FOR ANALYZING SUITABLE AREA FOR FLOOD DISASTER SHELTER IN NAKORNPATHOM PROVINCE, THAILAND

วงศกร ตงสาลี 5636633 EGIT/M

วท.ม. (การจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ)

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : สุภาภรณ์ เกียรติสิน, Ph.D., อดิศร ลีลาสันติธรรม, Ph.D., บันลือ เอมะรุจิ, Ph.D.

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้ครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อประเมินศักยภาพพื้นที่ของจังหวัดนครปฐม เพื่อค้นหาพื้นที่เหมาะสมสำหรับจัดตั้งเป็นศูนย์พักพิงผู้ประสบอุทกภัยภายในพื้นที่ โดยศึกษาลักษณะภูมิประเทศ และความเสี่ยงต่ออุทกภัยของพื้นที่จังหวัดนครปฐม เพื่อร่วมในการวิเคราะห์โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์(GIS) ผ่านกระบวนการประเมินศักยภาพพื้นที่ (PSA) โดยใช้เกณฑ์การตัดสินใจที่ได้รับการศึกษาและคัดเลือกจากเจ้าหน้าที่ป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย คือ ระดับความเสี่ยงการเกิดอุทกภัย ประวัติการเกิดอุทกภัย ความลาดชัน ระยะห่างจากถนนสายหลัก และความหนาแน่นของประชากรรายตำบล โดยใช้ข้อมูลจากองค์กรภาครัฐ และองค์กรอิสระที่เชื่อถือได้

ในการศึกษาศักยภาพพื้นที่สำหรับตั้งศูนย์พักพิงผู้ประสบอุทกภัยครั้งนี้ได้แบ่งระดับความเหมาะสมของพื้นที่เป็น 5 ระดับ คือ เหมาะสมมากที่สุด เหมาะสมมาก เหมาะสมปานกลาง เหมาะสมน้อย และเหมาะสมน้อยที่สุดโดยผลการศึกษาพบว่าจังหวัดนครปฐมมีพื้นที่อยู่ในระดับเหมาะสมมากคิดเป็นร้อยละ 2.39 ของพื้นที่ทั้งจังหวัด พบมากในบริเวณอำเภอเมือง อำเภอกำแพงแสน และบริเวณริมเส้นทางคมนาคมสายหลักในอำเภอสามพรานและนครชัยศรี โดยพื้นที่รองลงมาคือระดับเหมาะสมมากมีพื้นที่คิดเป็นร้อยละ 21.27 ของจังหวัด ซึ่งพบในบริเวณริมเส้นทางคมนาคมทางทิศใต้และตะวันตก จะจุดเชื่องโยงการคมนาคมในอำเภอดอนตูม

74 หน้า

CONTENTS

	Page
ACKNOWLEDGEMENTS	**iii**
ABSTRACT (ENGLISH)	**iv**
ABSTRACT (THAI)	**v**
LIST OF TABLES	**viii**
LIST OF FIGURES	**ix**
CHAPTER I INTRODUCTION	**1**
1.1 Background and problem statement	1
1.2 Objectives	2
1.3 Scope	2
1.4 Expected result	3
1.5 Outline summary	3
CHAPTER II LITERATURE REVIEW	**4**
2.1 Study site	4
2.2 Flood disaster impact in Nakornpathom province	7
2.3 Cause of flood	7
2.3.1 Natural cause	7
2.3.2 Man-made cause	7
2.4 Geographic Information System (GIS)	8
2.4.1 Overlay technique	15
2.4.2 Surface analysis	15
2.5 Potential Surface Analysis (PSA)	16
2.5.1 Selection of relevant factors	18
2.5.2 Spatial data preparation	18
2.5.3 Data input and storage in GIS format	18
2.5.4 GIS data analysis	18
2.6 Related work	23

CONTENTS (cont.)

	Page
CHAPTER III MATERIAL AND METHODOLYGY	**25**
3.1 Data collection and analysis	25
3.2 Geographical data of Nakornpathom province	27
3.3 Flood hazard risk area	27
3.4 Mapping the suitable area	27
3.5 Methodology	28
3.6 Creating the Digital Elevation Model	28
3.7 Analysis of Nakornpathom's flood hazard risk area	30
3.8 Analysis of flood disaster shelter suitable area	33
3.9 Research tools	35
3.9.1 Hardware	35
3.9.2 Software	36
CHAPTER IV RESULT AND DISCUSSION	**37**
4.1 Nakornpathom province's terrain	37
4.2 Flood hazard risk area in Nakornpathom province	40
4.3 Flood disaster shelter suitable area	45
4.4 Evaluation	50
4.5 Discussion	51
CHAPTER V CONCLUSION AND RECOMMENDATION	**53**
5.1 Conclusion	53
5.2 Recommendation and future work	54
REFERENCES	**55**
APPENDICES	**57**
Appendix A Weighting And Rating Questionare	58
Appendix B Paper	60
BIOGRAPHY	**74**

LIST OF TABLES

Table		Page
2.1	Nakornpathom flood impact area (2006 – 2013)	9
2.2	Factor capability table calculate from Rating value and Weighting value	20
2.3	Pairwise Comparison weighting scale	21
2.4	Example of Pairwise Comparison matrix table	22
2.5	Eigenvector weighting scores	22
3.1	Weighting and Rating scores	34
4.1	ONEP factors	40
4.2	The area of flood hazard risk in Nakornpathom province	43
4.3	Adapted PSA factors	45
4.4	Summarize of the suitable areas	50

LIST OF FIGURES

Figure		Page
2.1	Nakornpathom boundary	5
2.2	Nakornpathom topography	6
2.3	Overlay technique	15
2.4	Triangulated Irregular Network (TIN)	16
2.5	Digital Elevation Model (DEM)	16
2.6	The illustration of the Weighted Linear Combination Scale	19
3.1	The proposed framework	26
3.2	Topo-to-Raster function	28
3.3	Topo-to-Raster setup screen	29
3.4	Creating DEM.	29
3.5	Geoprocessing menu	30
3.6	Union setup screen	31
3.7	Union analysis	31
3.8	Flood hazard risk analysis flow chart (ONEP)	32
3.9	Dissolve analysis	32
3.10	Buffer analysis	33
3.11	Slope extraction	34
3.12	Analysis of the suitable area flow chart	35
4.1	Essential data for DEM creation	38
4.2	DEM of Nakornpathom	39
4.3	The flood hazard risk areas of Nakornpathom	44
4.4	The suitable areas for flood disaster shelters in Nakornpathom	48
4.5	The flood disaster shelters on the suitable areas with the DPM's existing shelters	52

CHAPTER I
INTRODUCTION

1.1 Background and problem statement

Flood is a natural disaster, the most damage in social and economic sectors of Thailand. Flood can be occurred for the several reasons. In Thailand, an occurring of flood are mostly from the heavy and continuous pacipitation during the rainy season and the tropical storm in or nearby areas. That situation can cause of inundation flood in watershed areas, flood plain, or flash flood in mountainous areas.

Nakornpathom is a province in central-west Thailand. There are three watersheds in Nakornpathom boundary, given as: Chao Pra-Ya watershed located in east side of province, Tha-Chin watershed located in central Nakornpathom, and Mae-Klong watershed located in west side of province. Nakornpathom's topography is generally flat. There is no forestry and mountainous area. Elevation are various between one and fifteen meter. Tha-Chin River run from north to south in the central. Nearby area is a plain interspersed with upland and water body. The east side of Nakornpathom is flood plain along Tha-Chin river banks. There are many natural canals and man-made canal in this area.

In 2011, due to tropical storm and heavy rain, it cause flood in many areas of Nakornpathom. Many habitat, road, and farmland were flooded. Firstly, there was inundation flood in Bang-lane district, due to the large volume of water from farmland at north side (Pak-Hai and Jao-Jed field). Due to the low pressure trough and heavy rain, the water level in Praya Ban-Lue canal was increased. Then, the water level in Tha-Chin River was increased. Therefore, the areas along Tha-Chin River bank in Bang-lane were flood. Moreover, the water was flooded in the east side of the province by Mahasawad canal. The water from east side flooded Phutthamonthon, Nakorn Chai Si, and Samphran district (The Office of Disaster Prevention and Mitigation Nakornpathom Province, 2013).

When disaster happened, there are many impact. People are displaced from their house. There are four cyclic steps of disaster management, including Preparation, Readiness, Response, and Recovery. The mitigation plan and emergency response should execute as soon as possible. Displaced people have the right to obtain the help and protection from exploitation and harm. Shelter is an important things for displaced people. Shelter can ensure and enhance the safety for the migrant. For these reason, selection of a shelter is more important. If it located in a wrong location, it can cause many problem.

Flood is usually happen in Nakornpathom. Not only the weather but also the terrain that cause Nakornpathom flooded. Because Nakornpathom is flood plain, there are no differential elevation between river and riverbank in the north and east side. That make Nakornpathom can to be flooded easily. This thesis aims to create the digital elevation model (DEM), the risk zoning by flood risk analysis, and the suitable areas for flood disaster shelter in Nakornpathom determination, to guide the mitigation of flood occur.

1.2 Objectives

1) To study Nakornpathom terrain by creating the digital elevation model (DEM).
2) To analyze the flood risk areas in Nakornpathom.
3) To analyze the suitable shelter areas for flood disaster.

1.3 Scope

The research area is Nakornpathom province in central of Thailand, where has been flooded continuously during 2006 – 2013.

1.4 Expected result

The information is taken from the analysis of Geographic Information System (GIS) based information system for supporting the decision and mitigating flood disaster in Nakornpathom province.

1.5 Outline summary

This thesis is divided into five main chapters including the Chapter I of introduction. Chapter II is the literature review, consisting of various theories and methods of disaster management and Geographic Information system (GIS). Moreover, it contains several related works. Chapter III is the methodology of the thesis, including the summarized work flow and the details of processes. Chapter IV describes the experimental result analysis and discussion. The results of the thesis include the digital elevation model (DEM), the flood risk map, and the suitable areas. Finally, the conclusion is also given in Chapter V.

CHAPTER II
LITERATURE REVIEW

2.1 Study site

Nakornpathom province has known as a historical province, because many antiquities and historical evidences have been discovered here. It is believed that an ancient city of Thawarawadee Empire was located here in Nakornpathom Province.

Nakornpathom, the province in central-west Thailand, is located in Tha-Chin river basin. It is approximately 56 kilometers on Petchkasem road, or 51 kilometers on Borommaratchachonnani road (Pinklao – Nakhon Chai Si) from Bangkok. It is also known as Bangkok's parameter area. We can travel to Nakornpathom by train. Nakornpathom borders are with Song Phi Nong district of Suphanburi and Lat Bua Luang district of Ayuthaya in the North; Krathum Ban/Ban Phaeo districts of Samutsakorn and Bang Phae district of Ratchaburi are in the South; Sai Noi/Bang Yai/Bang Kruai districts of Nonthaburi, Bang Sai district of Ayuthaya, and Thawi Watthana/Nong Khaem districts of Bangkok are in the East; and Ban Pong/Photharam districts of Ratchaburi and Tha Maka/Phanom Thuan districts of Kanjanaburi are in the West, as shown in Figure 2.1.

Nakornpathom is divided into 7 districts (Amphoe), 106 subdistricts (Tambon) and 904 villages (Muban). There are approximately 879,327 people in 343,083 household living in Nakornpathom. Topography of Nakornpathom is absolutely flat, as shown in Figure 2.2. It has Tha Chin River running from North to South in the central-east of province. Nakornpathom's soil types are mostly clay. Nakornpathom normally has hot weather. It is not too cold in winter season. There are 100 - 134 rainy days for a year.

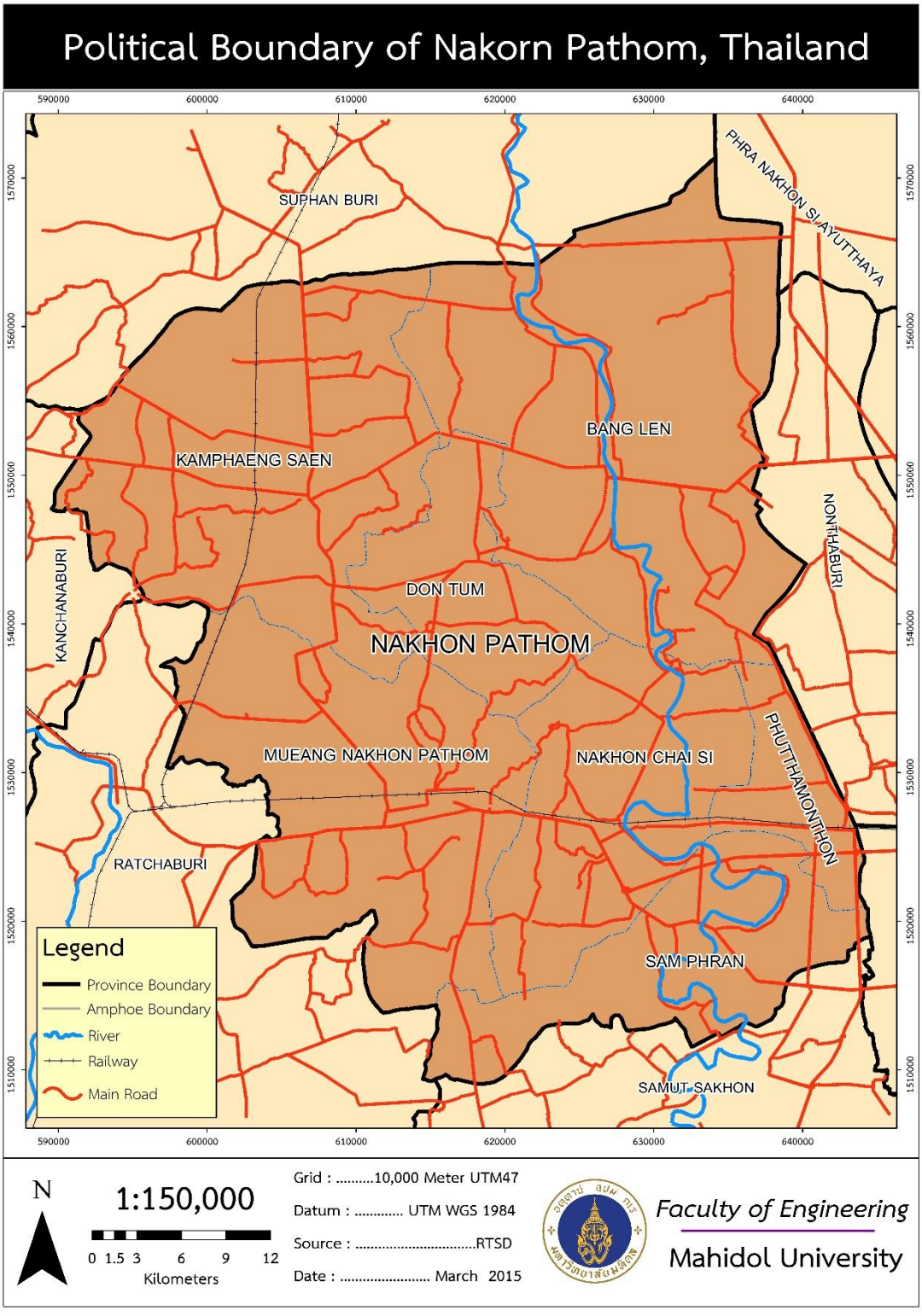


Figure 2.1 Nakornpathom boundary.

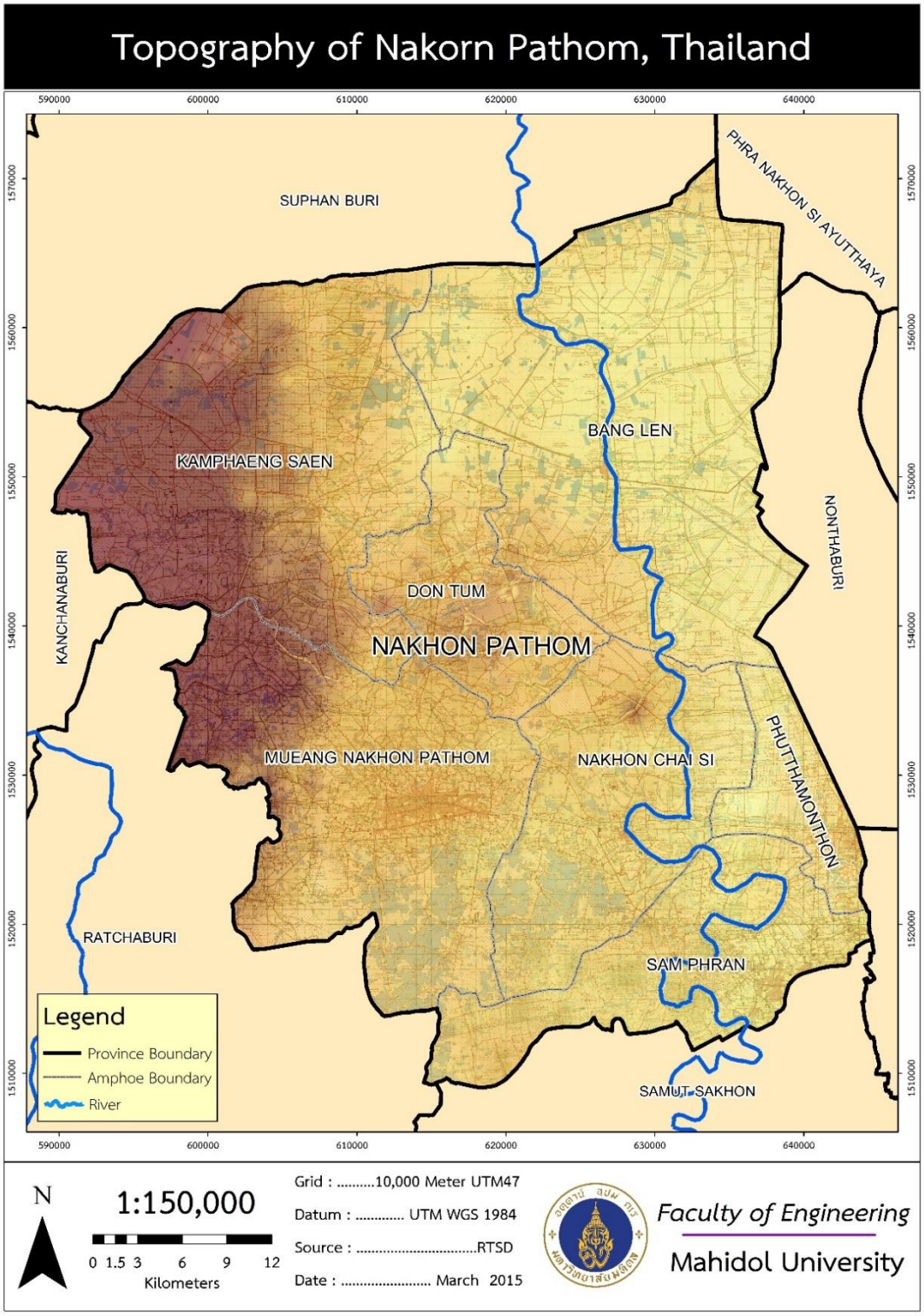


Figure 2.2 Nakornpathom topography.

2.2 Flood disaster impact in Nakornpathom province

From Geo-Informatics and Space Technology Development Agency Public Organization (GISTDA)'s flood area data (2006 – 2013), it is shown that Nakornpathom is flood every year. Excepted in 2009, there is no report of flood areas in Nakornpathom from this dataset. The big flood incident in Nakornpathom occurred in 2010 as a part of the great flood in Thailand with the approximate areas of 784,472.34 clas (rai). The most devastated areas are in Bang Len district, followed by Kamphaeng Saen, Nakhon Chai Si, and Don Tum districts, respectively.

2.3 Cause of flood

2.3.1 Natural cause

1) The areas in the central and northern are influenced by a low pressure trough and southwest monsoon trough in May to October. It usually enables the direct/indirect effects of depression and the tropical storm through the flooding conditions and floods overflowed area near the river expands, especially for the east-side area of Bang Len, Nakhon Chai Si, Putthamonthon, and Don Tum.

2) Nakornpathom is overloading to obtain the massive movement of water from northern area. The water from Bhumibol Dam and Sirikit Dam is drained into Tha Chin River basin.

3) Northern sub-basin frontier is steep slopes area that cause flood in south plain.

4) Tide influences slow down the drainage to the sea. There are two-times a day tide in the Gulf of Thailand.

2.3.2 Man-made cause

1) Both expansion of urban areas and insufficient drainage system in the area increase the run-off coefficient and cause the faster waterlogging. In addition, foregoing/filling the area and the construction of certain public utilities have also effected of drainage.

2) Because the underground water are used as water supply, the drainage capabilities of the areas are decreased by causing land subsidence.

3) Building farmland area protection dike, 25 years-period flood protection forecasting, along Chao Praya River and partial Tha Chin River by Royal Irrigation Department (RID) raised water level and rate of flow in the river. Water mass are moving faster into downstream areas that increase flooding damage.

From the GISTDA's data, it has noticed that flooding will occur in Bang Len district firstly, then it will gradually spread into the South at Don Tum, Nakhon Chai Si, and Sam Phran, respectively. These areas are the most basins, especially for Bang Len district. As shown in Table 2.1, the expansion of the blockade building cause the long period flooding. There are possible solutions, such as 1) Digging the canals to enhance drainage, 2) Creating a shortcut canal to transfer water from east to west, 3) Developing a shelter to accommodate the water coming from the north, 4) Enhancing the dike above the maximum water level and building the water control tower in the lower areas to prevent water backing to drain, 5) Eliminating the obstruction along the river, including the encroachment buildings, the water hyacinth along Tha Chin River.

2.4 Geographic Information System (GIS)

Geographic Information System (GIS) is a tool developed to collect, manage, analyze, and display the real-world's virtual data for any purpose. With the coordination system, the data created in the systematic relationships can be both text and picture (Phattanakiet, 2003).

Table 2.1 Nakornpathom flood impact area (2006 – 2013).

Sub district	District	Flooded Area (Rai)						
		2006	2007	2008	2010	2011	2012	2013
Kra Tip	Kam-phaeng Saen	3,621.94	-	240.78	5,019.78	15,606.76	1,069.90	1,440.47
Kam-phaeng Saen		1,041.49	-	35.42	803.00	5,811.82	30.58	552.10
Don Khoi		11,344.46	2,776.71	4,293.12	9,335.54	16,860.16	4,678.49	7,339.38
Thung Kaphanghom		257.05	-	-	164.88	1,480.73	-	54.64
Thung Khwang		202.05	-	-	34.99	2,002.44	10.52	11.51
Thung Bua		1,011.66	-	-	1,791.02	4,540.70	301.12	722.32
Thung Luk Nok		2,141.71	-	-	2,056.55	5,474.02	507.04	665.80
Rang Phi Kun		237.19	-	-	416.76	1,169.94	14.03	89.37
Wang Nam Khiao		1,116.21	157.06	35.00	1,250.75	4,171.71	375.57	510.35
Sa Phattha-na		6,717.05	2,430.71	4,970.83	7,864.86	13,153.83	3,758.10	5,350.26
Sa Si Mum		16,997.67	5,859.83	9,210.23	17,208.03	25,856.44	6,240.72	9,761.30
Nong Krathum		1,650.95	-	-	1,235.03	4,035.05	680.53	702.80
Huai Khwang		1,729.08	155.17	-	1,340.06	8,313.67	101.02	624.56
Huai Muang		13,824.68	6,324.42	8,577.05	11,974.07	16,590.09	7,508.14	7,945.83
Huai Mon Thong		-	-	-	264.40	1,597.63	34.71	86.48
Kamphaeng Saen Total		61,893.19	17,703.90	27,362.43	60,759.74	126,665.01	25,310.49	35,857.17

Table 2.1 Nakornpathom Flood Impact Area (2006 – 2013) (cont.).

Sub district	District	Flooded Area (Rai)						
		2006	2007	2008	2010	2011	2012	2013
Don Phutsa	Don Tum	7,207.93	2,823.76	856.56	6,946.95	12,747.61	4,588.76	5,219.01
Don Ruak		2,184.00	429.71	-	2,256.71	5,168.57	807.72	1,118.59
Ban Luang		2,935.23	1,414.16	530.85	2,884.00	4,931.42	1,430.96	1,749.88
Lam Luk Bua		10,923.66	4,579.94	6,738.40	10,367.66	15,373.68	3,632.09	5,966.11
Lam Hoei		3,805.06	643.63	794.54	5,428.61	12,010.51	3,413.42	3,630.78
Sam Ngam		4,874.33	1,563.22	1,749.22	5,834.84	12,422.36	1,995.75	3,881.93
Huai Duan		2,066.10	294.26	-	2,402.21	6,588.45	214.72	969.97
Huai Phra		4,933.31	1,049.96	-	4,152.38	10,105.93	1,450.65	2,673.31
Don Tum Total		38,929.62	12,798.63	10,669.57	40,273.36	79,348.52	17,534.07	25,209.58
Khun Kaeo	Nakhon Chai Si	312.43	78.03	-	224.01	859.65	-	89.99
Khok Phra Che Di		4,527.76	1,151.85	-	2,263.25	377.91	72.88	347.54
Ngio Rai		858.70	64.56	-	889.57	3,077.75	16.08	96.75
Don Faek		4,280.13	1,054.05	-	3,050.74	7,301.90	1,811.99	2,166.29
Tha Kra Chap		1,519.45	327.79	-	1,091.22	105.15	7.97	97.26
Tha Tamnak		1,047.63	445.06	-	908.87	644.75	-	11.68
Tha Phraya		1,708.40	350.41	-	1,319.07	472.89	51.13	76.03
Thaiyawat		650.27	117.62	-	625.86	2,726.31	49.21	49.21
Nakorn Chaisi		99.29	65.82	-	145.12	541.61	-	-
Bang Kra Bao		378.76	123.78	-	197.84	627.45	-	56.71
Bang Kaeo		1,902.74	712.89	-	1,373.42	213.88	13.77	76.75

Table 2.1 Nakornpathom Flood Impact Area (2006 – 2013) (cont.).

Sub district	District	Flooded Area (Rai)						
		2006	2007	2008	2010	2011	2012	2013
Bang Kaeo Fa	Nakhon Chai Si	4,139.89	1,591.10	669.10	3,369.85	7,193.07	1,623.69	2,682.21
Bang Phra		3,604.58	1,799.24	1,520.21	3,260.03	4,835.42	2,033.96	2,336.00
Bang Rakam		19,248.86	6,901.02	-	17,516.13	19,079.18	4,722.26	6,418.21
Pha Niat		780.42	135.17	-	907.73	723.78	103.71	76.98
Lan Tak Fa		6,024.84	2,700.78	-	4,712.90	10,478.45	2,702.19	3,058.35
Wat Khae		296.42	173.49	-	368.81	1,015.19	9.13	131.19
Wat Lamut		5,062.23	1,414.60	1,126.10	4,572.94	9,980.36	2,454.63	3,036.83
Wat Sam Rong		1,472.23	518.82	-	2,087.34	4,517.26	630.29	826.01
Sri Mahapho		2,318.90	239.38	57.11	1,953.46	6,430.86	860.30	1,094.93
Sri Sa Thong		1,348.95	364.96	-	1,356.06	4,303.99	431.22	723.61
Sam Pa Thuan		1,746.90	417.38	-	2,002.25	5,614.99	373.90	731.09
Huai Phlu		3,047.61	461.43	-	1,396.49	6,897.28	762.14	1,140.49
Laem Bua		5,946.89	2,051.78	-	6,373.93	12,318.65	3,211.37	4,832.69
Nakhon Chai Si Total		72,324.27	23,261.02	3,372.52	61,966.87	110,337.71	21,941.83	30,156.80
Khlong Nok Kra Thung	Bang Len	7,742.47	3,240.39	1,447.89	9,732.91	14,272.65	3,915.68	5,417.51
Don Tum		8,320.44	2,814.22	4,174.62	8,261.81	15,120.47	4,017.85	6,394.98
Sai Ngam		17,037.01	9,583.77	8,063.32	20,216.92	22,558.26	12,066.62	14,564.91
Naraphi-rom		7,468.34	5,073.15	71.76	13,059.67	21,783.75	9,550.58	8,462.44
Ninphet		16,253.39	9,089.38	9,373.33	23,603.18	25,020.80	15,088.21	16,082.51
Bua Pat Tha		16,501.24	8,496.38	7,209.06	24,580.41	29,488.86	11,487.12	11,911.96
Bang Sai Pa		14,380.60	5,911.97	6,410.62	18,491.89	25,004.37	7,509.16	10,381.62

Table 2.1 Nakornpathom Flood Impact Area (2006 – 2013) (cont.).

Sub district	District	Flooded Area (Rai)						
		2006	2007	2008	2010	2011	2012	2013
Bang Pla	Bang Len	16,076.56	6,916.10	5,362.19	14,280.11	19,978.47	9,100.94	10,533.74
Bang Pha Si		21,227.29	16,299.89	10,540.56	30,770.48	-	17,303.99	21,767.68
Bang Rakam		-	-	1,002.75	-	34,926.53	-	-
Bang Len		10,771.54	2,992.60	4,429.64	11,344.31	18,776.28	2,406.15	5,111.53
Bang Luang		45,662.20	23,005.70	27,196.26	49,546.56	51,490.49	25,343.74	27,761.63
Phai Hu Chang		11,007.93	5,024.85	8,134.65	11,765.37	13,819.57	4,425.31	5,327.13
Lam Pha Ya		5,410.01	1,437.27	225.40	5,748.55	11,670.07	2,174.93	3,578.65
Hin Mun		21,032.18	9,007.26	11,941.14	18,208.67	22,637.08	11,158.16	13,601.34
Bang Len Total		218,891.20	108,892.94	105,583.19	-	326,547.65	135,548.43	160,897.63
Khlong Yong	Phuttha-mon-thon	7,692.35	2,423.19	-	5,833.39	19,335.59	2,479.10	3,643.05
Mahasa-was		5,602.36	2,321.48	-	5,354.48	10,447.58	2,144.32	3,377.63
Salaya		5,007.66	1,409.04	-	3,526.88	18,204.30	951.46	2,007.31
Phutthamonthon Total		18,302.37	6,153.71	-	47,987.47	5,574.88	9,027.98	9,027.99
Don Yai Hom	Muang Nakhon Pathom	22,049.72	8,718.46	-	16,929.92	1,893.62	539.72	1,950.55
Ta Kong		1,714.17	57.52	-	1,211.38	5,211.49	159.36	652.94
Thanon Khat		4,792.90	1,668.98	-	2,978.82	433.66	182.60	535.74
Thap Luang		404.55	-	-	404.87	4,162.49	47.41	196.56
Thung Noi		363.96	-	-	318.86	2,118.28	-	38.65
Thamsala		111.12	1.88	-	37.86	261.63	0.52	79.58
Nakorn-pathom		883.72	-	-	437.54	2,502.58	39.94	327.79
Bo Phlap		52.51	-	-	3.23	493.84	-	-

Table 2.1 Nakornpathom Flood Impact Area (2006 – 2013) (cont.).

Sub district	District	Flooded Area (Rai)						
		2006	2007	2008	2010	2011	2012	2013
Bang Khaem	Muang Nakhon Pathom	8,846.02	4,323.82	-	8,183.74	338.48	42.04	287.53
Ban Yang		659.64	-	-	1,344.21	5,661.84	487.15	604.26
Phra Patom Chedi		-	-	-	-	92.03	-	-
Phra Prathom		24.33	-	-	-	65.17	-	56.72
Phrong Maduea		759.80	100.68	-	1,291.64	6,522.01	204.70	347.72
Map Khae		901.17	223.46	-	1,027.48	4,844.37	6.84	336.13
Lam Pha Ya		-	-	-	-	171.15	-	57.55
Wang Taku		256.57	2,973.13	-	-	1,490.63	-	-
Wang Yen		5,702.41	-	-	3,898.09	2,036.36	1,070.20	1,976.11
Sanam Chan		664.19	224.30	-	588.13	64.57	-	0.18
Sa Kathiam		3,899.60	1,450.45	-	3,360.77	4,241.34	737.22	1,193.33
Suan Pan		327.48	2.12	-	240.78	530.05	90.02	275.19
Sam Khwai Phueak		279.86	-	-	324.12	2,361.34	275.16	11.98
Nong Ngu Lueam		42.77	-	-	171.13	3,382.64	-	28.16
Nong Din Deang		666.63	92.57	-	338.81	1,380.96	-	39.92
Nong Pak Long		269.13	45.46	-	351.32	3,431.35	40.37	238.11
Huai Chorakhe		38.25	-	-	-	-	-	-
Muang Nakhon Pathom Total		53,710.50	19,882.83	-	43,442.71	53,691.87	3,923.25	9,234.68

Table 2.1 Nakornpathom Flood Impact Area (2006 – 2013) (cont.).

Sub district	District	Flooded Area (Rai)						
		2006	2007	2008	2010	2011	2012	2013
Kratum Lom	Sam-phran	2,002.96	-	-		8,095.25	209.66	-
Klong Jinda		351.32	-	-	19.16	46.85	-	-
Klong Mai		194.08	-	-	148.11	247.71	-	15.72
Talad Jinda		6,339.57	1,257.89	-	2,604.88	530.39	29.59	111.68
Thsong Kanong		288.80	145.17	-	666.63	2,891.51	84.60	75.62
Ta Kham		-	-	-	-	789.33	-	-
Ta Talad		-	-	-	-	1,523.51	-	-
Bang Krathuk		1,239.86	5.50	-	166.84	4,852.38	72.95	-
Bang Chang		-	-	-	-	544.73	-	-
Bang Toei		606.07	163.64	-	291.29	3,450.87	-	-
Ban Mai		-	-	-	-	1,235.29	-	-
Yai Cha		-	-	-	-	677.28	-	-
Rai Khing		137.08	-	-	-	5,706.59	10.46	-
Sam-phran		-	-	-	-	1,365.77	-	-
Hom Gret		101.09	-	-	161.86	2,485.68	-	-
Aom Yai		23.73	-	-	-	5,450.96	10.02	-
Sam Phran Total		11,284.56	1,572.20	-	4,058.77	39,894.10	417.29	203.03
Nakornpathom Total		**475,335.72**	**190,265.23**	**146,987.72**	**484,827.02**	**784,472.34**	**210,250.23**	**270,586.85**

2.4.1 Overlay technique

Overlay Analysis is the multi-layers analysis method. It can fuse the different types of data, which have the same location or same coordination system. There are two types of Overlay Analysis. The first is Vector Overlay, which uses the geometry and the spatial relation together with the condition of Boolean algebra operators, given as: NOT, AND, OR, and XOR. The second type is Raster Overlay, which uses images data that displays as the pixels. The Overlay Analysis uses the mathematic method and operators including plus, minus, multiply, and division together with Boolean algebra operators.

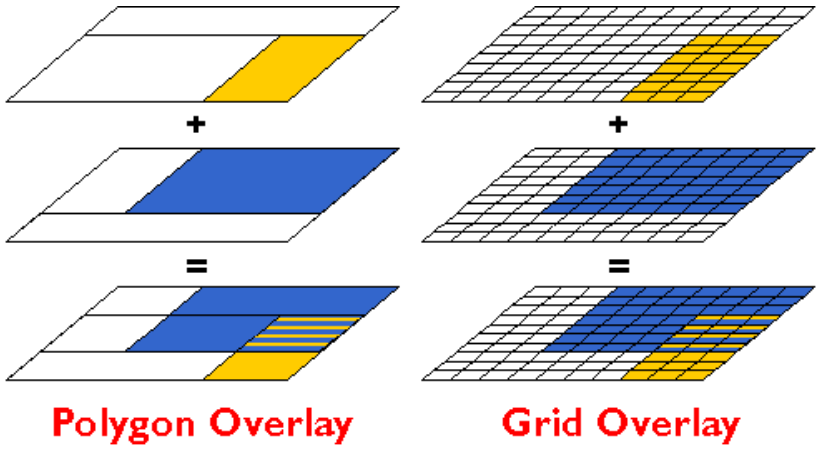


Figure 2.3 Overlay technique.

2.4.2 Surface analysis

Surface Analysis is the data distribution analysis representing as a spatial data's third dimension. Normally, the spatial data have coordination as X-axis (Eastern axis) and Y-axis (Northern axis). An independent data is shown as Z axis, such as elevation data, temperature, rainfall, chemical intensity and land prices. An output is a 3D-image, represent data variable as surface level. The output can be two type of data. First is Triangulated Irregular Network (TIN), which is vector data as shown in Figure 2.4. Second is Digital Elevation Model (DEM), which is raster data as shown in Figure 2.5.

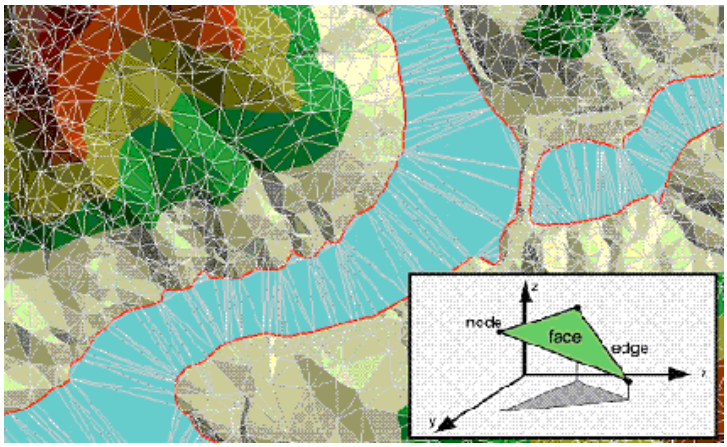


Figure 2.4 Triangulated Irregular Network (TIN).

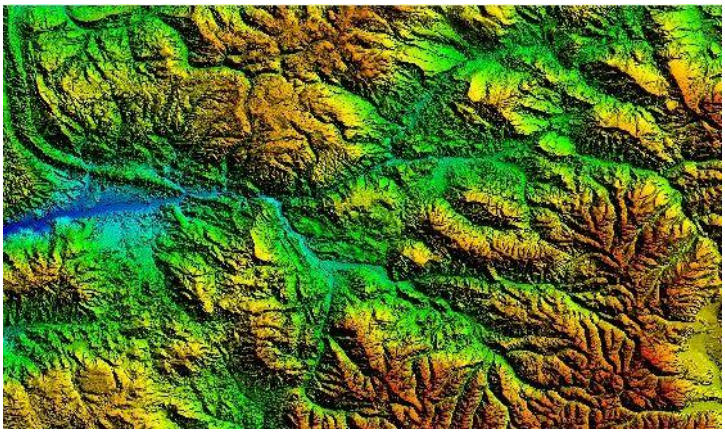


Figure 2.5 Digital Elevation Model (DEM).

2.5 Potential Surface Analysis (PSA)

In 1969, Nottinghamshire and Derbyshire research team developed a method of Potential Surface Analysis (PSA). It was used to create the city plan in 1970. This method was developed from Sieve Analysis and additional mathematic method. PSA is the systematical land evaluation technique that develops to find the suitable areas for a specific activity. With simple methods, it can display the hypothesis's impact and changes purpose.

PSA analysis performed by determining the factors, which are combined to find a suitable location for the event. To meet the goals, these factors and parameters on the map are measured with the following steps.

1) Set the purpose of work,
2) Set the objective,
3) Set the indicator for the achievement of objectives,
4) Weight the factors,
5) Identify the area units used in this study,
6) Collect and calculate the factor value in table form,
7) Update the factor data for ratings and weighting,
8) Calculate the final surface from all collected data for each indicator.

The principle of factor weighting, a mathematic model, depends on the importance averaging. It is used to calculate the mean of intersection area on the map or overlay area in order to reduce the data duplication. If it is high importance, its rating score is high. On the other hand, if it is low importance, its rating score is low. Weighting score must be more than zero. A formula is given as follows:

$$(S) = (R_1.W_1) + (R_2.W_2) + \ldots + (R_n.W_n). \quad (2.1)$$

Where, S = *Suitability;*

R = factor rating;

W = factor weighting;

N = number of factor;

PSA can be applied in various case studies, such as the Land Capability Studies for Residential Area. It can be able to describe the step-by-step details as follows.

2.5.1 Selection of relevant factors

The factors qualifying are mostly determined by factors relation. In most cases, the primary factors are involved, given as: The first category's factors affect the development of the residential areas. In the physical, these factors are given as the slope, the slope direction (Aspect), and the various utilities factor of water supply, electricity, roads, etc. The second category's factors are the environmental restrictions, including the current land used, the Erosion of soil, the wastewater treatment system, the laws in the construction of residential buildings, etc.

2.5.2 Spatial data preparation

Each factor should be converted into a shapefile or the detailed map having the appropriate attribute and scale. It should be created in the same mapping scale. Not only checking, but also correcting are the important things before applying the shapefiles.

2.5.3 Data input and storage in GIS format

Data can be stored in two types of spatial data. First is the Vector Data as a shapefile. The other is Raster Data as an imagery. The data management as the raster or the vector structure in GIS system requirement is based on the usage.

2.5.4 GIS data analysis

In this part, it is an assignment of importance in each factor. It consists of two values as follows.

1) Rating Value is a value that determines how related or how potentiality the factor is. It is considered by using the relationship aspect ratio (Percentage). Unrelated factor is defined as zero. The minimum value starts from one, and increases to the maximum value at a hundred percent. Therefore, the importance value may be an integer to measure.

2) Weighting Value is a value that determines the importance score of factor with the same determination process for finding the rating value. This value must be weighted by the specialist. It is mostly average value.

Data Manipulation is a calculated process by the potential equation. The value of Suitability (*S*) is as already mentioned in Eq. 2.1. Then, the result is separated into a group and present it as a potential map.

However, there are the constraints to determine the alternatives under the consideration, including the criteria of each of factors which are so well suited for the classification. Suitability is the combined rules in terms of the process called Weighted Linear Combination Process (Voogd, 1983). The equation are given as follows.

$$S = \Sigma W_i X_i. \tag{2.2}$$

Where, S = Suitability;

W_i = Weight of the i-th factor;

X_i = Criterion Score of the i-th factor;

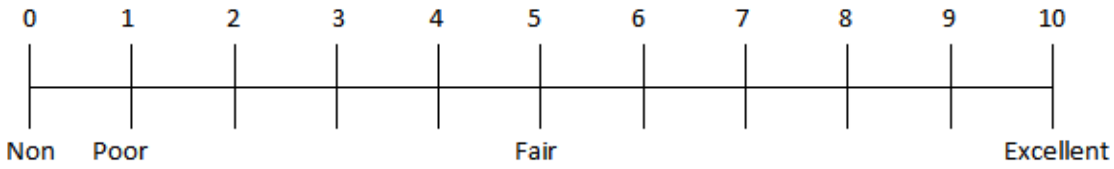


Figure 2.6 The illustration of the Weighted Linear Combination Scale.

From Table 2.2, when all three factors are overlaid, the minimum weight capability value is 25, and the maximum weight capability value is 180. Because this information is too large to be distributed, it needs to offer the range of scores with the hierarchy. The range is determined for dividing the hierarchy by the formation of range = (maximum - minimum) / number of hierarchy, as shown in Eq. 2.3. In this case, if we want to divide it into 3 hierarchies, the range equals to (180 - 25) / 3 = 51.6 or approximately 51. The hierarchy can be defined as follows.

Table 2.2 Factor capability table calculate from Rating value and Weighting value.

Factor (1)	**Factor Condition** (2)	**Rating Value** (3)	**Weighting Scores** (4)	**Capability** (5)=(3)x(4)
Slope Stability	Stable	10	9	90
	Moderately	5		45
	Unstable	0		0
Erosion Potential	Insignificant	10	4	40
	Moderate	5		20
	High	0		0
Vegetation	Forest	5	5	25
	Grassland	10		50
	Scrub	7		35

$$r = (max - min) / n \quad (2.3)$$

Where, r = Range;

max = Maximum score;

min = Minimum score;

n = Number of hierarchy;

Low Potential = 25 to 76

Moderate Potential = 77 to 128

High Potential = 129 to 180

Furthermore, the method of Boolean constraint is considered. The product of the constraints is calculated in the process (Eastman et al., 1993), which equation is given as follows.

$$S = \sum W_i X_i \prod C_j \quad (2.4)$$

Where, S = Suitably;
W_i = Weight of the i-th factor;
X_i = Criterion Score of the i-th factor;
$\prod$ = Product notation;
C_j = Criterion score (0/1) of the j-th constraint;

The scores of rules are necessary to perform standardization by converting or transforming the information from a map of the factors provided in a form that is associated with suitability determination. In this case, it is used to convert a linear scale as follows.

$$X_i = (R_i - R_{min}) / (R_{max} - R_{min}) \quad (2.5)$$

Where, R_i = The i-th raw Score;
$Rmax$ = Maximum of raw score;
$Rmin$ = Minimum of raw score;

The weighting value of each factors may be given with an action of the right direction. It is called Pairwise Comparison. On the basis of the Eigenvector Principle, it considers the relationship of the two criteria that involves and affects the scores calculation of suitable area. The score values are placed in nine scales of values, as shown in Table 2.3. An example of weighting score for the rating of the potential of land utilization on the industrial development is given with the Pairwise Comparison Matrix, as shown in Table 2.4.

Table 2.3 Pairwise Comparison weighting scale.

Less important					More important			
1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Extremely	Very	Strongly	Moderately	Equally	Moderately	Strongly	Very	Extremely

Table 2.4 Example of Pairwise Comparison matrix table.

	Road	**Town**	**Slope**	**Settlement**	**Park**
Road	1				
Town	1/3	1			
Slope	1	4	1		
Settlement	1/7	2	1/7	1	
Park	½	2	1/2	4	1

From Table 2.4, each score is summarized for the relationship of the data in each factor. With the Eigenvector Principle, weighting scores are calculated, as shown in Table 2.5

Table 2.5 Eigenvector weighting scores.

Factors	**Weighting Scores**
Road	0.33
Town	0.08
Slope	0.34
Settlement	0.07
Park	0.18

It can be easily calculated by using the summation value of the first Column, which is equal to 2.98. Then, the value of each factor is divided by the summation value of 2.98. The results show that the Weighting Scores of factors are given as: 0.335, 0.114, 0.335, 0.046, and 0.167, respectively. Those are closest to the actual calculated values according to Eigenvector principle. Then, the consistency ratio is calculated to analyze the fit weight of each factor. It should be noted that the consistency ratio value cannot be greater than 0.10. If the consistency ratio is more than 0.10, it should be considered to make up the Weight Scores. In this case, consistency ratio equals to 0.006. It indicates that the value of weight factor can be accepted (Saaty, 1977).

2.6 Related work

Alparslan (2008) developed a GIS model to evaluate the settlement of suitability upon the disaster mitigation in Bolu, Turkey. By using the geological data, the remote sensing data, the land utilization data, and the hazard records, the existing settlement could be evaluated and was founded that the 69.9 percent of the existing settlement area was the high settlement suitability. Goynuk was the most suitable town.

Kar (2008) developed a model to determine the suitability site of the hurricane's emergency shelter in South Florida. Weight Linear Combination (WLC), the multi criteria method, was used together with nine factors, including both physical and social factor variables from government, non-government organization, and hypotheses, to make a decision in determination of the suitable site. The result was shown that the large areas in northern counties (Manatee, Hardee, DeSoto, Sarasota, and St. Lucie) were suitable for the shelter locations. The very small portions of Charlotte, Glades, Lee, Hendry, Palm Beach, Miami-Dade and Broward counties were the very high degree of the suitable locations.

Dhanarun (2009) studied the factors and causes of flood in Angthong province. There were nine factors, including the twenty years maximum rainfall volume, the slope, the height (MSL), the water density, the watershed area, the river obstruction, the soil's drainage capacity, the land cover and the flood area records (during 2002 - 2008). Potential Surface Analysis (PSA) technique was used to analyze the flood hazard area in order to suggest the prevention and mitigation methods. It was founded that the 99.23 percent of the province was a high risk of flood area. The researcher suggested the use of the structural approach and non-structural approach as flood prevention and mitigation methods.

Liu et al. (2010) studied from Wenchuan Earthquake, occurred in 2008. There were four principles underlying the selection of emergency shelter sites, given as: keeping far from Hazard, multi-dimensional plan for mitigation, accessibility of mountainous region, and considering the versatile building controlled by government. The parameters judged from expert were use upon these principles to classify the rupture zones and to analyze a suitable area from the remote sensing data and field

data. The result showed that the suitable area was along with the banks of a river at Liulin village, located at the margin of the Leigu Basin.

Tingsanchali (2012) developed the flood disaster management framework. By using the basic step of risk management, the flood hazard maps were analyzed and integrated with flood vulnerability map for managing flood in urbanize area. The result showed as four cyclic strategic frameworks that divided into two major steps as before and after flood impacts. The before flood impact had two cyclic steps, given as: preparedness (i.e., forecasting and warning) and readiness upon arrival. The after flood impact had the rest, given as: emergency response and recovery/rehabilitation.

Chanta et al. (2012) used the geographic information system (GIS) together with P-Medien problems and the selected shelter site during the flood disaster. Using this method, the selected buildings were prioritized. Then, those were used to serve the victims in each area.

Kabir Uddin et al. (2013) used the remote sensing (RS) and the geographic information system (GIS) to identify both flood risk area and flood shelter suitable areas. Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) imagery was used as a database. By doing Image Analysis, data were extracted from the image with reclassification. With preparing the shelters for the suitable slopes from the elevated dataset and the point density from the settlement dataset, The Euclidean distances taken from the road and flood dataset were used. Each dataset was reclassified to rank of the suitable locations for flood shelter. Each raster was assigned for a suitable score and was weighted then overlaid.

Melgarejo et al. (2014) developed a collective-center suitability index. By using shelter minimum standard (Sphere), the geographical factor included the flood risk and the accessibility of the selected infrastructure together with 100 years and 10,000 years flood-risk scenarios to evaluate public infrastructure appropriate in city of Chiá, Columbia. The result showed that the suitability of collective center near the Frio River was relatively higher than the evaluated shelter near the Bogotá River.

CHAPTER III
MATERIAL AND METHODOLYGY

The research procedure can be summarized as a conceptual framework, as follows. By collecting and analyzing data, the five factor are used in Potential Surface Analysis (PSA) to find the suitable area for flood disaster shelter in Nakornpathom province. These factors are the population density, the flood history, the flood hazard risk, the distance from main road, and the slope gradient. All data of topographic maps digitalized to extract both contour lines and height spots are the secondary data from government and non-government organizations, such as Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (GISTDA), Royal Thai Survey Department (RTSD), Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning (ONEP) and Ministry of Transport. This research is separated into three objectives. There are the study of Nakornpathom terrain through Digital Elevation Model (DEM), the analysis of flood risk, and the exploration of the suitable area for flood disaster shelter. A GIS software is used to analyze data in each objective. In this research, ArcGIS, the well-known GIS software, is used to analyze data to reach the goal. Arctoolbox, a toolbox with a variety of GIS's analytical tools, is easy to manage and analyze the data.

3.1 Data collection and analysis

The researcher have selected the study site of flood disaster areas in Nakornpathom province, where are the frequently flooded areas. This research use GIS multi-criteria decision analysis to allocate the suitable areas for flood disaster shelter by the application of ArcGIS software and Microsoft excel software to analyze and summarize results.

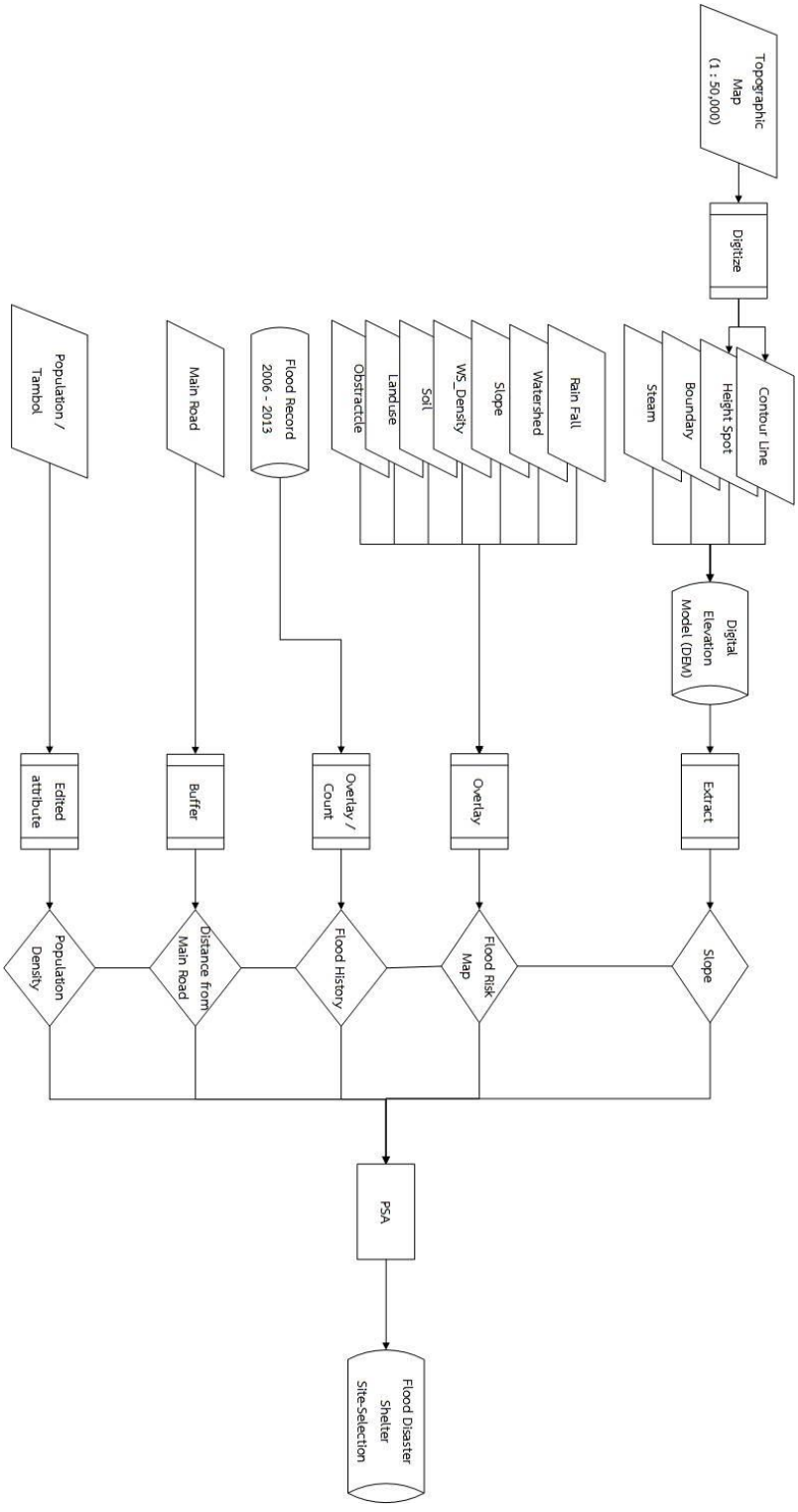


Figure 3.1 The proposed framework.

3.2 Geographical data of Nakornpathom province

The Geographical factors, such as elevation, slope gradient, and obstruction, causing many types of flood, are able to devastate the area. For example, if it has too heavy rain in the steep area, it will cause the flash flood. With the same situation in the plain area, inundation flood will be occurred. In this research, the geographical data taken from topographic map are digitized and analyzed to study the types of hazard that would be occurred in the area.

3.3 Flood hazard risk area

Obtaining Flood Hazard Risk area is an easiest way to speculate for the impact area. Nakornpathom's Flood Hazard Risk area is specified by using Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning (ONEP)'s factors developed in 1998. It consists of seven factors as follows:

1) Precipitation,
2) Watershed area size,
3) Slope gradient (Percentage),
4) Watershed's water density,
5) Soil drainage type,
6) Land use,
7) Watershed's obstruction,

3.4 Mapping the suitable area

For creation of the suitable area map for flood disaster shelter, the four cyclic of disaster management and knowledge of previous studies are used to determine factors for the suitable areas analysis. Using Potential Surface Analysis (PSA), rating and weighting scores of each factor are determined by Department of Disaster Prevention and Mitigation's specialists.

3.5 Methodology

This study, ArcGIS software is used as a tool in the application of PSA, a GIS's MCDA model, to find flood disaster shelter suitable areas. The model was developed by using the data of geographic, population, flood hazard and accessibility.

3.6 Creating the Digital Elevation Model

To reach the first objective, we start with creating the Digital Elevation Model (DEM). The information taken from the topographic maps (1:50,000) of the Royal Thai Survey Department (RTSD). Then, the information is digitized into two shapefiles, including height spot and contour line. It is used together with steam and Nakornpathom province boundary shapefiles as input data. DEM can be created by the surface analysis. In this research, ArcGIS software is used to perform this process. With ArcGIS software, Topo-to-Raster function in Raster Interpolation tool under 3D Analyst Toolbox is used to generate the DEM. On the setup screen, the input are put and changed the type for each shapefile. Output cell size is tuned up with the five meters per pixels. The other setting are set as the defaults. Then, the output are interpolated. The procedure can be summarized as shown in Figure 3.4.

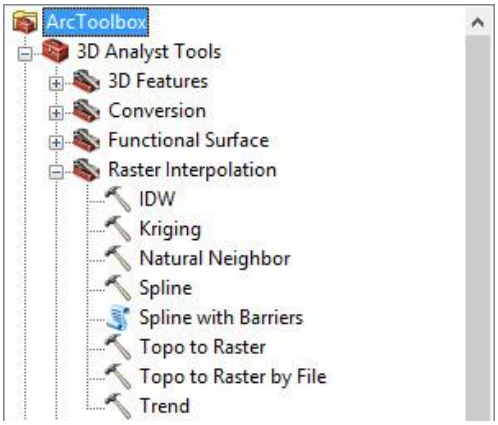


Figure 3.2 Topo-to-Raster function.

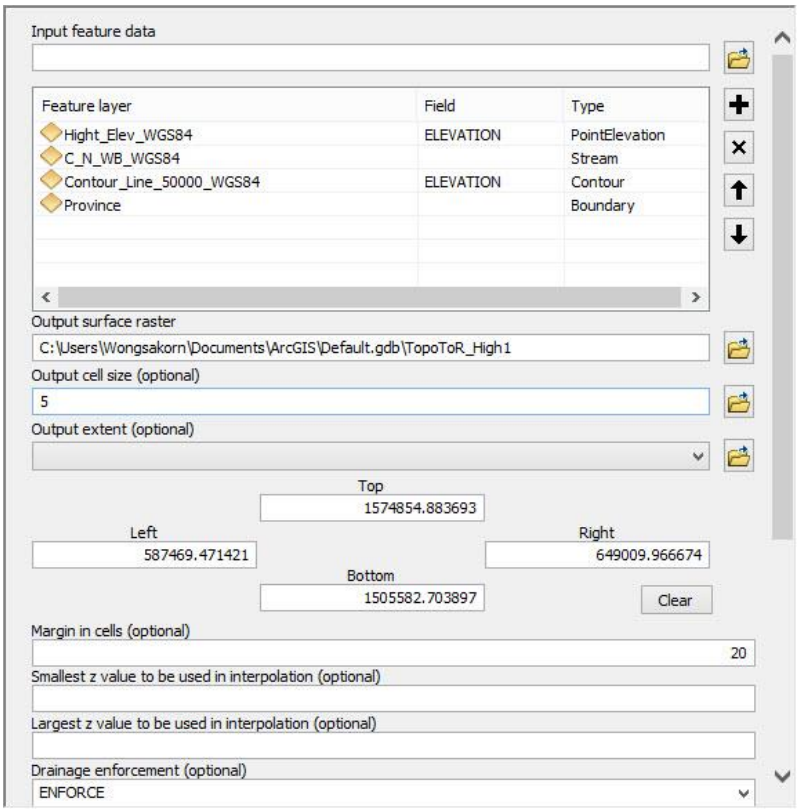


Figure 3.3 Topo-to-Raster setup screen.

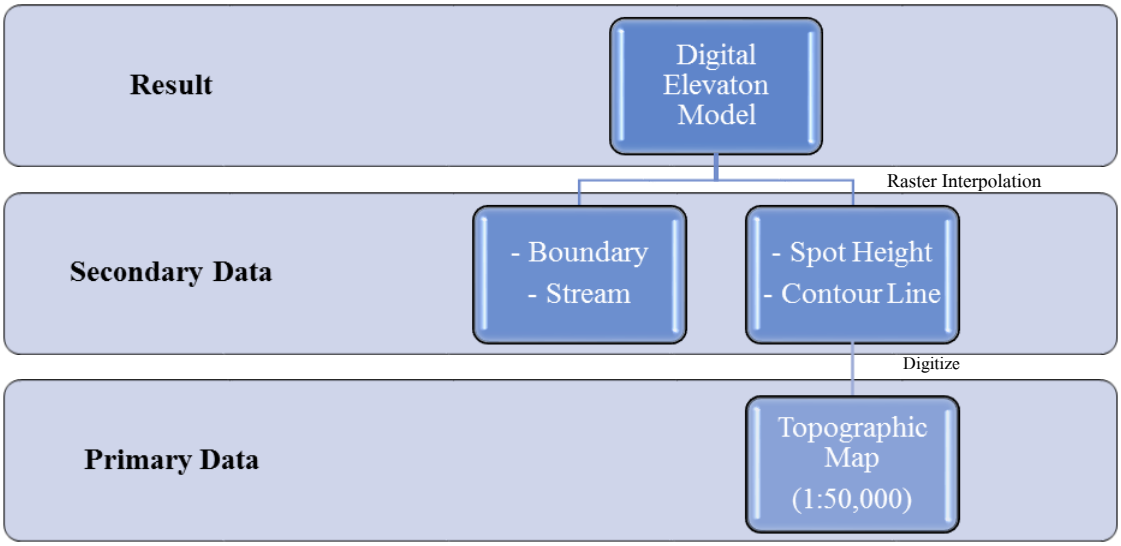


Figure 3.4 Creating DEM.

3.7 Analysis of Nakornpathom's flood hazard risk area

In this object, the seven factors of the 30 years average precipitation level, the watershed area, the slope gradient (Percentage), the watershed's water density, the soil type, the land use, and the watershed's obstruction are used to analyze flood risk area in Nakornpathom province. These factors, proven by Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning (ONEP), are associated with the flood hazard. By using the Overlay Technique with the Weighting and Rating score from ONEP's Report, the flood risk area are analyzed. The Union function under Geoprocessing Menu in ArcGIS software are used to overlay the factors.

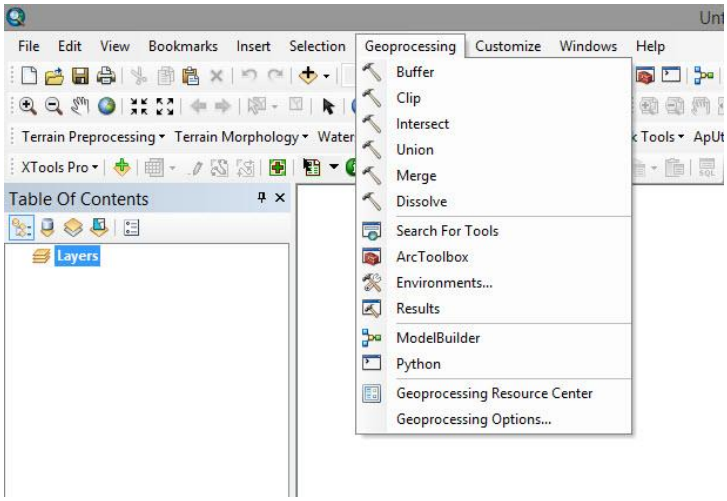


Figure 3.5 Geoprocessing menu.

The Union function is the function of Overlay tool under Analysis Tools in ArcToolbox. The Union function work as the Boolean logic, it creates a new coverage shapefile between inputs with all attribute data input. On the setup screen, the inputs are put. After that, the output directory are set. The other are set as defaults. The procedure can be summarized as shown in Figure 3.6 – 3.8.

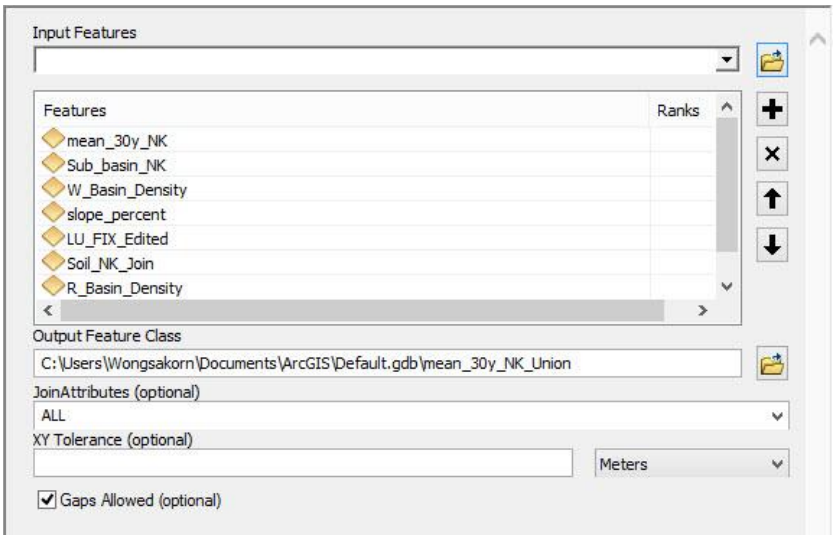
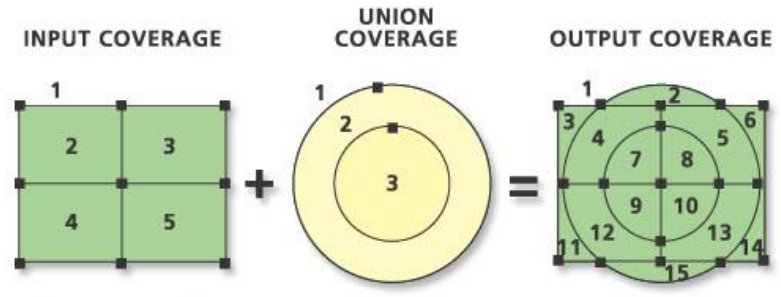


Figure 3.6 Union setup screen.



INPUT COVERAGE

#	ATTRIBUTE
1	
2	A
3	B
4	C
5	D

UNION COVERAGE

#	ATTRIBUTE
1	
2	102
3	103

OUTPUT COVERAGE

#
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15

INPUT COVERAGE

#	ATTRIBUTE
1	
1	
2	A
2	A
3	B
3	B
2	A
3	B
4	C
5	D
4	C
4	C
5	D
5	D
1	

UNION COVERAGE

#	ATTRIBUTE
1	
2	102
1	
2	102
2	102
1	
3	103
3	103
3	103
3	103
1	
2	102
2	102
1	
2	102

Figure 3.7 Union analysis.

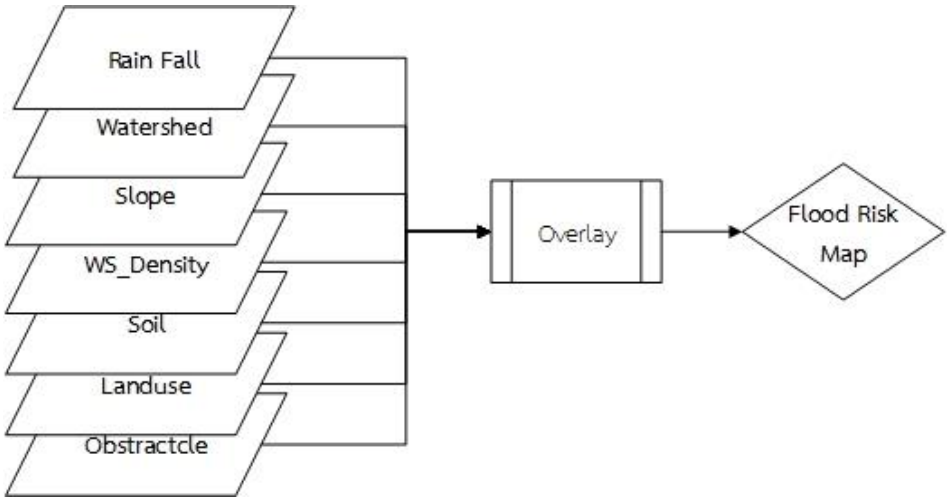


Figure 3.8 Flood hazard risk analysis flow chart (ONEP).

When the output is completed, Risk Scores are set in range and are separated into 3 class, given as: high, moderate, and low risk areas. To simplify the result, the Dissolve function is used to combine the same class of attribute data. After performing the Dissolve function, the Union function is used with the data of flood risk areas and boundary as the inputs. With boundary attribute data, the result can be exported and summarized in the spread sheets file for Microsoft Excel file format.

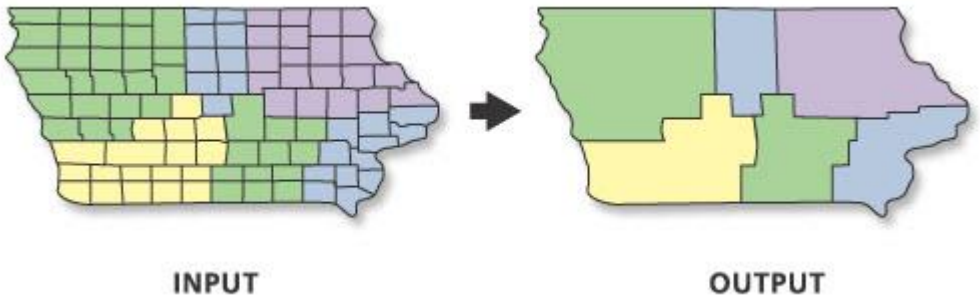


Figure 3.9 Dissolve analysis.

3.8 Analysis of flood disaster shelter suitable area

In an analysis of flood disaster shelters for the suitable areas in Nakornpathom province, the five factors are used as inputs in PSA method. These factors are given as: the flood history data (2006 – 2013) taken from GISTDA (Geo-Informatics and Space Technology Development Agency), the flood risk area factors taken from ONEP (Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning), the factor of distance from the main road created by the multiple-ring buffer with the transportation data of MOT (Ministry of Transport), the factor of the slope gradient data (unit of degree) from DEM extraction, and the factor of population density from DOPA (Department of Provincial Administration).

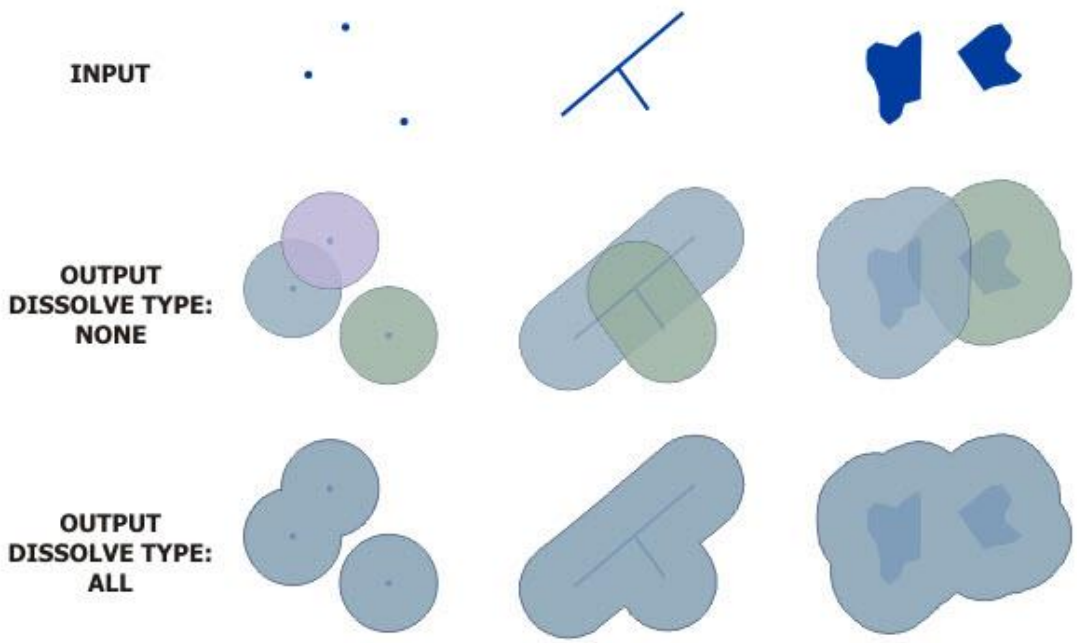


Figure 3.10 Buffer analysis.

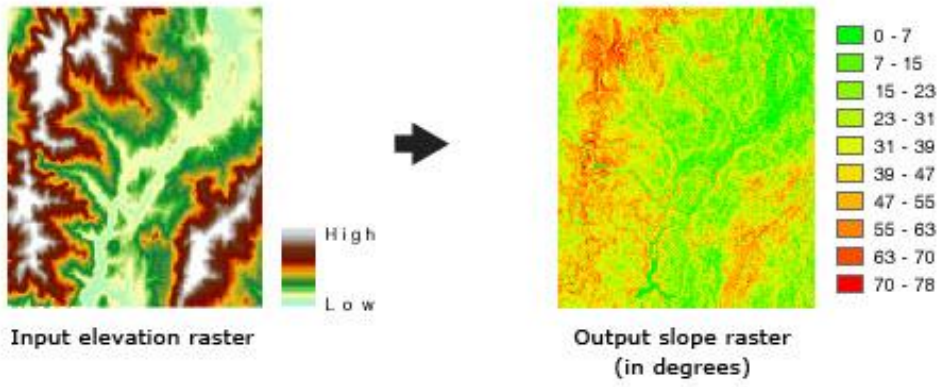


Figure 3.11 Slope extraction.

To perform PSA Analysis, the factor are weighted by specialist of Department of Disaster Prevention and Mitigation in Nakornpathom Province. Weighting and Rating are shown in Table 3.1.

Table 3.1 Weighting and Rating scores.

Suitability Factors	Weighting	Scores and ranking range			
		Low (0)	**Medium (1)**	**High (2)**	**Very High (3)**
Flood Risk	0.90	-	High	Moderate	Low
Flood History	0.66	≥ 75%	25 - 74.9%	0.1 - 25%	0%
Slope	0.54	≥ 30°	20° – 30°	10° - 20°	≤10°
Distance from Main Road	0.46	> 3 km.	2 - 3 km.	1 - 2 km.	≤ 1 km.
Population Density	0.44	Not Dense	Less Dense	Medium Dense	Dense
Total / Max. Score	**3**	**0**	**3**	**6**	**9**

Adapted from : Melgarejo et al. (2014)

When all factors scores are weighted and rated, the attribute data is corrected in each factor shapefile. The Union function is used to overlay these factors again. The procedure can be summarized as shown in Figure 3.12. After overlaying

process end, the score are summarized, dissolved, and overlaid with the Boundary shapefile to get those attribute data. To easily summarize the result, the attribute data is exported to the spreadsheet software, the shapefiles is exported to the map.

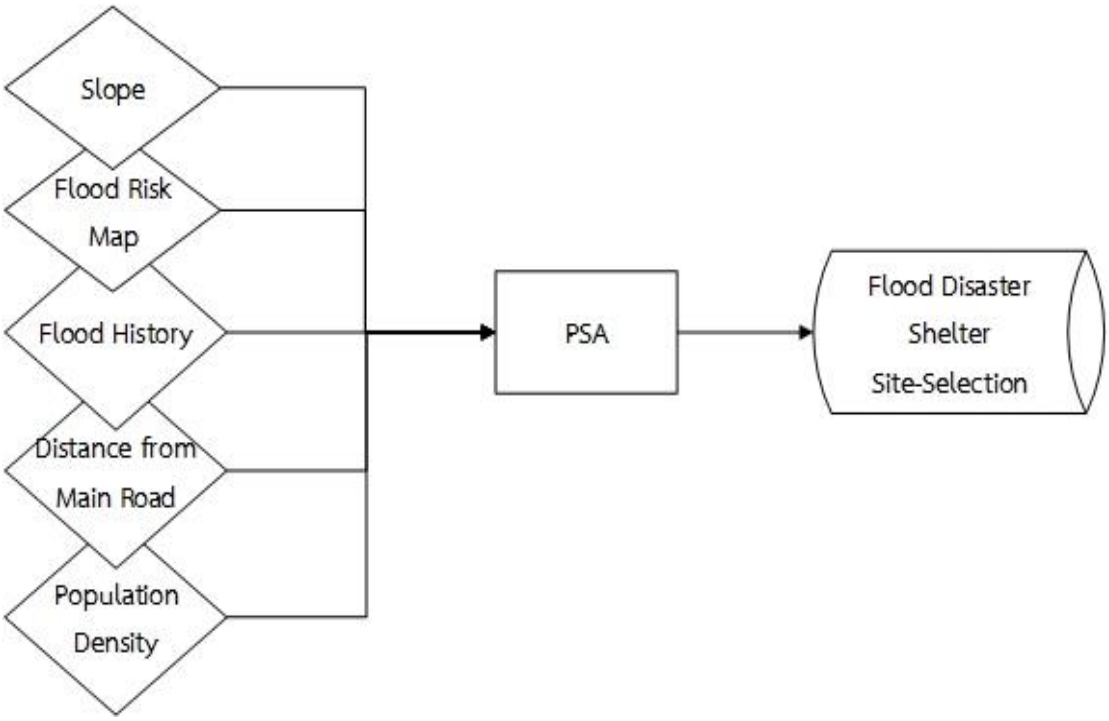


Figure 3.12 Analysis of the suitable area flow chart.

3.9 Research tools

In this research, the research tools in operation are classified into two categories as follows:

3.9.1 Hardware

1) Laptop Computer: CPU 2.4 GHz, RAM 4 GB, Hard disk 750 GB, Graphic memory 1 GB and other components,

2) Scanner size A0,

3) Printer.

3.9.2 Software

1) Operation system (OS): Microsoft Window 8.1,
2) GIS application software: ArcGIS 10.1.

CHAPTER IV
RESULT AND DISCUSSION

The result of an application of GIS for analyzing the suitable areas for flood disaster shelters in Nakornpathom province by using GIS and PSA technique. In research, the case study of the great flood of Thailand in 2011 is used to investigate.

The factors are developed from the documents review so that it can fit to the data, which are collected by government and non-government organization. These factors are studied and accepted by the specialist involving the topic of thesis. The output is a suitable area for flood disaster shelter in Nakornpathom.

Suitable areas mapping is the method to evaluate the potential surface. It demonstrates the area with the ranking sequences of suitable areas for the activities.

4.1 Nakornpathom province's terrain

In this section, many shapefiles are created by digitization of Thailand topographic map. It can use together with political boundary and transportation route as a base map. As mentioned in Chapter III, the four different data, including contour line, height spot, steam, and boundary of Nakornpathom are also digitized and used to create a Digital Elevation Model (DEM), as shown in Figure 4.1. For DEM in 3D figure, the researcher can observe the terrain of Nakornpathom, as shown in Figure 4.2.

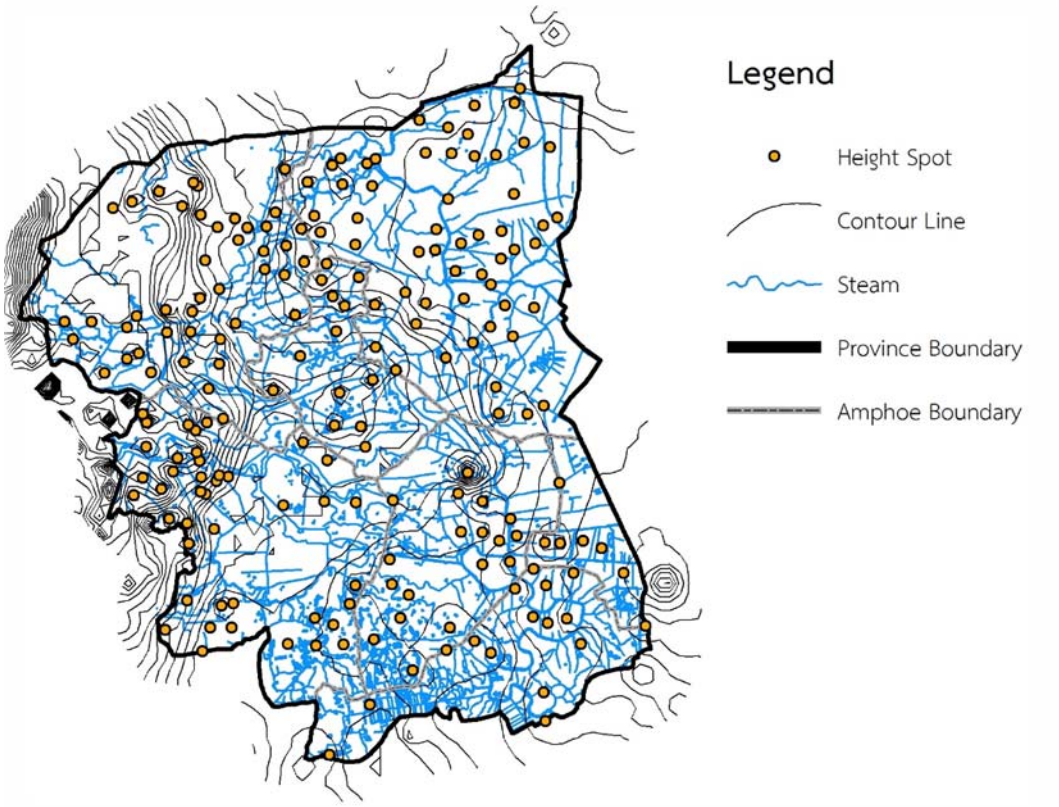


Figure 4.1 Essential data for DEM creation.

From Figure 4.2, Nakornpathom's area is like a flat plate tilted from upper left to bottom right. The highest area is mostly in Kampheang Saen district, as shown in ember red color in Figure 4.2. The lower area is mostly in Bang Len district, as shown in dark blue color in Figure 4.2. However, the lowest area is shown as the deep blue spot in Phutthamonton district with one meter above from mean sea level. The left side of Tha Chin River bank is higher than the right side, because the terrain slips to the bottom right. In the center of Nakornpathom, Don Tum district area is a kind of hill, which is surrounded by plain. The word of Don in Thai language means a hill or a place that is higher than the surrounded areas. Muang Nakornpathom district is 4.5 meters above mean sea level.

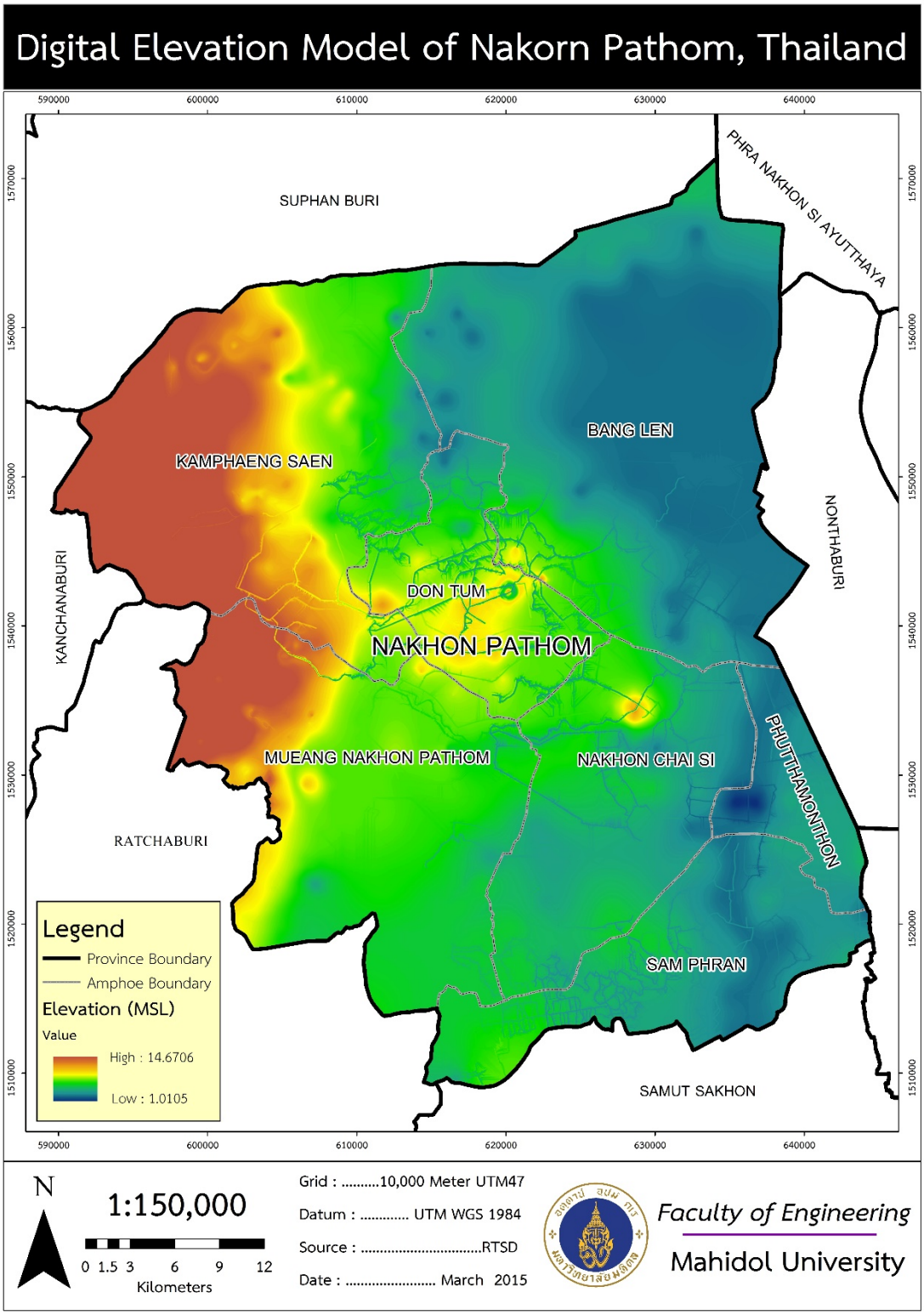


Figure 4.2 DEM of Nakornpathom.

4.2 Flood hazard risk area in Nakornpathom province

In this section, the flood risk areas are analyzed through the flood risk mapping by using the factor of Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning (ONEP). There are precipitation, watershed area, slope, water density, soil type, land use, and obstruction, as descripted in Chapter III.

Table 4.1 ONEP factors.

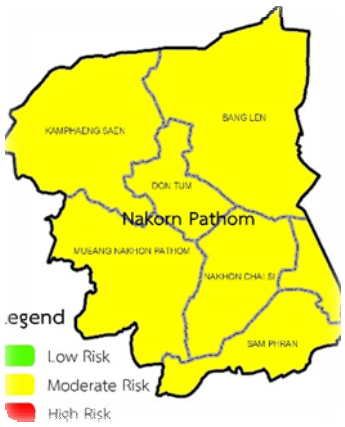
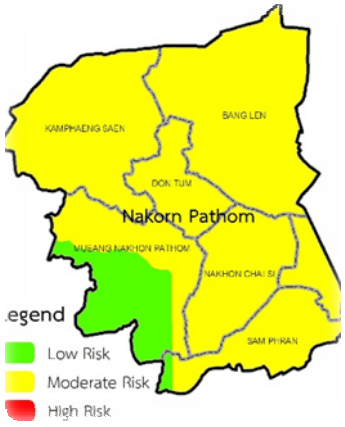
No.	Factor	Weighting Score	Risk Interval	Rating Score	Result with Figure
1	Precipita-tion	7	> 200 mm.	3	
			50 – 200 mm.	2	
			< 50 mm.	1	
2	Watershed area (SqKM.)	6	> 3,000	3	
			1,000 - 3,000	2	
			< 1,000	1	

Table 4.1 ONEP factors (cont.).

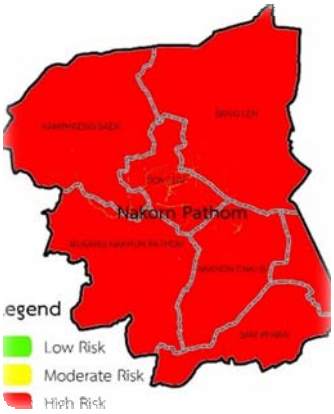
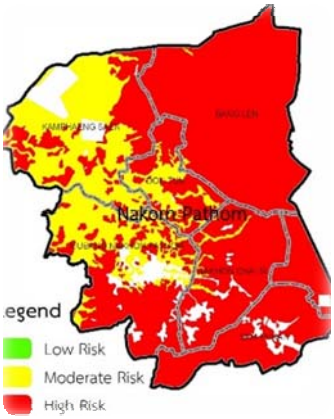
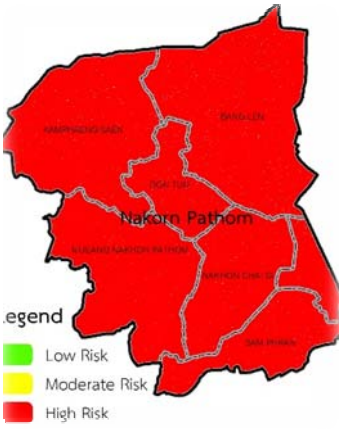
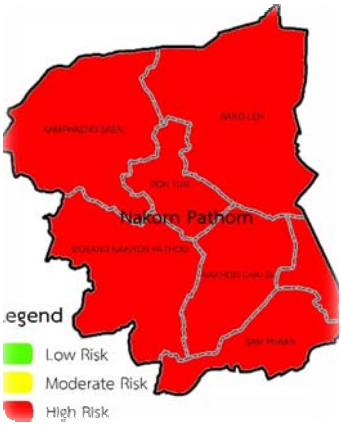
No.	Factor	Weighting Score	Risk Interval	Rating Score	Result with Figure
3	Slope (Percent)	5	< 5 %	3	
			5 - 10 %	2	
			> 5 %	1	
4	Water density (per Watershed)	4	< 0.5	3	
			0.5 - 1	2	
			> 1.0	1	
5	Soil type	3	Draining High	3	
			Draining Medium	2	
			Draining Low	1	

Table 4.1 ONEP factors (cont.).

No.	Factor	Weighting Score	Risk Interval	Rating Score	Result with Figure
6	Land use (percentage of plant)	2	< 20 %	3	
			20 – 40 %	2	
			> 40 %	1	
7	Obstruction (SqKm.)	1	> 0.6	3	
			0.2 - 0.6	2	
			< 0.2	1	

From Table 4.1, it is found that Nakornpathom comparing with factors is almost a high risk area. However, the data with the factors of precipitation level, watershed area and water density illustrate the moderate and low risk area. Then, the data are overlaid together. The calculated scores are classified into 3 ranks of risks. If the score is between 57 and 84, it is a high risk area. If the score is between 29 and 56, it is a moderate risk area. If the score is lower than 29, it is a low risk area. The results show that Nakornpathom is a high risk area, as shown in Figure 4.3.

From Figure 4.3, the red color indicates the high risk area, and the yellow color indicates the moderate risk area. This moderate risk area is mostly an urban area in Muang Nakornpathom and Kamphaeng Saen districts. The summarized area is shown in Table 4.2.

Table 4.2 The area of flood hazard risk in Nakornpathom province.

District	Moderate Risk (Rai)	High Risk (Rai)	Total (Rai)
NAKHON PATHOM	**114,306.78**	**1,223,895.53**	**1,338,202.31**
BANG LEN	118.13	354,706.28	354,824.40
DON TUM	1,673.12	93,966.76	95,639.88
KAMPHAENG SAEN	32,016.11	254,288.03	286,304.14
MUANG NAKHON PATHOM	51,511.12	202,280.55	253,791.67
NAKHON CHAI SI	13,640.89	151,380.56	165,021.45
PHUTTHAMONTHON	2,563.85	46,986.18	49,550.04
SAM PHRAN	12,783.56	120,287.18	133,070.73
Total (Rai)	**114,306.78**	**1,223,895.53**	**1,338,202.31**
Percent	**8.54 %**	**91.46 %**	**100 %**

From Table 4.2, Nakornpathom is almost a total high risk area with 91.46 percent, whereas the rest of 8.54 percent is the moderate risk area. District of Muang Nakornpathom has the largest area of moderate flood risk with 20 percent of the district. The second is Kampheang Saen district, which is a high ground at the northwest of province. Bang Len located near to Don Tum has the least area with the moderate risk of 0.03 percent of all Bang Len's area, whereas the rest of 99 percent is the high risk area.

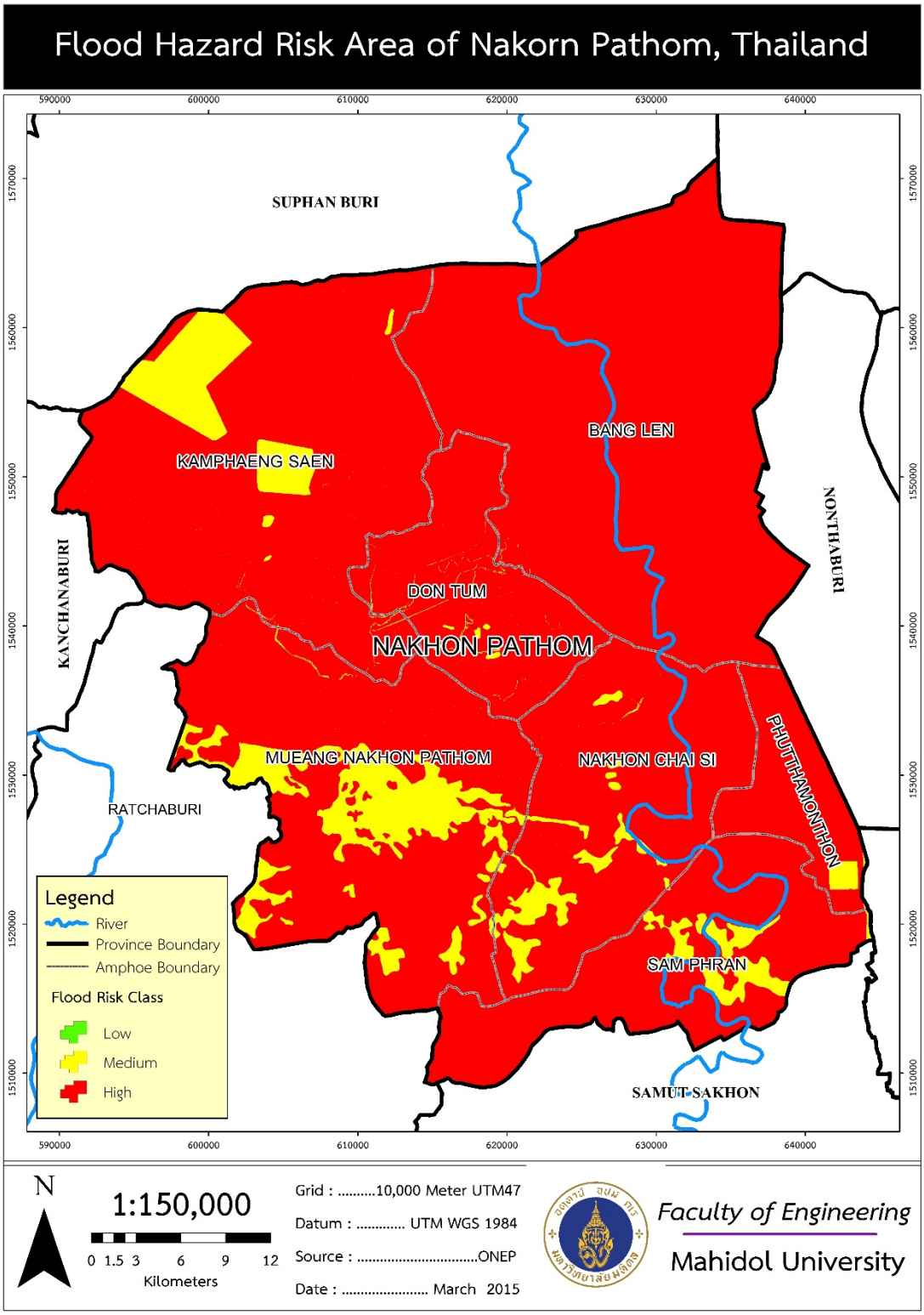


Figure 4.3 The flood hazard risk areas of Nakornpathom

.

4.3 Flood disaster shelter suitable area

After studying the related work in Chapter II, it is found that the criteria of flood disaster shelter are given as: hazard risk, hazard frequency, disaster continuation, accessibility, and population density. Each factor informs the different information. The hazard risk and the hazard frequency indicate the area, which should be avoided. Disaster continuation indicates the subsequent hazard. Accessibility indicates the distances and times that are used during evacuation. Population density indicates the area, which should be considered to build the versatile building. Due to PSA analysis, many data from trusted public and government agencies are adapted in this work. These factors are weighted and rated by the DPM officers, who are from both headquarter and local office. The factors with weighting and rating score can be summarized, as shown in Table 4.4.

Table 4.3 Adapted PSA factors.

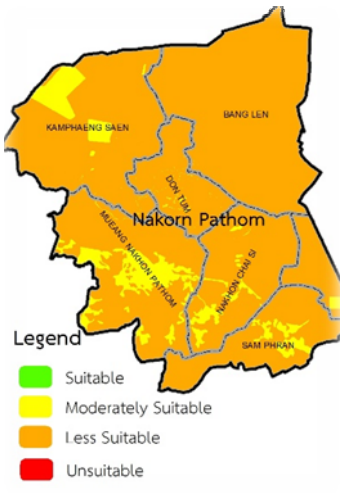
No.	Factor	Weighting Score	Risk Interval	Rating Score	Result with Figure
1	Flood risk	0.9	Low	3	
			Moderate	2	
			High	1	
			-	0	

Table 4.3 Adapted PSA factors (cont.).

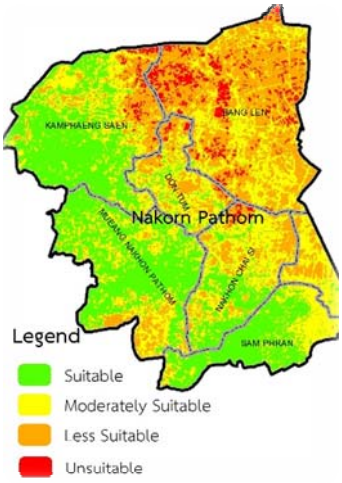
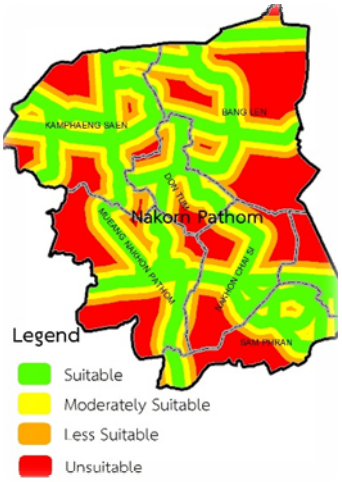
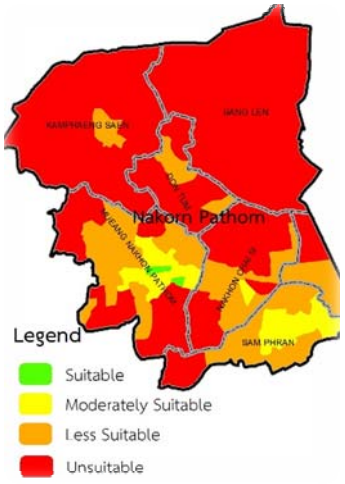
No.	Factor	Weighting Score	Risk Interval	Rating Score	Result with Figure
2	Flood history	0.66	0%	3	
			0.1 - 25 %	2	
			25 - 75 %	1	
			> 75 %	0	
3	Slope (degree)	0.54	≤ 10°	3	
			10° - 20°	2	
			20° - 30°	1	
			> 30°	0	

Table 4.3 Adapted PSA factors (cont.).

No.	Factor	Weighting Score	Risk Interval	Rating Score	Result with Figure
4	Distance from main road	0.46	≤ 1 km.	3	
			1 - 2 km.	2	
			2 - 3 km.	1	
			> 3 km.	0	
5	Popula-tion density	0.44	High Dense	3	
			Medium Dense	2	
			Low Dense	1	
			Not Dense	0	

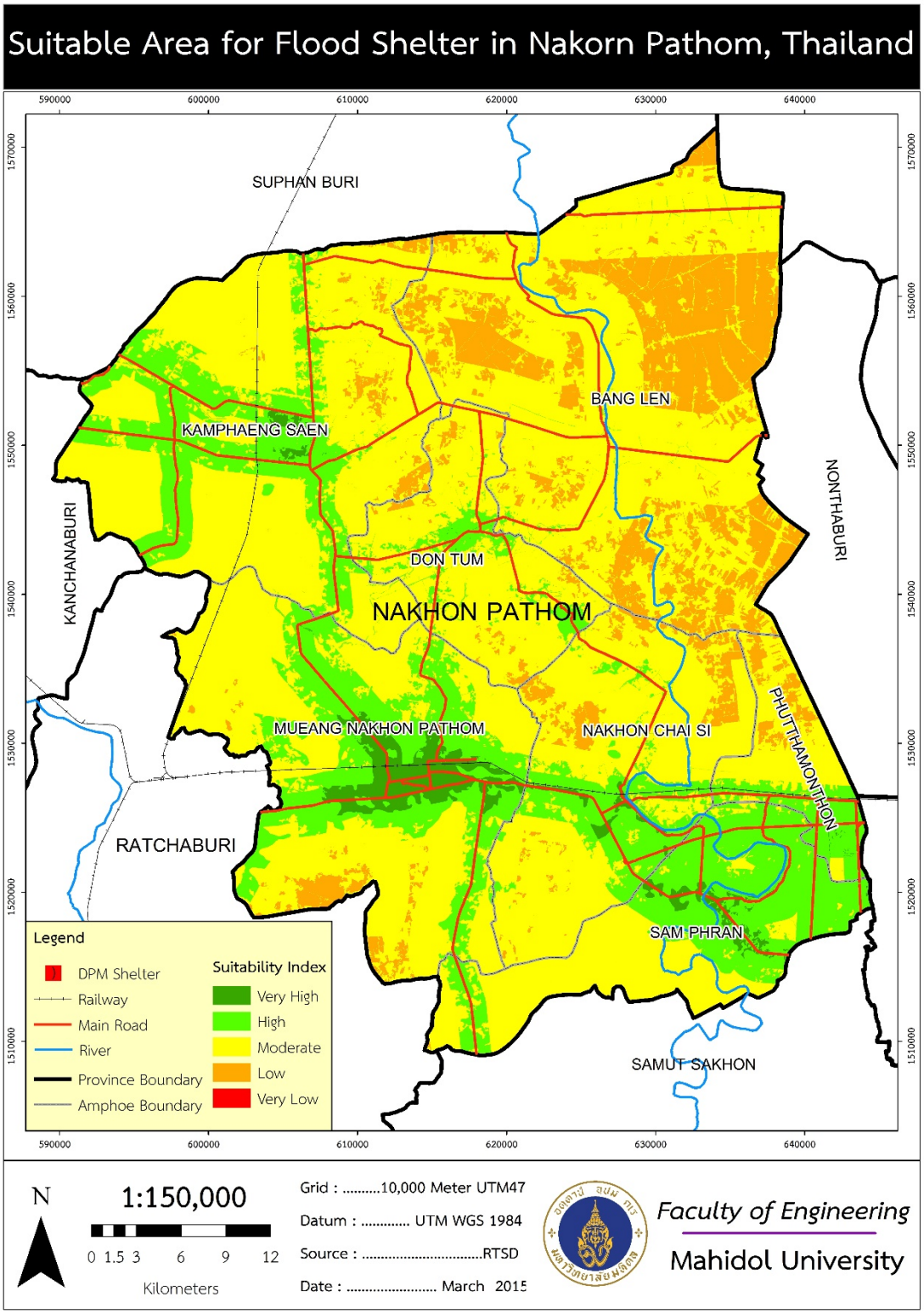


Figure 4.4 The suitable areas for flood disaster shelters in Nakornpathom.

From Table 4.4, the flood hazard risk is the most influential factor. The average weighted is 0.9. The inferior factors include the flood history, slope (Degree), distance from main road, and population density, which are given as 0.66, 0.54, 0.46, and 0.44, respectively. Due to performing PSA analysis, the weighting score is used together with rating score by multiplication. The factors results are shown in Table 4.4. The score level for each factor can be classified into 4 ranks, given as: suitable, moderately suitable, less suitable, and unsuitable. It is shown as a map legend with multi-colors of green, yellow, orange, and red. Then, all five factors are overlaid. The results of PSA analysis are shown in Figure 4.4.

From Figure 4.4, the suitability indexes are divided into 5 ranks, given as very high, high, moderate, low, and very low. The ranking score can summarize, as follows.

Score level of 7.3 – 9.0 is very high degree;
Score level of 5.5 – 7.2 is high degree;
Score level of 3.7 – 5.4 is moderate degree;
Score level of 1.9 – 3.6 is low degree;
Score level of 0.0 – 1.8 is very low degree.

The dark green color indicates the very high index of suitable area. It is mostly in Muang Nakornpathom. The light green color area indicates the high index of suitable areas, which are shown in the map as the large areas along the road in the south and the northwest of the province. The yellow color area indicates the moderate index of the suitable area, which is the majority of the province area. The orange color area indicates the low index of suitable area, which is mostly on the east side of Nakornpathom. Nakornpathom has no very low index of suitable areas, which is shown in the map as the red color. The size of the area can be summarized in Table 4.5.

Table 4.4 Summarize of the suitable areas.

District	Very High (Rai)	High (Rai)	Moderate (Rai)	Low (Rai)	Total (Rai)
NAKHON PATHOM	**31,980.06**	**284,680.87**	**863,565.11**	**157,976.27**	**1,338,202.31**
BANG LEN	-	1,568.83	234,619.62	118,635.95	**354,824.40**
DON TUM	50.45	13,300.95	78,505.33	3,783.15	**95,639.88**
KAMPHAENG SAEN	1,759.75	73,641.14	203,875.76	7,027.49	**286,304.14**
MUANG NAKHON PATHOM	22,375.98	77,293.19	145,256.81	8,865.69	**253,791.67**
NAKHON CHAI SI	2,622.09	31,956.74	116,603.79	13,838.83	**165,021.45**
PHUTTHAMON-THON	126.22	16,695.63	26,962.33	5,765.86	**49,550.04**
SAM PHRAN	5,045.57	70,224.39	57,741.46	59.31	**133,070.74**
Total (Rai)	**31,980.06**	**284,680.87**	**863,565.11**	**157,976.28**	**1,338,202.31**
Percent	**2.39%**	**21.27%**	**64.53%**	**11.81%**	**100.00%**

4.4 Evaluation

In this section, the results of PSA are evaluated for finding the suitable areas for flood disaster shelters in Nakornpathom by comparing with the locations of the DPM's existing shelters. There are seven DPM shelters established after the great flood in 2011, given as: Pra Pathom Chedi, Silpakorn University, Ratchabhat Nakornpathom University, Aornoi Temple, Kamphaeng Saen Scout Camp, Kasetsart University, and Kamphaeng Saen Aviation School. These shelters have been selected by the DPM's local office. By using Sphere guidelines as the minimum standard for shelter management and IOM's collective center guidelines as the shelter management guidelines, the DPM can select the buildings, which can use as the shelters during flood disaster. The result is shown in Figure 4.5.

From Figure 4.5, the seven established shelters are shown, given as: three of seven shelters are in the dark green zone, three shelters in the light green zone, and one shelter in the yellow zone. The three shelters in the dark green zone are given as: Pra Pathom Chedi, Silpakorn Universiy, Ratchabhat Nakornpathom. The three shelters in the light green zone are Aornoi Temple, Kampheang Saen Scout Camp, and Kasetsart University. A shelter in the yellow zone is and Kampheang Saen Aviation School.

The PSA method help to select the area, which is the most potential for the usage of activity. In this study, the researcher presents only the area that should be selected. To select the place for establishing the shelter or the collective center, the area should be considered together with the minimum standard of shelter management. If it is used together, it will give the best results.

4.5 Discussion

With approaching of any method, it is found that the most suitable area for establishing flood disaster shelter is located in Muang Nakornpathom district. Because of the good profile in versatility, accessibility and flood records, this district is the most suitable area for rescue activity. It is easy to access, because it is easy to transport between the neighboring cities. It also has many versatile buildings with the complete public infrastructures. From the GISTDA's flood record, Muang Nakornpathom is never be flooded.

However, the other suitable areas, including Don Tum and Samphran districts, are the high suitable areas (the light green zone), leading to find the place with the competitive minimum shelter standards to prepare the flood disaster shelters for people in nearby areas, such as Bang Len, Phutthamonthon, Bangkok, and Nonthaburi.

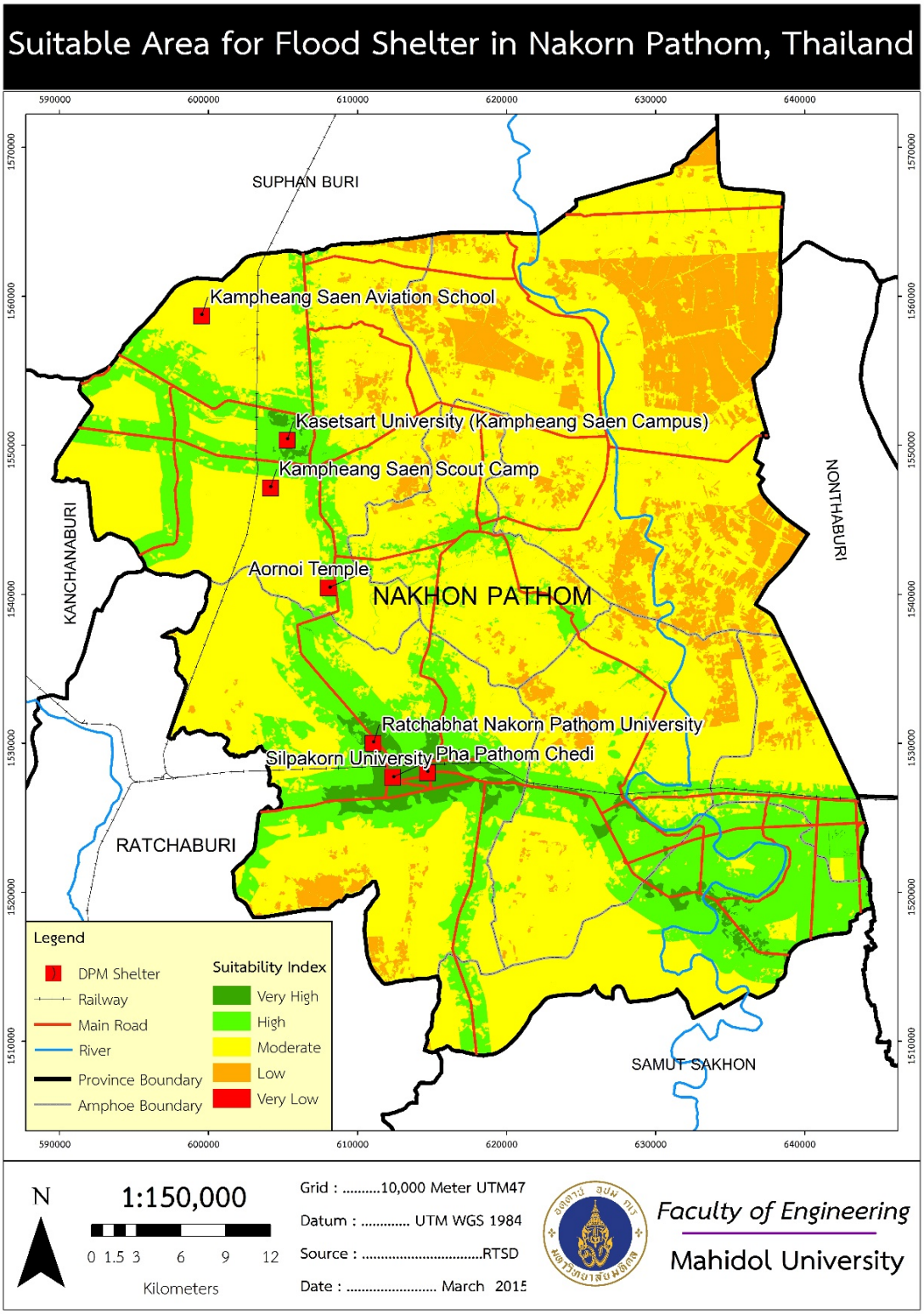


Figure 4.5 The flood disaster shelters on the suitable areas with the DPM's existing shelters.

CHAPTER V
CONCLUSION AND RECOMMENDATION

5.1 Conclusion

This paper aims to evaluate areas in Nakornpathom province for establishing the flood disaster shelters. By studying the disaster management and Nakorn Patathom's topography, the setup of five factors are approved and weighted by Disaster Prevention and Mitigation (DPM) officers. For the first part, the data from Royal Thai Survey Department (RTSD) are collected to create the base map and the digital elevation model (DEM). For second part, Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning (ONEP)'s flood risk criteria are used to evaluate the flood risk areas in the province. For the final part, Potential Surface Analysis (PSA) is used to define the suitable areas for flood disaster shelters. The obtained results are a map of the suitable areas for flood disaster shelters in Nakornpathom province.

Nakornpathom base map is created by digitalizing the shapefiles taken from RTSD's topographic map. With topo-to-raster process, DEM is created. The DEM can be used to generate the slope. The results show that Nakornpathom is a flat area. The elevation and slope are not much different. The elevation is in range of 1 to 15 meters measuring from the mean of sea level. The slope is in range of 0 (in the plain) to 12 degrees (in riverbank area).

By using ONEP's criteria, the flood risk areas in Nakornpathom province are evaluated. The outputs show that Nakornpathom is totally high risk area with 91.46% of the provincial risked area. The high risk areas are mostly in Bang Len, Don Tum and Phutthamonthon district. The other of 8.54% are the moderate risk areas of the urban areas with the clustering area of Muang Nakornpathom, Kamphaeng Saen, Samphran, and Nakorn Chai Si districts.

The suitable area map for the flood shelters represents the ranking of the areas in each district. With PSA method, the rankings are evaluated by five factors,

including the flood risk level, the flood record, the slope (degree), the distance from the main road, and the population density. The results are shown that the highest rank of the suitable clustering areas are in Muang Nakornpathom, Nakorn Chaisi, Samphran, and Kamphaeng Saen districts with 2.39 % of the provincial area. This area class is majority in Muang Nakornpathom about 70 % of the highest class area. The high rank areas spread along Petchkaseam road, Borommaratchachonnani road, and Malaiman road that pose in the South and Northwest of the province. Moreover, the junction area in central of Don Tum district is also the high rank area with the 21.27 % of the provincial area. The next area is the moderate rank area, which is about 65% of Nakornpathom. The rest area is the low rank area with 11.81% of the provincial area. The 75% of this area type is in Bang Len district.

5.2 Recommendation and future work

The following recommendations for the proposed model are to evaluate and develop the flood mitigation.

1) The suitable area map of flood disaster should be applied with DPM's plan to prevent and mitigate flood, effectively. It should be recombined with the shelter minimum standard for the right location, which would be established as a shelter selection.

2) For the model development, it should receive higher scale of height spot and depth of waterbody to improve the precision of topo-to-raster process.

3) Each shapefile layer should be modernized and integrated with the multiple agencies to provide the scale and the data portion of the standard.

Moreover, the future works are recommendations for the next research, given as:

1) The other site selection method and the potential factors of the suitable areas for other disaster shelters for model efficiency would be the further study.

2) The experimental results ought to be used to the further research as the case study.

REFERENCES

Alparslan E, Ince F, Erkan B, Aydöner C, Özen H, Dönertaş A, et al. A GIS model for settlement suitability regarding disaster mitigation, a case study in Bolu Turkey. Engineering Geology. 2008;96(3-4):126-40.

Aronica GT, Biondi G, Brigandì G, Cascone E, Lanza S, Randazzo G. Assessment and mapping of debris-flow risk in a small catchment in eastern Sicily through integrated numerical simulations and GIS. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C. 2012;49:52-63.

Chanta S, Sangsawang O. Shelter-site selection during flood disaster. 4th International Conference on Applied Operational Research, Proceedings. 2012;4:282-8.

Dhanarun S. Application of Geographic Information System for Flood Risk Area Assessment in Angthong Province. 2009.

Jiang W, Deng L, Chen L, Wu J, Li J. Risk assessment and validation of flood disaster based on fuzzy mathematics. Progress in Natural Science. 2009;19(10):1419-25.

Kabir Uddin, Deo Raj Gurung AG, Shrestha B. Application of Remote Sensing and GIS for Flood Hazard Management: A Case Study from Sindh Province, Pakistan. American Journal of Geographic Information System. 2013.

Kar B, Hodgson ME. A GIS-Based Model to Determine Site Suitability of Emergency Evacuation Shelters. Transaction in GIS. 2008:227 - 48.

Liu Q, Ruan X, Shi P. Selection of emergency shelter sites for seismic disasters in mountainous regions: Lessons from the 2008 Wenchuan Ms 8.0 Earthquake, China. Journal of Asian Earth Sciences. 2011;40(4):926-34.

Melgarejo L-F, Lakes T. Urban adaptation planning and climate-related disasters: An integrated assessment of public infrastructure serving as temporary shelter during river floods in Colombia. International Journal of Disaster Risk Reduction. 2014;9:147-58.

Saaty RW. THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS-WHAT IT IS AND HOW IT IS USED. Math Modelling. 1987;9:161-76.

Tingsanchali T. Urban flood disaster management. Procedia Engineering. 2012;32:25-37.

Voogd JH, Goudappel HM, Nijkamp P. Multicriteria evaluation for urban and regional planning. 1982:XIV, 380 p.

APPENDICES

APPENDIX A
WEIGHTING AND RATING QUESTIONARE

Specialist's weighting and ratting questionnaire to engage in the research study

Subject: An application of GIS for analyzing suitable area for flood disaster shelter in Nakhonpathom province, Thailand

Explanation

This questionnaire is created for professionals in the field of disaster relief and those involved. It aims to explore the weighting and rating scores of the factors that influence the selection of suitable areas for the establishment of a shelters for flood victims in Nakornpathom. This questionnaire is a part of the thesis topic: An application of GIS for analyzing suitable area for flood disaster shelter in Nakornpathom province, Thailand

The questionnaire were divided into 2 sections, as follows:

1) Respondent's information
2) Factor's weight and rate table

Part 1 Respondent's information

Name_____Surname_____

Position_____Rank_____

Office / Work place_____

Department_____

Part 2 Factor's weight and rate table

This table is separated into two part.

1) Factors must be weighted in 1 to 5 ranking as follows:

5 = Highest, 4 = High, 3 = Moderate, 2 = Low, and 1 = Lowest.

2) 2. Factors must be rated between 0 to 3 as follows:

3 = Appropriate, 2 = Moderate, 1 = Less suitable, and 0 = Non-Suitable.

Please, put the weighting and rating score in a table below.

Factors	Weighting Score	Rank	Rating Score
Distance from main road	……	< 1 km. 1 – 2 km. 2 – 3 km. > 3 km.	…… …… …… ……
Slope gradient	……	<10° 10° - 20° 20° - 30° >30°	…… …… …… ……
Flood risk Area	…….	Non risk Low risk Moderate risk High risk	…… …… ……. ……
Flood history (8 Years)	..……	Never 1 – 2 time in 8 Years 3 – 5 time in 8 Years 6 – 8 time in 8 Years	…… ……. …… ……
Population density (sub district)	…….	High Medium Low Not crowded	…… …… …… ……

Thank You for Your Kindness

APPENDIX B

การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อวิเคราะห์ที่ตั้งเหมาะสม สำหรับศูนย์พักพิงผู้ประสบอุทกภัย จังหวัดนครปฐม

An application of GIS for analyzing suitable area for flood disaster shelter in Nakornpathom province, Thailand

วงศกร ตงสาลี[1], ดร.ชนัฏฐา จันสุทธิรางกูร[2], ผศ.ดร.อดิศร ลีลาสันติธรรม[3], ผศ.ดร.สุภาภรณ์ เกียรติสิน (*)

บทคัดย่อ

ในระหว่างเกิดเหตุการณ์อุทกภัยศูนย์พักพิงชั่วคราวถือเป็นสถานที่ที่ช่วยบรรเทาความยากลำบากของผู้ประสบภัย งานวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาลักษณะภูมิประเทศ และความเสี่ยงต่ออุทกภัยของพื้นที่จังหวัดนครปฐม เพื่อใช้วิเคราะห์หาที่ตั้งศูนย์พักพิงผู้ประสบอุทกภัยโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์(GIS) สร้างแบบจำลองสภาพภูมิประเทศ ซึ่งประกอบด้วยแบบจำลองความสูงเชิงเลข (DEM) ทำการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่ออุทกภัย ผลการศึกษาพบว่าจังหวัดนครปฐมมีความแตกต่างความสูงของพื้นที่อยู่ระหว่าง 1 ถึง 15 เมตรจากระดับทะเลปานกลาง สภาพพื้นที่โดยทั่วไปมีความลาดเอียงจากทิศเหนือลงสู่ทิศใต้ และจากทิศตะวันตกลงสู่ทิศตะวันออก มีแม่น้ำท่าจีนไหลผ่านทางตอนกลางค่อนไปทางตะวันออกของพื้นที่ มีพื้นที่ต่ำสุดอยู่ที่บริเวณอำเภอพุทธมณฑลและพื้นที่สูงสุดบริเวณอำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐมมีพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัยระดับสูงรวมทั้งหมดถึงร้อยละ 91.46 ของพื้นที่จังหวัด บริเวณอำเภอที่มีพื้นที่เสี่ยงต่ออุทกภัยระดับสูงมากที่สุดคือ อำเภอบางเลน (354,706.28 ไร่) รองลงมาคือ อำเภอกำแพงแสน อำเภอเมือง และอำเภอนครชัยศรีตามลำดับ และมีพื้นที่เสี่ยงต่ออุทกภัยระดับปานกลางร้อยละ 8.54 ของพื้นที่จังหวัด จากนั้นทำการประเมินศักยภาพ

[1] Wongsakorn Tongsalee, Wongsakorn.ton@mahidol.ac.th
[2] Chanattha Chansutthirangkool, Ph.D., chanattha.tho@mahidol.ac.th
[3] Asst. Prof. Adisorn Leelasantitham, Ph.D., adisorn.lee@mahidol.ac.th
(*) Asst. Prof. Supaporn Kiattisin, Ph.D., supaporn.kit@mahidol.ac.th
สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
25/25 ถ.พุทธมณฑล สาย 4 ต. ศาลายา อ.พุทธมณฑล จ.นครปฐม 73170

พื้นที่(PSA) พบว่าจังหวัดนครปฐมมีบริเวณที่เหมาะสมต่อการตั้งศูนย์พักพิงผู้ประสบอุทกภัยมากร้อยละ 14.74 ของพื้นที่จังหวัด ส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในบริเวณอำเภอกำพงแสน (68,344.87 ไร่) และอำเภอเมือง (63,805.55 ไร่) รองลงมาคืออำเภอสามพราน และอำเภอนครชัยศรี พื้นที่ดังกล่าวมีลักษณะวางตัวเป็นแนวยาวเลียบกับถนนสายหลัก เช่น ถนนเพชรเกษม ถนนมาลัยแมน และเส้นทางคมนาคมด้านใต้และด้านตะวันตก ในส่วนของพื้นที่เหมาะสมปานกลางเท่ากับร้อยละ 51.17 มีพื้นที่เหมาะสมน้อยร้อยละ 31.54 และมีพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมต่อการตั้งศูนย์พักพิงผู้ประสบอุทกภัยร้อยละ 2.55 ของพื้นที่จังหวัด ซึ่งส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในด้านตะวันออกเฉียงเหนือของอำเภอบางเลน และกระจายตัวอยู่ในอำเภอต่างๆของจังหวัด ยกเว้นอำเภอสามพราน

คำสำคัญ : ระบบภูมิสารสนเทศ, ที่ตั้งเหมาะสม, ศูนย์พักพิง, อุทกภัย

Abstract

Flood disaster shelter is a safe place to stay during flood. This research aims to study the topography, flood risk area and suitable area for flood disaster shelter in Nakhonpathom province. By using Geographic Information System (GIS) to create Digital Elevation model (DEM) and define flood risk zone. The results was showed that Nakhonpathom has a difference in height of between 1 to 15 meters from mean sea level. The area generally has a slope from the north to the south and from the west to the east. In the central has Ta-Chine River run from north to south. The lowest area is located in Putthamonthon district, in the southeast. The highest area is located in Kamphaeng-saen district, in the northwest. High flood risk area are about 91.46 percent of province area. Most of them are located in Bang-lane district (354,706.28 rai) that almost total of Bang-lane. It followed respectively by Kamphaeng-Saen district and Nakorn Chai-Si district. Moderate flood risk area are 8.54 percent of province area. Nakornpathom province have no low flood risk area. Then the result of PSA showed, the most suitable area for flood disaster shelter are 14.74 percent of province area. It is majority located in Kamphaeng-Saen (68,344.87 rai) and Muang district (63,805.55 rai), followed by Samphran and Nakorn Chai-si district. It placed in a line along Phetkasem road, Malaiman road and transportation routes to the south and west sides. The moderate suitable area are 51.17 percent next to the most suitable area, followed by low suitable area are 31.54 percent of province are. 2.55 percent of province area are not suitable area that mostly located in Bang-lane district and the other district except Samphran district.

Keywords: GIS, Suitable area, Shelter, Flood

1. บทนำ

อุทกภัยนับเป็นภัยธรรมชาติประเภทหนึ่งที่สร้างความเสียหายแก่ทุกภาคส่วนของประเทศ เช่น ภาคเศรษฐกิจและสังคม รวมทั้งทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ซึ่งการเกิดอุทกภัยนั้นสามารถเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุ โดยสาเหตุที่เกิดขึ้นกับประเทศไทยบ่อยที่สุด ได้แก่ การเกิดฝนตกหนักต่อเนื่องกันเป็นเวลานานอันเนื่องมาจากพายุหมุนเขตร้อนที่พัดผ่านประเทศไทยและบริเวณใกล้เคียง ทำให้เกิดน้ำหลากจากพื้นที่สูงโดยเฉพาะบริเวณภูเขาที่เป็นต้นน้ำลำธารลงสู่พื้นที่ต่ำจนเกิดน้ำท่วมฉับพลัน (Flash Flood) ขึ้นในบริเวณพื้นราบ หรือเกิดการเอ่อท่วม (Inundation Flood) บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำ หรือพื้นที่รองรับน้ำ (Flood Plain)

จังหวัดนครปฐมตั้งอยู่ในภาคกลางของประเทศไทยด้านตะวันตก ขอบเขตการปกครองครอบคลุมบริเวณ 3 ลุ่มแม่น้ำ ได้แก่ พื้นที่ด้านตะวันออกซึ่งเป็นพื้นที่ส่วนน้อยอยู่ในเขตลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา พื้นที่ตอนกลางซึ่งเป็นพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่เขตในลุ่มแม่น้ำท่าจีน และพื้นที่ด้านตะวันตกอยู่ในเขตลุ่มแม่น้ำแม่กลอง สภาพภูมิประเทศโดยทั่วไปมีลักษณะเป็นที่ราบ ถึงค่อนข้างราบเรียบ ไม่พบเขตภูเขาและเขตป่าไม้ ระดับความสูงของพื้นที่เหนือระดับทะเลปานกลางอยู่ระหว่าง 1 ถึง 15 เมตร และมีแม่น้ำท่าจีนไหลผ่านจากทิศเหนือลงสู่ทิศใต้ พื้นที่ทางตอนกลางของจังหวัดเป็นที่ราบลุ่ม มีที่ดอน และแหล่งน้ำกระจายเป็นแห่งๆ โดยพื้นที่ด้านตะวันออกและด้านใต้เป็นที่ราบลุ่มริมฝั่งแม่น้ำท่าจีนสูงจากระดับทะเลปานกลาง 2 ถึง 4 เมตร มีคลองขุดและคลองธรรมชาติอยู่จำนวนมาก

จากสถิติการเกิดน้ำท่วมของจังหวัดนครปฐมในปี 2554 มีสาเหตุจากอิทธิพลของพายุโซนร้อนทำให้หลายพื้นที่เกิดฝนตกหนัก เกิดน้ำท่วมฉับพลัน และน้ำล้นตลิ่ง ซึ่งส่งผลให้บ้านเรือนราษฎร ทรัพย์สิน และสิ่งสาธารณประโยชน์ได้รับความเสียหายเป็นจำนวนมาก โดยเริ่มเกิดน้ำล้นตลิ่งในพื้นที่อำเภอบางเลน เนื่องจากปริมาณน้ำที่ไหลบ่ามาจากพื้นที่เกษตรด้านบน (ทุ่งผักไห่และทุ่งเจ้าเจ็ด) ทำให้ระดับน้ำในคลองพระยาบรรลือมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ประกอบกับมีฝนตกหนักในพื้นที่เนื่องมาจากอิทธิพลของร่องความกดอากาศต่ำ จึงส่งผลทำให้ระดับปริมาณน้ำในแม่น้ำท่าจีนเพิ่มสูงขึ้นจนเกิดภาวะน้ำล้นตลิ่งส่งผลกระทบบ้านเรือนราษฎรที่อาศัยใกล้บริเวณริมแม่น้ำท่าจีนในพื้นที่อำเภอบางเลน ขณะเดียวกันมีปริมาณน้ำหลากมาจากจังหวัดนนทบุรี ส่งผลทำให้พื้นที่อำเภอพุทธมณฑล นครชัยศรี และสามพราน ได้รับผลกระทบจากเหตุการณ์ดังกล่าว **(สำนักงานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยจังหวัดนครปฐม, 2556)**

จากลักษณะของอุทกภัยที่เกิดขึ้นในจังหวัดนครปฐมนั้น นอกจากสาเหตุที่มาจากสภาพภูมิอากาศเป็นสำคัญแล้ว ภูมิประเทศซึ่งเป็นที่ราบลุ่มแม่น้ำเป็นอีกปัจจัยหนึ่งซึ่งทำให้เกิดอุกทกภัยในพื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัด โดยเกิดจากระดับความสูงของพื้นที่ที่มีความใกล้เคียงกันจึงทำให้เกิด

อุทกภัยกินพื้นที่เป็นบริเวณกว้าง งานวิจัยฉบับนี้จึงจัดทำแบบจำลองความสูงลักษณะภูมิประเทศเชิงเลขของจังหวัดนครปฐม วิเคราะห์แบ่งระดับพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัยในจังหวัดนครปฐม และวิเคราะห์หาที่ตั้งเหมาะสมสำหรับตั้งศูนย์พักพิงผู้ประสบอุทกภัยในจังหวัดนครปฐม เพื่อเป็นแนวทางในการบรรเทาผลกระทบของอุทกภัยที่เกิดขึ้น

1.1 การวิเคราะห์พื้นผิว (Surface Analysis)

เป็นการวิเคราะห์การกระจายของค่าตัวแปรหนึ่งซึ่งเปรียบเสมือนเป็นมิติที่ 3 ของข้อมูลเชิงพื้นที่ โดยข้อมูลเชิงพื้นที่มีค่าพิกัดตามแนวแกน X และแกน Y ส่วนตัวแปรที่นำมาวิเคราะห์เป็นค่า Z ที่การกระจายตัวครอบคลุมทั้งพื้นที่ ตัวอย่างของค่า Z เช่น ข้อมูลความสูง อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน เป็นต้น ผลจากการวิเคราะห์สามารถแสดงเป็นภาพ 3 มิติให้เห็นถึงความแปรผันของข้อมูลด้วยลักษณะสูงต่ำของพื้นผิว การแสดงข้อมูลพื้นผิวสามารถนั้นสามารถใช้โครงสร้างข้อมูลแบบเวคเตอร์รูปแบบของโครงข่ายสามเหลี่ยม (Triangulated Irregular : TIN) หรือใช้โครงสร้างข้อมูลแบบแรสเตอร์ในรูปแบบของการจำลองระดับ (Digital Elevation Model : DEM) การวิเคราะห์พื้นผิวสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้หลายแนวทาง ไม่ว่าจะเป็นการวิเคราะห์ภาพตัดขวาง การแสดงของพื้นผิว การวิเคราะห์ความสามารถในการมองเห็นภูมิประเทศจากมุมมองต่างๆ การคำนวณปริมาตรของพื้นที่และการแสดงลักษณะภูมิประเทศจากมุมมองต่างๆ การคำนวณปริมาตรพื้นที่และการแสดงลักษณะภูมิประเทศร่วมกับแผนที่หรือภาพถ่าย เช่น ข้อมูลดาวเทียม และรูปถ่ายทางอากาศ เป็นต้น [1]

1.2 การวิเคราะห์ศักยภาพของพื้นที่ (Potential Surface Analysis หรือ PSA)

PSA ถูกคิดค้นขึ้น โดยขณะทำงานศึกษาอนุภาค Nottinghamshire and Derbyshire ในปี ค.ศ. 1969 และนำมาใช้ในการวางผังในปี ค.ศ. 1969 และ 1970 โดยเป็นการนำเอาเทคนิคของการวิเคราะห์ด้วย Sieve Analysis โดยปรับเพิ่มการให้ค่าทางคณิตศาสตร์ในพื้นที่ต่างๆ อย่างเป็นระบบ ซึ่ง PSA เป็นเทคนิคสำหรับการประเมินศักยภาพพื้นที่ที่จะพัฒนาสำหรับกิจกรรมแต่ละกิจกรรมอย่างเป็นระบบ โดยการแสดงวิธีการหาพื้นที่เพื่อกิจกรรมต่างๆ อย่างง่าย และสามารถแสดงผลทางสมมุติฐาน และวัตถุประสงค์ที่เปลี่ยนไป การวิเคราะห์ด้วย PSA ดำเนินการโดยการกำหนดปัจจัย (Factor) ต่างๆ ซึ่งจะรวมกันเพื่อหาที่ตั้งเหมาะสมสำหรับกิจกรรม โดยทำการกำหนดค่าน้ำหนักตามลำดับความสำคัญของปัจจัย และค่าคะแนนที่สามารถสนองต่อเป้าหมายของงาน โดยมีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$\text{Suitability } (S) = (R_1 \times W_1) + (R_2 \times W_2) + \ldots + (R_n \times W_n)$$

เมื่อ R = ค่าของแต่ละปัจจัยที่มีการซ้อนทับกัน

W = ค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัยที่ใช้ในการเฉลี่ย

N = จำนวนของปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์

การประเมินศักยภาพพื้นที่ด้วยวิธีการ PSA สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้หลากหลาย เช่น การศึกษาศักยภาพในการรองรับการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Capability Studies) เพื่อกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ [2]

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาสภาพภูมิประเทศ และจัดทำแบบจำลองความสูงเชิงเลข จังหวัดนครปฐม

2.2 เพื่อวิเคราะห์ และจัดทำแผนที่พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัย จังหวัดนครปฐม

2.3 เพื่อประเมินหาพื้นที่เหมาะสมสำหรับสร้างศูนย์พักผิงผู้ประสบอุทกภัย จังหวัดนครปฐม

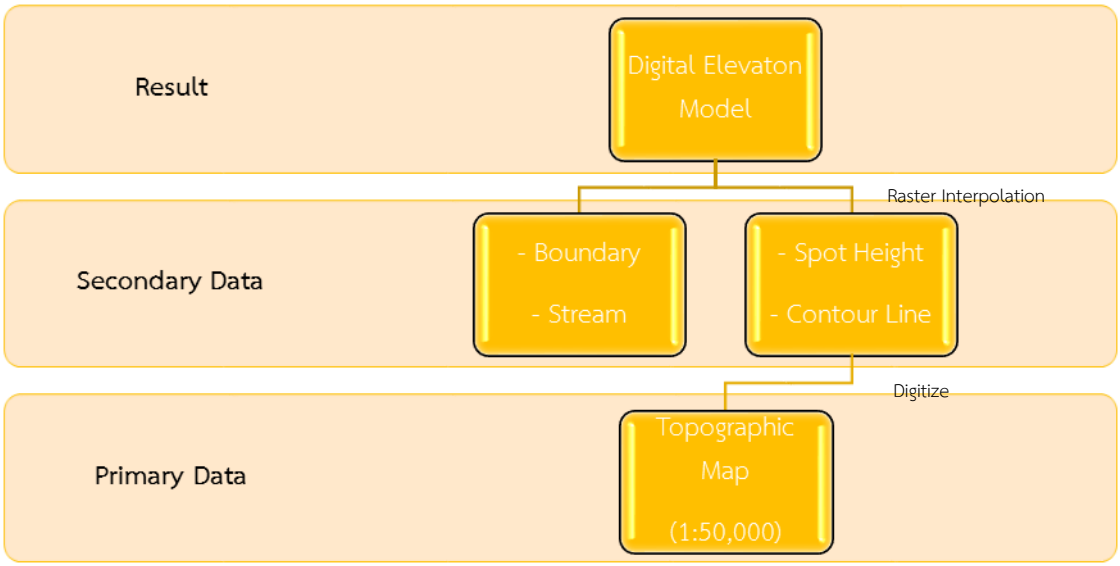
3 วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เพื่อวิเคราะห์หาที่ตั้งเหมาะสมสำหรับศูนย์พักพิงผู้ประสบอุทกภัยในจังหวัดนครปฐม โดยเริ่มจากการศึกษาสภาพภูมิประเทศจังหวัดนครปฐมด้วยการรวบรวมข้อมูลและจัดทำเป็นแบบจำลองความสูงเชิงเลข และทำการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่ออุทกภัยของจังหวัดนครปฐมโดยใช้เกณฑ์ของสำนักนโยบาย และแผนสิ่งแวดล้อม ปี 2541 จากนั้นประเมินศักยภาพของพื้นที่ด้วยวิธี PSA เพื่อทำการแบ่งระดับความเหมาะสมของพื้นที่

แผนภูมิที่ 1 แผนภูมิแสดงวิธีดำเนินการวิจัย

2.1 แบบจำลองความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model)

การสร้างแบบจำลองลักษณะภูมิประเทศเชิงเลข (Digital Elevation Model : DEM) สามารถทำได้โดยวิธีการวิเคราะห์พื้นผิว (Surface Analysis) โดยใช้ข้อมูลเส้นชั้นความสูงภูมิประเทศ (Contour Line) ข้อมูลจุดความสูงภูมิประเทศ (Spot Height) ที่ได้ทำการวาด (Digitize) จากแผนที่ L7018 ของกรมแผนที่ทหาร ข้อมูลเส้นทางน้ำ(Stream) จากกรมทรัพยากรน้ำและกรมชลประทาน และข้อมูลขอบเขตการปกครองจำแนกเป็น ขอบเขตจังหวัด ขอบเขตอำเภอ และขอบเขตตำบล จากกรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย โดยนำข้อมูลทั้ง 4 ชนิดเข้ากระบวนการ Raster Interpolation ในโปรแกรมสำเร็จรูป (แผนภูมิที่ 2) โดยโปรแกรมสำเร็จรูปทำการคำนวณค่าความสูงของพื้นผิวในแต่ละกริดเซลโดยอ้างอิงจากข้อมูลความสูงจากข้อมูลจุดความสูง และเส้นชั้นความสูงในบริเวณพื้นที่ขอบเขตการปกครองที่กำหนด โดยผลลัพธ์ที่ได้จะออกมาเป็นข้อมูลแบบแรสเตอร์ จากนั้นทำการแปลงเป็นข้อมูลแบบเวกเตอร์ [1]

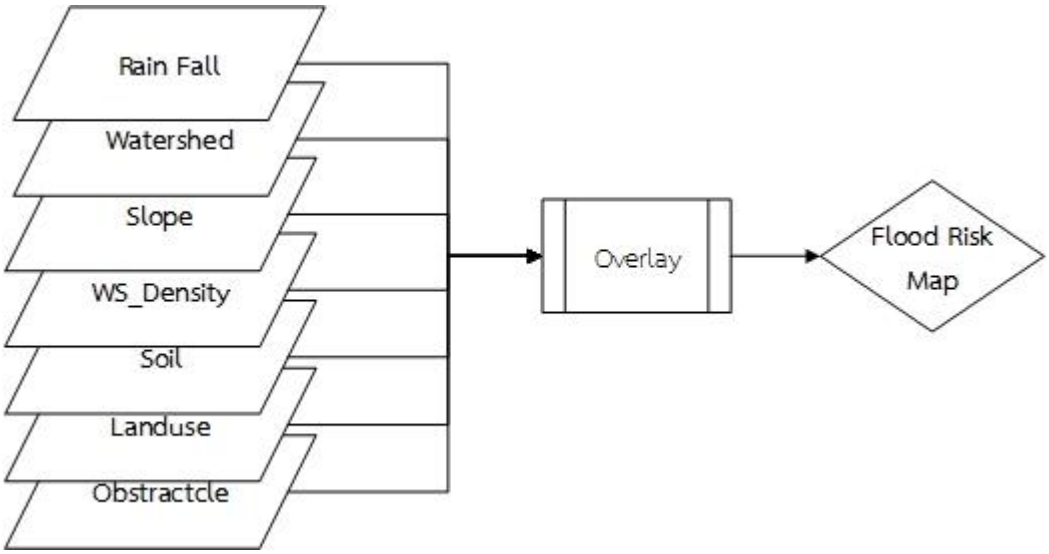


แผนภูมิที่ 2 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการจัดทำ Digital Elevation Model

2.2 แผนที่แสดงพื้นที่ที่เสี่ยงต่ออุทกภัย

ในการศึกษาครั้งนี้ทางผู้วิจัยได้ใช้เกณฑ์การกำหนดพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัยของสำนักนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อมปี 2541 (แผนภูมิที่ 3) ประกอบด้วยปัจจัยทางพื้นที่จำนวน 7 ปัจจัย ได้แก่ ปริมานน้ำฝน ขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ ความลาดชันของลุ่มน้ำ ความหนาแน่นของน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำ ชนิดของดิน การใช้ประโยชน์ที่ดิน และสิ่งกีดขวางในแต่ละลุ่มน้ำ โดยทำการซ้อนทับข้อมูล

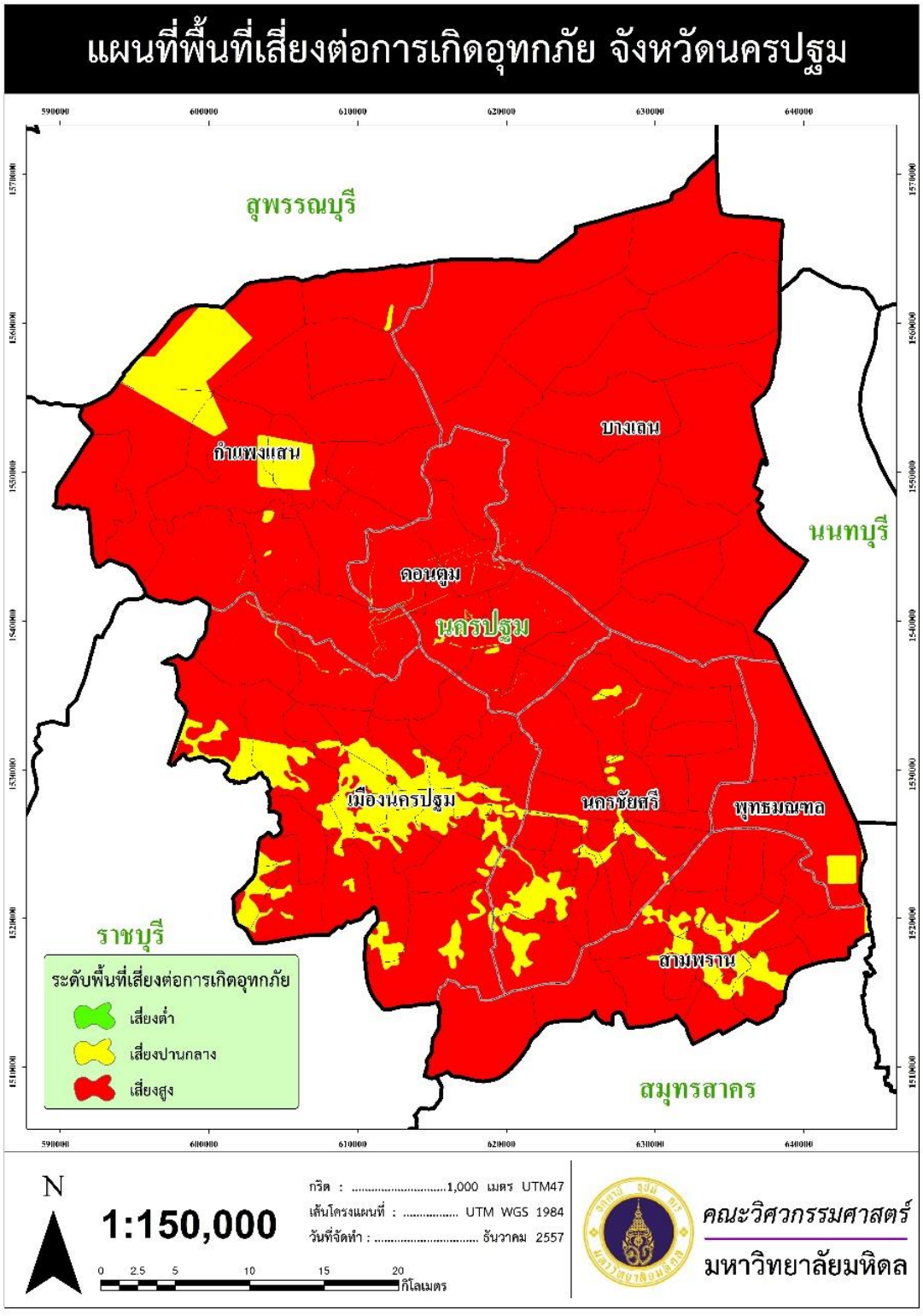
(Overlay) โดยอ้างอิงค่าน้ำหนัก และค่าคะแนนจากหน่วยงาน และจัดทำเป็นพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัยในจังหวัดนครปฐม ซึ่งแบ่งเป็น 3 ระดับคือ พื้นที่เสี่ยงสูงแสดงผลด้วยสีแดง พื้นที่เสี่ยงปานกลางแสดงผลด้วยสีเหลือง และพื้นที่เสี่ยงต่ำแสดงผลด้วยสีเขียว (รูปภาพที่ 1)



แผนภูมิที่ 3 กระบวนการสร้างแผนที่แสดงพื้นที่เสี่ยงอุทกภัย

2.3 วิเคราะห์พื้นที่เหมาะสมต่อการตั้งศูนย์พักพิงผู้ประสบอุทกภัย

การวิเคราะห์หาที่ตั้งเหมาะสมสำหรับศูนย์พักพิงผู้ประสบอุทกภัยในบริเวณจังหวัดนครปฐม มีเกณฑ์การคัดเลือกพื้นที่เหมาะสมจากปัจจัย [3] ต่างๆดังนี้ 1.ข้อมูลสถิติพื้นที่เกิดอุทกภัยในจังหวัดนครปฐม (ปี 2006 – 2013) จากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) 2.แผนที่ระดับความเสี่ยงของพื้นที่ต่อการเกิดอุทกภัย 3.ระยะห่างจากถนนสายหลัก โดยทำการ Buffer จากข้อมูลเส้นถนน (Transportation) จากกระทรวงคมนาคม 4.ระดับความลาดเอียง (Slope) ของพื้นที่ จากการวิเคราะห์จากข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข (DEM) ซึ่งปัจจัยทั้งหมดได้รับการให้ค่าน้ำหนักโดยผู้เชี่ยวชาญจากสำนักป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยจังหวัดนครปฐม (ตารางที่ 1)



รูปภาพที่ 1 แผนที่แสดงระดับพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัย จังหวัดนครปฐม

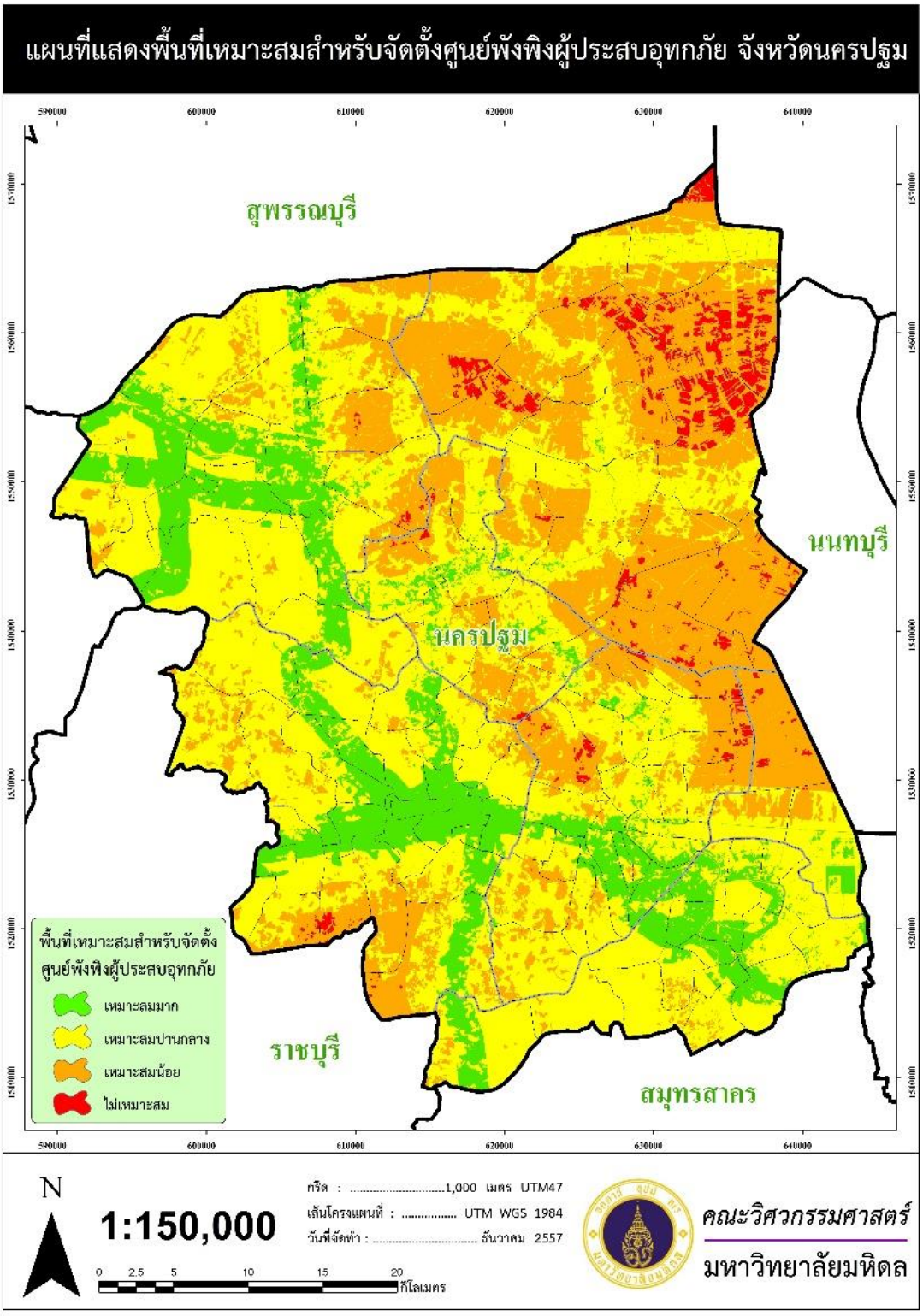
ตารางที่ 1 ตารางแสดงค่าน้ำหนัก และค่าคะแนน ในแต่ละปัจจัย

Suitability Factors	Weighting	Scores and ranking range			
		Low (0)	Minor (1)	Major (2)	Full Value (3)
Flood History	0.28	75%	≥25.1% and ≤74.9%	≥0.1% and ≤25%	0%
Flood Risk	0.37	-	High	Moderate	Low
Accessibility	0.23	> 3 km.	> 2 km. and ≤ 3 km.	> 1 km. and ≤ 2 km.	≤ 1 km.
Slope	0.12	≥ 30◦	≥20◦ and ≤30◦	≥10◦ and ≤20◦	≤10◦
Total / Max. Score	**1**	**0**	**1**	**2**	**3**

Adapted from : Melgarejo, L.-F., & Lakes, T. (2014) [3]

แผนภูมิที่ 4 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของปัจจัย (Factor) ต่อการวิเคราะห์หาพื้นที่เหมาะสมในการตั้งศูนย์พักพิงผู้ประสบอุทกภัย

จากนั้นนำมาวิเคราะห์ด้วยวิธีการวิเคราะห์ศักยภาพของพื้นที่ (Potential Surface Analysis) เพื่อสร้างแผนที่แสดงพื้นที่เหมาะสม สำหรับตั้งศูนย์พักพิงในจังหวัดนครปฐม (รูปภาพที่ 2) โดยแบ่งระดับความเหมาะสมเป็น 4 ระดับคือ 1. เหมาะสมมาก 2.เหมาะสมปานกลาง 3. เหมาะสมน้อย 4. ไม่เหมาะสม ตามค่าของผลรวมคะแนนจากทุกปัจจัย โดยทำการแสดงผลในแผนที่เป็นสีเขียว สีเหลือง สีส้ม และสีแดงตามลำดับ



รูปภาพที่ 2 แผนที่แสดงพื้นที่เหมาะสมต่อการตั้งศูนย์พักพิงผู้ประสบอุทกภัย

4 สรุปผลการวิจัย

จังหวัดนครปฐมมีความแตกต่างความสูงของพื้นที่อยู่ระหว่าง 1 ถึง 15 เมตรจากระดับทะเลปานกลาง สภาพพื้นที่โดยทั่วไปมีความลาดเอียงจากทิศเหนือลงสู่ทิศใต้ และจากทิศตะวันตกลงสู่ทิศตะวันออก มีแม่น้ำท่าจีนไหลผ่านทางตอนกลางค่อนไปทางตะวันออกของพื้นที่ มีพื้นที่ต่ำสุดบริเวณอำเภอพุทธมณฑลและพื้นที่สูงสุดบริเวณอำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐมมีพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัยระดับสูงจำนวน 1,223,895.53 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 91.46 ของพื้นที่จังหวัด อำเภอที่มีพื้นที่เสี่ยงต่ออุทกภัยระดับสูงมากที่สุดคือ อำเภอบางเลนซึ่งกินบริเวณเกือบทั้งอำเภอ รองลงมาคืออำเภอกำแพงแสน อำเภอเมือง และอำเภอนครชัยศรีตามลำดับ พื้นที่เสี่ยงต่ออุทกภัยระดับปานกลางมีจำนวน 114,306.78 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 8.54 ของพื้นที่จังหวัด อำเภอที่มีพื้นที่เสี่ยงต่ออุกทกภัยระดับปานกลางมากที่สุดคือ อำเภอเมืองในบริเวณทั้งหมดของตำบลพระปฐมเจดีย์ และพื้นที่บางส่วนของตำบลธรรมศาลา บ่อพลับ ห้วยจระเข้ นครปฐม สนามจันทร์ ลำพยา หนองปากโลง วังตะกู ลำโพรงมะเดื่อ รองลงมาคืออำเภอกำแพงแสน อำเภอนครชัยศรี และอำเภอสามพรานตามลำดับ โดยจังหวัดนครปฐมไม่มีพื้นที่เสี่ยงต่ออุทกภัยระดับต่ำ จากรายงานข้างต้นโดยสามารถจำแนกเป็นขนาดพื้นที่รายอำเภอได้ดังนี้

ตารางที่ 2 ตารางแสดงพื้นที่ระดับความเสี่ยงอุทกภัยแต่ละอำเภอ จังหวัดนครปฐม

อำเภอ / ระดับความเสี่ยง	เสี่ยงต่ำ	เสี่ยงปานกลาง	เสี่ยงสูง	ผลรวม (ไร่)
กำแพงแสน	-	32,016.11	254,288.03	**286,304.14**
ดอนตูม	-	1,673.12	93,966.76	**95,639.88**
นครชัยศรี	-	13,640.89	151,380.56	**165,021.45**
บางเลน	-	118.13	354,706.28	**354,824.40**
พุทธมณฑล	-	2,563.85	46,986.18	**49,550.04**
เมืองนครปฐม	-	51,511.12	202,280.55	**253,791.67**
สามพราน	-	12,783.56	120,287.18	**133,070.73**
ผลรวม (ไร่)	**-**	**114,306.78**	**1,223,895.53**	**1,338,202.31**
ร้อยละ / พื้นที่จังหวัด	**-**	**8.54**	**91.46**	**100.00**

ผลลัพธ์ของการประเมินระดับความเสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัยได้ถูกใช้เป็นข้อมูลประกอบการประเมินศักยภาพของพื้นที่ (PSA) ที่เหมาะสมต่อการตั้งศูนย์พักพิงผู้ประสบอุทกภัย โดยพิจารณาร่วมกับระยะห่างจากถนนสายหลัก ความลาดเอียงของพื้นที่ และสถิติการเกิดอุทกภัยใน

พื้นที่ ซึ่งได้รับการให้ค่าน้ำหนักโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการอุทกภัยจากสำนักงานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย จังหวัดนครปฐม

ตารางที่ 3 ตารางแสดงจำนวนพื้นที่เหมาะสมต่อการตั้งศูนย์พักพิงผู้ประสบอุทกภัยรายอำเภอ

อำเภอ / ระดับความเหมาะสม	เหมาะสมมาก	เหมาะสมปานกลาง	เหมาะสมน้อย	ไม่เหมาะสม	ผลรวม (ไร่)
กำแพงแสน	68,344.87	173,498.14	44,019.69	441.43	**286,304.14**
ดอนตูม	7,338.19	56,132.40	31,637.64	531.64	**95,639.88**
นครชัยศรี	20,920.45	90,937.57	50,226.14	2,937.29	**165,021.45**
บางเลน	1,555.66	102,620.89	222,087.05	28,560.80	**354,824.40**
พุทธมณฑล	2,955.67	21,359.69	24,572.81	661.87	**49,550.04**
เมืองนครปฐม	63,805.55	143,345.24	45,672.23	968.65	**253,791.67**
สามพราน	32,371.91	96,842.08	3,856.75	-	**133,070.74**
ผลรวม (ไร่)	**197,292.31**	**684,736.01**	**422,072.32**	**34,101.67**	**1,338,202.31**
ร้อยละ / พื้นที่จังหวัด	**14.74**	**51.17**	**31.54**	**2.55**	**100.00**

ผลลัพธ์จากการประเมินศักยภาพพื้นที่พบว่าบริเวณที่เหมาะสมต่อการตั้งศูนย์พักพิงผู้ประสบอุทกภัยมากที่สุดมีจำนวน 197,292.31 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 14.74 ของพื้นที่จังหวัดนครปฐม ส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในบริเวณอำเภอกำพงแสน (68,344.87 ไร่) และอำเภอเมือง (63,805.55 ไร่) รองลงมาคืออำเภอสามพราน และอำเภอนครชัยศรี พื้นที่ส่วนที่เหลือกระจายตัวอยู่ในอำเภออื่นภายในจังหวัด โดยวางตัวเป็นแนวยาวเลียบกับถนนเพชรเกษม ถนนมาลัยแมน และเส้นทางคมนาคมด้านใต้และด้านตะวันตก (รูปภาพที่ 3) ทำให้พื้นที่เหมาะสมปานกลาง และเหมาะสมน้อยจะอยู่ถัดออกมาตามระยะห่างจากเส้นทางคมนาคมดังกล่าวตามลำดับ ในส่วนของพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมต่อการตั้งศูนย์พักพิงผู้ประสบอุทกภัยมีจำนวน 34,101.67 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 2.55 ของพื้นที่จังหวัดนครปฐม ซึ่งส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในด้านตะวันออกเฉียงเหนือของอำเภอบางเลน และกระจายตัวอยู่ในอำเภอต่างๆของจังหวัด เว้นแต่อำเภอสามพรานที่ไม่พบพื้นที่ไม่เหมาะสมเลย

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยฉบับนี้ใช้ปัจจัยด้านกายภาพในการพิจารณาพื้นที่เหมาะสมสำหรับตั้งศูนย์พักพิงผู้ประสบอุทกภัย ซึ่งถ้าหากนำปัจจัยในด้านอื่น เช่น ด้านสาธารณสุข ด้านสิ่งแวดล้อม หรือด้านสังคมเข้ามาร่วมพิจารณา อาจช่วยให้การตัดสินใจเลือกพื้นที่เหมาะสมสำหรับเป็นศูนย์พักพิงมีประสิทธิภาพ แม่นยำ และตอบสนองต่อความต้องการของผู้ประสบภัยได้มากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] สุเพชร จิระขจรกุล. เรียนรู้ระบบภูมิสารสนเทศด้วยโปรแกรม ArcGIS Desktop 9.3.1 . นนทบุรี: โรงพิมพ์เอส.

[2] สุระ พัฒนเกียรติ. ระบบภูมิสารสนเทศในทางนิเวศวิทยาและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ยูไนเต็ดโปรดักชั่น, 2546.

[3] Luis-Felipe Melgarejo, Tobia Lakes, Urban adaptation planning and climate-related disasters: An integrated assessment of public infrastructure serving as temporary shelter during river floods in Colombia, International Journal of Disaster Risk Reduction, Volume 9, September 2014, Pages 147-158

[4] Jian Chen, Arleen A. Hill, Lensyl D. Urbano, A GIS-based model for urban flood inundation, Journal of Hydrology, Volume 373, Issues 1–2, 30 June 2009, Pages 184-192

[5] Qiang Liu, Xuejing Ruan, Pilong Shi, Selection of emergency shelter sites for seismic disasters in mountainous regions: Lessons from the 2008 Wenchuan Ms 8.0 Earthquake, China, Journal of Asian Earth Sciences, Volume 40, Issue 4, 3 March 2011, Pages 926-934

[6] Mateeul Haq, Memon Akhtar, Sher Muhammad, Siddiqi Paras, Jillani Rahmatullah, Techniques of Remote Sensing and GIS for flood monitoring and damage assessment: A case study of Sindh province, Pakistan, The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, Volume 15, Issue 2, December 2012, Pages 135-141

[7] T. Tingsanchali, Urban flood disaster management, Procedia Engineering, Volume 32, 2012, Pages 25-37

[8] V.V. Krzhizhanovskaya, N.B. Melnikova, A.M. Chirkin, S.V. Ivanov, A.V. Boukhanovsky, P.M.A. Sloot, Distributed Simulation of City Inundation by Coupled Surface and Subsurface Porous Flow for Urban Flood Decision Support System, Procedia Computer Science, Volume 18, 2013, Pages 1046-1056

[9] Adriana Gaudiani, Emilio Luque, Pablo García, Mariano Re, Marcelo Naiouf, Armando Di Giusti, Computing, a Powerful Tool for Improving the Parameters Simulation Quality in Flood Prediction, Procedia Computer Science, Volume 29, 2014, Pages 299-309

[10] Shanghong Zhang, Baozhu Pan, An urban storm-inundation simulation method based on GIS, Journal of Hydrology, Volume 517, 19 September 2014, Pages 260-268

BIOGRAPHY

NAME	Wongsakorn Tongsalee
DATE OF BIRTH	28 July 1990
PLACE OF BIRTH	Bangkok, Thailand
INSTITUTIONS ATTENDED	Silpakorn University, 2009 – 2012 Bachelor of Arts (Geography) Mahidol University, 2013 - 2015 Master of Science (Information Technology Management)
HOME ADDRESS	40/92 Soi Petchkaasem 116 Petchkasen Road, Nongcam, Bangkok 10160 Tel. 096-824-4998 Email: mynameisbom@hotmail.com