



ICID•CIID

Thai Translation

คู่มือการวางแผนบริหารจัดการน้ำท่วมด้วยแนวทางใช้สิ่งก่อสร้าง Manual on Planning of Structural Approaches to Flood Management

จัดทำโดย
คณะทำงานด้านวิชาการ
ของคณะกรรมการด้านการชลประทาน
และการระบายน้ำแห่งประเทศไทย-THAICID



คู่มือการวางแผนบริหารจัดการน้ำท่วมด้วยแนวทางใช้สิ่งก่อสร้าง
Manual on Planning of Structural Approaches to Flood Management

คู่มือการวางแผนบริหารจัดการน้ำท่วมด้วยแนวทางใช้สิ่งก่อสร้าง

Manual on Planning of Structural Approaches to Flood Management

พิมพ์ครั้งที่ 1

มิถุนายน พ.ศ. 2563

จัดทำโดย

คณะทำงานด้านวิชาการของคณะกรรมการด้านการชลประทานและการระบายน้ำแห่งประเทศไทย (THAICID–Thai National Committee on Irrigation and Drainage)

ได้รับอนุญาตให้แปลจาก “Manual on Planning of Structural Approaches to Flood Management” ของ International Commission on Irrigation and Drainage (ICID)

แปลและเรียบเรียงโดย นาย ชัยวัฒน์ ปรีชาวิทย์ และ รศ.ดร. อาริยา ฤทธิมา
ตรวจทานและแก้ไขโดย คณะทำงานด้านวิชาการของคณะกรรมการด้านการชลประทานและการระบายน้ำแห่งประเทศไทย

กรมชลประทาน (สามเสน) 811 ถนนสามเสน แขวงถนนนครไชยศรี
เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300

โทรศัพท์ : 02-241-2687 แฟกซ์ : 02-243-6964

ISBN : 978-616-358-442-7

@ 2562 สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมาย การนำรูปภาพและข้อความทั้งหมดในหนังสือไปตีพิมพ์ อ้างอิง และเผยแพร่ซ้ำไม่ว่าจะบางส่วนหรือทั้งหมดต้องได้รับการยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจาก ICID และ THAICID ขอขอบคุณภาพประกอบจาก <https://en.wikipedia.org/wiki/flood>

โรงพิมพ์

บริษัท มิตรภาพการพิมพ์และสตูดิโอ จำกัด

1 ถนนพระรามเก้า ซอยพระรามเก้า 59 (อิสสระชัย) เขตสวนหลวง
กรุงเทพมหานคร 10250

โทรศัพท์ : 02-187-2223-5

แฟกซ์ : 02-187-2226

อีเมลล์ : mittrapap2004@yahoo.com



สมาคมศิษย์เก่าวิศวกรรมชลประทาน ในพระบรมราชูปถัมภ์ และคณะทำงานด้านวิชาการของคณะกรรมการด้านการชลประทานและการระบายน้ำแห่งประเทศไทย ผู้สนับสนุนในการจัดตีพิมพ์

สารจากประธานคณะกรรมการ THAICID (Message from the President of THAICID)

ประเทศไทย ในฐานะประเทศที่เข้าร่วมก่อตั้ง International Commission on Irrigation and Drainage (ICID) ซึ่งเป็นองค์กรระดับนานาชาติที่มุ่งเน้นการพัฒนางานด้านชลประทานและการระบายน้ำได้ทำหน้าที่ขับเคลื่อนและขยายผลองค์ความรู้ด้วยวิธีการต่าง ๆ ในนามของ “คณะกรรมการด้านการชลประทานและการระบายน้ำแห่งประเทศไทย (Thai National Committee on Irrigation and Drainage) หรือ THAICID” โดยความร่วมมือกับเครือข่ายทั้งหน่วยงานภาครัฐ ภาคเอกชน และสถาบันการศึกษาภายในประเทศและต่างประเทศ

วัตถุประสงค์และกิจกรรมของ ICID ข้อหนึ่งคือ การส่งเสริม ค้นคว้า และพัฒนาเทคโนโลยี หรือวิจัยทางด้านที่เกี่ยวข้องกับการชลประทานและการระบายน้ำ ดังนั้น เพื่อเป็นการพัฒนางานด้านชลประทานและการระบายน้ำ ในปี พ.ศ. 2562 คณะทำงานด้านวิชาการ THAICID ได้จัดทำคู่มือเรื่อง “คู่มือการบริหารจัดการน้ำท่วมด้วยแนวทางไม่ใช้สิ่งก่อสร้าง” และเนื่องในโอกาสครบรอบ 70 ปีแห่งการจัดตั้ง ICID และ THAICID ในปี พ.ศ. 2563 คณะทำงานด้านวิชาการ THAICID จึงได้จัดทำ “คู่มือการวางแผนบริหารจัดการน้ำท่วมด้วยแนวทางใช้สิ่งก่อสร้าง” ฉบับภาษาไทย ซึ่งได้รับอนุญาตจาก ICID ให้แปลจากต้นฉบับเรื่อง “Manual on Planning of Structural Approaches to Flood Management” ซึ่งถือเป็นอีกหนึ่งความตั้งใจในการเผยแพร่ความรู้แก่ผู้บริหาร ข้าราชการ เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนนิสิตนักศึกษาและผู้สนใจทั่วไป

คู่มือฉบับนี้ได้รับความร่วมมือจากหลายภาคส่วน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง คณะที่ปรึกษาและคณะทำงานด้านวิชาการ THAICID ดำเนินการแปล เรียบเรียง และตรวจสอบความถูกต้องตามหลักวิชาการ นอกจากนี้ สมาคมศิษย์เก่าวิศวกรรมชลประทาน ในพระบรมราชูปถัมภ์ โดยคณะอนุกรรมการด้านวิชาการและสถาบันพัฒนาการชลประทาน กรมชลประทาน ได้ให้การสนับสนุนจนทำให้คู่มือฉบับนี้ดำเนินการแล้วเสร็จตามวัตถุประสงค์

ในนามของคณะกรรมการ THAICID ขอแสดงความขอบคุณผู้ที่เกี่ยวข้องและผู้ให้การสนับสนุนทุกท่าน และหวังเป็นอย่างยิ่งว่า คู่มือฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ในการให้ความรู้ ความเข้าใจ และนำไปประยุกต์ใช้ต่อไป



(นายทองเปลว กองจันทร์)

อธิบดีกรมชลประทาน

ประธานคณะกรรมการ THAICID

คำนำ (Preface)

หนังสือ “คู่มือการวางแผนบริหารจัดการน้ำท่วมด้วยแนวทางใช้สิ่งก่อสร้าง” เล่มนี้ เป็นคู่มือในด้านการบริหารจัดการน้ำท่วมเล่มที่สองที่คณะกรรมการด้านวิชาการของคณะกรรมการด้านการชลประทานและการระบายน้ำแห่งประเทศไทยได้จัดแปลขึ้นจาก “Manual on Planning of Structural Approaches to Flood Management” ของ International Commission on Irrigation and Drainage (ICID) โดยเป็นคู่มือฉบับแปลต่อจากเล่มแรกคือ “คู่มือการบริหารจัดการน้ำท่วมด้วยแนวทางไม่ใช้สิ่งก่อสร้าง” (Manual on Non-Structural Approaches to Flood Management) ที่ได้จัดพิมพ์ขึ้นใน พ.ศ. 2562 เพื่อให้เป็นชุดคู่มือที่สมบูรณ์ในด้านการบริหารจัดการน้ำท่วม ซึ่งได้ถ่ายทอดประสบการณ์ของนักวิชาการและผู้เชี่ยวชาญด้านทรัพยากรน้ำจากทั่วโลก และได้รวบรวมทฤษฎีและกรณีศึกษาที่เป็นประโยชน์ ตลอดจนบทเรียนที่ได้เรียนรู้ (Lesson Learned) ไว้อย่างครบถ้วน

คณะกรรมการด้านวิชาการ THAICID ได้จัดพิมพ์หนังสือคู่มือเล่มนี้ขึ้นในปี พ.ศ. 2563 นี้ เนื่องในโอกาสครบรอบ 70 ปีแห่งการจัดตั้ง International Commission on Irrigation and Drainage (ICID) และ THAICID ด้วย โดยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเล่มนี้จะเป็นประโยชน์กับหน่วยงานต่าง ๆ ในการนำแนวคิดและหลักการของการบริหารจัดการน้ำท่วม และข้อพึงระวังไปประยุกต์ใช้ในการบริหารจัดการน้ำของประเทศต่อไป

ชัยวัฒน์ ปรีชาวิทย์
กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิในคณะกรรมการด้านการชลประทานและการระบายน้ำแห่งประเทศไทย
(THAICID–Thai National Committee on Irrigation and Drainage) และ
ICID Vice President Honoraire

สารบัญ (Contents)

สารจากประธานคณะกรรมการ THAICID (Message from the President of THAICID)

คำนำ (Preface)

สารบัญ (Content)

บทที่ 1 ขอบเขต (Scope)	หน้า
1.1 บทนำ (Introduction)	1-1
1.2 การบริหารจัดการน้ำท่วมและการควบคุมน้ำท่วม (Flood Management and Flood Control)	1-2
1.3 วัตถุประสงค์และการใช้คู่มือ (Purpose and Use of the Manual)	1-4
1.4 คำนิยาม (Definitions)	1-5
บทที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์น้ำท่วมและสภาพน้ำนอง (The Relationship between Flood Parameters and Inundations)	
2.1 บทนำ (Introduction)	2-1
2.2 การบริหารจัดการน้ำท่วม (Flood Management)	2-2
2.3 ลักษณะน้ำท่วมและสาเหตุของการเกิดน้ำท่วม (Flood Characteristics and Causes of Flooding)	2-7
2.4 พารามิเตอร์น้ำท่วมและโค้งโอกาสความน่าจะเป็นแบบมากกว่า (Flood Parameters and Exceedance Curves)	2-9
2.5 ประสิทธิภาพทางชลศาสตร์ของมาตรการควบคุมน้ำท่วม (Hydraulic Effectiveness of Flood Control Measures)	2-17
2.6 เอกสารอ้างอิง (References)	2-23
บทที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์น้ำท่วมและความเสียหาย (The Relationship between Flood Parameters and Damages)	
3.1 บทนำ (Introduction)	3-1
3.2 ขนาดและลักษณะของความเสียหายจากน้ำท่วม (Extent and Nature of Flood Damages)	3-5
3.3 เส้นโค้งความเสียหาย (Damage Curves)	3-10
3.4 ความเสียหายรายปีเฉลี่ยและการวิเคราะห์ผลประโยชน์-ต้นทุน (Average Annual Damage and Benefit-Cost Analysis)	3-15
3.5 เอกสารอ้างอิง (References)	3-22
บทที่ 4 ระดับเป้าหมายของการป้องกัน (Desired Level of Protection)	
4.1 บทนำ (Introduction)	4-1
4.2 ประเด็นที่ต้องพิจารณาเมื่อกำหนดค่า “ปริมาณน้ำหลากออกแบบ”(Aspects to be Considered When Determining the “Design Flood”)	4-1
4.3 ระดับการป้องกันที่ต้องการ (Desired Level of Protection)	4-17
4.4 วิธีการบริหารจัดการความเสี่ยง (Risk Management Approach)	4-21
4.5 เอกสารอ้างอิง (References)	4-25

บทที่ 5 การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์อุทกพลศาสตร์เพื่อการบริหารจัดการน้ำท่วม (Use of Hydrodynamic Mathematical Models for Flood Management)

5.1	บทนำ (Introduction)	5-1
5.2	วัตถุประสงค์ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการบริหารจัดการน้ำท่วม (Purpose of Mathematical Models in Flood Management)	5-1
5.3	ประเภทของแบบจำลอง (Types of Models)	5-5
5.4	ข้อมูล : ความต้องการและปัญหา (Data : Requirements and Problems)	5-11
5.5	เหตุการณ์ประวัติศาสตร์ (Case Histories)	5-18
5.6	วิธีการ (Methodology)	5-31
5.7	ข้อสรุปและคำแนะนำ (Conclusions and Recommendations)	5-33
5.8	เอกสารอ้างอิง (References)	5-33

ภาคผนวก A การประเมินความเสียหายน้ำท่วม (Flood Damage Assessment)

ภาคผนวก B PoldEvac : กรณีศึกษาการรับน้ำนองในพื้นที่ปิดล้อมและการสร้างแบบจำลองการอพยพในพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมใกล้ชายแดนประเทศเยอรมันและเนเธอร์แลนด์ (PoldEvac : A Case Study on Polder Inundation and Evacuation Modelling in a Flood Prone Area Near the Border of Germany and the Netherlands)

ภาคผนวก C บรรณานุกรม (Bibliography)

รายการตัวย่อที่ใช้ในคู่มือนี้ (List of Abbreviations Used in this Manual)

AAD	ความเสียหายรายปีเฉลี่ย (Average Annual Damage)
AEP	โอกาสความน่าจะเป็นแบบมากกว่ารายปี (Annual Exceedance Probability)
B/C	อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (Benefit–Cost Ratio)
CBA	การวิเคราะห์ต้นทุนต่อผลประโยชน์ (Cost–Benefit Analysis)
CHF	สวิสซ์ ฟรังก์ (Swiss Francs)
DTM	แบบจำลองความสูงเชิงเลข (Digital Terrain Model)
EHQ	น้ำท่วมสุดโต่ง (Extremely High Flood)
EIRR	อัตราผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ (Economic Internal Rate of Return)
ERWG	คณะทำงาน ICID ในเขตภูมิภาคยุโรป (ICID’s European Regional Working Group)
GIS	ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographic Information System)
hm ³	1 hm ³ = Mm ³ เท่ากับ 1 ล้านลูกบาศก์เมตร (One Million m ³)
MAD	ความเสียหายรายปีเฉลี่ย (Mean Annual Damage)
MCDA	การวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์ (Multiple Criteria Decision Analysis)
MTD	ดิกชันนารีทางเทคนิคแบบหลายภาษา (Multi Lingual Technical Dictionary) (ICID, New Delhi, Revised Edition, 1996)
NAFM	คู่มือการบริหารจัดการน้ำท่วมด้วยแนวทางไม่ใช้สิ่งก่อสร้าง (Manual on Non–Structural Approaches to Flood Management) (ICID, New Delhi, 1999)
NPV	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value)
PMF	ปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเกิดขึ้นได้ (Probable Maximum Flood)
RAM	วิธีการประเมินอย่างรวดเร็ว (Rapid Appraisal Method)

**สมาชิกภาพของกลุ่มคณะทำงานด้านแนวทางการบริหารจัดการน้ำท่วมแบบองค์รวม
(Membership of Working Group on Comprehensive Approaches to
Flood Management) (WG-CAFM) (February 2002)**

Mr. J. van Duivendijk
Chairman, The Netherlands
E-Mail: jvanduiv@telebyte.nl

Mr. R. Jeyaseelan
India
E-Mail: cwcchairman@netscape.net

Mr. J. Astier
Vice Chairman, France
E-Mail: Jacky.Astier@brl.fr

Dr. Kamran Emami
Iran
E-Mail: emami@kuritkara.com

Mr. V. C. Ballard
Australia
E-Mail: ballardc@ocean.can.au

Prof. Dr. Takeshi Hata
Japan
E-Mail: hata@kobe-u.ac.jp

Mr. M. Quazi
Canada
E-Mail: Bob.Quazi@gov.ab.ca

Prof. Jin Soo Kim
South Korea
E-Mail: bhcheong@kerico.co.kr

Mr. Wei-Fu Yang
Taiwan R.O.C.

Prof. M. F. Viljoen
South Africa
E-Mail: giel@landbou.uovs.ac.za

RNDR. P. Puncochar
Czech Republic
E-Mail: puncochar@mze.cz

Dr. J. Liria Montanes
Spain
E-Mail: jlira@ciccp.es

Dr. Lajos Szlavik
Hungary
E-Mail: szlavik@vituki.hu

Mr. Peter Borrows
Great Britain (UK)
E-Mail: peter.f.borrows@environment-
agency.gov.uk



I ขอบเขต (Scope)

1.1 บทนำ (Introduction)

โดยทั่วไปน้ำหลากในแม่น้ำต่าง ๆ มีผลต่อสภาพทางอุทกศาสตร์และภูมิศาสตร์ของแม่น้ำนั้น ๆ อย่างไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ บ่อยครั้งที่น้ำหลากในแม่น้ำเป็นสาเหตุให้เกิดน้ำท่วม และส่วนใหญ่แล้วผู้ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบมักไม่พอใจกับการเกิดน้ำท่วม ด้วยเหตุนี้ เป็นเวลาหลายศตวรรษมาแล้วที่มนุษยชาติได้พยายามใช้วิธีบริหารจัดการกับปัญหาน้ำท่วม และมาตรการควบคุมน้ำท่วมเพื่อป้องกันหรือลดผลกระทบทางลบของน้ำท่วมที่เกิดขึ้น

น้ำ นับได้ว่าเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดในการเกิดภัยพิบัติตามธรรมชาติ เนื่องจากเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดการสูญเสียชีวิต การบาดเจ็บ และสร้างความเสียหายกับทรัพย์สินที่นับเป็นผลจากภัยพิบัติตามธรรมชาติถึงหนึ่งในสามของจำนวนภัยพิบัติที่เกิดขึ้นทั้งหมด เหตุการณ์น้ำท่วมที่มีขอบเขตเป็นบริเวณกว้างมักไม่ได้เกิดจากสาเหตุเพียงสาเหตุเดียว การเกิดน้ำท่วม (Flooding) มักเป็นผลมาจากการทับซ้อนของกิจกรรมของมนุษย์ผนวกกับเหตุการณ์ตามธรรมชาติ ซึ่งทำให้สถานการณ์ทวีความรุนแรงยิ่งขึ้น และปัจจัยต่าง ๆ ที่มีความสำคัญ ก็ยากในการพิจารณา

ในการบริหารจัดการน้ำท่วม (Flood Management) มี 2 แนวทางที่ได้รับการยอมรับโดยทั่วไป คือ (1) แนวทางที่ไม่ใช้สิ่งก่อสร้าง (Non-Structural Approach) และ (2) แนวทางที่ใช้สิ่งก่อสร้าง (Structural Approach)

การบริหารจัดการน้ำท่วมด้วยแนวทางที่ไม่ใช้สิ่งก่อสร้างประกอบด้วยกิจกรรมต่าง ๆ ซึ่งได้วางแผนไว้เพื่อป้องกันหรือบรรเทาผลกระทบที่รุนแรงของการเกิดน้ำท่วม โดยไม่จำเป็นต้องก่อสร้างอาคารเพื่อปรับเปลี่ยนปริมาณการไหลของน้ำ

การบริหารจัดการน้ำท่วมด้วยแนวทางใช้สิ่งก่อสร้าง เช่น เขื่อน (Dam) คันกันน้ำ (Levee) พังกันน้ำ (Dike) ทางผันน้ำ (Diversion) ทางระบายน้ำท่วม (Floodway) ฯลฯ คือ ความพยายามที่จะควบคุมน้ำท่วมด้วยการเก็บกักน้ำ การขังน้ำ หรือการปรับเปลี่ยนปริมาณการไหลของน้ำ หรือการผันน้ำ ซึ่งอาจจะใช้หรือไม่ใช้ร่วมกันกับแนวทางไม่ใช้สิ่งก่อสร้างก็ได้ แต่แนวทางใช้สิ่งก่อสร้างก็ไม่ใช่ว่าจะจำเป็นต้องทำก่อนการใช้มาตรการแบบไม่ใช้สิ่งก่อสร้าง

ถึงแม้ว่าคู่มือฉบับนี้จะมีเนื้อหาหลัก คือ “การวางแผนด้วยแนวทางใช้สิ่งก่อสร้างเพื่อการบริหารจัดการน้ำท่วม (Planning of Structural Approaches to Flood Management)” แต่ในบางครั้งก็จำเป็นต้องกล่าวถึงแนวทางที่ไม่ใช้สิ่งก่อสร้างร่วมด้วย เพื่อให้สามารถเข้าใจขอบเขตการทำงานได้มากขึ้น

มาตรการการไม่ใช้สิ่งก่อสร้างควรนำมาพิจารณาร่วมกันในการวางแผนและการดำเนินมาตรการของมาตรการใช้สิ่งก่อสร้างเสมอเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานร่วมซึ่งกันและกัน ภายใต้สภาพของกลุ่ม

น้ำบางแห่ง การนำวิธีการแบบไม่ใช้สิ่งก่อสร้างเพียงอย่างเดียวมาใช้เพื่อลดความเสียหาย อาจให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่ากว่าทางเลือกที่จะใช้วิธีใช้สิ่งก่อสร้าง

เมื่อกล่าวถึงแนวทางที่ไม่ใช้สิ่งก่อสร้างมักมีลักษณะที่สำคัญแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

(1) มาตรการวางแผน (Planning Measures)

- การพยากรณ์น้ำท่วม (Flood Forecasting)
- น้ำท่วมที่เกิดจากน้ำทะเลหนุน (Sea Flooding)
- การควบคุมการพัฒนาพื้นที่น้ำท่วม (Control of Floodplain Development)
- การประกันภัยน้ำท่วม (Flood Insurance)
- การกันน้ำท่วม (Flood Proofing)
- การบริหารจัดการพื้นที่ลุ่มน้ำ (Catchment Management)
- การตัดสินใจ (Decision Making)

(2) มาตรการรับมือ (Response Measures)

- การวางแผนรับมือสถานการณ์น้ำท่วมฉุกเฉิน (Flood Emergency Response Planning)
- การสู้ภัยน้ำท่วม (Flood Fighting)
- การเตือนภัยน้ำท่วม (Flood Warning)
- การอพยพ (Evacuation)
- การให้ความช่วยเหลือในสถานการณ์ฉุกเฉินและการบรรเทาทุกข์ (Emergency Assistance and Relief)

แนวทางที่ไม่ใช้สิ่งก่อสร้างเพื่อการบริหารจัดการน้ำท่วมมีเนื้อหาครบถ้วนอยู่แล้วในหนังสือ “คู่มือการบริหารจัดการน้ำท่วมด้วยแนวทางไม่ใช้สิ่งก่อสร้าง (Manual on Non-Structural Approaches to Flood Management)” (ICID-Delhi, 1999) และในที่นี้จะได้อ้างอิงถึงคู่มือดังกล่าวหากเกี่ยวข้อง

สำหรับมาตรการใช้สิ่งก่อสร้าง (Structural Measures) เนื่องจากความแปรปรวนที่ค่อนข้างสูงของแต่ละลุ่มน้ำในเรื่องสภาพภูมิอากาศ การพัฒนา และสภาพภูมิประเทศ จึงไม่สามารถที่กำหนดแนวทางเพื่อใช้เป็นมาตรฐานในการนำไปประยุกต์ใช้ได้ อย่างไรก็ตาม เชื่อว่าคู่มือฉบับนี้ซึ่งได้นำเสนอแนวคิดและทางเลือกต่าง ๆ ที่จะช่วยแนะนำผู้วางแผนและวิศวกรเพื่อให้สามารถกำหนดและประเมินทางเลือกต่าง ๆ ได้ตามความเป็นจริง และใช้พัฒนาศึกษาเปรียบเทียบแนวทางแก้ไขปัญหาสอดคล้องกับสถานการณ์เฉพาะนั้น ๆ

1.2 การบริหารจัดการน้ำท่วมและการควบคุมน้ำท่วม (Flood Management and Flood Control)

ภายใต้บริบทของคู่มือฉบับนี้ มีการกำหนดความหมายของคำศัพท์ที่มักใช้สลับกันระหว่างคำว่า “การบริหารจัดการน้ำท่วม (Flood Management)” และ “การควบคุมน้ำท่วม (Flood Control)” ไว้ดังนี้

- การบริหารจัดการน้ำท่วม (Flood Management) หมายถึง กระบวนการทั้งหมดที่ใช้ในการลดขนาดของการเกิดน้ำท่วมและความเสียหายที่เกิดขึ้นจากน้ำท่วม ในขณะที่
- การควบคุมน้ำท่วม (Flood Control) หมายถึง กระบวนการเฉพาะในการจัดให้มีและใช้งานโครงสร้างที่ออกแบบมาเพื่อป้องกันหรือบรรเทาความเสียหายจากน้ำท่วมให้เหลือน้อยที่สุดด้วยการหน่วงน้ำ การจำกัดการไหล หรือการผันน้ำท่วมตามข้อจำกัดในการออกแบบอย่างประหยัด

ในการกำหนดนโยบายการบริหารจัดการพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงที่สามารถดำเนินการได้จริงเพื่อรับมือกับปัญหาน้ำท่วมนั้น ในทุกกรณีจะต้องกำหนดแนวทางการแก้ไขที่มีรูปแบบเดียวกันทั่วทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำ และในขณะเดียวกันก็สะท้อนให้เห็นคุณค่าด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมที่เป็นอยู่ในปัจจุบันด้วย นโยบายเหล่านั้นจำเป็นต้องจัดให้มีการบูรณาการร่วมกันของมาตรการใช้สิ่งก่อสร้างและไม่ใช้สิ่งก่อสร้างอย่างมีประสิทธิภาพและเมื่อนำไปปฏิบัติงานจริง มาตรการดังกล่าวจะต้องให้ความมั่นใจว่าจะสามารถคาดการณ์ได้อย่างแม่นยำถึงผลการดำเนินงานขององค์ประกอบต่าง ๆ ของระบบในช่วงที่เกิดเหตุการณ์น้ำท่วมใหญ่ขึ้น รวมถึงควมมีประสิทธิภาพสูงสุดของกิจกรรมต่าง ๆ ในภาวะฉุกเฉินจนถึงปัจจุบันนี้ได้ ในช่วงที่ผ่านมาความพยายามที่จะศึกษาหามาตรการเฉพาะสำหรับปัญหาเฉพาะจุดของแต่ละท้องถิ่นมากจนเกินไป และให้เวลาน้อยไปในการพัฒนาแนวทางที่จะศึกษาแบบองค์รวม (Comprehensive Approaches)

แผนการบริหารจัดการพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง (Floodplain Management Plan) สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำแต่ละแห่งควรมีรากฐานมาจากหลักการพื้นฐาน (Fundamental Principles) หลายประการ ประการที่ 1 จะต้องจัดเตรียมระดับการป้องกันอย่างเข้มข้นและลดความเสี่ยงให้เหลือน้อยที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งอันตรายที่เกิดกับชีวิตมนุษย์ แม้ว่าจะต้องกำหนดมาตรฐานในการป้องกันที่มีรูปแบบเดียวกัน แต่ก็ต้องมีการพิจารณาแนวทางอื่นร่วมด้วย ประการที่ 2 ในปัจจุบันมีความต้องการที่จะให้คุณค่าทางด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Value) รวมไว้เป็นส่วนหนึ่งของการแก้ไขปัญหา ปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมหลาย ๆ ประเด็นถูกระบุไว้ในแผนงานบูรณาการที่ครอบคลุมของพื้นที่ชุ่มน้ำ (Wetland) หรือการดูแลถิ่นที่อยู่ของพืชและสัตว์อื่น ๆ (Other Habitat Creation) แต่สิ่งเหล่านี้ไม่สามารถทดแทนมาตรการลดน้ำท่วมโดยตรงได้ เนื่องจากการฟื้นฟูพื้นที่ถิ่นที่อยู่สำหรับพืชและสัตว์ต่าง ๆ ไม่ส่งผลต่อการลดระดับความสูงของน้ำท่วมสำหรับเหตุการณ์น้ำท่วมได้มากนัก ประการที่ 3 มาตรการใช้สิ่งก่อสร้างที่ช่วยป้องกันพื้นที่ทางการเกษตร ควรถูกประเมินจากพื้นฐานข้อมูลเฉพาะในช่วงของลำน้ำ (River Reach) เพื่อใช้กำหนดระดับของการป้องกันและระยะถอยร่นที่เหมาะสม ในขณะเดียวกัน ควรพิจารณาอย่างถี่ถ้วนถึงปฏิสัมพันธ์ระหว่างกันขององค์ประกอบต่าง ๆ และผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น ประการสุดท้าย ข้อพิจารณาที่กล่าวมาข้างต้นจำเป็นต้องบูรณาการร่วมกันกับแผนประกันภัยน้ำท่วม (Flood Insurance Program) ที่เป็นสากลและใช้งานได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งกำหนดให้เจ้าของทรัพย์สินต้องทำประกันภัยกับความเสียหายตกค้าง (Residual Risk) การดำเนินงานเหล่านี้จำเป็นต้องมีแผนงานควบคุมบริหารจัดการน้ำท่วมทั้งในระดับชาติและระดับท้องถิ่นที่มีความแข็งแกร่ง เข้มแข็ง ตลอดจนมีการจ่ายเงินชดเชยให้ตามความเหมาะสม

เพื่อให้มั่นใจถึงผลการคาดการณ์ในระดับลุ่มน้ำระหว่างเกิดเหตุการณ์น้ำท่วมครั้งใหญ่ จำเป็นต้องมีความมั่นใจว่ามีการยึดปฏิบัติตามหลักวิศวกรรมทั้งในด้านการออกแบบ การก่อสร้าง และการบำรุงรักษา

ของส่วนประกอบทางโครงสร้างของระบบ ตลอดจนสร้างความเชื่อมั่นในการบริหารจัดการควบคุมน้ำของทุกอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำแบบบูรณาการ และการทำงานประสานกันในการป้องกันด้วยการสร้างคันป้องกันน้ำท่วม (Levee Flood Fighting Activities) เนื่องจากจะส่งผลกระทบต่อทั้งระบบ การควบคุมน้ำท่วม (Flood Control) ครอบคลุมประเด็นต่าง ๆ ของการบริหารจัดการน้ำท่วม (Flood Management) ทั้งมาตรการใช้สิ่งก่อสร้างและการปฏิบัติการ คุณภาพของมาตรการต่าง ๆ ที่มีอยู่เพื่อลดผลกระทบจากความเสียหายของการเกิดน้ำท่วมตามที่ได้อธิบายไว้ในมุมมองด้านไม่ใช้สิ่งก่อสร้าง

ในพื้นที่ที่มาตรการใช้สิ่งก่อสร้างมีอยู่แล้วหรือกำลังจะดำเนินการ การทำงานประสานกันในการควบคุมน้ำท่วมด้วยการวางแผนและการปฏิบัติการตามแนวทางการบริหารจัดการน้ำท่วมแบบไม่ใช้สิ่งก่อสร้างเป็นส่วนสำคัญมากเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด และเกิดประสิทธิภาพต่อผลขั้นพื้นฐานของมาตรการใช้สิ่งก่อสร้างเอง ยกตัวอย่างเช่น การนำเอาคันกันน้ำมาใช้ป้องกันบางช่วงของแม่น้ำไม่เพียงแต่จะเป็นสาเหตุให้ระดับน้ำด้านเหนือน้ำยกระดับสูงขึ้นจากผลกระทบของน้ำท่วม (Backwater Effect) แต่การที่ต้องสูญเสียพื้นที่เก็บกักน้ำในพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง และการเร่งการเคลื่อนตัวของน้ำท่วมจะส่งผลกระทบต่อรูปแบบของน้ำท่วมด้านท้ายน้ำ ผลกระทบทั้ง 2 ลักษณะนี้ยังส่งผลกระทบต่อเงื่อนไขต่าง ๆ ที่ใช้สำหรับมาตรการไม่ใช้สิ่งก่อสร้างให้เปลี่ยนไปด้วย

ดังนั้น ทั้งผู้วางแผนและผู้ปฏิบัติการโครงสร้างควบคุมน้ำท่วมใด ๆ จำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจถึงขั้นตอนการดำเนินงาน (Algorithm) และโค้งเกณฑ์การปฏิบัติการ (Rule Curve) ซึ่งได้รวบรวมผลการบรรเทาความเสียหายด้วยมาตรการไม่ใช้สิ่งก่อสร้างมาปรับใช้ไว้อย่างเหมาะสมโดยสัมพันธ์กับระดับน้ำท่วม

การปฏิบัติการตามแบบที่วางไว้อาจจะรวมถึงการพังทลายคันกันน้ำอย่างจงใจในช่วงลำน้ำช่วงใดช่วงหนึ่ง เพื่อช่วยลดความเสี่ยงของการพังทลายทางด้านท้ายน้ำที่ไม่ต้องการให้พังทลาย ซึ่งอาจก่อให้เกิดความเสียหายจากน้ำท่วมรุนแรงกว่าหรือมีมูลค่าสูงจนไม่สามารถรับได้ หลักปฏิบัติการดังกล่าวกำหนดให้มีการดำเนินการในเวลาที่เหมาะสม กระบวนการรับมือกับน้ำท่วมที่ได้วางแผนไว้ เช่น การเตือนภัยน้ำท่วม (Flood Warning) การอพยพ (Evacuation) และการบรรเทาภัยพิบัติ (Disaster Relief) ความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องทำงานประสานความร่วมมือกันอย่างใกล้ชิดระหว่างผู้เชี่ยวชาญจากหลากหลายด้าน และองค์กรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในการบริหารจัดการและควบคุมน้ำท่วมเป็น

1.3 วัตถุประสงค์และการใช้คู่มือ (Purpose and Use of the Manual)

วัตถุประสงค์ของคู่มือฉบับนี้ก็เพื่อให้แนวทางในการวางแผนและออกแบบโครงการควบคุมน้ำท่วมแก่ผู้วางแผนและผู้มีอำนาจตัดสินใจ และจะเป็นการดีหากนักวางแผนและผู้มีอำนาจตัดสินใจเหล่านี้มีความรู้พื้นฐานทางเทคนิคมาก่อนแต่ก็ไม่จำเป็นต้องมี การเตรียมการจัดทำหนังสือเล่มนี้เกิดขึ้นจากแนวคิดเพื่อเติมเต็มเนื้อหาด้านการวางแผนและการตัดสินใจแบบองค์รวมในการบริหารจัดการน้ำท่วม และควบคุมน้ำท่วมที่ยังขาดอยู่แม้จะมีเอกสารที่เกี่ยวข้องในเรื่องนี้เป็นจำนวนมากก็ตาม

การเกิดน้ำท่วม (Flooding) เกิดขึ้นจากหลากหลายสาเหตุ อย่างไรก็ตาม ในคู่มือฉบับนี้จะเน้นไปที่น้ำท่วมที่เกิดจากการไหลล้นตลิ่งของแม่น้ำ (Overtopping of River Bank) และการไหลข้ามและพังทลายของคันป้องกันน้ำท่วม (Overtopping and Breaching of Flood Embankment) ตามแนวแม่น้ำต่าง ๆ

ด้วยความหลากหลายของแนวคิด หลักการ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแนวทางใช้สิ่งก่อสร้างในการบริหารจัดการน้ำท่วมที่มีจำนวนมาก จึงเป็นการยากที่เอกสารเพียงเล่มเดียวจะสามารถนำเสนอเนื้อหาครอบคลุมได้ทั้งหมด ดังนั้น คู่มือฉบับนี้จึงได้ออกแบบและพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้สำหรับเป็นวิธีการในการจัดตั้งโครงการควบคุมน้ำท่วมขึ้นให้สอดคล้องกับหลักการพื้นฐานที่ดี ความเห็นและคำอธิบายที่เกี่ยวข้องและตัวอย่างต่าง ๆ ได้ถูกให้ไว้เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถนำมาตรการต่าง ๆ ไปประยุกต์ใช้ได้อย่างรวดเร็วตามสถานการณ์นั้น ๆ และสามารถกำหนดแนวทางการดำเนินการต่อไปได้

เนื่องจากทุกกลุ่มน้ำที่มีความเสี่ยงที่จะเกิดน้ำท่วมมักมีคุณลักษณะเฉพาะ ผู้ใช้งานคู่มือนี้จึงควรประเมินอย่างระมัดระวังถึงแนวทางเลือกสำหรับการประยุกต์ใช้งานให้สอดคล้องตามสถานการณ์ที่กำลังเผชิญในขณะนั้น เอกสารอ้างอิงที่นำมาควรได้รับการศึกษาค้นคว้าเพื่อหารายละเอียดของข้อมูลเพิ่มเติมและแนวคิดอื่น ๆ การตัดสินใจจากผู้มีประสบการณ์และอย่างมืออาชีพจะเป็นส่วนสำคัญในการเลือกและการกำหนดแนวทางปฏิบัติ และองค์ประกอบต่าง ๆ ที่จะนำไปดำเนินการต่อ

ส่วนหลักของคู่มือฉบับนี้ครอบคลุมเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้ในการนิศึกษา ตัวอย่างได้รับการคัดเลือกมาเพื่อให้ข้อมูลเชิงลึกแก่ผู้ใช้งานด้านมาตรการแบบใช้สิ่งก่อสร้างที่เกี่ยวข้อง และการประยุกต์ใช้ได้จริง และตั้งใจที่จะให้กรณีศึกษาตัวอย่างนี้มีส่วนช่วยอย่างสำคัญในการกำหนดกรอบแนวคิดอย่างไรก็ตาม ขอเน้นย้ำอีกครั้งว่ากรณีศึกษาตัวอย่างนี้จะไม่ไปจำกัดหรือนำเสนอว่าเป็นการแก้ไขปัญหาที่ดีที่สุด ความคิดริเริ่มใหม่ ๆ และการตัดสินใจโดยกลุ่มผู้เชี่ยวชาญทางวิชาชีพจำเป็นต้องเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการตัดสินใจต่อความถูกต้องและการนำไปประยุกต์ใช้กับการแก้ไขปัญหาในสถานการณ์ใหม่ ๆ ได้

1.4 คำนิยาม (Definitions)

ในวรรณกรรมต่าง ๆ ได้นำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับน้ำท่วมมาใช้หลายคำ ดังนั้น เพื่อให้ช่วยให้ผู้อ่านเข้าใจศัพท์ดังกล่าว จึงได้อธิบายรายละเอียดไว้ในหัวข้อ 1.4 (คำนิยาม) คำศัพท์เหล่านี้ส่วนใหญ่จะอธิบายรายละเอียดสั้น ๆ ไว้ รวมทั้งให้คำจำกัดความเพื่อช่วยให้เกิดความกระจ่างในการใช้งาน หรือความหมายของคำศัพท์ และช่วยให้ผู้ใช้งานเข้าใจแนวคิดที่เกี่ยวข้องได้ดียิ่งขึ้น

สำหรับรายการคำศัพท์และสมการต่าง ๆ ที่มีความซับซ้อนที่นำมาใช้เกี่ยวข้องกับน้ำท่วม และใช้อ้างอิงในการเกิดน้ำท่วมได้กล่าวไว้ในดิกชันนารีทางเทคนิคแบบหลายภาษา (Multi Lingual Technical Dictionary) ในบทที่ XVIII เรื่อง “การควบคุมน้ำท่วม (Flood Control)” เนื้อหาส่วนใหญ่ในบทดังกล่าวมีการนำเสนอไว้ในอภิธานศัพท์ของภาคผนวก B ในคู่มือการบริหารจัดการน้ำท่วมด้วยแนวทางไม่ใช้สิ่งก่อสร้าง (Non-Structural Approaches to Flood Management)

ความเสียหายรายปีเฉลี่ย (Average Annual Damage) ความเสียหายรายปีคาดการณ์ (Expected Annual Damage) การคาดการณ์โดยการคำนวณมูลค่าความเสียหาย (Mathematical Expectation Value of Damages) : ความเสียหายทั้งหมดจากน้ำท่วมที่คำนวณจากค่าเฉลี่ยของเหตุการณ์น้ำท่วมทุกปีในระยะยาว ความเสียหายรายปีเฉลี่ยเป็นดัชนีที่นิยมนำมาใช้ประเมินค่าความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นจากเหตุการณ์น้ำท่วม และมักคำนวณมาจากค่าความน่าจะเป็นของมูลค่าความเสียหายต่าง ๆ ที่ผ่านมา (ในทางปฏิบัติจะประมาณการจากพื้นที่ใต้เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างความเสียหาย-ความน่าจะเป็น (Damage-Probability Curve))

ระดับเต็มตลิ่ง (Bankful, Bankful Stage) : ระดับที่น้ำในแม่น้ำในช่วงความยาวลำน้ำใด ๆ เริ่มที่จะล้นตลิ่งข้ามคันกันน้ำตามธรรมชาติหรือคันที่สร้างขึ้น และน้ำเริ่มจะไหลเข้าท่วมในพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงหรือโพลเดอร์

ปริมาณน้ำล้นตลิ่ง (Bank Overspill) : ปริมาณของน้ำที่ล้นจากแม่น้ำเข้าไปท่วมในพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง หรือที่โพลเดอร์ในบริเวณใกล้เคียง

น้ำท่วมที่ระดับฐาน (Basic Stage Flood) น้ำท่วมเหนือระดับฐาน (Floods Above a Base) : ค่าอัตราการไหลของน้ำในลำน้ำ ซึ่งเลือกมาใช้กำหนดเป็นขีดจำกัดต่ำสุดหรือค่าฐานสำหรับการวิเคราะห์น้ำท่วม บางครั้งอาจถือเป็นค่าปริมาณน้ำท่วมต่ำสุดรายปี

แบบจำลองระบบแบบกล่องดำ (Black Box Simulation Model) หรือแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Models) : แบบจำลองต่าง ๆ ซึ่งไม่ได้นำกระบวนการทางกายภาพของระบบ (กล่อง) มาพิจารณา อย่างไรก็ตาม ผลของการจำลองระบบได้มาจากชุดของสมการทางคณิตศาสตร์ (แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model)) หรือได้มาจากกราฟแสดงความสัมพันธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่บันทึกค่าไว้ (เช่น วิธีกราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วย (Unit Hydrograph))

ความเร็ว (Celerity) : ความเร็วของการเคลื่อนตัวของคลื่นน้ำตามแรงโน้มถ่วงหรือคลื่นชนิดเหนือระดับน้ำในทางน้ำเปิด

ความจุทางน้ำ/ความจุช่องน้ำ (Channel Capacity) : อัตราการไหลสูงสุดที่ระดับเต็มตลิ่งของทางน้ำใด ๆ ที่สามารถนำน้ำไหลไปได้โดยน้ำไม่ไหลล้นข้ามตลิ่ง

ปริมาณน้ำหลากออกแบบ (Design Flood) : (1) น้ำท่วมสูงสุดที่สามารถไหลผ่านอาคารชลศาสตร์ใด ๆ ได้อย่างปลอดภัย (2) น้ำท่วมที่นำมาใช้ในการออกแบบอาคารชลศาสตร์ (3) น้ำท่วมที่พื้นที่หนึ่งสามารถรับมือในการป้องกันน้ำท่วมได้ โดยทั่วไปค่าอัตราการไหลของน้ำท่วม ปริมาณน้ำท่วม และพารามิเตอร์อื่น ๆ ของข้อมูลน้ำท่วม สามารถนำมาใช้แสดงขนาดของน้ำหลากออกแบบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของอาคารชลศาสตร์นั้น ๆ

ประสิทธิผลของระบบการบริหารจัดการน้ำท่วมทางเศรษฐกิจ (Economic Effectiveness of a Flood Management System) : ประสิทธิภาพของโครงการบริหารจัดการน้ำท่วมที่ก่อให้เกิด

ผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจ ซึ่งเป็นการยากที่จะประมาณค่าได้อย่างแม่นยำ เนื่องจากการระบุถึงผลประโยชน์และมูลค่าที่เป็นผลมาจากการบริหารจัดการน้ำท่วมนั้นทำได้ยาก การวิเคราะห์เงินลงทุน-ผลประโยชน์ (Cost-Benefit Analysis) (หรือการวิเคราะห์ผลประโยชน์-เงินลงทุน (Benefit-Cost Analysis)) มักนำมาใช้ในการเปรียบเทียบเงินลงทุนของโครงการกับผลประโยชน์ของโครงการ ผลประโยชน์ของโครงการมักจะอยู่ในรูปความเสียหายรายปีเฉลี่ยที่ได้รับการป้องกันไม่ให้เกิดจากการมีโครงการ และในบางการศึกษาได้รวมการสูญเสียทางอ้อมและการสูญเสียที่จับต้องไม่ได้เอาไว้ด้วย

โอกาสความน่าจะเป็นแบบมากกว่า (Exceedance Probability) : โอกาสความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์น้ำท่วมในปีใด ๆ ที่มีขนาดสูงกว่าค่าที่กำหนด อ่านคำอธิบายเพิ่มเติมที่รอบการเกิดซ้ำ (Return Period)

น้ำท่วม (Flood) : (1) ปริมาณน้ำหรือระดับน้ำในแม่น้ำที่ค่อนข้างสูงขึ้นกว่าปกติอย่างชัดเจน รวมถึงการเกิดน้ำนองในพื้นที่ลุ่มต่ำซึ่งอาจเป็นผลจากเหตุดังกล่าว มวลน้ำที่เพิ่มขึ้น ขยายตัว และไหลล้นเข้าปกคลุมในพื้นที่ที่ไม่เคยเกิดขึ้นมาก่อน (2) คลื่นน้ำท่วมที่เคลื่อนตัวลงมาตามระบบแม่น้ำ หรือคลื่นพายุซัดฝั่ง (Storm Surge) (เช่น คลื่นทะเลผนวกเข้ากับการก่อตัวของลมและคลื่นปะทะรุนแรง)

น้ำท่วมสามารถจัดแบ่งได้น้อย 5 กลุ่ม ตามแหล่งที่มาของน้ำส่วนเกิน (1) น้ำท่วมที่เกิดจากหิมะละลายในบริเวณของเทือกเขา ส่งผลทำให้เกิดน้ำท่วมในพื้นที่หุบเขาทางตอนล่าง (2) น้ำท่วมที่เกิดจากคลื่นทะเลยกตัวเนื่องจากพายุไซโคลนในมหาสมุทรและคลื่นทะเล (3) น้ำท่วมที่เกิดจากสาเหตุฝนตกหนักเกินกว่าความสามารถในการรับน้ำของแม่น้ำ และช่องทางน้ำทางธรรมชาติและทางระบายน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น (4) น้ำท่วมที่เกิดจากธารน้ำแข็งไหลมารวมกันและการแตกหักของธารน้ำแข็งทางตอนบนของแม่น้ำ ซึ่งมักรู้จักกันในชื่อ “Spring Flood” และ (5) น้ำท่วมที่เกิดจากการวิบัติของอาคารต่าง ๆ ที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น เขื่อน (Dam) อาคารทดน้ำ (Barrages) คันกันน้ำ (Levees) และอาคารควบคุมน้ำ (Control Structures)

ผลประโยชน์ของการควบคุมน้ำท่วม (Flood Control Benefits) : (1) มูลค่าของการป้องกันน้ำท่วมที่ประมาณการในรูปของความเสียหายที่สามารถป้องกันไม่ให้เกิดขึ้นได้ หรือผลทางด้านบวกอื่น ๆ ของงานที่เสนอ (2) การคืนทุนจากโครงการบรรเทาน้ำท่วมทั้งในรูปแบบที่นับมูลค่าได้ (Tangible Benefits) และนับมูลค่าไม่ได้ (Intangible Benefits) (3) ผลประโยชน์ทางตรง (Direct Benefit) จากการลดความเสียหายของน้ำท่วมในพื้นที่และทรัพย์สินอื่น ๆ โดยคิดจากค่าลงทุนฟื้นฟูระบบให้กลับสู่สภาพก่อนเกิดน้ำท่วม หรือการคิดจากการเสื่อมราคาของระบบที่เสียหายจากน้ำท่วมและการลดลงของราคาพืชผลและความเสียหายที่เกิดขึ้นกับพืช ในรูปของมูลค่าทางการตลาดที่ปรับแก้ด้วยความเป็นไปได้ในการปลูกซ้ำและค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตที่ไม่ได้เกิดขึ้น และผลประโยชน์ทางอ้อม (Indirect Benefit) ที่พิจารณาจากระดับที่เพิ่มขึ้นของการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ที่เคยถูกน้ำท่วมในรูปของรายได้ที่มากขึ้น และการลดการหยุดชะงักของธุรกิจ อุตสาหกรรม และพาณิชย์ การจราจร การสื่อสาร และกิจกรรมอื่น ๆ ทั้งภายในและภายนอกพื้นที่น้ำท่วมในด้านของการสูญเสียรายได้สุทธิ หรือการเพิ่มค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน และค่าใช้จ่ายในการอพยพ การสร้างอาชีพใหม่ ค่าที่พักชั่วคราว งานป้องกันน้ำท่วมฉุกเฉิน และการบรรเทาและการดูแลผู้ประสบภัยน้ำท่วม

โครงการควบคุมน้ำท่วม (Flood Control Project) โครงการบรรเทาน้ำท่วม (Flood Mitigation Project) โครงการป้องกันน้ำท่วม (Flood Protection Scheme) : โครงการที่มีวัตถุประสงค์ประการเดียวหรือมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อการควบคุมน้ำท่วม ถึงแม้ในกรณีหลังอาจสนองวัตถุประสงค์อื่น ๆ ได้ด้วยโดยไม่ตั้งใจ โครงการนี้อาจใช้วิธีในการควบคุมน้ำท่วมวิธีเดียวหรือหลายวิธีก็ได้

พื้นที่น้ำท่วม (Flooded Area) : (1) พื้นที่ที่ถูกน้ำท่วมปกคลุมเมื่ออัตราการไหลเกิดความจุปลอดภัยของทางน้ำ หรือเป็นผลมาจากการสร้างเขื่อนขวางแม่น้ำ (2) พื้นที่ที่ถูกน้ำท่วมอันเนื่องมาจาก (2.1) คลื่นพายุซัดฝั่ง และ/หรือเป็นผลจากคันกั้นน้ำพัง (2.2) มีสิ่งกีดขวางทางระบายน้ำฝืน

การเกิดน้ำท่วม (Flooding) น้ำนอง (Inundation) : (1) การไหลล้นของน้ำเกินความจุปกติของแม่น้ำ ลำน้ำ ทะเลสาบ ทะเล หรือแหล่งน้ำอื่น ๆ หรือการสะสมของน้ำในพื้นที่ที่ขาดการระบายน้ำที่ดี และไหลเข้าไปท่วมพื้นที่ที่ไม่เคยเกิดน้ำท่วมมาก่อน คำว่าน้ำนองโดยปกติหมายถึงน้ำที่มีระดับล้นไม่ก่ilib เซนติเมตร และไม่จำเป็นต้องเกิดจากน้ำท่วม (2) การแผ่กระจายของน้ำที่ควบคุม (Control Spreading) เพื่อการชลประทาน ฯลฯ

ขนาดน้ำท่วม (Flood Magnitude, Flood Size) : ปริมาณน้ำทั้งหมดของการเกิดน้ำท่วม หรืออัตราการไหลสูงสุดระหว่างเกิดน้ำท่วม

แผนที่น้ำท่วม (Flood Map) แผนที่เสี่ยงน้ำท่วม (Flood Risk Map) แผนที่พื้นที่ราบน้ำท่วมถึง (Floodplain Map) : (1) แผนที่ซึ่งแสดงขอบเขตของน้ำท่วมที่เคยเกิดขึ้นหรือของน้ำท่วมคาดการณ์ (2) การกำหนดและแสดงพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมไว้ในแผนที่ (3) แผนที่ทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงของแม่น้ำซึ่งระบุค่าระดับน้ำคาดการณ์ที่สัมพันธ์กับค่าขนาดน้ำท่วมที่รอบการเกิดซ้ำใด ยกตัวอย่างเช่น 10, 20, 50 และ 100 ปี เป็นต้น

พารามิเตอร์น้ำท่วม (Flood Parameter) : ตัวแปรที่แสดงลักษณะของน้ำท่วมหนึ่ง ๆ เช่น ระยะเวลา (ในหน่วยเวลา) ขนาดของน้ำท่วม (ในหน่วยลูกบาศก์เมตร) ระดับน้ำสูงสุด (ในหน่วยเมตร) การไหลล้นตลิ่ง (ในหน่วยลูกบาศก์เมตร) หรืออัตราการไหลในแม่น้ำขณะเกิดน้ำท่วม (ในหน่วยลูกบาศก์เมตร ต่อวินาที)

พื้นที่ราบน้ำท่วมถึง (Floodplain) พื้นที่น้ำท่วม (Flood Land) : (1) ส่วนของพื้นดินที่ถูกน้ำท่วม ขอบเขตของพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงระบุตามความถี่ของการเกิดน้ำท่วมเฉพาะ เช่น พื้นที่ราบน้ำท่วมถึงในรอบ 100 ปี เป็นพื้นที่ที่ถูกน้ำท่วมโดยมีค่าเฉลี่ยของรอบการเกิดซ้ำของเหตุการณ์น้ำท่วมเท่ากับ 100 ปี หรืออีกนัยหนึ่งมีโอกาสความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์น้ำท่วมในแต่ละปีเท่ากับ 0.01 (2) พื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมที่อยู่ติดกับแม่น้ำ ซึ่งน้ำมักไหลล้นตลิ่งแม่น้ำเป็นประจำ หรือเป็นครั้งคราว สำหรับในพื้นที่ราบพื้นที่น้ำท่วมถึงทำหน้าที่เสมือนกับอ่างเก็บน้ำเก็บกักน้ำท่าส่วนเกิน และช่วยลดขนาดของยอดน้ำหลากสูงสุด นอกจากนี้ พื้นที่ราบน้ำท่วมถึงยังช่วยเพิ่มปริมาณระบายน้ำออก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยความลาดชัน ลักษณะรูปร่างของพื้นที่ และความลึกของน้ำนอง การกำหนดให้พื้นที่ใดเป็นพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงนั้นเป็นสิ่งที่ทำได้ยาก เนื่องจากต้องพิจารณาตามปริมาณน้ำท่วม ระดับน้ำ และรอบการเกิดซ้ำที่เหมาะสม

โดยทั่วไปมักจะใช้ระดับของน้ำท่วมที่รอบการเกิดซ้ำ 100 ปี เป็นตัวกำหนดขอบเขตของพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง

พื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม (Flood Prone Area) : พื้นที่มีน้ำท่วมเป็นครั้งคราว และยังไม่มีมาตรการป้องกันน้ำท่วม

การป้องกันน้ำท่วม (Flood Protection) : การป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายจากน้ำท่วม ซึ่งประกอบด้วยการควบคุมน้ำท่วมโดยตรง และรวมถึงการป้องกันที่ดินและทรัพย์สินต่าง ๆ ดังนั้นจึงมีความหมายที่กว้างกว่าการควบคุมน้ำท่วม (Flood Control)

ความเสี่ยงจากน้ำท่วม (Flood Risk) : คือการวัดเกี่ยวกับความรุนแรงของอันตรายจากน้ำท่วม

- (1) โอกาสที่จะประสบกับเหตุการณ์น้ำท่วม ความเสี่ยงมักแสดงในรูปของค่ารอบการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำท่วมสูงสุด แต่บางครั้งค่าความเร็วน้ำ ปริมาณของตะกอน และความลึกน้ำ อาจนำมาใช้เป็นตัวกำหนดโซนของพื้นที่เสี่ยงได้ การประเมินความเสี่ยงอาจพิจารณาจากชีวิตที่อาจสูญเสียหรือทรัพย์สินที่อาจถูกทำลาย
- (2) แนวคิดที่ใช้ในการวิเคราะห์ความเสี่ยงคำนวณจากโอกาสความเป็นไปได้ที่จะเกิดเหตุการณ์ใด ๆ คูณด้วยความเสียหายของเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นตามมา ค่านี้เท่ากับค่าความเสียหายคาดการณ์

แบบจำลองชลศาสตร์ (Hydraulic Model) หรือแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ (Hydrodynamic Model) : แบบจำลองการเคลื่อนตัวของน้ำผ่านแม่น้ำหรือทางน้ำซึ่งมีลักษณะการไหลแบบไม่คงที่ (Unsteady Fluid Flow) ถูกจำลองโดยอาศัยสมการ Saint-Venant ในขณะที่ค่าพารามิเตอร์บางอย่างในสมการโมเมนตัมไม่ได้นำมาพิจารณา : แบบจำลองอาจเป็นแบบ 1 มิติ 2 มิติ หรือ 3 มิติ

แบบจำลองทางอุทกวิทยา (Hydrological Models) : รูปแบบการนำเสนออย่างง่ายของระบบอุทกวิทยาที่นำไปสู่การจำลองระบบทางกายภาพและกระบวนการอื่น ๆ ทางอุทกวิทยาที่ยอมรับได้

องค์รวม (Holistic) : ภาพรวมหรือทั้งหมดในขณะนั้นที่ครอบคลุมประเด็นต่าง ๆ ที่เป็นไปได้จำนวนทั้งหมดมีความหมายมากกว่าผลรวมของของส่วนต่าง ๆ

แบบจำลองเชิงเส้นพหุคูณ (Multilinear Models) : การอธิบายระบบที่มีลักษณะไม่เชิงเส้น (Nonlinear System) โดยอาศัยแบบจำลองเชิงเส้นตั้งแต่ 2 แบบจำลองขึ้นไปที่มีลักษณะแตกต่างกันในการแก้ปัญหาาร่วมกัน

ปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเกิดขึ้นได้ (Probable Maximum Flood, PMF) ปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่เป็นไปได้ (Maximum Possible Flood, MPF) : (1) ปริมาณน้ำท่วมสูงสุดที่คาดว่าจะเป็นไปได้ตามลักษณะทางอุทุนิยมวิทยาและหิมะที่ปกคลุมในพื้นที่ลุ่มน้ำ ซึ่งจะรวมความเป็นไปได้ของการเกิดจากเหตุการณ์ธรรมชาติที่ทำให้เกิดน้ำท่วมรุนแรงขึ้นพร้อม ๆ กันทุกเหตุการณ์ (2) ปริมาณน้ำท่วมสูงสุดซึ่งสามารถคาดการณ์ตามหลักเหตุผลว่ามีโอกาสเกิดขึ้นได้ที่จุดใด ๆ ของแม่น้ำ หรือเป็นปริมาณน้ำท่วมสูงสุดที่สามารถคาดการณ์ที่รอบการเกิดซ้ำที่กำหนดหรือรอบการเกิดซ้ำใด ๆ ภายใต้สมมุติฐานที่ว่า

การเกิดเหตุการณ์น้ำท่วมนั้นได้รวมปัจจัยต่าง ๆ ทั้งหมดที่ส่งผลทำให้เกิดฝนตกหนักรุนแรงที่สุดและเกิดปริมาณน้ำท่าสูงสุดซึ่งเกิดขึ้นพร้อมกัน (3) ปริมาณน้ำท่ามรุนแรงที่สุดที่พิจารณาตามหลักเหตุผลแล้วว่ามีความเป็นไปได้ที่จะเกิดขึ้นในพื้นที่ใด ๆ อันเป็นผลมาจากสภาพทางอุทกนิยมนวิทยาและทางชลศาสตร์

แบบจำลองฝน-น้ำท่า (Rainfall-Runoff Models) : แบบจำลองประเภทใดก็ได้ที่จำลองกระบวนการเกิดน้ำท่าจากความสัมพันธ์กับข้อมูลฝนและการระเหยของน้ำ

รอบการเกิดซ้ำ (Return Period, Recurrence Interval) : ช่วงเวลาเฉลี่ยที่คาดว่าเหตุการณ์น้ำท่วมใด ๆ ที่มีขนาดหรือความรุนแรงเท่ากับหรือมากกว่าจะเกิดซ้ำอีกครั้ง ดังนั้น น้ำท่วมที่รอบการเกิดซ้ำ 100 ปี จึงหมายถึงเหตุการณ์น้ำท่วมที่คาดว่าจะเกิดขึ้น 1 ครั้ง ทุก ๆ 100 ปี โดยเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยระยะยาวของช่วงเวลาที่เกิดเหตุการณ์หนึ่งจะมีค่าเท่ากับหรือมากกว่าเกิดขึ้น เช่น ค่าอัตราการไหลสูงสุดหรือค่าพารามิเตอร์ทางอุทกวิทยาอื่น ๆ ที่เป็นลักษณะของน้ำท่วม



ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์น้ำท่วมกับสภาพน้ำนอง
(The Relationship between Flood Parameters and Inundations)

บทที่ 2

II ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์น้ำท่วมและสภาพน้ำนอง (The Relationship between Flood Parameters and Inundations)

2.1 บทนำ (Introduction)

เมื่อผู้คนทั่วไปพูดถึงน้ำท่วมและการเกิดน้ำท่วม พวกเขามักจะอธิบายปรากฏการณ์เหล่านั้นในเชิงคุณภาพเท่านั้น และมักใช้คำอธิบายเหล่านี้ เช่น น้ำท่วมสุดโต่ง (Extreme Flood) การเกิดน้ำท่วมครั้งใหญ่ (Disastrous Flooding) การเกิดน้ำท่วมลึก (Deep Flooding) น้ำนองแบบจำกัด (Limited Inundation) เป็นต้น ถึงแม้ว่าในมุมมองทางด้านความรู้สึก คำอธิบายเหล่านี้อาจใช้เพื่อวัตถุประสงค์ในการสื่อสารระหว่างกันได้ดี แต่ไม่สามารถให้ตัวเลขที่สำคัญที่ผู้วางแผนและผู้ออกแบบจำเป็นต้องทราบเพื่อทำความเข้าใจถึงขนาดและลักษณะของปรากฏการณ์น้ำท่วมในเหตุการณ์นั้นโดยเฉพาะ ความรู้ความเข้าใจดังกล่าวเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อให้พวกเขาสามารถบริหารจัดการน้ำท่วมและออกแบบมาตรการควบคุมน้ำท่วมให้เหมาะสมกับกรณีนั้น ๆ

เมื่อเรานำพารามิเตอร์น้ำท่วมมาใช้ เราสามารถอธิบายลักษณะของน้ำหลากและน้ำท่วมที่เกิดขึ้นในกรณีเฉพาะกรณีหนึ่งได้ด้วยการกำหนดค่าให้กับพารามิเตอร์เหล่านั้น ยิ่งไปกว่านั้น ด้วยแนวทางดังกล่าวจึงมีความเป็นไปได้ที่จะทำการเปรียบเทียบน้ำท่วมที่แตกต่างกัน และการเกิดน้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำนี้กับลุ่มน้ำอื่น และเมื่อขยายผลการใช้พารามิเตอร์น้ำท่วมไปยังการลดผลกระทบต่าง ๆ ด้วยการบริหารจัดการน้ำท่วมและมาตรการควบคุมน้ำท่วม เราสามารถที่จะวัดและเปรียบเทียบผลของการบริหารจัดการน้ำท่วมรูปแบบใหม่ที่นำมาใช้ รวมทั้งมาตรการควบคุมน้ำท่วมต่าง ๆ ที่ดำเนินการในพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมด้วยเช่นกัน

ไม่ว่าน้ำท่วมและการเกิดน้ำท่วมจะเป็นรูปแบบใดก็ตาม ปรากฏการณ์นี้สามารถอธิบายได้ดังนี้ : มีปริมาณน้ำจำนวนหนึ่งไหลเข้ามาในพื้นที่ใด ๆ และไม่สามารถไหลผ่านช่องทางน้ำได้เร็วพอ ด้วยเหตุนี้ระดับน้ำจะเพิ่มสูงขึ้นจนกระทั่งถึงระดับตลิ่ง หลังจากนั้นเกิดการไหลล้นตลิ่งและเกิดน้ำท่วมตามมา เห็นได้ชัดว่าองค์ประกอบของปริมาณและเวลามีบทบาทสำคัญอย่างยิ่ง

เมื่อต้องจัดการกับน้ำท่วม ผู้คนทั่วไปมักลืมไปว่าน้ำเป็นของไหลบีบอัดตัวไม่ได้ (Incompressible Fluid) และหุบเขาของแม่น้ำ (River Valleys) พื้นที่ราบน้ำท่วมถึงและพื้นที่ดินดอนสามเหลี่ยมส่วนใหญ่ มักมีลักษณะราบ และมีความลาดชันทางด้านท้ายน้ำค่อนข้างน้อย ข้อเท็จจริงที่ว่าน้ำมีลักษณะบีบอัดตัวไม่ได้นั้นทุกคนทราบ แต่กลับไม่ได้ตระหนักถึงผลที่ตามมา เราไม่สามารถลดขนาดของมวลน้ำขนาดใหญ่ที่ก่อให้เกิดน้ำท่วมได้ ชื่อน้ำได้ดินไม่สามารถซึมซับปริมาณน้ำในช่วงเวลาสั้น ๆ ได้ ในขณะเดียวกันน้ำก็ไม่สามารถระเหยได้ในช่วงข้ามคืน ด้วยเหตุนี้ จึงจำเป็นต้องเก็บน้ำที่ไหลล้นตลิ่งไว้ในพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง (Floodplain) หรือในพื้นที่เก็บกักน้ำ (Retention Area) บริเวณใกล้กับแม่น้ำ ซึ่งส่วนใหญ่จะมีความสูงให้รับน้ำได้ไม่กี่เมตร ดังนั้นจึงต้องการพื้นที่ขนาดใหญ่เพื่อรองรับน้ำที่มีปริมาณมาก ๆ ได้

เนื่องจากรูปร่างของไฮโดรกราฟของแม่น้ำส่วนใหญ่จะแสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำแค่เพียงบางส่วนเท่านั้นที่สามารถไหลผ่านช่องทางน้ำในช่วงระหว่างที่ระดับน้ำขึ้นสูง ปริมาณน้ำส่วนที่เหลือ (ที่ไหลล้นตลิ่ง) จะไหลผ่านไปกับพื้นที่ดินริมแม่น้ำซึ่งได้กลายเป็นพื้นที่เก็บกักน้ำชั่วคราวด้วย พื้นที่ริมแม่น้ำที่แม่น้ำใช้เก็บกักและระบายน้ำท่วมเป็นครั้งคราวนี้มักเรียกว่า พื้นที่ราบน้ำท่วมถึง (Floodplain) ความสามารถในการระบายน้ำของระบบแม่น้ำ (River System) (รวมช่องทางน้ำกับพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง) ที่ไม่เพียงพอเกิดขึ้นจากหลายสาเหตุ ดังต่อไปนี้

- เส้นขอบเปียกของระบบแม่น้ำ/หรือพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงมีขนาดเล็กเกินไป
- ความลึกน้ำในพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงน้อยเกินไป (รัศมีชลศาสตร์ (Hydraulic Radius)) ซึ่งส่งผลให้ความเร็วที่กระแสน้ำไหลได้ช้า
- ความลาดชันของท้องแม่น้ำและพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง แบนราบจนเกินไปที่จะทำให้น้ำท่วมสามารถเคลื่อนตัวไปยังท้ายน้ำได้อย่างรวดเร็ว
- พื้นที่ราบน้ำท่วมถึงมีค่าความขรุขระของพื้นผิวมากเกินไป อันเนื่องมาจากมีสิ่งกีดขวาง และพุ่มไม้
- ระดับน้ำทางด้านการตักสูง (ระดับน้ำทะเล)

อันที่จริงแล้วความสำคัญของตัวแปรเหล่านี้ เป็นไปตามสูตรคำนวณหาอัตราการไหลของน้ำซึ่งเป็นที่ยอมรับกันทั่วไป

เราจะพูดว่าเกิดน้ำท่วม¹ ต่อเมื่อมีน้ำไหลเข้าไปท่วมพื้นที่ซึ่งปกติเป็นเวลาหลายปีเป็นพื้นที่แห้ง ซึ่งอาจเป็นพื้นที่ทางไกลในพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง เช่นพื้นที่ที่อยู่ทางด้านสูงในโปรไฟล์หน้าตัดขวางของหุบเขาแม่น้ำ หรือเป็นพื้นที่ทางตอนล่างซึ่งโดยปกติแล้วมักสร้างคันกันน้ำท่วมไว้ เช่น พื้นที่ปดล้อม (Polder) การเกิดน้ำท่วมในกรณีหลังนี้มีสาเหตุจากการไหลล้นข้ามคันกันน้ำหรือเกิดการพังทลายของคันกันน้ำ

2.2 การบริหารจัดการน้ำท่วม (Flood Management)

2.2.1 คำจำกัดความ (Definition)

แน่นอนว่าพฤติกรรมธรรมชาติที่เกี่ยวข้องกับน้ำท่วม ตลอดจนการตอบสนองของมนุษย์สามารถอธิบายได้ด้วยคำพูดและการแสดงออกในหลากหลายรูปแบบ แม้ว่าเจ้าหน้าที่และผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับน้ำท่วมรู้จักกับศัพท์เหล่านี้กันเป็นอย่างดีแล้ว แต่ก็คิดว่าคัมค่าที่จะให้ผู้อ่านได้ไปดูรายการคำจำกัดความในหัวข้อ 1.4 ซึ่งได้บรรจุคำและสำนวนทั่ว ๆ ไปที่ใช้ในคู่มือฉบับนี้ สำหรับในที่นี้จะกล่าวถึงความแตกต่างที่สำคัญในแง่ของความหมายของคำต่าง ๆ เหล่านี้ การบริหารจัดการน้ำท่วม (Flood Management) การควบคุมน้ำท่วม (Flood Control) และการป้องกันน้ำท่วม (Flood Protection) อย่างไรก็ตามเพื่อให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น ในหัวข้อถัดจากนี้ สำหรับเหตุการณ์ทั่ว ๆ ไป คำว่าการบริหารจัดการน้ำท่วมจะถูก

¹ ในคู่มือฉบับนี้คำว่า การเกิดน้ำท่วม (Flooding) และการเกิดน้ำนอง (Inundation) ถูกนำมาใช้เพื่ออธิบายปรากฏการณ์เดียวกัน ถึงแม้ว่าจะมีความแตกต่างกันบ้างในความหมายระหว่างสองคำนี้ (ดูคำนิยามในหัวข้อ 1.4)

นำมาใช้เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งจะหมายรวมถึงมาตรการทั้ง 3 ประเภทเข้าไว้ด้วย แต่ในบริบทเฉพาะอาจนำคำอื่น ๆ มาใช้ได้เช่นกัน

2.2.2 วิธีดั้งเดิมที่นำมาใช้ในการบริหารจัดการน้ำท่วม (Classical Methods Used in Flood Management)

เครื่องมือทางโครงสร้างที่สำคัญที่นำมาใช้ในการบริหารจัดการน้ำท่วม คือ การเก็บกักน้ำท่วม (Storage of Floodwater) และการเพิ่มความสามารถในการระบายน้ำของระบบแม่น้ำ (Increase in Discharge Capacity) ซึ่งเครื่องมือเหล่านี้ได้ทำให้เกิดวิธีการที่เรียกว่า “วิธีดั้งเดิม (Classical Method)” จำนวนหนึ่ง

การเก็บกักน้ำท่วมสามารถทำได้ไม่ว่าจะเป็นการเก็บกัก (บางส่วน) คลื่นน้ำท่วม ไว้ในอ่างเก็บน้ำด้านบน หรือการเก็บกักปริมาณน้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มต่ำ ๆ แม่น้ำที่ได้สำรองเอาไว้รองรับน้ำท่วมทางตอนล่างของแม่น้ำ

นอกจากนี้เพื่อเพิ่มความสามารถในการระบายน้ำของระบบแม่น้ำ มีหลายวิธีที่ถูกนำมาใช้ ได้แก่ (1) การปรับปรุงช่องทางน้ำที่มีอยู่ให้ลึกขึ้นและกว้างขึ้น (2) สร้างทางระบายน้ำท่วมขึ้นใหม่ขนานไปกับแม่น้ำ หรือผันน้ำส่วนหนึ่งไปยังแม่น้ำสายอื่น หรือส่งไปยังจุดทางออกลงสู่ทะเลอื่น ๆ และในท้ายที่สุด (3) สร้างคันกันน้ำท่วม (Flood Embankment) ตามแนวแม่น้ำ ซึ่งจะยอมให้ระดับน้ำ (น้ำท่วม) เพิ่มสูงขึ้นจากเดิมได้

วิธีการเหล่านี้ถูกนำมาใช้ในอดีตที่ผ่านมาทั้งแบบวิธีใดวิธีหนึ่งและแบบผสมผสาน อย่างไรก็ตาม ใน การนำวิธีการเหล่านี้มาใช้ในอดีต ข้อพิจารณาต่าง ๆ ที่ในปัจจุบันเป็นเรื่องสำคัญสำหรับการออกแบบ มาตรการควบคุมน้ำท่วมมักถูกมองข้าม ซึ่งประกอบด้วย ประเด็นสิ่งแวดล้อม นิเวศวิทยา มาตรการไม่ใช้ สิ่งก่อสร้าง และความเสี่ยงที่มีอยู่หลังจากมาตรการดังกล่าวถูกนำมาดำเนินการ เป็นต้น อย่างไรก็ตาม มัน ยังคงคุ้มค่าที่จะอธิบายวิธีการดั้งเดิมเหล่านี้ในรายละเอียด เนื่องจากยังคงเป็นพื้นฐานของรูปแบบการ บริหารจัดการน้ำท่วมใด ๆ

วิธีดั้งเดิม 5 วิธีที่ยังคงใช้ (ตามที่กล่าวถึงข้างต้นและอธิบายในละเอียดหลังจากนี้) ได้แก่

- การเก็บกักน้ำไว้ในอ่างเก็บน้ำซึ่งตั้งอยู่ในบริเวณหุบเขาที่ล้อมรอบด้วยเนินเขา และภูเขา
- การเก็บกักน้ำบางส่วนในพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง หรือพื้นที่ราบในช่วงแม่น้ำตอนล่าง
- การปรับปรุงช่องทางน้ำ
- การสร้างทางระบายน้ำท่วม (Floodway) เพิ่มเติม (หรือที่เรียกว่า ทางเบี่ยงน้ำท่วม (Bypasses))
- การสร้างคันกันน้ำท่วม (Flood Embankment) ในบางประเทศ เรียกว่า คันกันน้ำ (Levee)

กล่าวโดยทั่วไปได้ว่า อ่างเก็บน้ำ การปรับปรุงช่องทางน้ำ และทางระบายน้ำท่วม ส่งผลต่อการ แก้ปัญหาน้ำท่วมในระดับภูมิภาค ในขณะที่คันกันน้ำ (Embankment) ส่งผลดีแค่เพียงในระดับพื้นที่

นอกจากนี้ การปรับปรุงช่องทางน้ำและการสร้างคันกั้นน้ำอาจจะส่งผลให้เกิดน้ำท่วมในพื้นที่อื่นบ่อยครั้ง และรุนแรงขึ้นได้

2.2.3 การเก็บกักน้ำท่วมไว้ชั่วคราวในอ่างเก็บน้ำหรือบางส่วนของพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง (Temporary Storage of Floods in Reservoirs or In parts of Floodplain)

ตามหลักการแล้ว นับเป็นประเด็นสำคัญที่อ่างเก็บน้ำเพื่อการเก็บกักน้ำท่วมตั้งอยู่ทางตอนบนของแม่น้ำ (ในแถบเทือกเขา) หรือที่ตอนกลางหรือตอนล่างของแม่น้ำ อ่างเก็บน้ำในแถบเทือกเขาซึ่งตั้งอยู่ทางตอนบนของแม่น้ำส่วนใหญ่สามารถเก็บกักน้ำต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่มากกว่าและมีประสิทธิภาพมากกว่าอ่างเก็บน้ำที่ตั้งอยู่ทางตอนล่าง ประการแรก อ่างเก็บน้ำที่ตั้งอยู่ทางตอนกลางหรือตอนล่างของแม่น้ำไม่สามารถป้องกันการเกิดน้ำท่วมทางตอนบนได้ ประการที่สอง โดยทั่วไปพื้นที่ที่มีลักษณะราบ จึงต้องใช้พื้นที่จำนวนมากในการเก็บกักน้ำให้ได้มากเป็นรูปธรรม และจริง ๆ แล้ว อ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ที่สามารถสำรองปริมาณอ่างเก็บน้ำไว้สำหรับรองรับคลื่นน้ำท่วมแต่เพียงอย่างเดียวมันมักจะอยู่ในพื้นที่อุดมสมบูรณ์ซึ่งมักถูกมองในแง่ไม่ดีนัก นอกจากนี้ อายุการใช้งานของอ่างเก็บน้ำตื้น (Shallow Reservoir) มักจำกัดเนื่องจากการสะสมตัวของตะกอนอย่างรวดเร็ว ซึ่งโดยปกติแล้วการแก้ปัญหาด้วยแนวทางนี้มักได้รับการปฏิเสธ

ด้วยเหตุนี้จึงเหลือเพียงการสร้างอ่างเก็บน้ำไว้บนพื้นที่ภูเขาสูง ที่เป็นทางแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ในการควบคุมน้ำท่วม ซึ่งจะมีความเป็นไปได้ก็ต่อเมื่อชุมชนที่ประสงค์จะป้องกันน้ำท่วมในพื้นที่ตอนกลางและตอนล่างของแม่น้ำมีพลังพอที่จะผลักดันให้มีการสร้างงานป้องกันน้ำท่วมขึ้นในพื้นที่ตอนบนได้ อย่างไรก็ตามวิธีการนี้อาจไม่สามารถทำได้เสมอไป เพราะแม่น้ำขนาดใหญ่มักเป็นแม่น้ำระหว่างประเทศ

มีตัวอย่างในหลายประเทศที่กำลังเผชิญกับปัญหานี้ ซึ่งในหนังสือเล่มนี้จะกล่าวถึงเฉพาะในประเทศบังคลาเทศ เฉพาะบริเวณดินดอนสามเหลี่ยมปากแม่น้ำคงคาใหญ่ (Great River Ganges) พรหมนบุต (Brahmaputra) และเมกนา (Meghna) ที่ประสบผลสำเร็จ (แบบจำกัด) ในการป้องกันน้ำท่วมด้วยวิธีการสร้างอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่สำหรับเก็บกักน้ำทางตอนบน ซึ่งตั้งอยู่ในประเทศเนปาลเพื่อชะลอน้ำท่วมที่จะเกิดกับแม่น้ำเหล่านี้

2.2.4 การปรับปรุงลำน้ำ (Improvement of River Channel)

การเพิ่มความจุในการลำเลียงน้ำของแม่น้ำหรือปากแม่น้ำเพื่อให้บรรลุผลสำเร็จในการควบคุมน้ำท่วมได้ในระดับหนึ่ง ได้กล่าวไว้เพื่อความสะดวกของคู่มือฉบับนี้ ตามที่กล่าวไว้ข้างต้น การเพิ่มเส้นขอบเปียกของแม่น้ำ การขยายขนาดความกว้างของพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง การเพิ่มความลาดชันของท้องน้ำ และการลดความขรุขระของพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง ไม่ว่าจะเป็นวิธีใดวิธีหนึ่ง หรือผสมผสานกันจะช่วยเพิ่มความสามารถในการลำเลียงน้ำ

การปรับปรุงช่องทางน้ำด้วยวิธีที่ใช้ค่าใช้จ่ายน้อย เช่น การตัดช่วงโค้งของแม่น้ำเฉพาะจุด การกำจัดสิ่งกีดขวางและพุ่มไม้ออกจากพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง เป็นต้น ควรได้รับการพิจารณาอย่างไม่ต้องสงสัย

เมื่อทำการพิจารณามาตรการควบคุมน้ำท่วม² สำหรับมาตรการอื่น ๆ เช่น การปรับระดับพื้นดินในบริเวณน้ำท่วมถึงให้ต่ำลงหรือลึกขึ้น และ/หรือการขยายขนาดความกว้างของช่องทางน้ำ มีค่าใช้จ่ายที่สูง หรือไม่ก็จำเป็นต้องปรับปรุงใหม่เป็นระยะ ๆ (การขุดลอก) และผลลัพธ์ที่ได้ (ระดับของการควบคุมน้ำท่วม) ก็ไม่มากนัก ยิ่งไปกว่านั้น ในพื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลจากการขึ้นลงของน้ำทะเล การเพิ่มความจุในการลำเลียงน้ำยิ่งทำให้คลื่นน้ำทะเลและคลื่นที่ก่อตัวจากลมซึ่งเป็นผลมาจากคลื่นพายุซัดฝั่ง (Storm Surges) ไหลเข้ามาสมทบมากขึ้น ดังนั้น การขยายขนาดของช่องทางระบายน้ำในแถบพื้นที่ชายฝั่งทะเลอาจส่งผลกระทบทางลบ

2.2.5 การสร้างทางระบายน้ำท่วมเพิ่มเติม (Creation of Additional Floodways)

การสร้างทางระบายน้ำ (Floodway) เป็นความพยายามที่จะขยายความสามารถในการระบายน้ำเพิ่มของระบบลำเลียงน้ำในระหว่างเกิดเหตุการณ์น้ำท่วม ในบางสถานการณ์สามารถผันน้ำท่วมอ้อมผ่านแม่น้ำเดิม (Bypass) ซึ่งไหลไปบรรจบแม่น้ำอีกครั้งทางด้านท้ายน้ำ หรือไหลไปยังจุดทางออกที่สองลงสู่ทะเล ทางระบายน้ำท่วมเช่นนี้ ยังเรียกอีกอย่างว่า “โครงการผันน้ำท่วม (Flood Diversion Scheme) (กล่องข้อความ 2-1 และรูปที่ 2-1)

และโดยทั่วไปแล้วอาจกล่าวได้ว่า ทางระบายน้ำท่วม (Floodway) จะมีความเหมาะสมในแง่ทางเศรษฐกิจก็ต่อเมื่อทางระบายน้ำนั้นเกิดขึ้นตามกระบวนการทางธรรมชาติตั้งแต่ในอดีต ซึ่งในกรณีนี้ไม่จำเป็นต้องมีงานขุดดินปริมาณมหาศาล และซึ่งในหลายกรณีการเกิดเหตุการณ์น้ำท่วมเป็นครั้งคราวในบริเวณทางระบายน้ำท่วมมักไม่ส่งผลกระทบต่อภาคเกษตรรุนแรงนัก

อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันอาจเป็นการยากที่จะนำทางระบายน้ำท่วม (Floodway) มาใช้ ถ้าหากไม่เคยมีทางระบายน้ำท่วมในพื้นที่มาก่อน การผลิตทางการเกษตรรูปแบบใหม่อาจไม่ยอมให้เกิดน้ำท่วมในพื้นที่ หรืออีกอย่างหนึ่งคือ เจ้าของกรรมสิทธิ์ในที่ดินอาจเรียกร้องค่าเสียหายของผลผลิตพืชรายปีจนเกินความจริงไป อย่างไรก็ตาม ในมุมมองทางด้านเทคนิคถือว่าทางระบายน้ำท่วม (Floodway) เป็นวิธีการควบคุมน้ำท่วมที่มีประสิทธิภาพวิธีหนึ่ง

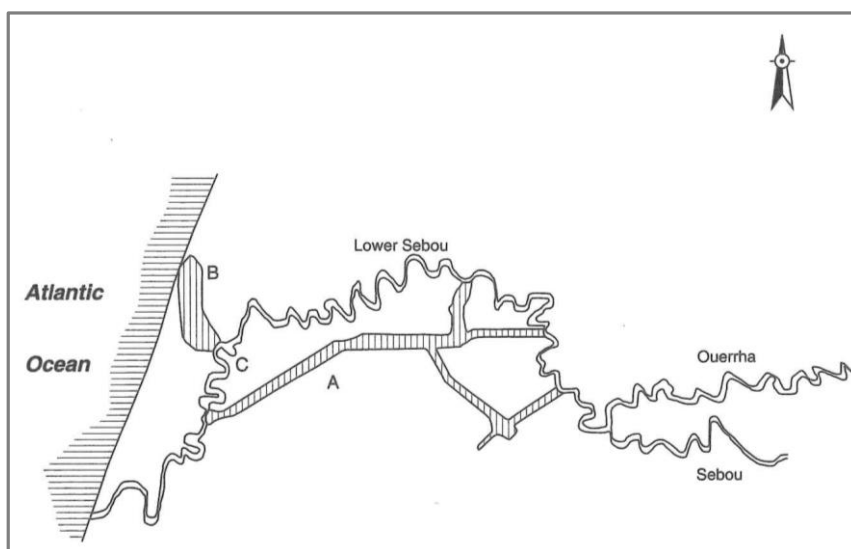
กล่องข้อความ 2-1
ทางผันน้ำเพื่อบรรเทาการเกิดน้ำท่วมในที่ราบ Rharb ประเทศโมร็อกโก (Diversion Channels to Mitigate Flooding in the Rharb Plain Morocco)
พื้นที่ราบ Rharb ประเทศโมร็อกโก (รูปที่ 2-1) ในอดีตมักถูกน้ำท่วมเกือบทุกปี โดยน้ำท่วมเคลื่อนตัวลงมาตามแม่น้ำ Ouerrha และ Sebou น้ำท่วมเกิดจากการไหลล้นข้ามตลิ่งบริเวณตลิ่งของแม่น้ำที่มีระดับต่ำใน Sebou ทางตอนล่าง (Lower Sebou) (หรือที่เรียกว่า จุดที่เกิดการไหลล้นข้ามตลิ่ง (Point of Bank Overspill))

² อ้างอิงเนื้อหาในบทที่ 4 กล่องข้อความ 4-1

หนึ่งในวิธีแก้ปัญหาที่ได้ทำการศึกษาคือ การสร้างระบบทางผันน้ำ (System of Diversion Channel) (A) ทางระบายน้ำท่วม (Floodway) หรือที่เรียกว่า ทางผ่านน้ำท่วม (Bypass) ทางตลิ่งฝั่งซ้ายของที่ราบ ช่องทางน้ำนี้จะช่วยลำเลียงน้ำท่วมออก โดยถ้าไม่วกเข้ามายังแม่น้ำ Sebou ตอนล่างด้านท้ายน้ำ ก็จะลำเลียงออกไปยังมหาสมุทรแอตแลนติกผ่านทางผันน้ำทางตลิ่งฝั่งขวาและจุดทางออกใหม่ (B) ผ่านสันทรายบริเวณชายฝั่ง (Coastal Dune) ซึ่งแนวทางหลังนี้ทำได้โดยใช้ ฝาย (Weir) (C) ซึ่งถูกสร้างขึ้นมาภายหลังในพื้นที่ Sebou ตอนล่าง และเป็นอาคารที่จำเป็นต้องมีอยู่แล้วเพื่อควบคุมการรับน้ำเข้าสู่ระบบชลประทาน

2.2.6 การสร้างคันกันน้ำท่วมตามแนวแม่น้ำและพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม (Flood Embankment along Rivers and around Flood Prone Areas)

คันป้องกันน้ำท่วม (Flood Embankment) เรียกอีกอย่างว่า คันกันน้ำ (Levee) กำแพงกันน้ำทะเล (Sea wall) คันป้องกันน้ำทะเล (Sea Defence) หรือคันดิน (Dike) ในคู่มือฉบับนี้จะใช้คำว่า คันกันน้ำ (Embankment) และคันกันน้ำ (Levee) ในการอธิบายแนวทางการป้องกันน้ำท่วม ตามแนวแม่น้ำ ยกเว้นเมื่อใช้อธิบายการป้องกัน คลื่นทะเลพัดฝั่งและน้ำทะเลขึ้นสูงจึงจะใช้คำว่า คันป้องกันน้ำทะเล (Sea Defense) ซึ่งไม่ได้กล่าวไว้ในคู่มือฉบับนี้



รูปที่ 2-1 ทางผันน้ำที่เพิ่มอัตราการระบายน้ำทั้งหมดของแม่น้ำ Lower Sebou ระหว่างเกิดเหตุการณ์น้ำท่วม (ที่มา : NEDECO, 1977)

คันตามแนวแม่น้ำ หรือรอบพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม เช่น ตัวเมือง เป็นส่วนหนึ่งของการสร้างพื้นที่ปิดล้อม (Poldering) และเป็นรูปแบบการแก้ไขปัญหามาตรฐานในการป้องกันพื้นที่จากการเกิดน้ำท่วมมาหลายช่วงศตวรรษของแม่น้ำและพื้นที่ดินดอนสามเหลี่ยมหลาย ๆ แห่งทั่วโลก รูปแบบการแก้ไขปัญหาแบบนี้ไม่มีอะไรผิด ถ้าหากว่าได้ทำให้แม่น้ำยังคงมีพื้นที่การไหลกว้างพอ (ทางระบายน้ำท่วมกับพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง) เพื่อรองรับคลื่นน้ำท่วมและระบายออกไป และคันกันน้ำมีการบำรุงรักษาให้มีสภาพดี และมีการเฝ้าระวังระดับน้ำท่วมอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตาม ประเด็นเหล่านี้แสดงให้เห็นถึงจุดอ่อนของระบบ

ดังกล่าว คือ เมื่อเกิดน้ำท่วมบริเวณในพื้นที่ราบลุ่มกว้างใหญ่ (ดังเช่นกรณีเหตุการณ์ในประเทศบังคลาเทศ) ปริมาณน้ำท่วมจากแม่น้ำที่มากก็ทำให้จำเป็นต้องมีพื้นที่เก็บกักน้ำและพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงขนาดใหญ่ จนกระทั่งเป็นไปได้ว่าจะสามารถทำได้แค่การก่อสร้างพื้นที่ปิดล้อมแบบจำกัด (Limited Poldering) เพียงเท่านั้น

นอกจากนี้ การตรวจตราและบำรุงรักษาคันกันน้ำเป็นระยะ ๆ อย่างต่อเนื่อง รวมทั้งการมีระบบ การเตือนภัยน้ำท่วมที่เชื่อถือได้ (ซึ่งเป็นมาตรการหนึ่งในมาตรการแบบไม่ใช้สิ่งก่อสร้าง (Non-Structural Measures) ดูรายละเอียดจาก ICID, 1999) จำเป็นที่จะต้องอาศัยความคิดและทัศนคติร่วมกันทั้งจาก ชาวบ้านและเจ้าหน้าที่ส่วนท้องถิ่นซึ่งเรื่องนี้ต้องใช้เวลาที่จะพัฒนาให้เกิดขึ้น หากคันกันน้ำมีความมั่นคง ด้านโครงสร้างอยู่แล้ว (ความลาดเทไม่ชันจนเกินไป ไม่มีการรั่วซึมข้างใต้ ไม่มีการลื่นไถล ไม่มีการทรุดตัว และมีการบำรุงรักษาอยู่ตลอดเวลา) ก็คงเหลือเพียงความสูงของสันคันกันน้ำเท่านั้นที่เป็นตัวกำหนด ความเสี่ยงของการไหลล้นข้าม ซึ่งความเสี่ยงนี้อาจเพิ่มสูงขึ้นได้ อันเนื่องมาจากการตกตะกอนท้องน้ำที่ เพิ่มขึ้นหรือมีการเปลี่ยนแปลงทางอุทกวิทยา³

2.3 ลักษณะน้ำท่วมและสาเหตุของการเกิดน้ำท่วม (Flood Characteristics and Causes of Flooding)

การก่อตัวของน้ำท่วม (คลื่นน้ำท่วม) เป็นปรากฏการณ์ที่ซับซ้อนเนื่องจาก ประการแรก ขึ้นอยู่กับ ปัจจัยทางธรรมชาติ (Natural Factor) ต่าง ๆ ได้แก่ ฝน ความเข้มฝน ช่วงเวลาเกิดฝน การกระจายตัวเชิง พื้นที่ และวันที่เกิด พื้นที่ลุ่มน้ำกับสภาพพื้นผิวที่ส่งผลต่อปริมาณน้ำท่าผิวดิน (Surface Runoff) รูป สันฐานของทางน้ำ เป็นต้น ประการที่สอง ปัจจัยมนุษย์ (Human Factor) ที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลง รูปแบบการไหลของน้ำทางธรรมชาติ (Natural Flow Regime) เช่น การปิดผิวหน้าดินในพื้นที่ลุ่มน้ำ การ ปรับเปลี่ยนช่องทางน้ำตอนล่าง การสร้างคันกันน้ำท่วมและเขื่อนทดน้ำ

คนทั่วไปมักพูดถึงน้ำท่วมโดยไม่ทราบว่ น้ำท่วมเกิดขึ้นมาได้อย่างไรและเริ่มต้นมาจากไหน ใน ความเป็นจริง คลื่นน้ำท่วมที่ไหลผ่านแม่น้ำและพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงที่อยู่ติดกันเป็นเรื่องง่ายที่จะเข้าใจ กล่าวคือ บริเวณด้านเหนือน้ำในบางพื้นที่เกิดฝนตกหนัก หรือเกิดหิมะละลายทำให้มีน้ำเคลื่อนตัวลงมา ตามแม่น้ำและไหลออกสู่ทะเล ปรากฏการณ์อาจเห็นได้ชัดจากการที่ระดับน้ำค่อย ๆ เพิ่มสูงขึ้น (หรือ ท้นที่ทันใด) ในช่วงแรกในพื้นที่ระดับน้ำจะค่อย ๆ เพิ่มระดับจนกระทั่งถึงจุดสูงสุด หลังจากนั้นจะลดระดับ ลง ถ้าหากเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติที่มีรอบการเกิดซ้ำสูง ประชาชนทั่วไปก็ได้เรียนรู้วิธีที่จะอยู่กับน้ำ ท่วมอยู่แล้ว หรืออย่างน้อยในกรณีใด ๆ ก็จะต้องหนีภัยถึงภัยน้ำท่วมใด ๆ ปัญหาจะเกิดขึ้นในอีกต่อเมื่อปีที่ เกิดน้ำท่วมรุนแรง (มีความถี่ของการเกิดเหตุการณ์น้อย) หรือเมื่อเขื่อนทางตอนบนแตก หรือเนื่องจากเกิด การไหลล้นของน้ำจากอ่างเก็บน้ำทางตอนบนที่มีน้ำเต็มอ่างโดยไม่ได้คาดการณ์ล่วงหน้ามาก่อน

³ ลักษณะทางอุทกวิทยาอาจเปลี่ยนแปลงอันเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางภูมิอากาศ (ส่งผลต่อรูปแบบฝนที่แตกต่างไป จากเดิม และ/หรือปริมาณน้ำฝนเพิ่มสูงขึ้น) หรืออาจเนื่องมาจากการที่มนุษย์เข้าไปบุกรุกทำลายพื้นที่ลุ่มน้ำ (การ ทำลายป่าไม้ การปิดทับพื้นผิวซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาเมือง)

ในประเด็นนี้ควรตระหนักไว้ว่ารูปร่างของไฮโดรกราฟน้ำท่วมจากการตรวจวัดในพื้นที่ ไม่เพียงแต่จะขึ้นอยู่กับลักษณะของกลุ่มน้ำนั้น ๆ (ลักษณะทางอุทกวิทยา สภาพอากาศ สภาพภูมิประเทศ ฯลฯ) แต่ยังขึ้นอยู่กับลักษณะของไฮโดรกราฟน้ำไหลออก (Outflow Hydrograph) ผ่านทางระบายน้ำล้นของอ่างเก็บน้ำทางด้านเหนือ น้ำ คลื่นน้ำท่วมที่เคลื่อนตัวลงมาตามลำน้ำ อาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดน้ำท่วมได้ ซึ่งตามหลักการแล้วน้ำท่วมเกิดขึ้นได้ทั้งจากการที่ระดับน้ำเพิ่มสูงขึ้น หรือการระบายน้ำออกขัดข้อง การเกิดน้ำท่วมอันเนื่องมาจากระดับน้ำที่เพิ่มสูงขึ้นมักเป็นรูปแบบที่พบเห็นได้ทั่วไปมากกว่า ระดับน้ำสูงพอน้ำจะเริ่มไหลล้นข้ามตลิ่ง และเกิดน้ำท่วมในพื้นที่ตามแนวแม่น้ำ อย่างไรก็ตาม เมื่อระดับน้ำที่สูงขึ้นในแม่น้ำสายหลักอาจส่งผลอื่น ๆ ตามมาด้วย เช่น อาจส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์น้ำเท้อ (Backwater Effect) ในลำน้ำสาขา ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดน้ำท่วมตามแนวลำน้ำสาขามา นอกจากนี้ ระดับน้ำที่สูงขึ้นอาจไปขัดขวางการระบายน้ำตามธรรมชาติของพื้นที่สองฝั่งแม่น้ำ เมื่อเกิดฝนตกในช่วงที่คลื่นน้ำท่วมไหลผ่าน ปริมาณน้ำฝนไม่สามารถไหลลงสู่แม่น้ำได้ ส่งผลให้เกิดน้ำท่วม อันเนื่องจากการระบายน้ำขัดข้อง เห็นได้ชัดว่าน้ำฝนที่ตกลงในพื้นที่อาจเป็นสาเหตุของการเกิดน้ำท่วม

กล่องข้อความ 2-2
การกำหนดแนวของคันกันน้ำท่วม (Horizontal Alignment of Flood Embankments) การตัดสินใจที่ค่อนข้างยากอย่างหนึ่งสำหรับผู้ออกแบบมักเผชิญเมื่อทำการกำหนดแนวของคันกันน้ำ ก็คือ อัตราความคดเคี้ยวของแม่น้ำ (Rate of Meandering) ที่แน่ ๆ ชาวบ้านในพื้นที่อยากให้มีทำนบ (Levee) อยู่ติดกับแม่น้ำมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ในขณะที่เจ้าหน้าที่รับผิดชอบในการบำรุงรักษาไม่ชอบความคิดที่ต้องทำการซ่อมแซมคันกันน้ำใหม่บ่อยครั้ง ผู้ออกแบบจำเป็นต้องตระหนักถึงความจำเป็นต้องมีพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงตามแนวแม่น้ำเพื่อช่วยเพิ่มช่องทางทำให้คลื่นน้ำท่วมไหลผ่านได้อย่างปลอดภัย ในประเทศบังกลาเทศคันกันน้ำความยาว 200 กิโลเมตร ถูกสร้างขึ้นตามแนวตลิ่งฝั่งขวาของแม่น้ำ Brahmaputra ซึ่งอยู่ห่างจากแนวตลิ่ง 0.5–1.5 กิโลเมตร อย่างไรก็ตาม เนื่องจากลักษณะของแม่น้ำอันยิ่งใหญ่ (ที่มีการแตกสาขาออกมามากมาย) ที่มักเปลี่ยนเส้นทางการไหลไปทางซ้ายและไปทางขวาอยู่ตลอดเวลา ส่งผลให้มีคันกันน้ำความยาวไม่น้อยกว่า 10 กิโลเมตรขาดและต้องถูกสร้างขึ้นใหม่ในช่วงระยะเวลา 14 ปี แน่นอนว่าค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างใหม่นี้จะต้องรวมไว้ด้วยในการประมาณการทางเศรษฐกิจ และจำเป็นต้องอธิบายเพิ่มเติมว่างานแปรสภาพลำน้ำ (เช่น งานป้องกันไม่ให้แม่น้ำมีความคดเคี้ยวสูง) เป็นแนวทางที่อาจจะไม่ค่อยเหมาะสมทางเศรษฐกิจในพื้นที่ชนบท ด้วยเหตุนี้ประเด็นเรื่องความคดเคี้ยวของแม่น้ำ และการปรับแนวของคันกันน้ำใหม่ในพื้นที่ชนบทจึงเป็นเรื่องที่ต้องยอมรับกันในพื้นที่นั้น

ในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับน้ำท่วม ความสนใจไม่เพียงแต่จะมุ่งเน้นไปในเรื่องของระดับน้ำ (Water Level) แต่ยังต้องรวมถึงค่าอัตราการไหลสูงสุด (Maximum Discharge) รูปร่างของคลื่นน้ำท่วมพื้นที่นั้น (Shape of Flood Wave) ปริมาณน้ำ (Volume) ช่วงเวลาและเวลาที่เกิดน้ำท่วมในฤดูน้ำหลาก (Duration and Time Occurrence) อีกด้วย

จากสถานการณ์ทั้งหมดข้างต้น ระบบโครงข่ายการระบายน้ำในพื้นที่มีบทบาทสำคัญมาก เช่นเดียวกับลักษณะภูมิประเทศ ความเสียหายจากการเกิดน้ำท่วมในหลาย ๆ เหตุการณ์รุนแรงขึ้นจากการมีระบบโครงข่ายการระบายน้ำที่ไม่เพียงพอ ซึ่งไม่ได้พัฒนาให้ดีพอที่จะระบายน้ำฝน หรือน้ำท่วมออกจากพื้นที่ได้เร็วพอ⁴

สำหรับในพื้นที่ชายฝั่งทะเล น้ำท่วมอาจเกิดจากสาเหตุของคลื่นพายุซัดฝั่ง (Storm Surges) ซึ่งในกรณีนี้ระดับของน้ำทะเลที่ขึ้นสูง ผสมเข้ากับระดับน้ำที่ยกตัวสูงขึ้นเนื่องจากคลื่นพายุซัดฝั่ง รวมทั้งรูปร่างของพื้นที่บริเวณปากแม่น้ำที่มีลักษณะเฉพาะ นำมาซึ่งระดับน้ำเพิ่มสูงขึ้นมากผิดปกติ ส่งผลทำให้เกิดน้ำท่วมในบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลและเกิดการไหลล้นข้ามคันป้องกันน้ำท่วม ทำให้เกิดการพังทลายของคันกันน้ำตามมา

ในพื้นที่ดินดอนสามเหลี่ยมปากแม่น้ำ น้ำท่วมส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากผลรวมของคลื่นพายุซัดฝั่งจากทะเลและการเพิ่มขึ้นของอัตราการไหลของน้ำในแม่น้ำอันเนื่องมาจากฝนที่ตกในพื้นที่ลุ่มน้ำ ซึ่งหากแต่ละปรากฏการณ์เกิดขึ้นแยกกัน อาจไม่ก่อให้เกิดอันตรายมากนัก แต่ถ้าเกิดขึ้นพร้อมกันจะส่งผลทำให้เกิดน้ำท่วมขึ้นได้

โดยสรุปน้ำท่วมเกิดจากสาเหตุ :

- การไหลล้นตลิ่งแม่น้ำซึ่งมีอัตราการไหลของน้ำสูง
- การไหลล้นตลิ่งลำน้ำสาขาจากโค้งน้ำเท้อ (Backwater Curve) ซึ่งเป็นผลจากระดับน้ำในแม่น้ำสายหลักขึ้นสูง
- การระบายน้ำไม่สะดวก เนื่องจากระดับน้ำที่สูงในแม่น้ำ หรือสภาพภูมิประเทศที่มีลักษณะเฉพาะ (เช่น แม่น้ำ Sabarmati ตูรยละเอียดในเชิงอรรถที่ 6)
- ฝนตกหนักในพื้นที่ ผสมกับการระบายน้ำในพื้นที่ไม่เพียงพอ
- คลื่นพายุซัดฝั่งตามแนวชายฝั่งทะเล
- การเกิดขึ้นพร้อม ๆ กันของอัตราการไหลของน้ำในแม่น้ำ และระดับน้ำทะเลที่สูงในบริเวณแถบชายฝั่ง

ตามแนวทางของคู่มือฉบับนี้จะกล่าวถึงเฉพาะน้ำท่วมที่เกิดจากแม่น้ำเท่านั้น ดังนั้น สาเหตุการเกิดน้ำท่วมใน 3 ประการสุดท้ายจะไม่ได้กล่าวในหัวข้อถัดไป

2.4 พารามิเตอร์น้ำท่วมและโค้งโอกาสความน่าจะเป็นแบบมากกว่า (Flood Parameters and Exceedance Curves)

2.4.1 ทั่วไป (General)

⁴ ปรากฏการณ์นี้เกิดขึ้นระหว่างการศึกษถึงการเกิดน้ำท่วมระยะสั้น ๆ ในแม่น้ำ Sabarmati ในรัฐ Guja ประเทศอินเดีย (Van Duivendijk, 1995) ถึงแม้ว่าน้ำท่วมได้เกิดขึ้นเพียงแค่ 2-3 วัน แต่การเกิดน้ำท่วมในพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงถูกรายงานว่ามีน้ำท่วมขังหลายสัปดาห์ ซึ่งเป็นเหตุการณ์ที่สะท้อนให้เห็นว่าการระบายน้ำขัดข้อง

เพื่อทำการเปรียบเทียบเหตุการณ์น้ำท่วม การเกิดน้ำท่วม และมาตรการควบคุมน้ำท่วมต่าง ๆ กับอีกเหตุการณ์น้ำท่วม จำเป็นต้องตรวจสอบประสิทธิผลของแต่ละเหตุการณ์บนพื้นฐานเดียวกัน เพื่อดำเนินการดังกล่าว ประการแรกจะต้องกำหนดพารามิเตอร์น้ำท่วม (Flood Parameter) ซึ่งค่าของมันจะแสดงถึงขนาดของน้ำท่วม ขนาดของการเกิดน้ำท่วม และความเสียหายที่เกิดขึ้น ประการที่สอง โค้งความถี่ (Frequency Curve) หรือที่ดีกว่าคือ โค้งโอกาสความน่าจะเป็นแบบมากกว่า (Exceedance Curve) ต้องสร้างขึ้นสำหรับค่าของพารามิเตอร์ที่เลือกเพื่อให้เป็นตัวแทนของน้ำท่วมและการเกิดน้ำท่วม การเลือกค่าพารามิเตอร์เหล่านั้นแสดงให้เห็นว่ามีข้อมูลเกี่ยวกับน้ำท่วมและการเกิดน้ำท่วมที่เกิดขึ้นในอดีตอยู่เพียงพอ โดยข้อเท็จจริงแล้ว จำเป็นต้องเข้าใจถึงปรากฏการณ์น้ำท่วมและการเกิดน้ำท่วมให้ถ่องแท้ก่อนที่จะเลือกพารามิเตอร์น้ำท่วมและสร้างโค้งโอกาสความน่าจะเป็นแบบมากกว่า

ในกล่องข้อความ 2-3 ได้อธิบายถึงวิธีการต่าง ๆ ที่ใช้สร้างความสัมพันธ์ระหว่างน้ำท่วมและสาเหตุของสภาพน้ำนอง

กล่องข้อความ 2-3
ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำท่วมและน้ำนองที่เกิดจากน้ำท่วม (The Relationship between a Flood and the Inundation It Causes)
วิธีการที่นิยมใช้เพื่อสร้างความสัมพันธ์ระหว่างไฮโดรกราฟน้ำท่วมกับพารามิเตอร์การเกิดน้ำท่วมตัวอย่าง (Typical Flooding Parameter) ก็คือ การสร้างแบบจำลองทางชลศาสตร์ (Hydraulic Modelling) ยกเว้นการเกิดน้ำท่วมในพื้นที่ที่มีระบบการส่งน้ำ (Conveyance System) ชับซ้อน (โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับพื้นที่ชุมชนเมือง) อาจกล่าวได้ว่า การสร้างแบบจำลองกายภาพ (Physical Modelling) หรือแบบจำลองสเกล (Scale Model) ไม่จำเป็นต้องทำ ในปัจจุบันแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) ของเหตุการณ์น้ำท่วม ซึ่งได้อธิบายไว้ในบทที่ 5 ของคู่มือฉบับนี้ สามารถช่วยแก้ปัญหาส่วนใหญ่ได้ ยิ่งไปกว่านั้น หลาย ๆ แบบจำลองได้รวมพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของตะกอน (Sediment Transport Parameter) และพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพน้ำ (Water Quality Parameter) เข้าไว้ในแบบจำลองอีกด้วย ด้วยเหตุนี้ จึงทำให้สามารถอธิบายพารามิเตอร์ทั้งหมดที่แสดงคุณลักษณะของสภาพน้ำนองได้ แน่นอนว่ามันควรจะมียุทธศาสตร์จากน้ำท่วมอ้างอิง (Reference Flood) เช่น น้ำท่วมใหญ่ในอดีตที่ได้บันทึกค่าไว้ เพื่อใช้สำหรับการสอบเทียบ (Calibration) ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของแบบจำลอง นอกจากนี้ จำเป็นต้องมีข้อมูลรายละเอียดทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่น้ำท่วมที่มีความถูกต้องสูง และจำเป็นต้องมีข้อมูลรูปสัณฐานความลึกของทางน้ำและข้อมูลลิ่งแม่น้ำด้วย ในการประยุกต์ใช้แบบจำลอง 1 มิติ หรือ 2 มิติ หรือไม่นั้น จะขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม ความซับซ้อนของการเคลื่อนตัวของน้ำในพื้นที่ และการสลับสับเปลี่ยนการไหลของน้ำในแม่น้ำกับพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม

ข้อดีของแบบจำลองทางชลศาสตร์ก็คือ ทำให้สามารถจำลองการพังทลายของเขื่อน (Dam Break) หรือการขยายตัวของช่องขาดในคันกันน้ำ (Breach Growth) ได้ง่ายขึ้น (ทั้งในลักษณะของการใช้แบบจำลองการพังทลายของเขื่อน (Dam break Model) หรือบนพื้นฐานของแผนโครงการ (schematizations) ที่ได้จากข้อพิจารณาทางทฤษฎีในการก่อตัวของการวิบัติของตัวเขื่อนและการเพิ่มขึ้นของช่องขาดของคันกันน้ำ)

ถ้าไม่มีการสร้างแบบจำลองของพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมขึ้นเป็นการเฉพาะ ก็จะต้องกลับไปใช้หลักการวิเคราะห์เหตุการณ์น้ำท่วมต่าง ๆ และสภาพน้ำนองเท่าที่ได้ทำการบันทึกค่าไว้ ในกรณีดังกล่าวนี้ต้องตั้งอยู่บนพื้นฐานของการเทียบเคียง เช่น โดยวิธีสหสัมพันธ์ (Correlation Methods) กับน้ำท่วมและพารามิเตอร์การเกิดน้ำท่วมที่เป็นตัวแทนเหตุการณ์มากที่สุด ตามที่อธิบายไว้ในหัวข้อย่อย 2.4.2 และ 2.4.3 ตามลำดับ

2.4.2 พารามิเตอร์น้ำท่วม (Flood Parameters)

พารามิเตอร์น้ำท่วมควรสามารถอธิบายถึงลักษณะของน้ำท่วมได้โดยที่ค่าพารามิเตอร์ที่มีขนาดแตกต่างกัน ซึ่งเป็นของเหตุการณ์น้ำท่วมแต่ละเหตุการณ์ ที่เคลื่อนตัวมาตามแม่น้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำใด ๆ ณ จุดใด ๆ (ยกตัวอย่างเช่น จุดทางเข้าของพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม) จะสะท้อนให้เห็นถึงขนาดของน้ำท่วมต่าง ๆ เหล่านี้ ซึ่งสัมพันธ์กัน

เราสามารถกำหนดลักษณะของน้ำท่วมได้โดยอาศัยแบบจำลองทางอุทกวิทยาของพื้นที่ลุ่มน้ำที่รวบรวมข้อมูลอาคารควบคุมต่าง ๆ และข้อมูลฝนเข้าไว้ในแบบจำลองด้วย อย่างไรก็ตาม โดยทั่วไปแล้วมักจะกำหนดลักษณะน้ำท่วมโดยอาศัยข้อมูลเหตุการณ์น้ำท่วมต่าง ๆ ที่ทำการตรวจวัดในอดีต เหตุการณ์น้ำท่วมเหล่านี้มักถูกนำมาใช้ในการเปรียบเทียบแบบจำลองทางอุทกวิทยาที่ได้กล่าวมาข้างต้น นอกจากนี้ยังสามารถนำมาใช้วิเคราะห์คุณลักษณะทางสโตคาสติก (Stochastic Manner) ของเหตุการณ์น้ำท่วมที่ผิดปกติ และรุนแรงมากกว่าเหตุการณ์น้ำท่วมที่เคยเกิดขึ้นในอดีต

ไม่ว่าจะนำวิธีใดมาใช้ การสร้างแบบจำลองทางอุทกวิทยา (Hydrological Modelling) หรือวิธีเหตุการณ์น้ำท่วมต่าง ๆ ในอดีต (Historical Flood) หรือการประมาณค่าทางสโตคาสติก (Stochastic Estimation) วิธีที่ดีที่สุดในการอธิบายลักษณะของน้ำท่วมที่จุดใด ๆ ของพื้นที่ลุ่มน้ำคือการอธิบายด้วยไฮโดรกราฟ (Hydrograph) และรอบการเกิดซ้ำ (Return Period)

อย่างไรก็ตาม พารามิเตอร์ของคลื่นน้ำท่วมใด ๆ ที่เคลื่อนตัวตามแนวแม่น้ำที่จุดใดจุดหนึ่ง อาจบ่งบอกถึงลักษณะของน้ำท่วมได้เป็นอย่างดี พารามิเตอร์น้ำท่วมเหล่านั้น ได้แก่

- อัตราการไหลของน้ำสูงสุด (Maximum Discharge) ระหว่างเกิดน้ำท่วม
- ระดับน้ำสูงสุด (Max Water Level) ระหว่างเกิดน้ำท่วม
- อัตราการไหลของน้ำรายวันเฉลี่ยสูงสุด (Maximum Average Daily Discharge) ระหว่างเกิดน้ำท่วม

- ปริมาณของคลื่นน้ำท่วมจริง (Volume of the Actual Flood Wave) ที่เกินค่าอัตราการไหลของน้ำที่กำหนด
- ระยะเวลาที่คลื่นน้ำท่วมจริง (Duration of the Actual Flood Wave) ที่เกินค่าอัตราการไหลของน้ำหรือระดับน้ำที่กำหนด

ณ จุดใด ๆ ในภูมิภาคประเทศ รูปแบบของน้ำท่วมที่ค่าอัตราการไหลของน้ำสูงสุดที่กำหนดโดยทั่วไปจะขึ้นอยู่กับกลุ่มน้ำ ซึ่งในกรณีนี้พารามิเตอร์เพียงแค่นี้ตัวเดียวสามารถใช้อธิบายลักษณะของน้ำท่วมได้⁵

ยกตัวอย่างเช่น พารามิเตอร์ที่ใช้ในประเทศออสเตรเลียเพื่อใช้ในการวางแผนส่วนใหญ่มักจะอยู่ในรูปโอกาสความน่าจะเป็นมากกว่ารายปี (Annual Exceedance Probability, AEP) ของน้ำท่วมทั้งในลักษณะความสูงของระดับน้ำสูงสุดหรืออัตราการไหลของน้ำสูงสุด

ในพื้นที่กลุ่มน้ำขนาดใหญ่ซึ่งน้ำท่วมอาจเป็นผลมาจากปริมาณน้ำฝนสะสมที่ตกนานนับสัปดาห์หรือนับเดือน การอธิบายคุณลักษณะของน้ำท่วมเพียงลักษณะเดียวอาจจะไม่เพียงพอ เหตุการณ์น้ำท่วม 2 เหตุการณ์ที่มีอัตราการไหลของน้ำสูงสุดเท่ากันแต่มีระยะเวลาต่างกันอาจส่งผลกระทบต่อที่แตกต่างกัน และอาจนำมาซึ่งระดับน้ำสูงสุดทางด้านท้ายน้ำที่แตกต่างกันอีกด้วย

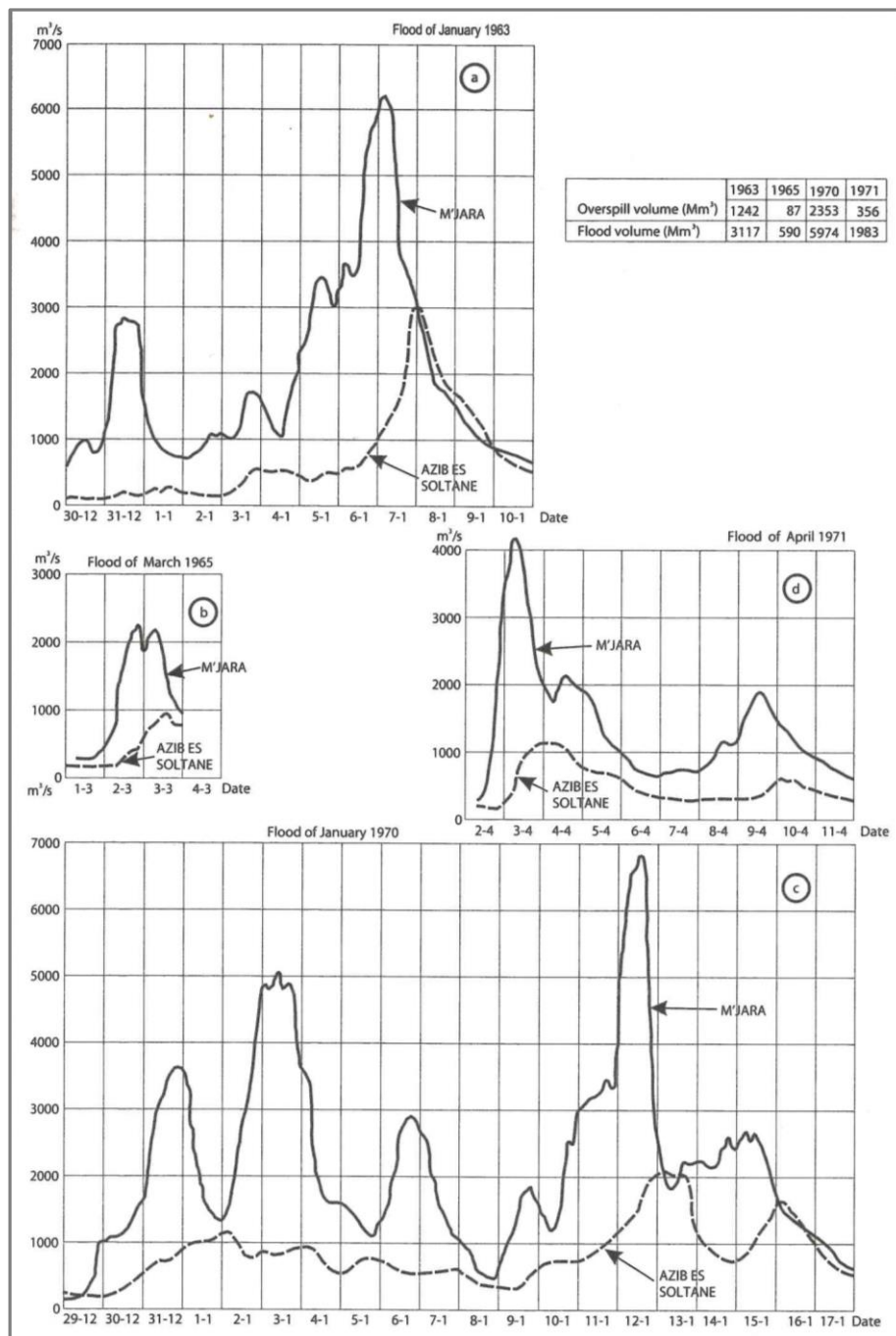
ปริมาณน้ำฝนที่ตกทั่วทั้งในลุ่มน้ำอาจมีความแตกต่างกันอย่างมาก และผลสุดท้ายแล้วคลื่นน้ำท่วมที่เคลื่อนตัวไปยังด้านท้ายน้ำอาจก่อตัวขึ้นจากการรวมกันของคลื่นน้ำท่วมหลาย ๆ คลื่นที่มีต้นกำเนิดจากลำน้ำสาขาต่าง ๆ

น้ำท่วมที่เกิดจากเหตุการณ์ไม่ปกติที่ไม่ใช่เหตุการณ์ธรรมชาติ เช่น เชื้อนแตก หรือการจงใจระบายน้ำจากเขื่อน จะมีความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการไหลสูงสุด (Peak Flood Rate) และช่วงเวลา (Duration) ในลักษณะไม่ค่อยเป็นไปตามธรรมชาติ⁶

ในรูปที่ 2-2 แสดงถึงน้ำท่วมที่มีขนาดแตกต่างกันของแม่น้ำ Ouerrha (ประเทศโมร็อกโก) ขนาดน้ำท่วมสูงสุดที่แสดงในรูป (ปี ค.ศ. 1970) แสดงให้เห็นชัดเจนถึงผลกระทบที่กล่าวมาข้างต้น

⁵ ยกตัวอย่างเช่น พารามิเตอร์ที่ใช้ในประเทศออสเตรเลียเพื่อใช้ในการวางแผนส่วนใหญ่มักจะอยู่ในรูปโอกาสความน่าจะเป็นแบบมากกว่ารายปี (Annual Exceedance Probability, AEP) ของน้ำท่วม ทั้งในลักษณะความสูงของระดับน้ำสูงสุด หรืออัตราการไหลของน้ำสูงสุด

⁶ อย่างไรก็ตาม AEP ของน้ำท่วมที่ใช้ในประเทศออสเตรเลียนับเป็นตัวบ่งชี้เพียงอย่างเดียวของขนาดของเหตุการณ์ที่จุดใด ๆ



รูปที่ 2-2 ขนาดน้ำท่วมที่ต่างกัน 4 เหตุการณ์ ที่เกิดจากแม่น้ำ Ouerrha และ Sebou โมร็อกโก (ดูตำแหน่งที่ตั้งในรูปที่ 2-1) (ที่มา : NEDECO, 1973)

2.4.3 พารามิเตอร์การเกิดน้ำท่วม (Flooding Parameter)

การเกิดน้ำท่วมหรือน้ำนอง (Flooding or Inundation) เป็นปรากฏการณ์ที่มีความซับซ้อนซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะสุ่มทางสโตคาสติก (Stochastic Features) ต่าง ๆ ของน้ำท่วมเอง และลักษณะของพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม แต่ก็ขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพและของอาคารและโครงสร้างต่าง ๆ (เขื่อน คันกันน้ำท่วม) ที่มนุษย์สร้างขึ้นด้วย ซึ่งปัจจัยเหล่านี้สามารถเปลี่ยนความสัมพันธ์ระหว่างน้ำท่วม (Flood) และ

การเกิดน้ำท่วมทั้งในลักษณะดีเทอร์มินิสติก (Deterministic) หรือในแบบสโตคาสติก (Stochastic) (ยกตัวอย่างเช่น เชื้อนแตก)

ผลลัพธ์ของการศึกษาทางด้านอุทกวิทยาและชลศาสตร์ ควรบ่งชี้ให้เห็นว่าพารามิเตอร์การเกิดน้ำท่วมตัวใดที่เป็นตัวแทนปรากฏการณ์การเกิดน้ำท่วมได้ดีที่สุด (ดูกล่องข้อความ 2-4) อย่างไรก็ตาม เป็นที่ทราบกันดีจากประสบการณ์ว่าลักษณะทางอุทกวิทยาและสภาพทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่ รวมทั้งขนาดของพื้นที่เป็นตัวกำหนดจำนวนของพารามิเตอร์การเกิดน้ำท่วมที่สำคัญสำหรับนำมาใช้

กล่องข้อความ 2-4
การเลือกพารามิเตอร์การเกิดน้ำท่วม (Selection of a Flood Parameter) ระหว่างการศึกษาในประเทศโมร็อกโก (NEDECO, 1973) ปรากฏว่าปริมาณน้ำที่ไหลล้นตลิ่งออกไปสู่พื้นที่ราบลุ่มเป็นตัวแทนที่แสดงถึงน้ำท่วมพื้นที่ราบ Rhab โดยแม่น้ำ Sebou และแม่น้ำ Ouerrha ได้ดีที่สุด สำหรับกรณีศึกษา Parana Paraguay Studies ในประเทศอาร์เจนตินา-ปารากวัย (Motor Columbus, 1979) ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่กว่ามาก การกำหนดจุดที่ตั้งไม่น้อยกว่า 7 จุด ที่ซึ่งระดับน้ำรายปีสูงสุดที่เกินค่าระดับน้ำอันตรายที่กำหนด จะถูกพิจารณาว่าเป็นค่าพารามิเตอร์น้ำท่วมที่เป็นตัวแทนของช่วงแม่น้ำนั้น ๆ รวมทั้งพื้นที่น้ำท่วมตามแนวแม่น้ำในช่วงแม่น้ำนั้นด้วย (พื้นที่ดังกล่าวมักเรียกว่าพื้นที่ย่อย (Sub-Area) ส่วนในประเทศเนเธอร์แลนด์ ความลึกของการเกิดน้ำท่วม (Depth of Flooding) ถูกกำหนดเป็นพารามิเตอร์การเกิดน้ำท่วม

ผลกระทบของเหตุการณ์น้ำท่วมต่อพื้นที่ที่เกิดน้ำท่วมเองนั้นได้รับอิทธิพลมาจากปัจจัยต่าง ๆ หลากหลาย ประเด็นต่าง ๆ ต่อไปนี้ (หรือพารามิเตอร์การเกิดน้ำท่วม) จำเป็นต้องนำมาพิจารณาเมื่อทำการพัฒนากลยุทธ์ในการบริหารจัดการพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง (Floodplain Management)

- ขนาดสูงสุดของการเกิดน้ำท่วม (Maximum Extent of Flooding) ในพื้นที่ใด ๆ
- ช่วงเวลาของการเกิดน้ำท่วม (Duration of Flooding) ในพื้นที่ใด ๆ
- ปริมาณการไหลล้นตลิ่ง (Bank Overspill) ในพื้นที่ใด ๆ
- ความลึก (Local Depth) ของการเกิดน้ำท่วมที่จุดใด ๆ
- ความผันแปรเชิงเวลา (Variation in Time) ของพารามิเตอร์ต่าง ๆ เหล่านี้ หรือความสัมพันธ์ (Relationship) ระหว่างพารามิเตอร์ (เช่น ขนาดของการเกิดน้ำท่วมในรูปของระดับน้ำ (Water Level, H) กับช่วงเวลา (Time, T))
- อัตราการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำท่วม (Rate of Rise of Floodwater)
- ความเร็ว (Velocity) ของน้ำท่วม (ที่จุดใด ๆ)
- ปริมาณตะกอน (Sediment) ที่พัดพามากับน้ำท่วม
- เวลาที่มีอยู่ (Available Time)
- การใช้ที่ดิน (Land Use) ในพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง
- ความปั่นป่วน (Turbulence) ของการไหล

- เวลาที่ใช้ในการฟื้นฟูพื้นที่หลังเกิดเหตุการณ์น้ำท่วม
- การกระทำของคลื่น (Wave Action) ในพื้นที่น้ำนอง
- คุณภาพน้ำ (Water Quality) ของน้ำที่ไหลล้นข้ามตลิ่ง
- วัตถุขนาดใหญ่ที่เคลื่อนตัวมากับน้ำท่วม (เช่น เหตุการณ์น้ำท่วมรุนแรงในลำน้ำ: ต้นไม้ กรวด หิน)
- วันที่เกิดเหตุการณ์น้ำท่วม (Date of Occurrence) (ยกตัวอย่างเช่น วันที่เกิดเหตุการณ์ที่มีส่วนที่เกี่ยวพันกับเหตุการณ์เฉพาะปลูก)

เมื่อน้ำท่วมที่พิจารณาเกิดขึ้นครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่ จำเป็นที่จะต้องแบ่งพื้นที่ออกเป็นพื้นที่ย่อย ๆ เพื่อสร้างความมั่นใจว่าพารามิเตอร์การเกิดน้ำท่วมมีรูปแบบเดียวกัน และยังสามารถสร้างความสัมพันธ์ที่ติระหว่างน้ำท่วม (Flood) และการเกิดน้ำท่วม (Flooding) ในด้านหนึ่ง และระหว่างการเกิดน้ำท่วม (Flooding) กับความเสียหาย (Damage) ในอีกด้านหนึ่ง (ดูกล่องข้อความ 2-4)

2.4.4 โค้งโอกาสความน่าจะเป็นแบบมากกว่า (Exceedance Curve)

โค้งโอกาสความน่าจะเป็นแบบมากกว่า (Exceedance Curve) ของพารามิเตอร์น้ำท่วมและการเกิดน้ำท่วม (Flood and Flooding Parameters) สามารถสร้างขึ้นมาโดยอาศัยฐานข้อมูลน้ำท่วมในอดีตที่มีการบันทึกค่าไว้ นอกจากนี้ ยังสามารถพัฒนาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์น้ำท่วมต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น

- อัตราการไหลของน้ำทั้งหมด (Total Discharge) ที่อยู่เหนือหรือเกินค่าระดับน้ำท่วมที่กำหนด กับปริมาณการไหลล้นตลิ่ง (Bank Overspill)
- อัตราการไหลของน้ำสูงสุด (Maximum Discharge) ระหว่างเหตุการณ์น้ำท่วมกับช่วงเวลาของการเกิดน้ำท่วม (Duration of Flooding)
- อัตราการไหลของน้ำสูงสุด (Maximum Discharge) ระหว่างเหตุการณ์น้ำท่วมกับปริมาณการไหลล้นตลิ่ง (Bank Overspill)
- ระดับน้ำสูงสุด (Maximum Water Level) ระหว่างเหตุการณ์น้ำท่วมกับขนาดของพื้นที่ที่ถูกน้ำท่วม (Extent of Flooding)

กล่องข้อความ 2-5

โค้งโอกาสความน่าจะเป็นแบบมากกว่าของพารามิเตอร์การเกิดน้ำท่วมที่เลือก (Exceedance Curves for the Selected Flooding Parameter)

โค้งโอกาสความน่าจะเป็นแบบมากกว่าของพารามิเตอร์การเกิดน้ำท่วมที่เลือกมีบทบาทสำคัญในการประเมิน (ทางเศรษฐกิจ) ของแผนโครงการควบคุมน้ำท่วม (Flood Control Scheme) ในรูปที่ 2-3 แสดงให้เห็นถึงโค้งโอกาสความน่าจะเป็นของปริมาตรน้ำท่วมทั้งหมดและปริมาณการไหลล้นตลิ่งในที่ราบ Rharb ในประเทศโมร็อกโก

ข้อมูลสำหรับสร้างโค้งโอกาสความน่าจะเป็นแบบมากกว่าของปริมาณการไหลล้นตลิ่งได้มาจากการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรการไหลล้นตลิ่ง (Overspill Volume) (คำนวณโดยอาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับจำนวนเหตุการณ์น้ำท่วมที่มีจำกัด) และปริมาณของน้ำท่วมของเหตุการณ์เดียวกันที่เหนือหรือเกินค่าอัตราการไหลของน้ำที่เกิดขึ้นต่อเนื่องเท่ากับ 2,100 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ซึ่งได้มาจากไฮโดรกราฟที่จุดบรรจบของแม่น้ำ Sebou-Duerrha

พารามิเตอร์ที่เลือกใช้ในการศึกษา Parana-Paraguay Studies ในแต่ละพื้นที่ย่อย คือ ค่าระดับน้ำ (Water Level) ในรูปที่ 2-4 แสดงให้เห็นถึงโค้งโอกาสความน่าจะเป็นแบบมากกว่าของข้อมูลระดับน้ำรายปีสูงสุดที่เมือง Parana (ในพื้นที่ย่อย A7)

2.4.5 ความสำคัญของพารามิเตอร์น้ำท่วมต่อการใช้ประโยชน์ที่ดินลักษณะต่าง ๆ (Importance of Flood Parameters for Different Land Uses)

พารามิเตอร์น้ำท่วมต่าง ๆ ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดความเหมาะสมในการใช้ประโยชน์เฉพาะด้านของพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงหรือความไม่เหมาะสมจะแตกต่างกันออกไป ตามการใช้ประโยชน์ที่กำลังพิจารณา ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 2-1 (ที่มา : SCARM, 2000)

ตารางที่ 2-1 พารามิเตอร์น้ำท่วมและการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ประเภทของการใช้ประโยชน์	ค่าต่าง ๆ ของน้ำท่วม/พารามิเตอร์อื่น ๆ ที่จำกัดการใช้ประโยชน์	ประเภทของการตัดสินใจในการพิจารณาว่าจะยอมให้ใช้ประโยชน์หรือไม่
การอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำ (Wetland Conservation)	มีน้อยมาก เพราะว่าพื้นที่ชุ่มน้ำนั้นมีคุณค่าก็เพราะมีน้ำท่วมบ่อยและนาน	ทางสังคม/ทางสิ่งแวดล้อม
การสันทนาการแบบผ่อนคลาย (Passive Recreation) : สวนสาธารณะ เส้นทางเดินเท้า หรือ อาจจะเป็นสนามกอล์ฟ	-ความถี่ของการเกิดน้ำท่วมสูง -ระยะเวลาของการเกิดน้ำท่วมนาน -อัตราการเพิ่มขึ้นของน้ำสูง	ทางสังคม/ทางสิ่งแวดล้อม
การใช้ประโยชน์ในทางเกษตรกรรม (Agricultural Use)	-ความถี่ของการเกิดน้ำท่วมสูง -ระยะเวลาของการเกิดน้ำท่วมนาน -ระยะเวลาในการเตือนภัยน้ำท่วมสั้น -อัตราการเพิ่มขึ้นของน้ำสูง -ขาดสถานที่พักพิงสัตว์ต่าง ๆ	ทางเศรษฐกิจ
การใช้ประโยชน์ทางอุตสาหกรรม (Industrial Use)	-ความถี่ของการเกิดน้ำท่วมสูง -ความลึกน้ำท่วม -ระยะเวลาในการเตือนภัยน้ำท่วมสั้น -อัตราการเพิ่มขึ้นของน้ำเร็ว -ขาดเส้นทางอพยพต่าง ๆ	ทางเศรษฐกิจ/ความปลอดภัย

ประเภทของการใช้ประโยชน์	ค่าต่าง ๆ ของน้ำท่วม/พารามิเตอร์อื่น ๆ ที่จำกัดการใช้ประโยชน์	ประเภทของการตัดสินใจในการพิจารณาว่าจะยอมให้ใช้ประโยชน์หรือไม่
การใช้ประโยชน์เพื่อเป็นแหล่งพักอาศัย (Residential Use)	-ความถี่ของการเกิดน้ำท่วมสูง -ความลึกน้ำท่วม -ระยะเวลาในการเตือนภัยน้ำท่วมสั้น -อัตราการเพิ่มขึ้นของน้ำเร็ว -ขาดเส้นทางอพยพต่าง ๆ -การชำรุดเสียหายของระบบระบายน้ำ ทั้งระหว่างเกิดเหตุการณ์น้ำท่วมต่าง ๆ	ทางเศรษฐกิจ/ความปลอดภัย/ทางสังคม

2.5 ประสิทธิภาพทางชลศาสตร์ของมาตรการควบคุมน้ำท่วม (Hydraulic Effectiveness of Flood Control Measures)

ประสิทธิภาพทางชลศาสตร์ (Hydraulic Effectiveness) นำมาใช้ในการเปรียบเทียบสถานการณ์น้ำท่วมที่ใช้มาตรการควบคุมน้ำท่วมกับที่ไม่ได้ใช้มาตรการควบคุมน้ำท่วม และยังใช้ในการประเมินว่าสำหรับกรณีน้ำท่วมที่เคยเกิดขึ้นในอดีตนั้น ถ้าใช้มาตรการควบคุมน้ำท่วมแล้วจะสามารถป้องกันพื้นที่จากน้ำท่วมดังกล่าวได้แค่ไหน เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าวจำเป็นต้องกำหนดค่าพารามิเตอร์ซึ่งแสดงลักษณะของน้ำท่วมในพื้นที่นั้น ซึ่งพารามิเตอร์น้ำท่วมที่เหมาะสมต่าง ๆ ได้แก่ ปริมาณของการไหลล้นตลิ่ง (Volume of Bank Overspill) ระดับน้ำ (Water Level) ความลึกของการเกิดน้ำท่วม (Depth of Flooding)

รูปที่ 2-5 (ด้านล่าง) การคำนวณประสิทธิภาพทางชลศาสตร์แสดงให้เห็นด้วยกราฟขอบเขตบน (Upper Graph) โดยเลือกใช้พารามิเตอร์น้ำท่วมในรูปของระดับน้ำ (Water Level) ที่อยู่เหนือและเกินค่าระดับน้ำฉุกเฉิน (Emergency Water Level) ที่กำหนดไว้ที่ 5.50 เมตร ที่สถานี Corrientes ประเทศอาร์เจนตินา (แม่น้ำ Parana)

สมการที่ใช้ในการคำนวณมีรูปแบบสมการดังนี้

$$\varepsilon_h = 100 \times \left[\frac{\sum_{i=1}^{i=45} X_i - \sum_{i=1}^{i=45} Y_i}{\sum_{i=1}^{i=45} X_i - 45 \times 5.50} \right] \quad \text{-----}(2-1)$$

เมื่อ X_i = ค่าระดับน้ำรายปีสูงสุด (Maximum Annual Water Level) โดยไม่มีมาตรการป้องกัน (Without Protection)

Y_i = ค่าระดับน้ำรายปีสูงสุด (Maximum Annual Water Level) โดยมีมาตรการ
ป้องกัน (With Protection)

ϵ_h = ประสิทธิภาพทางชลศาสตร์ (Hydraulic Effectiveness) ในหน่วยเปอร์เซ็นต์

ส่วนค่าประมาณการประสิทธิภาพทางชลศาสตร์แสดงในส่วนล่างของรูปที่ 2-5 โดยมีรูปแบบ
สมการดังนี้

$$\epsilon'_h = 100 \times \left[\frac{(\text{AreaABED})}{(\text{AreaABCA})} \right] \quad \text{-----}(2-2)$$

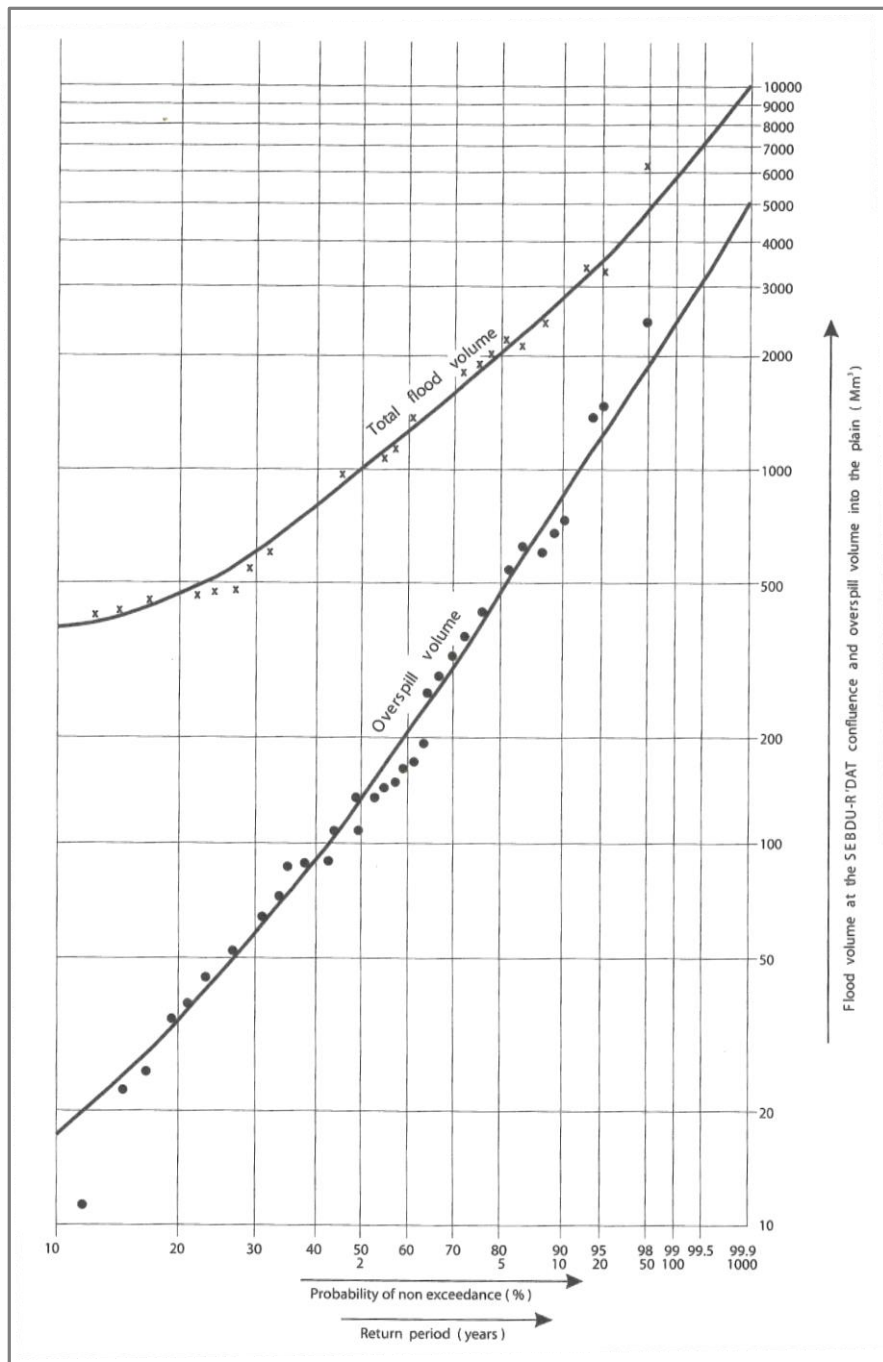
เมื่อ ϵ'_h = ค่าประมาณการประสิทธิภาพทางชลศาสตร์ (Hydraulic Effectiveness by
Approximation) ในหน่วยเปอร์เซ็นต์

(4) = โค้งโอกาสความน่าจะเป็นแบบมากกว่า (Exceedance Curve) ของสถานการณ์
น้ำท่วมที่มีโครงการป้องกัน (With Project)

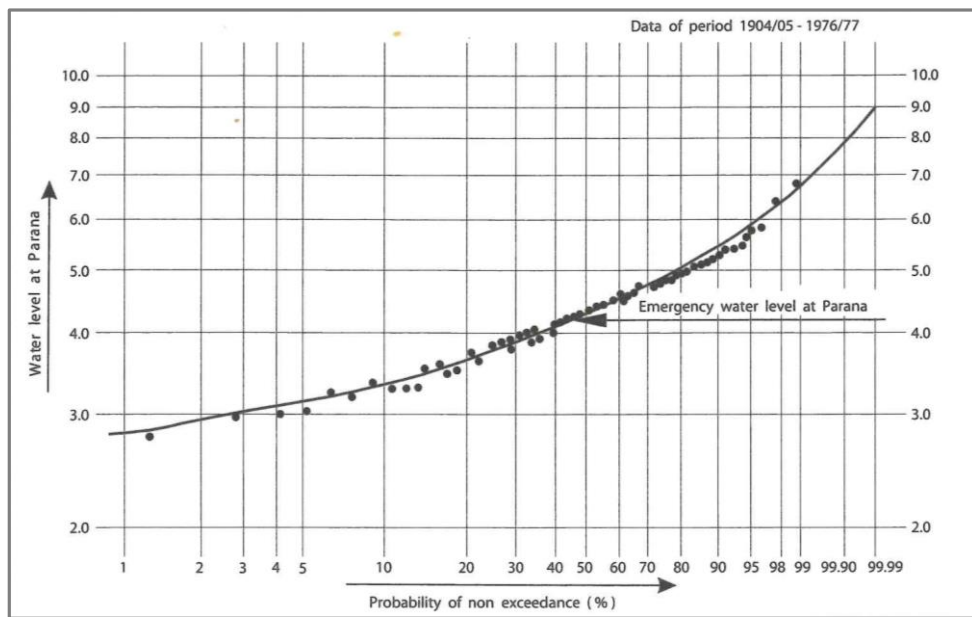
(5) = โค้งโอกาสความน่าจะเป็นแบบมากกว่า (Exceedance Curve) ของสถานการณ์
น้ำท่วมที่ไม่มีโครงการป้องกัน (Without Project)

(6) = โอกาสความน่าจะเป็นแบบไม่มากกว่า (Non-Exceedance Curve)

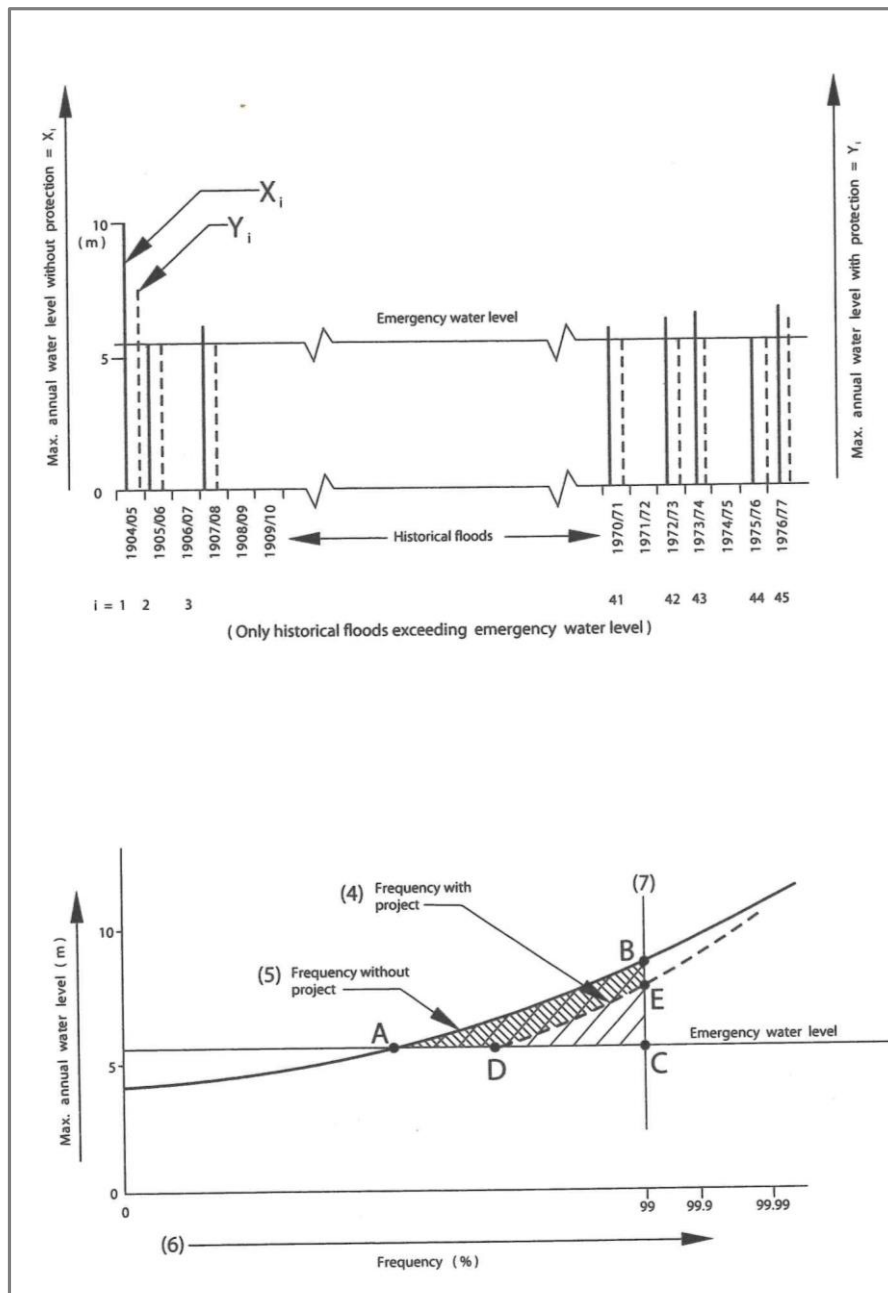
(7) = ระดับน้ำรายปีสูงสุด (Maximum Annual Water Level)



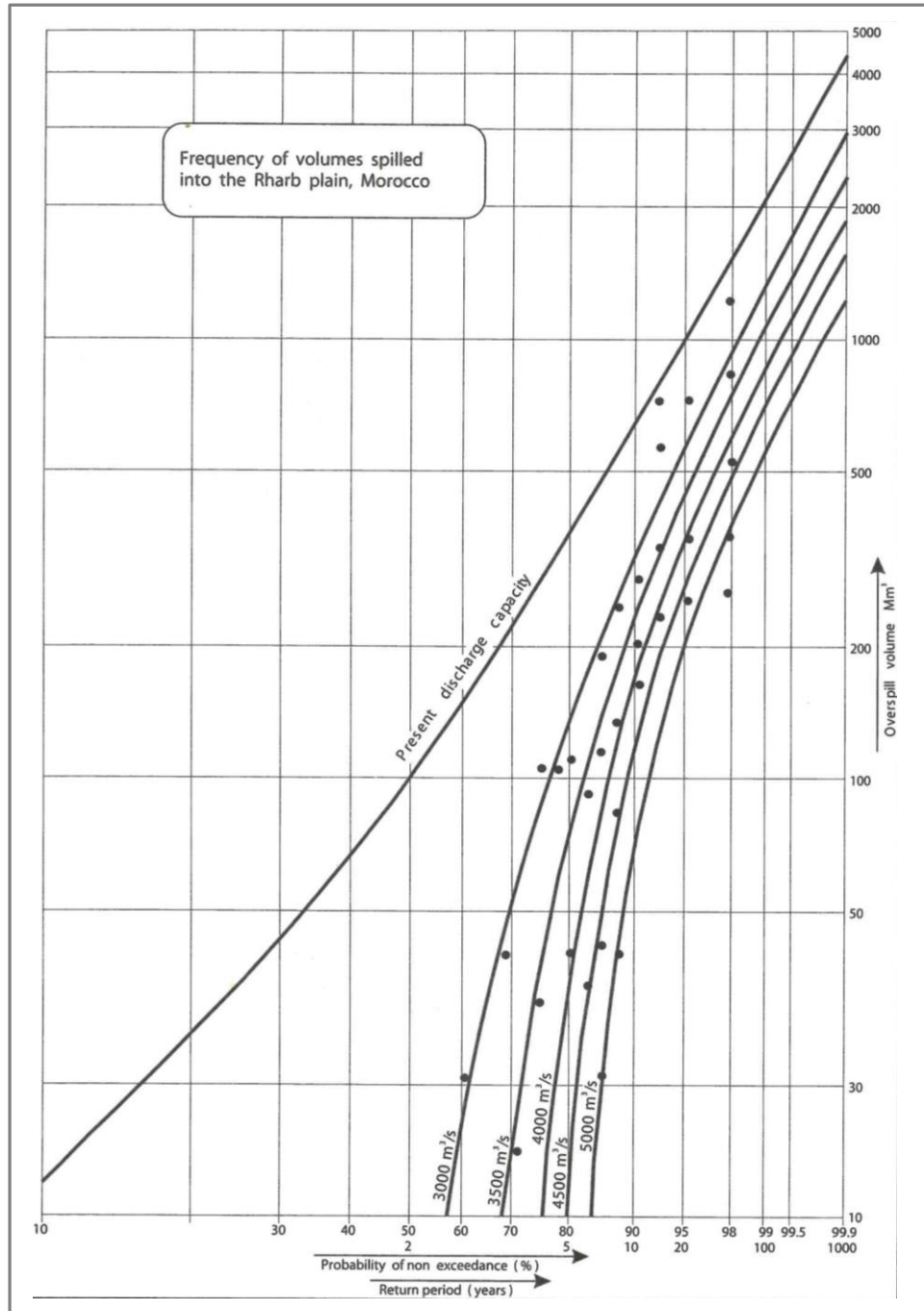
รูปที่ 2-3 โค้งโอกาสความน่าจะเป็นแบบมากกว่าของปริมาณน้ำท่วมและปริมาณการไหลล้นตลิ่งของแม่น้ำ Sobou ตอนล่างในประเทศโมร็อกโก (ตุล่องข้อความ 2-5) (ที่มา : NEDECO, 1975)



รูปที่ 2-4 โค้งโอกาสความน่าจะเป็นแบบมากกว่าของระดับน้ำท่วมรายปีสูงสุดที่เมือง Parana แม่น้ำ Parana ประเทศอาร์เจนตินา (ตุ๊กलोंงข้อความ 2-5) (ที่มา : Motor Columbus, 1979)



รูปที่ 2-5 การกำหนดค่าประสิทธิภาพทางชลศาสตร์ของแผนการควบคุมน้ำท่วมโดยเลือกใช้พารามิเตอร์น้ำท่วมในรูปของระดับน้ำ (ที่มา : Motor Columbus, 1979)



รูปที่ 2-6 โค้งโอกาสความน่าจะเป็นแบบมากกว่าของปริมาตรน้ำไหลล้นตลิ่งที่เหลืออยู่หลังจากการใช้แผนป้องกันน้ำท่วมทางเลือกต่าง ๆ

การใช้สมการข้างต้นจะอ่านค่าได้ง่ายกว่าเดิม เนื่องจากได้ใช้สเกลลอ็กสำหรับค่าในแกนนอน

ตารางที่ 2-2 แสดงให้เห็นว่าค่าประสิทธิภาพทางชลศาสตร์จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ถ้าได้รวมปริมาณเก็บกักน้ำในเขื่อนเก็บน้ำขนาดใหญ่หรือขนาดเล็กเข้ากับการเพิ่มความสามารถในการระบายน้ำของระบบแม่น้ำทางด้านท้ายของอ่างเก็บน้ำดังกล่าว

ตารางที่ 2-2 ประสิทธิภาพทางชลศาสตร์ของมาตรการป้องกันน้ำท่วมแบบผสมผสาน

อ่างเก็บน้ำ	ปริมาตรเก็บกักใช้การ (hm ³)	ความสามารถในการให้น้ำไหลผ่านของระบบแม่น้ำทั้งหมดทางด้านท้ายน้ำของอ่างเก็บน้ำ (m ³ /s)					
		ปัจจุบัน	2,500	3,000	3,500	4,000	5,000
ขนาดใหญ่	800	80	89	95			
	1,600	73-90	85-97				
	2,100	87-94	94-97	96			
ขนาดเล็ก	260	36	54	70	80	87	
	160	31					

ผลในลักษณะเดียวกันจะเห็นได้จากโค้งโอกาสความน่าจะเป็นแบบมากกว่า (ในรูปที่ 2-6) ปริมาณการไหลล้น (เช่น ปริมาณของการเกิดน้ำท่วม) ของน้ำท่วมที่รอบการเกิดใด ๆ จะมีค่าลดลง หากปริมาณน้ำเก็บกักในอ่างเก็บน้ำถูกนำมารวมเข้ากับความสามารถในการระบายน้ำทางด้านท้ายน้ำที่เพิ่มมากขึ้น

2.6 เอกสารอ้างอิง (References)

- [1] Motor Columbus (1979) y Asociados, 'Study of Floods of the rivers Parana and Paraguay', Buenos Aires-Asuncion, 1979.
- [2] NEDECO (1973), 'Etude des Mesures de Protection centre de Inondations dans la Plaine du Rharb, Maroc' (Final Report, Mission 1), The Hague, 1975.
- [3] NEDECO (1975), 'Flood control study, Rharb Plain, Morocco' (Final Report, Mission 2), The Hague, 1975.
- [4] SCARM Report No. 73 (2000), 'Floodplain Management in Australia-Best Practice Principles & Guidelines', CSIRO Publishing ISBN 0 643 060640.
- [5] van Duivendijk (1995), 'Protection against Floods in the river Sabarmati', Report of a Reconnaissance Mission for the Governments of Gujarat (India) and Nijmegen, The Netherlands, 1995.



ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์น้ำท่วมกับความเสียหาย
(The Relationship between Flood Parameters and Damages)

บทที่ 3

III ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์น้ำท่วมและความเสียหาย (The Relationship between Flood Parameters and Damages)

3.1 บทนำ (Introduction)

3.1.1 การบริหารจัดการน้ำท่วมและความเสียหาย (Flood Management and Damages)

การบริหารจัดการน้ำท่วม (Flood Management) (หรือการบริหารจัดการความเสี่ยงน้ำท่วม (Flood Risk Management)) เกี่ยวข้องกับกิจกรรมทั้งหมดที่เกี่ยวกับการควบคุมน้ำท่วม การบรรเทาการเกิดน้ำท่วม และหลังจากมาตรการควบคุมและบรรเทาน้ำท่วมได้ถูกดำเนินการ การบริหารจัดการความเสี่ยงที่เหลืออยู่จากการเกิดน้ำท่วม

พื้นที่ราบน้ำท่วมถึงหลายแห่งเป็นพื้นที่ชลประทานแบบเข้มข้น (Intensive Irrigation Land) พื้นที่เมืองและพื้นที่อุตสาหกรรม เช่นเดียวกับการสื่อสารคมนาคมและระบบการขนส่งยังตั้งอยู่ในพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงอีกด้วย การแทรกซึมของกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์เข้าไปในพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงทำให้เกิดการชะลอตัวทางเศรษฐกิจและชุมชนเมื่อเกิดเหตุการณ์น้ำท่วม และบางครั้งอาจส่งผลเป็นวงกว้างในระดับชาติ ยิ่งไปกว่านั้นความหลากหลายของลักษณะทางเศรษฐกิจและทางกายภาพในแต่ละช่วงแม่น้ำ ทำให้การคาดการณ์ความเสียหายจากน้ำท่วม เพื่อวัตถุประสงค์ในการวางแผนงานด้านนโยบาย ทำได้ยากยิ่งขึ้น ระดับความรุนแรงของความเสียหายจากน้ำท่วมของช่วงแม่น้ำใด ๆ จะถูกกำหนดจากรูปแบบการประกอบอาชีพ รวมทั้งลักษณะทางภูมิประเทศ ธรณีวิทยา และอุทกวิทยาของช่วงแม่น้ำนั้น ๆ

เพื่อการตัดสินใจหาทางแก้ปัญหาที่น้ำท่วมที่ดีที่สุด จำเป็นที่จะต้องรู้ขนาดความเสียหายจากน้ำท่วมที่มีขนาดและโอกาสความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์แตกต่างกัน วิธีที่อาศัยหลักตรรกวิทยา (Logical Method) ในการประเมินความเสียหายจากน้ำท่วมสำหรับใช้ในการเลือกระบบการป้องกันน้ำท่วม (Flood Protection System) ได้อธิบายไว้ในบทนี้ ดังนั้น การประเมินความเสียหาย (Damage Assessment) ต้องนับเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่ใช้ในการดำเนินการเพื่อการบริหารจัดการน้ำท่วม

3.1.2 คำจำกัดความ (Definitions)

น้ำหลากที่เกินความสามารถในการระบายน้ำของทางน้ำ (Watercourse) จะเป็นสาเหตุทำให้เกิดน้ำท่วม ซึ่งขนาดของน้ำท่วมนี้สามารถกำหนดลักษณะได้โดยอาศัยพารามิเตอร์น้ำท่วมตัวใดตัวหนึ่ง ตามที่ได้อธิบายไว้ในบทที่ผ่านมา น้ำท่วมจะส่งผลกระทบต่อพื้นที่น้ำท่วมมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับการใช้ที่ดินและความอ่อนไหวของระบบนิเวศ

ผลกระทบต่าง ๆ เกี่ยวข้องกับชีวิตของมนุษย์ทั้งทางด้านสังคม ด้านเทคนิค และด้านเศรษฐกิจ ผลกระทบจากน้ำท่วมยังมีต่อด้านสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ เช่น พืชพรรณ สัตว์พื้นที่ชุ่มน้ำ น้ำใต้ดิน ป่า

ไม้ เป็นต้น โดยทั่วไปแล้วผลกระทบลำดับแรกมักเป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้ว ผลกระทบในลำดับที่สองเพิ่งเป็นที่รู้จักกันในภายหลัง

ผลกระทบกลุ่มแรก ประกอบด้วย

- การสูญเสียชีวิตมนุษย์
- ปัญหาสุขภาพ (รวมทั้งความเครียด)
- ความเสียหายต่อทรัพย์สินโดยตรงทั้งทรัพย์สินส่วนบุคคลและทรัพย์สินสาธารณะ
- ผลกระทบทางอ้อมหรือที่ตามมาทีหลังซึ่งเป็นอุปสรรคในการทำหน้าที่ตามปกติของระบบสื่อสารของชุมชน (การหยุดชะงักของกิจกรรมและบริการต่าง ๆ โครงข่ายถนนถูกตัดขาด การชะลอตัวของกิจกรรมทางเศรษฐกิจและทางการค้า มาตรการฉุกเฉินพิเศษ การอพยพและการตั้งถิ่นฐานใหม่ของประชาชน)

ความเสียหาย (Damage) เป็นสิ่งที่สังคม (ที่ให้ความสำคัญกับความเป็นมนุษย์มากกว่า) จะเป็นผู้กำหนดลักษณะให้กับผลกระทบเหล่านั้น ซึ่งอาจจะไม่ใช่มูลค่าในรูปตัวเงินเพียงอย่างเดียว แต่สามารถเป็นได้ทั้งคุณค่าทางศีลธรรม มนุษยธรรม สังคม ศาสนา หรือ ในด้านจิตวิทยา (ความวิตกกังวลจากเหตุการณ์น้ำท่วม และความเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับความพลัดพรากจากกัน การหยุดชะงักของโครงสร้างทางสังคม การสูญเสียสิ่งที่มีคุณค่าทางใจที่ไม่สามารถทดแทนได้ การสูญเสียมรดกทางวัฒนธรรมและประวัติศาสตร์ ฯลฯ) อาจกล่าวได้ว่า ความเสียหายประเภทหลังนี้มีมูลค่าสูงกว่าความเสียหายต่อทรัพย์สิน (Material Damage) หลายเท่า ในหลายกรณีความเสี่ยงของน้ำท่วมจะพิจารณาจากโอกาสความน่าจะเป็นที่ผลกระทบหรือความเสียหายบางอย่างจะเกิดขึ้นในพื้นที่ทางภูมิศาสตร์ใด ๆ

ความเสี่ยงขึ้นอยู่กับ

- ความไม่แน่นอน (เช่น ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่มีลักษณะสุ่ม ซึ่งมีค่าโอกาสความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์นั้น ๆ ของมันเอง)
- โอกาสที่ประชาชน วัตถุ และสิ่งแวดล้อมจะต้องถูกน้ำท่วม
- เครื่องมือและวิธีปฏิบัติที่มีอยู่สำหรับดำเนินการเพื่อลดผลกระทบจากความเสี่ยงให้น้อยลง

โอกาสที่อาจต้องถูกน้ำท่วมและเครื่องมือและวิธีปฏิบัติที่ใช้กันอยู่เพื่อลดผลกระทบให้น้อยลงถือเป็นเพียงส่วนหนึ่งของตัวแปรสุ่ม (เช่น โอกาสความเป็นไปได้ที่จะมีการพัฒนาอย่างใดอย่างหนึ่ง โอกาสความเป็นไปได้ที่จะมีจำนวนประชาชนจำนวนหนึ่งอยู่ในพื้นที่เมื่อเกิดเหตุการณ์น้ำท่วม โอกาสความเป็นไปได้ที่จะสามารถพยากรณ์ได้อย่างแม่นยำ โอกาสความเป็นไปได้ของความช่วยเหลือฉุกเฉิน ฯลฯ)

ความเสี่ยงบ่งบอกถึงลักษณะสุ่ม (Randomness) (ของน้ำท่วมและของการเกิดน้ำท่วม) และความเปราะบาง (Vulnerability) (คนและสิ่งของที่สัมผัสน้ำ) ความเปราะบางจะแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะความไม่แน่นอน (ที่มีคุณสมบัติทางสถิติ) โอกาสที่จะสัมผัสกับน้ำท่วมที่มีลักษณะไม่แน่นอน (คน สิ่งของ กิจกรรมต่าง ๆ) เครื่องมือและวิธีปฏิบัติต่าง ๆ ที่ใช้กันอยู่เพื่อใช้เป็นมาตรการตอบโต้ (การพยากรณ์น้ำท่วม ความช่วยเหลือฉุกเฉิน การประกันภัย) และผลกระทบต่าง ๆ ที่ตามมา

ในอีกแง่หนึ่ง โอกาสที่จะถูกน้ำท่วมมากหรือน้อยยังขึ้นอยู่กับสภาพของพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมเอง และในอีกด้านหนึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะของน้ำท่วมนั้น ในประเด็นดังกล่าวสามารถกล่าวได้ว่า

- ความเร็วของการเพิ่มขึ้นของคลื่นน้ำท่วมสูงสุด (Flood Peak) เช่น เหตุการณ์พายุฝนที่เกิดขึ้นในช่วงฤดูร้อนมักจะมีแนวโน้มที่จะมีค่าแฟกเตอร์การไหลสูงสุด (Peak Factor) ซึ่งสัมพันธ์กับช่วงเวลา สูงกว่าเมื่อเทียบกับเหตุการณ์น้ำท่วมทั้งหมด แต่ในอีกทางหนึ่ง น้ำท่าที่เกิดจากการละลายของหิมะ (Snowmelt Runoff) โดยทั่วไปแล้วจะมีการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำค่อนข้างช้า เว้นแต่จะเกิดปรากฏการณ์ธารน้ำแข็งปิดกั้นทางน้ำขึ้นด้วย
- ความลึกของการเกิดน้ำท่วมในส่วนของการพัฒนาที่มีอยู่ในพื้นที่
- ความเร็วของกระแสน้ำหลาก
- จำนวนบ้านเรือนและธุรกิจที่ได้รับผลกระทบ
- การเตือนภัยน้ำท่วมและมาตรการอพยพในพื้นที่
- ผลกระทบของการเกิดน้ำท่วมต่อการเข้าถึงของระบบขนส่ง

3.1.3 วัตถุประสงค์ในการกำหนดความเสียหายจากน้ำท่วม (Objectives for Determining Flood Damages)

ด้วยการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างน้ำท่วมกับพารามิเตอร์การเกิดน้ำท่วม (Flood and Flooding Parameters) (ดูในบทที่ 2) และในอีกแง่หนึ่งกับความเสียหายที่เกิดจากเหตุการณ์น้ำท่วมในพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม (ที่เรียกว่า ฟังก์ชันการสูญเสียหรือฟังก์ชันความเสียหายจากน้ำท่วม (Loss or Flood Damage Functions)) สามารถบรรลุวัตถุประสงค์หลาย ๆ ด้านดังนี้

- เพื่อให้รู้ถึง “ความเปราะบาง (Vulnerability)” ในพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมทั้งทางกายภาพ ทางเศรษฐกิจและสังคม
- เพื่อลดความเปราะบางด้วยการปฏิบัติการดังนี้
 - มาตรการป้องกันน้ำท่วมแบบดั้งเดิม (Classical Flood Protection Measures) ตามแนวทางน้ำหรือในพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม (เช่น เขื่อนทดน้ำ (Regulating Dam) คันกันน้ำท่วม (Flood Embankment) การเพิ่มความสามารถในการไหลผ่านของทางน้ำ การระบายน้ำออกจากพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง เป็นต้น)
 - มาตรการไม่ใช่สิ่งก่อสร้าง (Non Structural Measures) (เช่น การปลูกป่าในพื้นที่ลุ่มน้ำ ขอบบังคับต่าง ๆ เกี่ยวกับการตั้งถิ่นฐานและการใช้ที่ดิน การพยากรณ์และการเตือนภัยน้ำท่วม การประกาศความเสี่ยงของภัยน้ำท่วม การรณรงค์การตระหนักรู้ภัยของประชาชนทั่วไป การจัดตั้งองค์กรความช่วยเหลือฉุกเฉิน เป็นต้น)
- เพื่อประมาณการทางเศรษฐกิจ (เช่น ความสมดุลของต้นทุนและผลประโยชน์ เป็นต้น) ของงานป้องกันน้ำท่วมที่คิดไว้และหาทางเลือกวิธีป้องกันที่เหมาะสมที่สุด (ซึ่งอาจจะครอบคลุมทั้งมาตรการป้องกันและควบคุมน้ำท่วมทั้งใช้และไม่ใช้สิ่งก่อสร้าง เป็นต้น)
- เพื่อให้มาตรการป้องกันที่เสนอและความเสี่ยงที่เหลืออยู่หลังจากระบบป้องกันได้ดำเนินการเสร็จสิ้นได้รับการยอมรับทางการเมืองและสังคม

- เพื่อให้บริษัทประกันภัยสามารถประเมินต้นทุนของความเสียหายต่าง ๆ ได้ดีขึ้น เพื่อที่จะเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของแหล่งเงินทุนสำหรับใช้ในงานระบบป้องกันและการบรรเทาผลกระทบที่มุ่งหวังที่จะสร้างการรับรู้ของสาธารณชนทั่วไป และสถาบันต่าง ๆ ถึงความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นได้

ขอยกตัวอย่างบางตัวอย่างเพื่อแสดงให้เห็นชัดเจนขึ้น

ด้านเศรษฐกิจ (Economics)

หนึ่งในหลายวิธีที่ใช้กันอยู่ในการประเมินค่าทางเศรษฐกิจของแผนควบคุมน้ำท่วมคือ การเปรียบเทียบค่าความเสียหายคาดการณ์ (Expectation Value of Damages) ที่เกิดขึ้นจากน้ำท่วมในสถานการณ์ที่ไม่มีโครงการ (Without the Project) กับสถานการณ์ที่มีโครงการ (With the Project) ความแตกต่างของความเสียหายที่ได้คือ “ความเสียหายที่หลีกเลี่ยงได้ (Avoided Damages)” หรือผลประโยชน์ (Benefit) ของแผนควบคุมน้ำท่วม (ดูกล่องข้อความ 3-2 และกล่องข้อความ 3-3)

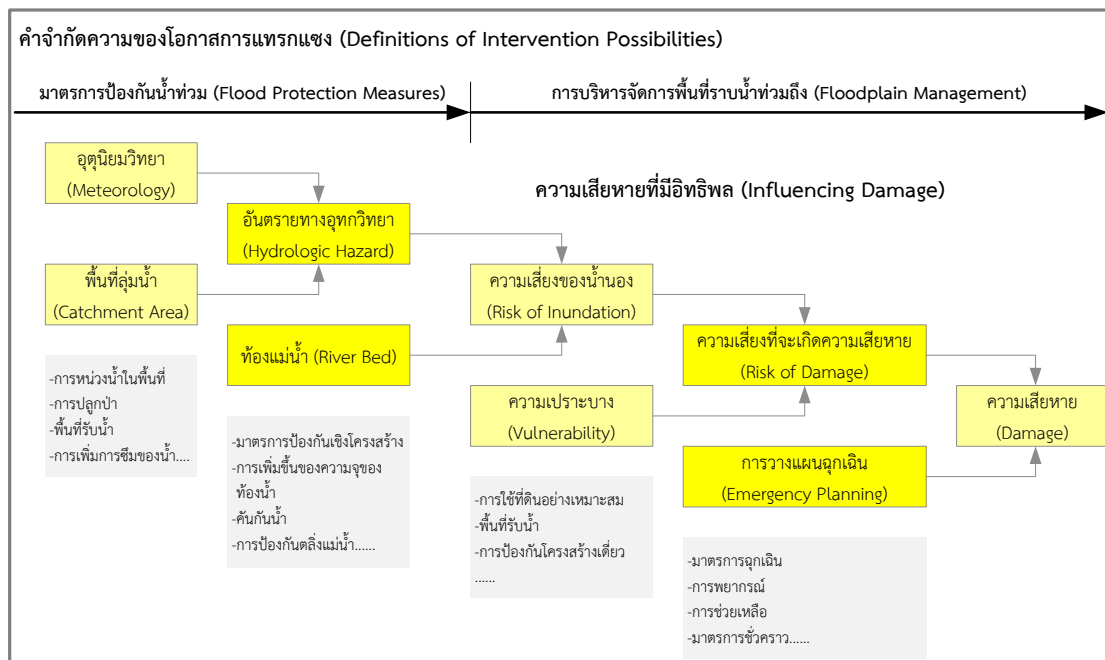
ด้านการประกันภัย (Insurance)

ในการนำเสนอของ Parker (Parker, 2001) ในฐานะผู้แทนสมาคมผู้ประกันภัยของอังกฤษ (Association of British Insurers, ABI) ได้กล่าวไว้ว่า

- การให้ความคุ้มครองน้ำท่วม (Flood Cover) ในประเทศอังกฤษเป็นการประกันภัยต่อ (Reinsurance) ตามกลไกตลาด (Market-Based) ซึ่งราคาตลาดของการประกันภัยขึ้นอยู่กับความเสี่ยงของแต่ละภัย
- การให้ความคุ้มครองน้ำท่วม (Flood Cover) ในประเทศฝรั่งเศสเป็นการประกันภัยโดยมีรัฐเป็นผู้ค้ำประกัน (State Guaranteed Reinsurance) ในขณะที่ราคากับความเสี่ยงมีความสัมพันธ์กันค่อนข้างน้อย แต่มีการเตรียมการเพื่อนำไปเป็นค่ารับผิดชอบแรก (Deductibles) ในพื้นที่ที่รัฐบาลท้องถิ่นมี “แผนป้องกันความเสี่ยง (Risk Prevention Plan)” ในพื้นที่นั้น
- หนึ่งในวัตถุประสงค์ต่าง ๆ ของการวิจัยน้ำท่วมควรจะเป็นการระบุระดับของความเสี่ยง (Risk) และโอกาสที่จะถูกน้ำท่วม (Exposure) และเพื่อช่วยให้ผู้ให้ประกันภัยสามารถให้ความคุ้มครองได้
- ผู้ให้ประกันภัยต้องการที่จะเห็นแนวทางการควบคุมการวางแผนที่เป็นที่พอใจเพื่อสร้างความมั่นใจถึงข้อสันนิษฐานที่จะคัดค้านการพัฒนาใหม่ในพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง นอกเสียจากจะมีแนวทางป้องกันในพื้นที่ที่มีความเหมาะสมและยั่งยืน (เพื่อสร้างความมั่นใจถึงการควบคุมโอกาสที่จะถูกน้ำท่วมอีกในอนาคต)

ด้านความเปราะบาง (Vulnerability)

ความเสียหายไม่ได้ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝนโดยตรง แต่ยังมีสภาพเงื่อนไขต่าง ๆ ที่ต้องเกิดก่อนที่ความเสียหายจะเกิดขึ้น (ตามที่แสดงในรูปที่ 3-1)



รูปที่ 3-1 ที่มาและการพัฒนาเป็นความเสียหาย (ที่มา : Petraschek, 2001)

3.1.4 ข้อจำกัดของเนื้อหาในบทนี้ (Limitations of this Chapter)

เนื้อหาในบทนี้ถูกจัดเตรียมบนพื้นฐานของข้อมูลจากประเทศต่าง ๆ ที่มีจำนวนจำกัด ด้วยเหตุนี้ มันจึงสะท้อนถึงสถานการณ์เฉพาะ วิธีการและประสบการณ์ของประเทศเหล่านั้นที่ใช้ในการแก้ปัญหา น้ำท่วม ประเภทและลักษณะของน้ำท่วม วิธีการประเมินและระดับของการประเมิน ในเหตุการณ์ส่วนใหญ่ไม่มีความพยายามที่จะแปลงตัวเลขทางการเงินจากสกุลเงินใด ๆ ไปเป็นเหรียญสหรัฐ เนื่องจากโดยทั่วไป ตัวเลขเหล่านั้นมีความสำคัญเฉพาะในพื้นที่นั้น ๆ เท่านั้น และมูลค่าของมัน (ที่สัมพันธ์กับตัวเลขอื่น ๆ ใน หัวข้อหรือตารางเดียวกัน) ก็สามารถประเมินค่าได้อยู่แล้ว

3.2 ขนาดและลักษณะของความเสียหายจากน้ำท่วม (Extent and Nature of Flood Damages)

3.2.1 ทั่วไป (General)

น้ำท่วมอาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดความเสียหายในหลากหลายรูปแบบ ตามที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น สามารถจัดแบ่งเป็นความเสียหายทางตรง (Direct Damages) และความเสียหายทางอ้อม (Indirect Damages)

ประเภทของความเสียหายทางตรง ประกอบด้วย

- ความเสียหายทางวัตถุโดยตรงไม่ว่าจะเป็นที่พักอาศัยและทรัพย์สินส่วนบุคคล
- ความเสียหายทางตรงที่เกิดขึ้นกับอาคารสาธารณะ การบริการและโครงสร้างพื้นฐาน
- ความเสียหายทางตรงที่เกิดขึ้นกับธุรกิจเชิงพาณิชย์และการค้า

- ความเสียหายที่เกิดขึ้นกับภาคเกษตรกรรม

ประเภทของความเสียหายทางอ้อมมีรูปแบบหลากหลายกว่าและในแง่จำเป็นต้องพิจารณาประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

- ความเสียหายทางเศรษฐกิจ (เช่น เนื่องจากการลดลงของจำนวนชั่วโมงทำงาน ต้นทุนของมาตรการด้านสุขภาพ ฯลฯ)
- การสูญเสียชีวิตของมนุษย์
- ผลกระทบทางกายภาพและจิตใจ

นอกเหนือจากจะแบ่งเป็นความเสียหายทางตรง (Direct Damage) และความเสียหายทางอ้อม (Indirect Damage) แล้ว ยังสามารถพิจารณาแบ่งเป็นกลุ่มใหญ่คือเป็นความเสียหายในพื้นที่เมือง (Urban Damage) และความเสียหายในพื้นที่ชนบท (Rural Damage) ได้อีกด้วย ท้ายที่สุดในบางประเทศ (เช่น ในประเทศเนเธอร์แลนด์) มีการแยกความแตกต่างที่สำคัญก็คือ ระหว่างความเสียหายกับผู้ประสบภัย ในประเด็นนี้ ผู้ประสบภัยสามารถเป็นได้ทั้งผู้ได้รับผลกระทบ (Affected Persons) (ผู้คนที่มีความเสี่ยง) ผู้ที่ได้รับบาดเจ็บ/จมน้ำ วัวควายที่ได้รับผลกระทบ (วัวควายและสัตว์เลี้ยงที่มีความเสี่ยง) และวัวควายที่ตายและได้รับบาดเจ็บ ในประเทศเนเธอร์แลนด์ ค่าจำกัดความของความเสียหายทางอ้อมมีความหมายกว้างกว่าในประเทศอื่น ๆ (ดูตารางที่ 3-4) การกระจายความเสียหายในภาคส่วนต่าง ๆ ของสังคม และเศรษฐกิจมากหรือน้อยนั้น ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของประชากรในพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม การใช้ที่ดินและระดับของการพัฒนา (ทางเศรษฐกิจ) ในตารางที่ 3-1 ให้ข้อมูลการกระจายตัวของความเสียหายซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของความเสียหายทั้งหมดที่เกิดจากน้ำท่วมที่เกิดขึ้นในพื้นที่ระบุ จริง ๆ แล้วเราสามารถสังเกตถึงความแตกต่างที่เห็นได้ชัดระหว่างประเทศอาร์เจนตินา ปารากวัย และเนเธอร์แลนด์ในด้านหนึ่ง และประเทศสหรัฐอเมริกา และโมร็อกโก ในอีกด้านหนึ่งในเรื่องขนาดของความเสียหายทางการเกษตรที่เกี่ยวข้อง

ตารางที่ 3-1 การกระจายความเสียหายคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของความเสียหายทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากน้ำท่วมใด ๆ (หรือจากน้ำท่วมเฉลี่ย)

ภาคส่วน	อาร์เจนตินา พื้นที่ย่อย 7 (น้ำท่วมเฉลี่ย)	ปารากวัย พื้นที่ย่อย 4 (น้ำท่วมเฉลี่ย)	โมร็อกโก ที่ราบ Rharb (น้ำท่วมเฉลี่ย)	สหรัฐอเมริกา Missouri- Mississippi 1993	เนเธอร์แลนด์ Meuse 1993
ทรัพย์สินส่วนตัวและ ทรัพย์สินสาธารณะ	56	32	7		58
โครงสร้างพื้นฐาน/ บริการต่าง ๆ	18	23	11		
อุตสาหกรรมและพาณิชยกรรม	7	20	14	38	33
ค่าใช้จ่ายในการอพยพ	14	22	–		–
เกษตรกรรมและปศุสัตว์	5	3	68	62	9
ทั้งหมด	100	100	100	100	100

ในประเทศแอฟริกาใต้ เหตุการณ์น้ำท่วมใหญ่มาก 17 เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในพื้นที่ต่าง ๆ ซึ่งมีค่าน้ำท่วมสูงสุดที่รอบการเกิดซ้ำสูงกว่า 50 ปี ได้ถูกบันทึกไว้ระหว่างปี ค.ศ. 1950 และปี ค.ศ. 2000 ค่าความเสียหายทั้งหมดถูกรายงานว่ามากกว่า 6 พันล้านแรนด์

Peteascheck (2001) ได้แย้งว่า ลักษณะของความเสียหายเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพสังคม และแสดงให้เห็นด้วยการกระจายความเสียหายทั้งหมดจากเหตุการณ์น้ำท่วมในประเทศสวิตเซอร์แลนด์ในปี ค.ศ. 1868 และปี ค.ศ. 1987 ตามลำดับ (ตารางที่ 3-2)

ตารางที่ 3-2 ลักษณะของความเสียหายที่เปลี่ยนแปลงไปตามสังคม

ภาคส่วน	ปี ค.ศ. 1868 (%)	ปี ค.ศ. 1987 (%)
การแปรสภาพลำน้ำ	17.0	22.9
ถนนและสะพาน	8.2	32.7
เกษตรกรรม (ที่ดินและพืชผล)	56.5	8.8
อาคารและสิ่งของต่าง ๆ	18.3	21.7
สิ่งอำนวยความสะดวก	–	13.8

ความเสียหายทั้งหมดในปี ค.ศ. 1868 เท่ากับ 14 ล้าน CHF เมื่อเปรียบเทียบกับ 1,200 ล้าน CHF ในปี ค.ศ. 1987 อย่างไรก็ตาม ความเสียหายในปี ค.ศ. 1968 สอดคล้องกับรายได้ประชาชาติ 4-6 วัน ในขณะที่ในปี ค.ศ. 1987 มีค่าเท่ากับ 2.2 วันเท่านั้น เห็นได้ชัดว่าประชาชนได้รับความเสียหายในปี ค.ศ. 1968 รุนแรงกว่าในปี ค.ศ. 1987

Brook (2001) รายงานเอาไว้ว่า 10 เปอร์เซ็นต์ของประชากรในประเทศสหราชอาณาจักรอาศัยอยู่ในพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมที่มีการลงทุนในทรัพย์สินกว่า 350 พันล้านเหรียญสหรัฐ ในปี ค.ศ. 2000 (ฤดูใบไม้ร่วง) ทรัพย์สินประมาณ 1,000 แห่งถูกน้ำท่วม ในขณะที่การสูญเสียที่ได้รับการประกันภัยมีมูลค่าสูงกว่า 500 ล้านเหรียญสหรัฐ (โดยเฉลี่ยคิดเป็น 50,000 เหรียญสหรัฐต่อทรัพย์สินหนึ่งแห่ง)

ในประเทศออสเตรเลีย มูลค่าเฉลี่ยรายปีของความเสียหายจากการเกิดน้ำท่วมถูกประมาณการไว้โดย Department of Primary Industry and Energy ในปี ค.ศ. 1992 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 350 ล้านเหรียญต่อปี (ประมาณ 500 เหรียญสหรัฐ) และคิดเป็น 25 เปอร์เซ็นต์ของความสูญเสียที่เกิดจากภัยพิบัติทางธรรมชาติทั้งหมด และอยู่ในลำดับสองรองจากพายุไซโคลนซึ่งเป็นภัยพิบัติตามธรรมชาติที่มีมูลค่าความเสียหายสูงสุด ตัวเลขประมาณการนี้เชื่อว่าย่ำต่ำกว่าค่าความเสียหายที่แท้จริง โดยเฉพาะอย่างยิ่งความเสียหายในพื้นที่ชนบท และความเสียหายจากพายุฝนในพื้นที่เมือง ได้มีความพยายามหลาย ๆ อย่างที่จะเก็บรวบรวมข้อมูลความเสียหายที่เกิดขึ้นจากน้ำท่วมแต่ละครั้ง แต่วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลยังไม่เป็นระบบมากพอที่จะได้ตัวเลขในระดับชาติที่มีความต่อเนื่องและมีความน่าเชื่อถือ

ความเสียหายในชนบทมีค่าสูงกว่าความเสียหายในพื้นที่เมืองมาก (ตารางที่ 3-3)

ตารางที่ 3-3 ความสูญเสียประมาณการในเหตุการณ์น้ำท่วมในรัฐวิกตอเรีย (Victorian Flood) ในช่วงฤดูใบไม้ผลิในปี ค.ศ. 1993 (ที่มา : DNRE Vic, 1995)

ส่วนประกอบ	ความเสียหาย (A ล้านเหรียญ)
เมือง	55
กิจการต่าง ๆ ในชนบท	220
โครงสร้างพื้นฐานในชนบท	45
ทั้งหมด	320

3.2.2 ประเภทและลักษณะความเสียหายต่าง ๆ (Type and Nature of Damages)

การจัดกลุ่มความเสียหายที่นิยมทำกันส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับรายละเอียดในพื้นที่ที่พิจารณา (การใช้ที่ดิน ลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคม) และขนาดของความเสียหายในแต่ละกลุ่ม รวมทั้งลักษณะพิเศษอื่น ๆ ตารางที่ 3-4 แสดงภาพรวมของประเภทและลักษณะของความเสียหายจากน้ำท่วม ซึ่งแต่ละประเทศจะมีรูปแบบการพัฒนการจัดกลุ่มความเสียหายของตนเองเฉพาะ และในตารางที่ 3-4 ก็ไม่อาจถือได้ว่าเป็นรูปแบบสุดท้าย แต่เป็นแค่เพียงแนวโน้มความเสียหายโดยทั่วไป

3.2.3 การประเมินความเสียหาย (Damage Assessment)

นอกเหนือจากการสร้างความสัมพันธ์โดยตรงระหว่างน้ำท่วม (การเกิดน้ำท่วม) และความเสียหายที่เกิดขึ้นแล้ว ยังจำเป็นที่จะต้องประเมินความเสียหายในรูปของตัวเงินให้ดีขึ้นด้วย เหตุผลต่าง ๆ ได้กล่าวไว้อย่างละเอียดในหัวข้อ 3.1.3 เนื่องจากมันเป็นพื้นฐานที่สำคัญของฟังก์ชันความเสียหาย (Damage Function) (หัวข้อ 3.3) ในการประเมินความเสียหายควรนำประเด็นต่อไปนี้มาพิจารณา : อัตราการจ้างงานในประเทศ การประเมินนั้นดำเนินการจากมุมมองระดับท้องถิ่นหรือระดับชาติ การไม่นับหรือการนับซ้ำผลกระทบที่เกิดขึ้น ความเหมาะสมของหน่วยทางการเงิน (Monetary Unit) เพื่อวัดผลกระทบ

การประเมินความเสียหายสามารถทำได้หลากหลายวิธี ดังนี้

- ด้วยการสำรวจหลังเหตุการณ์น้ำท่วมใด ๆ เพื่อประมาณการมูลค่าความเสียหายที่เกิดขึ้นจริง โดยผู้ประมาณการที่มีประสบการณ์ (Experienced Estimator) และโดยบุคคลและหน่วยงานที่ได้รับผลกระทบจากการเกิดน้ำท่วม (ความเสียหายต่าง ๆ จะถูกรายงานไปยังรัฐบาล ชุมชน หรือไปยังบริษัทประกันภัย)
- ด้วยการคำนวณตามหลักเศรษฐศาสตร์ (Economic Calculation) โดยอาศัยข้อมูลการใช้ที่ดิน และปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับลักษณะของทรัพย์สินที่ได้รับความเสียหาย
- ด้วยการผสมผสานกันระหว่างการสำรวจความเสียหายหลังเกิดเหตุการณ์น้ำท่วมในทางหนึ่ง และการวิจัยและพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์ความเสียหายจากน้ำท่วมในอีกทางหนึ่ง

ตารางที่ 3-4 ประเภทและลักษณะความเสียหายจากน้ำท่วม

การแบ่งหัวข้อหลัก (Main Distinction)	การแบ่งหัวข้อย่อย (Sub-Distinction)	ลักษณะของความเสียหาย (Nature of Damage)	หมายเหตุ
ความเสียหายทางตรง (Direct Damages)	ที่พักอาศัยและทรัพย์สินส่วนบุคคลที่เกี่ยวข้อง	- ความเสียหายเชิงโครงสร้างต่ออาคารต่าง ๆ - ความเสียหายต่อสิ่งของในอาคาร - การทำความสะอาดภายใน	
	อาคารสาธารณะและสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ	อาคารต่าง ๆ : อาคาร อำนวยการ โรงพยาบาล โรงเรียน ที่พักนักศึกษา ศูนย์ ชุมชน สาธารณูปโภคต่าง ๆ : ถนน ทางรถไฟ การสื่อสาร โทรคมนาคม ไฟฟ้า ก๊าซ น้ำประปา ระบบน้ำทิ้ง ระบบ ระบายน้ำฝน ฯลฯ	
	ธุรกิจเชิงพาณิชย์และอุตสาหกรรม	- ความเสียหายเชิงโครงสร้างต่อร้านค้า อาคารคลังสินค้า - การสูญเสียอุปกรณ์เครื่องใช้ การขนส่ง ความเสียหายที่มีต่อโรงงาน คลังสินค้าและอุปกรณ์ - การทำความสะอาดภายใน	
	เกษตรกรรมและปศุสัตว์	- การสูญเสียผลผลิตจากการเก็บเกี่ยว - การลดลงของคุณภาพผลผลิตพืช - ความล่าช้าในการเพาะปลูก - การกำจัดตะกอนและงานที่เกี่ยวข้องกับการปรับระดับ - การปนสารเคมีให้กับพืชเพิ่มเติม การใส่ปุ๋ย - การสูญเสียปศุสัตว์และผลผลิต	การสูญเสียในภาคเกษตรกรรมยังคงปรากฏให้เห็นเป็นเวลาหลายปี (เช่น การสูญเสียไม้ผลที่เจริญเติบโตเต็มที่ เป็นต้น)
ความเสียหายทางอ้อม (Indirect Damages)	ความเสียหายต่อเศรษฐกิจ	การขาดรายได้จากค่าจ้างผลผลิต รายได้จากธุรกิจ	ในประเทศเนเธอร์แลนด์ความเสียหายทางอ้อมยังมีการแบ่งแยกต่อออกไปอีกเป็นความเสียหายที่เกิดขึ้นในพื้นที่เสี่ยง
	ผลกระทบทางกายภาพและจิตใจ	การเสียสุขภาพที่เกิดจากน้ำท่วม : ความเครียด โรคระบาด และค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องในการฟื้นฟูสุขภาพที่สัมพันธ์กัน	

การแบ่งหัวข้อหลัก (Main Distinction)	การแบ่งหัวข้อย่อย (Sub-Distinction)	ลักษณะของความเสียหาย (Nature of Damage)	หมายเหตุ
	ต้นทุนเสียโอกาส (Opportunity Cost)	ระดับการให้บริการที่ลดลง (โรงเรียนปิด การสื่อสาร ขัดข้อง)	ภัยน้ำท่วมและนอก พื้นที่ (มีการรบกวนต่อ กระบวนการ การผลิตทาง อุตสาหกรรม)
	การสูญเสียชีวิตมนุษย์		
	มาตรการฉุกเฉิน (Emergency Measures)	- ค่าใช้จ่ายในการอพยพ - ต้นทุนของการปฏิบัติการ บรรเทาและช่วยเหลือ - การสู้ภัยน้ำท่วม (Flood Fighting)	

ความเสียหายสามารถประเมินในรูปของ “มูลค่ากลาง (Declared Value)” ของความเสียหาย (ดูรายละเอียดที่กล่าวมาข้างต้น) ของรายการใด ๆ แต่ยังสามารถคำนวณโดยใช้ “มูลค่าประกัน (Insured Value)” หรือคำนวณโดยคิดจากเปอร์เซ็นต์ของมูลค่าเริ่มต้น (Initial Value) (หรือมูลค่าทดแทน (Replacement Value)) ตามอายุ การชำรุดสึกหรอ และปัจจัยความเสียหายอื่น ๆ วิธีหลังนี้ประยุกต์ใช้กับบ้านเรือน เฟอร์นิเจอร์ หรือพืช และอาจใช้เป็นพารามิเตอร์การเกิดน้ำท่วมได้ด้วย ในหลายประเทศได้มีการมีความพยายามที่จะสร้างฐานข้อมูลความเสียหายน้ำท่วม (Flood Damage Database) ในภาคผนวก A เป็น หลักการต่าง ๆ และที่มาของฐานข้อมูลซึ่งได้มาจากข้อมูลประเทศแคนาดา ออสเตรเลีย ญี่ปุ่น เนเธอร์แลนด์ และลุ่มแม่น้ำโขง

3.3 เส้นโค้งความเสียหาย (Damage Curves)

ด้วยเหตุที่การประเมินความเสียหายที่เกิดจากน้ำท่วมใด ๆ อาจไม่เพียงพอ จึงมักมีการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของการเกิดน้ำท่วม (Magnitude of Flooding) และขนาดของความเสียหาย (Extent of Damage) ที่เกิดขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างความสัมพันธ์ระหว่างความเสียหาย-น้ำท่วม (Damage-Flooding Relationship) ที่นิยมเรียกว่า เส้นโค้งความเสียหาย (Damage Curves) เส้นโค้งนี้สามารถประยุกต์ใช้ได้ในพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมใด ๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับสถานการณ์ทางเศรษฐกิจและสังคมในพื้นที่นั้นในระหว่างที่เกิดเหตุการณ์น้ำท่วม อาจสร้างเส้นโค้งความเสียหายแยกตามประเภทความเสียหายที่เลือกบางประเภท หรือสร้างเป็นเส้นโค้งความเสียหายรวม (Global Curve) ที่แสดงถึงความเสียหายทั้งหมด (หรือในบางครั้งแม้แต่การสูญเสียชีวิต ดูกล่องข้อความ 3-4) ก็ได้ สำหรับเส้นโค้งความเสียหายนี้ เหตุการณ์น้ำท่วมจะแทนด้วยพารามิเตอร์ (การเกิด) น้ำท่วม (ยังเรียกในกรณีนี้อีกอย่างว่า “พารามิเตอร์ความเสียหาย (Damage Parameter)” ในบทที่ 2 ได้นำเสนอพารามิเตอร์น้ำท่วมหลายพารามิเตอร์ อย่างไรก็ตาม พารามิเตอร์บางตัวเท่านั้นที่สามารถประยุกต์ใช้ในการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างความเสียหาย-น้ำท่วม (Damage-Flooding Relationship) ได้

พารามิเตอร์ความเสียหายที่นิยมใช้คือ “ความลึกของน้ำท่วม (Depth of Flooding)” ซึ่งในที่นี้เป็นค่าความลึก (สูงสุด) ของน้ำท่วมที่จุดใดจุดหนึ่งในพื้นที่น้ำท่วม ซึ่งความลึกนี้ถือเป็นความลึกวิกฤตของการเกิดน้ำท่วมในพื้นที่นั้นระหว่างช่วงที่เกิดน้ำท่วม เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่า พารามิเตอร์น้ำท่วม

(พารามิเตอร์การเกิดน้ำท่วม) อื่น ๆ สามารถนำมาใช้ได้เช่นกัน ในกล่องข้อความ 3-1 เป็นการประยุกต์ใช้พารามิเตอร์ความเสียหายในประเทศโมร็อกโก เนเธอร์แลนด์ และออสเตรเลีย ที่ได้อธิบายไว้อย่างสั้น ๆ

สำหรับในคู่มือฉบับนี้ได้กล่าวถึงงานวิจัยที่ทำการศึกษาในประเทศแอฟริกาใต้เกี่ยวกับความเสียหายจากน้ำท่วมในพื้นที่ชลประทานและพื้นที่เมือง สำหรับในพื้นที่ชลประทานได้มีการพัฒนาฟังก์ชันการสูญเสีย (Loss Function) ในพื้นที่ที่มีการใช้ที่ดินรูปแบบต่าง ๆ ดังนี้

- พืชหมุนเวียน (Rotational Crops) : กระหล่ำ ข้าวสาลี ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
- ไร่่อุ่น : พันธุ์ต่าง ๆ
- ไร่่อย

ถ้าเป็นไปได้จะมีการแยกประเภทความเสียหายที่เกิดขึ้นกับพืช การเก็บเกี่ยว และดิน ในกรณีของพื้นที่เมือง ฟังก์ชันการสูญเสียได้ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับใช้ในภาคที่พักอาศัย (ทั้งที่พักอาศัยถาวรและที่พักอาศัยนอกระบบ) ภาคการค้า และภาคอุตสาหกรรม และยังได้พัฒนาฟังก์ชันการสูญเสียโดยแยกเป็นความเสียหายทางโครงสร้าง (Structural Damage) และความเสียหายของสิ่งของภายในอาคาร (Damage to Contents of Building) นอกจากนี้ ยังมีความพยายามที่จะพัฒนาฟังก์ชันการสูญเสียมาตรฐาน (Standardized Loss Function) สำหรับใช้ในพื้นที่เมือง

กล่องข้อความ 3-1

การประยุกต์ใช้พารามิเตอร์ความเสียหายในประเทศต่าง ๆ

(Application of Damage Parameter in Various Countries)

ประเทศโมร็อกโก (Morocco)

ในพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง Rharb ในประเทศโมร็อกโก พบว่า ปริมาณของ “การไหลล้นตลิ่ง (Bank Overspill)” เข้าไปท่วมในพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมเป็นพารามิเตอร์รวม (Overall Parameter) ซึ่งถูกพิจารณาให้เป็นตัวแทนของพารามิเตอร์ความเสียหายที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ ไม่ว่าจะเป็น ความลึกของการเกิดน้ำท่วม (ที่พักอาศัย พืช) ระยะเวลาของการเกิดน้ำท่วม (พืชเป็นส่วนใหญ่) ความเร็วกระแสน้ำ (โครงสร้างพื้นฐาน ไร่่อย) การสะสมตัวของตะกอน (สวนส้ม) (NEDECO, 1975)

จากการคำนวณด้วยแบบจำลอง¹ ของน้ำท่วมในอดีตจำนวน 4 เหตุการณ์ที่มีขนาดแตกต่างกันทำให้สามารถหาระยะเวลาของการเกิดน้ำท่วม (Duration of Flooding) ในหน่วยพื้นที่ที่มีรูปแบบการใช้ที่ดิน รูปแบบการปลูกพืช และสภาพทางภูมิประเทศในรูปแบบหนึ่งได้ ในขณะที่ด้วยการคำนวณบนพื้นฐานของ “ระยะเวลาของการเกิดน้ำท่วม (Duration of Flooding)” รวมทั้งอาศัยข้อมูลจากการสำรวจภาคสนามของเหตุการณ์น้ำท่วมในอดีตจะสามารถกำหนดความเสียหายทางการเกษตรและความเสียหายอื่น ๆ ในแต่ละหน่วยพื้นที่ ครอบคลุมทั้งพื้นที่น้ำท่วมทั้งหมดของแต่ละเหตุการณ์น้ำท่วมทั้ง 4 เหตุการณ์ได้โดยอาศัยเส้นโค้งความเสียหาย (Damage Curves) ด้วยเหตุนี้ ค่าความสัมพันธ์ที่พบ

¹ การสร้างแบบจำลองในกรณีนี้ประกอบด้วยการจำลองการเกิดน้ำท่วมในพื้นที่ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ระหว่างพารามิเตอร์น้ำท่วมรวมในรูปของ “การไหลล้นตลิ่ง (Bank Overspill)” และ “ความเสียหายทั้งหมด (Overall Damage)” และความเสียหายแยกตามประเภทช่วยในการจัดทำเส้นโค้งความเสียหายได้

ประเทศเนเธอร์แลนด์ (The Netherlands)

ในประเทศเนเธอร์แลนด์ ฟังก์ชันความเสียหายทั้งหมดตั้งอยู่บนพื้นฐานของ “ความลึกของการเกิดน้ำท่วม (Depth of Flooding)” นอกจากนี้ พารามิเตอร์น้ำท่วมในรูปของ “คลื่น (ซึ่งเกิดจากคลื่นพายุลูกพัด)” และ “ความเร็วกระแสน้ำ (Current Velocity) (ระหว่าง 3–8 เมตรต่อวินาที) ถูกนำมาพิจารณาประเมินความเสียหายที่เกิดกับอาคารต่าง ๆ

สำหรับการคำนวณจำนวนผู้เสียชีวิตตามค่าระดับความลึกของการเกิดน้ำท่วม ความเร็วกระแสน้ำ อัตราการขึ้นลงของระดับน้ำ (ในหน่วยเมตรต่อชั่วโมง) และคลื่นนั้นถูกพิจารณารวมเอาไว้ในฟังก์ชันความเสียหาย

ประเทศออสเตรเลีย (Australia)

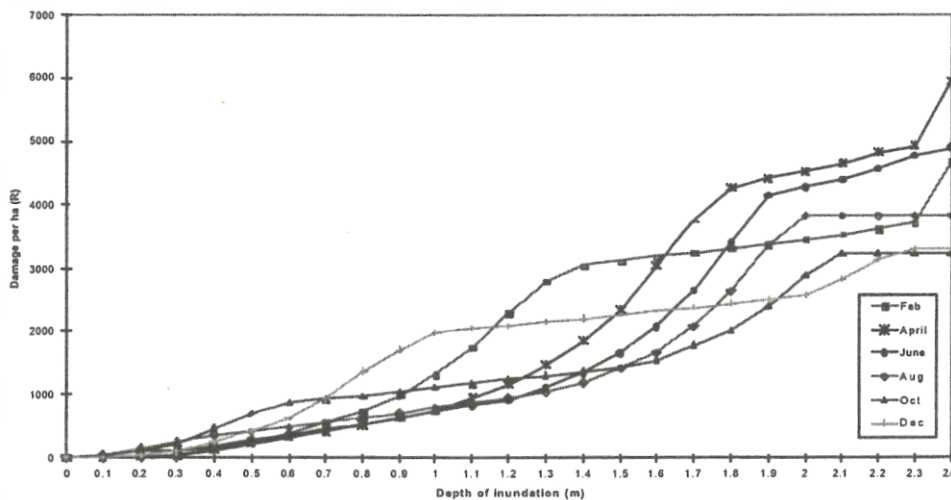
ในประเทศออสเตรเลียเป็นที่รู้กันดีว่าความเสียหายในพื้นที่เมืองขึ้นอยู่กับ “ความลึกของการเกิดน้ำท่วม (Depth of Flooding)” ในขณะที่ความเสียหายในพื้นที่ชนบทขึ้นอยู่กับ “ระยะเวลาและความลึกของการเกิดน้ำท่วม (Duration and Depth of Flooding)”

ระดับความลึกของน้ำนอง (Depth of Inundation) นับเป็นพารามิเตอร์หลักที่ใช้ในการอธิบายความแตกต่างของความเสียหาย อย่างไรก็ตาม มีหลายกรณีที่ได้นำข้อมูลช่วงเวลาที่เกิดความเสียหาย และ/หรือเวลาในสัปดาห์หรือปีที่น้ำท่วมเกิดขึ้นมาใช้ในฟังก์ชันการสูญเสีย รูปที่ 3-2 และรูปที่ 3-3 และตารางที่ 3-5 และตารางที่ 3-7 แสดงตัวอย่างของฟังก์ชันการสูญเสียที่ได้พัฒนาขึ้นมา

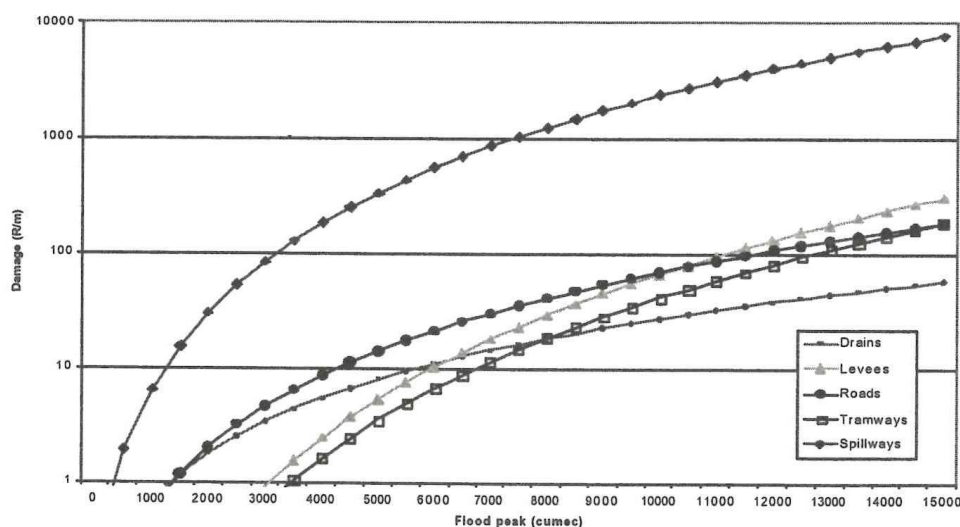
สำหรับกลุ่มของโครงสร้างพื้นฐานต่าง ๆ ได้นำอัตราการไหลสูงสุดของน้ำท่วม (Flood Peak) (ในหน่วยลูกบาศก์เมตรต่อวินาที) มาเป็นพารามิเตอร์ความเสียหาย (รูปที่ 3-3)

เส้นโค้งความเสียหายสามารถพัฒนาขึ้นมาหลังจากได้มีการสำรวจอย่างละเอียด มีการจัดทำแบบจำลอง และทำการวิจัย โดยทั่วไปเส้นโค้งความเสียหายนี้มักมีลักษณะเฉพาะตามพื้นที่ สามารถประยุกต์ใช้ได้กับพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมแห่งใดแห่งหนึ่ง กลุ่มน้ำเฉพาะแห่ง รัฐหนึ่ง หรือจังหวัดหนึ่ง หรือแม้แต่ประเทศเพียงประเทศหนึ่ง ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงการพัฒนาทางสังคมและเศรษฐกิจของพื้นที่ ระดับความเปราะบางต่อของความเสียหายจากน้ำท่วมโดยทั่วไป และระดับความเปราะบางในบางรายการเฉพาะ (ยกตัวอย่างเช่น พืช โครงสร้างพื้นฐาน และที่พักอาศัย) ที่อยู่ในพื้นที่นั้น ๆ อย่างไรก็ตาม ความน่าเชื่อถือของเส้นโค้งความเสียหายที่ได้ยังขึ้นอยู่กับคุณภาพและปริมาณของข้อมูลพื้นฐานที่มีอยู่ และคุณภาพของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องหรือการจัดทำแบบจำลอง ด้วยเหตุนี้ จึงจำเป็นต้องทราบบัญชีประสกร์ของงาน

- ในประเทศเนเธอร์แลนด์ “วิธีมาตรฐาน (Standard Method)” กำลังได้รับการพัฒนาเพื่อใช้เป็นข้อมูลนำเข้าสำหรับ (1) จัดลำดับความสำคัญของมาตรการป้องกันน้ำท่วม (2) ใช้ในการวิเคราะห์ผลประโยชน์-เงินลงทุน (Benefit–Cost Analysis) ของงานป้องกันน้ำท่วม และ (3) การวิเคราะห์ความเสี่ยง (Risk Analysis)
- ในประเทศออสเตรเลีย (รัฐวิกตอเรีย) ได้ประมาณการค่าความเสียหายรายปีเฉลี่ย (Average Annual Damages, AAD) จากเส้นโค้งความเสียหาย (Damage Curves) (ดูในส่วนล่าง) เพื่อความคงเส้นคงวาในการประเมินต้นทุนน้ำท่วมในปัจจุบัน และการหามาตรการการบริหารจัดการที่เป็นไปได้
- ในประเทศแอฟริกาใต้ การประเมินความเสียหายจากน้ำท่วม (Flood Damage Assessment) และฟังก์ชันการสูญเสีย (Loss Function) หรือเส้นโค้งระดับ-ความเสียหาย (Stage–Damage Curves) ถูกพัฒนาขึ้นโดยถือเป็นข้อมูลนำเข้าที่สำคัญในการก่อสร้างของโครงการควบคุมน้ำท่วม



รูปที่ 3-2 ฟังก์ชันการสูญเสีย (Loss Function) ที่กำหนดรูปแบบความเสียหายด้านผลผลิตการเก็บเกี่ยวในพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง Mfolozi ในปี ค.ศ. 1995



รูปที่ 3-3 เส้นโค้งระดับความเสียหาย (Stage-Damage Curves) (ค่าในปี ค.ศ. 1995) สำหรับโครงสร้างพื้นฐานประเภทต่าง ๆ ในพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง Mfolozi

ตารางที่ 3-5 ฟังก์ชันน้ำท่วม-ความเสียหาย (Flood-Damage Function) ในปี ค.ศ. 1996 ซึ่งพัฒนาขึ้นมาสำหรับที่พักอาศัยนอกระบบ (Informal Housing) ในพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง Sowetoon-Sea

ประเภท	ระดับความลึกของน้ำนอง (เมตร)										
	0	0.05	0.1	0.2	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1
ชั้น 1*	11	65	118	220	316	568	768	915	1,009	1,051	1,051
ชั้น 2 **	32	226	414	773	1,109	1,981	25,648	3,109	3,366	3,417	3,417
ชั้น 1*	146	323	494	822	1,129	1,931	2,552	2,991	3,249	3,327	3,327
ชั้น 2**	72	465	847	1,575	2,256	4,017	5,355	6,269	6,759	6,827	6,827

หมายเหตุ : ค่าได้จากผู้ตอบแบบสอบถามในเมือง Rand

**ค่าทดแทนใน Rand และชั้น 1 แสดงถึงที่พักอาศัยที่มีเพียงห้องเดียว และชั้น 2 แสดงถึงที่พักอาศัยที่มีมากกว่า 1 ห้อง

ตารางที่ 3-6 ฟังก์ชันความเสียหายจากน้ำท่วมต่อสิ่งของ (Content Flood Damage Function) ภายในที่พักอาศัยแบบมาตรฐานสำหรับการประยุกต์ใช้ทั่วไป

ประเภท	ความเสียหายในเมือง Rand ปี ค.ศ. 1996 ที่ระดับความลึกของน้ำนอง (เมตร)									
	0	0.05	0.1	0.3	0.6	0.9	1.5	1.8	2.1	
กลุ่ม 1	10,093	13,562	16,939	29,549	45,764	58,739	74,967	78,221	78,234	
กลุ่ม 2	4,783	8,212	11,554	24,050	40,179	53,169	69,734	73,309	73,746	
กลุ่ม 3	1,570	3,560	5,498	12,739	22,058	29,526	38,910	40,826	40,892	
กลุ่ม 4	187	1,775	3,324	9,150	16,768	23,041	31,554	33,793	34,688	
กลุ่ม 5	281	1,392	2,473	6,503	11,659	15,747	20,721	21,607	21,426	

หมายเหตุ : กลุ่มต่าง ๆ ในตารางที่ 3-6 อธิบายไว้ในตารางที่ 3-7

ตารางที่ 3-7 ประเภทของหน่วยที่พิกัดภัยตามฟังก์ชันความเสียหายน้ำท่วมแบบมาตรฐาน (Standard Flood Damage Function) ที่ได้จัดกลุ่ม

ประเภท	รายละเอียด
กลุ่ม 1	บ้านหรูขนาดใหญ่ (Big Luxurious Houses)
กลุ่ม 2	บ้านราคาแพงขนาดใหญ่ (Big-High Economic Class-Houses)
กลุ่ม 3	บ้านราคาแพงขนาดกลาง (Medium-High Economic Class-Houses)
กลุ่ม 4	บ้านราคาปานกลางขนาดกลาง/ใหญ่ (Medium/Big-Medium Economic Class-Houses)
กลุ่ม 5	บ้านราคาปานกลางขนาดเล็ก/กลาง (Small/Medium-Medium Economic Class-Houses)

3.4 ความเสียหายรายปีเฉลี่ยและการวิเคราะห์ผลประโยชน์-ต้นทุน (Average Annual Damage and Benefit-Cost Analysis)

3.4.1 ความเสียหายรายปีเฉลี่ย (Average Annual Damage)

ความเสียหายรายปีเฉลี่ย (Average Annual Damage, AAD) เป็นค่าความเสียหายรวมทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากน้ำท่วมทุกครั้งในช่วงระยะเวลาหารด้วยจำนวนปีของช่วงเวลา (โดยอนุมานว่า จำนวนประชากรและการพัฒนามีรูปแบบเดียวกันกับปัจจุบัน) ในรูปแบบของการนำเสนอแบบกราฟฟิก ความเสียหายรายปีเฉลี่ยจะเป็นค่าพื้นที่ในกราฟของความเสียหายทั้งหมดของน้ำท่วมที่พล็อตเทียบกับค่าความเสี่ยงแบบมากกว่า (Risk of Exceedance) ในกรณีดังกล่าว เรามักกล่าวถึง “ค่าคาดการณ์ความเสียหายทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Expectation Value of Damage)”² ในทางทฤษฎีแล้วจะรวมน้ำท่วมทุกประเภท รวมถึงระดับ PMF อย่างไรก็ดี ในทางปฏิบัติน้ำท่วมที่เกิดขึ้นบ่อยครั้งกว่า 1 ใน 20 ปี อาจจะไม่มีความสำคัญในการวิเคราะห์มากนัก

เมื่ออ่านค่าในกราฟจำเป็นต้องใช้ข้อมูลจาก 2 กราฟประกอบกัน

- เส้นโค้งโอกาสความน่าจะเป็นแบบมากกว่า (Exceedance Curve) ของพารามิเตอร์น้ำท่วม (การเกิดน้ำท่วม) ที่เลือกใช้ (ดูบทที่ 2 หัวข้อที่ 2.4)
- เส้นโค้งความเสียหาย (Damage Curve) ที่สร้างขึ้นจากพารามิเตอร์น้ำท่วม (การเกิดน้ำท่วม) เดียวกันที่เลือกใช้

ในกล่องข้อความ 3-2 ได้แสดงการคำนวณ AAD โดยใช้เส้นโค้งความน่าจะเป็นแบบมากกว่าที่ให้มาในรูปที่ 2-6 ในสถานการณ์ “ที่ไม่มีโครงการ (Without Project)” และ “มีโครงการ (With Project)” สถานการณ์หลังเกี่ยวข้องกับเส้นโค้งความน่าจะเป็นแบบมากกว่าที่มีการเพิ่มขึ้นของอัตราการไหลของน้ำสูงสุดถึง 3,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที เส้นโค้งความเสียหายถูกอ้างอิงจากค่าในคอลัมน์ที่ 2 ของตารางที่ 3-8 และแสดงไว้ในรูปที่ 3-4 การคำนวณในตารางที่ 3-8 ได้แสดงค่า AAD ในสถานการณ์ “ที่ไม่มีโครงการ (Without Project)” มีมูลค่าความเสียหาย 38.3 ล้านดอลลาร์สหรัฐ ในขณะที่สถานการณ์ “มีโครงการ (With Project)” AAD มีมูลค่าลดลงเหลือเพียง 20.7 ล้านดอลลาร์สหรัฐ ด้วยเหตุนี้ อาจกล่าวได้ว่า ความแตกต่างของตัวเลขทั้งสองแสดงให้เห็นถึงผลประโยชน์รายปีเฉลี่ย (Average Annual Benefit)

² โดยข้อเท็จจริงแล้ว ค่า AAD และค่าคาดการณ์ทางคณิตศาสตร์ถือเป็นค่าเดียวกัน ดูหัวข้อ 1.4 สำหรับคำจำกัดความ

(มีค่าเท่ากับความเสียหายที่สามารถหลีกเลี่ยงได้ (Avoided Damage)) อันเนื่องมาจากมีโครงการ การคำนวณดังกล่าวนี้สามารถทำซ้ำสำหรับโครงการควบคุมน้ำท่วมอื่น ๆ ที่มีลักษณะแตกต่างกัน หรือโครงการเดียวกันแต่มีรูปแบบหลากหลาย อย่างไรก็ตาม การคำนวณนี้จะมีเหตุผลได้ก็ต่อเมื่อได้ทำการวิเคราะห์ต้นทุนในการควบคุมน้ำท่วม (ค่าลงทุน การดำเนินงาน และการบำรุงรักษา) ที่เวลาเดียวกัน

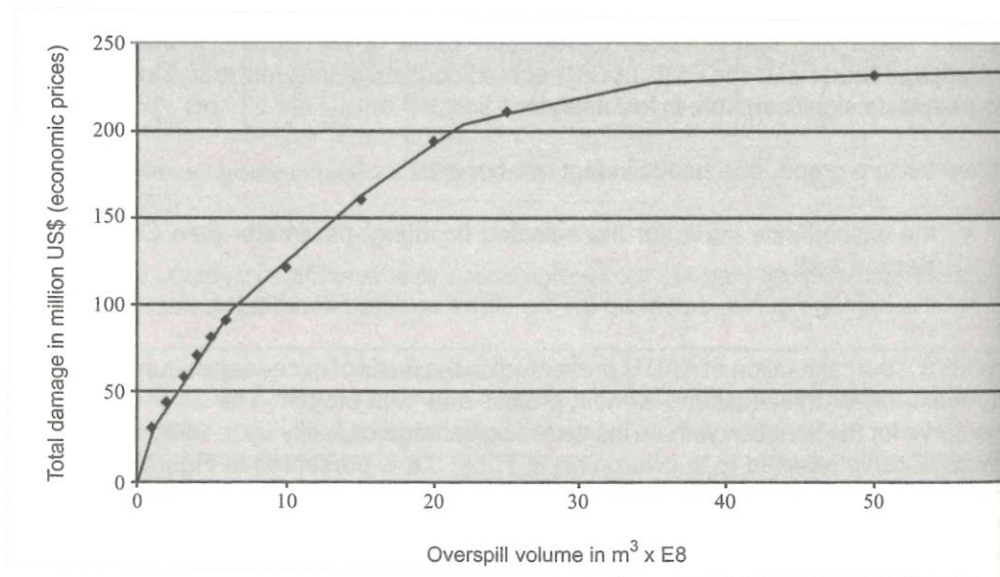
กล่องข้อความ 3-2

การคำนวณค่าผลตอบแทนรายปีเฉลี่ยของโครงการควบคุมน้ำท่วมโดยใช้เส้นโค้งโอกาสความน่าจะเป็นแบบมากกว่า (รูปที่ 2-6) และเส้นโค้งความเสียหาย (รูปที่ 3-4)

(Calculation of Average Annual Benefits of a Flood Control Project by Using Exceedance Curves (Fig.2-6) and a Damage Curve (Fig.3-4))

ช่วงค่าที่แสดงในคอลัมน์ (1) ของตารางที่ 3-8 เป็นค่าปริมาณของการไหลล้นตลิ่ง (Volume of Bank Overspill) ซึ่งกรณีนี้ได้เลือกใช้เป็นพารามิเตอร์ (ของการเกิด) น้ำท่วม (หรือพารามิเตอร์ความเสียหาย (Damage Parameter) โดยค่าเหล่านี้ได้มาจากรูปที่ 2-6 ที่ค่าพารามิเตอร์ความเสียหายเดียวกัน จะได้ค่าความเสียหาย (Damage Cost) แสดงในคอลัมน์ที่ 2 ค่าเหล่านี้ได้มาจากรูปที่ 3-4 เส้นโค้งโอกาสความน่าจะเป็นแบบมากกว่ามีความหมายว่า (ตัวอย่างเช่น) การเพิ่มขึ้นของปริมาณการไหลล้นตลิ่ง 300 ล้านลูกบาศก์เมตร ระหว่างค่า 200 และ 500 (คอลัมน์ 1) จะส่งผลต่อมูลค่าความเสียหายที่เพิ่มขึ้นจาก 46 ล้านเหรียญสหรัฐ เป็น 82 ล้านเหรียญสหรัฐ (ดูคอลัมน์ 2) ซึ่งเท่ากับ 36 ล้านเหรียญสหรัฐ (คอลัมน์ 3) โอกาสความน่าจะเป็นแบบมากกว่าของปริมาณการไหลล้นตลิ่งที่ 200 และ 500 ล้านลูกบาศก์เมตร มีค่าเท่ากับ 0.30 ต่อปี และ 0.15 ต่อปี ตามลำดับ (คอลัมน์ 4) โอกาสความน่าจะเป็นแบบมากกว่าของปริมาณการไหลล้นตลิ่งที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 300 ล้านลูกบาศก์เมตรมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.225 ต่อปี (คอลัมน์ 5)

การคำนวณส่วนที่เหลือในตารางที่ 3-8 ค่อนข้างตรงไปตรงมา โดยมีข้อสังเกตที่เห็นได้ชัดเจนว่าความเสียหายต่างๆ จากน้ำท่วมที่มีรอบการเกิดซ้ำมากกว่า 20 ปี คิดเป็นเพียง 3% ของความเสียหายรายปีเฉลี่ย (Average Annual Damage (AAD)) เท่านั้น



รูปที่ 3-4 เส้นโค้งความเสียหาย (Damage Curve) ของพารามิเตอร์น้ำท่วมที่พิจารณากับปริมาณการไหลล้น

3.4.2 การวิเคราะห์ผลประโยชน์-เงินลงทุน (Benefit-Cost Analysis)

เมื่อผลประโยชน์ที่นับมูลค่าได้ (Tangible Benefit) และเงินลงทุน (Cost) ได้ถูกประมาณการในลักษณะของข้อมูลรายปีตลอดอายุใช้งานของโครงการ (Economic Life)³ แล้ว ขั้นตอนการวิเคราะห์ผลประโยชน์-เงินลงทุน (Benefit-Cost Analysis) สามารถดำเนินการตามมาได้ ซึ่งสามารถอ้างอิงรายละเอียดอื่น ๆ ได้จากกล่องข้อความ 3-3 การคำนวณสามารถระบุอัตราส่วนลด (Discount Rate) ที่ค่าต่าง ๆ เพื่อใช้คำนวณหามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value, NPV) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (B/C Rate) และทำการประเมินหาอัตราผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ (Economic Internal Rate of Return, EIRR)

เมื่อทำการคำนวณหาผลประโยชน์ที่นับมูลค่าได้และเงินลงทุนของมาตรการบริหารจัดการพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง (Floodplain Management Measures) ควรตระหนักว่าไม่มีสูตรสำเร็จ (Cookbook) สำหรับดำเนินการ แต่จำเป็นต้องมีการประเมินสำหรับกลยุทธ์แต่ละด้านที่เป็นไปได้ รวมทั้งอาศัยการตัดสินใจทางวิศวกรรมที่ดี ซึ่งเรื่องนี้จะใช้ในเรื่อง เช่น นำไปใช้คาดการณ์ค่าการบำรุงรักษา อัตราการเจริญเติบโตคาดการณ์ของการลงทุนในพื้นที่ป้องกัน และคาดการณ์ความน่าเชื่อถือของฐานข้อมูลทางอุทกวิทยา

³ อายุใช้งานของโครงการ (Economic Life of Project) ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนลดที่นำมาใช้ในการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ (Economic Evaluation) กล่าวคือ อัตราส่วนลดยิ่งสูง อายุใช้งานโครงการจะยิ่งสั้น ในกล่องข้อความ 3-3 ได้แสดงค่าอัตราส่วนลดที่ 15% มูลค่าปัจจุบันของ AAD หลังจากอายุโครงการ 30 ปี มีเพียง 5% ของมูลค่าเริ่มต้น (คอลัมน์ 9 ในตารางที่ 3-9 อายุใช้งานของโครงการทางเทคนิคสามารถพิจารณาให้ยาวขึ้นได้)

ข้อสังเกตคือ “มาตรการ (Measures)” ในที่นี้ครอบคลุมถึงการแก้ไขปัญหาดังกล่าวทั้งที่ใช้สิ่งก่อสร้างและไม่ใช้สิ่งก่อสร้าง โดยทั่วไปแล้วมักพบว่า การแก้ปัญหาดังกล่าวด้วยแนวทางไม่ใช้สิ่งก่อสร้าง (การจัดเขตพื้นที่ที่เหมาะสม (Appropriate Zoning) การเตรียมการเตือนภัยน้ำท่วม (Flood Planning Arrangements) การเข้าซื้อกิจการในพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม (Acquisition of Flood Prone Properties) การเตรียมการอพยพ (Evacuation Arrangement) มีความน่าสนใจเชิงเศรษฐกิจมากกว่าการแก้ปัญหาดังกล่าวด้วยแนวทางใช้สิ่งก่อสร้าง สำหรับมาตรการที่ใช้สิ่งก่อสร้างที่เป็นมาตรการที่ใช้ทั่วไป ได้แก่ คันกั้นน้ำท่วม (Flood Embankment) และการปรับปรุงทางระบายน้ำท่วม (Waterway Improvements) สำหรับเขื่อนและอ่างเก็บน้ำ (Dam and Reservoir) จะมีความเหมาะสมทางเศรษฐกิจได้ต่อเมื่อเป็นการดำเนินงานในลักษณะหลายวัตถุประสงค์

กล่องข้อความ 3-3

การประเมินทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการป้องกันน้ำท่วมโดยใช้ผลตอบแทนที่คำนวณไว้ในตารางที่ 3-8 (ทุกค่าแสดงอยู่ในหน่วยเหรียญสหรัฐ “000” ยกเว้นอัตราส่วนผลตอบแทน/ต้นทุน (Economic Evaluation of a Flood Control Project (Using the Benefits Calculation in Table 3-8 (All Figures in US\$ “000, Except B/C Ratio)

ต้นทุนค่าก่อสร้าง (Cost Construction)			ผลตอบแทน (Benefits) = ความเสียหายที่สามารถ หลีกเลี่ยงได้ (Avoided Damage) จากการมีการ ก่อสร้างของโครงการ		ต้นทุนและผลตอบแทนส่วนลด (Discounted Costs and Benefits)					
ปีที่ n	ค่าลงทุน (Investment)	ค่าบำรุงรักษา (Maintenance)	มูลค่าความ เสียหายที่ สามารถ หลีกเลี่ยง ได้ต่อปี (Avoided Damage per annum)	มูลค่าความ เสียหายที่ สามารถ หลีกเลี่ยงได้ รวมทั้งค่า ลงทุน (Avoided Damage incl. Investment)	ต้นทุน	ผลตอบแทน	ต้นทุน	ผลตอบแทน	ต้นทุน	ผลตอบแทน
					ต้นทุนและผลตอบแทน ถูกปรับลดที่ 6% ต่อปี		ต้นทุนและผลตอบแทน ถูกปรับลดที่ 8% ต่อปี		ต้นทุนและผลตอบแทน ถูกปรับลดที่ 15% ต่อปี	
[1]	[2]	[3]	[4]	[5] = [4]x(1+p) ⁿ	col.2+3 (1+0.06) ⁿ	col.5 (1+0.06) ⁿ	col.2+3 (1+0.08) ⁿ	col.5 (1+0.08) ⁿ	col.5 (1+0.15) ⁿ	col.2+3 (1+0.15) ⁿ
0 (2,000)										
1	80,000		0	0	75,472	–	74,074	–	69,565	–
2	80,000		0	0	71,200	–	68,587	–	60,491	–
3	80,000		0	0	67,170	–	63,507	–	52,601	–
4		800	17,615	19,826	634	15,704	588	14,573	457	11,335
5		800	17,615	20,421	598	15,259	544	13,898	398	10,153
6		800	17,615	21,033	564	14,828	504	13,255	346	9,093
7		800	17,615	21,664	532	14,408	467	12,641	301	8,144
8		800	17,615	22,314	502	14,000	432	12,056	262	7,295
9		800	17,615	22,984	474	13,604	400	11,498	227	6,533
10		800	17,615	23,673	447	13,219	371	10,965	198	5,852
11		800	17,615	24,383	421	12,845	343	10,458	172	5,241
12		800	17,615	25,115	398	12,481	318	9,973	150	4,694
13		800	17,615	25,868	375	12,128	294	9,512	130	4,204
14		800	17,615	26,644	354	11,785	272	9,071	113	3,766
15		800	17,615	27,444	334	11,451	252	8,651	98	3,373
16		800	17,615	28,267	315	11,127	234	8,251	85	3,021
17		800	17,615	29,115						

18		800	17,615	29,988	297	10,812	216	7,869	74	2,706
19		800	17,615	30,888	280	10,506	200	7,505	65	2,433
20		800	17,615	31,815	264	10,209	185	7,157	56	2,170
21		800	17,615	32,769	249	9,920	172	6,826	49	1,944
22		800	17,615	33,752	235	9,639	159	6,510	43	1,741
23		800	17,615	34,765	222	9,366	147	6,208	37	1,559
24		800	17,615	35,808	209	9,101	136	5,921	32	1,397
25		800	17,615	36,882	198	8,844	126	5,647	28	1,251
26		800	17,615	37,988	186	8,593	117	5,385	24	1,120
27		800	17,615	39,128	176	8,350	108	5,136	21	1,003
28		800	17,615	40,302	166	8,114	100	4,898	18	899
29		800	17,615	41,511	157	7,884	93	4,672	16	805
30		800	17,615	42,756	148	7,661	86	4,455	14	721
31		800	17,615	44,039	139	7,444	80	4,249	12	646
32		800	17,615	45,360	131	7,234	74	4,052	11	578
					124	7,029	68	3,865	9	518
เมื่อ P เป็นอัตราการลงทุนในพื้นที่ที่ได้รับการป้องกันน้ำท่วมซึ่งประมาณการไว้ที่ 3% ต่อปี					222,970	313,547	213,254	235,155	186,104	104,185
มูลค่าเงินปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value)					90,577		21,901		81,918	
อัตราส่วนผลตอบแทน/ต้นทุน (Benefit/Cost Ratio)					1.41		1.10		0.56	

ตารางที่ 3-8 การคำนวณผลประโยชน์รายปี

ปริมาณการไหลล้นตลิ่งในหน่วยล้านลูกบาศก์เมตร (hm ³)	ความเสียหายที่สัมพันธ์กับปริมาณการไหลล้นตลิ่งในหน่วยล้านเหรียญสหรัฐ (คอลัมน์ 1)	การเพิ่มขึ้นของมูลค่าความเสียหายจากการเพิ่มปริมาณของการไหลล้นตลิ่ง (ล้านเหรียญสหรัฐ)	ความเสียหายหากไม่มีโครงการ (Damage Without Project)			ความเสียหายหากมีโครงการ (Damage With Project)		
			โอกาสความน่าจะเป็นแบบมากกว่าของปริมาณการไหลล้นตลิ่ง (คอลัมน์ 1)	ค่าเฉลี่ยของโอกาสความน่าจะเป็นแบบมากกว่าของการเพิ่มขึ้นของปริมาณการไหลล้นตลิ่ง	ความเสียหายที่สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของปริมาณการไหลล้นตลิ่งและโอกาสความน่าจะเป็นแบบมากกว่า	โอกาสความน่าจะเป็นแบบมากกว่าของปริมาณการไหลล้นตลิ่ง (คอลัมน์ 1)	ค่าเฉลี่ยของโอกาสความน่าจะเป็นแบบมากกว่าของการเพิ่มขึ้นของปริมาณการไหลล้นตลิ่ง	ความเสียหายที่สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของปริมาณการไหลล้นตลิ่งและโอกาสความน่าจะเป็นแบบมากกว่า
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]=[3]x[5]	[7]	[8]	[9]=[3]x[8]
10	3		0.95			0.48		
		3		0.855	2,565		0.465	1,395
20	6		0.76			0.45		
		14		0.68	9.52		0.40	5.6
50	20		0.60			0.35		
		12		0.53	6.36		0.30	3.6
100	32		0.46			0.25		
		14		0.38	5.32		0.21	2.94
200	46		0.30			0.17		
		36		0.225	8.1		0.12	4.32
500	82		0.15			0.07		
		41		0.10	4.1		0.045	1,845
1,000	123		0.05			0.02		
		71		0.03	2.13		0.0125	0.8875
2,000	194		0.01			0.005		
		36		0.0055	0.198		0.0025	0.09
5,000	230		0.001			0		
มูลค่าความเสียหายคาดการณ์ทางคณิตศาสตร์ต่อปี (ที่เหลืออยู่)						38,293	20,6775	
ผลตอบแทนของโครงการต่อปี (เช่น ความเสียหายที่สามารถหลีกเลี่ยงได้ เป็นต้น)						17,6155		

3.4.3 การหาผลรวมของผลประโยชน์ที่นับมูลค่าไม่ได้และเงินลงทุน (Incorporation of Intangible Benefits and Costs)⁴

ขั้นตอนที่สำคัญในการวิเคราะห์ คือ การประเมินผลประโยชน์ที่นับมูลค่าไม่ได้และเงินลงทุนของมาตรการบริหารจัดการพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง ประเภทของความเสียหายที่สำคัญในกลุ่มนี้ ได้แก่

- ผลกระทบต่อสุขภาพ ความปลอดภัย และผลกระทบส่วนตัว (Health, Safety and Personal Impacts)
- ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม (Environmental Impacts)

มีการแนะนำให้ใช้วิธีเชิงคุณภาพ (Qualitative Method) ในการพัฒนาดัชนี (ซึ่งถึงแม้ว่าจะเป็นลักษณะเชิงคุณภาพแต่ก็จะสิ้นสุดลงด้วยการให้คะแนนเชิงปริมาณ (Quantitative Score) ระหว่างค่า 1–10) ในการเปรียบเทียบผลกระทบที่นับมูลค่าไม่ได้ของแต่ละกลยุทธ์ที่ตรวจสอบ โดยทั่วไปแล้วจำนวนผู้เสียชีวิตจากเหตุการณ์น้ำท่วมมักจะไม่ถูกพิจารณาในรูปของตัวเงิน ซึ่งในมุมมองทางด้านจริยธรรมแล้ว แนวคิดที่กำหนดให้การสูญเสียชีวิตมนุษย์สามารถแสดงในรูปของตัวเงินได้นั้นจึงถูกปฏิเสธไป อย่างไรก็ตาม มีการดำเนินการในแนวทางดังกล่าวที่แสดงไว้โดยปริยายเกือบทุกคน สำหรับรายละเอียดอื่น ๆ สำหรับใช้ในการอ้างอิงแสดงไว้ในกล่องข้อความ 3–4

กล่องข้อความ 3–4
การประเมินจำนวนผู้ประสบภัยน้ำท่วม (Assessment of the Number of Victims Due to Flooding) การประมาณการมูลค่าจากการสูญเสียชีวิตมนุษย์ควรนำมาพิจารณาในประเด็นดังต่อไปนี้ • มูลค่าของชีวิตคิดจากเบี้ยประกันภัย (Insurance Premiums) และการตัดสินของศาล (Court Decision) • ระดับเงินเดือนที่สูงขึ้นของวิชาชีพต่าง ๆ เมื่อทำงานในสถานะเสี่ยง เมื่อเปรียบเทียบกับระดับเงินเดือนของคนกลุ่มเดียวกันที่ทำงานในสถานะแวดล้อมที่มีความปลอดภัย • มูลค่าที่สะท้อนให้เห็นถึงการลงทุนที่สร้างความปลอดภัย (สุขภาพ การจราจร) • มูลค่าของผลผลิตสุทธิที่สูญเสียไป เนื่องจากการเสียชีวิตของบุคลากร ในประเทศเนเธอร์แลนด์ ขณะที่ทำการศึกษานี้จำนวนหนึ่งได้มีการพัฒนาสูตรการคำนวณต่าง ๆ เพื่อใช้ในการประเมินจำนวนผู้ประสบภัยน้ำท่วม การเกิดเหตุการณ์น้ำท่วมในกรณีนี้เกิดขึ้นจากปริมาณน้ำที่ไหลล้นตลิ่ง หรือการพังทลายของคันกั้นน้ำท่วม ในพื้นที่แนวสองฝั่งแม่น้ำ หรือเกิดคลื่นพายุซัดฝั่งที่ผนวกกับการพังทลายของคันกั้นน้ำทะเลตามแนวชายฝั่ง เนื่องจากมากกว่า 50% ของประเทศ

⁴ ข้อความหลังจากนี้ยึดตามหลักการสำคัญของแนวทางการวิเคราะห์แบบขั้นบันได (Stepwise Approach) ที่อธิบายไว้ในคู่มือถึงแนวทางการประยุกต์ RAM (ดูรายละเอียดในภาคผนวก A ของประเทศออสเตรเลีย)

เนเธอร์แลนด์มีระดับพื้นดินต่ำกว่าระดับน้ำทะเล ทำให้กรณีหลังเป็นสาเหตุคุกคามที่ทำให้คนเสียชีวิตหรือได้รับบาดเจ็บสูงกว่ากรณีแรก

วิธีมาตรฐานสำหรับประเมินความเสียหายและประเมินจำนวนผู้ประสบภัยจากเหตุการณ์น้ำท่วม (TAW, 1999) สูตรการคำนวณที่ให้มาประกอบด้วยพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

d = ความลึกของน้ำท่วม (เมตร)

V = อัตราการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล (เมตรต่อชั่วโมง)

N_d = จำนวนทั้งหมดของผู้ประสบภัยจากสถานการณ์สมมุติของเหตุการณ์น้ำท่วมใด ๆ

n = จำนวนพื้นที่ย่อย

ff = สัดส่วนผู้อยู่อาศัยในบ้านเรือนที่พังทลายจากความเร็วกะแสน้ำสูง

fng = สัดส่วนผู้อยู่อาศัยซึ่งในระหว่างที่ระดับน้ำท่วมขึ้นสูงไม่สามารถช่วยเหลือออกมาได้ทันเวลา

fs = สัดส่วนผู้อยู่อาศัยในบ้านเรือนที่พังทลายจากคลื่น

fe = สัดส่วนผู้อยู่อาศัยที่ไม่สามารถอพยพออกมาก่อนเกิดเหตุการณ์น้ำท่วม

Ng = จำนวนผู้อยู่อาศัยของพื้นที่ย่อย

$F_s \cap f_b$ = สัดส่วนการคาบเกี่ยวของผู้อยู่อาศัยในบ้านเรือนที่พังทลายจากคลื่นและบ้านเรือนที่พังทลายจากความเร็วกะแสน้ำสูง

ในแต่ละพารามิเตอร์เหล่านี้มีค่าจำกัดอันเนื่องจากขอบเขตของพื้นที่นั้น ๆ และ/หรือขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น ๆ (ยกตัวอย่างเช่น บ้านที่อยู่ด้านหลังถัดจากบ้านหลังอื่นจะไม่พังทลายง่าย ๆ เมื่อถูกคลื่นซัด เมื่อเปรียบเทียบกับบ้านที่สัมผัสหรือปะทะคลื่นโดยตรง สำหรับรายละเอียดการอ้างอิงเพิ่มเติมสามารถดูได้จากเอกสารตามที่กล่าวไว้ข้างต้น

เพื่อให้สามารถประเมินมาตรการแต่ละมาตรการได้หลังจากนี้ จำเป็นต้องนำเสนอ

- ค่าประมาณการของผลประโยชน์ที่นับมูลค่าได้ (Tangible Benefit) และต้นทุน (Cost)
- อัตราส่วนผลตอบแทน-ต้นทุน (Benefit-Cost Ratio) และ/หรือมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value) ซึ่งคิดจากผลประโยชน์ที่นับมูลค่าได้และเงินลงทุน
- จำนวนประชากรเฉลี่ยที่ได้รับผลกระทบ และรายละเอียดเชิงคุณภาพของผลกระทบต่อสุขภาพและความปลอดภัย
- การประเมินในรูปของตัวเงิน (Monetary Evaluation) การให้คะแนนที่ไม่ใช่รูปของตัวเงิน (Non-Monetary Score) หรือรายละเอียดเชิงคุณภาพของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม

ในขั้นตอนสุดท้าย โครงการที่เป็นไปได้ควรจัดลำดับความสำคัญจากข้อพิจารณา ดังนี้

- AAD's
- มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราส่วนผลตอบแทน-ต้นทุน
- ผลกระทบต่อสุขภาพและความปลอดภัย

- ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม

ท้ายที่สุดแล้ว การจัดลำดับย่อมขึ้นอยู่กับดุลยพินิจอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

3.5 เอกสารอ้างอิง (References)

- [1] Blong (2000) R, 'Internal Flood Damage to residential Buildings', Floodplain Management Conference Parramatta NSW, May 2000.
- [2] Booysen, HJ & Viljoen MF (1999), 'Flood damage functions, models and a computer program for irrigation and urban areas in South Africa', Volume 2, WRC Report 690/2/99. ISBN. 1 86845 576 9. ISBN SET NO. 186845 577 7, Bloemfontein, 1999.
- [3] Brook (2001) David, 'Land-use Planning in Flood Risk Management', Presentation held at the occasion of the European Flood Defence & Land drainage Summit, London, 2001.
- [4] DNRE Vic (1995), Victorian Dept of Natural Resources and Environment, 'Estimated losses in the Victorian floods in the spring of 1993'.
- [5] DNRE Vic (1998), Victorian Dept of Natural Resources and Environment, 'Victoria – Flood management Strategy', ISBN 0 7311 3153 3.
- [6] DNRE Vic (2000), Victorian Dept of Natural Resources and Environment, 'Rapid Appraisal method (RAM) for Floodplain Management', May 2000 ISBN 0 73114 515 1.
- [7] Du Plessis, LA, Viljoen, MF, Weepener HL & Berning, C (1999), 'Flood damage functions, models and a computer program for irrigation and urban areas in South Africa',. Volume 1: Irrigation Areas, WRC Report 690/1/99. ISBN: 1 86845 575 0. ISBN SET NO: 1 86845 577 7, Bloemfontein, 1999.
- [8] NEDECO (1975), 'Flood control study, Rharb Plain, Morocco' (Final Report, Mission 2), The Hague, 1975.
- [9] Parker (2001) John, 'The insurance industry view', Presentaiton held at the occasion of the European Flood Defense & Land drainage Summit, London, 2001.
- [10] Petraschek (2001) Dr. Armin W., 'Living with Flood Risk', Presentation held at the occasion of the European Flood Defense & Land drainage Summit, London, 2001.
- [11] TAW (2000) 'Standard Method for assessment of damage and number of victms by flooding', (Dutch language), Rijkswaterstaat, DWW, Delft, 2000.
- [12] SCARM Report No 73 (2000), 'Floodplain Management in Australia – Best Practice Principles & Guidelines'. CSIRO Publishing ISBN 0 643 06034 0.



ระดับเป้าหมายของการป้องกัน (Desired Level of Protection)

บทที่ 4

IV ระดับเป้าหมายของการป้องกัน (Desired Level of Protection)

4.1 บทนำ (Introduction)

หากที่ใดก็ตามในลุ่มน้ำมีการคาดหมายถึงระดับการป้องกันตามที่กำหนด ควรรับรู้ว่าการป้องกันจะได้ผลก็ต่อเมื่อมีกลยุทธ์การควบคุมน้ำท่วมโดยรวม (Overall Flood Control Strategy) ในพื้นที่ครอบคลุมทั้งลุ่มน้ำ หลักการนี้จะยิ่งเห็นชัดเจนขึ้นเมื่อพื้นที่ลุ่มน้ำครอบคลุมพื้นที่หลายประเทศ ตัวอย่างของความประสงค์ที่จะให้มีกลยุทธ์ในการควบคุมน้ำท่วมร่วมกัน (Common Flood Control Strategy) คือ การประชุมแลกเปลี่ยนความคิดเห็นที่จัดขึ้นในช่วงปี ค.ศ. 1990 ระหว่างประเทศต่าง ๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำของแม่น้ำ Rhine และ Elbe ในยุโรป

ระดับของการป้องกันซึ่งจะนำมาตรการต่าง ๆ มาใช้ป้องกัน หรือไม่ว่าในกรณีใดก็เพื่อลดขนาดการเกิดน้ำท่วม (Flooding) ขึ้น โดยทั่วไปแล้วมักแสดงในรูปของการป้องกันการเกิดน้ำท่วม ซึ่งมีรอบการเกิดซ้ำเท่ากับหรือน้อยกว่า n ปี ซึ่งน้ำท่วมนี้จะถูกเรียกว่า “ปริมาณน้ำหลากออกแบบ (Design Flood)” การกำหนดค่ารอบการเกิดซ้ำ n ดังกล่าว ควรคำนึงถึงข้อพิจารณาต่าง ๆ ซึ่งเนื้อหาในบทนี้ได้พยายามให้ข้อเสนอแนะในการกำหนดค่า n ใด ๆ ที่เป็นฟังก์ชันของข้อพิจารณาต่าง ๆ ดังกล่าว ซึ่งจะทำให้ได้ค่าของ n เป็นพิสัยโดยขึ้นอยู่กับสถานการณ์แวดล้อมในพื้นที่ ข้อดีและข้อเสียต่าง ๆ ของระดับการป้องกันมาตรฐานจะอธิบายไว้อย่างสั้น ๆ ในเนื้อหาของบทนี้ ซึ่งเหตุผลที่ใช้กำหนดระดับป้องกันใด ๆ ในบางพื้นที่ (เช่น การสูญเสียชีวิตมนุษย์) จะถูกอธิบายไว้ด้วยโดยครอบคลุมถึงข้อพิจารณาทางการเมือง เศรษฐกิจและจิตวิทยา และซึ่งจะให้รายละเอียดเพิ่มเติมในแต่ละเหตุผลเหล่านี้ ในขณะที่พยายามจะกำหนดเกณฑ์ทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพที่ส่งผลต่อการตัดสินใจในท้ายที่สุด โดยแสดงตัวอย่างกรณีศึกษาไว้ด้วย

4.2 ประเด็นที่ต้องพิจารณาเมื่อกำหนดค่า “ปริมาณน้ำหลากออกแบบ”(Aspects to be Considered When Determining the “Design Flood”)

4.2.1 ทั่วไป (General)

หนึ่งในประเด็นสำหรับอภิปรายในหัวข้อย่อยนี้เริ่มต้นจากการระบุถึงปัญหาน้ำท่วม (Identification of Flood)¹ ซึ่งควรสามารถหาคำตอบจากประเด็นคำถามต่อไปนี้

- มีอะไรเกิดขึ้นบ้างระหว่างเหตุการณ์ที่น้ำไหลบ่ามาท่วมและภาวะน้ำท่วมที่เกิดขึ้นตามมา กระบวนการที่เกิดขึ้นมีอะไรบ้าง (การเกิดน้ำท่วม (Flooding) การกัดเซาะ (Erosion) การตกตะกอน (Deposition) และการไหลและเคลื่อนตัวของตะกอน (Flow of Debris) การกีดขวางช่องทางการไหลของน้ำ (Blockage of Flow Channels) การพังทลายของเขื่อน (Dam Breaches))

¹ หลังจาก Petrascheck (2001)

- ความรุนแรงของผลกระทบ (ความลึกของการเกิดน้ำท่วม (Depth of Flooding) ความเร็วน้ำ (Current Velocity) ระยะเวลาของการเกิดน้ำท่วม (Duration of Flooding))
- ความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์ (บ่อยครั้ง ไม่ค่อยบ่อย นาน ๆ ครั้ง หรือเป็นเหตุการณ์พิเศษ)

ความรู้เกี่ยวกับอันตรายจากน้ำท่วมจะเป็นตัวกำหนดผลที่จะเกิดขึ้นในหัวข้อต่างๆที่จะได้อธิบายไว้ในหัวข้อย่อยดังต่อไปนี้

- อันตรายที่มีต่อชีวิตมนุษย์ (Danger to Human Life)
- ความไม่แน่นอนของลักษณะทางอุทกวิทยาทางด้านเหนือน้ำ (Uncertainty on Upstream Hydrology)
- ต้นทุนของมาตรการป้องกันน้ำท่วมกับประสิทธิผลของมาตรการเหล่านั้น (Cost of Flood Protection Measures versus their Effectiveness)
- การบำรุงรักษาที่จำเป็น (Maintenance Required)
- ความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ (Economic Feasibility)
- ข้อพิจารณาทางด้านจิตวิทยา (Psychological Considerations)
- ข้อจำกัดทางธรรมชาติ (Natural Constraints)

4.2.2 อันตรายที่มีต่อชีวิตมนุษย์ (Danger to Human Life)

เงื่อนไขต่าง ๆ ในพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม (Flood Hazard Area) มีผลโดยตรงต่อปัจจัยเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับการสูญเสียชีวิตมนุษย์ที่อาจเกิดขึ้นได้ซึ่งครอบคลุมถึง

- ความเร็วของการเพิ่มขึ้นของคลื่นน้ำท่วมสูงสุด (Speed of Rise to Flood Peak) เช่น เหตุการณ์พายุฝนฤดูร้อนที่ซึ่งมักจะมีค่าปัจจัยยอดน้ำท่วมสูงสุดเทียบกับระยะเวลาที่น้ำท่วมที่เกิดขึ้นทั้งหมดสูงกว่า
- ความลึกของการเกิดน้ำท่วม (Depth of Flooding)
- ความเร็วของน้ำท่วม (Velocity of Flood Water)
- มาตรการเตือนภัยน้ำท่วมและการอพยพ (Flood Warning and Evacuation Measures) ในพื้นที่
- ผลกระทบของการเกิดน้ำท่วมต่อการเข้าถึงเส้นทางคมนาคม (Transportation Access)

โดยทั่วไป เรามักจะรู้สึกว่าในที่ได้ที่สามารถระบุตัวตนของชีวิตมนุษย์ (Identifiable Human Life) ที่ตกอยู่ในภาวะเสี่ยงได้ มาตรการป้องกันจำเป็นต้องได้รับการออกแบบเพื่อป้องกันการสูญเสียดังกล่าว ถึงแม้ว่าจะต้องใช้มาตรฐานของการป้องกันที่มีความเสี่ยงของการเกิดน้ำท่วมเพียงแค่นั่งครั้งในทุก ๆ 500 ปี ก็ตาม คำว่า “ชีวิตมนุษย์ที่สามารถระบุตัวตนได้ (Identifiable Human Life)” เป็นที่เข้าใจว่าครอบคลุมถึงประชาชนที่มีบ้านพักอาศัย หรือสถานที่ทำงานอยู่ในเขตเสี่ยงภัยน้ำท่วม (Flood Prone

Zone) โดยไม่คิดรวมผู้ประสบภัยที่อาจอยู่ในพื้นที่ ไม่ว่าจะเป็น เกษตรกรที่ทำงานอยู่ในแปลงเพาะปลูก นักท่องเที่ยว และอื่น ๆ

หากไม่มีพื้นที่เมืองที่พัฒนาแล้วหรือชุมชนในท้องถิ่นที่ต้องป้องกัน และผลกระทบจากการเกิดน้ำท่วมเกิดขึ้นกับคนจำนวนไม่มาก การแก้ปัญหาด้วยการย้ายที่อยู่อาศัยใหม่ (Relocation) จะดีกว่าการใช้มาตรการป้องกันน้ำท่วมที่มีราคาแพง

4.2.3 ความไม่แน่นอนของลักษณะทางอุทกวิทยาทางด้านเหนือ (Uncertainty on Upstream Hydrology)

หากความไม่สมบูรณ์ของข้อมูลเชิงปริมาณหรือเชิงคุณภาพทำให้การนำมาใช้กำหนดรอบของการเกิดซ้ำ (Recurrence Interval) ไม่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ อาจแนะนำให้หาค่าสัมประสิทธิ์ความปลอดภัย (Safety Coefficient) มาใช้ในการคำนวณด้วย อย่างไรก็ตาม ค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าวควรจะส่งผลต่อค่าอัตราการไหลที่รอบการเกิดซ้ำใด ๆ (N) มากกว่าจะส่งผลต่อค่าของรอบการเกิดซ้ำเอง (Return Period)

ตารางที่ 4-1 ได้แสดงให้เห็นถึงปัญหานี้ โดยค่าในตารางขึ้นอยู่กับการตรวจวัดข้อมูลระดับน้ำและอัตราการไหลของน้ำของแม่น้ำ Meuse ที่เมือง Borgharen (ประเทศเนเธอร์แลนด์) ระหว่างช่วงเวลา มากกว่า 80 ปี (ปี ค.ศ. 1911–1993) ยิ่งไปกว่านั้น การศึกษาทางอุทกวิทยาอย่างละเอียดเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงในพื้นที่ลุ่มน้ำ การสร้างแบบจำลองทางอุทกพลศาสตร์ และการวิเคราะห์ทางสถิติต่อข้อมูล ได้ถูกดำเนินการเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอัตราการไหลของน้ำที่มีลักษณะกลมกลืนในรูปแบบเดียวกัน

การวิเคราะห์ความถี่ (Frequency Analysis) ได้ถูกดำเนินการโดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นที่แตกต่างกันจำนวน 5 ฟังก์ชัน ในระหว่างขั้นตอนการวิเคราะห์นี้พบว่า รอบการเกิดซ้ำของอัตราการไหลของน้ำสูงสุด (Peak Discharges) ของเหตุการณ์น้ำท่วมรุนแรงในอดีต 2 ครั้ง (ปี ค.ศ. 1926 และ ค.ศ. 1993) มีค่าน้อยกว่าค่าที่คาดการณ์ด้วยวิธีของรอบการเกิดซ้ำเฉลี่ยอยู่ค่อนข้างมาก

สำหรับที่รอบการเกิดซ้ำ 1,250 ปี² อัตราการไหลของน้ำที่คำนวณได้ผันแปรตามฟังก์ชันการแจกแจงต่าง ๆ โดยมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 3,630 และ 3,989 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ค่าเฉลี่ยมีค่าอยู่ที่ 3,802 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที และค่าอัตราการไหลของน้ำออกแบบถูกกำหนดไว้ที่ 3,800 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ตัวเลขในตารางแสดงให้เห็นว่าถึงแม้ว่าชุดข้อมูลทางอุทกวิทยาจะมีอยู่ค่อนข้างพอเพียงแต่ก็ยังไม่ปรากฏให้เห็นถึงความไม่แน่นอนที่ค่อนข้างสูงอยู่ เมื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับอัตราการไหลของน้ำสูงสุดที่รอบการเกิดซ้ำใด ๆ

² ค่านี้เป็นค่ารอบการเกิดซ้ำที่ใช้กันในประเทศเนเธอร์แลนด์สำหรับกำหนดระดับน้ำออกแบบ (Design Water Level) ของคันกั้นน้ำท่วมตามแนวยาวของแม่น้ำสายหลัก ดูกล่องข้อความ 4-4

ตารางที่ 4-1 อัตราการไหลของน้ำที่เป็นตัวแทน (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที) ซึ่งคำนวณใหม่ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ โดยอาศัยวิธีการต่าง ๆ (แม่น้ำ Meuse ประเทศเนเธอร์แลนด์) (ที่มา : DH et al., 1994)

T	Gumbel Q ₀ = 1,000	Pearson III	Log III	Exponential	Average	Pareto	Reprehensive Discharge	Confidence Intervals %	
								-95%	+95%
2	1,439	1,435	1,440	1,549	–	1,548	1,550	1,490	1,620
5	1,866	1,903	1,899	1,891	–	1,882	1,880	1,760	2,020
10	2,149	2,182	2,171	2,150	–	2,140	2,140	1,960	2,330
25	2,506	2,504	2,487	2,492	–	2,488	2,490	2,190	2,780
50	2,774	2,727	2,708	2,751	2,739	–	2,740	2,390	3,100
100	3,035	2,938	2,918	3,010	2,975	–	2,970	2,550	3,410
250	3,381	3,202	3,184	3,352	3,280	–	3,280	2,750	3,820
500	3,643	3,393	3,379	3,611	3,506	–	3,510	2,900	4,130
1000	3,905	3,579	3,570	3,870	3,731	–	3,730	3,040	4,440
1,250	3,989	3,678	3,630	3,953	3,802	–	3,800	3,090	4,540
2,500	4,250	3,817	3,817	4,212	4,024	–	4,020	3,230	4,850
5,000	4,512	3,993	4,001	4,471	4,244	–	4,240	3,360	5,160
10,000	4,773	4,165	4,184	4,729	4,463	–	4,460	3,490	5,470

4.2.4 ต้นทุนของมาตรการป้องกันน้ำท่วมกับประสิทธิผลของมาตรการเหล่านั้น (Cost of Flood Protection Measures versus Their Effectiveness)

นอกเหนือจากข้อพิจารณาทางเศรษฐศาสตร์แล้ว (ดูรายละเอียดในหัวข้อย่อย 4.2.6) เป็นที่ทราบกันดีว่าจะมีจุดที่เป็นจุดที่เหมาะสมระหว่างในแง่หนึ่งประสิทธิผลของระบบป้องกันน้ำท่วม กับอีกแง่หนึ่งคือค่าลงทุนโครงการอยู่เสมอ ประสิทธิภาพนั้นอาจวัดได้โดยใช้ค่าจำกัดความที่ได้อธิบายไว้ในรูปของ “ประสิทธิภาพทางชลศาสตร์ (Hydraulic Effectiveness)” ในบทที่ 2 หัวข้อ 2.5

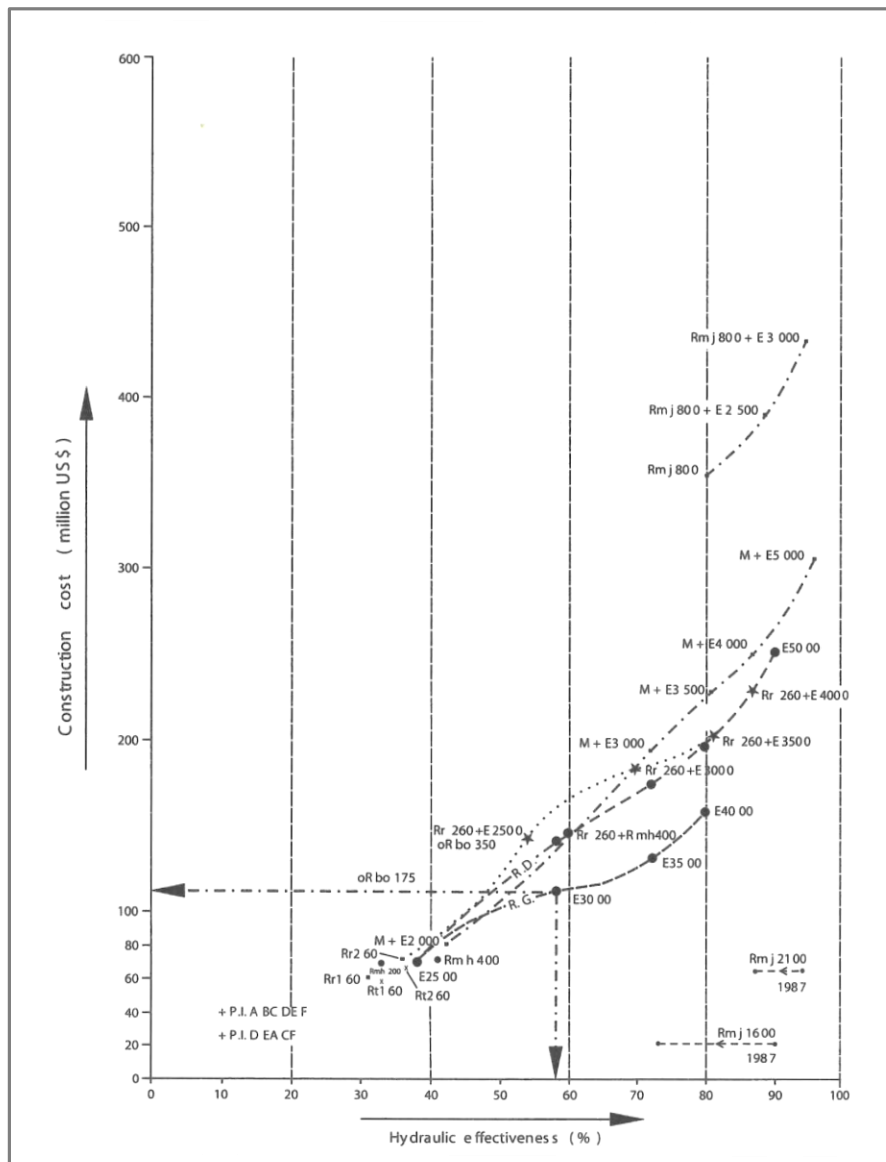
สำหรับในส่วน of ต้นทุน เราสามารถใช้ต้นทุนของการลงทุน (Cost of Investment) และเพิ่มขึ้นด้วยราคาทุนค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและบำรุงรักษา (Capitalized Cost of Operation and Maintenance) ของต้นทุนงานป้องกันน้ำท่วมที่เกี่ยวข้อง ซึ่งผลของการประมาณการ³ แสดงไว้ในรูปที่ 4-1 สำหรับแผนการป้องกันน้ำท่วมทางเลือกต่าง ๆ จำนวนหนึ่ง เป็นที่สังเกตได้ว่าที่ค่าอัตราไหลของน้ำออกแบบ (Design Discharge) ของระบบที่ 3,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (ขยายความจุลำนน้ำแล้ว) (E3,000) มีค่าประสิทธิภาพทางชลศาสตร์เท่ากับ 58% ในขณะที่ต้นทุนของแผนดังกล่าวคิดเป็นจำนวนเงิน 110 ล้านเหรียญสหรัฐ จากเส้นโค้งเดียวกันนี้ เราจะเห็นได้ว่าอัตราการไหลของน้ำออกแบบที่ 3,500 (E3,500) และ 4,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (E4,000) ทำให้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเป็น 72% และ 80% ตามลำดับ (เพิ่มขึ้น 24% และ 38%) ในขณะที่ต้นทุนสูงขึ้นเป็น 133 และ 160 ล้านเหรียญสหรัฐ

³ ทำการประมาณการสำหรับแผนป้องกันน้ำท่วมจำนวนมากในพื้นที่ราบ Rharb ในประเทศโมร็อกโก
ที่มา : NEDECO (1973)

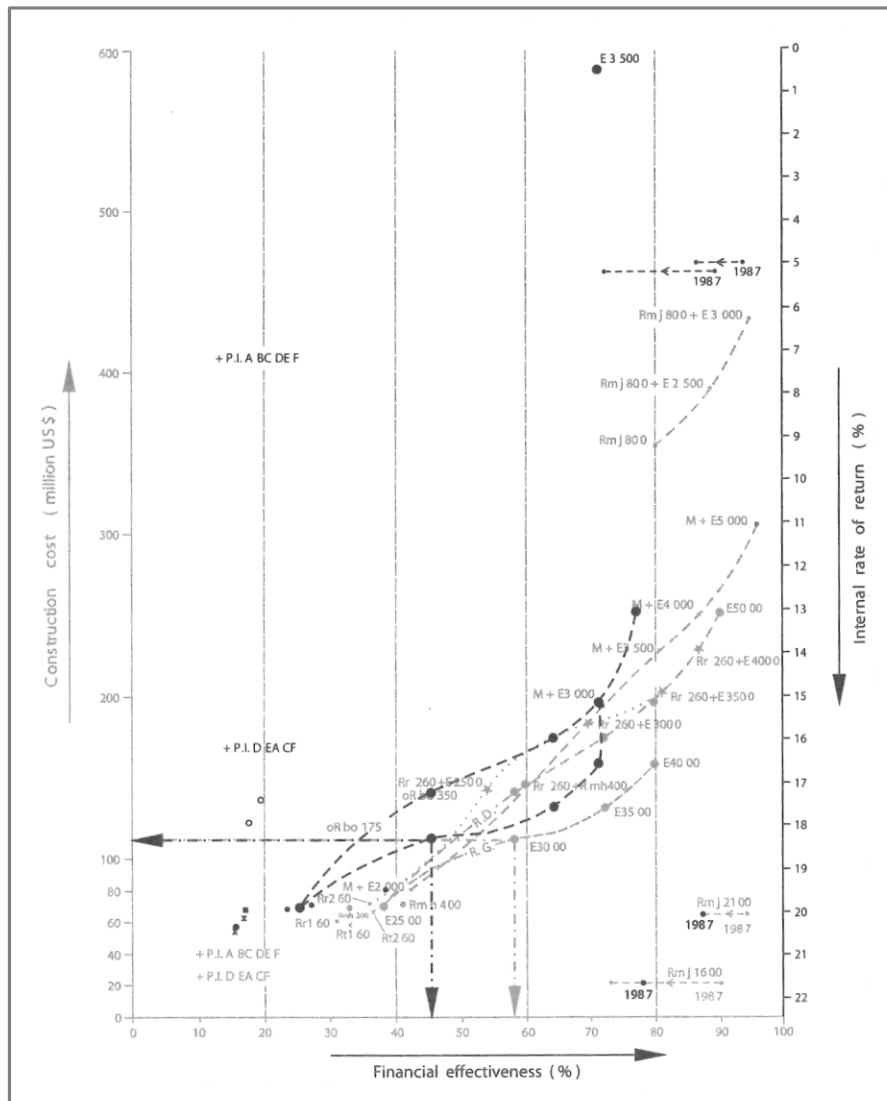
ตามลำดับ (เพิ่มขึ้น 21% และ 45%) จากความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุน-ประสิทธิผล (Cost-Effectiveness Relationship) ค่าที่เหมาะสมของอัตราการไหลของน้ำออกแบบจะอยู่ระหว่าง 3,500 และ 4,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

ประสิทธิผลทางชลศาสตร์ (Hydraulic Effectiveness) นับเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์สำหรับวิศวกรและผู้วางแผนเพื่อเปรียบเทียบผลกระทบของแผนป้องกันน้ำท่วมทางเลือกต่าง ๆ ในการศึกษาความเป็นไปได้ระยะเบื้องต้น (Pre-Feasibility Stage) อย่างไรก็ตาม สามารถปรับปรุงวิธีการดังกล่าวได้อีกโดยใช้เส้นโค้งความเสียหาย (Damage Curves) ตามที่ได้อธิบายไว้ในบทที่ 2 หัวข้อ 2.5 ค่าประสิทธิผลทางชลศาสตร์สามารถคำนวณโดยอาศัยพารามิเตอร์น้ำท่วมที่ได้เลือกมา ยกตัวอย่างเช่น หากกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์น้ำท่วม (Flood Parameter) ดังกล่าวกับความเสียหายจากน้ำท่วม (Flood Damages) (บทที่ 3 หัวข้อ 3.3) ที่แสดงในรูปที่ 3-4 มีความเป็นไปได้ที่จะทำการเปรียบเทียบต้นทุนตามที่กล่าวมาข้างต้นกับความเสียหายที่สามารถหลีกเลี่ยงได้ (Avoided Damages) ด้วยการคำนวณที่เรียกว่า “ประสิทธิผลทางการเงิน (Financial Effectiveness)” ซึ่งจริง ๆ แล้วมีค่าเท่ากับผลหารของความเสียหายที่สามารถหลีกเลี่ยงได้ในสถานการณ์ที่ “มีโครงการ (With the Project)” กับความเสียหายในสถานการณ์ที่ “ไม่มีโครงการ (Without Project)” เมื่อนำตัวเลขจากตารางที่ 3-8 สามารถหาค่า “ประสิทธิผลทางการเงิน (Financial Effectiveness)” สำหรับโครงการที่เกี่ยวข้อง (เช่น อัตราไหลของน้ำออกแบบที่ 3,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ดูรูปที่ 2-6): $(38,293 - 20,677) / 38,293 = 17,615 / 38,293 = 46\%$

เนื่องจากลักษณะทางสถิติของน้ำท่วมและลักษณะรูปร่างของเส้นโค้งความเสียหาย (Damage Curve) ด้วยเหตุนี้จึงนำ “กฎการลดลงของผลประโยชน์ส่วนเพิ่ม (Law of Decreasing Incremental Benefits)” มาประยุกต์ใช้ในที่นี้ได้ กล่าวคือ เมื่อนำระบบการป้องกันที่มีต้นทุนสูงมาใช้ผลประโยชน์ (เช่น ความเสียหายรายปีเฉลี่ยที่สามารถหลีกเลี่ยงได้) ก็จะหาได้ยากยิ่งขึ้น ซึ่งได้อธิบายไว้อย่างชัดเจนในรูปที่ 4-2 โดยได้ทำการเปรียบเทียบต้นทุน (Cost) และประสิทธิผลทางการเงิน (Financial Effectiveness) ของแผนการป้องกันน้ำท่วมทางเลือกเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 4-1



รูปที่ 4-1 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพทางชลศาสตร์และต้นทุนในการก่อสร้างของแผนการควบคุมน้ำท่วมลักษณะต่าง ๆ ในพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมเดียวกัน



รูปที่ 4-2 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพทางการเงินและต้นทุนในการก่อสร้างของแผนการควบคุมน้ำท่วมที่แสดงในรูปที่ 4-1

4.2.5 การบำรุงรักษาที่จำเป็น (Maintenance Required)

มันไม่มีประโยชน์ที่จะลงทุนจำนวนมากกับระบบป้องกันน้ำท่วม ซึ่งต่อมาไม่มีการบำรุงรักษาอย่างต่อเนื่อง ในทางปฏิบัติแล้ว งานทางด้านวิศวกรรมชลศาสตร์ทุกงานจำเป็นต้องมีการบำรุงรักษาโดยสม่ำเสมอ อันเนื่องมาจากเกิดการกัดเซาะและความชำรุดสึกหรอ

ตัวอย่างของงานป้องกันน้ำท่วมที่ต้องการการดูแลและบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอคือ คันกันน้ำท่วมตามแนวแม่น้ำ : สัตว์จะกินหญ้าซึ่งเป็นชั้นป้องกันตามลาดของคันกันน้ำ ส่วนลาดของคันกันน้ำมักถูกกัดเซาะจากฝนหรือลม การเปลี่ยนช่องทางน้ำไหล และการกัดเซาะบริเวณส่วนโค้งด้านนอกของแม่น้ำส่งผลต่อเสถียรภาพของปลายลาดคันกันน้ำ นอกจากนี้ ยังปรากฏให้เห็นด้วยว่า เมื่อเกิดการสะสมตัวของตะกอน ช่องทางน้ำไหลในแม่น้ำและพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงที่อยู่ติดกันจะค่อย ๆ ตื้นขึ้นและยกระดับสูงขึ้นที่

ละน้อย ซึ่งส่งผลทำให้ต้องยกระดับคันกันน้ำให้สูงขึ้นตามไปด้วย (หากไม่มีการดำเนินการด้วยมาตรการอื่นๆ คุยรายละเอียดหลังจากนี้)

หากไม่มีการดูแลและบำรุงรักษาในสถานการณ์ตามที่กล่าวมา อาจกล่าวได้ว่าในระยะยาวแล้วสถานการณ์แบบ “มีโครงการ (With the Project)” อันตรายมากกว่าสถานการณ์แบบ “ไม่มีโครงการ (Without the Project)” ซึ่งแสดงให้เห็นได้จากตัวอย่างดังต่อไปนี้ ในหลายประเทศ (เช่น ประเทศจีนและอิตาลี) การสะสมตัวของตะกอนในแม่น้ำและพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงส่งผลให้ระดับน้ำเพิ่มสูงขึ้นในระหว่างน้ำท่วม ผลที่ตามมาคือความลึกน้ำที่เพิ่มสูงขึ้นในพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมเมื่อคันกันน้ำแตกและเกิดเหตุการณ์น้ำท่วมขึ้น และยิ่งไปกว่านั้น เนื่องจากการสร้างคันกันน้ำท่วมขึ้นได้ทำให้ประชาชนรู้สึกว่าการปลอดภัยแล้ว ถ้าเกิดคันขาดขึ้นน้ำท่วมที่เกิดขึ้นจะยิ่งก่อให้เกิดความเสียหายและมีอันตรายมากกว่าเมื่อยังไม่ได้สร้างคันกันน้ำท่วมเสียอีก

เราสามารถหลีกเลี่ยงสถานการณ์ดังกล่าวนี้ได้ด้วยการ “กำจัดสิ่งกีดขวาง (Cleaning Up)” ในพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงและลดระดับเฉลี่ยของพื้นที่ให้ต่ำลง ยิ่งไปกว่านั้นในกรณีนี้การยกระดับความสูง (Heightening) ของคันกันน้ำท่วมก็จะเป็นการเพิ่มความจำเป็น และความสามารถในการระบายน้ำของช่องทางน้ำก็จะเพิ่มขึ้นหรืออย่างน้อยก็คงที่ สำหรับรายละเอียดเพิ่มเติมของการปรับระดับพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง (Floodplain Lowering) ในประเทศเนเธอร์แลนด์ดูได้จากกล่องข้อความ 4-1 และรูปที่ 4-3

กล่องข้อความ 4-1
การเพิ่มพื้นที่การไหลสำหรับสาขาของแม่น้ำไรน์ในประเทศเนเธอร์แลนด์ (Room for the Rhine Branches in The Netherlands) ในปี ค.ศ. 1995 หลังจากช่วงเวลาอันยาวนานที่ไม่ได้มีความวิตกใด ๆ เกิดขึ้น พื้นที่ในแถบใกล้แม่น้ำในประเทศเนเธอร์แลนด์ต้องหวาดผวากับคลื่นน้ำท่วมในแม่น้ำไรน์ ซึ่งนอกเหนือจากจะมีระดับขึ้นสูงสุดนับตั้งแต่ปี ค.ศ. 1926 แล้ว ยังท่วมเป็นระยะเวลานานอีกด้วย ประชาชนกว่า 250,000 คน และปศุสัตว์กว่า 1 ล้านตัว ต้องอพยพออกจากพื้นที่เกือบสัปดาห์เนื่องจากความไม่มั่นใจกับเสถียรภาพของคันกันน้ำที่กำลังจะแตกจากการเกิดน้ำท่วมเป็นเวลายาวนานและมีสภาพอัมม่น้ำ หนึ่งในมาตรการที่ใช้ดำเนินการหลังจากเกิดน้ำท่วมสูงคือ นโยบายที่จะให้แม่น้ำมีพื้นที่การไหลพอ (Room for the River Policy) ซึ่งได้กำหนดเป้าหมายในการรักษาสภาพ (Preservation) และถ้าเป็นไปได้การขยายความสามารถในการระบายน้ำของแม่น้ำสายหลัก (Expansion of Discharge Capacity) รวมทั้งการลดขนาดความเสียหายจากน้ำท่วมให้เหลือน้อยที่สุด (Minimizing Flood Damage) คาดการณ์กันว่าอัตราการไหลของน้ำออกแบบ (Design Discharge) ของแม่น้ำไรน์จะมีขนาดเพิ่มขึ้นในอนาคต ซึ่งนี้สะท้อนให้เห็นว่าหากปราศจากมาตรการใด ๆ ระดับน้ำจะเพิ่มสูงขึ้นกว่าเดิม ผลที่ตามมาคือจำเป็นต้องยกระดับคันกันน้ำท่วมให้สูงขึ้น อย่างไรก็ตาม แนวทางดังกล่าวมักไม่พึงปรารถนาด้วยเหตุผลหลายประการ (เช่น ผลที่ตามมาทางลบเกี่ยวกับลักษณะภูมิทัศน์ สภาพธรรมชาติ และปูชนียสถานที่มีคุณค่าทางวัฒนธรรมและประวัติศาสตร์ รวมทั้งความเสี่ยงที่เพิ่มขึ้นหากเกิดเหตุการณ์น้ำท่วม)

ด้วยเหตุนี้ จึงนำไปสู่การกำหนด “นโยบายการเพิ่มพื้นที่การไหลของแม่น้ำ (Room for the River Policy)” ซึ่งครอบคลุมประเด็นต่าง ๆ ต่อไปนี้

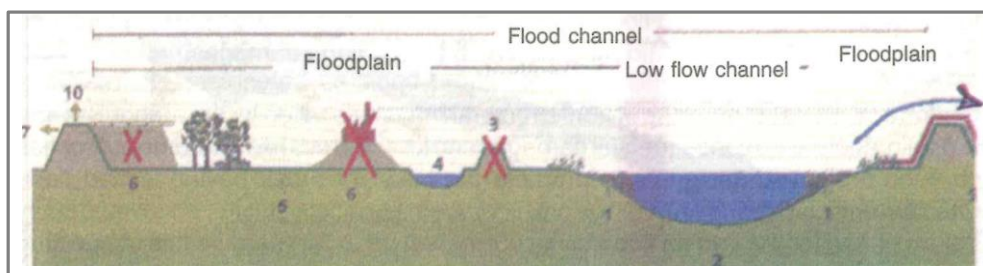
- ควรหลีกเลี่ยงการยกระดับคันกันน้ำ (Embankment Raising) หากเป็นไปได้
- ระดับน้ำไม่ควรจะสูงกว่าเดิมถึงแม้ว่าอัตราการไหลของน้ำออกแบบ (Design Discharge) จะเพิ่มขึ้นแล้วก็ตาม และ
- การดำเนินงานตามมาตรการที่ละเอียดละน้อย โดยมุ่งเน้นไปที่การขยายขนาดความกว้างและความลึกของหน้าตัดขวางของแม่น้ำเพื่อให้น้ำไหลได้สะดวกขึ้น (เช่น ในช่องทางน้ำและพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงที่มีลักษณะต้น)

สำหรับประเด็นหลัง (การขยายขนาดความกว้างและความลึกของแม่น้ำ) อาจมองว่าเป็นความพยายามที่จะฟื้นฟูแม่น้ำในระดับหนึ่ง ให้กลับคืนสู่สภาพเดิมด้วยการดำเนินการไปด้วยกันกับกระบวนการทางธรรมชาติ (Natural Processes) มาตรการนี้ยังเข้ากันได้กับโปรแกรมที่กำลังดำเนินงานอยู่ในการฟื้นฟูคุณภาพน้ำ สภาวะธรรมชาติ และลักษณะทางสัณฐาน

ในทางปฏิบัติ “นโยบายเพิ่มพื้นที่การไหลให้กับแม่น้ำ (Room for the River Policy)” แสดงให้เห็นถึงการไม่อนุญาตให้มีการก่อสร้างอาคารถาวรใหม่ ๆ ขึ้นในพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงของแม่น้ำสายหลักอีกต่อไป นอกจากนี้ ยังจำเป็นต้องดำเนินมาตรการต่อไปนี้อย่างใดอย่างหนึ่งหรือมากกว่าเพื่อชดเชยกับการเพิ่มอัตราการไหลของปริมาณน้ำออกแบบ (Design Discharge)

- มาตรการที่เกี่ยวกับทางน้ำสำหรับปริมาณน้ำไหลน้อย
- มาตรการต่าง ๆ ในพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง
- มาตรการต่าง ๆ ในพื้นที่ที่ได้รับการป้องกันด้วยคันกันน้ำ (เช่น การย้ายระยะห่างของแนวคันกันน้ำจากลำน้ำ เป็นต้น)

มาตรการเหล่านี้อาจรวมถึง : การกำจัดสิ่งกีดขวางในพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง (Removal of Obstructions from the Floodplains) การขุดลอกช่องทางน้ำสำหรับช่วงที่มีปริมาณน้ำไม่มากที่มีลักษณะต้น (Dredging of Low Flow Channel) การตัดโค้งแม่น้ำ (Bend Cutting) การสร้างช่องทางน้ำในพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงสำหรับในเวลาที่ปริมาณน้ำไหลมาก (Creation of High Water Channels in the Floodplain) การย่นระยะทางน้ำให้สั้นลง (Shortening) การลดระดับหรือกำจัดกรอย่นออกไป (Lowering or Removal of the Groynes) ฯลฯ รูปที่ 4-3 แสดงวิธีต่าง ๆ ที่เป็นไปได้



รูปที่ 4-3 มาตรการที่เป็นไปได้ในการเพิ่มความสามารถในการให้น้ำไหลผ่านของแม่น้ำ

- (1) การลดระดับกรอยน์ (Lowering of Groynes)
- (2) การขุดลอกตะกอน (Dredging of Sediments)
- (3) การกำจัดคันดินเตี้ยส่วนที่จมใต้น้ำ (Removal of Submersible Low Flow Bund)
- (4) การก่อสร้างทางน้ำสำหรับเมื่อมีอัตราการไหลของน้ำสูงขึ้น Construction of High Water Flow Channel)
- (5) การลดระดับพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง (การขุดลอกดินเหนียว ดินทราย) (Floodplain Lowering–Clay and Sand exc.)
- (6) การกำจัดสิ่งกีดขวางการไหลของน้ำ (Removal of Obstruction for Discharge)
- (7) การทำแนวคันกันน้ำใหม่ (Re-alignment of Embankment)
- (8) การสร้างอ่างเก็บน้ำเพื่อเก็บกักน้ำท่วม (Creation of Flood Retention Reservoir)
- (9) การหยุดการสูบน้ำชั่วคราวออกจากโพลเดอร์ (Temporary Interruption in Pumping from Polders)
- (10) การเพิ่มความสูงของคันกันน้ำ (Raising of Embankment)

ระบบการป้องกันน้ำท่วมประเภทที่การดูแลและบำรุงรักษาทำได้ยากคือ อ่างเก็บน้ำที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อควบคุมน้ำท่วมเพียงวัตถุประสงค์เดียว แม่น้ำหลาย ๆ สายจะมีการพัดพาตะกอนเกิดขึ้นอย่างมากระหว่างที่ระดับน้ำขึ้นสูง และในสถานการณ์ดังกล่าวอ่างเก็บน้ำเพื่อการควบคุมน้ำท่วมนี้จะเกิดการสะสมตัวของตะกอนอย่างรวดเร็ว มีหลายตัวอย่างจากทั่วโลกที่อ่างเก็บน้ำตื้นเขินจากการสะสมตัวของตะกอนโดยใช้เวลาเพียงไม่กี่ปี ซึ่งนับเป็นการลงทุนขนาดใหญ่ที่ไม่เกิดประโยชน์อย่างแท้จริง การกำจัดตะกอนออกจากอ่างเก็บน้ำเป็นงานที่ทำได้ยากและต้องใช้เงินทุนสูง หรืออาจแทบเป็นไปไม่ได้ รวมทั้งประสิทธิผลของการกำจัดตะกอนด้วยการปล่อยให้ไหลออกผ่านทางระบายน้ำออกทางด้านล่าง (Bottom Outlet) ก็ทำได้จำกัด

ท้ายที่สุด ควรตระหนักไว้ว่าการสะสมตัวของตะกอนไว้ในอ่างเก็บน้ำทำให้น้ำที่ไหลในช่วงทางน้ำทางด้านท้ายเพิ่มความสามารถที่จะพาตะกอนไปได้มากขึ้น ซึ่งอาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดการกัดเซาะขึ้นและทำให้สูญเสียความมั่นคงของคันกันน้ำท่วม ดังนั้น อาจสรุปได้ว่าในแม่น้ำที่มีการพัดพาของตะกอนในปริมาณมาก การสร้างอ่างเก็บน้ำควบคุมน้ำท่วม (Flood Control Reservoirs) มักจะไม่ใช่วิธีแก้ปัญหาน้ำท่วมที่เหมาะสม

4.2.6 ความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ (Economic Feasibility)

ในปัจจุบันมีหลายกรณีที่รอบการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำหลากออกแบบ (Design Flood) ถูกกำหนดจากการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์ : ระบบป้องกันน้ำท่วมจะต้องมีความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ มิฉะนั้นจะไม่ถูกพิจารณำไปดำเนินการ ผลประโยชน์ (Benefit) เช่น มูลค่าความเสียหายที่สามารถหลีกเลี่ยงได้ (Avoided Damages) ควรจะต้องเท่ากับหรือสูงกว่าต้นทุน (Cost) ที่ใช้จ่ายไป และในทางกลับกันต้นทุนเหล่านี้ จะเป็นตัวกำหนดขนาดของปริมาณน้ำหลากออกแบบที่สามารถสร้าง

ระบบการป้องกันน้ำท่วมได้ ด้วยเหตุผลนี้ จึงพบว่าในบางพื้นที่จะไม่มีการจัดทำระบบป้องกันน้ำท่วมใด ๆ เลยถ้าหากไม่มีผลประโยชน์ที่ได้รับกลับคืนมาและ/หรือต้นทุนของการป้องกันน้ำท่วมค่อนข้างสูง

สถานการณ์ดังกล่าวมักจะพบเห็นได้ในพื้นที่ชนบทที่ไม่มีการพัฒนาทางการเกษตรและอุตสาหกรรมที่ซับซ้อน ซึ่งการป้องกันในพื้นที่เช่นนี้จะได้รับการพิจารณาว่ามีความเหมาะสมในทางเศรษฐศาสตร์เฉพาะน้ำท่วมที่มีรอบการเกิดซ้ำ 10–20 ปี หรือน้อยกว่านั้น และจะพบว่าในพื้นที่ดังกล่าว เฉพาะพื้นที่อยู่อาศัยของมนุษย์เท่านั้นที่จะได้รับการป้องกันจากน้ำท่วม : ไม่ว่าจะโดยการสร้างชุมชนที่อยู่อาศัย (ขนาดเล็ก) บนเนินดิน หรือโดยการสร้างคันกันน้ำท่วมเพื่อปิดล้อมชุมชนที่อยู่อาศัย (ขนาดใหญ่) ที่อยู่อาศัยขนาดใหญ่เช่นนี้ (ตัวเมือง เมืองใหญ่) จะได้รับการป้องกันน้ำท่วมที่มีรอบการเกิดซ้ำ 50–100 ปี ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดของมูลค่าความเสียหายที่สามารถหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดขึ้นจากมาตรการป้องกันน้ำท่วม

ตัวอย่างการคำนวณต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์/ผลประโยชน์ (Cost/Benefit) ของแผนการป้องกันน้ำท่วมได้อธิบายไว้ในหัวข้อย่อย 3.4.2, 3.4.3 และกล่องข้อความ 3-2, 3-3 ของบทที่ 3

เนื่องจากอายุทางเศรษฐกิจของโครงการที่ค่อนข้างสั้น (35–50 ปี) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับต้นทุนเสียโอกาสของเงินลงทุน ด้วยเหตุนี้ การดำเนินการโครงการเป็นระยะจะทำให้เกิดผลดียิ่งกว่า เช่น ค่อย ๆ ขยายพื้นที่ป้องกัน (Protected Area) และ/หรือการเพิ่มความสูงของคันกันน้ำขึ้นทีละระดับ นอกจากนี้ ขนาดของปริมาณน้ำหลากออกแบบอาจจะแตกต่างกันออกไปตามแต่ละพื้นที่ย่อย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการประกอบอาชีพของชุมชน การพัฒนาชุมชนเมืองและอุตสาหกรรม อายุการใช้งานทางเทคนิคของโครงการ ควบคุมน้ำท่วมใช้การได้ตั้งแต่ 100–200 ปี แต่โดยส่วนใหญ่แล้วจะขึ้นอยู่กับระดับของการบำรุงรักษาที่ได้ดำเนินการ

4.2.7 ข้อพิจารณาทางด้านจิตวิทยา (Psychological Considerations)

มีความแตกต่างอย่างมากระหว่างสถานการณ์แบบ “ไม่มีการป้องกันน้ำท่วมหรือการป้องกันน้ำท่วมแบบจำกัด (With No or Limited Flood Protection)” และแบบ “มีการป้องกันน้ำท่วมอย่างมีประสิทธิภาพ (With Significant Flood Protection)” ในสถานการณ์แรก ผู้อยู่อาศัยในพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมมักทราบกันดีว่าอะไรจะเกิดขึ้น พวกเขาคุ้นเคยกับการปรับตัวเพื่อรับมือกับเหตุการณ์น้ำท่วมที่เกิดขึ้นบ่อยครั้งโดยอาศัย “มาตรการไม่ใช่สิ่งก่อสร้าง (Non-Structural Measures)” และไม่ว่ากรณีใดพวกเขาจะตระหนักถึงภัยจากน้ำท่วม และเมื่อเกิดน้ำท่วมขึ้นจริง ความเสียหายที่เกิดขึ้นก็จะน้อยกว่าที่เราคาดว่าน่าจะเกิดสำหรับการลงทุนต่าง ๆ ในพื้นที่นั้น

เรื่องนี้จะเห็นภาพชัดเจนขึ้นในภาคผนวก A หัวข้อ A-2 : ในประเทศออสเตรเลีย แฟกเตอร์ปรับลด (Reduction Factors) ถูกนำมาใช้ในการคำนวณหามูลค่าความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นได้ (Potential Damage) สำหรับชุมชนที่มีประสบการณ์กับน้ำท่วมมาก่อน ในประเทศเนเธอร์แลนด์พบว่าหลังจากมีประสบการณ์กับเหตุการณ์น้ำท่วมในปี ค.ศ. 1993 ที่เกิดขึ้นในแม่น้ำ Meuse มาแล้ว มูลค่าความเสียหายที่เกิดจากเหตุการณ์น้ำท่วมในปี ค.ศ. 1995 ในพื้นที่เดียวกันมีค่าน้อยกว่าที่คาดการณ์ไว้อย่างมาก เมื่อพิจารณาจากระดับความลึกของน้ำท่วมและความเสียหายจากน้ำท่วมในปี ค.ศ. 1993

ความตระหนักรู้เกี่ยวกับน้ำท่วม (Flood Awareness) เป็นผลให้เจ้าหน้าที่และหน่วยงานภาครัฐเลือกใช้มาตรการที่ไม่ใช่สิ่งก่อสร้าง เป็นผลให้ช่วยลดค่าเสียหายและความทุกข์ยากที่ตามมา ทำให้เจ้าหน้าที่ภาครัฐและผู้ออกแบบระบบป้องกันน้ำท่วมสนับสนุนแนวคิด (สำหรับพื้นที่มีระบบการป้องกันน้ำท่วมแบบจำกัดเท่านั้น) ที่ว่าควรจะประสบเหตุการณ์น้ำท่วมสักครั้งในแต่ละชั่วอายุคน ซึ่งอาจบ่งบอกจากค่ารอบการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำหลากออกแบบที่ไม่เกิน 25–30 ปี ในประเด็นนี้มีข้อถกเถียงกันว่าปริมาณน้ำหลากออกแบบควรจะอยู่ระหว่าง 25–30 ปี หรือ 100 ปี หรือมากกว่านั้นดี

ข้อสรุปเพิ่มเติมจากแนวคิดนี้ก็คือ ในสถานการณ์หลังนั้น การใช้มาตรการที่ไม่ใช่สิ่งก่อสร้างซึ่งอยู่บนพื้นฐานของความตระหนักรู้เกี่ยวกับน้ำท่วมอาจไม่ได้ผลในทางปฏิบัติ มันเป็นไปได้ที่จะมีความตื่นตัว⁴ ต่อการเกิดน้ำท่วมเช่น การส่งเสริมให้มีการกันน้ำท่วม (Flood Proofing) กับบ้านพักอาศัย ถ้าหากว่าในใจของนักการเมืองและหน่วยงานภาครัฐทั่วไปไม่เชื่อว่าจะเกิดน้ำท่วมขึ้นในอนาคตอันใกล้นี้ (เหตุการณ์อย่างนี้ไม่เคยเกิดขึ้นและผมก็อายุมากแล้วนะ) ความเชื่อที่มีความปลอดภัยทั้ง ๆ ที่ไม่มีอยู่จริง (False Sense of Security) นั้น ได้นำมาซึ่งการพัฒนาที่ไม่เหมาะสมและไร้ขีดจำกัดในพื้นที่ป้องกัน โดยละเลยต่อความเสี่ยงภัยอย่างรุนแรง ที่ส่งผลกระทบต่อชีวิตมนุษย์และความเสียหายในเหตุการณ์น้ำท่วมที่มีขนาดใหญ่กว่าน้ำท่วมที่ได้ออกแบบไว้ ด้วยเหตุนี้ ในปัจจุบันมีแนวโน้มที่จะสนับสนุนแนวทางให้ใช้การวิเคราะห์บนฐานความเสี่ยง (Risk-Based Approach) (โดยพิจารณาว่าจะเกิดอะไรขึ้นหากเกิดเหตุการณ์น้ำท่วมเกินค่าปริมาณน้ำหลากออกแบบที่วางไว้) มากกว่าการใช้แนวทางกำหนดระดับการป้องกันมาตรฐาน (Standardized Protection Level Approach) ซึ่งผลที่ตามมาของแนวทางแบบหลังนี้ได้แสดงไว้ในกล่องข้อความ 4-2 สำหรับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในประเทศออสเตรเลีย

ข้อสรุปที่เป็นไปได้คือ จะเป็นการดีกว่าที่จะผสมผสานระหว่างงานทางวิศวกรรมโยธาในระดับกลาง ๆ ซึ่งมีประสิทธิภาพทางการเงิน (Financial Effectiveness) ในระดับกลาง (ดูรายละเอียดที่ได้กล่าวมาข้างต้น) เข้ากับมาตรการที่ไม่ใช่สิ่งก่อสร้าง (ดังตัวอย่างที่อธิบายไว้ใน ICID 1999) ซึ่งสำหรับแนวทางหลังนี้ยังได้รับการยอมรับจากนักสิ่งแวดล้อมและนักอนุรักษ์มากกว่าด้วย เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติเพียงเล็กน้อย

กล่องข้อความ 4-2
ผลที่ตามมาจากการป้องกันมาตรฐานที่ระดับสูง (The Consequences of Standardized High Level of Protection) หลักการบริหารจัดการพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงที่ใช้กันมาก่อนในประเทศออสเตรเลียให้ความสนใจในการเลือกระดับการป้องกันมาตรฐานที่ต้องการ (Standard Desired Level of Protection) ยกตัวอย่างเช่นในรัฐวิกตอเรีย ระดับของการป้องกันเพื่อพัฒนาที่อยู่อาศัยซึ่งกำหนดโดยพระราชบัญญัติในช่วงปี ค.ศ. 1970 ที่ 1% AEP และเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปว่า ระดับในการป้องกันที่มีความเหมาะสมสำหรับใช้ในพื้นที่ชนบท นิคมอุตสาหกรรม พื้นที่สันหนทางการ และอื่น ๆ จะแตกต่างกัน แนวคิดของการป้องกันที่ระดับมาตรฐานมีข้อไม่ดีหลายอย่าง ดังนี้

⁴ ด้วยวิธีต่าง ๆ ของแผนการอพยพ (Evacuation Schemes) และองค์กรบรรเทาทุกข์ (Relief Organizations)

- การพัฒนาที่อยู่อาศัยในพื้นที่ชนบทบางพื้นที่ และบางส่วนของพื้นที่เมือง ถูกน้ำท่วมบ่อยครั้งกว่าและสูงกว่าที่กำหนดไว้ตามระดับมาตรฐานที่ได้ แต่ชุมชนที่ได้รับผลกระทบนั้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ที่มีระบบการเตือนภัยที่ได้เตรียมการไว้อย่างเหมาะสม ในบางกรณีสามารถเรียนรู้ที่จะใช้ชีวิตอยู่กับน้ำท่วมได้ มีการพัฒนาแผนการอพยพไว้เป็นอย่างดี และสามารถลดความเสียหายให้น้อยที่สุด โดยพิจารณาว่าผลประโยชน์ต่าง ๆ ที่ได้ (ที่อยู่อาศัยราคาถูก สถานที่พักผ่อนที่น่าดึงดูดใจ พื้นที่เกษตรกรรมที่สามารถเพาะปลูกให้ผลผลิตได้ในแต่ละปีต่อน้ำท่วมบ้าง) มีค่ามากกว่าส่วนที่ไม่ใช่ผลประโยชน์ (Dis-Benefits) และการหยุดชะงักต่าง ๆ จากเหตุการณ์น้ำท่วม
- คันกันน้ำท่วม (Flood Embankments) สามารถสร้างขึ้นเพื่อใช้สำหรับป้องกันน้ำท่วมที่โอกาสความน่าจะเป็นที่กำหนด อย่างไรก็ตาม น้ำท่วมที่มีขนาดสูงกว่าจะไหลล้นข้ามคันออกไป ด้วยเหตุนี้ คันกันน้ำอาจให้ความรู้สึกด้านความปลอดภัยที่ผิดพลาดได้ (False Sense of Security) และอาจไปกระตุ้นให้เกิดการพัฒนาที่อยู่อาศัยหลังคันกันน้ำอย่างหนาแน่น น้ำท่วมที่ไหลล้นข้ามคันกันน้ำ (ที่มีความสูง) นี้อาจทำให้เกิดระดับน้ำท่วมสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว และสร้างความเสียหายและเป็นอันตรายกับชีวิตมากกว่าที่เคยเกิดขึ้น
- ในพื้นที่ชนบท รูปแบบการเกษตรที่ต่างกันต้องการระดับการป้องกันที่แตกต่างกันไปด้วย ยกตัวอย่างเช่น ถ้าในพื้นที่นั้นเป็นพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม เกษตรกรสามารถปลูกทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ซึ่งทนต่อน้ำท่วมได้และเตรียมการเคลื่อนย้ายที่เก็บผลผลิต เครื่องสูบน้ำชลประทาน ฯลฯ ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์อาจทนกับน้ำท่วมได้เพียงช่วงระยะสั้น ดังนั้น พารามิเตอร์ที่สำคัญน่าจะเป็นระยะเวลาที่น้ำท่วม (Flood Duration) มากกว่าจะเป็นความถี่ของการเกิดน้ำท่วม (Flood Frequency) รูปแบบการเกษตรอื่น ๆ เช่น การปลูกผัก หรือสวนผลไม้ อาจต้องการ การป้องกันน้ำท่วมในระดับที่สูงกว่า ฯลฯ
- อาจมีปัญหาทางการเมืองต่อการกำหนดระดับป้องกันมาตรฐานได้

4.2.8 ปัญหาทางการเมืองและความล้มเหลว (Political Problems and Failures)

เป็นเรื่องจริงที่จะพูดว่า ในหลาย ๆ ประเทศกระบวนการทางการเมืองมักประสบความล้มเหลวในการบริหารจัดการพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงอย่างเหมาะสม ซึ่งมีหลายเหตุผลที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์เหล่านี้

ประเด็นการวางแผนการบริหารจัดการพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง (Floodplain Management Planning Issues) เป็นเรื่องที่ทางการเมืองถือว่า “ไม่ได้อะไร” (Political “No-Win” Area) เพราะมันเป็นการ “ห้าม” การพัฒนาพื้นที่ และจะเป็นการกำหนดโซนให้พื้นที่ที่พัฒนาแล้วว่าเป็นพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม ซึ่งจะทำให้ราคาที่ดินและสิ่งปลูกสร้างลดลง (สมมติว่าผู้ซื้อไม่ทราบข้อมูลมาก่อน) นักการเมืองจะหลีกเลี่ยงการที่ต้องรับผิดชอบต่อการออกกฎระเบียบดังกล่าว

ตัวอย่างหนึ่งของผลจากปัญหานี้ (ในเมืองซิดนีย์ ประเทศออสเตรเลีย) คือ การปิดบังปัจจัยเสี่ยงต่อประชากรด้วยเหตุผลทางการเมือง หลายปีที่ผ่านมา ผลการสำรวจน้ำท่วมอย่างละเอียดแสดงให้เห็นว่าพื้นที่ขนาดใหญ่หลายพื้นที่ในชานเมืองด้านตะวันตกของเมืองซิดนีย์ที่ถูกพัฒนาให้เป็นพื้นที่อยู่อาศัย ต้องเผชิญกับเหตุการณ์น้ำท่วมที่มีโอกาสความน่าจะเป็นสูงกว่า 1% ซึ่งถ้าหาก “ระดับการป้องกันมาตรฐาน

(Standard Level of Protection)” (ดูกล่องข้อความ 4-2) ถูกนำมาใช้ปฏิบัติอย่างจริงจัง อสังหาริมทรัพย์ต่าง ๆ อาจถูกกำหนดให้อยู่ในพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม (Flood Prone) อย่างเป็นทางการ ซึ่งจะส่งผลทำให้มูลค่าตลาด (Market Value) ลดลง ซึ่งในทางทฤษฎีแล้วถือเป็นสิ่งที่ไม่สามารถยอมรับได้ และผลที่เกิดขึ้นคือ ข้อมูลสารสนเทศ (Information) และแผนที่น้ำท่วม (Flood Map) ถูกปิดบังจาก (การรับรู้ของ) ประชาชนโดยทั่วไปของเมืองซิดนีย์ (General Public of Sydney) เป็นเวลานานกว่าหลายปี

ในทางกลับกัน หลังจากเหตุการณ์น้ำท่วมใหญ่ นักการเมืองรักที่จะเป็นผู้รับผิดชอบต่อการเป็นผู้ให้ความช่วยเหลือในการบรรเทาความเสียหายแก่ผู้ประสบภัยเหล่านั้นซึ่งกลายเป็นคนไร้บ้าน หรือต้องล้มละลายจากภัยน้ำท่วม นี่เป็นเรื่องจริงแม้ว่าสาเหตุของความโชคร้ายส่วนหนึ่งหรือทั้งหมดก็เกิดจากการเพิกเฉยต่อข้อมูลสารสนเทศที่มีอยู่ การรับความเสี่ยงอย่างไร้เหตุผล หรือแม้แต่เพิกเฉยการร้องเรียนไปยังนักการเมืองเพื่อให้ยับยั้งการตัดสินใจที่จะหยุดยั้งการพัฒนาซึ่งต่อมาจะต้องได้รับความเสียหายจากน้ำท่วม

เนื่องจากการบริหารจัดการพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง (Floodplain Management) นั้นที่จริงแล้วเป็นงานควบคุมกำกับดูแล ซึ่งต้องดำเนินการโดยหน่วยงานต่าง ๆ ที่ขึ้นต่อนักการเมือง โดยทั่วไปแล้วหน่วยงานเหล่านั้นมักจะมีผู้จัดการพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงที่มีความเชี่ยวชาญทางเทคนิค แต่อย่างไรก็ดี พวกเขามักมีความใกล้ชิดกับรัฐบาลจนเกินไปจนไม่อยู่ในฐานะที่จะวิพากษ์วิจารณ์การตัดสินใจทางการเมืองได้อย่างเปิดเผย

โชคดีที่การพัฒนาในปัจจุบันจำนวนหนึ่งในบางประเทศมีแนวโน้มที่จะแก้ปัญหาความยุ่งยากที่ได้กล่าวมาข้างต้นนี้ อาจเนื่องจากการบริหารจัดการพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงไม่เป็นที่ดึงดูดใจในทางการเมือง หรือในบางครั้งบทบาทของรัฐบาลโดยทั่วไปจะถูกลดลง ส่งผลให้การบริหารจัดการพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงถูกผลักออกจากรัฐบาลกลาง/รัฐบาลแห่งรัฐ (Central/State Governments) ไปยังรัฐบาลส่วนท้องถิ่น (Local Governments) ในหลาย ๆ ประเทศ ซึ่งรัฐบาลส่วนท้องถิ่นมีแนวโน้มหรือสามารถที่จะเปิดเผยข้อวิจารณ์ที่มีต่อรัฐบาลกลาง/รัฐบาลแห่งรัฐได้มากกว่าหน่วยงานระดับจังหวัดหรือหน่วยงานของรัฐ (Provincial or State Agencies)

ธุรกิจประกันภัยเริ่มตระหนักเพิ่มขึ้นมากถึงตลาดที่อาจเกิดขึ้นในการประกันภัยน้ำท่วม⁵ จากการตรวจสอบได้ชี้ให้เห็นความล้มเหลวของรัฐบาลแห่งรัฐและสหพันธรัฐ (State and Federal Government) ในการดำเนินงาน และเรียกร้องอย่างแข็งกร้าวให้เปิดเผยข้อมูลความเสี่ยงต่อน้ำท่วมต่อสาธารณะและให้รัฐบาลเข้าแก้ไขปัญหาความเสี่ยนั้น ๆ

⁵ John Parker แห่งสมาคมผู้ประกันภัยของอังกฤษ (Association of British Insurer, ABI) จากการนำเสนอเมื่อเร็ว ๆ นี้ (Parker, 2001 และยังถูกอ้างอิงไว้ในบทที่ 3) ได้กล่าวว่า ผู้ประกันภัยอยากเห็นแนวทางการควบคุมการวางแผนที่น่าพึงพอใจเพื่อสร้างความเชื่อมั่นถึงสันนิษฐานจากการพัฒนาใหม่ในพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงจนกว่าแนวทางที่เหมาะสมและยั่งยืนจะเข้ามาแทนที่ (เพื่อสร้างความเชื่อมั่นถึงแนวทางการควบคุมค่าใช้จ่ายในอนาคต) เคยยังได้สอบถามเพิ่มเติมถึงการเตรียมการที่เหมาะสม...ที่กำหนดในพื้นที่การบำรุงรักษาสสิ่งป้องกัน และ “แนะนำถึงอารัมภบทของทิศทางการเกิดน้ำท่วม (ในประเทศอังกฤษ)”

นอกจากนี้ ปริมาณข้อมูลในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่มีอยู่จำนวนมากก็สร้างความยุ่งยากมากขึ้นในการที่จะปกปิดข้อมูลสารสนเทศเหล่านั้น องค์กรที่ไม่ใช่ภาครัฐซึ่งมีความเชี่ยวชาญและสนใจ (Informed Non-Government Interests) สามารถที่จะเข้าถึงคลังข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์แผนที่ที่ใช้วางแผน (Planning Overlays) ข้อมูลทางอุทกวิทยา (Hydrologic Information) และอื่น ๆ ได้ด้วยค่าใช้จ่ายไม่สูงนัก โดยสรุป การเคลื่อนไหวของข้อมูลสารสนเทศที่เพิ่มขึ้นบังคับให้รัฐบาลต้องเพิ่มความรับผิดชอบมากขึ้นด้วย

4.2.9 ข้อจำกัดทางธรรมชาติ (Natural Constraints)

ผู้ออกแบบมาตรการควบคุมน้ำท่วมต่าง ๆ จำเป็นต้องตระหนักถึงข้อจำกัดทางธรรมชาติ ยกตัวอย่างเช่น ความเป็นไปได้หรือไม่ที่มีการไม่ประสานกันของระดับสันของคันกันน้ำ หรือตำแหน่งของคันกันน้ำต่าง ๆ ในแนวราบจะไม่อยู่ในแนวเดียวกัน เนื่องจากลักษณะทางอุทกวิทยาและภูมิประเทศของพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง ซึ่งอาจจะทำให้การป้องกันทำได้เพียงแค่เปลี่ยนตำแหน่งความเสียหายจากพื้นที่หนึ่ง/เกษตรกรรมหนึ่งไปยังอีกพื้นที่หนึ่ง/อีกเกษตรกรรมหนึ่ง โดยไม่ได้แก้ปัญหาก็แท้จริง ซึ่งจะทำให้มีความขัดแย้งระหว่างผู้อยู่อาศัยในพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงเพิ่มสูงขึ้น องค์กรสาธารณะซึ่งเป็นกลางซึ่งไม่มีส่วนได้ส่วนเสียในพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง ควรเป็นผู้รับผิดชอบในการวางแผนและดำเนินงานคันกันน้ำ (Levee Planning and Implementation)

สภาวะทางธรรมชาติในบางที่ยังอาจพบว่า การใช้มาตรการควบคุมน้ำท่วมที่ใช้สิ่งก่อสร้างนั้นแทบจะเป็นไปไม่ได้ และมีเพียงมาตรการที่ไม่ใช้สิ่งก่อสร้างเท่านั้นที่จะช่วยแก้ปัญหา (บางส่วนของ) ภัยน้ำท่วมได้ ซึ่งสถานการณ์ดังกล่าวได้อธิบายไว้ในกล่องข้อความ 4-3

กล่องข้อความ 4-3
กรณีศึกษา : พื้นที่ราบน้ำท่วมถึง Hawkesbury Nepean, New South Wales, ประเทศออสเตรเลีย (Case Study : Hawkesbury Nepean Flood plain, New South Wales, Australia)
พื้นที่ราบน้ำท่วมถึง Hawkesbury Nepean ประสบปัญหาน้ำท่วมที่รุนแรงมากผิดปกติ เนื่องจากภูมิประเทศของพื้นที่ที่มีลักษณะเฉพาะ ด้านท้ายของพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงมีลักษณะเป็นช่องเขาแคบทำให้ไม่สามารถยอมให้อัตราการไหลของน้ำที่เกิดขึ้นสูงในช่วงเหตุการณ์น้ำท่วมใหญ่ผ่านไปได้ ซึ่งหมายถึงในช่วงน้ำท่วมใหญ่ ความลึกของน้ำที่เกิดขึ้นในพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงนั้นจะสูงกว่าที่คาดการณ์จากการต่อข้อมูล (Extrapolation) จากเหตุการณ์น้ำท่วมที่มีขนาดเล็กกว่า ในช่วงน้ำท่วมใหญ่ตัวเมือง Richmond และ Windsor และเมืองที่มีขนาดเล็กกว่าจำนวนมากถูกน้ำท่วมลึกมาก และก่อนที่น้ำจะท่วมเต็มที่นี่ น้ำได้ท่วมล้อมบางส่วนของจนกลายเป็นเกาะซึ่งทำให้การอพยพออกจากพื้นที่ทางพื้นดิน (Land Based Evacuation) ไม่สามารถทำได้ สถานการณ์มีความซับซ้อนขึ้นเนื่องจากมีเขื่อนขนาดใหญ่ตั้งอยู่ทางด้านเหนือของพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง เพื่อยกระดับมาตรฐานด้านความปลอดภัยให้ทำสูงขึ้น การติดตั้งทางระบายน้ำล้นใช้การใหม่ (New

Auxiliary Spillway) สามารถลดและบรรเทาผลกระทบของเขื่อนระหว่างน้ำท่วมรุนแรงได้ แต่ไม่ใช่ในเหตุการณ์น้ำท่วมสูงสุด การตรวจสอบที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงระบบป้องกันน้ำท่วมได้แสดงให้เห็นว่า เนื่องจากลักษณะภูมิประเทศจึงเป็นไปได้ยากที่จะสามารถป้องกันประชาชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงได้อย่างเพียงพอด้วยการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของน้ำท่วม (Flood Behavior) หรือด้วยงานก่อสร้างอย่างคั่นกันน้ำล้นตลิ่ง (Levee Banks)

ในขณะที่ความเสียหายที่เกิดกับทรัพย์สินที่อยู่อาศัยจากเหตุการณ์น้ำท่วมใหญ่ที่ไม่ได้เกิดขึ้นบ่อยนั้น (เกิน 1% AEP) สามารถยอมรับได้ในแง่ของการวางแผน (Planning Term) แต่การสูญเสียชีวิตจำนวนมากจากเหตุการณ์น้ำท่วมเหล่านี้ไม่สามารถยอมรับได้ ด้วยเหตุนี้ หนึ่งในวัตถุประสงค์หลักของกลยุทธ์การบริหารจัดการพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง Hawkesbury–Nepean (Hawkesbury–Nepean Floodplain Management Strategy) ก็คือ การปกป้องประชาชนด้วยการจัดเตรียมเส้นทางอพยพน้ำท่วม (Flood Evacuation Routes) และแผนอพยพน้ำท่วม (Flood Evacuation Plans) ให้มีความเหมาะสมกับเหตุการณ์น้ำท่วมใหญ่

คำถามต่าง ๆ ที่ต้องเผชิญประกอบด้วย :

- จะต้องมีความซ้ำซ้อน (Level of Redundancy) ของเส้นทางอพยพที่จำเป็นอยู่ในระดับใด จึงจะยอมให้ปิดเส้นทางชั่วคราวได้อันเนื่องจากเหตุการณ์ เช่น การพังทลายของคั่นกันน้ำหรืออุบัติเหตุจลาจล ?
- โอกาสความน่าจะเป็นและความรุนแรงของพายุฝนที่ใช้ในการออกแบบควรอยู่ที่ระดับใด เพื่อพิสูจน์ว่าจะใช้เป็นเส้นทางอพยพระหว่างเกิดเหตุการณ์น้ำท่วมในพื้นที่ได้ (ได้ถูกแนะนำค่าไว้ที่ 0.2% AEP) ?
- จะยอมให้การจราจรที่สามารถเข้าถึงพื้นที่อพยพมีปริมาณมากน้อยแค่ไหนก่อนที่ปริมาณการจราจรที่เข้าไปในพื้นที่ กลับเป็นอุปสรรคแก่การอพยพเสียเอง ?
- ระดับน้ำท่วมจะเพิ่มสูงขึ้นรวดเร็วมากน้อยแค่ไหน การอพยพควรจะเริ่มเมื่อใดหากได้ทำการตัดสินใจให้อพยพแล้ว และการอพยพใช้เวลาานแค่ไหน ?
- ในการวางแผนอพยพ (Evacuation Planning) จะยอมให้มีการใช้เส้นทางอพยพทุกช่องทางจราจร สำหรับการจราจรขาออก (Outbound Traffic) หรือไม่ ซึ่งจะเป็นการปฏิเสธพาหนะเข้า (Inbound Vehicles) ไม่ให้ใช้พื้นที่ถนนทั้งหมด ?
- ในการออกแบบเส้นทางอพยพ ควรให้เผื่อเส้นทางไว้ในแผนการพัฒนาเมืองในพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงในอนาคตอย่างไร ?

เนื่องจากความไม่แน่นอนของการพยากรณ์น้ำท่วม และเวลาที่ต้องการสำหรับการอพยพ บางครั้งจึงพบว่า ขณะที่เริ่มจะทำการอพยพก็พบว่าไม่จำเป็นต้องทำการอพยพเสียแล้ว ซึ่งเรื่องนี้อาจก่อให้เกิดปัญหาและเป็นอุปสรรคต่อการยอมรับของชุมชน (Community Acceptance) ได้

ถึงแม้จะมีข้อเสียต่าง ๆ แต่การยกระดับที่สำคัญและมีราคาแพงของเส้นทางอพยพต่าง ๆ (80 ล้านเหรียญสหรัฐ) ก็ถือเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการป้องกันน้ำท่วมที่เหมาะสมสำหรับผู้อยู่อาศัยในพื้นที่ราบน้ำ

ท่วมถึง Hawkesbury–Nepean และการออกแบบเส้นทางอพยพมีความก้าวหน้าไปมากแล้ว (สถานการณ์กลางปี ค.ศ. 2000)

4.3 ระดับการป้องกันที่ต้องการ (Desired Level of Protection)

จากตารางที่ 4-2 แสดงให้เห็นว่าความปลอดภัยสมบูรณ์ (Absolute Safety) จากการเกิดน้ำท่วมไม่ปรากฏอยู่จริง ถึงแม้ว่าจะมีระดับการป้องกันที่สูง แต่น้ำท่วมอาจเกิดขึ้นได้อีกในปัดไป ความปลอดภัยจึงเป็นความรู้สึกที่รับรู้ได้แตกต่างกันไปตามแต่กิจกรรมมนุษย์ ยกตัวอย่างเช่น การรับรู้ถึงความปลอดภัยในการจราจรจะแตกต่างกันอย่างสิ้นเชิงกับความปลอดภัยในขณะเกิดน้ำท่วม และในทางสถิติแล้ว คนที่อยู่ในเส้นทางจราจรมักมีอันตรายสูงกว่าตอนที่อยู่ในพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงมาก อย่างไรก็ตาม นี่คงไม่ใช่เหตุผลที่จะทิ้งรถไว้ในโรงรถ

ตารางที่ 4-2 รอบการเกิดซ้ำ (ปี) ของระดับน้ำสูงสุด/น้ำท่วมที่ใช้ในการออกแบบงานป้องกันน้ำท่วมในประเทศต่าง ๆ⁶

ประเทศ	เงื่อนไข/รายการ	พื้นที่เกษตรกรรม	พื้นที่อยู่อาศัย/ อุตสาหกรรม
ออสเตรเลีย (วิกตอเรีย)			100
บังคลาเทศ		10–25	ไม่ทราบค่า
แคนาดา	การพัฒนาที่อยู่อาศัย (Residential Development) อาคารโครงสร้างพื้นฐานที่ จำเป็น (Life Line Structures) อาคารโครงสร้างพื้นฐานที่ จำเป็นสูงมาก (Vital Life Line Structures)		
เยอรมัน		15–25	50–100
ฮังการี		100	1000
เนเธอร์แลนด์	การเกิดน้ำท่วมจากทะเล (Flooding from Sea) การเกิดน้ำท่วมจากแม่น้ำ (Flooding from River) การเกิดน้ำท่วมเขตเชื่อมต่อ (Flooding in Transition Zone)	4,000 1,250 2,000	10,000 1,250 2,000
สเปน	ถนน	10–25	125–500

⁶ ตัวเลขที่ให้มาส่วนหนึ่งเป็นข้อมูลที่ไม่ได้รับการยืนยันและแสดงไว้ในเอกสารตีพิมพ์อย่างชัดเจน

ประเทศ	เงื่อนไข/รายการ	พื้นที่เกษตรกรรม	พื้นที่อยู่อาศัย/ อุตสาหกรรม
		50-75	
สวิตเซอร์แลนด์		5-20 10-50	50-“EHQ” 100-“EHQ”
สหราชอาณาจักร			น้อยกว่า 100
สหรัฐอเมริกา			มากกว่า 100

ในอีกแง่หนึ่ง ระดับการป้องกันต่อเหตุการณ์น้ำท่วมซึ่งเรายอมรับได้ ในด้านหนึ่งเป็นผลลัพธ์ของการประเมินทางการเมือง-สังคม (Political-Societal Evaluation) ของต้นทุน (Cost) (ในวงกว้าง) ที่ต้องการสำหรับการดำเนินการตามมาตรการควบคุมน้ำท่วมต่าง ๆ และในอีกด้านหนึ่งคือผลประโยชน์คาดการณ์ (Expected Benefit) ซึ่งทั้งความรู้สึกและอัตราส่วนของต้นทุนและผลประโยชน์ต่างก็มีความสำคัญในการประเมินนี้ ยิ่งไปกว่านั้น การประเมินทางการเมือง (Political Evaluation) ซึ่งประกอบด้วยหลายมุมมองที่ไม่เพียงแต่เฉพาะการควบคุมน้ำท่วม ยังส่งผลให้เกิดการประนีประนอมและไม่จำเป็นต้องกำหนดการป้องกันน้ำท่วมที่ระดับสูงสุด

โดยทั่วไปแล้ว อาจกล่าวได้ว่าสังคมจะต้องการให้มีการป้องกันน้ำท่วมเพิ่มเติมและดีกว่าเดิมหาก (a) มีชีวิตของมนุษย์อยู่ในภาวะอันตราย และ (b) เกิดเหตุการณ์น้ำท่วมซึ่งเคยมีประสบการณ์ว่าส่งผลกระทบต่อการใช้ชีวิตประจำวันในลักษณะที่ไม่สามารถยอมรับได้ จริง ๆ แล้วระดับการป้องกันที่จะให้จัดทำขึ้น (อย่างแรกคือสำหรับระดับการป้องกันที่ต่ำกว่าจนกระทั่งถึงรอบการเกิดซ้ำ 50 ปี) เป็นเรื่องของเศรษฐศาสตร์ที่ต้นทุน (Cost) ที่จ่ายไปจะแบกรับได้ด้วยผลประโยชน์ (Benefit) ที่ได้หรือไม่ หลังจาก ได้จัดทำระบบป้องกันน้ำท่วมที่คุ้มทุนตามหลักเศรษฐศาสตร์เหล่านั้นแล้ว การจัดทำระบบป้องกันส่วนเพิ่มเติม (Additional Protection) (ซึ่งในมุมมองตามหลักเศรษฐศาสตร์นั้นทำให้ผลประโยชน์ส่วนเพิ่มน้อย) ถือเป็นเรื่องฟุ่มเฟือย สังคมที่เกี่ยวข้องสามารถสนับสนุนเงินบางส่วน เพื่อการจัดทำระบบควบคุมน้ำท่วมเพิ่มเติมได้⁷ แนวทางดังกล่าวนี้ใช้เรื่องใหม่ : คนมีฐานะย่อมจะสามารถซื้อรถยนต์ใหญ่ที่มีราคาแพงกว่าคนที่มียาได้ปานกลาง

สามารถอธิบายตามที่กล่าวมานี้ได้ด้วยการเปรียบเทียบรอบการเกิดซ้ำที่ใช้ในประเทศเนเธอร์แลนด์และบังคลาเทศ ตามลำดับ (ตารางที่ 4-2) ในทั้งสองกรณีเกี่ยวข้องกับประเทศที่มีประชากรอาศัยอยู่อย่างหนาแน่นในพื้นที่ดินดอนสามเหลี่ยมปากแม่น้ำขนาดใหญ่หลาย ๆ แห่ง และทั้งสองกรณีนี้อันตรายจากการสูญเสียชีวิตของมนุษย์เกิดขึ้นจากทะเลมากกว่าแม่น้ำเหล่านี้ค่อนข้างมาก อย่างไรก็ตาม ปริมาณ GNP⁸ ในประเทศเนเธอร์แลนด์คิดเป็น 27,000 เหรียญสหรัฐต่อคน ในขณะที่ประเทศบังคลาเทศมีปริมาณ GNP เท่ากับ 360 เหรียญสหรัฐต่อคน และเช่นเดียวกับที่พบเห็นได้ในประเทศอื่น ๆ หลายประเทศ คนในประเทศบังคลาเทศได้เรียนรู้ที่จะใช้ชีวิตอยู่กับน้ำท่วม (To Live with Floods) ในขณะที่

⁷ เช่น มีบ้านหลังที่สองในพื้นที่อื่น หรือมีรถคันที่สองในครอบครัว

⁸ ในปัจจุบัน GNP ยังเรียกอีกอย่างว่า GNI (Gross National Income)

คนในประเทศเนเธอร์แลนด์ไม่ต้องการที่จะใช้ชีวิตอยู่กับน้ำท่วมอีกแล้ว และ (ที่มีความสำคัญกว่ามากก็คือ!) จนกระทั่งในปัจจุบันพวกเขายังสามารถยืนหยัดกับหลักการนี้

แน่นอนว่าข้อสรุปข้างต้นเป็นการสรุปที่ทำให้ง่ายเกินไปเพราะ :

- ในประเทศบังคลาเทศ การรวมกันของปริมาณน้ำไหลเข้ามาในประเทศในช่วงฤดูฝนจากแม่น้ำต่าง ๆ และปริมาณฝนที่ตกหนักในพื้นที่ ทำให้เป็นไปได้ที่จะควบคุมและรักษาระดับของน้ำท่วมให้เป็นผลสำเร็จได้เหมือนกับในประเทศเนเธอร์แลนด์
- ขนาดพื้นที่ปากแม่น้ำและระดับพื้นที่ต่ำของหมู่เกาะและพื้นที่ราบโคลนบริเวณชายฝั่งที่มีประชากรหนาแน่น ทำให้เป็นไปได้ยากที่ประเทศบังคลาเทศจะรับมือกับระดับน้ำที่สูงขึ้นจากพายุไซโคลนด้วยการสร้าง “โครงการในพื้นที่ดินดอน (Delta Project)” เหมือนกับในประเทศเนเธอร์แลนด์หลังจากเกิดคลื่นพายุซัดฝั่งขึ้นในปี ค.ศ. 1953

จากข้อพิจารณาต่าง ๆ ที่ให้ไว้ในหัวข้อ 4.2 และที่ได้กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่าเป็นไปได้ยากที่จะให้เสนอแนะที่ชัดเจนลงไปเกี่ยวกับระดับการป้องกันที่ต้องการ เนื่องจากมีข้อพิจารณาต่าง ๆ ในหลายแง่มุมที่ควรนำมาพิจารณาและสถานการณ์มักแตกต่างกันค่อนข้างมาก ในแต่ละประเทศในแต่ละลุ่มน้ำ ในการสร้างตารางที่มีตัวเลขต่าง ๆ ชัดเจน อย่างไรก็ตาม จากข้อมูลตัวเลขในตารางที่ 4-2 และตามที่ได้อธิบายไว้ก่อนหน้านี้ สามารถให้ข้อสรุปอย่างปลอดภัยได้ว่า

- ข้อพิจารณาทางเศรษฐศาสตร์⁹ เป็นข้อแรกที่จะเป็นตัวกำหนดค่ารอบการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำหลากออกแบบ
- โดยปกติแล้ว พื้นที่ชนบทจะได้รับการป้องกันจากปริมาณน้ำหลากออกแบบที่มีรอบการเกิดซ้ำในช่วงตั้งแต่ 10-25 ปี หรือ 100 ปี
- พื้นที่พัฒนาที่อยู่อาศัยและอุตสาหกรรมจะได้รับการป้องกันโดยพิจารณาการเกิดซ้ำตั้งแต่ 100-500 ปี
- หากความน่าเชื่อถือของข้อมูลพื้นฐานมีลักษณะคลุมเครือ และ/หรือการเกิดน้ำท่วมส่งผลทำให้เกิดการสูญเสียชีวิตมนุษย์จำนวนมาก รอบการเกิดซ้ำที่กำหนดควรมีค่าสูงกว่ามากในประเทศเนเธอร์แลนด์ได้กำหนดรอบการเกิดซ้ำที่ 10,000 ปี สำหรับพื้นที่ลุ่มต่ำที่มีความหนาแน่นของประชากรสูง โดยข้อเท็จจริงแล้วในหลายประเทศส่วนใหญ่เขื่อนและอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ ใช้ค่าปริมาณน้ำหลากออกแบบที่ค่ารอบการเกิดซ้ำ 10,000 ปี

ในกรณีส่วนใหญ่ตามที่ได้อธิบายไว้ข้างต้น “ระดับป้องกัน (Degree of Protection)” ขึ้นอยู่กับโอกาสความน่าจะเป็นแบบมากกว่า (Probability of Exceedance) ของค่าระดับน้ำที่กำหนดทางด้านเหนือของคันกันน้ำ และ/หรืออัตราการไหลของน้ำสูงสุด (Peak Discharge) ในแม่น้ำที่จุดที่สนใจ ใน

⁹ อย่างไรก็ตาม ผู้ประกันภัยอาจมีแนวคิดอย่างแน่วแน่ในประเด็นนี้ : Parker (2001) กล่าวไว้ว่าพื้นที่ใดก็ตามที่มีความเสี่ยงของการเกิดน้ำท่วมมากกว่า 0.5% (เช่น รอบการเกิดซ้ำ 200 ปี) ควรพิจารณาว่าเป็นพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูง (High Risk) ในความเห็นของเขาหากยอมให้มีการก่อสร้างอาคารในพื้นที่เหล่านี้ ควรกำหนดค่าโอกาสความน่าจะเป็นของการเกิดน้ำท่วมที่รอบการเกิดซ้ำ 200 ปี”

กรณีของคันกันน้ำ ความไม่แน่นอนอื่น ๆ จะถูกแปลความหมายไปในรูปแบบของระยะเผื่อน้ำล้นและหน้าตัดของคันกันน้ำ อย่างไรก็ตาม ในประเทศเนเธอร์แลนด์มีความคิดว่าวิธีการนี้ไม่ถูกต้อง เพราะอาจทำให้ระบบการป้องกันน้ำท่วมได้รับการออกแบบทั้งในลักษณะ “Under-Design” และ Over-Design” ได้ กล่องข้อความ 4-4 ให้รายละเอียดเพิ่มเติมของวิธีการใหม่นี้

กล่องข้อความ 4-4
จากโอกาสความน่าจะเป็นแบบมากกว่าของระดับน้ำไปเป็นโอกาสความน่าจะเป็นของการเกิดน้ำท่วม (From Probability of Exceedance of Water Level to Probability of Flooding) แนวคิดเรื่องความปลอดภัยในปัจจุบันของคันกันน้ำท่วม (Present Safety Concept for Flood Embankment) ในประเทศเนเธอร์แลนด์โดยข้อเท็จจริงแล้วเป็นแนวทางที่ได้มาจากผลการปฏิบัติ (Practical Approach) ทุกช่วงของคันกันน้ำท่วมจะถูกออกแบบมาให้สามารถป้องกันที่ระดับน้ำออกแบบ (Design Water Level) หนึ่ง ระดับน้ำออกแบบนี้ (ในแต่ละพื้นที่) เป็นผลจากโอกาสความน่าจะเป็นแบบมากกว่า (ที่สามารถประยุกต์ในพื้นที่นั้น) ของอัตราการไหลของน้ำสูงสุด (Peak Discharge) ในแม่น้ำที่สนใจ ซึ่งไหลผ่านขอบเขตพื้นที่หรือระดับน้ำสูงสุดในทะเล โอกาสความน่าจะเป็นที่ว่านี้ผันแปรอยู่ระหว่าง 1/1,250 และ 1/10,000 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะต่าง ๆ ของพื้นที่ที่สนใจ (ดูตารางที่ 4-2) อย่างไรก็ตาม น้ำท่วมจะยังไม่เกิดขึ้น ถึงน้ำแม้จะสูงถึงค่าระดับน้ำออกแบบก็ตาม เนื่องจากมีส่วนเผื่อของความปลอดภัย (Safety Margins) ที่ใช้ในการออกแบบ หนึ่งในนั้นคือ ระยะเผื่อน้ำล้น (Freeboard) ซึ่งถูกกำหนดโดย (1) ความจำเป็นของการใช้งานบนสันของคันกันน้ำในระหว่างที่มีระดับน้ำสูง (2) การเพิ่มสูงขึ้นของระดับน้ำจากคลื่นกระแทก (Wave Run Up) และ (3) ความไม่แน่นอนในการคำนวณค่าระดับน้ำออกแบบ ซึ่งทำให้รู้สึกได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าระดับน้ำออกแบบ (Design Water Level) ในแง่หนึ่ง กับการเกิดน้ำท่วมจริง (Actual Flooding) ในอีกแง่หนึ่งนั้นไม่ชัดเจนและกำกวม มันสามารถพิจารณาได้ว่า • การเกิดน้ำท่วมในพื้นที่เกิดขึ้นจากความล้มเหลวในการทำหน้าที่กั้นน้ำของคันกันน้ำท่วม หรือจากความล้มเหลวของโครงสร้างที่สร้างอยู่ในแนวคัน • พื้นที่ (Area) ในกรณีนี้ สามารถให้คำนิยามว่าเป็นพื้นที่ที่ปิดล้อมด้วยส่วนของคันกันน้ำท่วมที่เป็นวงแหวนต่อเนื่อง (หรืออาจเรียกว่า คันวงแหวน (Dike Ring)) • ความไม่แน่นอนทั้งหมดจะต้องถูกรวมไว้ใน การคำนวณโอกาสความน่าจะเป็นของการเกิดน้ำท่วมอย่างเป็นระบบและสามารถควบคุมได้ ในการคำนวณโอกาสความน่าจะเป็นของการเกิดน้ำท่วม นั้น จำเป็นต้องพิจารณาสถานการณ์ความล้มเหลว (Failure Scenario) ดังต่อไปนี้

- ส่วนของคันกันน้ำ (Embankment Section)
 - การไหลข้ามและการไหลล้นสันคันกันน้ำ
 - การเลื่อนไหลที่ลาดคันด้านนอกหรือลาดคันด้านใน
 - การกัดเซาะที่ขึ้นป้องกันตามแนวลาดชัน (เช่น หลุม หินทิ้ง ฯลฯ)
 - การเกิดรูโพรงและน้ำไหลลอดคัน (Piping)
- ส่วนโครงสร้างอื่น ๆ (เช่น ทางระบายน้ำ (sluice) สถานีสูบน้ำ ฯลฯ)
 - การไหลข้ามและการไหลล้นโครงสร้าง
 - การพังทลายของฐานรากอันเนื่องมาจากกระแสน้ำสูง การเกิดคลื่น การทรุดตัวอย่างรุนแรง
 - การเกิดโพรงท่อและการรั่วซึมบริเวณใต้โครงสร้างหรือตามแนวด้านข้างของโครงสร้าง
 - การปิดประตู/วาล์วควบคุมของโครงสร้างไม่ทันเวลาซึ่งส่งผลให้มีปริมาณน้ำไหลเข้าไปในคันวงแหวน (Dike Ring)

ความไม่แน่นอนต่อไปนี้จะถูกนำมาคิดในการคำนวณโอกาสความน่าจะเป็นของการเกิดน้ำท่วม

- ความไม่แน่นอนตามธรรมชาติ (Natural Uncertainties) เช่น อัตราการขึ้นน้ำที่ต่างกันของดินชั้นล่าง
- ความไม่แน่นอนของการสร้างแบบจำลอง (Modelling Uncertainties) เนื่องจากการกำหนดรูปแบบ (Schematizations)
- ความไม่แน่นอนทางสถิติ (Statistical Uncertainties) เนื่องจากการขาดข้อมูลพื้นฐาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการคาดการณ์ด้วยวิธีต่อข้อมูล (Extrapolations)

ที่ผ่านมา วิธีใหม่นี้ได้ถูกนำมาใช้ทดสอบในพื้นที่คันวงแหวน 4 แห่ง ซึ่งมีและจุดที่มีค่าโอกาสความน่าจะเป็นแบบมากกว่าของระดับน้ำออกแบบและขนาดต่าง ๆ กัน และปัจจุบันนี้กำลังมีการศึกษาในพื้นที่คันวงแหวนอีก 53 จุดในประเทศเนเธอร์แลนด์

4.4 วิธีการบริหารจัดการความเสี่ยง (Risk Management Approach)

ข้อพิจารณาต่าง ๆ ที่ได้อธิบายไว้อย่างละเอียดในหัวข้อ 4.2 และ 4.3 ได้ทำให้หลายประเทศเห็นได้วามันอาจจะไม่เหมาะสม (หรือเป็นเรื่องไม่ฉลาดในทางการเมือง) ที่จะกำหนดค่ามาตรฐานของระดับการป้องกันที่ต้องการ กระบวนการวางแผนการบริหารจัดการพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงที่ดีกว่าจะขึ้นอยู่กับการบริหารจัดการความเสี่ยง (Risk Management) เช่น การกำหนดค่าความเสี่ยงและการบริหารจัดการความเสี่ยงที่สัมพันธ์กับอาชีพของคนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง ความแตกต่างที่สำคัญระหว่างวิธีการบริหารจัดการความเสี่ยง (Risk Management Approach) และการให้ความสนใจเกี่ยวกับระดับมาตรฐานของการป้องกันก็คือ การบริหารจัดการความเสี่ยงต้องมีการประเมินน้ำท่วมอย่างเต็มรูปแบบทุก ๆ ช่วงค่ากระแทกถึง PMF แนวทางการบริหารจัดการความเสี่ยงยังจะต้องมีการปรึกษาหารืออย่างกว้างขวางกับชุมชนที่ได้รับผลกระทบและเป็นข้อตัดสินใจจากชุมชนเองถึงลักษณะความเสี่ยงที่ยอมรับได้ด้วยตัวอย่างของวิธีการบริหารจัดการความเสี่ยงเหล่านั้นได้แสดงไว้ในกล่องข้อความ 4-5

กล่องข้อความ 4-5

กรณีศึกษาด้านแนวทางการบริหารจัดการความเสี่ยงใน Euroa (วิกตอเรีย ออสเตรเลีย) (Case Study on Risk Management Approach in Euroa (Victoria, Australia))

Euroa เป็นเมืองเล็ก ๆ ในชนบทของรัฐวิกตอเรีย และตั้งอยู่ในพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงระหว่างลำธาร Seven Creeks) (ซึ่งเป็นลำธารเดียวที่ไหลผ่านเมือง) และ Castle Creek/ลำธาร Seven Creeks ไหลผ่านเมืองใกล้ฝั่งตะวันออก และลำธาร Castle Creek ไหลขนานกันไปทางฝั่งตะวันตกของเมือง น้ำท่วมในปี ค.ศ. 1992 (ประมาณ 8% AEP สำหรับลำธาร Seven Creeks และ 2.5% AEP ลำธารสำหรับ Castle Creek) เป็นสาเหตุของการเกิดน้ำท่วมใหญ่ น้ำท่วมขนาดใหญ่กว่า (ประมาณ 3% AEP ของทั้ง 2 ลำน้ำ) เกิดขึ้นในปี ค.ศ. 1993 ได้เข้าท่วมบางส่วนของทรัพย์สินที่มีผู้ครอบครองกว่า 700 หลัง และสร้างความเสียหายถึง 1.4 ล้านดอลลาร์ออสเตรเลีย จากเหตุการณ์น้ำท่วมดังกล่าวนี้มีการประมาณการว่าน้ำท่วมที่ 1% AEP จะมีระดับสูงกว่านั้นอีก 0.6 เมตร จะเข้าท่วมทรัพย์สินกว่า 1,000 หลัง (เกือบจะทั้งเมือง) และสร้างความเสียหายประมาณ 3.2 ล้านดอลลาร์ออสเตรเลีย (ประมาณ 4.5 ล้านดอลลาร์สหรัฐ)

ถึงแม้จะเป็นที่ทราบกันเป็นเวลาหลายปีแล้วว่า บริเวณตัวเมืองเป็นพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม แต่ชุมชนท้องถิ่นก็ไม่ได้เห็นความสำคัญของงานป้องกันน้ำท่วม (Flood Protection Works) อย่างไรก็ตาม เหตุการณ์น้ำท่วมที่เกิดขึ้นในปี ค.ศ. 1993 ได้เพิ่มความตระหนักให้ท้องถิ่นและเป็นแรงกระตุ้นให้มีการศึกษาเพื่อบริหารจัดการพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง Euroa (Euroa Floodplain Management Study)

คณะกรรมการที่ปรึกษาท้องถิ่น (Local Consultative Committee) จัดตั้งขึ้นในปี ค.ศ. 1996 เพื่อกำหนดแนวทางการศึกษาและได้รับการสนับสนุนจากตัวแทนองค์กร โดยรัฐบาลของรัฐ (State Government) ได้จัดหาแหล่งทุนสำหรับการวิเคราะห์ทางเทคนิค มีการจัดประชุมสาธารณะเพื่ออธิบายกระบวนการและข้อมูลที่ถูกรวบรวมโดยการสัมภาษณ์ภาคสนาม (Field Interviews) และการแจกแบบสอบถาม (Questionnaire) กลยุทธ์ทางเลือก (Alternative Strategies) ได้ถูกจัดทำขึ้นตั้งแต่เดือนมิถุนายน ปี ค.ศ. 1997 และถูกนำเสนอให้กับทางชุมชนท้องถิ่นผ่านทางการประชุมสาธารณะและการประชุมเชิงปฏิบัติการ

ทางเลือกต่าง ๆ จำนวนมากถูกนำเสนอเพื่อประกอบการพิจารณา ซึ่งมีขอบเขตตั้งแต่

- มีการปรับปรุงเพียงเล็กน้อย (Minimal Intervention) ไม่มีการดำเนินการอะไรมากนอกจากการปรับปรุงทางน้ำขนาดเล็กและอุปสรรคเตี้ย ๆ ที่กีดขวางลำน้ำสาขา
- สร้างคันกันน้ำท่วมเตี้ยที่ช่วยป้องกันบางส่วนของพื้นที่เมือง
- การแก้ปัญหาเชิงโครงสร้างเต็มรูปแบบ ซึ่งครอบคลุมถึงสันดินริมตลิ่ง (Levee Bank) ตามแนวลำธารทั้ง 2 แห่ง เพื่อการป้องกันเมืองเต็มรูปแบบระหว่างเกิดน้ำท่วมขนาด 1% AEP

ทางเลือกทั้งแบบใช้ต้นทุนต่ำ (Low Cost) และแบบใช้ต้นทุนสูง (High Cost) ถูกนำมาเปรียบเทียบดังนี้

รายการ (Item)	ทางเลือกแบบใช้ต้นทุนต่ำ (Low Cost Option)	ทางเลือกแบบใช้ต้นทุนสูง (High Cost Option)
งานที่จำเป็น (Work Required)	งานจำกัดอยู่เพียงการสร้างสิ่งกีดขวางเตี้ยขวางทางไหลเข้าสู่อีกลำน้ำ การกำจัดสิ่งกีดขวางออกจากลำน้ำ การลดระดับถนนสายรอง และฟังก์การวางแผนการใช้พื้นที่	สร้างคันกันน้ำของลำธารทั้ง 2 ที่มาตรฐาน 1% AEP โดยที่เพิ่มระยะื่อน้ำล้น (Free-Board) การปรับปรุงการบริหารจัดการทางระบายน้ำ (Waterway Management) การควบคุมการวางแผน (เมือง) เพื่อช่วยการแก้ปัญหาด้วยโครงสร้าง
ผลกระทบจากน้ำท่วม (Flood Impacts)	มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยจากปัจจุบัน มีการลดความเสียหายจากน้ำท่วมขนาดเล็กบ้าง ; ทั้งเมืองจะยังคงท่วมจากเหตุการณ์น้ำท่วมใหญ่	การขจัดน้ำท่วมในเมืองจนถึง 1% AEP ความเสียหายขนาดใหญ่อาจเกิดขึ้นได้หากเกิดการไหลข้ามคันกันน้ำ ความรุนแรงของน้ำท่วมทางด้านท้ายน้ำเพิ่มขึ้นเป็นระยะทางหลายกิโลเมตรเนื่องจากการก่อสร้างคันกันน้ำ
ผลกระทบทางเศรษฐกิจ (Economic Impacts)	ต้นทุนของค่าลงทุน (Capital Cost) ต่ำ (ประมาณ 0.1 ล้านเหรียญ) ความเสียหายจากน้ำท่วมเฉลี่ยลดลงเพียงแค่น้อย	ต้นทุนของค่าลงทุน (Capital Cost) ประมาณ 2.5 ล้านเหรียญสามารถจัดการความเสียหายจากน้ำท่วมได้ถึง 1% AEP
ผลกระทบทางสังคม (Social Effects)	ยังคงมีการหยุดชะงักของกิจกรรมทางสังคมและการพาณิชย์ที่มาพร้อมกับความเครียด ความวิตกกังวล และอันตราย	ความเสี่ยงของการหยุดชะงักของกิจกรรมทางสังคมและการพาณิชย์ที่ลดลงอย่างมาก ผลกระทบจากน้ำท่วมที่ความรุนแรงทางด้านท้ายน้ำในบางพื้นที่
ผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Effects)	ผลกระทบทางลบมีเพียงเล็กน้อย ริมลำธารที่เป็นพื้นที่ป่าละเมาะมีน้ำท่วมขังยังคงอยู่	เกิดสิ่งกีดขวางทางสายตา (Visual Barrier) แก่ผู้อยู่อาศัยสองฝั่งลำธาร มีการลดขนาดความกว้างของพื้นที่ป่าละเมาะของลำธาร Seven Creeks) และความเร็วของการไหลของ

		น้ำเพิ่มสูงขึ้นและมีโอกาสเกิดการกัดเซาะได้
ผลกระทบด้านการวางแผน (Planning Impacts)	มีข้อจำกัดต่อความเจริญก้าวหน้าของชุมชน และการพัฒนาใหม่ ฯลฯ การตอบสนองต่อภาวะฉุกเฉินอย่างมีประสิทธิภาพเป็นสิ่งที่ทำได้ยาก	การกำจัดเงื่อนไขต่าง ๆ ในการวางแผนพื้นที่ใจกลางเมือง ระดับของการป้องกันสอดคล้องกับมาตรฐานระดับชาติทั่วไป กระบวนการตอบสนองต่อภาวะฉุกเฉินทำได้ง่ายขึ้น (แต่อาจเกิดภาวะฉุกเฉินที่รุนแรงในกรณีที่น้ำท่วมที่เกิดขึ้นมีขนาดใหญ่กว่าน้ำท่วมที่คั่นกันน้ำได้ออกแบบไว้)

การตอบสนองกลับของชุมชนแสดงให้เห็นถึง

- ต้นทุนในการลงทุนและบำรุงรักษาที่ท้องถิ่นเป็นผู้ต้องอยู่ในวิสัยที่ท้องถิ่นจัดหาได้
- ผลกระทบทางทัศนวิสัย (Visual Impact) ของมาตรการใช้สิ่งก่อสร้างเป็นข้อพิจารณาที่สำคัญเมื่อกำหนดระดับของการป้องกัน
- ผลกระทบที่ก่อให้เกิดอันตรายใด ๆ ต่อพืชและสัตว์ควรพยายามให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด
- การเกิดน้ำท่วมพื้นที่เป็นเรื่องจริงส่วนหนึ่งที่ต้องเกิดของชีวิต (Fact of Life)

หลังผ่านกระบวนการทำซ้ำหลาย ๆ ครั้งและการเปลี่ยนแปลงรายละเอียดต่าง ๆ แผนที่น่าเสนอในเร็ว ๆ นี้ ประกอบด้วยองค์ประกอบต่าง ๆ ดังนี้

- งานปรับปรุงความสามารถในการระบายน้ำ (Flow Capacity Improvement) ของลำธารทั้งสอง
- คั่นกันน้ำที่สร้างขึ้นใหม่ตามแนวตลิ่งด้านเหนือ-ตะวันออกของ Castle Creek สูงถึง 1.4 เมตร แต่ความสูงโดยเฉลี่ยประมาณ 1.25 เมตร
- คั่นดินทางด้านเหนือสุดและด้านท้ายสุดของลำน้ำสาขา Ana-Branch ของ Seven Creeks มีค่าความสูงทั่วไปประมาณ 0.5–0.7 เมตร
- แผนงานที่น่าเสนอของ Euroa ไม่ได้เตรียมการในการป้องกันที่ระดับเดียวกันหมด คั่นกันน้ำ Castle Creek ถูกออกแบบขึ้นมาเพื่อเตรียมการป้องกันสูงถึงระดับ 1% AEP ทางฝั่งตะวันตกของเมือง อย่างไรก็ตาม งานป้องกันในพื้นที่ Seven Creeks ทำได้เพียงปรับปรุงเพิ่มระดับการป้องกันจากค่าประมาณ 10% AEP ไปเป็น 6% AEP ซึ่งเน้นให้ความสำคัญกับการให้ความรู้กับชุมชนอย่างต่อเนื่องและสร้างความตระหนักถึงความเสี่ยงของการเกิดน้ำท่วมและเตรียมแผนฉุกเฉินที่เหมาะสม

โดยสรุปแล้ว ชุมชน Euroa พร้อมยอมรับกับการป้องกันที่ระดับต่ำกว่ามาตรฐานสำหรับพื้นที่บางส่วนของเมืองเพื่อแลกกับต้นทุนของค่าลงทุนที่น้อยกว่าและผลทางด้านทัศนียภาพและสิ่งแวดล้อมที่ดีกว่า

4.5 เอกสารอ้างอิง (References)

- [1] DH et al, (1994), Waterloopkundig Laboratorium, Technische Universiteit Delft, Report, 'Onderzoek Watersnood Maas', Delft, 1994.
- [2] Min of Housing and Spatial Plannig, The Netherlands, IRMA Programme Secretariat, 'Impeding Floods....united we stand' (in French, German, English and Dutch); Final Report, The Hague, 2003.
- [3] NEDECO (1973), 'Etude des Mesures de Protection contre de Inondations dans la Plaine du Rharb, Maroc' (Final Report, Mission 1), The Hague, 1975.
- [4] Oppper (2000) S, 'Emergency Planning for the Hawkesbury Nepean Valley', Floodplain Management Conference Parramatta NSW, May 2000.
- [5] Parker (2001) John, 'The insurance industry view', Presentation held at the occasion of the European Flood Defense & Land drainage Summit, London, 2001.
- [6] Petraschek (2001) Dr.Armin W., 'Living with Flood Risk', Persentation held at the occasion of the European Flood Defense & Land drainage Summit, London, 2001.
- [7] Shire of Strathbogie Vic (1997), 'Euroa Floodplain Management Study', Final Report.
- [8] Smith (2000) D, 'Floodplain Management Policy – the Good and the Bad, Past and Present', Floodplain Management Conference Parramatta NSW, May 2000.
- [9] Water resources Council Victoria (1978), 'Floodplain Management in Victoria', ISBN 0 7241 1501 3.
- [10] Wesley (2000) A, 'Design and Construction of Two Major Evacuation Routes for the Hawkesbury–Nepean Floodplain Management Strategy', Floodplain Management Conference Parramatta NSW, May 2000.
- [11] WWF–3 Kyoto (March 2003), Flood theme papers; More in particular the Dutch contribution based on responses of 5 other countries (Argentina, Bangladesh, China, USA and Vietnam) through a questionnaire.



การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์อุทกพลศาสตร์สำหรับการบริหารจัดการน้ำท่วม
(Use of Hydrodynamic Mathematical Models for Flood Management)

บทที่ 5

V การใช้งานแบบจำลองทางคณิตศาสตร์อุทกพลศาสตร์เพื่อการบริหารจัดการน้ำท่วม (Use of Hydrodynamic Mathematical Models for Flood Management)

5.1 บทนำ (Introduction)

วัตถุประสงค์หลักของบทนี้ก็เพื่ออธิบายการใช้งานแบบจำลองทางคณิตศาสตร์อุทกพลศาสตร์ (Hydro-Dynamic Mathematical Models) ต่าง ๆ ในประเภทแบบจำลองดีเทอร์มิเนติก (Deterministic Model) สำหรับใช้ในการบริหารจัดการน้ำท่วม ซึ่งหมายถึงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ประเภทอื่น ๆ ที่ใช้ในการบริหารจัดการน้ำท่วมได้อธิบายไว้อย่างสั้น ๆ หรือเพียงแค่ง่ายถึงแบบผ่าน ๆ นอกจากนี้ สมการทางคณิตศาสตร์ต่าง ๆ รายละเอียดของกระบวนการสร้างแบบจำลอง (Modelling Process) การจัดการข้อมูลนำเข้า (Treatment of Input Data) การจัดทำแผนผังและการทำให้เข้าใจง่ายขึ้น (Schematizations and Simplifications) ไม่ใช่หัวข้อ (หลัก) ของบทนี้ แต่เป็นความตั้งใจที่จะกำหนดวัตถุประสงค์และประสิทธิภาพของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในบางแบบเพื่อความเข้าใจถึงปรากฏการณ์ของการเกิดน้ำท่วม (Flooding Phenomenon) เพื่อการศึกษาและการทดสอบมาตรการควบคุมน้ำท่วม และท้ายที่สุดเพื่อการคำนวณพารามิเตอร์น้ำท่วมต่าง ๆ นอกจากนี้ ยังแสดงถึงการใช้ประโยชน์จากแบบจำลองเหล่านี้ได้ในสถานที่ใดและอย่างไร

เหตุการณ์น้ำท่วมนับเป็นเหตุการณ์ทางอุทกวิทยาที่มีความซับซ้อนอย่างมาก พารามิเตอร์ทางอุทกวิทยาของน้ำท่วม (เช่น รูปแบบ (Form) ขนาด (Magnitude) ความเร็ว (Celerity) ปริมาณ (Volume) ช่วงเวลา (Duration)) สะท้อนให้เห็นถึงพฤติกรรมทางสโตคาสติกของฝน การตกน้ำของพืช การซึมของน้ำ การคายระเหยน้ำของพืช ความชื้นในดิน การไหลป่าของน้ำบนผิวดินแลใต้ผิวดิน และชลศาสตร์การไหลของในช่องทางน้ำ แบบจำลองไม่เพียงแต่จะช่วยสร้างความเข้าใจถึงปรากฏการณ์ของน้ำท่วม แต่ยังเป็นสิ่งจำเป็นในการประเมินความเสี่ยงน้ำท่วมของสถานการณ์ปัจจุบัน และประเมินการเปลี่ยนแปลงตามที่ได้เสนอแนะ การใช้แบบจำลองเป็นความพยายามที่จะเปลี่ยนวิธีการแก้ปัญหาบนหลักการลองผิดลองถูก (Trial and Error Based Solution) ตามที่ได้ใช้ปฏิบัติกันมาในอดีต แบบจำลองเป็นเครื่องมือที่มีวัตถุประสงค์ที่จะให้แนวคิดที่ดีที่สุดสำหรับการประเมิน และช่วยลดความแปรปรวนของพื้นที่ชนบท พื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมในชุมชนเมือง รวมทั้งเขตอุตสาหกรรม

ต่อไปนี้เป็นคำศัพท์และสมการต่าง ๆ ที่นำมาใช้โดยทั่วไปสำหรับงานแบบจำลองทางคณิตศาสตร์อุทกพลศาสตร์ โดยคำศัพท์ที่สำคัญมากได้ให้คำจำกัดความไว้แล้วในบทที่ 1 หัวข้อ 1.4

5.2 วัตถุประสงค์ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการบริหารจัดการน้ำท่วม (Purpose of Mathematical Models in Flood Management)

5.2.1 ภาพรวม (Overview)

ภายใต้บริบทการบริหารจัดการน้ำท่วม (Flood Management) แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ต่าง ๆ ถูกนำมาใช้ในหลายวัตถุประสงค์ เช่น

- การจำลองคลื่นน้ำท่วมในแม่น้ำและพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง
- ความรู้ความเข้าใจที่ดีขึ้นเกี่ยวกับปรากฏการณ์ของการเกิดน้ำท่วม
- การตรวจสอบผลกระทบของมาตรการป้องกันน้ำท่วมใด ๆ ที่มีต่อขนาดของการเกิดน้ำท่วมและความเสียหาย
- การคำนวณค่าความเสียหายจากน้ำท่วม
- การจัดเตรียมแผนที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม (Flood Risk Map) เพื่อวัตถุประสงค์ของการจัดการเขตพื้นที่
- การวิเคราะห์ผลกระทบของการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและพื้นที่เมือง และการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่มีต่อน้ำท่วม
- การกำหนดค่าน้ำท่วมออกแบบให้เป็นฟังก์ชันกับระดับการป้องกันที่ต้องการ (บทที่ 4) ร่วมกับการปฏิบัติตามมาตรการป้องกันน้ำท่วมต่าง ๆ ที่ได้คัดเลือก
- การพยากรณ์และการเตือนภัยน้ำท่วม
- การให้ความรู้เพื่อเพิ่มการสื่อสารและการรับรู้ของสาธารณชน

วัตถุประสงค์เหล่านี้ได้อธิบายไว้อย่างละเอียดข้างท้ายนี้ กรณีตัวอย่างของการประยุกต์ใช้ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในบางวัตถุประสงค์ในพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมได้อธิบายไว้ในหัวข้อ 5.5 หลังจากนี้

5.2.2 การจำลองคลื่นน้ำท่วมในแม่น้ำและพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง (Simulation of Flood Wave in River and its Floodplain)

วัตถุประสงค์ก็เพื่อจำลองลักษณะของคลื่นน้ำท่วม ได้แก่ ขนาดรูปร่าง ระยะทาง ความเร็ว การลดลงของระดับน้ำสูงสุด และอัตราการไหลของน้ำสูงสุด เมื่อเคลื่อนตัวลงสู่ช่องทางน้ำทางด้านท้ายหรือไหลผ่านพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง เพื่อบรรจุประสงค์ดังกล่าว แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ แบบ 1 มิติ และแบบ 2 มิติ ถูกนำมาใช้เพื่อหารูปแบบการจำลองที่ดีที่สุดในสภาวะการไหลไม่คงที่ (Unsteady Flow) ซึ่งโดยปกติแล้วการใช้แบบจำลองแบบ 1 มิติใช้งานได้ดีพอ ส่วนแบบจำลองแบบ 2 มิติ จะใช้เฉพาะเมื่อแม่น้ำมีขนาดกว้าง และค่อย ๆ เพิ่มขนาดที่เล็กลงจากช่องทางแม่น้ำไปยังพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงที่อยู่ติดกัน ยิ่งไปกว่านั้น ในกรณีหลังจำเป็นต้องมีข้อมูลสภาพภูมิประเทศและข้อมูลความถี่รวมทั้งข้อมูลสารสนเทศการใช้ที่ดินที่มีความละเอียดสูง

แบบจำลองอุทกพลศาสตร์เหล่านี้จำเป็นต้องอย่างยิ่งที่จะต้องทำการสอบเทียบแบบจำลองโดยอาศัยข้อมูลที่ได้มาจากเหตุการณ์น้ำท่วมในอดีต (Historical Flood) ซึ่งมักมีขนาดเล็กกว่าน้ำท่วมออกแบบ (Design Flood) ด้วยเหตุนี้ มีเหตุผลชัดเจนที่พบว่าการคาดการณ์ในลักษณะ Extrapolation อาจทำให้ผลการจำลองคลาดเคลื่อนได้อย่างมีนัยสำคัญ

5.2.3 ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ของการเกิดน้ำท่วม (Understanding the Flooding Phenomenon)

ตามที่ได้อธิบายไว้ข้างต้น ความรู้ความเข้าใจที่ดีถึงเหตุการณ์น้ำท่วมที่มีความซับซ้อน (เช่น การเกิดน้ำท่วมในพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง และ/หรือพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม) สามารถทำได้ก็โดยอาศัยแบบจำลองอุทกพลศาสตร์แบบ 1 มิติ หรือแบบ 2 มิติ โดยทั่วไปแล้ว แบบจำลองเหล่านี้ต้องสามารถจำลองการเคลื่อนตัวของน้ำในชั้นน้ำบาง ๆ (มีความหนาประมาณ 1–4 เมตร) ของพื้นที่ซึ่งเกือบจะเป็นพื้นที่ราบขนาดใหญ่ (ประมาณ 100–10,000 ตารางกิโลเมตร ในพื้นที่ชนบท และ 10–100 ตารางกิโลเมตร สำหรับวัตถุประสงค์ในการจัดเขตพื้นที่และในพื้นที่เมือง) เมื่อความหนาของชั้นน้ำลดลงเหลือเพียง 20–50 เซนติเมตรก็เป็นเรื่องยากที่จะจำลองการไหลของน้ำที่สัมพันธ์กัน เหตุผลที่ปรากฏการณ์ของการเกิดน้ำท่วมนี้เป็นเรื่องยากผิดปกติที่จะทำความเข้าใจและพยากรณ์ในรายละเอียดก็คือ ลักษณะของน้ำท่วมที่เป็น 4 มิติ ในระบบสิ่งแวดล้อมขนาดใหญ่ที่เข้าถึงแทบจะไม่ได้ (ในระหว่างเหตุการณ์น้ำท่วม) ซึ่งทิศทางและความเร็วของกระแสน้ำที่จุดใด ๆ รวมทั้งระดับน้ำจะแปรผันตามตำแหน่งของสถานที่ (Location, (x,y)) ระดับพื้นดิน (Ground Level, (z)) และเวลา (Time, (t))

โดยข้อเท็จจริงแล้ว คลื่นน้ำท่วม (ที่มีขนาดลดลงค่อนข้างมากแล้ว) จะเคลื่อนตัวผ่านพื้นที่ราบในทางน้ำซึ่งอาจใช้เวลาไม่กี่วันหรือนานถึงหลายสัปดาห์ และแม้กระทั่งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับน้ำท่วมที่มีเครื่องมือพร้อมก็ทำได้แค่เพียงการสังเกตการณ์ (ระดับน้ำ ทิศทาง และความเร็วของกระแสน้ำ) ของเหตุการณ์น้ำท่วมนั้นที่จุดที่อยู่ห่างไกลกันบางแห่งหรือจากการตรวจวัดจากทางอากาศเท่านั้น

และในที่นี้เช่นกันที่ชุดข้อมูลที่มีรายละเอียด (สภาพภูมิประเทศ การใช้ประโยชน์ที่ดิน คันถนน และทางรถไฟที่ด้านการไหลของน้ำ) เกี่ยวกับพื้นที่ที่เหมาะสม ข้อมูลเหตุการณ์เกิดน้ำท่วมในอดีต (เช่น ระดับน้ำที่จุดต่าง ๆ ซึ่งสัมพันธ์กับเวลาและสถานที่ ปริมาณน้ำที่ไหลล้นตลิ่งเข้าท่วมพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง ภาพถ่ายทางอากาศที่ถ่ายระหว่างน้ำท่วม จุดรับน้ำเข้า-ออก เป็นต้น) เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในการจำลองการเกิดน้ำท่วมเหล่านั้น

ตัวอย่างของการจำลองการเกิดน้ำท่วมในระยะแรก ๆ (1972) ด้วยวิธีใช้แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ก็คือ การจำลองในพื้นที่ราบ Rhare (ประเทศโมร็อกโก) ซึ่งในอดีตน้ำท่วมเกิดขึ้นเป็นประจำในระบบ Sebou–Ouerrha (หัวข้อย่อย 5.5.3)

5.2.4 การใช้งานผลการจำลองระบบน้ำท่วมและการเกิดน้ำท่วม (Use of Simulations Made of Floods and Flooding)

ตามหลักการพื้นฐานของการจำลองระบบ (ตามที่ได้อธิบายข้างต้น) ที่ใช้กับคลื่นน้ำท่วมในแม่น้ำ และการเกิดน้ำท่วม (ในพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงและพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมอื่น ๆ) เราสามารถใช้แบบจำลองที่ได้ทำการปรับเทียบแล้ว (Calibrated Model) ในการคำนวณ การวิเคราะห์หรือการเตรียมการ;

- มาตรการป้องกันน้ำท่วมที่ได้เสนอแนะ
- ความเสียหายจากน้ำท่วม

- แผนที่เสี่ยงภัยจากน้ำท่วมเพื่อวัตถุประสงค์ในการจัดเขตพื้นที่
- ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติ (ตามที่เกิดขึ้นจริง ตามที่ได้วางแผนหรือคาดหวัง) : การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและการพัฒนาเมือง การใช้ประโยชน์ที่ดิน
- การกำหนดค่าน้ำท่วมออกแบบ
- การพยากรณ์และการเตือนภัยน้ำท่วม

มีข้อเสนอแนะเล็กน้อยในประเด็นดังต่อไปนี้

เนื่องจากพฤติกรรมของแม่น้ำสามารถทำนายได้จากผลที่เกิดจากโครงสร้างควบคุมน้ำท่วมต่าง ๆ (เช่น เขื่อน ฝาย คันกันน้ำ อ่างเก็บน้ำ เป็นต้น) และงานอื่น ๆ (การเพิ่มขนาดความกว้างและความลึกของช่องทางน้ำ การตัดแนวโค้ง) ดังนั้น จึงสามารถใช้แบบจำลองมาช่วยในการออกแบบมาตรการควบคุมน้ำท่วมเหล่านั้นได้ สะพานอาจเป็นสาเหตุให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญของสภาพทางชลศาสตร์ของแม่น้ำด้วยเหตุนี้ จึงมีความสำคัญที่ต้องคาดการณ์ได้ว่าแม่น้ำจะตอบสนองต่อการสร้างสะพานอย่างไรก่อนที่จะได้เริ่มก่อสร้าง เพื่อให้แน่ใจว่าภายใต้สถานการณ์แบบไหนและบ่อยครั้งแค่ไหนที่ระดับน้ำท่วมจะเพิ่มสูงขึ้นและส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพของตัวสะพานเองหรือไม่

ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์น้ำท่วมและความเสียหายเป็นหัวข้อในบทที่ 3 นอกจากนี้ ในเนื้อหาดังกล่าวนั้นได้นำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาใช้อย่างกว้างขวาง ในหัวข้อย่อย 5.5.2 ได้แสดงตัวอย่างของการสร้างแบบจำลองในประเทศแอฟริกาใต้ ที่สำคัญไม่น้อยไปกว่านั้นก็คือ แบบจำลองคณิตศาสตร์ยังช่วยแก้ปัญหาการวัดแบ่งเขตที่ดินโดยช่วยให้วิศวกรกำหนดเขตของน้ำท่วม (ซึ่งเป็นผลให้ได้แผนที่น้ำท่วมหรือแผนที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม) สำหรับอัตราการไหลของน้ำท่วมขนาดต่าง ๆ กัน ซึ่งเป็นข้อมูลที่ขาดไม่ได้ในการกำหนดกฎเกณฑ์ในแต่ละเขต (Zoning Regulations) เพื่อป้องกันมิให้เกิดภัยพิบัติขนาดใหญ่ขึ้น ตัวอย่างที่ดีก็คือการจัดทำแผนที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมที่กำลังอยู่ในระหว่างดำเนินการในประเทศสหราชอาณาจักรอังกฤษ (หัวข้อย่อย 5.5.4)

การกำหนดค่าน้ำท่วมออกแบบที่ขึ้นอยู่กับระดับการป้องกันที่ต้องการ (ในขณะที่นำการเปลี่ยนแปลงทางธรรมชาติและที่มนุษย์สร้างขึ้นของสภาพแวดล้อมที่เสี่ยงต่อน้ำท่วมมาพิจารณาด้วย) ยังสะท้อนถึงการใช้งานที่สำคัญที่สุดที่เป็นไปได้ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการศึกษาถึงพฤติกรรมของแม่น้ำที่อัตราไหลของน้ำต่าง ๆ ในบทที่ 4 หัวข้อย่อย 4.2.3 และตารางที่ 4-1 ได้อธิบายถึงความยุ่งยากในการกำหนดค่าน้ำท่วมออกแบบไว้อย่างสั้น ๆ ซึ่งคำอธิบายนี้จะใช้ได้กับน้ำท่วมออกแบบโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่มีรอบการเกิดซ้ำสูงกว่า 100 ปี

สุดท้ายแต่ไม่ท้ายสุด เครือข่ายการทำนายน้ำท่วมและการเตือนภัยมีประโยชน์อย่างมากต่อความปลอดภัยของประชาชนและทรัพย์สินของพวกเขา แบบจำลองที่มีอยู่ซึ่งช่วยให้แนวทางเกี่ยวกับข้อมูลพื้นฐานที่จะต้องรวบรวมเพื่อการทำนายน้ำท่วมนับได้ว่ามีประโยชน์อย่างมากในการพัฒนาเครือข่ายเหล่านั้น

ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานของเครือข่ายที่ได้ตั้งขึ้นแล้วนั้น แบบจำลองจะช่วยในการทำนายปรากฏการณ์ของการเกิดน้ำท่วม ณ เวลาจริงปัจจุบันบนพื้นฐานของข้อมูลที่อ่านค่าได้จากศูนย์ควบคุมน้ำท่วม (Flood Control Centres) ได้มีการอ้างอิงถึงประเด็นนี้ไว้ในหัวข้อย่อย 5.5.6 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของแบบจำลองที่ถูกนำไปใช้ในแถบเทือกเขา Rhine (พื้นที่ชายแดนประเทศเยอรมัน/ดัตช์) สำหรับใช้พยากรณ์น้ำท่วมในเหตุการณ์น้ำท่วมที่อาจเกิดขึ้นจากการพังทลายของคันกั้นน้ำในประเทศเยอรมัน

5.3 ประเภทของแบบจำลอง (Types of Models)

5.3.1 ทั่วไป (General)

การใช้งานแบบจำลองต่าง ๆ เพื่อการป้องกันน้ำท่วมและการพยากรณ์น้ำท่วมได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายเมื่อ 25 ปีที่ผ่านมา หลาย ๆ แบบจำลองพัฒนามาจากสถาบันวิจัย ผู้ผลิตซอฟต์แวร์และบุคคลเฉพาะราย ในปี ค.ศ. 1990 แบบจำลองต่าง ๆ ได้รับการจัดกลุ่มไว้ในเอกสารตีพิมพ์ WMO หมายเลข 740 (Becker and Serban, 1990) ซึ่งมีการอ้างอิงไว้ในคู่มือแนะนำของ WMO ได้แบ่งแบบจำลองต่าง ๆ ออกแบบจำลองทางสโตสติก (Stochastic Model) และแบบจำลองดีเทอร์มินิสติก (Deterministic Model) สำหรับการประเมินผลที่ตามมาจากสิ่งที่มนุษย์ทำขึ้น แบบจำลองทางสโตสติกมักได้รับความสนใจน้อยกว่าอย่างเห็นได้ชัดในการอธิบายรายละเอียดของกระบวนการไหลของน้ำบนผิวดินและใต้ผิวดิน

แบบจำลองทางสโตสติก-โอกาสความน่าจะเป็น (Stochastic-Probabilistic Model) และแบบจำลองสังเคราะห์อนุกรมเวลาทางสโตสติก (Stochastic Time Series Generation Model) ไม่สามารถแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงที่ได้รับผลกระทบภายในกรอบเวลาของการตรวจสอบโดยมนุษย์ ต่อองค์ประกอบที่มีผลกระทบต่อการบวนการต่าง ๆ ที่ถูกพิจารณาว่ามีลักษณะขึ้นอยู่กับเวลา แบบจำลองดีเทอร์มินิสติกจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางกายภาพขององค์ประกอบต่าง ๆ ที่แสดงให้เห็นถึงหรือมีอิทธิพลต่อการบวนการต่าง ๆ ที่ถูกพิจารณาว่ามีลักษณะอิสระไม่ขึ้นอยู่กับเวลา แบบจำลองดีเทอร์มินิสติกจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางกายภาพขององค์ประกอบต่าง ๆ ที่แสดงให้เห็นถึงหรือมีอิทธิพลต่อการบวนการภายใต้การตรวจสอบ

ควรระลึกไว้ว่า การอธิบาย “โลกที่แท้จริง (Real World)” ด้วยการใช้เครื่องมือการสร้างแบบจำลอง ผู้ใช้งานต้องลดความซับซ้อนของจำนวนของปัจจัยและกระบวนการต่าง ๆ และความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยและกระบวนการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และนำเฉพาะข้อมูลที่สำคัญที่สุดมาใช้ ซึ่งเห็นได้ชัดว่าเป็นสิ่งที่ชวนให้ทำอย่างนี้ แต่ก็ก็เป็นสิ่งที่อันตรายอย่างมากที่จะทำให้ระบบง่ายเกินไป (Oversimplify) โดยการใช้แบบจำลองแบบง่าย ๆ เพื่อให้ปัญหามีความอ่อนตัวพอที่จะหาผลลัพธ์ได้ ข้อผิดพลาดข้อหนึ่งที่เกิดขึ้นในการแก้ปัญหาแบบทำให้ง่ายเกินไปก็คือ การละเลยต่อความสัมพันธ์ของเหตุการณ์กับเวลา และจะใช้รูปแบบที่ง่ายกว่าคือ แนวทางการไหลแบบคงที่ (Steady Flow Approach) เท่านั้น เส้นที่แบ่งเขตระหว่างความเป็นจริงกับการทำให้ง่ายเกินไปนั้นมีความสำคัญมาก เมื่อเราพยายามคำนวณค่าของระดับความเสียหายจากภัย

ลุ่มแม่น้ำ (Basin or Catchment) นั้นมีระบบระบายน้ำของตัวเองที่มีประสิทธิภาพ (การไหลไปบนพื้นดิน การไหลในลำน้ำ การไหลข้างใต้ดิน การไหลของน้ำใต้ดิน) การเกิดน้ำท่าและการเกิดน้ำหลากนั้นถูกกำหนดโดยคุณสมบัติทางกายภาพของผิวดินและชั้นใต้ดินของลุ่มน้ำ น้ำหลากนั้นเกิดขึ้นจากการละลายของหิมะจำนวนมาก หรือฝนที่ตกหนักในพื้นที่ การใช้แนวทางแบบไม่คงที่ (Unsteady Approach) ในการศึกษากระบวนการน้ำฝน-น้ำท่าในระดับภูมิภาค หรือในพื้นที่เป็นเรื่องที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ ส่วนแนวทางคงที่ (Steady Approach) สามารถนำมาใช้ได้กับการออกแบบอาคาร หรือหาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงที่ไม่ได้ขึ้นอยู่กับเวลา

การขึ้นอยู่กับพื้นที่ (Space Dependency) เป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องใกล้ชิดกับกระบวนการที่อธิบายด้วยการใช้แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ไม่คงที่ (Unsteady Hydrodynamic Model) แบบ 1 มิติ และ 2 มิติ เรามุ่งที่จะแทนตัวแปรและพารามิเตอร์ในพื้นที่ว่างเพื่อที่จะหาปริมาณค่าของสถานการณ์ปัจจุบันในมุมมองของอุทกพลศาสตร์ การใช้รูปแบบ 1 มิติ มีราคาถูกและทำได้ง่าย แต่ในการใช้งานบางครั้งเป็นการประมาณมากเกินไป เนื่องจากพารามิเตอร์บางตัวไม่ได้มีการวัดและวิเคราะห์เป็นประจำ จึงเป็นการเสี่ยงที่การสร้างแบบจำลองจะขึ้นอยู่กับค่าตัวแปรดังกล่าว ค่าใช้จ่ายที่สูงในการได้มาของข้อมูลทำให้ลดความกระตือรือร้นของผู้สร้างแบบจำลองที่จะนำแบบจำลองอุทกพลศาสตร์แบบ 2 มิติ และแบบ 3 มิติ มาใช้ประจำ

รูปแบบของแบบจำลองไฮดรอลิกที่นำมาใช้บริหารจัดการน้ำท่วมมีดังนี้

- การสร้างแบบจำลองอุทกวิทยา (Hydrological Modelling) (เช่น แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า (Rainfall-Runoff Model)) ซึ่งถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในการประมาณค่ากราฟน้ำท่วมออกแบบ (Design Flood Hydrograph) และยังนำมาใช้ในการพยากรณ์น้ำท่วมที่เวลาจริงปัจจุบัน และเป็นข้อมูลนำเข้าของแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ (Hydrodynamic Model)
- แบบจำลองชลศาสตร์ (Hydraulic Models) (เช่น แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ (Hydrodynamic Model)) ซึ่งนำมาใช้มากในการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำท่วมผ่านแม่น้ำและเขื่อนเก็บกักน้ำ พื้นที่ราบน้ำท่วมถึง และพื้นที่น้ำท่วม และยังใช้ในการคำนวณหาค่าในพื้นที่ของระดับน้ำ ความเร็วของกระแสน้ำท่วมที่รอบการเกิดต่าง ๆ และยังใช้ในการประเมินผลของการปรับปรุงพื้นที่น้ำท่วม เช่น การก่อสร้างคันกันน้ำ หรือการรื้อย้ายคันกันน้ำออก การถมบางส่วนของพื้นที่น้ำท่วม และอื่น ๆ (ตามที่อธิบายไว้ข้างต้น)
- แบบจำลองระบบ (Simulation Models) (เช่น แบบจำลองเชิงแนวคิดหรือกล่องดำ (Conceptual or Blackbox Model)) เป็นแบบจำลองที่เชื่อมโยงค่าพารามิเตอร์ของน้ำท่วมบางตัว (ตามที่ได้มาจากแบบจำลองชลศาสตร์) เข้ากับขอบเขตพื้นที่น้ำท่วม ความเสียหายจากน้ำท่วม (รวมทั้งประโยชน์ที่ได้จากน้ำท่วมเมื่อคิดในแง่ประโยชน์ทางสิ่งแวดล้อมที่ได้จากน้ำท่วม)

5.3.2 การสร้างแบบจำลองฝน-น้ำท่า (Rainfall-Runoff Modelling)

แบบจำลองอุทกวิทยาไม่คงที่ (Hydrological Unsteady Model) แบบกึ่งกระจายตัว (Semi-Distributed) และแบบลัมพ์ (Lumped) ถูกใช้ในกระบวนการน้ำฝน-น้ำท่าในลุ่มน้ำในชนบท ที่ซึ่งไม่มีอาคารควบคุมที่มนุษย์สร้างขึ้นในขณะที่เกิดน้ำท่วม และลุ่มน้ำในชนบทนั้นมีผลที่สามารถคาดคะเนได้ แบบจำลองเหล่านี้อาจนำไปใช้ในพื้นที่ส่วนใหญ่ที่มีข้อมูลที่น่าเชื่อถือ และที่เหนือสิ่งอื่นใดเฉพาะในพื้นที่ที่กิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์มีบทบาทน้อยมาพิจารณา

พารามิเตอร์บางตัวแบบจำลองประเภทลัมพ์ (Lumped Model) ซึ่งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางกายภาพนั้นอาจเปลี่ยนแปลงค่าได้ตามผลของกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ ถึงแม้ว่าความถูกต้องของการพยากรณ์ของพฤติกรรมลุ่มน้ำหลังจากที่ได้มีการเปลี่ยนแปลงจะลดลงต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ต่าง ๆ ก็ตาม แบบจำลองประเภทลัมพ์ต้องมีการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์ผลอย่างรอบคอบ แบบจำลองต่าง ๆ ต้องการข้อมูลนำเข้าน้อย แต่ต้องมีข้อมูลสำหรับการสอบเทียบและการตรวจพิสูจน์แบบจำลองจำนวนมาก แบบจำลองประเภทลัมพ์ให้ค่าผลลัพธ์เฉพาะที่หน้าตัดลุ่มน้ำที่ได้กำหนดไว้ก่อนแล้ว ซึ่งเป็นที่ซึ่งมีข้อมูลที่จะใช้ในการสอบเทียบอยู่พร้อม (เช่น ระดับน้ำ ความเร็วกระแสน้ำ อัตราการไหลของน้ำ ซึ่งข้อมูลทั้งหมดเป็นฟังก์ชันกับเวลา)

แบบจำลองประเภทกระจายตัว (Distributed Model) โดยทั่วไปแล้วจะแสดงให้เห็นถึงความผันแปรของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ทั่วทั้งลุ่มน้ำ ค่าของตัวแปรที่แสดงสถานะ (State Variables) และพารามิเตอร์ต่าง ๆ จะถูกประเมินโดยอาศัยเครื่องมือ GIS มาช่วย (ด้วยการประยุกต์ใช้หลักการวิเคราะห์กริด (Grid Analysis)) แต่ละตารางกริดสี่เหลี่ยมของแบบจำลองจะมีค่าซึ่งได้จากหลักการวิเคราะห์กริด (Grid Analysis Procedure)

แบบจำลองประเภทกระจายตัวนำมาใช้ก็ต่อเมื่อ

- พารามิเตอร์ทางอุทกวิทยาและภูมิอากาศผันแปรอย่างมากในพื้นที่ลุ่มน้ำ
- ลักษณะภูมิศาสตร์และสภาพภูมิประเทศของพื้นที่ลุ่มน้ำผันแปรอย่างมาก
- กิจกรรมของมนุษย์ส่งผลกระทบต่อพื้นที่ลุ่มน้ำ
- กระบวนการไหลของน้ำในชั้นใต้ผิวดิน (Subsurface Processes) มีความสำคัญต่อองค์ประกอบของการเก็บกักน้ำและน้ำท่าที่ไหลเร็ว/ช้า

5.3.3 การสร้างแบบจำลองชลศาสตร์ (อุทกพลศาสตร์) (Hydraulic (Hydrodynamic) Modelling)

แบบจำลองอุทกพลศาสตร์แบบดีเทอร์มินิสติก (Deterministic Hydrodynamic Model) เหมาะอย่างยิ่งกับการสร้างแบบจำลองลำน้ำและอ่างเก็บน้ำ (Stream and Reservoir Modelling) และยิ่งเหมาะสมอย่างยิ่งกับการสร้างแบบจำลองการไหลบ่าบนผิวดิน (Overland Flow Modelling) แบบจำลองเหล่านี้มีความสำคัญอย่างมากในการประเมินผลกระทบจากกิจกรรมมนุษย์ที่อยู่ใกล้กับระบบแม่น้ำ หรือระบบระบายน้ำ แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ต่าง ๆ มีประโยชน์ในการเปรียบเทียบการ

แพร่กระจายตัวของคลื่นน้ำท่วมภายใต้เงื่อนไขของพื้นที่ลุ่มน้ำที่แตกต่างกัน การเปรียบเทียบจะถูกประเมินถึงลักษณะสำคัญต่าง ๆ (เช่น Q-อัตราการไหลของน้ำ (Discharge), D-ความลึก (Depth), H-ระดับน้ำ (Water Level), V-ความเร็วน้ำ (Velocity), Sq-อัตราการเคลื่อนที่ของตะกอน (Sediment Transport Data))

การขยายความลึกและ/หรือความกว้างของช่องทางน้ำ (Deepening and/or Widening of the Channel) การตัดแนวโค้ง (Bend Cutting) การขยายความกว้างหรือการลดขนาดของพื้นที่ราบน้ำท่วมทางด้านข้าง (Widening/Constriction of Lateral Floodplain) การทำให้มีความจุ (พื้นที่เก็บกัก) สำหรับเก็บกักน้ำ (Storage Area/Retention Area) ได้ถูกนำเสนอด้วยวิธีการเปลี่ยนขนาดหน้าตัดลำน้ำ การปรับปรุงความขรุขระของทางน้ำและการผันน้ำ ผลกระทบในภาพรวมทั้งหมดของการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ เหล่านี้จะเห็นได้ชัดเจนจากการศึกษาเปรียบเทียบ (Comparative Study) (เปรียบเทียบลักษณะสำคัญต่าง ๆ ของสถานการณ์ปัจจุบันและการเปลี่ยนแปลงคาดการณ์) แบบจำลองอุทกพลศาสตร์จำเป็นต้องทำการปรับเทียบ (Calibration) และการตรวจพิสูจน์ความถูกต้อง (Verification) แบบจำลองเหล่านี้แสดงกลุ่มของผลลัพธ์ที่โหมดการคำนวณต่าง ๆ (โครงสร้างและ/หรือหน้าตัดลำน้ำต่าง ๆ)

ในช่วงเริ่มแรกการสร้างแบบจำลองอาจเป็นลักษณะแบบ 1 มิติ โดยขั้นแรกจะสมมติให้กระแสน้ำตั้งฉากกับหน้าตัดของช่องทางน้ำที่จุดใด ๆ ของแม่น้ำ ตราบใดที่น้ำยังไม่ไหลข้ามเข้าท่วมพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง แบบจำลองเหล่านั้นยังคงแสดงถึงลักษณะจริงได้เป็นอย่างดี แต่จะไม่เป็นจริงเช่นนี้เมื่อน้ำเอ่อล้นข้ามตลิ่งของช่องทางของแม่น้ำ อย่างไรก็ตาม ในบางกรณีอาจใส่ข้อมูลสภาพการไหลของน้ำจากภายใน (Internal Flow Condition) เข้าไป ซึ่งทำให้เป็นไปได้ที่จะจำลองปรากฏการณ์การเกิดน้ำท่วมนี้ด้วยแบบจำลอง 1 มิติ¹ กรณีดังกล่าวเกิดขึ้นได้หากพื้นที่ราบได้กลายเป็นเหมือนอ่างเก็บน้ำ ณ จุดใดจุดหนึ่งโดยมีสภาวะการไหลเชื่อมต่อกับแม่น้ำรอบ ๆ ด้าน ดังนั้น เมื่อแม่น้ำไหลล้นเข้ามาในที่ราบดังกล่าว ทิศทางการไหลจะไม่ได้ขนานไปกับการไหลของแม่น้ำอีกต่อไป ด้วยเหตุนี้ จึงไม่สามารถใช้แบบจำลองแบบ 1 มิติอย่างน่าไว้วางใจได้ แบบจำลองแบบ 2 มิติ จึงถูกนำมาใช้มากกว่าโดยนำองค์ประกอบการไหลทั้ง 2 แนวของกระแสน้ำมาพิจารณา : ในแนวนอนและแนวตั้งฉากกับช่องทางน้ำ

แบบจำลองแบบ 1 มิติ โดยทั่วไปแล้วจะขึ้นอยู่กับสมการ Saint Venant อนุพันธ์ย่อยอันดับที่ 2 (Second Order Partial Derivative) การใช้งานแบบจำลองต้องการกระบวนการทางคณิตศาสตร์ต่าง ๆ ที่แม้จะเป็นที่เข้าใจกันดีในปัจจุบัน แต่ก็ยังมีความซับซ้อนอยู่บ้าง ด้วยเหตุผลนี้ ในบางครั้งสมการต่าง ๆ จึงถูกทำให้ง่ายขึ้นด้วยการกำจัดเทอมที่พิจารณาว่ามีความสำคัญน้อย ซึ่งการกระทำดังกล่าวได้นำมาซึ่งข้อผิดพลาดและความคลาดเคลื่อนระหว่างข้อมูลตรวจวัด (Observed Data) และข้อมูลจากแบบจำลอง (Model Data)

ในขณะที่สมการไหลต่อเนื่องและหลักทฤษฎีการอนุรักษ์โมเมนตัม ซึ่งเป็นสมการพื้นฐานของสมการ Saint Venant ยังต้องทำเป็นแบบจำลองแบบ 2 มิติ การประยุกต์ใช้สมการดังกล่าวกับแบบจำลองมักมีความยุ่งยากกว่ามาก ด้วยเหตุผลนี้ โดยทั่วไปจึงนำระบบที่เรียกว่า “ระบบเซลล์ (Cell System)” มา

¹ หรือโดยชุดแบบจำลอง 1 มิติที่ทำงานแบบขนานกันไป

ใช้ในพื้นที่ศึกษา เช่น เมื่อแม่น้ำและตลิ่งแม่น้ำถูกแบ่งย่อยออกเป็นเซลล์ที่เชื่อมโยงทางชลศาสตร์กับอีกเซลล์โดยฝาย (Weir) ท่อลอด (Culvert) หรือสภาพการไหลในแม่น้ำ (River Flow Type Conditions) หรือการรวมกันแบบใดแบบหนึ่งของทั้งสาม ระดับน้ำในเซลล์ถูกพิจารณาว่าเท่ากัน ถึงแม้ว่าโดยธรรมชาติแล้วมีความแตกต่างกันระหว่างเซลล์ก็ตาม ผลลัพธ์ก็คือกลุ่มสมการซึ่งมีตัวที่ไม่ทราบค่าเป็นค่าระดับเซลล์ (Cell Level)

ไม่ว่าจะนำแบบจำลองประเภทใดมาใช้ (แบบ 1 มิติ หรือแบบ 2 มิติ ก็ตาม) เราต้องไม่ละเลยข้อเท็จจริงที่ว่า ไม่มีปรากฏการณ์ทางธรรมชาติใดที่สามารถทำความเข้าใจหรือเป็นตัวแทนได้โดยปราศจากลักษณะของการย่อเอาเฉพาะใจความสำคัญ (Sort of Abstraction) เช่น ด้วยการนำโครงสร้างอย่างง่ายมาใช้แทนโครงสร้างที่เป็นจริงของปรากฏการณ์นั้น และนี่มักเป็นที่มาของข้อผิดพลาดในการสร้างแบบจำลอง ยิ่งไปกว่านั้น ยังมีอีกหลายปัญหาที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้วยสมการ เช่น บ่อยครั้งที่มีการแทนที่สมการในแบบจำลองด้วยสมการที่ง่ายกว่าซึ่งทำให้เกิดข้อผิดพลาดมากยิ่งขึ้น รวมทั้งความถูกต้องของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ได้นำเข้าซึ่งผู้ใช้แบบจำลองไม่สามารถประเมินได้ทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้น

ในประเด็นดังกล่าวนี้ พารามิเตอร์ที่ขัดแย้งกัน (Conflicting Parameter) ส่วนใหญ่แล้วคือ ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (Hydraulic Roughness) ถึงแม้ว่าหนังสือคุณภาพดีเยี่ยมหลาย ๆ เล่มเกี่ยวกับชลศาสตร์จะให้ข้อมูลที่มีรายละเอียดของค่าสัมประสิทธิ์นี้ค่อนข้างมากสำหรับสภาพภูมิประเทศที่มีลักษณะความแตกต่างกัน แต่ก็เป็นการง่ายมากที่จะเลือกค่าที่นำมาใช้ผิดพลาด ด้วยเหตุนี้ ในบางโอกาสจึงมีความพยายามที่จะให้ได้มาซึ่งตัวเลขดังกล่าวด้วยการตรวจวัดจริงในภาคสนามในแม่น้ำโดยตรง

อย่างไรก็ดี แม้กระทั่งตอนนี้ ปัญหายังคงอยู่พร้อมกับผลที่ตามมา เนื่องจากสัมประสิทธิ์ความขรุขระของบริเวณตลิ่งที่ถูกน้ำท่วมมีค่าไม่เท่ากันกับค่าสัมประสิทธิ์ของช่องทางน้ำ และที่แย่กว่านั้นอาจจะเปลี่ยนแปลงตามค่าระดับน้ำที่เพิ่มขึ้น และกลายเป็นตัวแปรที่ขึ้นอยู่กับข้อมูลน้ำท่วมที่นำเข้าไปในแบบจำลอง (ดูกล่องข้อความ 5-1) อีกหนึ่งพารามิเตอร์ในพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงซึ่งส่งผลต่อความขรุขระ คือ ระยะของการเจริญเติบโตของพืชในช่วงเวลาที่เกิดน้ำท่วม (State of Vegetation) ค่าของพารามิเตอร์นี้ (สำหรับพืช ต้นไม้ พุ่มไม้หรือต้นไม้ใหญ่ชนิดใด ๆ) อาจผันแปรตามฤดูกาลและตลอดทั้งปีเมื่อไม่ได้มีมาตรการมาใช้ดำเนินการ

กล่องข้อความ 5-1

การศึกษาในเรื่องของแม่น้ำที่จำเป็นและเกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ (River Studies Required in Relation to Hydrodynamic Modelling)

พื้นที่ราบน้ำท่วมถึงด้านข้าง (Lateral Flood Plain) บ่อยครั้งมักมีขนาดความกว้างเป็นหลายเท่าของช่องทางของแม่น้ำหลัก แต่มักจะสามารถลำเลียงน้ำได้ไม่มากกว่า 10-30% ของอัตราการไหลของน้ำท่วมทั้งหมด สาเหตุเกิดจากความขรุขระทางชลศาสตร์ (Hydraulic Roughness) สูงขึ้นจากปัจจัยของพืชพันธุ์ในพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงและสิ่งกีดขวางอื่น ๆ การเปลี่ยนแปลงความกว้างที่ผิดปกติ คั่นกันน้ำในช่วงฤดูแล้ง เป็นต้น ที่ช่วยเพิ่มความต้านทานการไหลในพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงอีกด้วย

การรู้ข้อมูลที่ถูกต้องเกี่ยวกับความขรุขระทางชลศาสตร์ของช่องทางของแม่น้ำและพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง ด้านข้างมีความสำคัญในการได้มาของค่าระดับน้ำตัวแทนที่น่าเชื่อถือได้ ความเร็วของกระแสน้ำที่สัมพันธ์กันและการกระจายตัวของอัตราการไหลของน้ำ ซึ่งต้องการความสัมพันธ์ระหว่างความขรุขระ (Roughness) กับองค์ประกอบของความขรุขระ (Roughness Elements) ที่สามารถประมาณค่านอกช่วงได้

มีความแตกต่างระหว่างความขรุขระของช่องทางของแม่น้ำและในพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง สำหรับในช่องทางของแม่น้ำพบว่า รูปสัณฐานของแม่น้ำมีบทบาทสำคัญต่อค่าความขรุขระที่พบ ในขณะที่ในพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงพืชพันธุ์มีความสำคัญต่อความขรุขระ

การศึกษาเพิ่มเติมถือได้ว่ามีความจำเป็นเกี่ยวกับแรงเฉือนที่เกิดขึ้นตามแนวรอยต่อระหว่างช่องทางน้ำและพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงซึ่งทำให้เกิดการไหลแบบปั่นป่วนรุนแรง การแยกของน้ำวน (Eddy Separation) ดังนั้น ทำให้เกิดการถ่ายเทและสูญเสียพลังงาน การสำรวจภาคสนามและข้อพิจารณาทางทฤษฎียืนยันว่ามีความลาดชันตามขวางในแม่น้ำอยู่ ซึ่งนี้ทำให้เกิดกระแสน้ำตามขวางที่ช่วยเพิ่มแรงต้านทานทางชลศาสตร์ ความแตกต่างของเส้นแนวการไหลของกระแสน้ำเฉลี่ย (Mean Flow Current Line) และเส้นแนวการไหลของกระแสน้ำท่วม (Flood Flow Current Lines) มีผลกระทบที่คล้ายคลึงกัน ในขณะที่เส้นแนวการไหลของกระแสน้ำเฉลี่ยส่วนใหญ่แกว่งไปมาระหว่างตลิ่งแม่น้ำ แต่เส้นแนวการไหลของกระแสน้ำท่วมขึ้นอยู่การวางแนวคันกันน้ำท่วมในแนวราบ ซึ่งนี้หมายถึงมวลน้ำที่เคลื่อนตัวลงมาในแม่น้ำหลักตัดผ่านกับการไหลในพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงเข้าไปเข้ามา ด้วยเหตุนี้ จึงเป็นการเพิ่มการสูญเสีย

ปัจจัยที่เป็นอุปสรรคก็คือ กระบวนการกัดเซาะ/การตกตะกอนที่เกิดขึ้นในแม่น้ำต่าง ๆ ทั้งหมดแต่ยิ่งรุนแรงกว่าในช่วงเกิดน้ำท่วม เมื่ออัตราการไหลของน้ำเพิ่มสูงขึ้นในช่วงแรกกระบวนการเกิดน้ำท่วมทำให้ความสามารถในการกัดกร่อนก็เพิ่มสูงขึ้นและก่อให้เกิดการกัดเซาะ เมื่ออัตราการไหลของน้ำลดลงการตกตะกอนจะเกิดขึ้น ซึ่งปัจจัยทั้งหมดเหล่านี้ส่งผลกระทบต่อสัมประสิทธิ์ความขรุขระและที่ชัดเจนคือหน้าตัดตามขวางของแม่น้ำ และอาจจะเปลี่ยนแปลงผลลัพธ์ไปในขอบเขตที่ถกเถียงกัน ยังอาจจะจัดแบ่งประเภทของแบบจำลองบนพื้นฐานที่ว่าได้นำค่าการกัดเซาะและการตกตะกอนและการเคลื่อนตัวของตะกอนมาคำนวณด้วยหรือไม่ เพื่อหลีกเลี่ยงการสร้างแบบจำลองและใช้งานแบบจำลองที่มีความซับซ้อนเกินไป จึงมักใช้แบบจำลองท้องน้ำคงที่ (Fixed Bed Model)

หากคำนึงลักษณะทางชลศาสตร์ (Hydraulic Regime) แบบจำลองอาจจัดแบ่งตามลักษณะของหลักเกณฑ์คงที่ (Permanent Regime) หรือหลักเกณฑ์ที่ปรับเปลี่ยนได้ (Transitional Regime) โดยทั่วไปแล้ว วัตถุประสงค์ต่าง ๆ ในการสร้างแบบจำลองมักต้องการแบบจำลองที่สามารถปรับเปลี่ยนหลักเกณฑ์ได้ (Transitional Regime Model) ซึ่งมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการศึกษาถึงน้ำท่วมฉับพลัน เช่น น้ำท่วมที่เกิดจากการวิบัติของเขื่อน (ดูหัวข้อย่อย 5.5.1) แต่ยักรวมถึงแต่ละช่วงเวลาที่รูปร่างของไฮโดรกราฟน้ำท่วมเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากการไหลของน้ำผ่านช่วงแม่น้ำช่วงใดช่วงหนึ่งหรือเนื่องจากการไหลของน้ำที่ขนานหรือตัดผ่านพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงด้านข้าง แบบจำลองที่มีหลักเกณฑ์คงที่และทำให้ง่ายลงถูกนำมาใช้อนุมานถึงสัมประสิทธิ์ความขรุขระของช่วงหนึ่งของแม่น้ำจากข้อมูลดิบ ซึ่ง

ทราบค่าโค้งอัตราการไหลของน้ำ (Discharge Rating Curve) จากการอ่านค่าที่เวลาต่าง ๆ ในช่วงที่การไหลของน้ำมีลักษณะทางชลศาสตร์คงที่ (Permanent Regime)

ข้อสรุปที่ได้จากที่กล่าวมาข้างต้นคือ การใช้งานแบบจำลองเกี่ยวข้องกับปัญหาที่หลากหลาย ดังนั้น ความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้จึงขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ไม่ว่าในเหตุการณ์ใด ๆ ก็ตาม แบบจำลองควรถูกเรียกใช้งานโดยบุคลากรเชี่ยวชาญเฉพาะทางเท่านั้น อย่างไรก็ตาม มีกฎที่แนะนำไว้ข้อหนึ่งคือ ความคลาดเคลื่อนของระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลองไม่ควรมากกว่าประมาณ 0.5 เมตร หรือค่าที่ใช้ในทางปฏิบัติคือ อย่างมากที่สุดเท่ากับความหนาของกระสอบทราย

5.3.4 แบบจำลองระบบ (Simulation Models)

แบบจำลองระบบ (Simulation Models) (เชิงแนวคิดหรือกล่องดำ) ตามที่ระบุหัวข้อไว้ข้างต้น เชื่อมโยงพารามิเตอร์น้ำท่วมที่ได้คัดเลือกหนึ่งตัวหรือมากกว่านั้น ซึ่งได้มาจากอนุกรมน้ำท่วม (Flood Series) หรือปริมาณน้ำท่วม (Flood Flow) (ตามที่ได้อธิบายพารามิเตอร์ต่าง ๆ ไว้ในบทที่ 1) กับรายละเอียดอื่น ๆ ที่สนใจ (เช่น พื้นที่น้ำนอง (Inundated Area) หรือความเสียหายจากน้ำท่วม (Flood Damage) อย่างไรก็ตาม แบบจำลองระบบยังช่วยให้สามารถเปรียบเทียบผลจากนโยบายการปฏิบัติงานเพื่อเก็บกักน้ำในแบบต่าง ๆ ได้ และยังสามารถนำมาใช้ในระบบที่ซับซ้อนซึ่งเกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่างการเก็บกักน้ำและแม่น้ำ โดยมีวัตถุประสงค์ในการดำเนินงานต่าง ๆ ประกอบด้วย การจัดหาทรัพยากร การป้องกันน้ำท่วม การผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ วัตถุประสงค์ทางด้านสิ่งแวดล้อมและอื่น ๆ

เราสามารถสร้างโค้งความน่าจะเป็นแบบมากกว่า (Exceedance Curve) ของปริมาณน้ำที่มีอยู่เพื่อวัตถุประสงค์ต่าง ๆ และสามารถสร้างเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Operating Rules) อย่างมีประสิทธิภาพได้ด้วยการจำลองพารามิเตอร์ที่เลือกบางตัวของสภาพน้ำท่วมจำนวนมาก (และ/หรือโดยทั่วไป : การไหลของน้ำท่วม) (Flood Flow)

5.4 ข้อมูล : ความต้องการและปัญหา (Data : Requirements and Problems)

5.4.1 ทั่วไป (General)

การมีอยู่ของข้อมูล (Data Availability) ในพื้นที่ลุ่มน้ำเป็นข้อจำกัดที่มีความสำคัญมากที่สุดในการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในวงกว้าง เนื่องจากพฤติกรรมของกลุ่มแม่น้ำภายใต้สภาพของการเกิดน้ำท่วมสะท้อนให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นทั้งหมดในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมาในพื้นที่ลุ่มน้ำ โครงข่ายการติดตามที่มีอยู่ในลุ่มน้ำสามารถให้ข้อมูลที่สำคัญในเรื่องขนาด (Extent) ของการเปลี่ยนแปลงของฟังก์ชันการตอบสนอง (Response Function) ของลุ่มน้ำต่อปัจจัยฝนได้เปลี่ยนแปลงไปในช่วงระยะเวลาหนึ่ง แนวโน้มของอนุกรมเวลาของตัวแปรที่ศึกษาอาจจะชี้ให้เห็นผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงบางอย่างที่เกิดขึ้นในลุ่มน้ำ แต่ข้อมูลตรวจวัดมีความสำคัญมากกว่าในการเปรียบเทียบและการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง แบบจำลองที่ได้เปรียบเทียบแล้วสามารถทำงานได้ดีกว่าในการเปรียบเทียบพฤติกรรมของลุ่มน้ำ เนื่องจากผู้ใช้งานสามารถโหลดแบบจำลองที่สนใจการไหลใด ๆ ก็ได้ โดยการใช้งานไม่ได้ขึ้นอยู่กับเหตุการณ์ที่บันทึกไว้ในอดีตเพียงอย่างเดียว

โค้งอัตราการไหลของน้ำ (Discharge Rating Curve) ที่สถานีตรวจวัดให้ตัวแปลงค่าข้อมูลที่สำคัญที่สุดบางอย่างเพื่อใช้ในการประเมินน้ำท่วม (Flood Evaluation) โค้งอัตราการไหลของน้ำ (Rating Curve) บ่อยครั้งได้มาจากวิธีการดั้งเดิมมาก และตัวแปลงค่าข้อมูลนี้อาจให้ข้อมูลที่ผิดทั้งหมดในการประเมินน้ำท่วม ในหลาย ๆ กรณี ส่วนบนของโค้งอัตราการไหลมักจะมาจากการประมาณค่า (Extrapolation) โดยการตัดสินใจที่เหมาะสมของวิศวกร ด้วยเหตุผลนี้ จึงได้แนะนำให้ใช้แบบจำลองอุทกพลศาสตร์แบบ 1 มิติ และแบบ 2 มิติ เพื่อสร้างโค้งอัตราการไหลของน้ำที่หน้าตัดลำน้ำใด ๆ ที่มีลักษณะซับซ้อนภายใต้สภาพการไหลของน้ำแบบไม่คงที่ (Unsteady Flow Condition) Ingeduldova และคณะ ในปี ค.ศ. 1999 (Ingeduldova et al., 1999) ได้นำเสนอถึงการศึกษาอย่างละเอียดในพื้นที่ที่มีสถานีตรวจวัดน้ำ Tynisti nad Orlici ของแม่น้ำ Orlici การศึกษาได้ช่วยในการประเมินโค้งอัตราการไหลของน้ำที่มีอยู่และดำเนินการทำข้อเสนอโครงการเพื่อการปรับปรุงแม่น้ำและพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง (River and Floodplain Improvement) เพื่อให้ได้มาซึ่งโค้งอัตราการไหลของน้ำที่มีความถูกต้องมากกว่าและมีความเหมาะสมแม้ว่าจะอยู่ในสภาวะการเกิดน้ำท่วมสูง

โดยทั่วไปแล้ว เป็นสิ่งที่ค่อนข้างยากที่จะกำหนดอย่างแน่ชัดลงไปถึงข้อมูลนำเข้าที่ต้องการใช้ในแบบจำลอง แบบจำลองมีหลากหลายรูปแบบและหลากหลายวัตถุประสงค์ในการนำไปใช้ ซึ่งทำให้ยากมากที่จะวางหลักเกณฑ์ทั่วไปให้ครอบคลุมทุกสถานการณ์ ในเหตุการณ์ใด ๆ มีประเด็นที่คิดได้เป็นอย่างดีในเรื่องนี้ คือ “การใช้ข้อมูลนำเข้าจำนวนมากอาจให้ผลดีกว่า” แต่ก็ไม่ควรลืมประโยคที่ว่า “ใส่ขยะเข้าไป ผลลัพธ์ก็เป็นขยะออกมา (Garbage In–Garbage Out)” ด้วย ผู้พัฒนาแบบจำลอง (Modeller) มักได้รับคำแนะนำที่ดีอยู่บ่อยครั้งเพื่อให้ต้องการข้อมูลนำเข้าที่เป็นตัวแทนและมีความน่าเชื่อถือเท่านั้น แม้ว่าจะทำให้ได้จำนวนข้อมูลน้อยลงก็ตาม ยิ่งไปกว่านั้น ควรพยายามสร้างความเชื่อมั่นว่า ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองมีส่วนที่เหมาะสม และถือว่าเป็นเรื่องที่ไม่สมเหตุผล ผล ถ้าหากแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาแม่น้ำที่มีความยาว 100 กิโลเมตร โดยนำเข้าข้อมูลหน้าตัดลำน้ำทุก ๆ ช่วง 20 เมตร ซึ่งที่จริงแล้ว ช่วงระยะห่าง 1,000 เมตร ก็น่าจะเพียงพอและให้ความถูกต้องในระดับเดียวกัน

โดยข้อเท็จจริงแล้ว คำถามที่สำคัญที่สุดซึ่งควรระบุเมื่อทำการกำหนดจำนวนข้อมูลและคุณภาพของข้อมูลที่นำเข้าในแบบจำลองก็คือ วัตถุประสงค์ที่ต้องการบรรลุผล การศึกษาถึงการเกิดน้ำท่วมในพื้นที่ป้องกันด้วยคันกันน้ำแห่งหนึ่งจากเหตุการณ์อุบัติเหตุของเขื่อน กับการศึกษาเรื่องของการเกิดน้ำท่วมซึ่งมีสาเหตุจากฝนที่ตกทั่วทั้งพื้นที่บริเวณกว้างนั้น มีแนวคิดที่แตกต่างกันที่ต้องการวิธีการแก้ไขต่างกัน ในแบบแรกต้องการข้อมูลที่มีความแม่นยำและเที่ยงตรง (โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อชีวิตของมนุษย์อยู่ในภาวะเสี่ยง) ยิ่งไปกว่านั้น ในเหตุการณ์อุบัติเหตุของเขื่อน ข้อมูลสภาพภูมิประเทศที่มีความละเอียดและถูกต้อง แม้แต่บริเวณนอกช่องทางน้ำหลัก และลักษณะดิน เป็นสิ่งจำเป็นมากกว่าข้อมูลการเกิดน้ำท่วมที่ผ่านมาอย่างมาก ในทางกลับกันการสำรวจ(ศึกษา)การเกิดเหตุการณ์น้ำท่วมในพื้นที่กว้าง ๆ ข้อมูลน้ำท่วมในอดีตเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง

5.4.2 แบบจำลองฝน-น้ำท่า (Rainfall–Runoff Model)

แบบจำลองเชิงแนวคิด (Conceptual Model) เหล่านี้ (แบบจำลองลัมพ์ (Lump Model)) พยายามที่จะอธิบายวัฏจักรอุทกวิทยากับกระบวนการต่าง ๆ ที่สัมพันธ์กันทั้งหมด ฝนที่ตกในพื้นที่ลุ่มน้ำ

(รวมทั้งหิมะปกคลุมหาคมี) ถูกแบ่งออกเป็นการระเหยและน้ำท่า ซึ่งสามารถจัดแบ่งต่อออกเป็นส่วนของน้ำท่าที่ไหลเร็ว (Fast Runoff Component) น้ำในชั้นใต้ผิวดินที่ไหลด้วยความเร็วปานกลาง (Medium Speed Interflow) และการซึมของน้ำ (Infiltration) ซึ่งช่วยเติมปริมาณน้ำใต้ดินและทำให้เกิดปริมาณการไหลฐาน (Base Flow) แบบจำลองฝน-น้ำท่าเชิงแนวคิดประเภทลัมพ์จำลองกระบวนการต่าง ๆ บนพื้นฐานของข้อมูลฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำ อุณหภูมิอากาศ และการระเหยของน้ำที่อาจเกิดขึ้นได้ แบบจำลองจะใช้แหล่งเก็บกักที่แยกออกจากกันระหว่างปริมาณน้ำจากหิมะปกคลุม น้ำผิวดิน น้ำจากโซนรากพืชและน้ำใต้ดินในระหว่างการจำลองกระบวนการทางอุทกวิทยา ข้อมูลที่ต้องการสำหรับแบบจำลองประเภทลัมพ์มีดังนี้

- ข้อมูลเชิงพรรณนาเบื้องต้น
- ลักษณะพื้นฐานของกลุ่มน้ำ
- สภาพขอบเขต
- ข้อมูลฝนรายวัน-รายชั่วโมง
- อุณหภูมิของอากาศเฉลี่ยรายวันในโซนชั้นระดับความสูง
- ข้อมูลการระเหยรายวันหรือรายสัปดาห์ที่อาจเกิดขึ้น
- ข้อมูลที่เกี่ยวข้องที่ขอบบริเวณขอบเขตทางด้านท้ายน้ำ (ด้านท้ายสุดของแบบจำลองที่สร้างขึ้น) ในรูปแบบของอนุกรมเวลาของตัวแปร (เช่น $Q = Q(t)$)
- อนุกรมเวลาสำหรับการเปรียบเทียบและการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง
- อนุกรมเวลาของตัวแปรที่เกี่ยวข้องในขอบเขตพื้นที่ของแบบจำลอง

แบบจำลองประเภทลัมพ์หรือแบบจำลองเชิงแนวคิดอาจให้ผลลัพธ์ที่ดี อย่างไรก็ตาม แบบจำลองนี้ต้องการข้อมูลอนุกรมเวลาที่ค่อนข้างยาวในการเปรียบเทียบแบบจำลอง ซึ่งจำเป็นต้องมีข้อมูลที่ระยะเวลาต่อเนื่อง 1 ปี ที่ช่วงเวลาตั้งแต่ 1 วัน ไปจนถึง 3 ชั่วโมง ในการเปรียบเทียบ และยังต้องมีข้อมูลอีกหนึ่งชุดในช่วงเวลาอื่นเพื่อใช้ในการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง

การจำลองระบบ (Simulation) ทำได้ค่อนข้างเร็ว แต่จะให้ค่าข้อมูลผลลัพธ์ได้แต่เพียงที่หน้าตัดปิด (สุดท้าย) ของพื้นที่ลุ่มน้ำ ผลลัพธ์ของแบบจำลองลัมพ์ยังให้รายละเอียดของขอบเขตบน (Upper Boundary) ของแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ และยังสามารถให้ค่าอัตราการไหลของน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำที่ไม่มีสถานีตรวจวัดในช่วงตอนกลางของแม่น้ำ

ปัญหาที่สังเกตได้บ่อยครั้งเกี่ยวกับการจัดเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์เพื่อใช้ในแบบจำลองสภาพการไหลไม่คงที่เชิงแนวคิดในรูปแบบลัมพ์ ได้แก่

- สถานีตรวจวัดน้ำฝนมีเฉพาะผลรวมรายวันของข้อมูลฝนเท่านั้น และยังมีสถานีตรวจวัดน้ำฝนไม่เพียงพอครอบคลุมทั้งลุ่มน้ำ
- ข้อมูลชุดของการระเหยของน้ำที่อาจเกิดขึ้นมีอยู่ค่อนข้างน้อย ด้วยเหตุนี้ สูตรการคำนวณต่าง ๆ ที่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ ซึ่งถูกนำมาใช้แทนมีความถูกต้องน้อยกว่า

- ความถูกต้องของโค้งอัตราการไหลของน้ำ (Discharge Rating Curve) ที่หน้าตัดลำน้ำเปิด และข้อมูลชุดของหน้าตัดลำน้ำนี้ผันแปรแตกต่างกันมาก
- ข้อมูลเปรียบเทียบแบบจำลองภายในพื้นที่ที่สนใจมีระดับความถูกต้องแตกต่างกัน และบ่อยครั้งมีความคลาดเคลื่อนอย่างมาก

5.4.3 แบบจำลองชลศาสตร์ (อุทกพลศาสตร์) (Hydraulic (Hydrodynamic) Models)

5.4.3.1 ข้ออภิปรายทั่วไป (General Discussion)

ข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองสามารถจัดแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ (1) ข้อมูลสภาพภูมิประเทศ (Topographic Data) และข้อมูลทางอุทกวิทยา/ชลศาสตร์ (Hydrological/Hydraulic Data)

ในทางกลับกัน ข้อมูลสภาพภูมิประเทศ (Topographic Data) สามารถจัดแบ่งย่อยทางแนวคิดออกเป็น 2 ประเภทคือ (1) ข้อมูลเชิงคุณภาพ (Qualitative Data) และ (2) ข้อมูลเชิงปริมาณ (Quantitative Data) แบบแรกหมายถึงรายละเอียดของแม่น้ำและลักษณะกำหนดที่ประกอบด้วย แม่น้ำสาขา คันกันน้ำท่วมที่มีอยู่ สะพานลอยข้ามถนนหรือทางรถไฟ พื้นที่สูง พื้นที่ลุ่ม และเขตน้ำท่วม ฯลฯ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ช่วยให้เข้าใจถึงลักษณะของแม่น้ำและเป็นพื้นฐานในการกำหนดระดับของรายละเอียดของข้อมูลสภาพภูมิประเทศเชิงปริมาณ (Quantitative Topographic Data)

ข้อมูลสภาพภูมิประเทศเชิงปริมาณ (Quantitative Topographic Data) หมายถึง หน้าตัดตามแนวยาวของแม่น้ำตามแนวลิ่งและคันกันน้ำ และหน้าตัดขวางของช่องทางน้ำและขอบเขตของเขตพื้นที่น้ำท่วม ข้อมูลดังกล่าวนี้ได้มาจากแผนที่ทั่วไป หรือรวบรวมมาจากการสำรวจสภาพภูมิประเทศด้วยหน่วยสำรวจอิสระ หน้าตัดตามแนวยาวควรต้องสามารถแสดงทั้งเส้นที่จำกัดขอบเขตของระดับน้ำปกติและเขตน้ำท่วมทั้งสองเส้น ข้อมูลเหล่านี้ควรรวบรวมไม่แต่เพียงจากแม่น้ำสายหลักเท่านั้น แต่ควรครอบคลุมแม่น้ำสาขาในพื้นที่สำรวจ

หน้าตัดลำน้ำตามแนวขวางโดยทั่วไปแล้วมักสำรวจที่ระยะห่างระหว่างจุดตรวจวัดเป็นช่วงเท่า ๆ กันมากหรือน้อยก็ได้ ยกเว้นกรณีต้องการข้อมูลที่จุดตรวจวัดพิเศษหรือในพื้นที่ที่ระบุ ระยะห่างเฉลี่ยขึ้นอยู่กับความแม่นยำที่ต้องการและความลาดชันของพื้นที่ราบหุบเขา ส่วนใหญ่แล้ว หน้าตัดของพื้นที่เขตน้ำท่วมจะตรวจวัดที่ระยะห่างตั้งแต่ 1–10 กิโลเมตร และที่หน้าตัดที่จำกัดส่วนของช่องทางน้ำซึ่งจะมีการไหลล้นเป็นปกติ จะทำการตรวจวัดที่ระยะห่างตั้งแต่ 200–5,000 เมตร

การผสมผสานกันของหน้าตัดตามแนวยาวและตามแนวขวางอาจไม่เพียงพอ อย่างไรก็ตาม สำหรับการศึกษาก็เกี่ยวข้องกับแบบจำลองแบบ 2 มิติ ซึ่งลักษณะภูมิประเทศถูกแบ่งออกเป็นกริดเซลล์โดยมีเจตนาและวัตถุประสงค์ในการคำนวณ โดยแต่ละกริดเซลล์มีความสัมพันธ์ระหว่างกันทางชลศาสตร์ด้วยโครงสร้างฝาย ท่อลอด หรือการจำลองระบบแม่น้ำ จริง ๆ แล้วเซลล์เหล่านี้ไม่ได้มีอยู่จริงแต่เป็นการจำลองปรากฏการณ์นี้ลงในแผนที่โดยใช้สเกลที่เหมาะสมสำหรับข้อกำหนดที่ต้องการ พุดกันโดยทั่วไปได้ว่า เส้นชั้นความสูงควรมีระยะห่างระหว่างกันประมาณ 1 เมตร เพื่อใช้ในการคำนวณระดับน้ำ

ที่มีความถูกต้องในช่วง 50 เซนติเมตร ซึ่งนำมาสู่การใช้แผนที่ที่มีมาตราส่วนประมาณ 1 : 10,000² (ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความลาดในพื้นที่) อย่างไรก็ดี ประสบการณ์แสดงให้เห็นว่า แผนที่ที่มีมาตราส่วนขนาดเล็กก็สามารถนำมาใช้งานในแบบจำลองเหล่านี้ได้อย่างประสบผลสำเร็จ หากเพิ่มเติมด้วยการสำรวจสภาพภูมิประเทศที่จุดเฉพาะต่าง ๆ

เส้นโค้งความสูง/ปริมาตร (Height/Volume Curve) ของน้ำท่วมทั้งพื้นที่ราบซึ่งเป็นตัวแปรพื้นฐานในแบบจำลองระบบจะถูกอนุมานจากข้อมูลที่ได้กล่าวข้างต้น ในประเด็นนี้ตำแหน่งและรายละเอียดของงานโครงสร้างที่สำคัญที่ส่งผลต่อการไหลของกระแสน้ำ เช่น สะพาน ฝาย ท่อลอด และอื่น ๆ เพื่อกำหนดลักษณะทางชลศาสตร์ของโครงสร้างเหล่านั้น และใส่รายละเอียดของการทำงานของอาคารเหล่านั้นในแบบจำลอง

ข้อมูลทางอุทกวิทยา/ชลศาสตร์ (Hydrological/Hydraulic Data) อาจแบ่งได้เป็นหนึ่งหรือสองกลุ่ม ในทางหนึ่งส่วนใหญ่จะกำหนดเป็นข้อมูลสภาพขอบเขต (Boundary Condition Data) และอีกกลุ่มหนึ่งเป็นข้อมูลอัตราการไหลและความลึกของน้ำ (Discharge and Depth Data) ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วถูกนำมาใช้หาค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระในแบบจำลองทางอ้อมและใช้ในการปรับเทียบแบบจำลอง ข้อมูลเส้นระดับความลึกและอัตราการไหลของน้ำเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้แบบจำลองสามารถทำงานได้ โดยควรมีข้อมูลของลำน้ำสาขามาใช้ร่วมด้วย สัมประสิทธิ์ความขรุขระสามารถหาค่าได้หากมีเส้นโค้งอัตราการไหลของน้ำ (Discharge Rating Curve) ที่จุดที่เป็นไปได้ทั้งหมดตามแนวยาวของช่องทางน้ำหลัก³ ในบางประเทศอาจจำเป็นที่จะต้องทำการสำรวจสภาพภูมิประเทศเป็นการเฉพาะเพื่ออ้างอิงสถานที่ต่าง ๆ กับจุดเริ่มต้นร่วม ยิ่งไปกว่านั้น การเกิดการกัดเซาะหรือการตกตะกอนตรงจุดหน้าตัดลำน้ำใด ๆ หลังจากเวลาที่ได้สร้างเส้นโค้งอัตราการไหลของน้ำ (Discharge Rating Curve) ควรได้รับการตรวจสอบเพื่อจัดความคลาดเคลื่อนที่เป็นไปได้

ข้อมูลทางชลศาสตร์เป็นสิ่งสำคัญในการปรับเทียบแบบจำลอง สิ่งที่นักพัฒนาแบบจำลองต้องการในอุดมคติก็คือ อนุกรมของตัวเลขความลึกน้ำในช่องทางน้ำสายหลักในระหว่างกระบวนการเกิดน้ำท่วมทั้งหมด ตรงจุดที่ใกล้พอที่ให้ข้อสรุปเกี่ยวกับความเร็วของคลื่นน้ำท่วม รวมทั้งการอ่านค่าอัตราการไหลของน้ำที่แน่นอนในช่วงแม่น้ำต่าง ๆ (ดูตัวอย่างในหัวข้อย่อย 5.5.3) ในทางตรงข้าม อนุกรมเวลาระยะยาวในอดีตของข้อมูลอัตราการไหลของน้ำสูงสุดไม่มีประโยชน์ในการปรับเทียบแบบจำลอง เนื่องจากสิ่งที่นักพัฒนาแบบจำลองต้องการคือข้อมูลในรายละเอียดของน้ำท่วมในครั้งนั้นโดยเฉพาะ อนุกรมเวลาระยะยาวในอดีตของข้อมูลความลึกน้ำหรืออัตราการไหลของน้ำเป็นสิ่งมีค่าทางสถิติอย่างไม่ต้องสงสัย แต่ข้อมูลเหล่านี้ใช้งานค่อนข้างน้อยในการสร้างแบบจำลองประเภทนี้

เนื่องจากอัตราการไหลของน้ำในช่องทางน้ำสายหลักและความเร็วของกระแสน้ำโดยทั่วไปแล้วมีลักษณะแตกต่างอย่างมากกับค่าที่เกิดขึ้นในพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง นักพัฒนาแบบจำลองจึง

² ค่าที่เสนอแนะนี้บ่งบอกถึงสภาพภูมิประเทศที่มีลักษณะเป็นภูเขามากหรือน้อย ในพื้นที่ราบลุ่มต่ำตามแม่น้ำยกตัวอย่างเช่น ที่พบได้ในประเทศเนเธอร์แลนด์ ใดๆ ใช้ค่าระดับที่มีความถูกต้อง ± 0.10 เมตร และ แผนที่ภูมิประเทศ 1 : 5,000

³ ดูกล่องข้อความ 5-1

ต้องการข้อมูลอัตราการไหลของน้ำและทิศทางของกระแสน้ำที่มีการตรวจวัดอยู่บ่อยครั้งเพื่อนำมาใช้กำหนดกระบวนการของการเกิดน้ำท่วม

5.4.3.2 ข้อกำหนดเฉพาะและปัญหาที่เกี่ยวข้อง (Specific Requirements and Related Problems)

แบบจำลองทางชลศาสตร์ (อุทกพลศาสตร์) สำหรับใช้ในการจำลองสภาพการไหลแบบไม่คงที่ที่ต้องการข้อมูลในกลุ่มต่อไปนี้เพื่อใช้กำหนดรูปแบบของแบบจำลอง :

- ข้อมูลรายละเอียดพื้นฐาน (Basic Descriptive Data)
 - หน้าตัดตามแนวขวางช่วงแม่น้ำ (แบ่งบอถึงพื้นที่ระหว่างหน้าตัดตามแนวขวาง); ข้อมูลได้มาจากการสำรวจหรือด้วยวิธีอัลตราซาวด์ (Ultrasound Method); ข้อมูลประกอบด้วยรายละเอียดความขรุขระทางชลศาสตร์ของท้องน้ำและตลิ่งแม่น้ำ; รายละเอียดของสิ่งกีดขวางและลักษณะเฉพาะอื่น ๆ (วิธีการสำรวจระยะไกล (Remote Sensing Method) ไม่สามารถให้รายละเอียดของข้อมูลเหล่านี้)
 - โครงสร้างในช่องทางแม่น้ำ (ฝาย เขื่อน ท่อลอด สะพาน) ที่มีรายละเอียดและลักษณะของการปฏิบัติการ
 - ข้อมูลพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง (Floodplain Data) ในรูปแบบของหน้าตัดตามแนวขวางหรือ DMT (โครงสร้างในพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง เช่น ถนน ทางรถไฟ คันดิน อาคาร รั้ว รายละเอียดของพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง-หน้าตัดตามแนวขวางในพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงสำหรับใช้เป็นช่องทางน้ำ)
 - รายละเอียดของโครงข่ายแม่น้ำ (River Network Description) ในลักษณะของพิกัด
 - แผนที่การใช้ที่ดิน (Land Use Map)
 - แผนที่ทั่วไป (General Mapping) ที่มีข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
 - แผนที่ภูมิหลัง (Background Mapping)
- สภาพขอบเขต (Boundary Conditions)
 - ข้อมูลที่เกี่ยวข้องในบริเวณขอบเขตทางด้านท้ายน้ำ (ตอนล่างหรือจุดสิ้นสุดของแบบจำลองที่สร้างขึ้น) โหนดต่าง ๆ ในรูปของอนุกรมเวลาของตัวแปรต่าง ๆ (เช่น $H = H(t)$) ;
 - ข้อมูลเกี่ยวกับขอบเขตทางด้านเหนือน้ำ (ตอนบนของแบบจำลองที่สร้างขึ้น) โหนดต่าง ๆ ในรูปของอนุกรมเวลาของตัวแปรหนึ่ง ๆ (เช่น $Q = Q(t)$)
- อนุกรมเวลาสำหรับการปรับเทียบและการตรวจพิสูจน์ (Time Series for Calibration and Verification)
 - อนุกรมของตัวแปรที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ ตรงขอบเขตของแบบจำลอง

- ข้อมูลที่เป็นไปได้ทั้งหมดเกี่ยวกับตัวแปรต่าง ๆ ในแบบจำลอง (ระดับน้ำ อัตราไหลของน้ำ ความเร็วน้ำ ที่ตำแหน่งต่าง ๆ) ข้อมูลควรครอบคลุมช่วงเวลาของการเปรียบเทียบที่มีลักษณะกลมกลืนเท่าที่จะเป็นไปได้

ข้อมูลที่ได้อธิบายไว้ข้างต้นบ่อยครั้งจะมีอยู่แต่ความถูกต้องและความกลมกลืนของข้อมูล อาจเป็นปัญหาได้

ปัญหาที่สังเกตได้บ่อยครั้งมักเกิดขึ้นจากการเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ในแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ดังนี้

- ข้อมูลที่หน้าตัดตามแนวขวางต้องได้รับการสำรวจเพื่อใช้ในวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกันซึ่งอาจผันแปรในแง่ของความถูกต้องและยุคสมัย และข้อมูลบางอย่างอาจจะไม่เคยตรวจพิสูจน์ความถูกต้องมาก่อน
- แผนที่ตั้งต่าง ๆ อาจไม่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาแบบจำลอง เนื่องจากบ่อยครั้งที่ความถูกต้องของระดับความสูงและระยะห่างอาจไม่เพียงพอ
- เส้นโค้งอัตราการไหลของน้ำ (Rating Curve) ที่สถานีตรวจวัดอาจไม่ถูกต้องในช่วงเกณฑ์การไหลของน้ำส่วนบน (Upper Regime of Flow) เนื่องจากการประมาณการนอกช่วง (Extrapolation) อย่างง่าย
- การปรับปรุงโครงสร้างทางชลศาสตร์และแม่น้ำ (Hydraulic Structures and River Improvement) ไม่ได้ดำเนินการตามข้อกำหนดในการออกแบบ และแบบก่อสร้างแต่ก็มีอยู่ในรูปของแฟ้มเอกสารและถือเป็นแบบที่ได้ก่อสร้างจริง (As Built Situation)
- แม้แต่วิธีการสำรวจระยะไกลด้วยภาพถ่ายทางอากาศชั้นสูงมาก ก็ยังเกิดความผิดพลาดได้
- ไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับปรากฏการณ์การเคลื่อนตัวของตะกอน
- ข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้า (Inflow) จากหุบเขาด้านข้าง (แม่น้ำสาขา) และปริมาณน้ำใต้ผิวดิน (Interflow) ไม่ได้ถูกบันทึกไว้เลย
- การรวบรวมข้อมูลและการตรวจวัดเป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายของโครงการและทำให้การเปรียบเทียบแบบจำลองการทดสอบและการเผยแพร่แบบจำลองทำได้ช้าลง
- ข้อมูลเปรียบเทียบที่จัดทำเป็นการเฉพาะ (Ad-hoc Calibration Data) ในพื้นที่ที่สนใจอาจมีระดับของความถูกต้องแตกต่างจากสถานีตรวจสอบหลัก (Backbone Monitoring Stations) และอาจมีความคลาดเคลื่อนสูง

Weiman และ Mein ในปี ค.ศ. 1999 ได้แบ่งแหล่งที่มาของความคลาดเคลื่อนออกเป็น

5 กลุ่ม ดังนี้

- การมีอยู่อย่างจำกัดของข้อมูลพื้นฐาน
- ข้อสมมุติฐานที่ง่ายไปในขั้นตอนการศึกษา

- แบบจำลองแบบง่ายที่ใช้เป็นตัวแทนของกลุ่มน้ำ
- ข้อมูลออกแบบสำหรับพารามิเตอร์ของแบบจำลองไม่พอเพียง
- ความเชี่ยวชาญของนักพัฒนาแบบจำลองมีไม่เพียงพอ

นอกเหนือจากอุปสรรคเหล่านี้ ความไม่แน่นอนในระดับสูงเป็นสภาพที่เป็นจริง และสะท้อนถึงปฏิสัมพันธ์ที่ซับซ้อนของปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดน้ำท่วม ในแนวทางการบริหารจัดการน้ำท่วมบนพื้นฐานความเสี่ยง (Risk-Based Flood Management Approach) Weiman และ Mein ได้อ้างว่าความไม่แน่นอนในระดับกลางจะไม่ส่งผลกระทบร้ายแรงหากมาตรฐานของการออกแบบที่พัฒนาขึ้นมีลักษณะใกล้เคียงกับการป้องกันที่เหมาะสมที่สุดในทางเศรษฐศาสตร์ อย่างไรก็ตาม เมื่อเส้นโค้งต้นทุน (Cost Curve) มีลักษณะชัน (ที่ระดับเกณฑ์ (Threshold Level)) การตัดสินใจมาก่อนไหวต่อความคลาดเคลื่อนในการประเมินความเสี่ยงหรือขนาดของน้ำท่วม

5.5 เหตุการณ์ประวัติศาสตร์ (Case Histories)

เพื่อที่จะแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์อุทกพลศาสตร์ในการบริหารจัดการน้ำท่วมเหตุการณ์ประวัติศาสตร์ต่าง ๆ ถูกนำเสนอต่อไปนี้

5.5.1 สเปน : การปรับเทียบคลื่นจากการพังทลายของเขื่อน (Spain : Calibration of Dambreak Wave)⁴

การปรับเทียบแบบจำลองของปริมาณน้ำสูงสุด (Extreme Flow) ในเหตุการณ์ต่าง ๆ ส่วนใหญ่นับเป็นปัญหาหนึ่งเนื่องจากข้อมูลในอดีตที่มีอยู่โดยปกติแล้วจะบ่งบอกถึงช่วงอัตราการไหลของน้ำที่มีขนาดเล็กกว่าที่คาดการณ์ ซึ่งหมายถึงแบบจำลองต่าง ๆ สามารถปรับเทียบได้เพียงค่าอัตราการไหลของน้ำที่มีค่าน้อย และในที่สุดการใช้งานจะอาศัยหลักการประมาณการนอกช่วง (Extrapolation) เกือบตลอดเวลา อย่างไรก็ตาม มีกรณีตัวอย่างซึ่งโชคไม่ดีไม่ใช่ว่ากรณีเช่นนั้นหนึ่งตัวอย่างก็คือ เหตุการณ์น้ำท่วมใน Ju'car ประเทศสเปนที่ศึกษาไว้โดยใช้แบบจำลองกริดเซลล์แบบ 2 มิติ Gisplana (Gisplana Two Dimensional Cell Model) โดยศูนย์การศึกษาอุทกศาสตร์ (Centre of Hydrographic Studies) ในกรุงมาดริด

แบบจำลองนี้ถูกสร้างขึ้นและใช้ในการศึกษาถึงผลกระทบของการวิบัติของเขื่อน Tous ในปี ค.ศ. 1982 ซึ่งไม่เพียงแต่ได้สร้างความเสียหายอันมหาศาลกับพื้นที่เกษตรกรรม ชุมชน และโครงสร้างพื้นฐานต่าง ๆ แต่ยังรวมถึงความสูญเสียที่มากกว่าจากโศกนาฏกรรมอันเนื่องจากการสูญเสียชีวิตของมนุษย์ อัตราการไหลของน้ำสูงสุดที่คำนวณได้จากแบบจำลองเท่ากับ 12,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที แบบจำลองถูกปรับเทียบโดยใช้ข้อมูลที่ตรวจวัดในบางพื้นที่ระหว่างที่เกิดเหตุการณ์น้ำท่วม ซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วย (a) ระดับน้ำสูงสุดที่ท่วมถึง และบางครั้งยังรวมถึงเวลาที่เกี่ยวข้อง (b) ระดับน้ำที่ตรวจวัดที่เวลาต่าง ๆ (c) อัตราการไหลของน้ำสูงสุดที่คำนวณในช่วงแม่น้ำบางช่วงโดยเฉพาะ

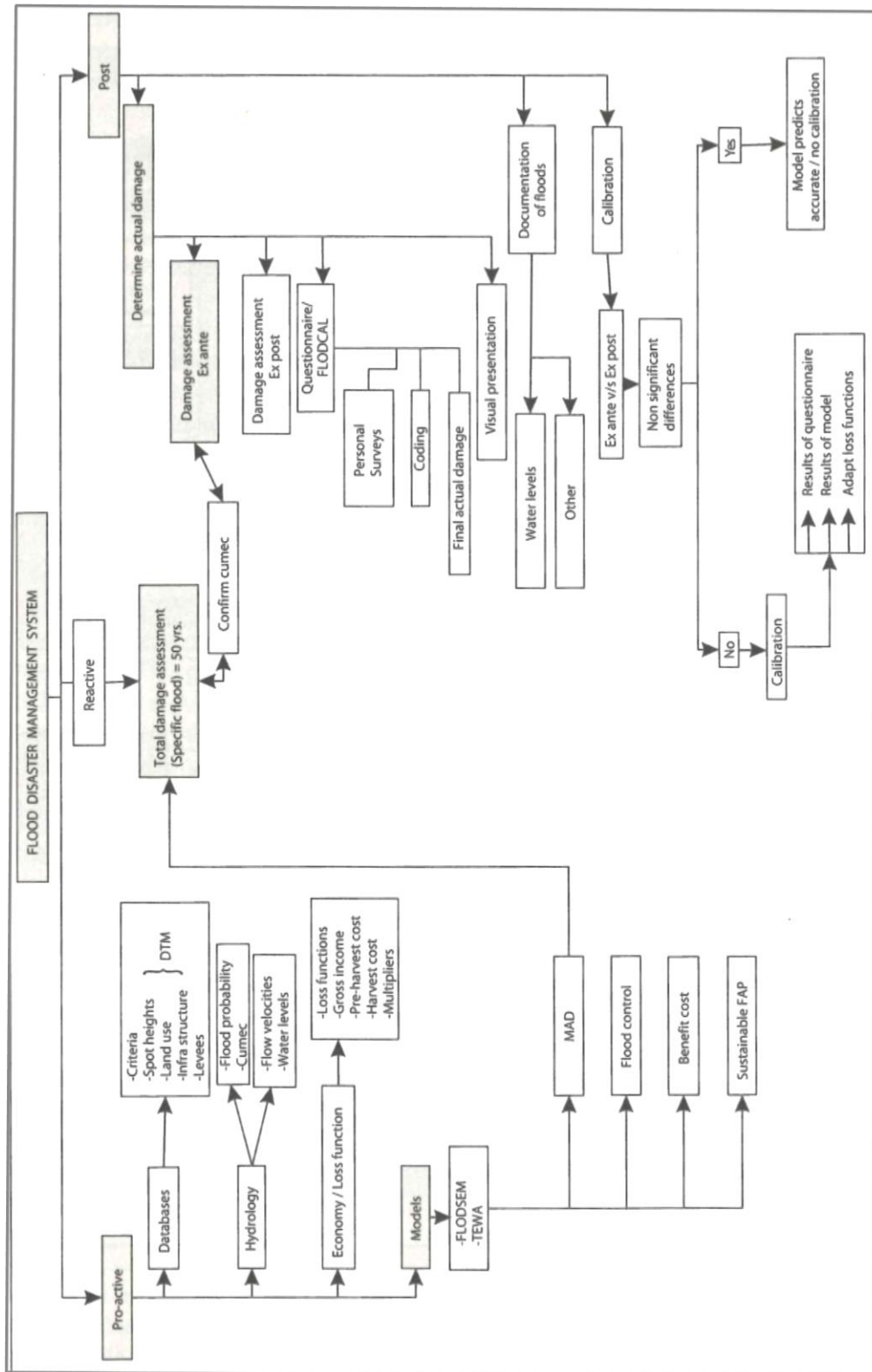
⁴ ที่มา : ผลงานที่จัดทำโดย Prof. Jose Jiria Montanes, Spain for WG-CAFM

แบบจำลองถูกนำมาใช้อีกครั้งในการศึกษาอีกเหตุการณ์น้ำท่วมในปี ค.ศ. 1987 ซึ่งเกิดขึ้นจากสภาพอากาศอันเลวร้าย ค่าอัตราการไหลของน้ำสูงสุดระหว่างเหตุการณ์น้ำท่วมนี้ที่คำนวณได้เท่ากับ 5,200 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ซึ่งน้อยกว่าเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นก่อนหน้านี้ค่อนข้างมากเนื่องจากแบบจำลองสามารถใช้ในการศึกษาเหตุการณ์น้ำท่วมในปี ค.ศ. 1987 ได้จึงเป็นโอกาสที่ดีเยี่ยมที่จะปรับค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการปรับเทียบครั้งแรกให้ดีขึ้น ซึ่งพบว่าแบบจำลองสามารถนำมาใช้ปฏิบัติการเป็นที่น่าพอใจและยังสามารถนำมาใช้ศึกษาถึงอัตราการไหลของน้ำในช่วงทางน้ำที่มีลักษณะคดเคี้ยวของแม่น้ำที่ไหลขนาน ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลตรวจวัดและผลลัพธ์จากแบบจำลองให้ผลเป็นที่น่าพอใจ ดังนั้นแบบจำลองนี้สามารถใช้งานได้สำหรับเหตุการณ์น้ำท่วมที่มีอัตราการไหลของน้ำสูงสุดถึง 12,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ซึ่งให้ผลลัพธ์ทางศาสตร์ที่แตกต่างกัน เช่น ระดับน้ำ และความเร็วของกระแสน้ำ และยังสามารถทำนายเขตพื้นที่น้ำท่วมที่เป็นไปได้ในแต่ละเหตุการณ์ ความเร็วของคลื่นน้ำท่วมและความต้องการในพื้นที่ในระบบการเตือนภัยน้ำท่วมอัตโนมัติ (Automatic Flood Warning System) และองค์กรสำหรับความช่วยเหลือฉุกเฉิน

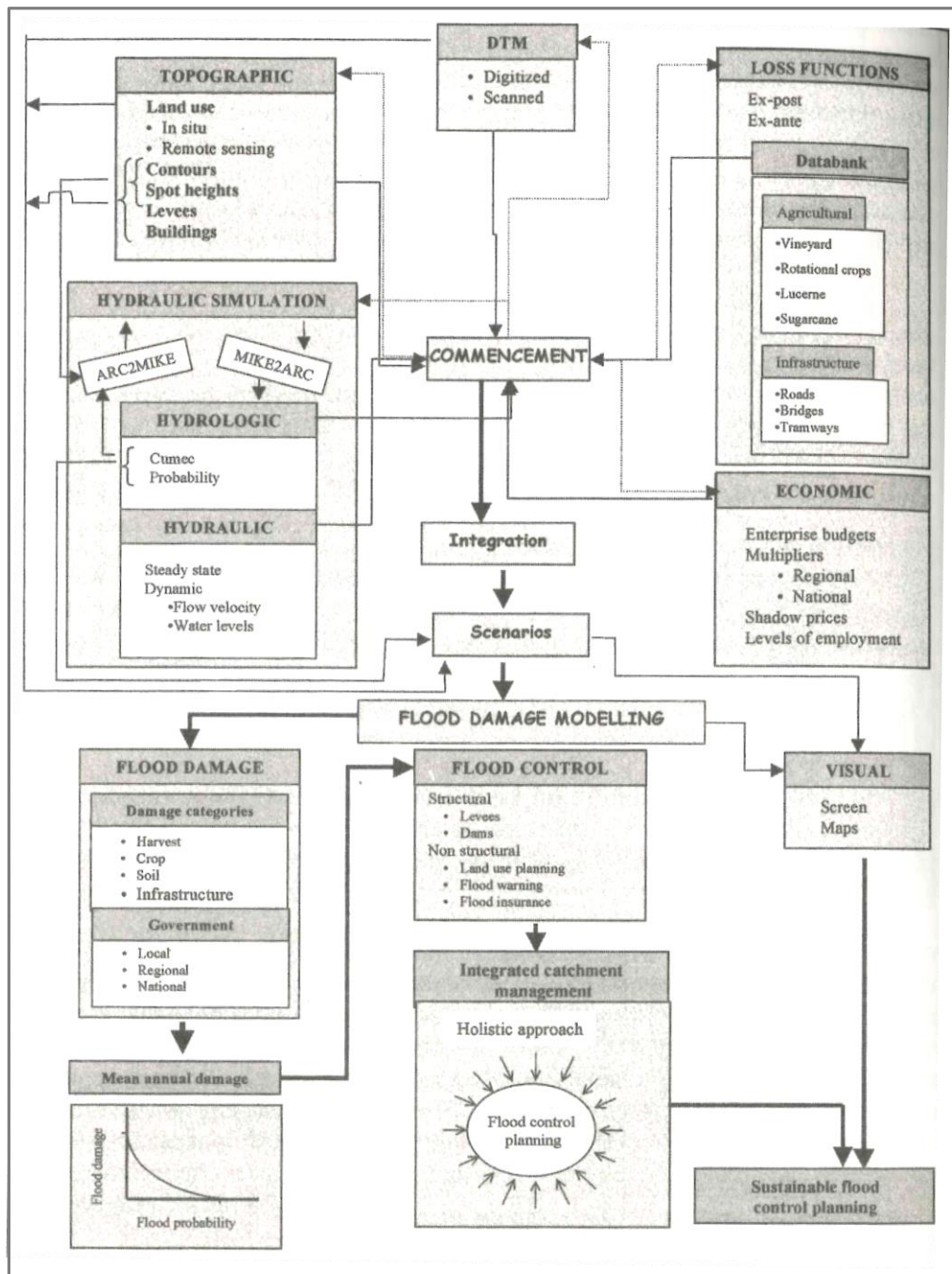
5.5.2 แอฟริกาใต้ : การประเมินความเสียหายจากน้ำท่วมโดยอาศัยวิธีการใช้แบบจำลอง (South Africa : Flood Damage Assessment by Means of Models)⁵

แบบจำลองการประเมินความเสียหายจากน้ำท่วม/การจำลองความเสียหายจากน้ำท่วม (Flood Damage Assessment/Simulation Model) 2 ประเภท ถูกพัฒนาขึ้นในระหว่างทำการวิจัยในประเทศแอฟริกาใต้เมื่อเร็ว ๆ นี้ FLODSIM ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับใช้ในพื้นที่ชลประทานและ TEWA สำหรับใช้ในพื้นที่เมือง วัตถุประสงค์ของแบบจำลองเหล่านี้ก็เพื่อจำลองความเสียหายจากน้ำท่วมที่โอกาสของการเกิดน้ำท่วมที่เป็นไปได้แตกต่างกันในพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงต่าง ๆ เพื่อหาค่าความเสียหายรายปีเฉลี่ย (Mean Annual Damage, MAD) และหาค่าผลประโยชน์จากมาตรการควบคุมความเสียหายจากน้ำท่วมต่าง ๆ แบบจำลองเหล่านี้เป็นสิ่งจำเป็นในการดำเนินการตามนโยบายการบริหารจัดการภัยพิบัติน้ำท่วมใหม่ (New Flood Disaster Management Policy) ของประเทศแอฟริกาใต้ ลักษณะที่สำคัญของนโยบายใหม่คือ การบริหารจัดการภัยพิบัติอย่างต่อเนื่อง เช่น การทำงานเชิงรุกในการเตรียมการ การทำงานในระยะตอบโต้ และในระยะหลังเกิดภัยพิบัติ กรอบวิธีการศึกษาที่สรุปไว้ในรูปที่ 5-1 แสดงให้เห็นถึงการประยุกต์ใช้ระบบช่วยสนับสนุนการตัดสินใจจากความเสียหายจากน้ำท่วม (Flood Damage Decision Support Aids) นี้ในกระบวนการบริหารจัดการภัยพิบัติแบบต่อเนื่อง รายละเอียดของแบบจำลองได้ถูกนำเสนอให้สอดคล้องตามกรอบในรูปที่ 5-1

⁵ ที่มา : ผลงานที่จัดทำโดย Prof.M.F. Viljoen for WG-CAFM



รูปที่ 5-1 ระบบการบริหารจัดการภัยพิบัติน้ำท่วมแบบต่อเนื่อง (Continuous Flood Disaster Management System)



รูปที่ 5-2 การจำลอง FLODSIM (A Typical FLODSIM Simulation)

สิ่งที่จำเป็นต้องมีสำหรับการเตรียมการเชิงรุกเพื่อรับมือกับภัยนั้น มันเป็นสิ่งที่ต้องคิดไว้ก่อนเลย ว่า ฐานข้อมูลต่างๆและแบบจำลองควรได้รับการติดตั้งไว้แล้วที่ระดับจังหวัดและระดับรัฐบาลท้องถิ่น ฐานข้อมูล (Database) ได้แก่ เส้นชั้นระดับความสูง (Contour Lines) จุดบอกระดับความสูง (Spot-Height) รูปแบบการใช้ที่ดิน (Land Use Pattern) โครงสร้างพื้นฐาน (Infrastructure) ข้อมูลทางอุทกวิทยาและชลศาสตร์ (Hydrological and Hydraulic Data) รวมทั้งข้อมูลทางด้านเศรษฐศาสตร์

(Economic Data) ที่จำเป็นต้องรวบรวมและจัดเก็บในรูปแบบ GIS ฐานข้อมูลเหล่านี้ จะถูกผนวกเข้ากับแบบจำลองระบบ FLODSIM และ TEWA ทั้งสอง รายละเอียดของ FLODSIM⁶ ได้อธิบายไว้ด้านล่างดังนี้

กระบวนการจำลองความเสียหายจากน้ำท่วม (Flood Damage Simulation Process–FLODSIM) ตัวอย่างบนพื้นฐาน GIS ดังแสดงแผนภาพในรูปที่ 5-2 จากจุดเริ่มต้นฐานข้อมูลต่าง ๆ จะถูกพัฒนาขึ้น หลังจากได้สร้างระบบฐานข้อมูลเหล่านี้แล้ว กระบวนการบูรณาการและการสร้างแบบจำลอง (Integration and Modelling Process) จะเริ่มต้นขึ้น (จุดเริ่มต้น Commencement ในแผนผัง) เส้นประในรูปที่ 5-2 แสดงถึงฐานข้อมูลบางอย่างจะต้องคัดเลือกจากคลังข้อมูล (Data Bank) ในขณะที่เส้นทึบแสดงถึงตัวแปรนำเข้าต่าง ๆ ในแบบจำลอง FLODSIM แบบจำลองความสูงเชิงเลข (Digital Terrain Model, DTM) เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับใช้ในแบบจำลอง FLODSIM และสามารถสร้างได้หลากหลายวิธี

หลังจาก DTM ที่เหมาะสมได้ถูกสร้างขึ้น ฟังก์ชันการสูญเสีย (Loss Function) จะถูกคัดเลือกจากคลังข้อมูลเพื่อกำหนดค่าความเสียหายที่เกิดขึ้นจากเหตุการณ์น้ำท่วมซึ่งประกอบด้วยฟังก์ชันการสูญเสียสำหรับไร่ร่อน พืชหมุนเวียน ผักกาด และอ้อย รวมทั้งโครงสร้างพื้นฐาน เช่น ถนน สะพาน และทางรถไฟ ฯลฯ

ขั้นตอนถัดไปเป็นการพัฒนาฐานข้อมูลสภาพภูมิประเทศซึ่งประกอบด้วยรูปแบบการใช้ที่ดิน เส้นชั้นระดับความสูง จุดบอกระดับความสูง ตำแหน่งและความสูงของคันกั้นน้ำ และตำแหน่งและความสูงของอาคารในพื้นที่ตรวจสอบ การใช้แนวทางการสำรวจในพื้นที่หรือการสำรวจระยะไกล (In Situ or Remote Sensing Approach) ทำให้กำหนดรูปแบบการใช้ที่ดินได้ แนวทางการสำรวจข้อมูลในพื้นที่ (In-Situ Approach) หมายถึง การสำรวจที่ซึ่งนักวิจัยต้องลงสัมผัสพื้นที่เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ในทางตรงข้าม แนวทางการสำรวจระยะไกล (Remote Sensing Approach) หมายถึง การสำรวจซึ่งเครื่องมือวัด (sensor) ไม่ได้สัมผัสกับข้อมูลโดยตรง ในกรณีนี้ข้อมูลได้มาโดยวิธีใช้เซนเซอร์ที่ติดตั้งบนเครื่องบินหรือดาวเทียม เส้นชั้นระดับความสูงและจุดบอกระดับความสูงเป็นข้อมูลที่สำคัญในการสร้าง DTMs

เพื่อที่จะสามารถใช้ FLODSIM ในการวางแผนน้ำท่วมให้มีประสิทธิภาพในพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมในประเทศแอฟริกาใต้ ทั้งแบบจำลองน้ำท่วม (Flood Simulation Model) และเทคนิคทางด้าน GIS (GIS Technique) จึงมีความจำเป็น เพื่อให้บรรลุผลสำเร็จนี้ จึงต้องสร้างอินเตอร์เฟซที่เหมาะสมขึ้นระหว่าง MIKE 11⁷ กับ FLODSIM ขึ้น ดังนั้น โมดูล (Module) พิเศษอันหนึ่งจึงถูกเพิ่มเข้าไปใน FLODSIM ในแบบที่สามารถได้รับข้อมูลทางชลศาสตร์จาก MIKE 11 ตามสถานการณ์สมมติเฉพาะที่สร้างมาจาก FLODSIM

หลังจากพัฒนาฐานข้อมูลสภาพภูมิประเทศ (Topographical Database) แล้วฐานข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ (Economic Database) จะถูกคัดเลือก ซึ่งประกอบด้วยงบประมาณขององค์กร (Enterprise Budget) ตัวคูณทางเศรษฐศาสตร์ (Multiplier) (ในระดับภูมิภาคและระดับชาติ) ราคาเงา (Shadow Price) และอัตราการจ้างงาน (Employment Rate) ข้อมูลงบประมาณขององค์กรถูกนำมาใช้คำนวณหาความเสียหายจากน้ำท่วมทางตรงทั้งหมด (Total Direct Flood Damage) เมื่อทราบความ

⁶ รายละเอียดของ FLODSIM ได้มาจาก DU Plessis et al. (1999)

⁷ MIKE 11 เป็นชื่อของแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ที่เป็นที่รู้จักกันดี

เสียหายจากน้ำท่วมทางตรงทั้งหมดแล้ว มีความเป็นไปได้ที่จะคำนวณผลกระทบรอง (Secondary Impact) จากน้ำท่วมโดยใช้ตัวคูณทางเศรษฐศาสตร์ที่เหมาะสม

เมื่อได้กำหนดฐานข้อมูลในแบบจำลอง FLODSIM แล้วมีความเป็นไปได้ที่จะสังเคราะห์สถานการณ์สมมติต่าง ๆ ด้วยการจัดการกับข้อมูลสภาพภูมิประเทศ ข้อมูลทางอุทกวิทยา ข้อมูลชลศาสตร์ และข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ หลังจากนั้นทำการคำนวณความเสียหายจากน้ำท่วมที่สถานการณ์สมมติใด ๆ จากมุมมองในระดับท้องถิ่น ระดับภูมิภาค และระดับชาติ โดยสามารถแสดงผลของสถานการณ์สมมุติบนหน้าจอหรือบนแผนที่ก็ได้ แผนที่มีความสำคัญต่อการวางแผนในพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง และควรระบุถึงความลึกและช่วงเวลาของการเกิดน้ำท่วม รวมทั้งเส้นแนวน้ำท่วมและพื้นที่น้ำท่วม

มาตรการควบคุมน้ำท่วมทั้งแบบใช้สิ่งก่อสร้างและไม่ใช้สิ่งก่อสร้างจะสามารถถูกประเมินอย่างเหมาะสมได้เพียง ในกรอบการวิเคราะห์ต้นทุน-ผลประโยชน์ (Cost-Benefit Analysis) หากทราบค่า MAD⁸ โดยปกติแล้วแบบจำลองความเสียหายจากน้ำท่วม (Flood Damage Modelling) จะทำการคำนวณเฉพาะสำหรับมาตรการควบคุมน้ำท่วมแบบใช้สิ่งก่อสร้างและแบบไม่ใช้สิ่งก่อสร้าง ซึ่งสิ่งนี้นำมาซึ่งความเสียหายจากน้ำท่วมที่เพิ่มขึ้นและการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงที่ไม่เหมาะสม ประเด็นเพิ่มเติมอื่น ๆ ควรต้องนำมาพิจารณาด้วยเช่นกัน เพื่อที่เจ้าหน้าที่ส่วนท้องถิ่นของพื้นที่นั้นสามารถที่จะกำหนดแผนการบริหารจัดการน้ำท่วมอย่างยั่งยืนได้ เพื่อบรรลุวัตถุประสงค์นี้แนวทางแบบองค์รวม (Holistic Approach) ในการบริหารจัดการพื้นที่ลุ่มน้ำแบบบูรณาการซึ่งได้อธิบายไว้ใน Du Plessis et al. (1999) จึงมีความสำคัญ

5.5.3 โมร็อกโก : การสร้างแบบจำลองการเกิดน้ำท่วมในระยะแรกของพื้นที่ Rharb (ปี ค.ศ. 1972) (Morocco : Early (1972) Modelling of the Flooding of the Rharb Plain)⁹

การสร้างแบบจำลองในสถานการณ์นี้ช่วยเพิ่มความรู้ความเข้าใจถึงปรากฏการณ์การเกิดน้ำท่วมที่มีความซับซ้อน การประเมินผลกระทบจากมาตรการควบคุมน้ำท่วมต่าง ๆ และการประมาณการความเสียหายทางการเกษตร

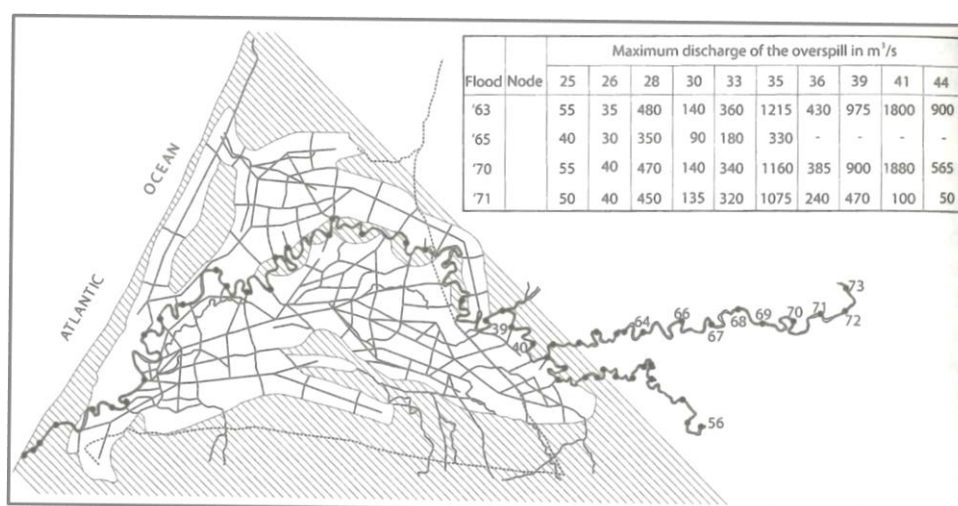
แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ซึ่งนำมาใช้ในการศึกษาถึงการแพร่กระจายตัวของน้ำท่วมใน Oued Sebou และการเกิดน้ำท่วมในพื้นที่ราบ Rharb ครอบคลุมพื้นที่ Oued Sebou จากบริเวณปากแม่น้ำที่ Mehdia ถึงสถานีตรวจวัดน้ำที่ Azibes Soltane (ระยะทางประมาณ 305 กิโลเมตร) และ Oued Ouerrha จากจุดบรรจบกับ Sebou ถึงสถานีตรวจวัดน้ำที่ M'Jara (ระยะทางประมาณ 102 กิโลเมตร) นอกจากนี้เขตที่อาจถูกน้ำท่วมได้ในพื้นที่ราบถูกนำเข้าไปในแบบจำลองด้วย

⁸ ในหลักการแล้ว CBA ควรสร้างขึ้นเป็นส่วนหนึ่งของกรอบการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ (Multiple Criteria Decision Analysis-MCDA) ที่มีเนื้อหาครอบคลุมเพื่อเพิ่มความสามารถในการประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติจากผลการวิเคราะห์นี้

⁹ ที่มา : NEDECO (1975)

แผนผังของแม่น้ำและพื้นที่ราบแสดงในรูปที่ 5-3 ความยาวของสาขาของแม่น้ำต่าง ๆ อยู่ในช่วง 5-10 กิโลเมตร แม่น้ำสาขาของ Sebou และ Ouerrha จะถูกกำหนดลักษณะโดยอาศัยค่าอัตราการไหลของน้ำจากภายนอก (External Discharge) ซึ่งเพิ่มเข้ามาตรงโหนดที่ใกล้ที่สุด มีความเป็นไปได้ที่จะจำลองการเกิดน้ำท่วมด้วยการเพิ่มจำนวนฝายด้านข้างที่จุดสำคัญที่เกิดการไหลล้นของน้ำโดยมีสันของฝายอยู่บนระดับเดียวกับสันของตลิ่งแม่น้ำ

ในแผนผังนี้สภาพภูมิประเทศของพื้นที่ราบมีความสำคัญยิ่ง เมื่อเป็นไปได้ขอบเขตระหว่างโหนดต่าง ๆ จะถูกเลือกตามความยาวของคันกันน้ำ หรือระดับพื้นดินตามธรรมชาติ เพื่อให้ที่สามารถกำหนดการเชื่อมต่อเป็นสายของโหนดต่าง ๆ เป็นลักษณะของช่องทางน้ำ¹⁰ โดยธรรมชาติแล้วมีความเป็นไปได้ที่อัตราการไหลของน้ำจะมีการแลกเปลี่ยนทางด้านข้างระหว่างสายของโหนด การเชื่อมโยงระหว่างโหนดจะถูกกำหนดจากสาขาต่าง ๆ ของแม่น้ำ



รูปที่ 5-3 แผนผังโหนดและแม่น้ำสาขาในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการเกิดน้ำท่วมในพื้นที่ราบ Rharb ประเทศโมร็อกโก

ในส่วนของผลลัพธ์ แบบจำลองจะให้ค่าระดับน้ำและอัตราการไหลของน้ำที่ตำแหน่งต่าง ๆ จำนวนมากในพื้นที่ราบและตามความยาวของแม่น้ำ

แบบจำลองถูกพัฒนาขึ้นมาในหลายระยะ ในแต่ละระยะแบบจำลองจะถูกปรับเทียบโดยอาศัยข้อมูลที่มีอยู่ โดยระยะแรกประกอบด้วยการพัฒนาแบบจำลองของช่องทางของแม่น้ำ Sebou และ Ouerrha ระหว่างปากแม่น้ำ Sebou ที่ Mehdia และสถานีตรวจวัด Azibes Soltane ของแม่น้ำ Sebou และสถานีตรวจวัด M'Jara ของแม่น้ำ Ouerrha

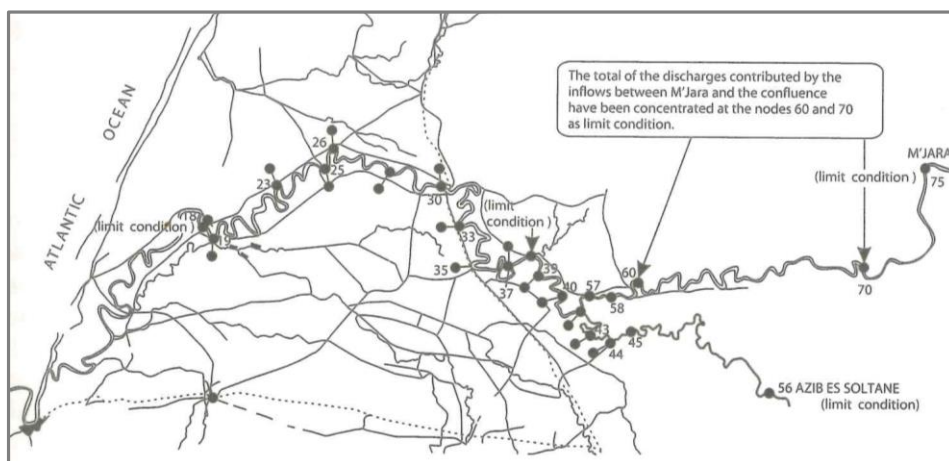
¹⁰ โดยข้อเท็จจริงแล้ว คนทั่วไปอาจจะพูดถึงแบบจำลองเชิงเส้นแบบพหุคูณ (Multi-Linear Model) ตามที่กำหนดไว้ในหัวข้อ 1.4

พื้นที่น้ำท่วม (Floodable Area) ในบริเวณที่ราบถูกจัดแบ่งออกเป็นโหนดจำนวนหนึ่ง พื้นที่ที่แรเงาไว้ (Hatched Region) จะไม่เคยถูกน้ำท่วม การเปรียบเทียบแผนผังระบบแม่น้ำมีความสำคัญอย่างยิ่งเพื่อตรวจสอบทางเลือกของหน้าตัดลำน้ำตามแนวขวางต่าง ๆ ซึ่งเป็นตัวแทนของแต่ละช่วงของแม่น้ำ นอกจากนี้ยังไม่ทราบค่าความผันแปรของความขรุขระท้องน้ำระหว่างปากแม่น้ำและขอบเขตของแบบจำลองทางด้านเหนือน้ำของจุดบรรจบ ด้วยเหตุนี้ การทดสอบการใช้งานของแบบจำลองด้วยการสังเกตการณ์จึงเป็นสิ่งที่ควรทำ โดยควรเป็นสถานการณ์ที่ไม่มีการไหลล้นของน้ำ (อย่างแท้จริง) เพื่อให้เห็นภาพที่ถูกต้องของแม่น้ำนั่นเอง

สำหรับการเปรียบเทียบนี้ สามารถใช้ข้อมูลจากการตรวจวัดจากคลื่นน้ำท่วมช่วงวันที่ 20–25 มกราคม ค.ศ. 1971 ค่าอัตราการไหลของน้ำสูงสุดทางด้านท้ายของจุดบรรจบมีค่าเท่ากับ 1,600 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ซึ่งหมายถึงจะไม่มีการไหลล้นข้ามคันเลย สำหรับการคำนวณต่าง ๆ นั้น ด้วยการเปลี่ยนค่าของพารามิเตอร์ที่ใช้ ค่าของระดับที่คำนวณได้จะถูกนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่ตรวจวัดได้จริง

หลังจากได้ทำการเปรียบเทียบแบบจำลองระยะแรกซึ่งให้ผลลัพธ์เป็นที่น่าพอใจแล้ว แบบจำลองแม่น้ำ (River Model) จะถูกขยายออกไปโดยการเพิ่มจุดที่มีการไหลล้นข้าม (รูปที่ 5–4) แบบจำลองในลักษณะแบบจำกัด (Limited Model) (ระยะที่สอง) นี้จะให้ข้อมูลระดับน้ำและอัตราการไหลของน้ำในช่วงแม่น้ำ Ouerrha และ Sebou ทางด้านเหนือน้ำของ Sidi Allal Tazi จำนวนหลายหน้าตัด รวมทั้งอัตราการไหลล้นของน้ำและปริมาณน้ำที่ไหลล้นที่จุดต่าง ๆ ที่มีการไหลล้น

ในท้ายที่สุด สำหรับระยะที่สาม แบบจำลองได้ถูกพัฒนาแล้วเสร็จโดยการขยายพื้นที่ให้ครอบคลุมพื้นที่ราบทั้งหมดและเพิ่มจุดที่มีการไหลล้นของน้ำทางด้านท้ายของ Sidi Allal Tazi ซึ่งในแบบจำลองนี้ น้ำจะถูกระบายออกจากพื้นที่ราบไม่เพียงแต่จะผ่านทางบริเวณปากแม่น้ำ Sebou แต่ยังรวมถึงที่ Moulay Bou Selham โดยผ่านทางคลอง Nador ทางตอนเหนือของพื้นที่ราบ Rharb



รูปที่ 5–4 แม่น้ำ Sebou ตอนล่างและจุดที่มีการไหลล้นตลิ่ง (ที่ราบ Rharb ประเทศโมร็อกโก)

สำหรับแบบจำลองระยะที่สองและระยะที่สาม เหตุการณ์น้ำท่วมในอดีต 4 เหตุการณ์ซึ่งมีขนาดเพิ่มสูงขึ้น (ได้แก่ เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในเดือนมีนาคม ค.ศ. 1965/เมษายน ค.ศ. 1971/มกราคม ค.ศ.

1963 และมกราคม ค.ศ. 1970) ถูกนำมาใช้จำลอง โดยทำการคำนวณที่ระดับน้ำทะเลคงที่ ซึ่งมีค่าเท่ากับ ศูนย์ NGM (ระดับอ้างอิงทั่วไปในประเทศโมร็อกโก) ผลกระทบของการขึ้นลงของระดับน้ำทะเลถูกตรวจสอบแยกต่างหากสำหรับส่วนของเหตุการณ์น้ำท่วมในปี ค.ศ. 1970

โดยทั่วไปแล้ว ควรตั้งข้อสังเกตเพื่อให้เกิดความกระจ่างยิ่งขึ้นว่า การทำให้แบบจำลองง่ายขึ้นอันเนื่องมาจากการใช้แผนผังเท่าที่จำเป็นส่งผลกระทบต่อความไม่แน่นอนของข้อมูลค่อนข้างมาก ความน่าเชื่อถือของระดับน้ำสูงสุดซึ่งคำนวณแบบจำลองคณิตศาสตร์ถูกกำหนดจากค่าความแม่นยำของค่าระดับน้ำต่ำสุดของตลิ่งตรงจุดที่มีการไหลล้นของน้ำ ถึงแม้ว่าในประเด็นนี้ข้อมูลที่แน่นอนอาจไม่ทราบค่า แต่คาดว่าสถานการณ์ที่เกิดน้ำท่วมในพื้นที่ราบ ความแตกต่างระหว่างระดับน้ำสูงสุดในแม่น้ำซึ่งเกิดขึ้นจริงและที่คำนวณได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จะไม่เกิน 0.30 เมตร

ในขั้นตอนของการคำนวณในแบบจำลองในพื้นที่ราบ พื้นที่น้ำท่วมถูกหาค่าออกมาโดยเป็นฟังก์ชันของเวลาในแต่ละส่วนย่อย ๆ ในพื้นที่ราบ (ที่เรียกว่าส่วนทางชลศาสตร์) บนพื้นฐานของการศึกษาทางเกษตร มีความเป็นไปได้ที่จะคำนวณความเสียหายทางการเกษตรของส่วนพื้นที่ย่อย ๆ นี้ โดยขึ้นอยู่กับช่วงเวลาของการเกิดน้ำท่วม ด้วยข้อมูลเหล่านี้และช่วงเวลาของการเกิดน้ำท่วมที่คำนวณในแต่ละส่วนพื้นที่ ทำให้สามารถประมาณการค่าความเสียหายทางการเกษตรของพืชรายปีของแต่ละเหตุการณ์น้ำท่วมทั้ง 4 เหตุการณ์ได้ โดยได้ทำการคำนวณในสถานการณ์ปัจจุบันและสถานการณ์ทางการเกษตรในอนาคตอีก 3 เหตุการณ์ ซึ่งเกิดขึ้นในปี ค.ศ. 1976, 1987 และ 1999

โดยการใช้วิธีสหสัมพันธ์ (Correlation) เราอาจจะสร้างเส้นโค้งโอกาสความน่าจะเป็นแบบมากกว่า (Exceedance Curve) โดยการใช้ผลจากการจำลองเหตุการณ์น้ำท่วมในอดีต 4 เหตุการณ์ โดยรวมผลของน้ำท่วมในอดีตที่รู้ทั้งหมด (39 ครั้ง) สำหรับปริมาณน้ำที่ล้นตลิ่ง (ค้างอยู่) สำหรับแผนป้องกันน้ำท่วมต่าง ๆ และต่อมาก็สามารถคำนวณค่าผลประโยชน์ต่อต้นทุนของแผนป้องกันน้ำท่วมทุกโครงการได้ (ตามที่ได้แสดงไว้ในบทที่ 3)

5.5.4 การจัดทำแผนที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมในประเทศอังกฤษและเวลส์ (Flood Risk Mapping in England and Wales)¹¹

5.5.4.1 ที่มา (Background)

มีความแน่ชัดในตัวเองว่าหากต้องการบริหารจัดการให้มีประสิทธิภาพจำเป็นต้องทราบและทำการประมาณค่าความเสี่ยงจากน้ำท่วม วิธีหนึ่งของการแสดงให้เห็นภาพของความเสี่ยงที่ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายคือ การจัดทำแผนที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม (Flood Risk Mapping) อย่างไรก็ตาม วิธีที่ใช้และรายละเอียดที่เกี่ยวข้องในการจัดทำแผนที่ผันแปรอย่างมาก เทคนิคทั่วไปที่นิยมนำมาใช้ในอดีตมากที่สุดนั้น มีเพียงการลงเินแผนที่แสดงขนาดของเหตุการณ์น้ำท่วมที่เกิดขึ้นจริง เมื่อเหตุการณ์น้ำท่วมใหญ่ได้ถูกบันทึกค่าไว้เป็นอย่างดี นี่จะเป็นหลักฐานอันทรงพลังของความเสี่ยงน้ำท่วม อย่างไรก็ตาม ในหลาย ๆ

¹¹ ที่มา : Borrows (2001)

ตัวอย่างแนวทางนี้มีข้อจำกัดในการนำไปใช้งานเนื่องจากข้อมูลที่บันทึกไว้บ่อยครั้งมีคุณภาพไม่แน่นอนของและรอบการเกิดซ้ำของเหตุการณ์ก็ต้องถูกนำมาตีความกันอยู่บ่อยครั้ง

การจัดทำแผนที่น้ำท่วมตอบสนองวัตถุประสงค์ 2 ข้อหลักทั้งเพื่อแจ้งให้ทราบถึงการตัดสินใจวางแผนการใช้ที่ดินและกิจกรรมการดำเนินงานต่าง ๆ เช่น การเตือนภัยน้ำท่วม ความต้องการพื้นที่สำหรับการพัฒนาเป็นลักษณะหนึ่งของสังคมมนุษย์มาตั้งแต่โบราณกาล ในยุโรปมีความต้องการเหล่านั้นอย่างมากจากอดีตจนถึงปัจจุบัน ความดึงดูดใจในพื้นที่ที่อยู่ติดกับแม่น้ำทำให้พื้นที่ราบน้ำท่วมถึงหลาย ๆ แห่งถูกรอบครองด้วยบ้านและธุรกิจต่าง ๆ ที่มีความเสี่ยงจากการเกิดน้ำท่วม

ความหลากหลายของวัตถุประสงค์บ่งบอกถึงความท้าทายที่สำคัญอย่างหนึ่งในการจัดทำแผนที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม ในแง่มุมหนึ่ง ผู้วางแผนต้องการเส้นที่มีความชัดเจนบนพื้นที่ดินเพื่อทำการตัดสินใจอย่างมั่นใจว่าการพัฒนาควรดำเนินการต่อไปหรือไม่ ในพื้นที่ที่มีโอกาสเสี่ยงที่จะเกิดน้ำท่วม ในอีกแง่มุมหนึ่ง นักอุทกวิทยาตระหนักดีว่าอาจเป็นไปได้ที่จะทำให้เกิดความแม่นยำอย่างสมบูรณ์ และระดับความถูกต้องที่สูงยังเกี่ยวข้องกับค่าใช้จ่ายจำนวนมาก การออกประกาศเตือนภัยน้ำท่วมเกี่ยวข้องกับการระบุผลกระทบของการเกิดน้ำท่วมในพื้นที่เป็นบริเวณกว้าง ซึ่งไม่เพียงแต่เป็นพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบอยู่ก่อนแล้ว แต่ยังรวมถึงขนาดของการหยุดชะงักของการบริการขนส่งและสาธารณูปโภค

อุปสรรคอีกอย่างหนึ่งก็คือ ชุดข้อมูลที่ได้อาจยากที่จะได้มา เว้นแต่ในแม่น้ำบางสาย และเป็นเรื่องยากที่จะมีข้อมูลย้อนหลังมากกว่า 100 ปี ข้อมูลที่มีความแม่นยำซึ่งได้บันทึกค่าไว้เกิน 40 ปี เป็นเรื่องที่ไม่ปกติในประเทศสหราชอาณาจักร (UK) ส่งผลให้ลักษณะของผลของสถานการณ์ที่รุนแรงซึ่งมีรอบการเกิดซ้ำในทางสถิติเท่ากับหรือมากกว่า 100 ปี หรือมีโอกาสเกิด 1% ในหนึ่งปี จะต้องได้มาจากข้อมูลสังเคราะห์ (Synthetic Data) เพื่อให้มีความเชื่อมั่นต่อข้อมูลเหล่านี้พอสมควร รวมทั้งในแบบจำลองน้ำท่วมก็อาศัยข้อมูลเหล่านี้เป็นหลัก ข้อมูลเหตุการณ์จริงบางเหตุการณ์ที่ได้บันทึกไว้จึงมีความสำคัญในการเปรียบเทียบแบบจำลอง อุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นได้เพิ่มเติมคือ ความต้องการการสำรวจภาคพื้นดินที่มีความแม่นยำ รวมทั้งการแสดงขอบเขตของทรัพย์สิน หากต้องการให้ทำนายผลเสียหายจากระดับน้ำท่วมได้แน่นอน

5.5.4.2 สถานภาพปัจจุบัน (The Present Position)

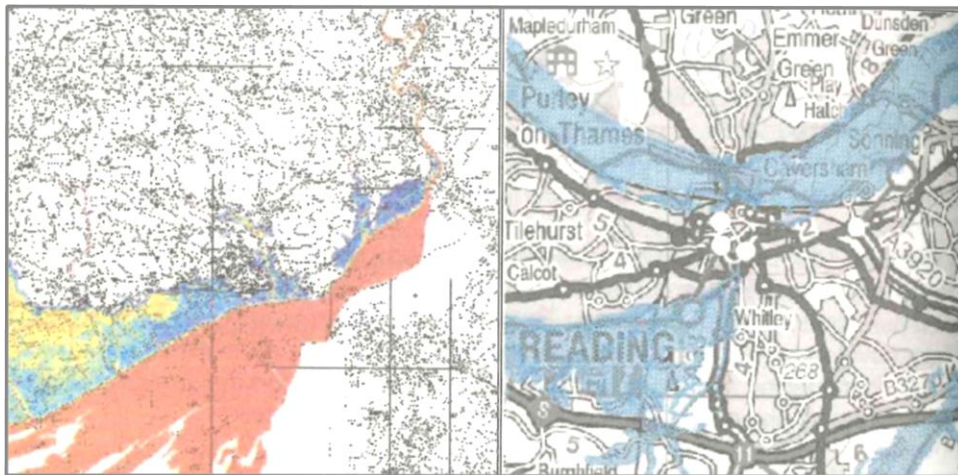
ในประเทศสหราชอาณาจักรในปี ค.ศ. 1993 หน่วยงานด้านสิ่งแวดล้อม (Environment Agency) ได้ริเริ่มแนวทางแบบมีโครงสร้าง (Structured Approach) ในการจัดทำแผนที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม เพื่อสนองตอบต่อรัฐบาลที่มุ่งยับยั้งการพัฒนาในพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม โดยให้ความสนใจกับพื้นที่ที่ได้รับการพัฒนาแล้วและพื้นที่เมือง หรือพื้นที่ที่รับรู้กันดีว่าอยู่ภายใต้แรงกดดันให้พัฒนา เป็นที่รับรู้กันว่ามาตรฐานของการสำรวจภาคพื้นดินและการสร้างแบบจำลองน้ำท่วมจำเป็นต้องมีความถูกต้องเที่ยงตรงเพียงพอที่จะเป็นพื้นฐานในการปฏิเสธแผนการพัฒนาบนพื้นที่ดินที่มีความเสี่ยงที่จะเกิดน้ำท่วมของหน่วยงานวางแผนต่าง ๆ ได้

รายละเอียดที่เกี่ยวข้องทำให้กระบวนการเกิดขึ้นได้ค่อนข้างช้าอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ เนื่องจากพื้นที่ทั้งหมดในอังกฤษและเวลส์จำเป็นต้องได้รับการพิจารณาให้ครอบคลุม เหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นมาระหว่างเทศกาลอีสเตอร์ในปี ค.ศ. 1998 (Easter 1998) เมื่อเกิดน้ำท่วมสำคัญในพื้นที่หลาย ๆ ส่วนของประเทศ ผลลัพธ์ก็คือ การตัดสินใจที่จะจัดทำแผนที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมโดยใช้วิธีที่หยากกว่าเพื่อส่งให้เจ้าหน้าที่ในหน่วยงานวางแผนระดับท้องถิ่นก่อน หลังจากนั้นแผนที่ที่แสดงเขตน้ำท่วมนี้ (Indicative Flood Map) ได้เผยแพร่ไปสู่สาธารณชนโดยแสดงถึงรูปร่างของน้ำท่วมจากแม่น้ำในรอบ 1 ใน 100 ปี โดยไม่ได้แสดงว่ามีระบบป้องกันน้ำท่วมอยู่หรือไม่ พอถึงปี ค.ศ. 2000 ข้อมูลนี้ก็สามารถดูได้จากอินเทอร์เน็ต และเป็นสิ่งที่สาธารณชนเห็นประโยชน์มาก หลังจากนั้นได้มีงานปรับแก้แผนที่เหล่านี้ด้วยการกำจัดความผิดพลาดออกโดยการอ้างอิงกับค่าที่ได้บันทึกไว้ และด้วยความรู้ความเชี่ยวชาญเฉพาะตัวของเจ้าหน้าที่ที่มีประสบการณ์

5.5.4.3 ทนทางข้างหน้า (The Way Ahead)

เมื่อพิจารณาจากบันทึกแนะนำในประเด็นด้านการวางแผนและนโยบาย 25 (Planning and Policy Guidance Note 25) พบว่า มีความกดดันทั้งจากเจ้าหน้าที่วางแผนเมืองและนักพัฒนาในการสร้างความเชื่อมั่นเพิ่มขึ้นต่อขอบเขตของน้ำท่วมรอบ 1 ใน 100 ปี และความสามารถในการป้องกันของระบบป้องกันน้ำท่วมในพื้นที่ที่มีระบบอยู่ นอกจากนี้ ยังจำเป็นต้องมีวิธีการที่เป็นที่ยอมรับเพื่อสังเคราะห์แนวทางป้องกันสำหรับเหตุการณ์ที่มีรอบการเกิดซ้ำ 1 ใน 1,000 ปี

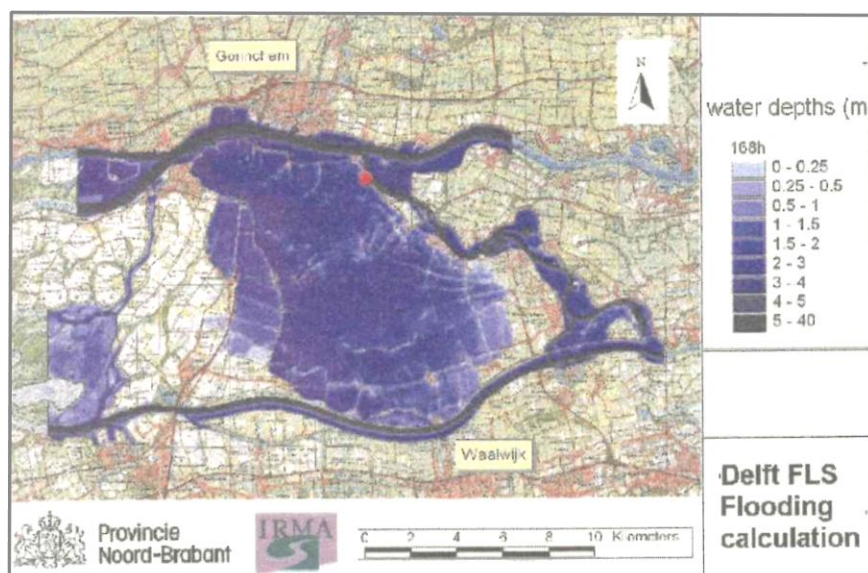
ในปัจจุบันแม่น้ำในแถบหุบเขาทั้งหมดในอังกฤษและเวลส์ปรากฏอยู่ในแผนที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม (ดังแสดงในรูปที่ 5-5) ตามมาตรฐานที่สอดคล้องกัน และประชาชนทั่วไปสามารถเข้าถึงได้ นอกจากนี้ ในหลายพื้นที่ที่อยู่ภายใต้ความกดดันจากการพัฒนายังได้จัดเตรียมแผนที่ที่มีรายละเอียดสูงอันเนื่องมาจากการสร้างแบบจำลองน้ำท่วมที่สมบูรณ์ขึ้น อย่างไรก็ตาม นี่ไม่ใช่งานสุดท้าย มีแผนงานในการปรับแก้อย่างต่อเนื่องเข้ามา ควบคู่ไปกับการได้รับแผนที่ที่แสดงขนาดของเหตุการณ์รุนแรง ภาพที่แสดงรายละเอียดของความเสียหายเพิ่มเติมจำเป็นต้องได้รับพัฒนาขึ้นมาโดยการคำนวณและแสดงค่าความลึกน้ำและระบุเส้นทางไหลของน้ำ และความเร็วของน้ำทั่วทั้งพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง และพร้อมกับเรื่องนี้ยังจำเป็นต้องมีข้อมูลที่มีรายละเอียดเพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องชุมชนที่มีความเสี่ยง ยกตัวอย่างเช่น ห้องใต้ดินหรือบังกะโลที่มีอยู่ อาคารที่อยู่อาศัยของกลุ่มทางสังคมที่อ่อนแอ หรือการปรากฏตัวของกลุ่มชาติพันธุ์ซึ่งใช้ภาษาอังกฤษเป็นภาษาที่สอง



รูปที่ 5-5 แผนที่น้ำท่วม East Gwent และการวางแผนที่น้ำท่วม (UK)

5.5.5 การสร้างแบบจำลอง 2 มิติ ของเหตุการณ์น้ำท่วมในพื้นที่โพลเดอร์ตามแนวแม่น้ำในประเทศเนเธอร์แลนด์ (Two-Dimensional Modelling of a Flooding Event in a Riverine Polder Area in the Netherlands)

รูปที่ 5-6 แสดงความลึกของน้ำนองที่คำนวณได้ในพื้นที่โพลเดอร์ทางตอนกลางของประเทศเนเธอร์แลนด์หลักจากเกิดการพังทลายของคันกั้นน้ำตามแนวแม่น้ำ Waal (จุดสีแดง) มาแล้ว 24 ชั่วโมง ความลึกน้ำแสดงด้านขวามือของรูป (ในหน่วยเมตร) ซึ่งทำการคำนวณด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Delft 1D2D ที่ใช้จำลองสภาพน้ำนองที่ถูกพัฒนาขึ้นโดย Delft Hydraulics¹²



รูปที่ 5-6 การสร้างแบบจำลอง 2 มิติ ของการเกิดน้ำท่วมในประเทศเนเธอร์แลนด์

¹² ที่มา : Province of Noord-Brabant, The Netherlands

5.5.6 การสร้างแบบจำลองสำหรับใช้เป็นเครื่องมือในการอพยพและการบรรเทาภัยพิบัติ (พื้นที่ชายแดนประเทศเยอรมัน-เนเธอร์แลนด์) (Modelling as a Tool for Evacuation and Disaster Relief (Border Area Germany–The Netherlands))¹³

ระหว่างเหตุการณ์น้ำท่วมในแม่น้ำ Rhine ในเดือนกุมภาพันธ์ ค.ศ. 1995 ความเสี่ยงของการเกิดน้ำท่วมในพื้นที่โพลเดอร์ตามแนวแม่น้ำในประเทศเนเธอร์แลนด์ถือว่าสูง ดังนั้น ได้มีการตัดสินใจที่จะอพยพผู้อาศัยและสัตว์เลี้ยงออกจากพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมขนาดใหญ่ในช่วงเวลาสั้น ๆ ซึ่งเรื่องนี้ได้กลายเป็นปฏิบัติการครั้งใหญ่มาก พร้อมทั้งผลที่ตามมาต่าง ๆ อีกมากมาย

ในท้ายที่สุด ไม่มีการพังทลายของคันกั้นน้ำเกิดขึ้นที่จะก่อให้เกิดน้ำท่วมตามมา อย่างไรก็ตาม ยังคงรู้สึกได้ว่าควรต้องทราบผลที่จะตามมาจากการเกิดน้ำท่วมให้มากกว่านี้ มาตรการที่เป็นไปได้ที่ควรนำมาใช้ก่อนเหตุการณ์น้ำท่วมสูง และสุดท้ายควรรู้ว่าข้อมูลประเภทไหนที่ผู้ตัดสินใจต้องการในเวลาวิกฤตเพื่อนำมาใช้ในการตัดสินใจที่ต้องทันเวลา ด้วยเหตุผลนี้ ทำให้ระบบสนับสนุนการตัดสินใจในระดับภูมิภาคถูกพัฒนาขึ้นมาภายใต้บริบทของโครงการที่มีชื่อว่า Pold Evac ที่มีความสัมพันธ์กับการบริหารจัดการอพยพ (Evacuation Management) และมาตรการฉุกเฉินอื่น ๆ ที่มีความจำเป็นในกรณีคันกั้นน้ำแตก

พื้นที่โครงการที่เกี่ยวข้องเป็นพื้นที่โพลเดอร์ครอบคลุมเมือง หมู่บ้าน และนิคมอุตสาหกรรมต่าง ๆ ที่ตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่ชายแดนของประเทศเยอรมันและเนเธอร์แลนด์ ระหว่างแม่น้ำ Maas, Rhine และ Waal (อันหลังเป็นสาขาหลักของแม่น้ำ Rhine ในประเทศเนเธอร์แลนด์/สถานการณ์สมมติต่าง ๆ ได้รับความศึกษาซึ่งประกอบด้วย การพังทลายของคันกั้นน้ำที่จุดต่าง ๆ กัน 17 จุด โดยในแต่ละจุดศึกษาถึงสถานการณ์ของการพังทลาย 4 สถานการณ์ที่แตกต่างกัน (เช่น ค่าพารามิเตอร์การเกิดน้ำท่วมต่าง ๆ) ซึ่งทำให้สถานการณ์สมมติดำเนินงานทั้งสิ้น 68 สถานการณ์

โครงการนี้ริเริ่มโดย Nijmegen Regional Fire Brigade ที่มีหน้าที่รับผิดชอบในการดับเพลิงและการบริหารจัดการภัยพิบัติ ในพื้นที่บางส่วนของโครงการในประเทศเนเธอร์แลนด์ โครงการเริ่มในปี ค.ศ. 1997 และแล้วเสร็จก่อนปี ค.ศ. 2002 การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับโครงการถูกพัฒนาขึ้นโดยอาศัยโปรแกรมซอฟต์แวร์ที่มีชื่อว่า “DamSim” (Damage Simulator)

วัตถุประสงค์ของโครงการและการสร้างแบบจำลองโดยพื้นฐานและประกอบด้วยองค์ประกอบต่าง ๆ ดังนี้

- งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับประเภทของข้อมูลสารสนเทศสำหรับใช้ในระบบสนับสนุนการตัดสินใจในกรณีที่คันกั้นน้ำขาดและเกิดน้ำท่วมตามมา

¹³ เนื้อหาในหัวข้อย่อยนี้รวบรวมมาจากการสนับสนุนข้อมูลโดย Mr. G. G. vande Meulen ที่ปรึกษาด้านสารสนเทศทางภูมิศาสตร์และสิ่งแวดล้อม รายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับโครงการได้อธิบายไว้ในภาคผนวก B

- รายการที่ครอบคลุมและต่อมาคือการนำเข้าสู่ข้อมูลที่ครอบคลุมถึงสภาพภูมิประเทศ การใช้ที่ดิน โครงข่ายถนน แผนที่แปลงกรรมสิทธิ์ (Cadastral Maps) อาคารต่าง ๆ และสิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับน้ำท่วม
- ขนาด (พื้นที่ ความลึก) และการเคลื่อนตัวของน้ำท่วมที่ขึ้นอยู่กับเวลาในกรณีที่เกิดการพังทลายของคันกันน้ำซึ่งก่อให้เกิดน้ำท่วมใหญ่ (อัตราการไหลของน้ำสูงสุด : Meuse 3,650 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที¹⁴ Rhine 15,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)
- ผลกระทบของมาตรการลดความเสียหายด้วยวิธีมาตรการด้านการวางแผน (Planning Measures)
- การวิเคราะห์กระบวนการอพยพซึ่งสัมพันธ์กับการเคลื่อนตัวของน้ำท่วมและความสามารถในการรองรับได้ของโครงข่ายถนน
- การศึกษาถึงอันตรายที่อาจเกิดขึ้นได้จากโรงงานเคมีและสารเคมีในช่วงเกิดเหตุการณ์น้ำท่วม รวมทั้งการจำลองเหตุการณ์ภัยพิบัติต่าง ๆ เช่น การระเบิดและการปลดปล่อยสารพิษ
- การศึกษาถึงวิธีที่จะพัฒนาการตระหนักรู้ถึงภัยน้ำท่วมของสาธารณชนในประเด็นปัญหาต่าง ๆ ซึ่งได้ศึกษาไว้โดย PoldEvac

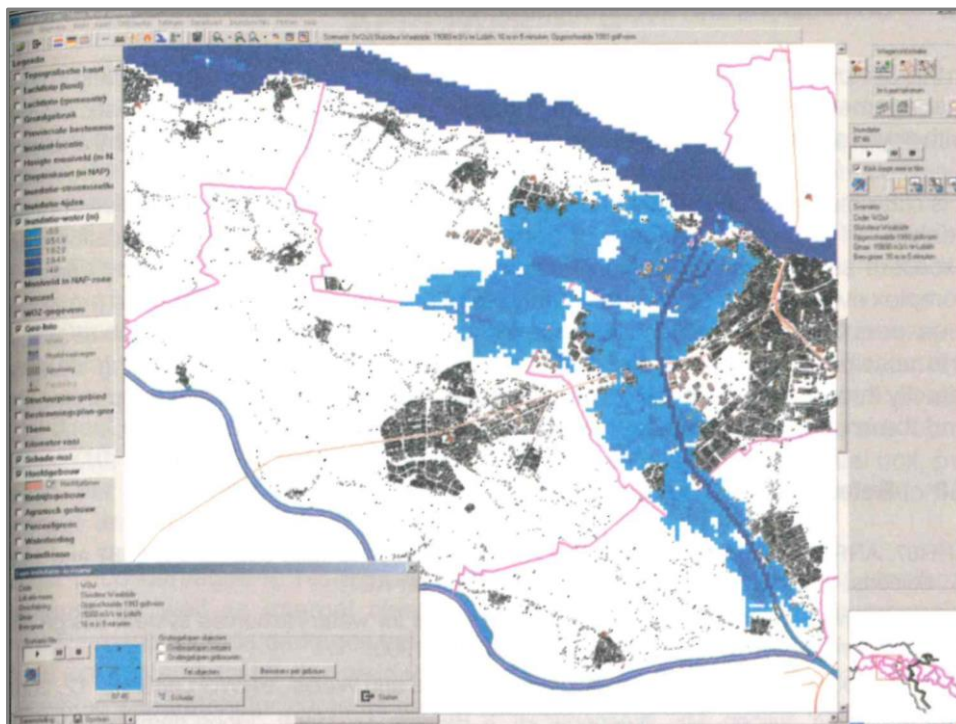
5.6 วิธีการ (Methodology)

ภายใต้บริบทของการศึกษาแผนการป้องกันน้ำท่วม (Flood Protection Schemes) ตัวเลขของการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในระเบียบวิธีโดยรวมมีดังต่อไปนี้

- การรวบรวมข้อมูลและการตรวจพิสูจน์
 - การกำหนดชนิดของผลลัพธ์ที่แบบจำลองต้องให้
 - รูปแบบความต้องการต่าง ๆ ของแบบจำลอง
 - ทักษะความรู้เกี่ยวกับพลศาสตร์ของระบบแม่น้ำที่จะทำการจำลอง
 - ข้อมูลสภาพภูมิประเทศและข้อมูลระดับกันทอนน้ำ (Bathymetric Data) ที่ได้แปลงให้อยู่ในรูป DTM (Digital Terrain Model)
 - ข้อจำกัดของเส้นทางลำเลียงน้ำและเส้นขอบเขตระหว่างพื้นที่ลำเลียงน้ำ และพื้นที่เก็บกักน้ำ (โดยเฉพาะอย่างยิ่งกำหนดโดยใช้แบบจำลอง 2 มิติในพื้นที่)
- การสร้างระบบแผนผังของกลุ่มน้ำและข้อเสนอการสร้างแบบจำลอง
- การเปรียบเทียบและการตรวจพิสูจน์แบบจำลองบนพื้นฐานของสถานการณ์ปัจจุบัน
- ข้อเสนอเชิงหลักการ (Conceptual Proposal) ของแผนการป้องกัน/การควบคุมน้ำท่วมด้วยสิ่งก่อสร้างที่เป็นไปได้ (Feasible Structural Flood Protection/Control Schemes)
- การประเมินผลกระทบของแนวคิดที่ได้เสนอโดยพิจารณาข้อพิจารณาทางด้านเศรษฐศาสตร์โดยใช้แบบจำลองเท่าที่เป็นไปได้และเหมาะสม

¹⁴ ดูตารางที่ 4-1

- การตัดสินใจภายใต้การผสมผสานมาตรการป้องกันน้ำท่วมด้วยสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ ที่ดีที่สุดที่เป็นไปได้ตามที่ได้ตรวจพิสูจน์ในแบบจำลอง (ครอบคลุมลักษณะต่าง ๆ ของมาตรการผสมผสาน) โดยใช้น้ำท่วมออกแบบหรืออัตราการไหลของน้ำออกแบบ



รูปที่ 5-7 การไม่ดำเนินงาน (Non-Operation) หรือความเสียหายที่ประทุของประตูเรือสัญจรของคลองส่งน้ำ (Maas & Waal Canal) ซึ่งทำให้เกิดน้ำนองตามมาในบริเวณที่ลุ่มต่ำ Nijmegen (ทางตะวันออกของคลอง) และน้ำท่วมในพื้นที่โพเลเตอร์ Maas & Waal ที่เมือง Beuningen, Wijchen และ Heumen ระหว่างช่วงเวลาตามที่ได้รับระบุ

5.7 ข้อสรุปและคำแนะนำ (Conclusions and Recommendations)

ในบทนี้ได้แสดงรายละเอียดทั่วไปของการใช้แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ในการบริหารจัดการน้ำท่วมและได้ให้ข้อเสนอแนะต่าง ๆ เกี่ยวกับการประยุกต์ใช้แบบจำลองดีเทอร์มินิสติกต่าง ๆ ที่มีพารามิเตอร์ทางกายภาพเป็นหลักสำหรับใช้ในการวิเคราะห์เหตุการณ์น้ำท่วมในภูมิภาค/หรือทั่วโลก

เป็นที่แน่ชัดเครื่องมือในการจำลองระบบ (Simulation Tool) และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) ไม่ใช่เป้าหมาย แต่เป็นกระบวนการของแนวคิดใหม่ ๆ ของกลยุทธ์ในการป้องกันน้ำท่วม (Flood Control Strategy) ต่าง ๆ การจำลองระบบ (Simulation) นับเป็นตัวช่วยสนับสนุนอย่างดียิ่งแก่ผู้ตัดสินใจ แบบจำลองดีเทอร์มินิสติกเท่านั้นที่ช่วยให้สามารถประเมินการวิเคราะห์ต้นทุน-ผลประโยชน์ (Cost-Benefit Analysis) ที่มีความซับซ้อนต่อข้อเสนอของมาตรการป้องกันน้ำท่วมอันหนึ่งบนพื้นฐานของหลักการเป็นที่ยอมรับ (ในพื้นที่) ของกลยุทธ์การป้องกันน้ำท่วมมีความเป็นไปได้ที่จะตรวจสอบผลกระทบของข้อเสนอในการเปลี่ยนแปลงที่สถานการณ์ปัจจุบันโดยตรง

ผ่านวิธีการจำลองระบบ และทำการเปรียบเทียบค่าผลลัพธ์ต่าง ๆ ของพารามิเตอร์ที่ได้คัดเลือกและผลกระทบของมาตรการเหล่านั้นจากมุมมองที่แตกต่างกัน

5.8 เอกสารอ้างอิง (References)

- [1] ARR87, ARR98, 'Australian Rainfall and Runoff–A guide to flood estimation', 1987 and 1998 editions, Institution of Engineers, Australia, Barton ACT.
- [2] Becker A and Serban P (1990), 'Hydrological models for water–resources system design and operation', WMO publication No. 740, Geneva, 1990.
- [3] Borrows (2001) Peter, 'Flood risk mapping in England and Wales', ERWG Letter no. 12, 2001.
- [4] Du Plessis, LA, Viljoen, MF, Weepener HL & Berning, C (1999), 'Flood damage functions, models and a computer program for irrigation and urban areas in South Africa', Volume 1: Irrigation Areas, WRC Report 690/1/99. ISBN: 1 86845 575 0. ISBN SET NO: 1 86845 577 7, Bloemfontein, 1999.
- [5] Elliott (1997) J, 'Development of an improved real–time flood forecasting model', CRC for Catchment Hydrology Industry Report.
- [6] Hill P, Mein R and Siriwardena L (1998), 'How much rainfall become runoff–Loss modelling for Flood Estimation', CRC for Catchment Hydrology Industry Report.
- [7] Ingeduldova et al (1999), 'Evaluation of rating curves in Tyniste upon Orlice', Labe Water Board, Hradec Kralove (Czech Republic), 1999.
- [8] NEDECO (1975), 'Flood control study, Rharb Plain, Morocco' (Final Report, Mission 2), The Hague, 1975.
- [9] Shire of Strathbogie Vic (1997), 'Euroa Floodplain Management Study', Final Report. Smith D and Greenway M (1992), 'ANUFLOOD–A Field Guide', Centre for Resource and Environmental Studies, Australian National university, Canberra, 1992.
- [10] Weinman PE & Mein RG (1999), 'How good are our design flood estimates? How can they be improved?', Inaugural Victorian Floodplain Management Conference, Wangaratta 1999.



ภาคผนวก (Appendices)

ภาคผนวก A การประเมินความเสียหายน้ำท่วม (Flood Damage Assessment)

ในหลาย ๆ ประเทศมีความพยายามที่จะสร้างฐานข้อมูลความเสียหายจากน้ำท่วมขึ้น ซึ่งต่อไปนี้จะอธิบายหลักการและข้อแตกต่างของฐานข้อมูลของประเทศแคนาดา ออสเตรเลีย ญี่ปุ่น เนเธอร์แลนด์ และของกลุ่มน้ำแมโขง¹

A.1 ประเทศแคนาดา (Canada)

ในประเทศแคนาดา ระบบของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่แยกส่วนกัน (System of Discrete Computer Programs) ได้ถูกพัฒนาขึ้นโดยบริษัทที่ปรึกษา ระบบนี้สามารถคำนวณเพื่อประมาณการความเสียหายโดยการทำงานแบบปฏิสัมพันธ์กันของโปรแกรมน้อยเหล่านั้น โดยสาระสำคัญแล้ว ระบบฐานข้อมูลให้รายละเอียดของความเสียหายทางตรงทั้งหมด (Total Direct Damage) (ที่เกี่ยวข้องกับอาคารบ้านพักอาศัยและอาคารพาณิชย์ ทั้งทรัพย์สินในอาคารและที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้าง) ต่อรอบการเกิดซ้ำ (10; 17; 25; 50; 100 ปี) ทั่วทั้งพื้นที่ศึกษา/ต่อหน่วยบุคคล/ต่อช่วงลำน้ำ/ต่อชุมชน/ต่อเขตพื้นที่ โปรแกรมยังช่วยในการคำนวณความเสียหายรายปีเฉลี่ย (Average Annual Damages) บนพื้นฐานของต่อหนึ่งหน่วย

ความเสียหายจากน้ำท่วมโดยตรง (Direct Flood Damage) ที่เกิดขึ้นกับบ้านพักอาศัยครอบคลุมทั้งความเสียหายเชิงของทรัพย์สินและของโครงสร้าง ตลอดจนค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดความเสียหายจากน้ำท่วม สำหรับความเสียหายจากน้ำท่วมสำหรับสถานประกอบการเชิงพาณิชย์ครอบคลุมถึงความเสียหายที่เกิดขึ้นกับสินค้าคงคลัง เครื่องจักรอุปกรณ์และตัวอาคารต่าง ๆ รวมทั้งค่าใช้จ่ายในการทำ ความสะอาด และเช่นเดียวกับส่วนประกอบของ (ความเสียหาย) ในบ้านพักอาศัย ความเสียหายเหล่านี้โดยปกติถูกคำนวณแยกจากกันทั้งส่วนที่เป็นทรัพย์สินและส่วนโครงสร้าง เนื่องจากขอบเขตและความหลากหลายของกิจกรรมที่ดำเนินการของกลุ่มนี้ไม่ได้มีลักษณะรูปแบบที่เหมือนกันอย่างกลุ่มบ้านพักอาศัย ด้วยเหตุนี้ การแยกประเภทเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนกว่ามาก อย่างไรก็ตาม การจัดกลุ่มตามหน้าที่ที่คล้ายคลึงกันเพื่อวัตถุประสงค์ของการประมาณการความเสียหายจากน้ำท่วมเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อรักษาด้านทุนในการศึกษาภายใต้เหตุผลทางเศรษฐกิจ การประเมินความเสียหายจากน้ำท่วมยังรวมถึงการพิจารณาความเสียหายต่อโครงสร้างสถาบันทางหลวงและสะพาน สิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ และความเสียหายทางอ้อม (Indirect Damage) ในแง่ของการประมาณการความเสียหายสำหรับหน่วยบ้านพักอาศัย/หน่วยธุรกิจการค้า/หน่วยอุตสาหกรรม เส้นโค้งความลึกน้ำสังเคราะห์-ความเสียหาย (Synthetic Depth-Damage Curve) ถูกนำมาใช้ในเมืองอัลเบอร์ตา (Alberta) ประเทศแคนาดา

¹ ข้อมูลในภาคผนวกนี้ได้จัดทำขึ้นจากแรงสนับสนุนของสมาชิกของ WG-CAFM ประเทศออสเตรเลีย แคนาดา ญี่ปุ่น และเนเธอร์แลนด์

เหตุการณ์น้ำท่วมยังก่อให้เกิดความเสียหายทางอ้อมซึ่งความเสียหายเหล่านี้โดยทั่วไปแล้วประกอบด้วยต้นทุนในการอพยพ และที่พักระหว่างเหตุการณ์น้ำท่วม การสูญเสียค่าจ้างและรายได้ทางธุรกิจเนื่องจากการหยุดชะงักของสถานประกอบการเชิงพาณิชย์และเส้นทางคมนาคมต่าง ๆ การสูญเสียสุทธิของกำไรปกติ (Normal Profit) รายได้จากการลงทุน การบริหารจัดการและแรงงาน ต้นทุนการบริหารงาน ต้นทุนในการสูบน้ำท่วมและความไม่สะดวกสบายโดยทั่วไป รวมถึงต้นทุนในการทำมาสะอาด เป็นต้น

โดยปกติแล้ว ความเสียหายทางอ้อมเหล่านี้สามารถคำนวณในรูปของเปอร์เซ็นต์ของความเสียหายทางตรง โดยมีค่าอยู่ในช่วงตั้งแต่ 10–45% สำหรับกลุ่มการให้ประโยชน์ที่ดินเฉพาะเจาะจง แต่โดยทั่วไปแล้วถูกคำนวณไว้ที่ 20% ของความเสียหายทางตรง Corps of Engineers ได้ทำการศึกษาเพื่อหาค่าความเสียหายทางอ้อมพบว่า มีค่าเท่ากับ 15% สำหรับความเสียหายในพื้นที่อยู่อาศัย 37% สำหรับแหล่งธุรกิจการค้า 10% สำหรับสิ่งอำนวยความสะดวก 34% สำหรับทรัพย์สินสาธารณะ 10% สำหรับพื้นที่เกษตรกรรม 25% สำหรับทางหลวงและ 23% สำหรับทางรถไฟ

ความเสียหายทางอ้อมโดยทั่วไปถูกประเมินโดยการจัดทำรายการตรวจสอบผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นได้และทำการประเมินแต่ละรายการอย่างมีแบบแผน ซึ่งรายการตรวจสอบควรประกอบด้วยจำนวนการใช้งานและช่วงเวลาหยุดชะงักของสิ่งอำนวยความสะดวกด้านการคมนาคมและการสื่อสาร จำนวนคนงานและเกษตรกร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนโรงงานที่ถูกปิด และจำนวนธุรกิจที่สูญเสียไปจากเหตุการณ์น้ำท่วมฉุกเฉิน ขนาดของผลกระทบแต่ละด้านอาจประมาณได้จากการสัมภาษณ์ผู้ได้รับผลกระทบเหล่านั้น ในช่วงที่เกิดน้ำท่วมล่าสุดและมูลค่าทางเศรษฐกิจของแต่ละหน่วยสามารถกำหนดได้จากการวิเคราะห์ตลาด (Market Analysis) ในท้ายที่สุด ผลลัพธ์ที่ได้จะนำมาหาค่าผลรวมทั้งหมดของความเสียหายทางอ้อม

ความซับซ้อนของกระบวนการประเมินข้างต้นทำให้หลาย ๆ องค์กรใช้วิธีประมาณการความเสียหายทางอ้อมจากความเสียหายทางตรงโดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ตามที่ได้อธิบายข้างต้น โครงการลดความเสียหายจากน้ำท่วมแคนาดา-ซัสแคตเชวัน (Canada-Saskatchewan Flood Damage Reduction Program) ได้กำหนดรูปแบบในการประมาณการความเสียหายทางอ้อมโดยกำหนดให้เท่ากับ 20% ของความเสียหายทางตรงของทุกกลุ่มรายการรวมกัน ซึ่งตัวเลขนี้อยู่ในช่วงค่าที่แนะนำไว้โดยหน่วยบริการอนุรักษ์ดินของสหรัฐอเมริกา (US Soil Conservation Service) ที่แนะนำให้ใช้ช่วงเปอร์เซ็นต์อยู่ระหว่าง 5–25% สำหรับการใช้งานเฉพาะแต่ละด้าน

A.2 ประเทศออสเตรเลีย รัฐวิกตอเรีย (Australia, State of Victoria)

ในรัฐวิกตอเรียประเทศออสเตรเลีย ความรับผิดชอบในการบริหารจัดการพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงถูกมอบอำนาจให้หน่วยบริหารจัดการลุ่มน้ำ (Catchment Management Authorities) เมื่อไม่นานมานี้ โดยมีผู้เชี่ยวชาญกลุ่มเล็ก ๆ ในกรมทรัพยากรธรรมชาติและการอนุรักษ์ของรัฐ (State Department of Natural Resources and Conservation) ช่วยสนับสนุน ที่ปรึกษาของกรมได้พัฒนาวิธีการประเมินอย่างรวดเร็ว (Rapid Appraisal Method, RAM) สำหรับใช้ประเมินค่าเสียหายจากน้ำท่วมครั้งปัจจุบันและ

มาตรการบริหารจัดการน้ำท่วมที่เป็นไปได้ วัตถุประสงค์หลักก็เพื่อการประเมินโครงการ (มาตรการ) ต่าง ๆ อย่างรวดเร็ว เพื่อจะได้นำมากำหนดลำดับความสำคัญ

วิธีการประเมินอย่างรวดเร็ว (RAM) ได้แยกแยะความแตกต่างระหว่าง 3 กลุ่มความเสียหาย

- ความเสียหายทางตรงหรือนับค่าได้ (Direct Tangible Damages) เป็นความเสียหายทางกายภาพที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างและทรัพย์สินในของอาคาร องค์กรการเกษตรและโครงสร้างพื้นฐานในภูมิภาค เช่น ถนนและสะพาน
- ความเสียหายที่นับค่าได้ทางอ้อม (Indirect Tangible Damages) ค่าใช้จ่ายในการรับมือกับเหตุการณ์ฉุกเฉินและการทำความสะอาด เงินสนับสนุน/ช่วยเหลือชุมชน ค่าใช้จ่ายของการหยุดชะงักของการคมนาคม การจ้างงานและธุรกิจการค้า
- การสูญเสียที่นับค่าไม่ได้ (Intangible Losses) ซึ่งไม่สามารถประมาณค่าเป็นจำนวนเงินได้ การสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ ระดับความเครียดที่เพิ่มขึ้นของผู้อยู่อาศัย

มูลค่าเฉลี่ย (Mean Values) ถูกนำมาพิจารณาเพื่อใช้งานในหลายพื้นที่ของรัฐวิกตอเรีย อย่างไรก็ตาม สนับสนุนให้นักวิเคราะห์ปรับเปลี่ยนมูลค่าเฉลี่ยให้เหมาะสมกับแต่ละพื้นที่

ในการประยุกต์ใช้ RAM ประกอบด้วย 8 ขั้นตอน² ซึ่งได้อธิบายได้ในคู่มือที่ออกโดยกรมทรัพยากรธรรมชาติและอนุรักษ์ของรัฐ (State Department of Natural Resources and Conservation)

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดพื้นที่ศึกษา (Define Study Area)

หลักเกณฑ์ที่สำคัญคือ พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากสาเหตุอย่างหนึ่งควรกำหนดไว้เป็นส่วนหนึ่งของพื้นที่ศึกษาพื้นที่หนึ่ง ยกตัวอย่างเช่น หากมาตรการบริหารจัดการในพื้นที่หนึ่งก่อให้เกิดผลประโยชน์หรือความเสียหายกับอีกพื้นที่หนึ่งควรผนวกพื้นที่ทั้งสองให้เป็นพื้นที่ศึกษาเดียวกัน พื้นที่ชุมชนเมืองและพื้นที่ชนบทต้องแยกออกจากกันในการประมาณการความเสียหาย แต่อาจจะรวมอยู่ในพื้นที่ศึกษาเดียวกันก็ได้

ขั้นตอนที่ 2 การประมาณการความเสียหายของแต่ละเหตุการณ์น้ำท่วม (Estimate Damages for Each Flood Event)

ข้อมูลที่ต้องการได้แก่

- แผนที่แสดงขอบเขตน้ำท่วมของแต่ละเหตุการณ์น้ำท่วม
- การสำรวจอย่างรวดเร็วของอาคารที่ไม่ใช่บ้านพักอาศัยขนาดใหญ่
- การนับจำนวนอาคารขนาดเล็ก (เช่น บ้าน เป็นต้น) อย่างง่าย

² ในที่นี้เพียง 2 ขั้นตอนที่ได้รับการอ้างอิงเนื่องจากขั้นตอนอื่นไม่ได้ใช้หลักการประเมินความเสียหายทางตรง อย่างไรก็ตาม 2 ขั้นตอนนี้ได้อธิบายไว้ในหัวข้อ 3.4.3

ความเสียหายสามารถคำนวณได้ดังต่อไปนี้ (ต้นทุนทั้งหมดอยู่ในหน่วยออสเตรเลียดอลลาร์ (\$) ของปี ค.ศ. 2000)

- กำหนดให้มูลค่าเฉลี่ยของอาคารขนาดเล็กเท่ากับ \$A 20,500
- อาศัยข้อมูลในตารางที่ A-1 สำหรับอาคารขนาดใหญ่

ตารางที่ A-1 ความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นได้เฉลี่ยต่อตารางเมตรสำหรับอาคารขนาดใหญ่

รายละเอียดของอาคาร	ความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นได้เฉลี่ยต่อตารางเมตร (ประกอบด้วยปริมาณและความเสียหายของอาคาร)
ต่ำ (Low) เช่น สำนักงาน ศาลา เป็นต้น	\$A 45
กลาง (Medium) เช่น ห้องสมุดและอาคารธุรกิจต่าง ๆ เป็นต้น	\$A 80
สูง (High) เช่น อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ โรงพิมพ์ เป็นต้น	\$A 200

ข้อมูลในตารางนี้แสดงความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นได้ ซึ่งจะถูกปรับลดให้สอดคล้องตามระยะเวลาเตือนภัยน้ำท่วมและประสบการณ์ของชุมชนต่อเหตุการณ์น้ำท่วมที่เคยเกิดขึ้นโดยอาศัยตัวคูณที่เสนอแนะไว้ในตารางที่ A-2

ตารางที่ A-2 ตัวปรับลดสำหรับความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นได้

เวลาเตือนภัย	ชุมชนที่เคยมีประสบการณ์	ชุมชนที่ไม่เคยมีประสบการณ์
น้อยกว่า 2 ชั่วโมง	0.8	0.9
2-12 ชั่วโมง	การปรับลดเชิงเส้น (Linear Reduction)	0.8
มากกว่า 12 ชั่วโมง	0.4	0.7

เส้นโค้งระดับน้ำ-ความเสียหาย (Stage-Damage Curve) ของเหตุการณ์น้ำท่วมรายปีเฉลี่ยสามารถนำมาใช้งานได้อีกทางเลือกหนึ่ง

ความเสียหายทางตรงในพื้นที่เกษตรกรรมสามารถประมาณการในลักษณะเดียวกันโดยอาศัยตัวเลขมาตรฐาน (Standard Figures) ต่อพื้นที่น้ำท่วม (เฮกแตร์) อย่างไรก็ตาม อาจมีข้อมูลอยู่ไม่เพียงพอที่จะสร้างตารางมาตรฐาน (Standard Table) และคู่มือ RAM ให้รายละเอียดข้อมูลเฉพาะต้นทุนของการเปลี่ยนแปลงคลังสินค้า การหว่านข้าวเมล็ดพืชบริเวณทุ่งหญ้า การควบคุมวัชพืช การทดแทนปศุสัตว์และอื่น ๆ

ค่าความเสียหายต่อ 1 กิโลเมตร ของทุกประเภทถนนถูกแนะนำไว้ ส่วนการประมาณการความเสียหายที่เกิดขึ้นกับโครงสร้างพื้นฐานอื่น ๆ อาจคำนวณบนพื้นฐานข้อมูลเป็นกรณีเฉพาะไป

มีการแนะนำให้ประเมินความเสียหายทางอ้อมโดยให้ค่าประมาณ 30% ของความเสียหายทางตรง³ หากไม่มีข้อมูลที่ดีกว่า

A.3 ประเทศญี่ปุ่น (Japan)

ในประเทศญี่ปุ่น กระทรวงการเกษตร ป่าไม้และการประมง (Ministry of Agriculture, Forestry and Fishery) ได้สร้างตารางแสดงรายละเอียดความเสี่ยงต่อความเสียหาย (Detailed Hazard Table) ของการผลิตข้าวบนฐานข้อมูลที่รวบรวมขึ้นจากเหตุการณ์น้ำท่วมที่เคยเกิด ซึ่งข้อมูลในตารางแสดงถึงอัตราการลดลงของการผลิตข้าวแยกตามระดับความลึกของน้ำท่วม คุณภาพของน้ำท่วมช่วงระยะการเจริญเติบโต และอุณหภูมิน้ำ โครงการปรับปรุงพื้นที่เกษตรกรรม (Farmland Improvement Project) ในประเทศญี่ปุ่นเพื่อป้องกันน้ำท่วมได้ถูกวางแผนให้สอดคล้องกับข้อมูลในตารางนี้ การนำแนวคิดเรื่องระดับน้ำท่วมที่ยอมรับได้ที่จะก่อให้เกิดความเสียหายน้อยที่สุดในการผลิตข้าวส่งผลให้อันตรายจากน้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำและค่าใช้จ่ายของโครงการระบายน้ำลดลง

A.4 ประเทศเนเธอร์แลนด์ (The Netherlands)

ในประเทศเนเธอร์แลนด์ได้มีการพัฒนาวิธีมาตรฐาน (Standard Method) ในการประเมินความเสียหายและจำนวนผู้ประสบภัยน้ำท่วม ซึ่งวิธีนี้ไม่มีการแยกความแตกต่างระหว่างน้ำท่วมจากน้ำทะเลและจากน้ำจืด เนื่องจากการทบทวนวรรณกรรมพบว่ามีความแตกต่างของปริมาณความเสียหายค่อนข้างน้อย อย่างไรก็ตาม ในประเทศออสเตรเลีย (ตามที่กล่าวมา) มีการกำหนดความแตกต่างระหว่าง “พื้นที่ประสบภัยน้ำท่วมซ้ำซาก (Frequently Flooded Area)” และ “พื้นที่ประสบภัยน้ำท่วมน้อยครั้ง (Less Frequently Flooded Area)” ขึ้น เนื่องจากความเสียหายคาดการณ์ของแต่ละกรณีแตกต่างกันอย่างมาก

ได้มีการตัดสินใจที่จะใช้ข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์แบบมาตรฐานซึ่งเป็นฐานข้อมูลที่มีให้ใช้งานอยู่ทั่วทั้งประเทศและได้รับการปรับปรุงอย่างสม่ำเสมอ และยังได้พบว่าธนาคารข้อมูลที่แตกต่างกัน (จำนวนหนึ่ง) เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการประมาณการความเสียหายและจำนวนผู้ประสบภัย

มีหลายวิธีสำหรับการผนวกข้อมูลต่าง ๆ เข้าด้วยกัน ซึ่งวิธีเหล่านี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยที่เรียกว่า “รูปแบบเวกเตอร์ (Vector Pattern)” หรือ “รูปแบบลายผ้าโครงสร้าง (Fabric Pattern)” หลังจากทำการประเมินด้วยวิธีต่าง ๆ แล้ว รูปแบบลายผ้าถูกเลือกสำหรับนำมาใช้งานต่อไป วิธีการดังกล่าวนี้ยังต้องการการศึกษาและพิจารณาผลที่ได้ต่อไปอีก รวมทั้งข้อมูลพื้นฐานที่จะนำมาใช้ต้องได้รับการปรับปรุงเพิ่มเติม

³ กรุณาเปรียบเทียบกับตัวเลขที่ได้กล่าวไว้ก่อนหน้านี้สำหรับกรณีเหตุการณ์ในประเทศแคนาดา

A.5 ลุ่มน้ำแม่โขงตอนล่าง (Lower Mekong Basin)⁴

ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่โขงตอนล่าง (ประกอบด้วยประเทศลาว กัมพูชา เวียดนาม และไทย) น้ำท่วมได้สร้างความเสียหายให้กับพื้นที่เกษตรกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งพื้นที่นาข้าวครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่ในช่วงฤดูฝน ภายใต้โปรแกรมความช่วยเหลือทางเทคนิคประเทศญี่ปุ่น (Japanese Technical Assistance Program) การประเมินความเสียหายได้ดำเนินการด้วยการจัดเตรียมแผนที่น้ำท่วม (Inundation Map) และแผนที่ความเสียหายทางการเกษตร (Agricultural Damage Map) โดยใช้เทคนิคการสำรวจระยะไกล (Remote Sensing, RS) และเทคนิคสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS)

สำหรับการเกิดน้ำท่วมต่อเนื่องกันหลาย ๆ ปี มีการจัดทำแผนที่น้ำท่วมขึ้น แสดงการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ที่ถูกน้ำท่วมกับเวลาการสร้างแผนที่ความเสียหายทางการเกษตรถูกจัดทำขึ้นในลักษณะของ (1) แผนที่ระดับความลึกของน้ำท่วม (Inundation Depth Contour Map) (2) แผนที่จัดแบ่งพื้นที่นาข้าว (Paddy Fields Division Map) ซึ่งจัดเตรียมโดยอาศัยข้อมูลการสำรวจระยะไกล (3) ข้อมูลความเสียหายน้ำท่วมซึ่งได้มาจากการสำรวจในพื้นที่ แผนที่ระดับความลึกของน้ำท่วมถูกจัดเตรียมขึ้นด้วยการผนวกข้อมูลการสำรวจในพื้นที่กับแผนที่น้ำท่วมที่ช่วงเวลาต่าง ๆ มีการพัฒนาเทคนิคเพื่อระบุพื้นที่นาข้าวจากภาพถ่ายดาวเทียมขึ้น แบบจำลองถูกพัฒนาขึ้นเพื่อสร้างความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำท่วมและการลดลงของผลผลิตของการเก็บเกี่ยวข้าว (Otsubo et al., 2000)

⁴ หลังจากบทความที่เขียนโดย Yoshiaki Otsubo, Tado Ito และ Hideshige Lida ชื่อเรื่อง “การจัดทำแผนที่น้ำท่วมในลุ่มน้ำแม่โขงตอนล่างโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการพัฒนาทางการเกษตรอย่างยั่งยืน (Inundation Mapping in The Lower Mekong Basin Aiming at Sustainable Agricultural and Sustainable Development)” (The Japanese Institute of Irrigation and Drainage)

ภาคผนวก B PoldEvac : กรณีศึกษาการรับน้ำนองในพื้นที่ปิดล้อมและการสร้างแบบจำลองการอพยพในพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมใกล้ชายแดนประเทศเยอรมันและเนเธอร์แลนด์ (PoldEvac : A Case Study on Polder Inundation and Evacuation Modelling in a Flood Prone Area Near the Border of Germany and the Netherlands)

B.1 บทนำ (Introduction)

โครงการที่เรียกว่า PoldEvac เป็นการประยุกต์โปรแกรมซอฟต์แวร์ “DamSim (Damage Simulator)” ในการจำลองการเกิดน้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มต่ำโดยแบ่งออกเป็นส่วน ๆ การพัฒนา DamSim ดำเนินการแล้วเสร็จในปี ค.ศ. 1992

ระหว่างเกิดเหตุการณ์น้ำท่วมในแม่น้ำไรน์ในเดือนกุมภาพันธ์ ปี ค.ศ. 1995 นั้น การเกิดน้ำท่วมบริเวณพื้นที่ลุ่มต่ำตามแนวแม่น้ำในประเทศเนเธอร์แลนด์ถูกประเมินว่ามีความเสี่ยงสูงมาก ด้วยเหตุนี้ จึงมีการตัดสินใจจะอพยพผู้อยู่อาศัยและปศุสัตว์ออกจากพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมขนาดใหญ่อย่างฉับพลัน ซึ่งกลายเป็นการดำเนินการขนาดใหญ่มากและส่งผลกระทบตามมาอย่างมาก

ในที่สุด คันกันน้ำไม่ได้แตกและไม่ได้เกิดเหตุการณ์น้ำท่วมตามมา อย่างไรก็ตาม เหตุการณ์นี้ทำให้ตระหนักได้ว่าจำเป็นต้องทราบข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผลพวงของการเกิดน้ำท่วมมากกว่านี้ มาตรการที่เป็นไปได้ซึ่งควรจะต้องกำหนดขึ้นมาและดำเนินการก่อนที่จะเกิดเหตุการณ์ระดับน้ำเพิ่มขึ้น และท้ายที่สุดรูปแบบของข้อมูลแบบไหนที่ผู้มีอำนาจตัดสินใจต้องการในช่วงเวลาวิกฤตเพื่อตัดสินใจได้ถูกต้องและทันเวลา

เพื่อการนี้ ระบบสนับสนุนการตัดสินใจระดับท้องถิ่น (Regional Support System) ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อบรรลุมิติวัตถุประสงค์ภายใต้บริบทของโครงการที่มีชื่อว่า “PoldEvac” ซึ่งสัมพันธ์กับการบริหารจัดการการอพยพและมาตรการฉุกเฉินอื่นที่มีความจำเป็นในกรณีที่เกิดน้ำท่วมพื้นที่ลุ่มต่ำ พื้นที่โครงการที่เกี่ยวข้องเป็นพื้นที่ปิดล้อม ซึ่งประกอบด้วย เมือง หมู่บ้าน และนิคมอุตสาหกรรมที่ตั้งอยู่ในบริเวณชายแดนระหว่างประเทศเยอรมันและประเทศเนเธอร์แลนด์ระหว่างแม่น้ำ Meuse, Rhine และ Waal (เป็นแม่น้ำสายสาขาหลักของแม่น้ำไรน์ในประเทศเนเธอร์แลนด์) โครงการนี้เกิดจากการริเริ่มของหน่วยดับเพลิงท้องถิ่นนิจเมเกน (Nijmegen Regional Fire Brigade) ที่ทำหน้าที่ป้องกันไฟและการบริหารจัดการภัยพิบัติในพื้นที่โครงการซึ่งอยู่ในส่วนของประเทศเนเธอร์แลนด์ โครงการเริ่มต้นในปี ค.ศ. 1997 และเสร็จสิ้นปี ค.ศ. 2002

วัตถุประสงค์ของโครงการและการสร้างแบบจำลองประกอบด้วย 7 วัตถุประสงค์พื้นฐาน ดังนี้คือ

- (1) การทบทวนที่เกี่ยวข้องกับชนิดของข้อมูลที่ต้องการใช้ในระบบสนับสนุนการตัดสินใจในกรณีที่เกิดการพังทลายของคันกันน้ำและเกิดน้ำท่วมตามมา

- (2) การจัดทำรายการสิ่งของให้ครบถ้วนและข้อมูลนำเข้าที่เกี่ยวกับสภาพภูมิประเทศ การใช้ที่ดิน โครงข่ายถนน เจ้าของที่ดิน (แผนที่เกี่ยวกับที่ดิน) อาคาร และอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดน้ำท่วม
- (3) ขอบเขต (พื้นที่ ความลึก) และการเคลื่อนตัวของน้ำซึ่งสัมพันธ์กับเวลาของการเกิดน้ำนองในกรณีที่คันกันน้ำพังทลายจากเหตุการณ์น้ำท่วมใหญ่ (อัตราการไหลสูงสุด : Meuse 3,650 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที Rhine 15,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)
- (4) ผลกระทบจากมาตรการลดความเสียหายด้วยวิธีมาตรการวางแผน
- (5) การวิเคราะห์ขั้นตอนการอพยพที่สัมพันธ์กับการก่อตัวของการเกิดน้ำท่วมและสมรรถภาพของโครงข่ายถนน
- (6) การศึกษาอันตรายที่อาจเกิดขึ้นได้ของโรงงานเคมีและสารเคมีในกรณีที่เกิดเหตุการณ์น้ำท่วม รวมทั้งการจำลองเหตุการณ์ภัยพิบัติขนาดใหญ่ เช่น การระเบิด การปล่อยมลพิษ เป็นต้น
- (7) จะสร้างการรับรู้ของสาธารณะในประเด็นต่าง ๆ ซึ่งได้มีการศึกษาไว้โดย PoldEvac ได้อย่างไร

ในเนื้อหาหลังจากนี้ได้อธิบายเพิ่มเติมถึงองค์ประกอบ 7 ประการ ซึ่งวัตถุประสงค์ของโครงการขององค์ประกอบเหล่านี้ ได้แก่

- เพื่อเพิ่มพูนความรู้เกี่ยวกับข้อมูลในระดับท้องถิ่นสำหรับใช้ประกอบการตัดสินใจภายใต้ความเสี่ยงของเหตุน้ำนอง
- เพื่อรับทราบข้อมูลของกระบวนการเกิดน้ำท่วมที่สัมพันธ์กับเวลาในกรณีที่คันกันน้ำพังทลายและเกิดน้ำนองในพื้นที่โพลเดอร์ตามมา ข้อมูลดังกล่าวมีความสำคัญต่อสถานการณ์การเกิดน้ำท่วมที่แตกต่างกันทั้งหมดตรงตำแหน่งที่สนใจตามแนวแม่น้ำ Rhine, Waal และ Maas
- เพื่อรับรู้ภาพรวมของผลที่จะตามมาจากสถานการณ์การเกิดน้ำท่วมต่าง ๆ
- เพื่อรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนการใช้ที่ดินและกฎระเบียบต่าง ๆ
- เพื่อสร้างความตระหนักรู้ถึงความเสี่ยงจากเหตุอันตรายที่เกิดขึ้นจากสารอันตรายที่มีอยู่ในพื้นที่ลุ่มต่ำ (พื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม) แก่คนงานที่เกี่ยวข้องกับงานภัยพิบัติทางด้านสิ่งแวดล้อมและการดำเนินงานบรรเทาภัยพิบัติ

วัตถุประสงค์เหล่านี้ถูกแปลให้กลายเป็นเป้าหมายของโครงการ กล่าวสั้น ๆ ผลลัพธ์จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลสำคัญที่ช่วยในการตัดสินใจในด้านการอพยพ รูปแบบน้ำนองและการเคลื่อนตัว (ขอบเขต เวลา) การวิเคราะห์ผลกระทบที่เกี่ยวข้อง แนวทางการอพยพ ข้อมูลแผนการใช้ที่ดิน และการปรับตัวที่เชื่อมโยงกัน ความตระหนักรู้ถึงการบริหารจัดการภัยพิบัติและประเด็นของหน่วยดับเพลิง เช่น โครงข่ายระบบประปา น้ำดับเพลิง ระบบน้ำเสียของเสียอันตรายและสารอันตราย เป็นต้น

ในโครงการได้ให้ความสำคัญแบบจำลองและการประยุกต์ใช้ ยิ่งไปกว่านั้น องค์ประกอบบางส่วนของแบบจำลอง PoldEvac ถูกพัฒนาให้มีความแตกต่าง โดยมีระบบการจัดการด้วยแนวคิดการสนับสนุนการตัดสินใจเป็นพิเศษ ซับซ้อนและครอบคลุมทั้งหมด ที่เรียกว่า ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support System, DSS) เนื่องจาก PoldEvac เป็นโครงการนำร่อง ด้วยเหตุนี้ ลักษณะบางอย่างปรากฏ

ให้เห็นว่ายังเป็นขั้นแรกที่จะไปถึงขั้นที่เป็นโครงการที่สมบูรณ์เต็มรูปแบบสามารถประมวลผลข้อมูลเพื่อสนองการตัดสินใจของระบบ DSS ที่เกี่ยวข้อง โดยทั่วไปในแต่ละโหมดเหล่านี้ถูกออกแบบมาเพื่อประมวลผลให้สมบูรณ์ และถ้าจำเป็นเพื่อจำลองกระบวนการที่เกิดขึ้นอิสระที่มีความสัมพันธ์แน่นอน และ/หรือหน่วยตัดสินใจ

B.2.1 การวิจัย (Research)

PoldEvac ใช้ผลลัพธ์จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลที่ใช้สำหรับการตัดสินใจและการบริหารจัดการภัยพิบัติในกรณีเกิดการพังทลายของคันกั้นน้ำที่อาจเกิดขึ้นได้ และทำให้เกิดน้ำท่วมในพื้นที่ปิดล้อมตามมา งานวิจัยนี้ดำเนินการโดยบุคคลอื่นในประเทศเยอรมันและในประเทศเนเธอร์แลนด์แยกกัน

B.2.2 การจัดการข้อมูล (Information Handling)

ระหว่างขั้นตอนการพัฒนา PoldEvac ข้อมูลจำนวนมากได้ถูกรวบรวม ประมวลผล จัดเก็บและทำการวิเคราะห์ ซึ่งข้อมูลประกอบด้วยข้อมูลทางภูมิศาสตร์ (Geographic Data) และข้อมูลคุณลักษณะ (Attribute Data) สำหรับข้อมูลทางภูมิศาสตร์นั้นครอบคลุมถึงข้อมูลแผนที่ดิน แผนที่พื้นฐานขนาดใหญ่แบบจำลองความสูงเชิงเลข (Digital Terrain Model, DTM) ที่แสดงเส้นระดับความสูง การใช้ที่ดิน แผนที่ลักษณะภูมิประเทศ แผนที่ที่วางแผนการใช้ที่ดิน แผนที่ถนน วัตถุที่แสดงในแผนที่ดินและแผนที่พื้นฐานจะถูกกำหนดให้อยู่ในรูปวัตถุดิจิทัล (ชิ้นส่วน อาคาร) ข้อมูลคุณลักษณะจะถูกเชื่อมโยงกับวัตถุ (ทางภูมิศาสตร์) เหล่านี้ โดยทั่วไป PoldEvac ได้ร้องขอให้ชุมชนท้องถิ่น (Municipalities) ต่าง ๆ เข้ามามีส่วนร่วมในโครงการนี้เพื่อให้มอบข้อมูลให้ ข้อมูลบางส่วนถูกรวบรวมขึ้นจากการทำการสำรวจภาคสนามโดยตรงนอกเหนือจากวิธีอื่น ๆ เพื่อการตรวจสอบควบคุมข้อมูล การสร้างภาพดิจิทัลและลักษณะโปรไฟล์ถนน

แนวทางนี้มีลักษณะแบบเดียวกันในประเทศเนเธอร์แลนด์และเยอรมัน

B.2.3 น้ำนอง : DelftFLS (Inundation : DelftFLS)

รายละเอียดเกี่ยวกับการวิเคราะห์ความเสี่ยงของการเกิดน้ำนองประกอบด้วย ชุดการจำลองน้ำนองที่สัมพันธ์กับเวลาในแบบจำลอง DelftFLS ซึ่งถูกพัฒนาและใช้งานโดย Delft Hydraulics ร่วมกับ Bundesanstalt für Gewässerkunde และจังหวัด Gelderland

หลักการสร้างแบบจำลองพลวัต (Dynamic Modelling) สามารถสรุปได้ดังนี้ (หลัง Van Mierlo, 2001) :

- ในแบบจำลอง DelftFLS ได้อาศัยสมการความลึกเฉลี่ย 2 มิติ (Dynamic Flow) และสมการ St. Venant ในการหาค่า DelftFLS สามารถคำนวณอัตราการไหลของน้ำพลวัตซึ่งครอบคลุมถึงการเปลี่ยนแปลงจากการไหลของน้ำต่ำกว่าวิกฤต (Sub-Critical Flow) ไปเป็นการไหล

- ของน้ำแบบเหนือวิกฤต (Super-Critical Flow) และการเปลี่ยนแปลงจากการไหลของน้ำเหนือวิกฤตไปเป็นการไหลของน้ำต่ำกว่าวิกฤต รวมทั้งการเกิดน้ำท่วมในพื้นที่ซึ่งเดิมเป็นที่แห้ง
- DelftFLS ออกแบบให้ทำงานในลักษณะกริดสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีความละเอียด 100 เมตร หากต้องการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ในพื้นที่ DelftFLS จะสร้างบังคับใช้ความสัมพันธ์ของไฮโดรกราฟของอัตราการไหล (Discharge Hydrograph) กับความสัมพันธ์ของระดับน้ำกับอัตราการไหล (Stage-Discharge Relationship) นี้ ขอบเขตด้านท้ายน้ำในการจำลองสภาพน้ำนอง เมื่อพัฒนาแบบจำลองสภาพน้ำนอง DelftFLS อาคารต่าง ๆ ที่เป็นอุปสรรคไปขัดขวางการไหลของน้ำในพื้นที่ ได้แก่ ถนน ทางรถไฟ บนเนินดินจะถูกมาวิเคราะห์พร้อมด้วยรวมทั้งระดับท้องน้ำของระบบระบายน้ำในพื้นที่ (ยกเว้นคันกันน้ำปฐมภูมิและทุติยภูมิ)
 - ในการจำลองสภาพน้ำนองค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Nikuradse จะถูกนำมาใช้ร่วมกับแนวคิดความขรุขระของ White-Colebrook ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Nikuradse ขึ้นอยู่กับการใช้ที่ดินตามที่กำหนดใน LGN3 (เนเธอร์แลนด์) และ Atkis-Objektartenkatalog (เยอรมันนี) นอกจากนี้ ยังกำหนดให้น้ำนองเกิดขึ้นในช่วงฤดูหนาวซึ่งไม่มีการปลูกพืชในแปลงเพาะปลูก

ในการจำลองสภาพน้ำนองด้วย PoldEvac อัตราการไหลสูงสุดในแม่น้ำ Rhine และ Meuse (15,000 และ 3,650 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ตามลำดับ) ถูกนำมาใช้ซึ่งยังไม่เคยเกิดขึ้นมาก่อน

ด้วยเหตุผลนี้ จึงมีการใช้งานแบบจำลองทางคณิตศาสตร์อื่นที่มีอยู่และที่ได้ทำการปรับเทียบไว้แล้ว สำหรับแม่น้ำ Rhine และ Waal มีการใช้งานแบบจำลองพยากรณ์น้ำท่วม FLORIJS-SOBEK แบบมิติเดียว (Rijkswaterstaat Directie Limburg) และสำหรับแม่น้ำ Meuse ใช้แบบจำลองสองมิติ WAQUA

ภายใต้โครงการ PoldEvac สถานการณ์น้ำนอง 68 สถานการณ์สมมติ ถูกจำลองใน 17 พื้นที่ ที่เกิดการพังทลายตามแนวแม่น้ำ Rhine, Waal และ Maas ซึ่งมีความแตกต่างกันตามลักษณะการก่อตัวของการพังทลายและประเภทของคลื่นน้ำท่วม

B.2.4 การลดความเสียหาย (Damage Reduction)

อีกส่วนหนึ่งของข้อมูลและสารสนเทศที่ได้รับการประมวลผลในโครงการ PoldEvac ยังเกี่ยวข้องกับจำนวนปัญหาที่ผสมผสานกัน PoldEvac เป็นระบบซอฟต์แวร์ที่ประกอบด้วยหลาย ๆ ส่วนประกอบกัน ไม่ว่าจะเป็นส่วนผลลัพธ์จากการจำลองที่เรียกว่า โหมดสนับสนุนการตัดสินใจภูมิสารสนเทศเชิงพื้นที่ เช่น โครงข่ายถนน อุบัติเหตุ น้ำนอง การอพยพ และการวางแผนการใช้ที่ดิน เป็นต้น

การวางแผนการใช้ที่ดิน (Land Use Planning)

การวางแผนการใช้ที่ดินและวิธีการควบคุมพื้นที่เริ่มต้นที่สภาพแตกต่างกันทั้งมากหรือน้อย ซึ่งอยู่ระหว่างขั้นตอนการเตรียมการและเกี่ยวข้องกับนโยบายระดับชาติของประเทศเนเธอร์แลนด์และประเทศเยอรมันในการควบคุมน้ำท่วมซึ่งแสดงออกมาในลักษณะ “Room for the River” ซึ่งรูปแบบจะ

ประกอบด้วย ข้อมูลดิจิทัลที่แสดงรายละเอียดของแผนการใช้ที่ดิน เครื่องมือสำหรับใช้ในมาตรการวางแผน เช่น การวัดระยะทาง การแทนด้วยวงกลม เป็นต้น และเครื่องมือออกแบบอย่างอื่นซึ่งจำเป็นต้องนำมาพิจารณาเพื่อเป็นทางเลือก

การวิเคราะห์ผลกระทบแทนการวิเคราะห์ความเสี่ยง (Effect Analysis Instead of Risk Analysis)

ในวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องและเอกสารตีพิมพ์ของทางรัฐบาลเกี่ยวกับภัยพิบัติที่เป็นไปได้โดยส่วนใหญ่มักจะกล่าวถึงในลักษณะของความเสี่ยง (Risk) ซึ่งประกอบด้วย โอกาสความน่าจะเป็น (Probability) ที่แสดงในรูปของรอบการเกิดซ้ำ และผลกระทบต่าง ๆ (Effect) ต่อไปนี้เฉพาะผลกระทบสถานการณ์สมมติที่วิกฤตที่สุดถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยวิธีที่เรียกว่า “การวิเคราะห์ผลกระทบ (Effect Analysis)”

สถานการณ์น้ำท่วมจำนวน 68 สถานการณ์สมมติ ได้ถูกจัดเก็บเอาไว้ในห้องสมุดของ “ภาพยนตร์น้ำท่วม (Flood Film)” ด้วยความช่วยเหลือของห้องสมุดนี้ เราสามารถคัดสรรภาพยนตร์ที่เหมาะสมกับเหตุการณ์การพังทลายคันกันน้ำที่อาจเกิดขึ้นได้ในแต่ละพื้นที่ ผลกระทบต่าง ๆ ของการเกิดน้ำท่วมจะถูกคาดการณ์ตามที่ปรากฏในภาพยนตร์ที่เล่าถึงเหตุการณ์น้ำท่วมโดยผนวกให้เป็นส่วนหนึ่งของวิธีการของระบบ PoldEvac ผลกระทบต่าง ๆ ที่เกิดจากน้ำท่วมจะถูกทำการวิเคราะห์ ดังนี้

- ขนาดพื้นที่ (Hectares of Land)
- ส่วนของถนน (Road Sections)
- ผู้อยู่อาศัย (Inhabitants)
- ปศุสัตว์ (Cattle)
- อาคารและทรัพย์สิน (Buildings and Properties)
- อนุสาวรีย์ (Monuments)
- อาคารพิเศษ (Special Buildings) (เช่น พิพิธภัณฑ์ หอจดหมายเหตุ ฯลฯ)
- สารอันตราย (Dangerous, Hazardous Substance)

โดยอาศัยหลักการวิเคราะห์ผลกระทบ PoldEvac แสดงผลที่ตามมาจากการเกิดน้ำท่วมให้สัมพันธ์กับเวลา ซึ่งเริ่มหมายถึงว่าการคาดการณ์ผลกระทบระหว่างการดำเนินการน้ำท่วมได้พิจารณาทุก ๆ หน่วยวัด (Units) พื้นที่ (Area) ความยาว (Length) ที่เวลาใด ๆ

นอกเหนือจากการคำนวณสำหรับวิเคราะห์ผลกระทบแล้ว ข้อมูลที่แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับวัตถุ (Detailed Object-Related Data) ที่คัดเลือกจะต้องสามารถกู้คืนได้โดยตรง วัตถุอาคารถูกแสดงผลในรูปแบบ 3 มิติ ในภาพแผนที่

โอกาสในการแทรกแซง (Opportunities for Intervention)

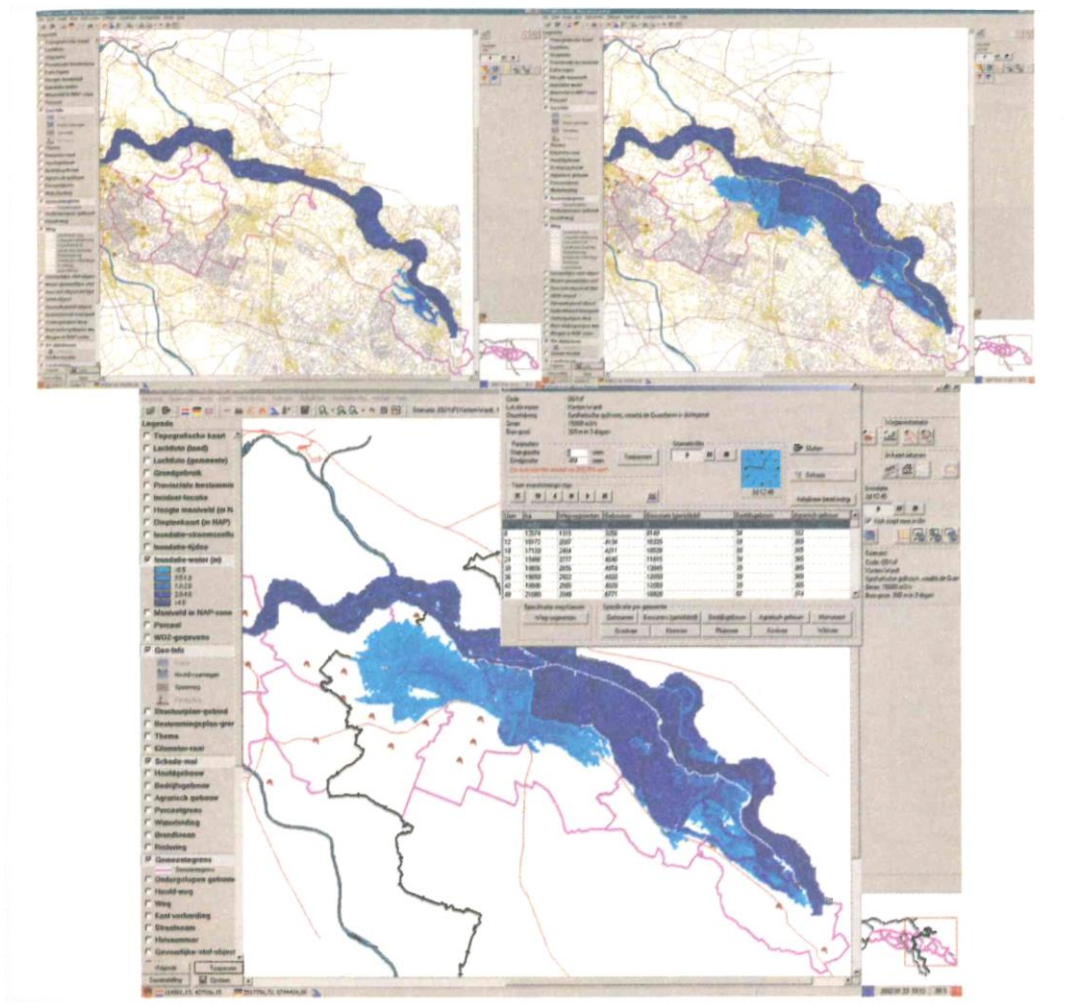
การแทรกแซง (Intervention) สามารถนำมาพิจารณาภายใต้บริบทของมาตรการลดผลกระทบของน้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มต่ำได้ซึ่งอาจประกอบด้วยหนึ่งมาตรการหรือมากกว่าก็ได้ ดังนี้

- การแบ่งพื้นที่ออกเป็นส่วนใหญ่
- การสูบน้ำ
- ถนนสร้างใหม่
- ถนนบนคันดินกั้นน้ำ
- การปิดช่องทางที่ตัดผ่านแนวคันกั้นน้ำและอื่นๆ
- การสนับสนุนเฮลิคอปเตอร์
- การเปลี่ยนโครงสร้างรัฐบาลส่วนท้องถิ่นและภูมิภาค
- การจัดหาอุปกรณ์สูบน้ำท่วม
- ปลุกสร้างอาคารโครงสร้างบนพื้นที่ที่สูงขึ้น หรือที่รู้จักกันทั่วไปว่าการกันน้ำท่วม (Flood Proofing)
- การอุดหรือปิดระบบโครงสร้างพื้นฐานในการระบายน้ำ (เช่น ระบบระบายน้ำทิ้ง เป็นต้น)
- การปรับความคล่องตัวของการจราจรโดยวิธีควบคุมการจราจรแบบฉุกเฉิน (Emergency Traffic Control)
- การเตือนภัยน้ำท่วม การตระหนักถึงภัยน้ำท่วมและการเตรียมการรับมือกับภัยให้พร้อม

B.2.5 สารอันตราย (Dangerous Substances)/อุบัติเหตุ (Accident)

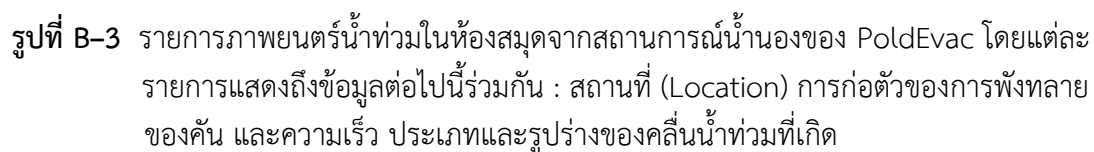
เนื้อหาของส่วนย่อยหลักในหัวข้อนี้เป็นเรื่องที่ต้องการสหประชาชาติได้แจ้งรายการสารเคมีและฉลากอันตรายที่เชื่อมโยงกัน การจำลองเหตุการณ์การปลดปล่อยสารพิษ และข้อมูลสนับสนุนหน่วยดับเพลิงที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ เช่น ข้อมูลตำแหน่งหัวก๊อกน้ำดับเพลิง โครงข่ายระบบประปา ระบบระบายน้ำไฮดรอน เป็นต้น

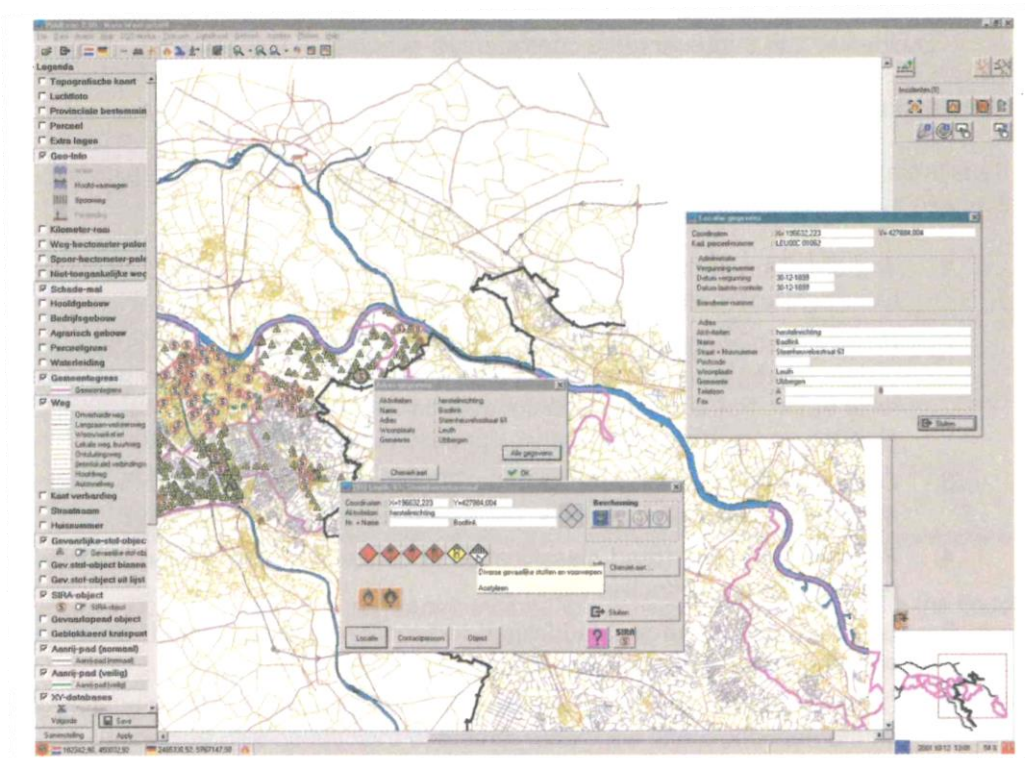
โหมดโครงข่ายถนน ประกอบด้วย การวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูล (Data Processing and Analysis) การประมวลผลข้อมูล (Data Processing) เกี่ยวข้องกับข้อมูลทั้งหมดของส่วนของถนนและทางข้ามต่าง ๆ ที่สัมพันธ์กับการอพยพและการให้ความช่วยเหลือในการบริหารจัดการภัยพิบัติ รวมทั้งข้อมูลโปรไฟล์ถนน การวิเคราะห์เกี่ยวข้องกับเส้นทางที่สั้นที่สุด (โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับการหนีไฟและภัยพิบัติต้องมั่นใจว่าเป็นเส้นทางที่ปลอดภัย) และเหมาะสมที่สุดเพื่อวัตถุประสงค์ในการเตือนภัย



รูปที่ B-1 สถานการณ์น้ำนองจากการพังทลายของ Xanten-Ward ซึ่งแสดงผลใน 3 ระยะ ได้แก่ :

- (1) ระยะที่เกิดการพังทลาย (Breach)
- (2) ระยะระหว่างเกิดเหตุการณ์ซึ่งน้ำเคลื่อนตัวครึ่งทาง (Half-Way) ผ่านชายแดนประเทศ ประเทศเยอรมัน-เนเธอร์แลนด์ และ
- (3) ระยะที่เกิดน้ำท่วมบริเวณพื้นที่ลุ่มต่ำ Duffelt ในประเทศเยอรมัน และพื้นที่ลุ่มต่ำ Ooij ในประเทศเนเธอร์แลนด์





รูปที่ B-4 ข้อมูลเชิงวัตถุของสารอันตรายที่ขึ้นทะเบียนในพื้นที่ใด ๆ ถูกแสดงผลบนจอแสดงผลพร้อมด้วยฉลากอันตรายแบบสากลและข้อมูลที่เกี่ยวกับการผจญไฟและภัยพิบัติ

ยิ่งไปกว่านั้น ภัยพิบัติที่เกิดจากสารอันตราย เช่น การปลดปล่อยสารและ/หรือการระเบิดที่ส่งผลกระทบต่อเชิงพื้นที่ ลักษณะที่สำคัญของการปลดปล่อยสาร/การระเบิดจะถูกแสดงผลในรูปของการขยายตัวของพื้นที่ (Area Extension) ซึ่งเรียกว่า รูปแบบของความเสียหาย (Damage Template) โดยทำการปรับการตั้งค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ให้เป็นมาตรฐาน เช่น ปริมาตร ความหนาแน่น อุณหภูมิจุดเดือด ลักษณะของปฏิกิริยา เป็นต้น

B.2.6 การอพยพ (Evacuation)

ส่วนบูรณาการของแนวคิด PolEvac ก็คือ การให้ความสำคัญอย่างมากแก่การอพยพ ด้วยเหตุนี้ โหมดการอพยพจึงประกอบด้วย

- ระยะเวลาสั้นที่สุด/ระยะทางที่สั้นที่สุดในพื้นที่ (เกี่ยวกับโครงข่ายถนน) คำนวณจากตำแหน่งของพื้นที่อพยพในที่ปิดล้อม
- โครงข่ายถนนสำหรับอพยพพร้อมกับลงตำแหน่งทางออก
- การกำหนดพื้นที่ชุมชนหรือพื้นที่กั้นเวลาที่ส่งผลต่อการอพยพ
- ขั้นตอนการเคลื่อนย้ายการอพยพบนเส้นทางถนนที่ใช้ในการอพยพที่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับสถานการณ์น้ำท่วมที่เกี่ยวข้องกับเวลาหรือในภาพยนตร์น้ำท่วม

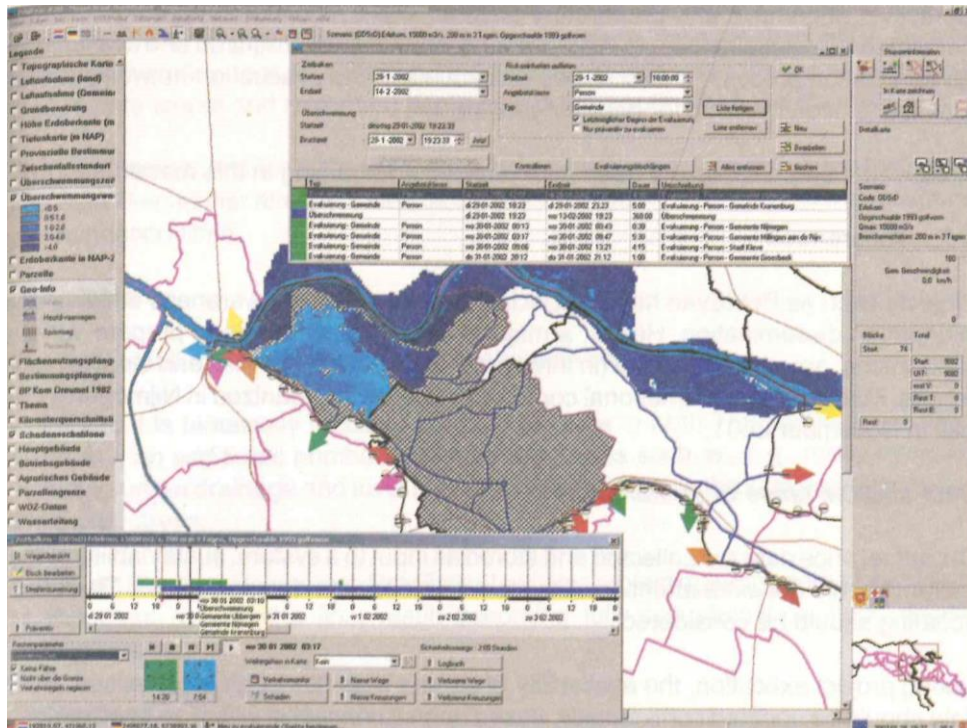
- ความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดน้ำท่วมและการอพยพด้วยแนวทางการหนีภัยแบบเท้าแห้ง (Dry-Feet Leave Approach)
- แนวทางเชิงปริมาณ (Capacity-Oriented Approach) สำหรับใช้ในขั้นตอนการอพยพบนเส้นทางถนนที่ใช้ในการอพยพ
- การติดตามการเคลื่อนตัวของจราจรเพื่อจัดการกับอุปสรรค (ชั่วคราว) ของการจราจร (ที่เกิดโดยอุบัติเหตุ) และสร้างความเชื่อมั่นถึงความสามารถในการเคลื่อนย้ายอพยพใหม่ซ้ำได้อีกเหมือนเดิม

ความอ่อนไหวของการสร้างแบบจำลองน้ำท่วมและการอพยพ (Sensitivities of the Flood/Evacuation Modelling)

ความอ่อนไหวของการสร้างแบบจำลองการอพยพให้สัมพันธ์กับสถานการณ์น้ำนองในแบบจำลองได้ถูกประเมินใน 14 ประเด็น ดังนี้

- (1) ความชัดเจนของโครงข่ายถนนเพื่อวัตถุประสงค์ในการอพยพ (ส่วนของถนน การจำแนกประเภทจุดตัดถนน ตำแหน่งทางออก)
- (2) จุดติดขัดที่เป็นไปได้ที่ผู้อพยพต้องเผชิญหน้าก่อนถึงระบบโครงข่ายถนน เช่น ระยะทางจากบ้านถึงตำแหน่งเข้าถึงโครงข่ายถนน การจราจรในพื้นที่ ความหนาแน่นและความแออัดของการจราจร การจัดการจราจรตามลำดับ การบังคับและการขึ้นนำการจราจร ความอ่อนไหวของความแออัด อุบัติเหตุต่าง ๆ เป็นต้น
- (3) โอกาสที่จะเข้าถึงโครงข่ายถนน (ตำแหน่งทางเข้าของระบบโครงข่าย พื้นที่ว่างในระบบโครงข่าย พื้นที่ว่าง (ความจุ/ปริมาณ) ที่เหลืออยู่ ความหนาแน่นของการจราจร)
- (4) ความเร็วที่เป็นไปได้ (การจัดประเภทของถนนให้สัมพันธ์กับความเร็วที่ออกแบบ (Design Velocity) ความเร็วลด (Reduced Velocity) ความเร็วประสิทธิภาพ (Effective Velocity))
- (5) การเพิ่มระดับความปลอดภัยตามที่กำหนด (การคำนวณเวลาที่ใช้ในการอพยพเพิ่ม ระยะทางที่ใช้ของยานพาหนะอพยพ ความเร็วออกแบบลด (Reduced Design Velocity))
- (6) การจัดการของผู้อพยพ (การอพยพล่วงหน้าและโดยฉับพลัน คำแนะนำอย่างเป็นทางการสำหรับใช้ในระบบโครงข่ายถนน? พฤติกรรมการจราจร การบังคับให้มีการอพยพพร้อมคำแนะนำ)
- (7) การจัดการของเจ้าหน้าที่ (ตำรวจจราจร การไหลเวียนของการจราจร การสื่อสารการสนับสนุนทางการทหารและอื่น ๆ ทหาร/แผนการอพยพ การฝึกอบรมการอพยพ)
- (8) กระบวนการตามลำดับ (การคำนวณตามลำดับ เป็นขั้นเป็นตอน)
- (9) ช่วงเวลาการอพยพถือว่าแล้วเสร็จ (คิดต่อช่วงเวลา หรือต่อพื้นที่ แนวคิดเท้าแห้ง (Dry Feet Concept)) ทางเลือกที่ยอมให้เปียกครั้งแรก (First Wet Element Choice) ถนนหรืออาคาร แนวคิดการอพยพออกนอกพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วม หรือออกนอกพื้นที่อพยพทั้งหมด
- (10) ความสามารถในการอพยพบนโครงข่ายถนน (การจัดประเภทถนน คุณภาพถนน ความหนาแน่นของที่จอดรถ โอกาสการแทรกแซง เช่น การใช้เลนสองทิศทาง (Two Direction เปลี่ยนเป็น Lane) เลนสองช่องทิศทางเดียว (Double One-Direction Lane) เป็นต้น

- (11) ข้อกำหนดของการจราจรบนโครงข่ายถนน (การก่อสร้างถนน ความแออัด อุบัติเหตุ การจัดการการไหลเวียนของการจราจร)
- (12) ทางออก (Exits) ที่มีอยู่ (จำนวน ตำแหน่งที่ตั้ง จุดสิ้นสุดโครงข่ายถนน จุดข้ามพรมแดน ปริมาณ)
- (13) พารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์การอพยพ (ปริมาณน้ำไหลเข้าต่อเวลาในหนึ่งหน่วยการพังทลาย ประเภทของคลื่นน้ำท่วม การก่อตัวของการพังทลาย ระดับพื้นดิน ความขรุขระของพื้นที่ ภาพยนตร์น้ำท่วม)
- (14) การจัดการของผู้มีอำนาจตัดสินใจ (กระบวนการตัดสินใจ การลด/การควบคุมความเสี่ยง การแปลความหมายเรื่องความปลอดภัย การแทรกแซง หน่วยอพยพต่อช่วงเวลา หรือต่อพื้นที่ เวลา)



รูปที่ B-5 ตัวอย่างของกระบวนการอพยพที่ได้จากการจำลองซึ่งสัมพันธ์กับเหตุการณ์น้ำท่วมจากภาพยนตร์จากการพังทลายในหมู่บ้าน Erlekom ในรูปแบบ (สีเขียว) ด้านบนในหน้าต่างแสดงผลบ่งบอกถึงกระบวนการอพยพ ในขณะที่แถบ (สีฟ้า) ด้านล่างแสดงถึงกระบวนการเกิดน้ำท่วมลูกศรแสดงตำแหน่งของทางออกเพื่ออพยพออกจากพื้นที่อพยพ (พื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม) และพื้นที่พัก (Hatched Areas) แสดงถึงพื้นที่ที่กำลังเตรียมการอพยพในช่วงขณะนี้

ผลลัพธ์ของแบบจำลองมีความอ่อนไหวต่อหลายประเด็นปัญหาอย่างเห็นได้ชัด อย่างไรก็ตาม ไม่ต้องสงสัยเลยว่า ผลการจำลองจากแบบการอพยพมีประโยชน์ค่อนข้างมาก ประการที่หนึ่ง ผลการจำลองแสดงผลให้เห็นภาพชัดเจน ประการที่สอง มีทำให้มีโอกาสดูแลการศึกษาวิเคราะห์ผลที่ตามมาจากการตัดสินใจใด ๆ ข้อมูลสารสนเทศถูกส่งเคราะห์ขึ้นมาเพื่อสำหรับใช้ประโยชน์ในการดำเนินการเชิงรุก การป้องกันและการเตรียมการกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้น การสร้างแบบจำลองการอพยพเชื่อมโยงสภาพน้ำนองเข้ากับการอพยพโดยขึ้นอยู่กับเวลา โดยแสดงทั้งเวลาที่ต้องการในการอพยพ และเวลาที่มีให้ในขั้นตอนการอพยพ และยังแสดงให้เห็นถึงข้อจำกัดในโครงข่ายการอพยพ ดังนั้นจึงเป็นเครื่องมือที่เป็นประโยชน์สำหรับการตัดสินใจ

ยิ่งกว่านั้น ยังเน้นให้เห็นความสำคัญของความต้องการที่ต้องมีการฝึกปฏิบัติและฝึกอบรมในเรื่องนี้

B.2.7 การรับรู้ (Awareness)

โครงการ PoldEvac มีภารกิจพิเศษที่ต้องการสร้างการตระหนักในภัยน้ำท่วมและในการเผยแพร่ข้อมูลสารสนเทศ ด้วยเหตุนี้ จึงได้จัดทำเอกสารตีพิมพ์รูปแบบต่าง ๆ จัดหมายข่าว แผ่นพับ (ใน 3 ภาษา ได้แก่ เนเธอร์แลนด์ อังกฤษ และเยอรมัน) และรายงาน ยิ่งไปกว่านั้น มีการจัดประชุมวิชาการนานาชาติ ในศูนย์ประชุมของเมือง Nijmegen ในเดือนพฤศจิกายน ปี ค.ศ. 2001

ข้อมูลและประเด็นเรื่องความยั่งยืน (Data and the Issues of Sustainability)

แน่นอนว่าเมื่อข้อมูลต่าง ๆ ถูกรวบรวมขึ้นและจัดเก็บในลักษณะข้อมูลนำเข้าของระบบ ควรให้ความสำคัญเป็นพิเศษในประเด็นเรื่องความยั่งยืนของระบบ ระบบที่มีแต่ข้อมูลล้าสมัยจะไม่มีประโยชน์ ด้วยเหตุนี้ การปรับข้อมูลให้ทันสมัยจึงควรพิจารณา

ระหว่างดำเนินการดำเนินงานของโครงการได้เล็งเห็นความสำคัญของความร่วมมือใช้งานข้อมูลที่มีความถูกต้อง โดยข้อมูลเหล่านั้นควรปรับให้ทันสมัยอย่างต่อเนื่องภายใต้แนวคิดที่ว่า การนำข้อมูลมาใช้ของข้อมูลเหล่านั้นต้องได้รับรอง พื้นที่ชุมชนต่าง ๆ (Municipalities) ในบริบทนี้ถูกมองว่าเป็นทั้งแหล่งข้อมูลและเป็นผู้ให้ข้อมูลที่สำคัญ

ความจำเป็นของการดำเนินการอย่างรอบคอบตามแนวคิดนี้ ได้รับการเน้นย้ำในหลายต่อหลายครั้ง ยิ่งไปกว่านั้น ได้ให้ความสนใจเป็นพิเศษกับฐานข้อมูลที่สามารถปรับเปลี่ยนให้เป็นมาตรฐานและจัดเก็บไว้ในศูนย์ข้อมูลกลางพื้นที่ ซึ่งถูกกำหนดให้เป็นแหล่งข้อมูลและผู้ให้ข้อมูลที่สำคัญ

รูปแบบมาตรฐานเหล่านั้นมีให้เห็นอยู่ในประเทศเนเธอร์แลนด์สำหรับการประมวลผลข้อมูลในด้านต่าง ๆ เช่น

- เจ้าของที่ดิน
- ข้อมูลสเกลใหญ่ที่เกี่ยวข้องกับบ้านเรือน อาคารและโครงสร้างพื้นฐาน
- การประเมินทรัพย์สินและการเก็บภาษี
- การวางแผนการใช้ที่ดิน

นอกจากนี้ แนวทาง PoldEvac รูปแบบไฟล์ dbf (รูปแบบพื้นฐาน dBase) ถูกเลือกมาใช้กับไฟล์ข้อมูลคุณลักษณะ ซึ่งเป็นรูปแบบไฟล์ที่สามารถอ่านได้กับระบบซอฟต์แวร์ที่ใช้งานกันอยู่ในปัจจุบัน เช่น Excel, Access, Oracle เป็นต้น

ไฟล์น้ำนอง (Inundation File)

ผลลัพธ์ที่สำคัญของแบบจำลองสภาพน้ำนองเป็นสถานการณ์จำลองน้ำนองตามความยาวของแม่น้ำ Rhine, Waal และ Maas ตามที่กล่าวมาข้างต้น พื้นที่ 17 จุด ที่คันกันน้ำเกิดการพังทลายได้ถูกทำการศึกษา ซึ่งพบว่าในบางจุดที่เกิดการพังทลายนั้น ปริมาณน้ำไหลเข้าใช้เวลาในกระบวนการเคลื่อนตัวค่อนข้างมาก ทำให้มีโอกาสที่จะทำการอพยพที่ล่าช้าได้ ที่จุดอื่นพบว่าปริมาณน้ำไหลเข้ามาใช้เวลาสั้นกว่าทำให้กระบวนการเกิดน้ำท่วมเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ขนาดสูงสุดและความลึกสูงสุดของการเกิดน้ำท่วมมีความแตกต่างกันค่อนข้างมาก

สถานการณ์น้ำนองรูปแบบต่าง ๆ ถูกแปลงให้กลายเป็นไฟล์ข้อมูลด้วยเหตุผลที่คอมพิวเตอร์ใช้เวลาประมวลผลนาน โดยเรียกก่อนหน้านี้ว่า “ภาพยนตร์น้ำท่วม (Flood Film)” PoldEvac ได้บูรณาการทุกสถานการณ์จำลองสภาพน้ำนองไว้ในชื่อ “ภาพยนตร์น้ำนอง (Inundation Film)”

B.3 สรุปผล (Conclusions)

ผลลัพธ์สุดท้ายของ PoldEvac ได้ถูกประเมินผลในทางบวก

PoldEvac II กำลังให้ความสนใจกับพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่ขึ้นทั้งในประเทศเนเธอร์แลนด์และในประเทศเยอรมัน ประเด็นบูรณาการต่าง ๆ ที่เพิ่มขึ้น เช่น อุทกวิทยาระดับไมโคร (Micro Hydrology) ทั้งระบบระบายน้ำในพื้นที่เมือง ระดับทางของถนน (การตัดดิน) ด้วยคันดินในพื้นที่ลุ่มต่ำ เป็นต้น

PoldEvac I เป็นโครงการนำร่อง ในขณะที่ PoldEvac II จะเป็นโครงการที่ต่อยอดประเด็นปัญหานำร่องของ PoldEvac I ซึ่งผลลัพธ์สุดท้ายกำลังถูกใช้ดำเนินการอย่างเต็มที่สำหรับการบริหารจัดการภัยน้ำท่วม

B.4 เอกสารอ้างอิง (References)

- [1] Van Mierlo (2001), Thieu: ‘DelftFLS inundatie simulaties van de Ooij–Duffelt polder en het Land Van Maas en Waal’,rapport R3268, WL Delft Hydraulics, Delft, December.

- [2] Van der Meulen (2001) G.G. ‘PoldEvac. Polder Evacuatie. Eindverslag van de werkzaamheden verricht door de stichting Compuplan in opdracht van de Regionale Brandweer Nijmegen en Omstreken’, Compuplan, Cuijk, December, pp.63.

ภาคผนวก C บรรณานุกรม (Bibliography)

วรรณกรรมที่กล่าวถึงในภาคผนวกนี้เป็นส่วนเพิ่มเติมในเอกสารอ้างอิงที่ให้รายละเอียดไว้ในส่วนท้ายของบทที่ 2-5 และในภาคผนวก B มีเอกสารอ้างอิงจำนวนมากที่ใช้ในการทบทวนวรรณกรรม ภัยจากการใช้งานก็คือ การระบุรายการที่สามารถประยุกต์ใช้เป็นแนวทางเฉพาะทางอย่างเหมาะสม

- [1] ADB (1991), 'Disaster Mitigation in Asia and the Pacific', Manila, 1991.
- [2] Framji K.K. and Garg B.C. (1976), 'Flood Control in the World, (two volumes), ICID, Delhi, 1976 & 1977.
- [3] Framji K.K. (ed.) 'Manual on Flood Control Methods and Practices, ICID, Delhi, 1983.
- [4] ICID (1996), 'Multilingual Technical Dictionar', revised edition, Delhi 1996.
- [5] ICID (1999), 'Manual on Non-Structural Approaches to Flood Management, Delhi 1999.
- [6] 'Rivers in Japan', River Bureau, Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Japan.
- [7] 'Session Integrated Flood Management in Deltas and Low-land Regions', Paper prepared by contributors from Argentina, Bangladesh, China, The Netherlands, the USA and Vietnam for the World Water Forum, Kyoto, 2003.
- [8] Smith DJG and Viloen MF (1981), 'Guidelines for Assessing Flood Damage in South Africa', Water Research Commission, Pretoria, 1981.

ดัชนี (Index)

บทที่	
01	ขอบเขต (Scope)
	การบริหารจัดการน้ำท่วม (Flood Management), 1-1; 1-2; 1-3; 1-4 แนวทางที่ไม่ใช้สิ่งก่อสร้าง (Non-Structural Approach), 1-1; 1-5 แนวทางที่ใช้สิ่งก่อสร้าง (Structural Approach), 1-1 การวางแผนด้วยแนวทางใช้สิ่งก่อสร้างเพื่อการบริหารจัดการน้ำท่วม (Planning of Structural Approaches to Flood Management), 1-1 มาตรการวางแผน (Planning Measures), 1-2 การพยากรณ์น้ำท่วม (Flood Forecasting), 1-2 น้ำท่วมที่เกิดจากทะเล (Sea Flooding), 1-2 การควบคุมการพัฒนาพื้นที่น้ำท่วม (Control of Floodplain Development), 1-2 การประกันภัยน้ำท่วม (Flood Insurance), 1-2 การกันน้ำท่วม (Flood Proofing), 1-2 การบริหารจัดการพื้นที่ลุ่มน้ำ (Catchment Management), 1-2 การตัดสินใจ (Decision Making), 1-2 มาตรการรับมือ (Response Measures), 1-2 การวางแผนรับมือสถานการณ์น้ำท่วมฉุกเฉิน (Flood Emergency Response Planning), 1-2 การสู้ภัยน้ำท่วม (Flood Fighting), 1-2 การเตือนภัยน้ำท่วม (Flood Warning), 1-2; 1-4 การอพยพ (Evacuation), 1-2; 1-4 การให้ความช่วยเหลือและบรรเทาทุกข์ในสถานการณ์ฉุกเฉิน (Emergency Assistance and Relief), 1-2 การควบคุมน้ำท่วม (Flood Control), 1-2; 1-3 แผนการบริหารจัดการพื้นที่น้ำท่วมถึง (Floodplain Management Plan), 1-3 คุณค่าทางด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Value), 1-3 อิทธิพลของน้ำท่วม (Backwater Effect), 1-4 โค้งเกณฑ์การปฏิบัติการ (Rule Curve), 1-4 การเกิดน้ำท่วม (Flooding), 1-5 ดิกชันนารีทางเทคนิคแบบหลายภาษา (Multi Lingual Technical Dictionary), 1-5 ความเสียหายรายปีเฉลี่ย (Average Annual Damage); ความเสียหายรายปีคาดการณ์ (Expected Annual Damage); การคาดการณ์โดยการคำนวณมูลค่าความเสียหาย (Mathematical Expectation Value of Damages), 1-6 ระดับเต็มตลิ่ง (Bankful, Bankful Stage), 1-6 ปริมาณน้ำล้นตลิ่ง (Bank Overspill), 1-6 น้ำท่วมที่ระดับฐาน (Basic Stage Flood); น้ำท่วมเหนือระดับฐาน (Floods Above a Base), 1-6 แบบจำลองระบบแบบกล่องดำ (Black Box Simulation Model); หรือแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Models), 1-6 ความเร็ว (Celerity), 1-6 ความจุทางน้ำ/ความจุช่องน้ำ (Channel Capacity), 1-6 ปริมาณน้ำหลากออกแบบ (Design Flood), 1-6 ประสิทธิภาพของระบบการบริหารจัดการน้ำท่วมทางเศรษฐกิจ (Economic Effectiveness of a Flood Management System), 1-6 โอกาสความน่าจะเป็นแบบมากกว่า (Exceedance Probability), 1-7 น้ำท่วม (Flood), 1-7 ผลประโยชน์ของการควบคุมน้ำท่วม (Flood Control Benefits), 1-7 โครงการควบคุมน้ำท่วม (Flood Control Project); โครงการบรรเทาน้ำท่วม (Flood Mitigation Project); โครงการป้องกันน้ำท่วม (Flood Protection Scheme), 1-8 พื้นที่น้ำท่วม (Flooded Area), 1-8 การเกิดน้ำท่วม (Flooding) น้ำนอง (Inundation), 1-8 ขนาดน้ำท่วม (Flood Magnitude, Flood Size), 1-8 แผนที่น้ำท่วม (Flood Map); แผนที่เสี่ยงน้ำท่วม (Flood Risk Map); แผนที่พื้นที่รับน้ำท่วมถึง (Floodplain Map), 1-8 พารามิเตอร์น้ำท่วม (Flood Parameter), 1-8 พื้นที่รับน้ำท่วมถึง (Floodplain); พื้นดินน้ำท่วม (Flood Land), 1-8 พื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม (Flood Prone Area), 1-9 การป้องกันน้ำท่วม (Flood Protection), 1-9 ความเสี่ยงจากน้ำท่วม (Flood Risk), 1-9 แบบจำลองชลศาสตร์ (Hydraulic Model); แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ (Hydrodynamic Model), 1-9 แบบจำลองทางอุทกวิทยา (Hydrological Models), 1-9 องค์รวม (Holistic), 1-9 แบบจำลองเชิงเส้นพหุคูณ (Multilinear Models), 1-9 ปริมาณน้ำท่วมสูงสุดที่อาจเกิดขึ้นได้ (Probable Maximum Flood, PMF); ปริมาณน้ำท่วมสูงสุดที่เป็นไปได้ (Maximum Possible Flood, MPF), 1-9 แบบจำลองฝน-น้ำท่า (Rainfall-Runoff Models), 1-10 รอบการเกิดซ้ำ (Return Period, Recurrence

Interval), 1-10

02 ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์น้ำท่วมและสภาพน้ำนอง (The Relationship between Flood Parameters and Inundations)

น้ำท่วมรุนแรง (Extreme Flood), 2-1	ไฮโดรกราฟน้ำไหลออก (Outflow Hydrograph), 2-7
การเกิดน้ำท่วมครั้งใหญ่ (Disastrous Flooding), 2-1	พารามิเตอร์น้ำท่วม (Flood Parameter), 2-10
การเกิดน้ำท่วมลึก (Deep Flooding), 2-1	โค้งความถี่ (Frequency Curve), 2-10
น้ำนองแบบจำกัด (Limited Inundation), 2-1	โค้งโอกาสความน่าจะเป็นแบบมากกว่า (Exceedance Curve, 2-10; 2-13; 2-18; 2-19; 2-20; 2-22
ของไหลบีบอัดตัวไม่ได้ (Incompressible Fluid), 2-1	การสร้างแบบจำลองทางชลศาสตร์ (Hydraulic Modelling), 2-10
พื้นที่ราบน้ำท่วมถึง (Floodplain), 2-1; 2-2	การสร้างแบบจำลองกายภาพ (Physical Modelling), 2-10
พื้นที่เก็บกักน้ำ (Retention Area), 2-1	แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model), 2-10
การบริหารจัดการน้ำท่วม (Flood Management), 2-2	น้ำท่วมอ้างอิง (Reference Flood), 2-10
การควบคุมน้ำท่วม (Flood Control), 2-2	วิธีสหสัมพันธ์ (Correlation Methods), 2-11
การป้องกันน้ำท่วม (Flood Protection), 2-2	โอกาสความน่าจะเป็นมากกว่ารายปี (Annual Exceedance Probability), 2-12
คันกั้นน้ำท่วม (Flood Embankment), 2-3	การบริหารจัดการพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง (Floodplain Management), 2-14
คันกั้นน้ำ (Levee), 2-3	ประสิทธิภาพทางชลศาสตร์ (Hydraulic Effectiveness), 2-17; 2-23
ทางระบายน้ำท่วม (Floodway), 2-3, 2-5	
ทางเบี่ยงน้ำท่วม (Bypasses), 2-3	
คลื่นพายุซัดฝั่ง (Storm Surges), 2-5	
โครงการผันน้ำท่วม (Flood Diversion Scheme), 2-5	
กำแพงกันน้ำทะเล (Sea Wall), 2-6	
คันป้องกันน้ำทะเล (Sea Defence), 2-6	
คันดิน (Dike), 2-6	
การสร้างพื้นที่ปิดล้อม (Poldering), 2-6	

03 ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์น้ำท่วมและความเสียหาย (The Relationship between Flood Parameters and Damages)

การบริหารจัดการน้ำท่วมและความเสียหาย (Flood Management and Damages), 3-1	มูลค่าประกัน (Insured Value), 3-10
พื้นที่ชลประทานแบบเข้มข้น (Intensive Irrigation Land), 3-1	เส้นโค้งความเสียหาย (Damage Curves), 3-10; 3-11; 3-13; 3-14
ลักษณะสุ่ม (Randomness), 3-2	เส้นโค้งความเสียหายรวม (Global Curve), 3-10
ความเปราะบาง (Vulnerability), 3-2	ความเสียหายทางโครงสร้าง (Structural Damage), 3-11
คลื่นน้ำท่วมสูงสุด (Flood Peak), 3-3	ฟังก์ชันการสูญเสีย (Loss Function), 3-13
แฟกเตอร์การไหลสูงสุด (Peak Factor), 3-3	ฟังก์ชันน้ำท่วม-ความเสียหาย (Flood-Damage Function), 3-14
ค่าความเสียหายคาดการณ์ (Expectation Value of Damages), 3-4	เส้นโค้งระดับ-ความเสียหาย (Stage-Damage Curves), 3-14
ความเสียหายที่หลีกเลี่ยงได้ (Avoided Damages), 3-4	ความเสียหายรายปีเฉลี่ย (Average Annual Damage), 3-15
ความคุ้มครองน้ำท่วม (Flood Cover), 3-4	การวิเคราะห์ผลประโยชน์-เงินลงทุน (Benefit-Cost Analysis), 3-17
แผนป้องกันความเสี่ยง (Risk Prevention Plan), 3-4	ผลประโยชน์ที่นับมูลค่าได้ (Tangible Benefit), 3-17
ความเสียหายทางตรง (Direct Damages), 3-5	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value), 3-17
ความเสียหายทางอ้อม (Indirect Damages), 3-5; 3-6	อัตราผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ (Economic Internal Rate of Return), 3-17
การประเมินความเสียหาย (Damage Assessment), 3-8	
ต้นทุนเสียโอกาส (Opportunity Cost), 3-10	
มูลค่ากลาง (Declared Value), 3-10	

04 ระดับเป้าหมายของการป้องกัน (Desired Level of Protection)

กลยุทธ์การควบคุมน้ำท่วมโดยรวม (Overall Flood Control Strategy), 4-1	Control Strategy), 4-1
กลยุทธ์ในการควบคุมน้ำท่วมร่วมกัน (Common Flood	ปริมาณน้ำหลากออกแบบ (Design Flood), 4-1
	พื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม (Flood Hazard Area), 4-2

ชีวิตมนุษย์ที่สามารถระบุตัวตนได้ (Identifiable Human Life), 4-2
 ต้นทุนของการลงทุน (Cost of Investment), 4-4
 ประสิทธิภาพทางการเงิน (Financial Effectiveness), 4-5
 การปรับระดับพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง (Floodplain Lowering), 4-8
 อ่างเก็บน้ำควบคุมน้ำท่วม (Flood Control Reservoirs), 4-10
 ข้อพิจารณาทางด้านจิตวิทยา (Psychological Considerations), 4-11
 แฟกเตอร์ปรับลด (Reduction Factors), 4-11
 ความตระหนักรู้เกี่ยวกับน้ำท่วม (Flood Awareness), 4-12
 การวิเคราะห์บนฐานความเสี่ยง (Risk-Based Approach), 4-12

ระดับการป้องกันมาตรฐาน (Standard Level of Protection), 4-14
 การยอมรับของชุมชน (Community Acceptance), 4-17
 การประเมินทางการเมือง-สังคม (Political-Societal Evaluation), 4-18
 ระดับป้องกัน (Degree of Protection), 4-20
 วิธีการบริหารจัดการความเสี่ยง (Risk Management Approach), 4-21
 การบริหารจัดการความเสี่ยง (Risk Management), 4-22
 การบริหารจัดการทางระบายน้ำ (Waterway Management), 4-23

05 การใช้งานแบบจำลองทางคณิตศาสตร์อุทกพลศาสตร์เพื่อการบริหารจัดการน้ำท่วม (Use of Hydrodynamic Mathematical Models for Flood Management)

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์อุทกพลศาสตร์ (Hydro-Dynamic Mathematical Models), 5-1
 แบบจำลองดีเทอร์มินิสติก (Deterministic Model), 5-1
 กระบวนการสร้างแบบจำลอง (Modelling Process), 5-1
 เหตุการณ์น้ำท่วมในอดีต (Historical Flood), 5-2
 แบบจำลองทางสโตคาสติก-โอกาสความน่าจะเป็น (Stochastic-Probabilistic Model), 5-5
 แบบจำลองสังเคราะห์อนุกรมเวลาทางสโตคาสติก (Stochastic Time Series Generation Model), 5-5
 แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ไม่คงที่ (Unsteady Hydrodynamic Model), 5-6
 การสร้างแบบจำลองอุทกวิทยา (Hydrological Modelling), 5-6
 แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า (Rainfall-Runoff Model), 5-6
 แบบจำลองชลศาสตร์ (Hydraulic Models), 5-6
 แบบจำลองระบบ (Simulation Models), 5-6
 แบบจำลองเชิงแนวคิดหรือกล่องดำ (Conceptual or Blackbox Model), 5-6
 แบบจำลองอุทกวิทยาไม่คงที่ (Hydrological Unsteady Model), 5-7
 แบบจำลองประเภทลัมพ์ (Lumped Model), 5-7
 แบบจำลองประเภทกระจายตัว (Distributed Model), 5-7
 พารามิเตอร์ที่ขัดแย้งกัน (Conflicting Parameter), 5-9
 สัมประสิทธิ์ความขรุขระ (Hydraulic Roughness), 5-9
 หลักเกณฑ์คงที่ (Permanent Regime), 5-10
 หลักเกณฑ์ที่ปรับเปลี่ยนได้ (Transitional Regime), 5-10
 แบบจำลองที่สามารถปรับเปลี่ยนหลักเกณฑ์ได้ (Transitional Regime Model), 5-10
 โค้งอัตราการไหลของน้ำ (Discharge Rating Curve), 5-11

อนุกรมน้ำท่วม (Flood Series), 5-11
 ฟังก์ชันการตอบสนอง (Response Function), 5-11
 ข้อมูลสภาพภูมิประเทศ (Topographic Data), 5-14
 ข้อมูลทางอุทกวิทยา/ชลศาสตร์ (Hydrological/Hydraulic Data), 5-14; 5-15
 ข้อมูลสภาพภูมิประเทศเชิงปริมาณ (Quantitative Topographic Data), 5-14
 แนวทางการบริหารจัดการน้ำท่วมบนพื้นฐานความเสี่ยง (Risk-Based Flood Management Approach), 5-18
 ระบบการเตือนภัยน้ำท่วมอัตโนมัติ (Automatic Flood Warning System), 5-19
 ระบบช่วยสนับสนุนการตัดสินใจจากความเสียหายจากน้ำท่วม (Flood Damage Decision Support Aids), 5-19
 ระบบการบริหารจัดการภัยพิบัติน้ำท่วมแบบต่อเนื่อง (Continuous Flood Disaster Management System), 5-20
 FLODSIM, 5-19; 5-21; 5-22; 5-23
 TEWA, 5-22
 แนวทางแบบองค์รวม (Holistic Approach), 5-23
 การวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ (Multiple Criteria Decision Analysis), 5-23
 แบบจำลองเชิงเส้นแบบพหุคูณ (Multi-Linear Model), 5-24
 การจัดทำแผนที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม (Flood Risk Mapping), 5-26
 การบริหารจัดการอพยพ (Evacuation Management), 5-30
 DamSim, 5-31
 PoldEvac, 5-31
 แผนการป้องกันน้ำท่วม (Flood Protection Schemes), 5-31

ภาคผนวก	
A	การประเมินความเสียหายน้ำท่วม (Flood Damage Assessment) ระบบของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่แยกส่วนกัน (System of Discrete Computer Programs), A-1 ความเสียหายรายปีเฉลี่ย (Average Annual Damages), A-1 ความเสียหายจากน้ำท่วมโดยตรง (Direct Flood Damage), A-1 เส้นโค้งความลึกน้ำสังเคราะห์-ความเสียหาย (Synthetic Depth-Damage Curve), A-1 การวิเคราะห์ตลาด (Market Analysis), A-2 เส้นโค้งระดับน้ำ-ความเสียหาย (Stage-Damage Curve), A-4 โครงการปรับปรุงพื้นที่เกษตรกรรม (Farmland Improvement Project), A-5 พื้นที่ประสบภัยน้ำท่วมซ้ำซาก (Frequently Flooded Area), A-5 พื้นที่ประสบภัยน้ำท่วมน้อยครั้ง (Less Frequently Flooded Area), A-5 แผนที่น้ำนอง (Inundation Map), A-6 แผนที่ความเสียหายทางการเกษตร (Agricultural Damage Map), A-6 แผนที่ระดับความลึกของน้ำนอง (Inundation Depth Contour Map), A-6 แผนที่จัดแบ่งพื้นที่นาข้าว (Paddy Fields Division Map), A-6
B	ภาคผนวก B PoldEvac : กรณีศึกษาการรับน้ำนองในพื้นที่ปิดล้อมและการสร้างแบบจำลองการอพยพในพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมใกล้ชายแดนประเทศเยอรมันและเนเธอร์แลนด์ (PoldEvac : A Case Study on Polder Inundation and Evacuation Modelling in a Flood Prone Area Near the Border of Germany and the Netherlands) PoldEvac, B-1; B-2; B-3; B-4; B-9; B-12; B-13 ระบบสนับสนุนการตัดสินใจระดับท้องถิ่น (Regional Support System), B-1 DelftFLS, B-3; B-4 การลดความเสียหาย (Damage Reduction), B-4 การวิเคราะห์ผลกระทบ (Effect Analysis), B-5 แนวทางการหนีภัยแบบเท้าแห้ง (Dry-Feet Leave Approach), B-9 แนวทางเชิงปริมาณ (Capacity-Oriented Approach), B-10 ภาพยนตร์น้ำท่วม (Flood Film), 5-13 ภาพยนตร์น้ำนอง (Inundation Film), 5-13

คณะทำงานด้านวิชาการ (Working Group)

รายชื่อคณะทำงานด้านวิชาการของคณะกรรมการด้านการชลประทานและการระบายน้ำแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2563

ที่ปรึกษาคณะทำงาน

นายชัยวัฒน์ ปรีชาวิทย์ กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิของคณะกรรมการด้านการชลประทาน และการระบายน้ำแห่งประเทศไทย	นายวันดี บุญเกิด กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิของคณะกรรมการด้านการชลประทาน และการระบายน้ำแห่งประเทศไทย
นายเฉลิมเกียรติ คงวิเชียรวัฒน์ รองอธิบดีกรมชลประทาน (ฝ่ายวิชาการ) กรมชลประทาน	นายสุรชาติ มาลาศรี ผู้อำนวยการสำนักบริหารโครงการ กรมชลประทาน
นายธนา สุวิทย์ ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและพัฒนา กรมชลประทาน	รศ.ดร.วรารุณ วุฒินิชย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
นายวิรัตน์ ขาวอุบล กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	ดร.ชูพันธุ์ ชมภูจันทร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

ประธานคณะทำงาน

นายสาธิต มณีผาย ที่ปรึกษาผู้ทรงคุณวุฒิประจำสถาบันพัฒนาการชลประทาน กรมชลประทาน

รองประธานคณะทำงาน

ดร.วัชร เสือดี ผู้อำนวยการศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมชลประทาน

คณะทำงาน

นายชัยยะ พิงโพธิ์สง ผู้อำนวยการสถาบันพัฒนาการชลประทาน กรมชลประทาน	ดร.ภัทราภรณ์ เมฆพฤกษางษ์ ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมโยธา (ด้านการวางแผน) กรมชลประทาน
ดร.อาทร สุทธิกาญจน์ ผู้อำนวยการส่วนวางแผนโครงการที่ 4 สำนักบริหารโครงการ กรมชลประทาน	ดร.ธนศรี สมบูรณ์ ผู้เชี่ยวชาญด้านที่ปรึกษาอุทกวิทยา สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา กรมชลประทาน
นายพิรุณ สัยยะสิทธิ์พานิช รองเลขาธิการ สำนักงานนโยบายและแผน ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	นายรส สืบสการ วิศวกรชลประทานชำนาญการ สถาบันพัฒนาชลประทาน กรมชลประทาน
รศ.ดร.กัมปนาท ภักดีกุล คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล	รศ.ดร.สมบัติ ชื่นชูกลิ่น คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์
รศ.ดร.อารียา ฤทธิมา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล	ผศ.ดร.ณัฐ มาแจ้ง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.สนิธ วงษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	ผศ.ดร.ภาณุวัฒน์ ปิ่นทอง คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ผศ.ดร.सानิตย์ดา เตียวต้อย	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.ปิยธิดา เรืองรัมย์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ดร.ยุทธนา พันธุ์กุลศิลป์	สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมและการจัดการภัยพิบัติ มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี
ดร.อรรณย์ ศรีรัตนทา ทาบุญกานอน	คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

คณะทำงานและเลขานุการ

นายชัยยะ พิงโพธิ์สภ	ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมชลประทาน (ด้านการบริหารจัดการ น้ำ) สำนักวิจัยและพัฒนา กรมชลประทาน
---------------------	--

คณะทำงานและผู้ช่วยเลขานุการ

นายณพดล ไคว้สุวรรณ	หัวหน้าฝ่ายวิชาการ ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้ อันเนื่องมาจากพระราชดำริ กรมชลประทาน
น.ส.ลพพรรณพลอย ชาวเรือ	วิศวกรชลประทานปฏิบัติการ สถาบันการพัฒนาชลประทาน กรมชลประทาน

ดร.ยุทธนา ตาละลักษมณ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
นายทศฐา ศรีวัลย์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ดร.ทรงศักดิ์ ภัทราวุฒิชัย	คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

ดร.ธนศ อักษร	หัวหน้าฝ่ายวิจัยและนวัตกรรม สถาบันการพัฒนาชลประทาน กรมชลประทาน
--------------	---

คู่มือการวางแผนบริหารจัดการน้ำท่วมด้วยแนวทางใช้สิ่งก่อสร้าง
Manual on Planning of Structural Approaches to Flood Management



ICID-THAICID