บทที่ 2
หลักการ ทฤษฎี ตัวแบบ สมมุติฐาน เอกสาร และ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงพรรณนา (descriptive research) เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการเพิ่มศักยภาพของระบบระบายน้ำภายในตำบลดอนแก้ว อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ โดยผู้วิจัยได้ค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้เป็นแนวทางในการศึกษา ซึ่งมีเนื้อหาครอบคลุมในเรื่องต่อไปนี้

2.1 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information Systems: GIS)

2.2 เกณฑ์การออกแบบระบบระบายน้ำฝน

2.3 หลักการในการวิเคราะห์หาขนาดอัตราของการสูบน้ำที่เหมาะสม

2.4 เกณฑ์การพิจารณาในการวิเคราะห์การระบายน้ำหลากสูงสุด

2.5 การออกแบบระบบระบายน้ำโดยวิธีเรชันแนล

2.6 การออกแบบทางน้ำเปิด

2.7 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information Systems: GIS)

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information Systems: GIS) เป็นศาสตร์และศิลป์ที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลเชิงพื้นที่ ที่มีตำแหน่งอ้างอิงบนพื้นผิวโลก (Geospatial Data) โดยเป็นทั้งเครื่องมือและระบบฐานข้อมูลที่มีความสามารถในการรวบรวม จัดเก็บ จัดการ วิเคราะห์ และแสดงผลข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) ที่มีความสัมพันธ์เชื่อมโยงเข้ากับข้อมูลเชิงบรรยาย (Attribute Data) เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลเหล่านั้นได้ผลออกมาเป็นแผนที่และรายงาน สามารถบันทึก จัดเก็บ จัดการ และอธิบายข้อมูลอ้างอิงตำแหน่งที่ตั้ง เพื่อใช้ในการวางแผนอย่างเป็นระบบ หรือนำไปใช้ประโยชน์ในการตัดสินใจต่อไป

2.1.1 องค์ประกอบ

ศูนย์วิจัยภูมิสารสนเทศเพื่อประเทศไทย ได้แบ่งองค์ประกอบหลักของระบบ GIS ออกเป็น 5 ส่วนใหญ่ๆ แสดงดังภาพที่ 2.1 โดยมีรายละเอียดดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1) อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ คือ เครื่องคอมพิวเตอร์รวมไปถึงอุปกรณ์ต่อพ่วงต่างๆ เช่น Digitizer, Scanner, Plotter, Printer หรืออื่นๆ เพื่อใช้ในการนำเข้าข้อมูล ประมวลผล แสดงผล และผลิตผลลัพธ์ของการทำงาน
2) โปรแกรม คือ ชุดของคำสั่งสำเร็จรูป เช่น โปรแกรม Arc/Info, MapInfo ฯลฯ ซึ่งประกอบด้วยฟังก์ชั่น การทำงานและเครื่องมือที่จำเป็นต่างๆ สำหรับนำเข้าและปรับแต่งข้อมูล, จัดการระบบฐานข้อมูล, เรียกค้น, วิเคราะห์ และ จำลองภาพ
3) ข้อมูล คือ ข้อมูลต่างๆ ที่จะใช้ในระบบ GIS และถูกจัดเก็บในรูปแบบของฐานข้อมูล โดยได้รับการดูแลจากระบบจัดการฐานข้อมูลหรือ DBMS ข้อมูลจะเป็นองค์ประกอบที่สำคัญรองมาจากบุคลากร
4) บุคลากร คือ ผู้ปฏิบัติงานซึ่งเกี่ยวข้องกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เช่น ผู้นำเข้าข้อมูล ช่างเทคนิค ผู้ดูแลระบบฐานข้อมูล ผู้เชี่ยวชาญสำหรับวิเคราะห์ข้อมูล ผู้บริหารซึ่งต้องใช้ข้อมูลในการตัดสินใจ บุคลากรจะเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดในระบบ GIS เนื่องจากถ้าขาดบุคลากร ข้อมูลที่มีอยู่มากมายมหาศาลนั้น ก็จะเป็นเพียงขยะไม่มีคุณค่าใดเลยเพราะไม่ได้ถูกนำไปใช้งาน อาจจะกล่าวได้ว่าถ้าขาดบุคลากรก็จะไม่มีระบบ GIS
5) วิธีการหรือขั้นตอนการทำงาน คือ วิธีการที่องค์กรนั้นๆ นำเอาระบบ GIS ไปใช้งานโดยแต่ละระบบแต่ละองค์กรย่อมมีความแตกต่างกันออกไป ฉะนั้นผู้ปฏิบัติงานต้องเลือกวิธีการในการจัดการกับปัญหาที่เหมาะสมที่สุดสำหรับของหน่วยงานนั้นๆ เอง

ภาพที่ 2.1 แสดงองค์ประกอบของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานปลัดกระทรวงมหาดไทย (ระบบออนไลน์, 2555) ได้สรุปข้อมูลที่จะนำเข้าสู่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ว่า ควรเป็นข้อมูลเฉพาะเรื่อง (Theme) และเป็นข้อมูลที่สามารถนำมาใช้ในการตอบคำถามต่างๆ ได้ตรงตามวัตถุประสงค์ เป็นข้อมูลที่มีความถูกต้องและเชื่อถือได้ และเป็นปัจจุบันมากที่สุด อนึ่ง ข้อมูลหรือสารสนเทศสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ ข้อมูลที่มีลักษณะเชิงพื้นที่ (Spatial Data) และข้อมูลอธิบายพื้นที่ (Non-Spatial Data or Attribute Data) ข้อมูลเชิงพื้นที่เป็นข้อมูลที่แสดงตำแหน่งที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ (Geo-Referenced Data) ของรูปลักษณ์ของพื้นที่ (Graphic Feature) ซึ่งมี 2 แบบ คือ ข้อมูลที่แสดงทิศทาง (Vector Data) และข้อมูลที่แสดงเป็นตารางกริด (Raster Data) ข้อมูลที่มีทิศทางประกอบด้วยลักษณะ 3 อย่าง คือ 1) ข้อมูลจุด (Point) เช่น ที่ตั้งหมู่บ้าน โรงเรียน เป็นต้น 2) ข้อมูลเส้น (Arc or Line) เช่น ถนน แม่น้ำ ท่อประปา เป็นต้น 3) ข้อมูลพื้นที่ หรือเส้นรอบรูป (Polygon) เช่น พื้นที่ป่าไม้ ตัวเมือง เป็นต้น

2.1.2 ฐานข้อมูล

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์นั้น รากฐานที่สำคัญที่สุดคือ ฐานข้อมูล (Database) ซึ่งเป็นวิธีการเก็บข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กันไว้ที่เดียวกันอย่างเป็นระบบ โดยในระบบการประมวลผลฐานข้อมูลนั้นมีองค์ประกอบที่เรียกว่า ระบบการจัดการฐานข้อมูล หรือ Database Management System (DBMS) เข้ามาช่วยเพื่อลดข้อบกพร่องของการประมวลผลแฟ้มข้อมูล ช่วยลดความซ้ำซ้อนของข้อมูลและสามารถปรับปรุงฐานข้อมูลให้มีความทันสมัย ทันสถานการณ์ และมีความถูกต้อง นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ควบคุมดูแล และเรียกค้นฐานข้อมูลได้ง่าย โดยจะทำหน้าที่เสมือนตัวกลางระหว่างผู้ใช้ และฐานข้อมูลให้สามารถติดต่อกันได้ การจัดเก็บข้อมูลในฐานข้อมูล จะจัดเก็บในรูปแบบตารางที่มีความสัมพันธ์กัน ในฐานข้อมูลจะกำหนดให้ตารางที่มีคุณลักษณะเหมือนกันมาสร้างความสัมพันธ์กัน โดยการออกแบบให้ฐานข้อมูลมีหลายตารางนั้นจะมีประสิทธิภาพมาก เนื่องจากสามารถลดความซ้ำซ้อนของข้อมูลโดยตารางต่างๆ สามารถเชื่อมโยงกันได้ หากผู้ใช้ต้องการเข้าถึงข้อมูลเรื่องใดก็สามารถเรียกเฉพาะข้อมูลที่สนใจมาทำงานเท่านั้น ในฐานข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ แบ่งความสัมพันธ์ได้ 4 ประเภท ดังนี้

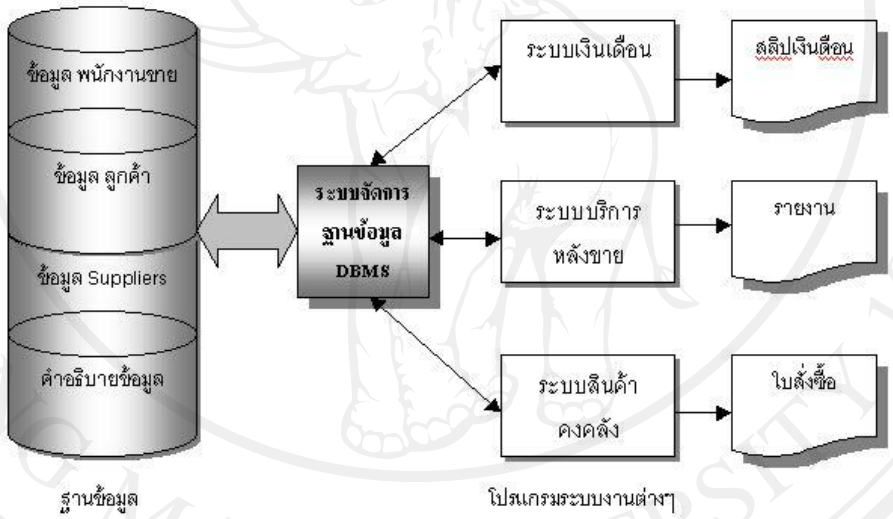
1) ความสัมพันธ์แบบหนึ่งต่อหนึ่ง (One-to-One Relationship)
เป็นลักษณะความสัมพันธ์ที่มีระเบียนเพียง 1 ระเบียนในแฟ้ม A มีความสัมพันธ์กับระเบียนเพียง 1 ระเบียนในแฟ้ม B และในทางกลับกัน ระเบียนเพียง 1 ระเบียนในแฟ้ม B ก็จะมีความสัมพันธ์กับระเบียนเพียง 1 ระเบียนในแฟ้ม A
2) ความสัมพันธ์แบบหนึ่งต่อกลุ่ม (One-to-Many Relationship)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เป็นลักษณะความสัมพันธ์ที่มีระเบียนเพียง 1 ระเบียนในแฟ้ม A มีความสัมพันธ์กับระเบียนหลายระเบียนในแฟ้ม B และในทางกลับกัน หลายระเบียนในแฟ้ม B ก็จะมีความสัมพันธ์กับระเบียนเพียง 1 ระเบียนในแฟ้ม A

3) ความสัมพันธ์แบบกลุ่มต่อหนึ่ง (Many-to-One Relationship)
เป็นลักษณะความสัมพันธ์ที่มีหลายระเบียนในแฟ้ม A มีความสัมพันธ์กับ 1 ระเบียนในแฟ้ม B และในทางกลับกัน 1 ระเบียนในแฟ้ม B ก็จะมีความสัมพันธ์กับหลายระเบียนในแฟ้ม A

4) ความสัมพันธ์แบบกลุ่มต่อกลุ่ม (Many-to-Many Relationship)
เป็นลักษณะความสัมพันธ์ที่แต่ละระเบียนในแฟ้ม A มีความสัมพันธ์กับหลายระเบียนในแฟ้ม B และในทางกลับกันแต่ละระเบียนในแฟ้ม B ก็จะมีความสัมพันธ์กับระเบียนหลายระเบียนในแฟ้ม A



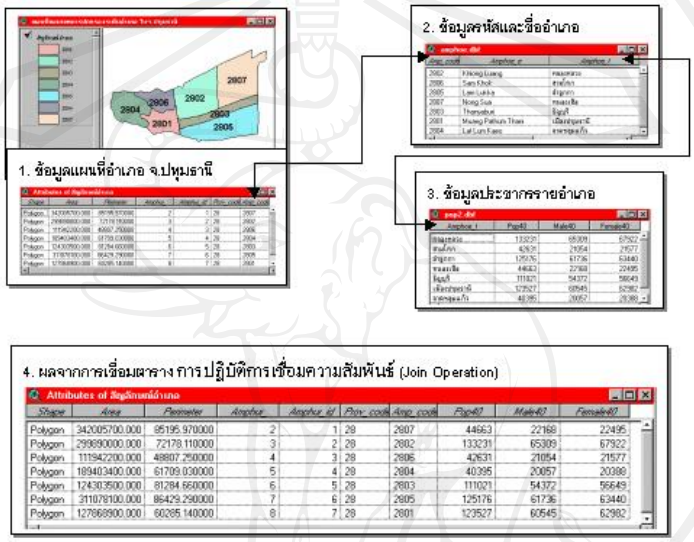
ภาพที่ 2.2 ตัวอย่างระบบการประมวลผลฐานข้อมูล

(ที่มา: นวัตกรรมสื่อการเรียนการสอน มหาวิทยาลัยพายัพ, ระบบสารสนเทศทางการตลาด, 2556)

ระบบฐานข้อมูลที่นิยมใช้มากในปัจจุบัน คือ ระบบฐานข้อมูลแบบเชิงสัมพันธ์ (Relational Database Management System; RDBMS) โดยฐานข้อมูลแบบนี้ ข้อมูลจะถูกเก็บอยู่ในรูปแบบของตาราง (Table) ซึ่งภายในตารางก็จะแบ่งออกเป็นแถว (Row) และคอลัมน์ (Column) แต่ละตารางจะมีจำนวนแถวได้หลายแถวและจำนวนคอลัมน์ได้หลายคอลัมน์ แต่ละแถวสามารถเรียกได้อีกอย่างว่า ระเบียนหรือเรคอร์ด (Record) คอลัมน์ในแต่ละคอลัมน์สามารถเรียกได้ว่า เขตข้อมูลหรือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ฟิลด์(Field) ฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์สามารถค้นคืนรายละเอียดด้วยการเชื่อมตารางต่างๆ ตั้งแต่ 2 ตาราง ขึ้นไปโดยการใช้คุณลักษณะของ Field ที่เหมือนกันที่อยู่ในทุกๆ ตาราง ซึ่งขั้นตอนหรือการเชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างตารางนี้เรียก “การปฏิบัติการเชื่อมความสัมพันธ์” (Join Operation) และจะได้ตารางใหม่ที่ทำการเชื่อมข้อมูลแล้ว ทำให้ได้ข้อมูลที่ต้องการ ซึ่งการค้นคืนในฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์นี้จะมีประสิทธิภาพอย่างมากเพราะช่วยให้เกิดความหลากหลายในการประยุกต์ใช้งานมากขึ้น ในการปฏิบัติการเชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างตาราง จะจัดเก็บรวบรวมข้อมูลที่มีความเกี่ยวข้องกันให้อยู่ตารางเดียวกัน ทำให้สามารถค้นคืนข้อมูลได้ในเวลาอันรวดเร็วกว่าการจัดเก็บไว้ในหลายๆ ตาราง (สุเพชร จิรขจรกุล, 2552)



ภาพที่ 2.3 ตัวอย่างฐานข้อมูลแบบเชิงสัมพันธ์ (RDBMS)

(ที่มา: หน่วยวิจัยระบบภูมิสารสนเทศเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต, 2556)

ฐานข้อมูลเชิงภูมิศาสตร์ เป็นหน่วยจัดเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) และข้อมูลตาราง(Attribute Data) ฐานข้อมูลภูมิศาสตร์สามารถรองรับข้อมูลหลากหลายชนิดที่ใช้ในโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ (ArcGIS) ซึ่งถูกใช้อย่างแพร่หลายทั่วโลก ข้อมูลชนิดต่างๆ ที่ใช้ทั่วไป เช่น ข้อมูลตาราง (Attribute Data) ข้อมูลขอบเขตทางภูมิศาสตร์ต่างๆ (Geographic Feature) ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมและภาพถ่ายทางอากาศ (Satellite and Aerial Imagery) หรือที่เรียกว่าเป็นข้อมูลเชิงกริด (Raster Data) ข้อมูล 3 มิติหรือข้อมูลแสดงลักษณะภูมิประเทศเชิงตัวเลข (Surface Modeling or 3D Data) ข้อมูลระบบเครือข่าย (Network System) และข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม (Survey Measurements) การจัดเก็บข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ไว้ในฐานข้อมูลเชิงภูมิศาสตร์จะทำให้ได้รับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประโยชน์ในแง่ความสามารถในการจัดการข้อมูล ข้อมูลเวกเตอร์จะถูกจัดเก็บในฐานข้อมูลเชิงภูมิศาสตร์ ในรูปแบบของ Feature Class ส่วนข้อมูลเชิงกริดจะถูกจัดเก็บในรูปแบบของ Raster Dataset ข้อมูลเชิงกริดเหล่านี้สามารถทำการจัดเก็บแยกเป็นแต่ละแผ่นข้อมูลหรือปะติดต่อกัน (Mosaic) ให้เป็นภาพเดียวก็ได้ ฐานข้อมูลเชิงภูมิศาสตร์สามารถจัดเก็บไฟล์ในรูปแบบของ File System หรือจัดเก็บตารางในรูปแบบของระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database Management System; RDBMS) (คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2555)

2.2 เกณฑ์การออกแบบระบบระบายน้ำฝน

เกณฑ์การออกแบบระบบระบายน้ำ แบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน คือ เกณฑ์กำหนดทั่วไป เกณฑ์ด้านอุทกวิทยาและเกณฑ์ด้านชลศาสตร์

2.2.1 เกณฑ์กำหนดทั่วไป

การแบ่งพื้นที่รับน้ำหรือระบายน้ำ แบ่งตามขอบเขตของพื้นที่ปิดล้อม โดยการระบายน้ำในแต่ละพื้นที่ปิดล้อมจะเป็นอิสระต่อกัน โดยมีรายละเอียดในการพิจารณาดังต่อไปนี้

1) การปรับปรุงคลองในพื้นที่ที่มีประชากรหนาแน่น จะปรับปรุงเฉพาะในเขตคลองเดิมโดยหลีกเลี่ยงการขยายเขตคลอง ซึ่งจะต้องมีการจัดหาที่ดิน นอกจากจำเป็นจริงๆและมีแนวโน้มว่ามีความเป็นไปได้ในการจัดหา
2) การปรับปรุงคลองในพื้นที่เกษตรกรรมหรือบริเวณที่ไม่มีบ้านเรือน อาจใช้การขยายความกว้างคลองที่ไม่เกินเขตคลอง ถ้าพบว่ามีความจำเป็นและหลีกเลี่ยงไม่ได้ ซึ่งนอกจากจะทำให้สามารถระบายน้ำในสภาพปัจจุบันได้ดีแล้ว ยังเผื่อไว้สำหรับในอนาคตด้วยเมื่อพื้นที่เหล่านี้มีการพัฒนามากขึ้น
3) ระดับน้ำในคลองที่ผ่านพื้นที่ชุมชนจะต้องอยู่ต่ำกว่าระดับคันป้องกันน้ำท่วมในช่วงที่ฝนตกเท่าเกณฑ์การออกแบบเพื่อไม่ให้เกิดสภาพน้ำท่วม
4) ก่อนเกิดฝนตกจะต้องรักษาระดับน้ำในคลองให้ต่ำไว้เพื่อให้คลองมีปริมาตรที่ว่างไว้สำหรับจะรับน้ำฝนที่ระบายน้ำลงคลองเมื่อเกิดฝนตก
5) ถ้าระดับน้ำภายนอกคลองสูงกว่าระดับน้ำภายในคลองจะปิดประตูน้ำและทำการสูบน้ำออกอย่างเดียวแต่ถ้าระดับน้ำภายนอกอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำภายในจะเปิดประตูน้ำช่วยในการระบาย
6) ถ้าภายในพื้นที่มีบ่อน้ำหรือหนองน้ำสาธารณะ จะพิจารณาใช้ประโยชน์จากบ่อน้ำดังกล่าวไว้เป็นพื้นที่ชะลอน้ำหรือเก็บกักน้ำชั่วคราว เพื่อประโยชน์ในการลดขนาดของระบบระบายน้ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

7) การวางท่อระบายน้ำจะพิจารณาขนาดความกว้างของถนนด้วย เนื่องจากถนนบางสายอาจมีขนาดเล็กถ้าวางท่อขนาดใหญ่ลงไปอาจมีพื้นที่วางท่อไม่พอ หรือถ้าวางท่อระบายน้ำได้ แต่อาจวางท่อสำหรับสาธารณูปโภคอื่นๆไม่ได้

8) การวางท่อระบายน้ำที่ต่อลงคลอง ระดับก้นท่ออาจอยู่ต่ำกว่าก้นคลองซึ่งทำให้ต้องทำการปรับปรุงคลองตามมา ดังนั้นการวางแผนและออกแบบท่อระบายน้ำจะต้องพิจารณาให้สอดคล้องกับระดับก้นคลองถ้าจำเป็นจริงๆจึงจะทำการปรับปรุงคลอง

9) พิจารณาใช้ท่อระบายน้ำที่มีอยู่เดิมให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

10) การวางแนวท่อระบายน้ำสายหลักจะพิจารณาวางบนถนนเดิมเป็นหลัก สำหรับถนนผังเมืองในอนาคตจะวางท่อระบายน้ำสายหลักเฉพาะที่จำเป็นจริงๆ เนื่องจากความไม่แน่นอนว่าจะได้ก่อสร้างเมื่อใด

2.2.2 เกณฑ์การออกแบบด้านอุทกวิทยา

1) ระดับน้ำสูงสุดที่คาบความถี่ ใช้ตามเกณฑ์การออกแบบระดับป้องกันน้ำท่วม

2) ความเข้มของฝนที่คาบความถี่ต่าง ๆใช้ผลการคำนวณของความสันพันธ์ระหว่างความเข้มของฝน-ช่วงเวลา-คาบความถี่ต่าง ๆ ของสถานีวัดน้ำฝนที่อยู่ภายในพื้นที่

3) ฝนออกแบบสำหรับระบบระบายน้ำใช้ฝนระยะสั้น กล่าวคือมีระยะเวลาตกทั้งสิ้น 3 ชม. มีการกระจายของฝน 10 นาที ในช่วงเวลา 3 ชม. ตามลักษณะการกระจายที่ตรวจวัดได้ที่สถานีและในการกระจายที่กำหนดให้มีฝนสูงสุดในช่วง 10 นาที ช่วง 15 นาที ช่วง 30 นาที ช่วง 1 ชม. และช่วง 3 ชม. ของรอบปีที่ระบุรวมอยู่ด้วย

4) การประเมินฝนเฉลี่ยของพื้นที่ขนาดใหญ่ใช้ค่าตัวคูณการลดพื้นที่

2.2.3 เกณฑ์การวางออกแบบด้านชลศาสตร์

1) การคำนวณหาปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นในพื้นที่จะคำนวณด้วยวิธี Rational Method โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝน พื้นที่รองรับน้ำฝน และค่าสัมประสิทธิ์การไหลน้ำท่า (C) ซึ่งแตกต่างกันตามสภาพการใช้พื้นที่ซึ่งอัตราการไหลสูงสุดของปริมาณน้ำท่าคำนวณจากสูตรดังสมาการที่ (1)

$$Q = 0.278\ CIA \qquad (1)$$

เมื่อ

Q = อัตราการไหลสูงสุด, ลบ.ม/วินาที

C = สัมประสิทธิ์การไหลของน้ำท่า

I = ความเข้มของฝน, มม./ชม.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

A = พื้นที่รับน้ำฝนหรือพื้นที่ระบายน้ำ, ตร.กม.

2) สัมประสิทธิ์ของน้ำท่าสำหรับพื้นที่รับน้ำย่อยในแต่ละแห่งจะทำจากพื้นฐานของการสำรวจภาคสนามและการคาดการณ์การพัฒนาพื้นที่ในอนาคต โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การไหลสำหรับลักษณะพื้นที่แบบต่างๆ แสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ค่าสัมประสิทธิ์การไหลสำหรับลักษณะพื้นที่แบบต่างๆ

สภาพการใช้ที่ดิน	ค่า C
ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย	0.30-0.45
ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง	0.40-0.50
ที่ดินประเภทที่พาณิชยกรรม และที่อยู่อาศัยหนาแน่นมาก	0.45-0.60
ที่ดินประเภทอุตสาหกรรมเฉพาะกิจ	0.50-0.70
ที่ดินประเภทชนบทและเกษตรกรรม	0.20-0.30
ที่ดินประเภทที่โล่งเพื่อนันทนาการและการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม	0.20-0.30
ที่ดินประเภทสถาบันการศึกษา	0.40-0.70
ที่ดินประเภทสถาบันศาสนา	0.20-0.30
ที่ดินประเภทสถาบันราชการ	0.50-0.60

3) คาบความถี่ของฝนที่ใช้ในการออกแบบคลองและทางระบายน้ำสายหลักจะทำการออกแบบให้รับน้ำได้ด้วยคาบความถี่ 5 ปี

4) ความเข้มของฝน (Rainfall Intensity) สำหรับคาบความถี่และช่วงเวลาของฝนที่กำหนดจะหาได้จากการวิเคราะห์ทางด้านอุทกวิทยาของฝน ช่วงเวลาของฝนกำหนดให้เท่ากับช่วงเวลาที่น้ำไหลจากบริเวณฝนตกที่จุดไกลที่สุดมาเข้าท่อหรือรางระบายน้ำและไหลในท่อหรือรางระบายมายังจุดที่พิจารณา

5) ช่วงเวลาที่น้ำไหลบนผิวดินหาจากสมการเวลาการรวมตัวของน้ำ (Time of concentration)

6) การคำนวณการไหลของน้ำในท่อหรือคลองโดยทั่วไปใช้ Manning Formula ค่าสัมประสิทธิ์ของแมนนิ่ง (n) ใช้ 0.015 สำหรับพื้นผิวที่เป็นคอนกรีต โดย ตั้งสมมุติฐานว่าเป็นทางระบายน้ำตรง (มีมุมเบี่ยงเบนไม่เกิน 5 องศา) และรวมค่าความสูญรอง (Minor Loss) ต่างๆ ไว้แล้ว เช่น ที่รอยต่อระหว่างท่อรอยต่อระหว่างท่อกับบ่อพักเป็นต้น สำหรับกรณีคลองธรรมชาติ กำหนดให้ค่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สัมประสิทธิ์ n เท่ากับ 0.030-0.035 สำหรับตัวลำน้ำและเท่ากับ 0.050-0.075 สำหรับบริเวณ Flood Plain ของลำน้ำ

7) ข้อกำหนดทั่วไปในการออกแบบระบบระบายน้ำภายใน

7.1) การคำนวณขนาดท่อระบายน้ำได้พิจารณาเป็น 2 ลักษณะทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพของพื้นที่

- กรณีที่จุดทิ้งน้ำ มีระดับน้ำในแหล่งน้ำสาธารณะต่ำกว่าระดับท้องท่อระบายน้ำจะพิจารณาการไหลในท่อระบายน้ำในเงื่อนไขที่ระดับท้ายน้ำของท่อเป็นแบบอิสระ (Free Flow)
- กรณีที่จุดทิ้งน้ำ มีระดับน้ำในแหล่งน้ำสาธารณะสูงกว่าระดับท้องท่อระบายน้ำจะพิจารณาการไหลในท่อระบายน้ำในเงื่อนไขที่ระดับท้ายน้ำของท่อเป็นแบบน้ำท่วมท้ายท่อ (Submerged Flow)

7.2) ชนิดและขนาดท่อระบายน้ำกำหนดให้ใช้ท่อ 2 ชนิด ได้แก่

- ท่อกลมคอนกรีต ใช้ท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 0.60-1.50 ม.
- ท่อสี่เหลี่ยมคอนกรีต ใช้ท่อขนาดตั้งแต่ 1.20×1.20 ม.ขึ้นไป

7.3) ท่อระบายน้ำ (Street Drain or Trunk Drain)

- ความเร็วต่ำสุด 0.60 ม./วินาที (ป้องกันการตกตะกอน)
- ความเร็วสูงสุด 3.00 ม./วินาที (ป้องกันการกัดกร่อน)
- ความลาดชันตามยาว ตามสภาพภูมิประเทศและใช้เกณฑ์ ดังนี้
  - ท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.40. มีความลาดชันไม่น้อยกว่า 1:400
  - ท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.60 ม. มีความลาดชันไม่น้อยกว่า 1:600
  - ท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.20 ม. มีความลาดชันไม่น้อยกว่า 1:1, 200
- ขนาดท่อเล็กสุด เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.60 เมตร (ป้องกันการอุดตัน)
- ระดับน้ำในท่อไหลเต็มท่อพอดีที่อัตราไหลสูงสุด ที่คำนวณได้จาก Rational Method
- ที่จุดเปลี่ยนขนาดท่อ ระดับสันท่อทั้ง 2 ข้างอยู่ระดับเดียวกัน
- ระดับดินถมหลังท่อ อย่างน้อย 0.60 เมตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- ความลึกในการฝังท่อ ฝังท่อลึกที่สุดไม่ควรเกิน 6.0 เมตร แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการพิจารณาค่าลงทุนและความยากของการก่อสร้างด้วย

7.4) รางระบายน้ำเปิด (Open Drain) (ถ้ามี)

- ความเร็วต่ำสุด 0.60 ม./วินาที
- ความลาดเอียง ตามสภาพภูมิประเทศ
- ขนาดรางเล็กสุด กว้างอย่างน้อย 0.30 ม.
- ระดับน้ำในราง ไม่ต่ำกว่า 0.30 ม.
- ที่จุดเปลี่ยนขนาด ระดับน้ำในราง 2 ข้างอยู่ระดับเดียวกัน
- ระดับดินก้นราง อยู่ต่ำกว่าระดับดินเดิม

7.5) ระยะห่างระหว่างบ่อพักน้ำเพื่อการบำรุงรักษา

- ไม่เกิน 8 ม. สำหรับท่อขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.60-1.00 ม.
- ไม่เกิน 16 ม. สำหรับท่อขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.00-1.50 ม.

อย่างไรก็ตามภายในพื้นที่ปิดล้อม จำเป็นต้องมีระบบระบายน้ำภายใน เพื่อระบายน้ำฝนที่ตกลงมาภายในพื้นที่ปิดล้อมให้สามารถระบายออกมาจากพื้นที่ปิดล้อมได้ กรณีที่ระดับน้ำภายนอกพื้นที่ปิดล้อมอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำภายในพื้นที่ปิดล้อม การระบายน้ำภายในพื้นที่จะระบายได้เองตามแรงโน้มถ่วง (Gravity) แต่เมื่อใดก็ตามที่ระดับน้ำภายนอกอยู่สูงกว่าระดับน้ำภายใน น้ำภายในพื้นที่ปิดล้อมจะไม่สามารถระบายได้เองจำเป็นต้องใช้เครื่องสูบน้ำช่วย การวิเคราะห์หาขนาดอัตราการสูบน้ำที่เหมาะสม จะต้องพิจารณาถึงปริมาตรความจุน้ำของคลองหนองและบึงต่างๆ ภายในพื้นที่ ทั้งนี้เพื่อให้คลอง หนองและบึงดังกล่าว เป็นบ่อเก็บกักน้ำชั่วคราวในช่วงที่ฝนเริ่มตกเพื่อให้อัตราการสูบน้ำมีขนาดไม่ใหญ่จนเกินไปและเพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างสถานีสูบน้ำ

2.3 หลักการในการวิเคราะห์หาขนาดอัตราของการสูบน้ำที่เหมาะสม

หลักการในการวิเคราะห์หาขนาดอัตราของการสูบน้ำที่เหมาะสม มีดังนี้

2.3.1 หาปริมาตรความจุของคลอง หนอง และบึงต่างๆ ที่มีอยู่ภายในพื้นที่ปิดล้อม

2.3.2 คำนวณหาปริมาตรน้ำท่าสะสมในพื้นที่ปิดล้อมที่เกิดจากฝน โดยใช้วิธี Rational Method ที่เวลาต่างๆโดยการใช้ปริมาณฝน 3 ชม. รอบ 5 ปี และค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าตามประเภทของการใช้ที่ดิน

2.3.3 เขียนกราฟปริมาณน้ำท่าสะสมกับระยะเวลา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3.4 ลากเส้นตรงจากจุดเริ่มต้น ความลาดชันของเส้นตรงจะเป็นอัตราการสูบทั้งหมดที่ต้องการ ทั้งนี้โดยให้ระยะห่างที่มากที่สุดจากเส้นตรงนี้ถึงปริมาณน้ำท่าสะสม มีค่าเท่ากับความจุคลองหนองและบึงที่หาไว้แล้ว

2.4 เกณฑ์การพิจารณาในการวิเคราะห์การระบายน้ำหลากสูงสุด

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำหลากสูงสุด เพื่อพิจารณาถึงโครงสร้างการระบายน้ำและขนาดช่องเปิดการระบายที่เหมาะสม ที่ตำแหน่งซึ่งตัดผ่านลำน้ำ การคำนวณทำได้ 2 กรณี คือ

2.4.1 กรณีพื้นที่รับน้ำน้อยกว่า 25 ตร.กม. การคำนวณปริมาณน้ำหลากสูงสุดใช้วิธี Rational

$$Q_p = 0.278 \quad CiA \tag{2}$$

โดยที่ Q_p = ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)

C = สัมประสิทธิ์การไหลนอง ขึ้นกับความเข้มของฝนและสภาพภูมิประเทศ

i = ความเข้มของฝน (มม./ชม.) หาจาก IDF Curve ของพื้นที่ โดยขึ้นอยู่กับค่ารอบปีการเกิดซ้ำที่เลือกและช่วงเวลาฝนตก

A = ขนาดพื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)

2.4.2 กรณีพื้นที่รับน้ำมากกว่า 25 ตร.กม. การคำนวณปริมาณน้ำหลากสูงสุดสำหรับลำน้ำที่เส้นทางตัดผ่านในลุ่มน้ำปิงและสาขา หาจากการวิเคราะห์ปริมาณน้ำหลากโดยการแจกแจงความถี่ทางสถิติจากข้อมูลปริมาณน้ำหลากสูงสุดของสถานีวัดน้ำท่าต่างๆในลุ่มน้ำโดยที่ความยาวของช่วงสถิติข้อมูลตั้งแต่ 15 ปีขึ้นไป แล้วนำข้อมูลปริมาณน้ำหลากสูงสุดในแต่ละปีของสถานีที่เลือกมาทำการวิเคราะห์ความถี่ ทำการแจกแจงความถี่โดยวิธีกัมเบล เพื่อหาค่าการหลากสูงสุดในรอบปีการเกิดซ้ำขนาด 2, 5, 10, 20, 50, และ 100 ปี แล้วนำผลการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำหลากสูงสุดกับพื้นที่รับน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำขนาดต่างๆ หาจากสมการที่ (3)

$$Q_p = a\ A^b \tag{3}$$

โดยที่ Q_p = ปริมาณน้ำหลากสูงสุด ของขอบปีการเกิดซ้ำที่เลือก (ลบ.ม./วินาที)

A = ขนาดพื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

a, b = ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ ของลุ่มน้ำที่พิจารณา

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำหลากสูงสุดและขนาดพื้นที่รับน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆของพื้นที่ในลุ่มน้ำปิง แสดงในภาพที่ 2.4

พื้นที่หน้าตัดหรือช่องเปิดการระบายน้ำหลากเพื่อการออกแบบอาคารระบายน้ำของลำน้ำที่เส้นทางตัดผ่านและไม่ทำให้เกิดการท่วมและกัดเซาะทำความเสียหาย หาได้จากการนำค่าปริมาณการหลากสูงสุดมาหารค่าความเร็วการไหลของน้ำ โดยทั่วไปให้ความเร็วอยู่ในช่วง 1.5 – 2.0 เมตร/วินาที ดังแสดงในสมการที่ (4)

$$A_d = Q_P / v \qquad (4)$$

โดยที่ A_d = พื้นที่หน้าตัดการระบาย (ตร.ม.)

v = ความเร็วการไหลของน้ำ (เมตร/วินาที)

หรือใช้สมการของ Manning หาความเร็วการไหลของน้ำ ดังสมการที่ (5)

$$v = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{3}} \qquad (5)$$

โดยที่ n = ค่า Manning n ขึ้นกับชนิดผิวการระบายน้ำ

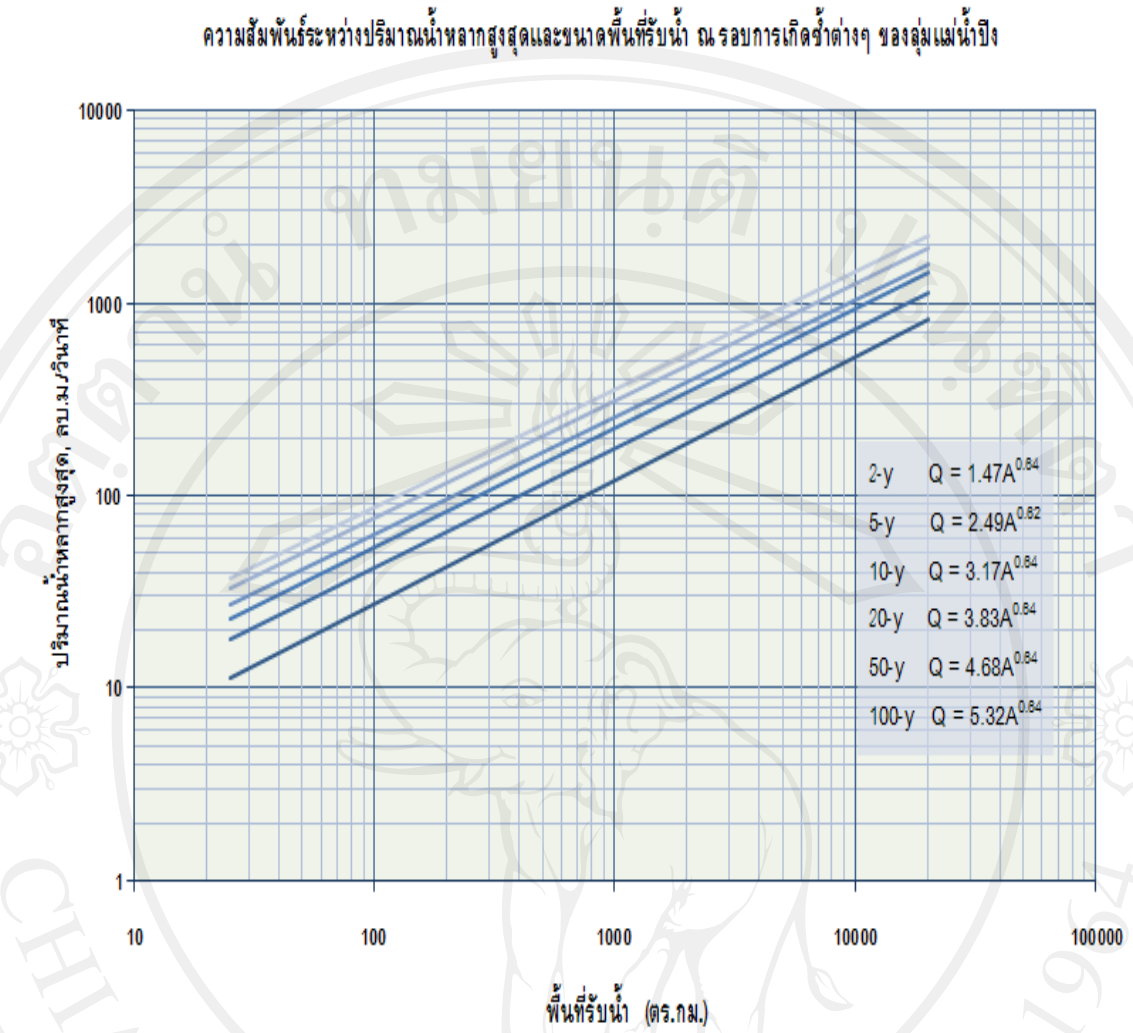
R = รัศมีทางชลศาสตร์

= พื้นที่หน้าตัดการระบาย หารค่า wetted perimeter

S = ความลาดชันของการไหลท้องน้ำหรือท้องอาคารระบายน้ำ

สำหรับรอบปีการเกิดซ้ำ (Return Period) ที่ใช้ในการออกแบบอาคารระบายน้ำ กำหนดให้ท่อกลม ใช้ 5 - 10 ปี Return Period ท่อลอดเหลี่ยม ค.ส.ล. ใช้ 10 - 20 ปี และ สะพาน ค.ส.ล. ใช้ 50 ปี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 2.4 กราฟความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำหลากสูงสุดกับขนาดพื้นที่รับน้ำของลุ่มน้ำปิง

2.5 การออกแบบระบบระบายน้ำโดยวิธีเรชันแนล

2.5.1 ทฤษฎีการประเมิน

ปริมาณน้ำหลากของฝนตกที่น้ำไหลบ่าจากพื้นที่ลงสู่ลำน้ำ การคำนวณหาขนาดของปริมาณน้ำหลากสูงสุดจึงมีความจำเป็นเพื่อนำไปสู่การออกแบบขนาดของลำน้ำและรางระบายน้ำที่เหมาะสม

วิธีเรชันแนล (Rational method) ถูกใช้หาอัตราการหลากสูงสุดของน้ำบนพื้นดิน เพื่อทำการออกแบบด้านการระบายน้ำมาอย่างกว้างขวางมาเป็นเวลานานมาแล้ว เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่าย ไม่ซับซ้อนแต่มีข้อจำกัดหลายประการที่ผู้น้ำไปใช้ต้องมีความเข้าใจในสมมุติฐานของวิธีนี้ให้ถ่องแท้ วิธีนี้ยังสามารถใช้เพื่อการออกแบบการระบายน้ำเบื้องต้นเพื่อการออกแบบการระบายน้ำในพื้นที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ชุมชนเมืองและพื้นที่อุตสาหกรรมได้เป็นอย่างดี โดยวิธีนี้เหมาะสมที่จะใช้กับพื้นที่รับน้ำขนาดเล็กไม่เกิน 25 ตารางกิโลเมตร

1) วิธีเรชันแนล (Rational method)

แนวความคิดของวิธีเรชันแนลมีอยู่ว่า ถ้าฝนตกโดยที่ความเข้มของฝน (Rainfall intensity) , i เริ่มต้นและต่อเนื่องอย่างสม่ำเสมอ ค่าอัตราการไหลของน้ำท่าจะเพิ่มขึ้นจนกระทั่งอัตราการหลากสูงสุดที่เวลาหนึ่งเรียกว่า เวลาในการรวมตัวของน้ำท่า (Time of concentration), t_C ดังแสดงในภาพที่ 2.5 เมื่อพื้นที่ภายในพื้นที่รับน้ำกำลังให้น้ำท่าไหลไปที่ทางออก ผลคูณของค่าความเข้มของฝน i และขนาดพื้นที่รับน้ำ A เป็นอัตราไหลเข้าสู่ระบบ , iA และอัตราส่วนของค่า iA ต่อค่าอัตราการหลากสูงสุด Q (ซึ่งเกิดที่เวลา t_C) เป็นเทอมสัมประสิทธิ์ของน้ำท่า (Runoff coefficient) , C ซึ่งแสดงเป็นสูตรได้ดังสมาการที่ (6)

$$Q = 0.278\ CiA \qquad (6)$$

โดยที่

Q = ปริมาณน้ำหลากสูงสุดสำหรับรอบปีการเกิดซ้ำที่เลือก (ลบ.ม./วินาที)

C = สัมประสิทธิ์ของน้ำท่า ขึ้นกับความเข้มของฝนและสภาพการใช้ที่ดิน

i = ความเข้มของฝน (Rainfall intensity) หน่วยเป็น มม./ชม. หาจากกราฟ ความเข้มของฝน-ช่วงเวลาการตกและความถี่การเกิด(IDF Curve) ของพื้นที่โดย ขึ้นอยู่กับค่ารอบปีการเกิดซ้ำที่เลือกและช่วงเวลาฝนตกออกแบบ , t_d

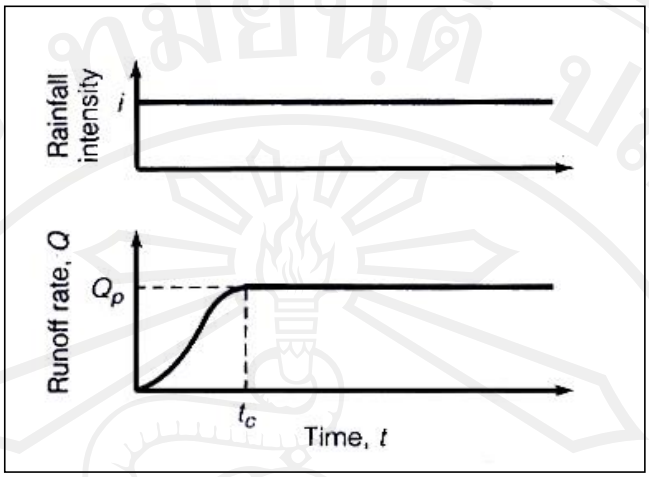
A = ขนาดพื้นที่รับน้ำ (Watershed area) หน่วยเป็น ตร.กม.

สมมุติฐานที่เกี่ยวข้องกับวิธี เรชันแนลในการหาปริมาณการไหลบ่าสูงสุดเพื่อนำไปเป็นข้อมูลใช้ออกแบบหน้าตัดของโครงสร้างการระบายน้ำ เช่นรางระบายน้ำ ท่อระบายน้ำ เป็นต้น มีดังนี้

1.1) อัตราการไหลหลากสูงสุดที่จุดทางออกพื้นที่รับน้ำเป็นฟังก์ชั่นของอัตราการตกของฝนเฉลี่ยระหว่างช่วงเวลาการรวมตัวของน้ำท่า หมายถึง เวลาที่ปริมาณน้ำหลากสูงสุดให้คิดที่เวลาการรวมตัวของน้ำนั่นเอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ซึ่งกำหนดให้เท่ากับเวลาในการรวมตัวของน้ำ (Time of concentration), t_C ในพื้นที่รับน้ำ



ภาพที่ 2.5 รูปแบบของกราฟน้ำท่าที่ถูกสมมุติโดยวิธีเรชันแนล

1.2) ช่วงเวลาฝนตกออกแบบ, t_d เท่ากับเวลาในการรวมตัวของน้ำ(Time of concentration)ในพื้นที่รับน้ำ

1.3) ช่วงเวลาในการรวมตัวของน้ำเท่ากับเวลาที่น้ำจากทุกส่วนในพื้นที่รับน้ำไหลมาถึงจุดทางออกซึ่งได้แก่เวลาที่ต้องการสำหรับการเดินทางของน้ำท่าจากจุดไกลสุดในพื้นที่รับน้ำมาถึงทางออกนั่นเอง

1.4) ความเข้มของฝนคงที่สม่ำเสมอตลอดช่วงเวลาฝนตก

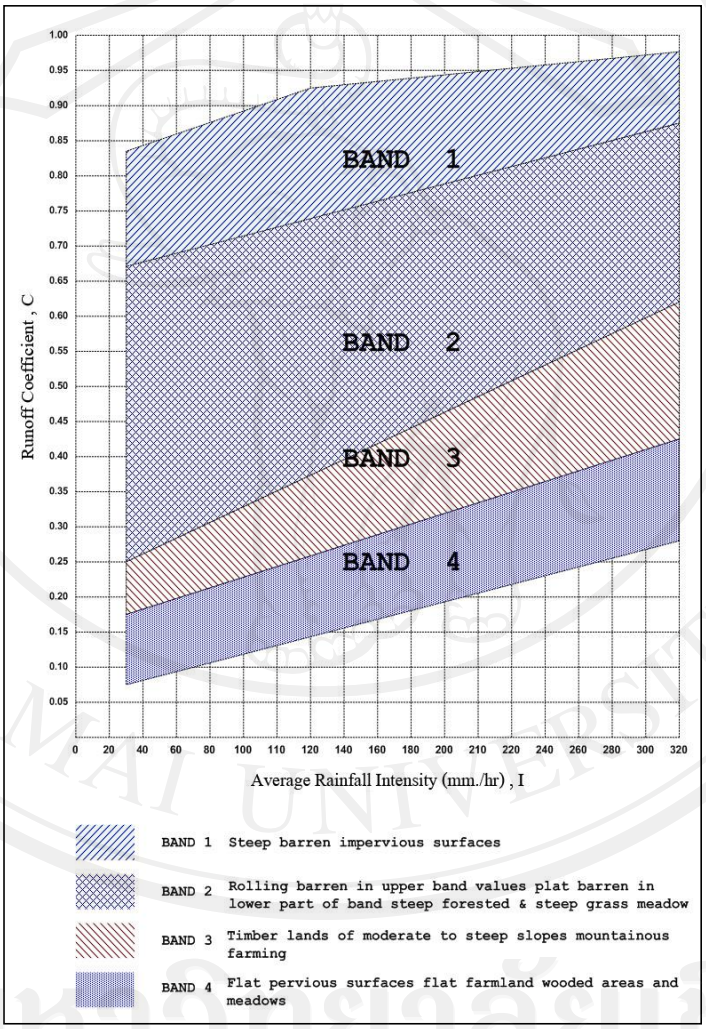
1.5) สัมประสิทธิ์ของน้ำท่าที่ใช้จะเป็นค่าตัวแทนของพื้นที่รับน้ำทั้งหมด

2) สัมประสิทธิ์ของน้ำท่า (Runoff coefficient) , C

สัมประสิทธิ์ของน้ำท่าหรือสัมประสิทธิ์การไหลนอง เป็นค่าที่มีความคลาดเคลื่อนมากในวิธี เรชันแนล โดยค่านี้ถูกใช้ในสมการเป็นอัตราส่วนที่ตายตัวของอัตราการหลากสูงสุดต่ออัตราการตกของฝนในพื้นที่รับน้ำซึ่งตามความจริงไม่ได้เป็นอย่างนั้น การเลือกค่าสัมประสิทธิ์ของน้ำท่าที่เหมาะสมต้องใช้การตัดสินใจและประสบการณ์ของผู้ทำการประเมินที่มีความรู้ด้านชลศาสตร์และอุทกวิทยา โดยสัดส่วนของปริมาณฝนทั้งหมดที่กลายเป็นน้ำท่าขึ้นอยู่กับเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ที่น้ำซึมผ่านไม่ได้ ความลาดชัน ลักษณะของพื้นผิวที่ดักน้ำ รวมทั้งค่ารอบปีการเกิดซ้ำ (Return period) ที่พิจารณา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สัมประสิทธิ์ของน้ำท่าขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้พื้นที่และเงื่อนไขของดิน ค่าอัตราการซึมจะลดลงเมื่อเกิดฝนตกต่อเนื่องยาวนาน และยังมีผลกระทบจากเงื่อนไขความชื้นก่อนหน้า (Antecedent moisture condition)ของดินในพื้นที่รับน้ำด้วย ยังมีปัจจัยอื่นๆที่มีผลกระทบกับค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า ได้แก่ ความเข้มของฝน ระดับน้ำใต้ดิน ความแน่นของดิน ช่องว่างในดิน พืชที่ปกคลุม ความลาดชันของพื้นดิน และพื้นที่ดักน้ำ ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าที่สมเหตุสมผลควรถูกเลือกโดยการผสมผสานปัจจัยข้างต้นอย่างครบถ้วน สัมประสิทธิ์น้ำท่าแสดงเป็นตัวอย่างในภาพที่ 2.6 และตารางที่ 2.2 ถึง 2.3



ภาพที่ 2.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าสัมประสิทธิ์ของน้ำท่า (C) , (วีระพล แต้สมบัติ 2531)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2.2 ค่าสัมประสิทธิ์ของน้ำท่า C (ที่มา Applied Hydrology : Ven Te Chow , 1988)

Character of surface	Return Period (years)						
	2	**5**	**10**	**25**	**50**	**100**	**500**
Developed							
Asphaltic	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concrete/roof	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
Grass areas (lawns, parks, etc.)							
Poor condition (grass cover less than 50% of the area)							
Flat, 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Average, 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Steep, over 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
Fair condition (grass cover on 50% to 75% of the area)							
Flat, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Average, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Steep, over 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Good condition (grass cover larger than75% of the area)							
Flat, 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Average, 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Steep, over 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
Undeveloped							
Cultivated Land							
Flat, 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Average, 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Steep, over 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Pasture/Range							
Flat, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Average, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Steep, over 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Forest/Woodlands							
Flat, 0-2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Average, 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Steep, over 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

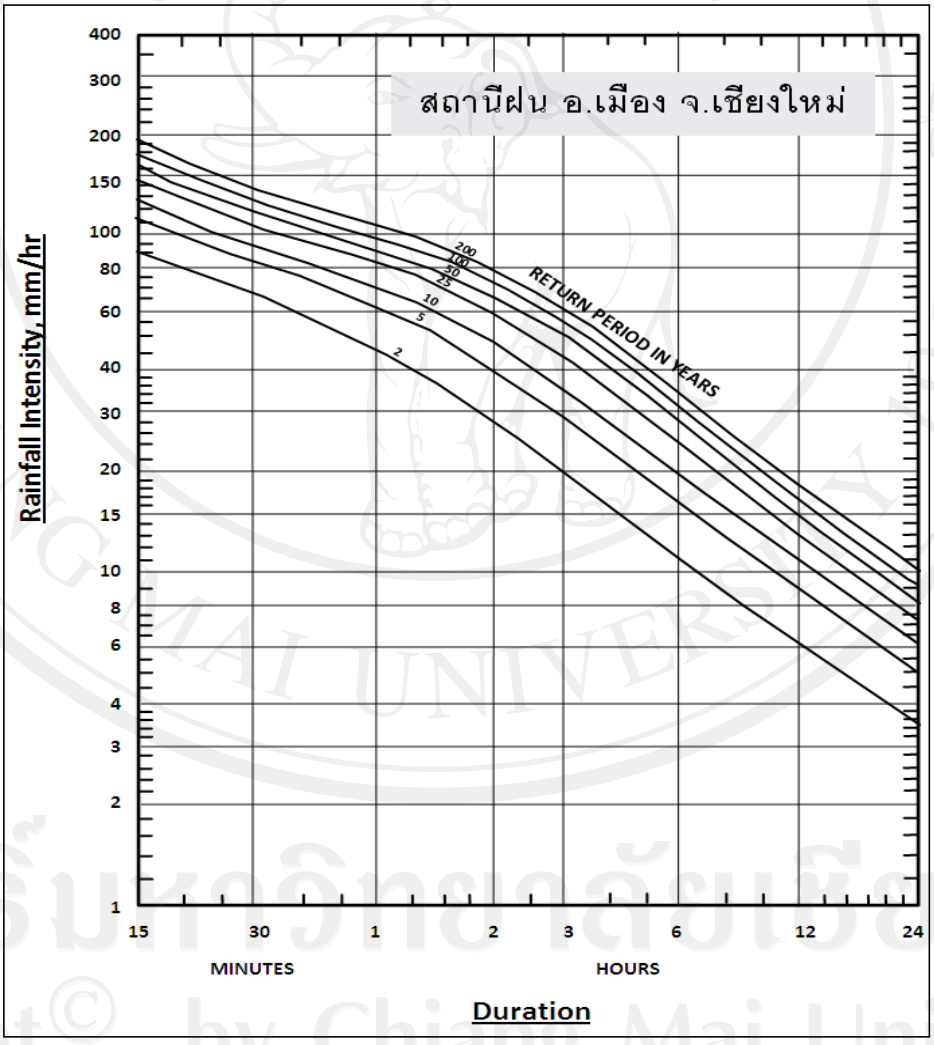
ตารางที่ 2.3 ค่าสัมประสิทธิ์ของน้ำท่า C สำหรับรอบปีการเกิดซ้ำ 5 ถึง10 ปี (ที่มา: ASCE , 1972)

Description of Area	Runoff Coefficients, C
Business	
Downtown areas	0.70 – 0.95
Neighborhood areas	0.50 – 0.70
Residential	
Single-family areas	0.30 – 0.50
Multi units, detached	0.40 – 0.60
Multi units, attached	0.60 – 0.75
Residential (suburban)	0.25 – 0.40
Apartment dwelling areas	0.50 – 0.70
Industrial	
Light areas	0.50 – 0.80
Heavy areas	0.60 - 0.90
Parks, cemeteries	0.10 – 0.25
Playgrounds	0.20 – 0.35
Railroad yard areas	0.20 – 0.40
Unimproved areas	0.10 – 0.30
Streets	
Asphaltic	0.70 – 0.95
Concrete	0.80 – 0.95
Brick	0.70 – 0.85
Drives and walks	0.75 – 0.85
Roofs	0.75 – 0.95
Lawns : Sandy soil	
Flat 2 %	0.05 – 0.10
Average 2 -7%	0.10 – 0.15
Steep 7%	0.15 – 0.20
Lawns : Heavy soil	
Flat 2 %	0.13 – 0.17
Average 2 -7%	0.18 – 0.22
Steep 7%	0.25 – 0.35

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3) ความเข้มของฝน (Rainfall intensity)

ความเข้มของฝน i เป็นค่าอัตราของฝนตกเฉลี่ยสำหรับพื้นที่รับน้ำที่พิจารณา ค่าความเข้มของฝนถูกเลือกบนพื้นฐานของช่วงเวลาฝนที่ใช้ออกแบบ (Design rainfall duration) และค่ารอบปีการเกิดซ้ำ(Return period) ซึ่งความสัมพันธ์ของค่าทั้งสามในการวิเคราะห์ด้านอุทกวิทยา เรียกว่า กราฟความสัมพันธ์ของความเข้ม – ช่วงเวลา – ความถี่ (Intensity – Duration – Frequency Curves) หรือ IDF Curves ดังแสดงตัวอย่างในภาพที่ 2.7 ช่วงเวลาฝนออกแบบกำหนดให้มีค่าเท่ากับเวลาในการรวมตัวของน้ำ (Time of concentration) ในพื้นที่รับน้ำ ส่วนค่ารอบปีการเกิดซ้ำเลือกโดยพิจารณาถึงความเสี่ยงที่ยอมรับได้และความเหมาะสมด้านอื่นๆ



ภาพที่ 2.7 กราฟความเข้ม–ช่วงเวลา–ความถี่ของฝน (IDF Curves) ของ อ.เมือง จ.เชียงใหม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กราฟ IDF สร้างจากการวิเคราะห์ความถี่ (Frequency analysis) โดยใช้การแจกแจงแบบกัมเบล (Gumbel distribution) หรือ Extreme value type I การแจกแจงทำโดยการเลือกช่วงเวลาฝนตกหลายช่วง เช่น 30 นาที 60 นาที 2 ชั่วโมง เป็นต้น จากข้อมูลสถิติของฝนในรอบหลายปีที่บันทึกไว้ โดยแต่ละช่วงเวลาที่ถูกเลือกค่าปริมาณฝนตกสูงสุดตามช่วงเวลาที่เลือกในแต่ละปี ถูกนำมาวิเคราะห์ความถี่โดยการแจกแจงสำหรับทุกช่วงเวลาและรอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ ที่มีความสัมพันธ์กับค่าความเข้มของฝน

ค่ารอบปีในการเกิดซ้ำเป็นค่าที่แสดงถึงโอกาสที่จะเกิดฝนตกเท่ากับความเข้มของฝนที่เลือก เช่น รอบปีการเกิดซ้ำ 10 ปี หมายถึงโอกาสที่จะเกิดฝนตกในแต่ละปีที่มีขนาดความเข้มของฝนมากกว่าค่าที่ได้จากกราฟ IDF มีโอกาส 1 ใน 10 หรือ 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเมื่อพิจารณาในช่วงเวลานานมากๆเป็นพันปีก็จะพบว่าฝนที่ตกด้วยความเข้มขนาดดังกล่าวจะเกิดเฉลี่ย 10 ปีเกิดครั้ง ดังนั้นค่ารอบปีการเกิดซ้ำก็คือ ค่าส่วนกลับของค่าความน่าจะเป็นนั่นเอง ในการออกแบบโครงสร้างทางชลศาสตร์ จึงเลือกใช้ค่ารอบปีการเกิดซ้ำให้เหมาะสมกับการยอมรับความเสี่ยงที่จะเกิดชนิดของโครงสร้างที่ออกแบบ รวมทั้งปัจจัยอื่นๆ ซึ่งบางพื้นที่ได้มีกฎหมายควบคุมกำหนดค่ารอบปีการเกิดซ้ำขั้นต่ำสำหรับการออกแบบไว้แล้วด้วย

4) เวลาในการรวมตัวของน้ำ (Time of concentration), t_C

เวลาในการรวมตัวของน้ำในพื้นที่รับน้ำ เป็นช่วงเวลาของการเดินทางของน้ำจากจุดไกลสุดมาถึงจุดทางออกของพื้นที่รับน้ำ สามารถหาได้จากการการสังเกตการณ์ทดลองในพื้นที่โดยการเลือกใช้สมการดังกล่าวต้องพิจารณาให้เหมาะสมกับลักษณะของพื้นที่

ตัวอย่างของสมการเพื่อการหาค่าเวลาในการรวมตัวของน้ำในพื้นที่เพื่อนำไปใช้ในการหาค่าความเข้มของฝนจาก IDF Curve สามารถแยกออกเป็น 2 กรณี ดังนี้

4.1) กรณีพื้นที่รับน้ำเป็นที่ลาดชันสูงหรือเป็นป่าเขา อาจใช้สมการของ California culverts practice (1942) โดยค่า t_C มีหน่วยเป็นชั่วโมง ค่า L เป็นระยะทางที่ไกลที่สุดของลำน้ำสายหลักจากจุดที่ออกแบบถึงขอบพื้นที่รับน้ำหน่วยเป็นกิโลเมตร และ H เป็นค่าระดับความสูงต่างกันของจุดที่ออกแบบกับจุดไกลสุดของพื้นที่รับน้ำหน่วยเป็นเมตร นั่นคือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$$t_c = \left[\frac{0.875L^3}{H}\right]^{0.385} \quad (7)$$

4.2) กรณีพื้นที่รับน้ำเป็นพื้นที่ราบหรือชุมชนเมือง ใช้สมการของ Federal Aviation Agency (FAA) Empirical formula, 1970) โดยค่า t_C มีหน่วยเป็นนาที ค่า D เป็นระยะทางที่ยาวที่สุดจากจุดทางออกถึงขอบพื้นที่รับน้ำ หน่วยเป็นเมตร และ S_0 เป็นค่าความลาดชันของผิวดินหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

$$t_c = \frac{3.26(1.1 - C)D^{\frac{1}{2}}}{S_0^{1/3}} \quad (8)$$

5) ช่วงเวลาฝนตกที่ใช้ออกแบบ (Design rainfall duration) : t_d

การเลือกช่วงเวลาฝนตกของฝนที่ใช้ในการออกแบบ ตั้งอยู่บนสมมติฐานที่ว่าอัตราการไหลบ่าของน้ำท่าสูงสุดจะเกิดขึ้นในช่วงเวลาฝนตกที่จะต้องนานพอที่จะทำให้น้ำท่าจากทุกจุดในพื้นที่ระบายน้ำไหลมาถึงจุดทางออกของพื้นที่ ซึ่งแนวคิดนี้สอดคล้องกับความหมายของเวลาในการรวมตัวของน้ำในพื้นที่รับน้ำ ซึ่งหมายถึงช่วงเวลานานที่สุดของการเดินทางของน้ำจากจุดไกลสุดของพื้นที่รับน้ำมาถึงจุดทางออก ดังนั้นการคำนวณปริมาณน้ำไหลบ่าสูงสุดเพื่อนำไปเป็นข้อมูลใช้ออกแบบหน้าตัดของโครงสร้างการระบายน้ำ เช่นรางระบายน้ำ ท่อระบายน้ำ เป็นต้น จึงกำหนดให้ $\mathbf{t_d = t_C}$

2.5.2 สมการของแมนนิ่ง (Manning's equation)

ในการออกแบบโครงสร้างรางหรือคูระบายน้ำ เพื่อให้สามารถรองรับปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่ไหลบ่าจากพื้นที่ได้ ขนาดพื้นที่รูปตัดของทางระบายน้ำขึ้นอยู่กับชนิดของรูปตัดที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ เช่น หน้าตัดแบบ ท่อกลม ท่อเหลี่ยม รางรูปสี่เหลี่ยมคางหมู รางรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า รางตัววี เป็นต้น แต่ทั้งหมดจะถูกออกแบบในหลักการของการไหลในทางน้ำเปิดแบบคงรูป (Uniform flow) ทั้งสิ้น โดยคุณสมบัติรูปตัดของทางน้ำเปิดแบบทรงเรขาคณิตแสดงในภาพที่ 2.8

พื้นที่หน้าตัดหรือช่องเปิดการระบายน้ำหลากเพื่อการออกแบบระบบระบายน้ำจากพื้นที่รับน้ำโดยไม่ทำให้เกิดการท่วมและกัดเซาะทำความเสียหาย หาได้จากการนำค่าปริมาณการหลากสูงสุดมาหารค่าความเร็วการไหลของน้ำ โดยทั่วไปให้ความเร็วอยู่ในช่วง 1.5 – 2.0 เมตร/วินาที หรือใช้สมการของแมนนิ่ง (Manning's equation) ดังสมการ 9

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$$Q = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} A_d \quad (9)$$

โดยที่ Q = ปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่ต้องการระบาย (ลบ.ม./วินาที)

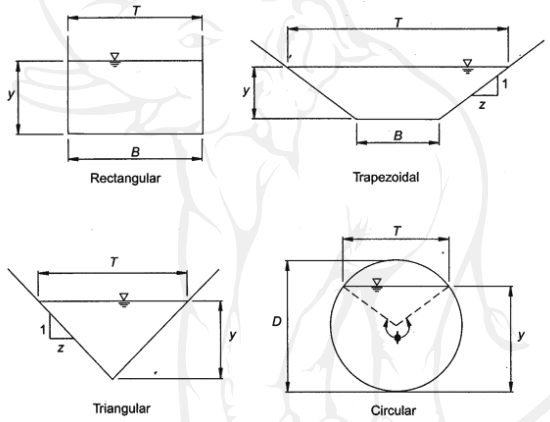
N = ค่า Manning n ขึ้นกับชนิดพื้นผิวและลักษณะของทางระบายน้ำ ดังแสดงในตารางที่ 2.4 ถึง 2.6

R = รัศมีทางชลศาสตร์ (Hydraulic radius) = A_d /P

= พื้นที่หน้าตัดการระบาย(A_d)หารด้วยค่า Wetted perimeter (P)

S = ความลาดชันเสียดทานการไหลของทางระบายน้ำ (Friction slope) กำหนดให้เท่ากับค่าความลาดชันของท้องพื้นรางระบายน้ำ

A_d = พื้นที่หน้าตัดการระบายของรางหรือท่อระบายน้ำ (ตร.ม.)



Cross-sectional properties of prismatic open channels

Channel Shape	Area *(A)*	Wetted Perimeter *(P)*	Hydraulic Radius *(R)*	Top Width *(T)*	Hydraulic Depth *(D_h)*
Rectangular	By	$B + 2y$	$\frac{By}{B+2y}$	B	y
Trapezoidal	$By + zy^2$	$B + 2y\sqrt{1+z^2}$	$B + 2y\sqrt{1+z^2}$	$B + 2zy$	$\frac{By+zy^2}{B+2zy}$
Triangular	zy^2	$2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2zy$	$\frac{y}{2}$
Circular[a]	$\frac{D^2(\phi-\sin\phi)}{8}$	$\frac{D\phi}{2}$	$\frac{D}{4}\left(1-\frac{\sin\phi}{\phi}\right)$	$D\sin\left(\frac{\phi}{2}\right)$	$\frac{D}{8}\left(\frac{\phi-\sin\phi}{\sin(\phi/2)}\right)$

a.Angle ϕ is measured in radians. 1 radian ≈ 57.3 degrees.

ภาพที่ 2.8 คุณสมบัติรูปตัดของทางน้ำเปิดแบบทรงเรขาคณิต

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2.4 ค่าสัมประสิทธิ์ของแมนนิ่งในทางน้ำเปิด

Channel type	Manning *n*	Range
Lined channels :		
Brick, glazed	0.013	0.011 – 0.015
Brick	-	0.012 – 0.018
Concrete, float finish	0.015	0.011 – 0.020
Asphalt	-	0.013 – 0.020
Rubble or riprap	-	0.020 – 0.035
Concrete, concrete bottom	0.030	0.020 – 0.035
Gravel bottom with riprap	0.033	0.023 – 0.036
Vegetal	-	0.030 – 0.400
Excavated or dredged channels :		
Earth, straight and uniform	0.027	0.022 – 0.033
Earth, winding, fairly uniform	0.035	0.030 – 0.040
Rock	0.040	0.035 – 0.050
Dense vegetation	-	0.050 – 0.120
Unmaintained	0.080	0.050 – 0.012
Natural channels :		
Clean, straight	0.030	0.025 – 0.033
Clean, irregular	0.040	0.033 – 0.045
Weedy, irregular	0.070	0.050 – 0.080
Brush, irregular	-	0.070 – 0.160
Floodplains :		
Pasture, no brush	0.035	0.030 – 0.050
Brush, scattered	0.050	0.035 – 0.070
Brush, dense	0.100	0.070 – 0.160
Timber and brush	-	0.100 – 0.200

Source : ASCE (1982); Wurbs and James (2002); Bedient and Huber (2002).

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2.5 ค่าสัมประสิทธิ์ของแมนนิ่งในท่อลอด (Culverts)

Type of conduit	**Wall and joint description**	***n***
Concrete pipe	Good joints, smooth walls	0.011 – 0.013
	Good joints, rough walls	0.014 – 0.016
	Poor joints, rough walls	0.016 – 0.017
	Badly spalled	0.015 – 0.020
Concrete box	Good joints, smooth finished walls	0.012 – 0.015
	Poor joints, rough, unfinished walls	0.014 – 0.018
Spiral rib metal pipe	19-mm x 19-mm recesses at 30-cm spacing, good joints	0.012 – 0.013
Corrugated metal pipe,	68-mm x 13-mm annular corrugations	0.022 – 0.027
pipe arch, and box	68-mm x 13-mm helical corrugations	0.011 – 0.023
	150-mm x 25-mm helical corrugations	0.022 – 0.025
	125-mm x 25-mm corrugations	0.025 – 0.026
	75-mm x 25-mm corrugations	0.027 – 0.028
	150-mm x 50-mm structural plate	0.033 – 0.035
	230-mm x 64-mm structural plate	0.033 – 0.037
Corrugated polyethylene	corrugations	0.018 – 0.025
PVC	Smooth	0.009 – 0.011

Source : U.S. Federal Highway Administration (1985).

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2.6 สัมประสิทธิ์แทนค่าความหยาบของหน้าดินที่ต้านทานการไหล (นิพนธ์ ตั้งธรรม พ.ศ. 2527)

ลักษณะผิวดิน	ลักษณะสิ่งที่ทำให้เกิดแรงเสียดทาน	สัมประสิทธิ์ n
ก.ร่องน้ำที่ปราศจากพืชพรรณขึ้นปกคลุม	● หน้าตัดเท่ากันตลอด แนวความยาวไม่คดเคี้ยว ปราศจากก้อนกรวด และพืชพรรณในร่อง ดินเกิดจากหินตะกอนละเอียด ● หน้าตัดเท่ากันตลอด แนวความยาวไม่คดเคี้ยว ปราศจากก้อนกรวดและพืชพรรณในร่อง ดินเป็นดินเหนียวหนืบหรือชั้นดินดาน ● หน้าตัดเท่ากันตลอด แนวความยาวไม่คดเคี้ยว มีก้อนกรวดและหินเล็กๆ บ้างเล็กน้อย มีพืชขึ้นน้อยมาก เนื้อดินเป็น clay loam ● หน้าตัดผันแปรต่างกันบ้าง แนวความยาวค่อนข้างตรงมีก้อนหินเล็กน้อย มีหญ้าขึ้นตามขอบร่องน้ำ เนื้อดินเป็นพวกดินทรายและดินเหนียว รวมทั้งร่องน้ำที่มีการไถพรวนและทำความสะอาดใหม่ๆ ● ร่องน้ำที่ค่อนข้างคดเคี้ยว มีลอนคลื่นในท้องร่อง ดินมีก้อนกรวดก้อนหิน หรือพวกดิน Shale และมีริ้วรอยหยักๆ หรือพืชพรรณขึ้นอยู่สองฝั่งท้องร่อง ● ทั้งหน้าตัดและแนวยาวไม่สม่ำเสมอ และหินเล็กกองกระจัดกระจายกันหลวมๆ บนท้องร่องหรือมีพวกวัชพืชจำนวนมากปกคลุมสองฝั่งท้องร่อง หรือไม่ก็เป็นบริเวณที่ก้อนหินก้อนกรวดที่มีขนาดใหญ่มากถึง 15 เซนติเมตร ● ร่องน้ำที่ไม่สม่ำเสมอและพังทลายง่าย ร่องน้ำเต็มไปด้วยหินก้อนโต	0.016 0.018 0.012 0.0225 0.025 0.030 0.030
ข.ร่องน้ำที่ดาดหรือปกคลุมด้วยพืชพรรณ	● ดาดหรือปกคลุมด้วยหญ้าสั้นๆ (สูง 5-15 ซม.) ● ดาดหรือปกคลุมด้วยหญ้าสูงปานกลาง (สูง 15-20 ซม.) ● ดาดหรือปกคลุมด้วยหญ้าสูง (สูง 20-60 ซม.)	0.03-0.06 0.03-0.085 0.04-1.50
ค.ร่องน้ำธรรมชาติ	● ร่องน้ำธรรมชาติที่ตรงและสะอาด	0.025-0.060

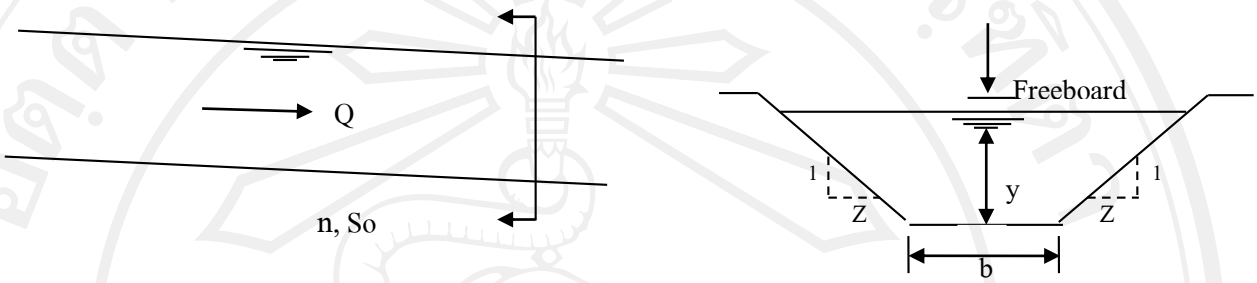
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.6 การออกแบบทางน้ำเปิด

หลักการในการออกแบบ (Design Principles) แบ่งเป็น 2 กรณี คือ Open channels ซึ่งดาดผิว (Lined Open channels) และ Open channels ซึ่งไม่ดาดผิว (Unlined Open channels)

2.6.1 การออกแบบ Lined Open channels (ไม่มีการกัดเซาะแต่อาจมีการตกตะกอน)

เพื่อป้องกันการตกตะกอน V (Mean velocity) > 0.76 ม/ว แสดงดังภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 การออกแบบ Lined Open channels

1) ขั้นตอนในการออกแบบประกอบด้วย

1.1) ทำการสำรวจภูมิประเทศและลักษณะกับชนิดของดิน บริเวณที่จะก่อสร้าง Open Channels ผ่าน

1.1.1) เพื่อเลือกค่า So ที่เหมาะสม

1.1.2) เพื่อเลือกค่า n และ z ที่เหมาะสม

1.2) ข้อมูลเกี่ยวกับการไหล คือ อัตราการไหล, Q

1.3) คำนวณหาค่า section Factor, $Z(= AR)^{\frac{2}{3}}$ จากสมการของแมนนิ่ง

1.3.1) $Q = \frac{1.49}{n} AR^{\frac{2}{3}} So^{\frac{1}{2}}$ ------ในระบบหน่วยอังกฤษ (10)

1.3.2) $Q = \frac{1}{n} AR^{\frac{2}{3}} So^{\frac{1}{2}}$ --------ในระบบหน่วย SI (11)

1.4) จากนั้นเลือกค่า $\frac{b}{y}$ ประมาณ 2 ถึง 6 นั่นคือ $2 \leq \frac{b}{y} \leq 6$

1.5) คำนวณ, A, P และR ของรูปตัดที่จะออกแบบ (สี่เหลี่ยมคางหมู) คือ

1.5.1) $A = (b+zy)y$

$P = b + 2y\sqrt{1+z^2}$

$R = \frac{A}{P} = \frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$ แล้วแต่กรณี แล้วแทนค่าลงในสมการที่ (10) หรือ (11)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.6) คำนวณหาค่า b และ y

1.7) แทนค่าหา A ออกมาเป็นตัวเลข

1.8) หา $V(=\frac{Q}{A})$ แล้วเปรียบเทียบกับค่า V allowable = 0.76 ม./ว

1.9) ถ้าใช้ได้เพิ่มระยะFreeboard (ประมาณ 5% ถึง 30% ของ y)

1.10) เขียนรูปตัดตามยาว และตามขวางของ Designed Section

2.6.2 การออกแบบ Unlined Open channels (มีการกัดเซาะได้แต่ต้องออกแบบป้องกันไว้)

วิธี Method of Maximum Permissible Velocity ค่า Maximum Permissible Velocity, Vmax.perm คือ ความเร็วเฉลี่ยสูงสุดในทางน้ำเปิด ซึ่งจะไม่ก่อให้เกิดการกัดเซาะต่อผิวส่วนใด ๆ ของทางน้ำนั้น แสดงค่าของ Manning's n และ Vmax.perm ของดินชนิดต่าง ๆ ดังตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 ค่าของ Manning's n และ Vmax.perm ของดินชนิดต่าง ๆ

ชนิดของดิน	n	Vmax.perm., ม/ว	
		น้ำใส	น้ำ+ตะกอนลอย
1. Fine sand, Colloidal	0.020	0.46	0.76
2. Sandy Loam, Non-colloidal	0.020	0.53	0.76
3. Sill Loam, Non-colloidal	0.020	0.61	0.91
4. Alluvial Silts, Non-colloidal	0.020	0.61	1.07
5. Ordinary Firm Loam	0.020	0.76	1.07
6. Volcanic Ash	0.020	0.76	1.07
7. Stiff Clay, Very Colloidal	0.025	1.14	1.52
8. Alluvial Silts, Colloidal	0.025	1.14	1.52
9. Shales and Hardpans	0.025	1.83	1.83
10. Fine Gravel	0.025	0.76	1.52
11. Graded Loam to Cobbles, Non-colloidal	0.030	1.14	1.52
12. Graded silts to Cobbles, Colloidal	0.030	1.22	1.68
13. Coarse Gravel, Non-colloidal	0.035	1.22	1.83
14. Cobbles and Shingles	0.035	1.52	1.68

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

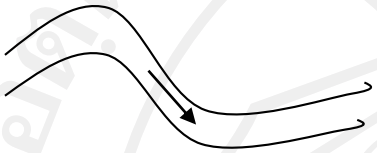
การลดค่า Vmax.perm จากตารางที่ 2.7 ลงเนื่องจากความคดเคี้ยวของทางน้ำ

1) ทางน้ำซึ่งมีแนวคดเคี้ยวเล็กน้อย (Slightly Sinuous Channels)

ลดค่า Vmax.perm ลง 5%

นั่นคือ V'max.perm. = 0.95 Vmax.perm

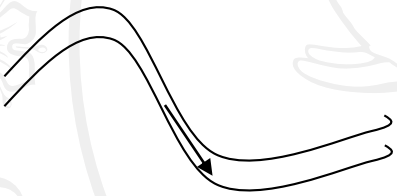
2) ทางน้ำซึ่งมีแนวคดเคี้ยวปานกลาง (Moderately Sinuous Channels,



ลดค่า Vmax.perm. ลง 13%

นั่นคือ V'max.perm. = 0.87 Vmax.perm.

3) ทางน้ำซึ่งมีแนวคดเคี้ยวมาก (Very Sinuous Channels)



ลดค่า Vmax.perm. ลง 25%

นั่นคือ V'max.perm. = 0.78 Vmax.perm.

ขั้นตอนในการออกแบบทางน้ำเปิดซึ่งมีการกัดเซาะ มีดังต่อไปนี้คือ

1) จากการสำรวจลักษณะภูมิประเทศ และชนิดของดินฯ เลือกใช้ค่า n, z, so และ Vmax.perm. (รวมทั้ง V'max.perm.) ที่เหมาะสม
2) คำนวณหาค่า Hydraulic Radius ของทางน้ำเปิดที่ต้องการ, R จากสมการแมนนิง ในรูปแบบของความเร็วคือ

2.1) $V (= V'\text{max.perm.}) = \frac{1.49}{n} R^{\frac{2}{3}} So^{\frac{1}{2}}$ .... ในระบบหน่วยอังกฤษ (12)

2.2) $V (= V'\text{max.perm.}) = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} So^{\frac{1}{2}}$....ในระบบหน่วย SI (13)

3) คำนวณหาค่าพื้นที่หน้าตัดของทางน้ำเปิดที่ต้องการ, A

$$A = \frac{Q}{V'\text{max.perm.}} \quad (14)$$

4) คำนวณหาค่า Wetted Perimiter ของทางน้ำเปิดที่ต้องการ, P

$$P = \frac{A(\text{จากขั้นตอนที่ } 3)}{R(\text{จากขั้นตอนที่ } 2)} \quad (15)$$

5) จากตาราง Hydraulic Properties ของรูปตัดทรงเรขาคณิตต่างๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$$A = (b+zy)\, y \quad (16)$$

$$P = b + 2y\sqrt{1+z^2} \quad (17)$$

6) หาค่า b และ y จากสมการที่ (16) และ (17)

7) เพิ่มค่า Freeboard, F ตามข้อกำหนด คือระหว่าง 0.05y ถึง 0.10

8) เขียนรูปตัดตามยาว และตามขวางของ Designed Section.

2.7 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (2555) ได้ดำเนินการพัฒนาระบบศูนย์กลางข้อมูลสารสนเทศด้านการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำจังหวัดเชียงใหม่ ที่เชื่อมโยงใช้งานผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต และจัดทำฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์สิ่งกีดขวางทางน้ำในแม่น้ำคูคลองของจังหวัดเชียงใหม่ ผลดำเนินงานพบว่า ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ได้จากโครงการ นำมาพัฒนาร่วมกับข้อมูลแผนที่ฐานจังหวัดเชียงใหม่หรือแผนที่อื่นที่ทันสมัย หน่วยงานสามารถเชื่อมโยงข้อมูลโดยการป้อนข้อมูลผ่านระบบอินเทอร์เน็ตทั้งข้อมูลเชิงบรรยายและเชิงพื้นที่ได้โดยตรง และบันทึกข้อมูลกลับสู่ระบบเพื่อเปรียบเทียบหรือวิเคราะห์ข้อมูลร่วมกัน ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ 1) การออกแบบทางวิศวกรรมในการแก้ปัญหาของ 5 พื้นที่ต้นแบบ ได้แก่ แบบรายละเอียดการก่อสร้าง บัญชีแสดงรายการปริมาณวัสดุและราคาค่าก่อสร้าง (Bill of Quantities) 2) การกำหนดรูปแบบการวางแผนแก้ไขปัญหากีดขวางทางน้ำ เพื่อสร้างเป็นต้นแบบการอนุรักษ์และพัฒนาแม่น้ำคูคลองเป็นแหล่งเรียนรู้ และขยายผลในพื้นที่อื่นของจังหวัดเชียงใหม่ต่อไป นอกจากนี้ (ศราวุธ พงษ์ลี้รัตน์, 2549) ยังพัฒนาโปรแกรม GIS-CM ซึ่งนำเสนอข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์เชื่อมโยงกับกลุ่มข้อมูล 45 ฐานด้านกายภาพ เศรษฐกิจ สังคม ทรัพยากรธรรมชาติ และการบริหารงานของจังหวัดเชียงใหม่ที่มีความสามารถในการสอบถามข้อมูล การสืบค้นข้อมูล การแสดงสารสนเทศในรูปแบบของกราฟ และการสร้างแผนที่เฉพาะเรื่อง เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจของผู้บริหารในศูนย์ปฏิบัติการห้องบัญชาการยุทธศาสตร์ จังหวัดเชียงใหม่

จีราวรรณ บุญเพิ่ม ปลัดกระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารหรือ ไอซีที กล่าวว่า การพัฒนาระบบ GIS ที่ผ่านมาได้มีการประสานงานร่วมกันระหว่างหลายหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในลักษณะของการพิจารณาหลายกรอบการทำงาน โดยนำข้อมูลของสำนักงานสถิติมาบรรจุในระบบ GIS ในทุกมิติ ตั้งแต่ข้อมูลระดับตำบล ระดับเขต เพื่อให้ทราบถึงโครงสร้างทางภายภาพความเป็นอยู่ของประชากร เพื่อให้เห็นภาพรวมของปัญหา เช่น บ้านหลังไหนตั้งอยู่ในลักษณะขวางทางน้ำ หรืออยู่ในทำเลที่ไม่เหมาะสม ระบบ GIS จะมีข้อมูลเหล่านี้ เพื่อประเมินการใช้สถานที่อย่างไรก็ตามการที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ระบบ GIS จะเห็นข้อมูลเชิงลึกทุกพิกัด จะต้องเป็นระบบที่เป็นมาตรฐานเดียวกัน เพราะจะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการวางแผนการช่วยเหลือผู้ประสบภัย การเยียวยาพื้นที่เสียหายและวางแผนป้องกันรับมือภัยพิบัติรวมทั้งอุทกภัยที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต (ระบบออนไลน์17 กันยายน – 23 กันยายน พ.ศ.2555)http://www.tjinnovation.com/ Section.php?cat=28&id=798)

ภัทรพร สังข์คง (2548)ได้ศึกษาแนวทางป้องกันและบรรเทาปัญหาอุทกภัยในเขตเทศบาลเมืองนครนายก โดยใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์และการใช้แบบสอบถาม ผลการศึกษาคือแนวทางป้องกันและบรรเทาปัญหาอุทกภัยโดยใช้โครงสร้าง ได้แก่ การปรับปรุงทางระบายน้ำ การขุดลอก คูคลอง ร่องน้ำ การสร้างอ่างเก็บน้ำใกล้แม่น้ำ ส่วนการป้องกันที่ไม่ใช้โครงสร้าง ได้แก่ การปรับปรุงระบบพยากรณ์ล่วงหน้า การฝึกซ้อมอพยพเพื่อเตรียมรับอุทกภัยที่จะเกิดขึ้นและการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตให้เหมาะสมที่สุด เพื่อรองรับการพัฒนาเมือง เพื่อลดปัญหาความเสียหายจากอุทกภัยให้น้อยที่สุด

สมบัติ อยู่เมือง (2548) ได้ประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์(GIS) และข้อมูลจากการสำรวจระยะไกล(Remote sensing) เพื่อบริหารจัดการภัยพิบัติที่เกิดขึ้นจากดินถล่ม-น้ำปนตะกอนป่า-น้ำหลากและน้ำท่วมขังในพื้นที่ภาคเหนือ ปีพ.ศ.2549 ไว้ว่า 1.การป้องกัน(Prevent) 2.การเตรียมการ (Preparation) 3.การปฏิบัติการในช่วงวิกฤต(Crisis) และ 4.การประเมินความเสียหาย (Assess) หลังเกิดวิกฤต(Port Crisis)

สุพรรณ กาญจนสุธรรม (2534) ได้กล่าวว่า ข้อมูล คือ ค่าสังเกต ค่าที่ได้จากการจัดการบันทึกคุณสมบัติของวัตถุ ค่าต่าง ๆ เหล่านี้ไม่มีความหมายถ้าไม่ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลที่ดีจะต้องเกี่ยวข้องกับงานที่ทำ แม่ยำถูกต้อง และทันต่อเหตุการณ์ ข้อมูลที่ได้แปลความหมายแล้วเรียกว่าสารสนเทศ (information) ผู้บริหารอาจจะนำข้อมูลที่บันทึกไว้มากกลั่นกรองเป็นสารสนเทศก่อน เช่น โดยการหาค่าเฉลี่ย เปรียบเทียบข้อมูลปัจจุบันกับอดีตหาความเบี่ยงเบน และความแปรปรวน เป็นต้น ความสำคัญของสารสนเทศทำให้ผู้บริหารเข้าใจในการดำเนินงานของตนเอง และเมื่อทราบแล้วก็สามารถตัดสินใจว่าจะต้องทำอะไรต่อไป โดยในทางภูมิศาสตร์แบ่งประเภทข้อมูลออกเป็น 2 ประเภท คือ

1) ข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial data) เป็นข้อมูลที่สามารถอ้างอิงกับตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ (Georeferenced Data) ซึ่งลักษณะข้อมูลเชิงพื้นที่แบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1.1) แบบจำลองข้อมูลราสเตอร์ (raster data model) คือ จุดของเซลที่อยู่ในแต่ละช่วงสี่เหลี่ยม (grid) โครงสร้างของราสเตอร์จะประกอบด้วยชุดของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ช่องกริด (grid cell) บางครั้งจะเรียกว่า จุดภาพ (pixel) หรือองค์ประกอบของภาพ (picture element cell) โดยข้อมูลแบบราสเตอร์เป็นข้อมูลที่อยู่บนพิกัดรูปตารางแถวนอนและแถวตั้งซึ่งแต่ละช่องกริดอ้างอิง โดยแถวและสดมภ์ภายในช่องกริดจะมีทั้งตัวเลขหรือภาพข้อมูลราสเตอร์ ความสามารถแสดงรายละเอียดของข้อมูลราสเตอร์ขึ้นอยู่กับขนาดช่องกริด ณ จุดพิกัดที่ประกอบขึ้นเป็นฐานข้อมูลแสดงตำแหน่งนั้น ซึ่งข้อมูลประเภทราสเตอร์มีข้อได้เปรียบในการใช้ทรัพยากรระบบคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพดีกว่าช่วยให้สามารถจะทำการวิเคราะห์ได้รวดเร็ว ข้อมูลราสเตอร์อาจแปรรูปมาจากข้อมูลเวกเตอร์ หรือแปลงจากราสเตอร์ไปเป็นเวคเตอร์ แต่เห็นได้ว่าจะมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นระหว่างการแปรรูปข้อมูล ข้อมูลเชิงพื้นที่สามารถแสดงสัญลักษณ์ได้ 3 สัญลักษณ์ (features) คือ

1.1.1) จุด (point) ได้แก่ ที่ตั้งหมู่บ้าน ตำบล อำเภอ จุดตัดของถนนจุดตัดของแม่น้ำ เป็นต้น

1.1.2) เส้น (line) ได้แก่ ถนน ลำคลอง แม่น้ำ เป็นต้น

1.1.3) พื้นที่หรือรูปหลายเหลี่ยม (area or polygons) ได้แก่ พื้นที่เพาะปลูก พื้นที่ป่า ขอบเขตอำเภอ ขอบเขตจังหวัด เป็นต้น

1.2) แบบจำลองข้อมูลเวคเตอร์ (vector data model) โดยที่ตัวแทนของเวคเตอร์นี้อาจแสดงด้วย จุด เส้น หรือพื้นที่ ซึ่งถูกกำหนดโดยจุดพิกัด โดยข้อมูลประกอบด้วยจุดพิกัดทางแนวราบ (X, Y) และ/ หรือ แนวดิ่ง (Z) หรือระบบพิกัดคาร์เตเซียน (Cartesian Coordinate System) ถ้าเป็นพิกัดตำแหน่งเดียวก็จะเป็นค่าของจุดถ้าจุดพิกัดสองจุด หรือมากกว่าก็เป็นเส้น ส่วนพื้นที่นั้นจะต้องมีจุดมากกว่า 3 จุดขึ้นไป และจุดพิกัดเริ่มต้นและจุดพิกัดสุดท้าย จะต้องอยู่ในตำแหน่งเดียวกัน ข้อมูลเวคเตอร์ ได้แก่ ถนน แม่น้ำ ลำคลอง ขอบเขตการปกครอง

2) ข้อมูลที่ไม่ใช่เชิงพื้นที่ (non-spatial data) เป็นข้อมูลเกี่ยวข้องกับคุณลักษณะต่าง ๆ ในพื้นที่นั้น ๆ (attributes) ได้แก่ ข้อมูลการถือครองที่ดิน ข้อมูลปริมาณธาตุอาหารในดิน ข้อมูลเกี่ยวกับสภาวะเศรษฐกิจและสังคม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อุดม เอกตาแสง (2542) ได้ให้แนวคิดเกี่ยวกับภัยธรรมชาติ ไว้ว่าภัยธรรมชาติเกิดขึ้นจากการผันแปรของสภาวะแวดล้อมตามธรรมชาติ ซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายต่อชีวิต ร่างกาย จิตใจ ตลอดจนทรัพย์สินและสิ่งของต่างๆเป็นจำนวนมาก ภัยธรรมชาติมีหลายชนิดแต่ที่พบได้ทั่วไป ได้แก่ อุทกภัย วาตภัย และภัยจากแผ่นดินไหว

Ahmed Abukhater: กล่าวว่า GIS ช่วยให้เราเข้าใจโลกของเราเพื่อให้เราสามารถตอบสนองความท้าทายของโลก โดยใช้สิ่งที่เรารู้ของวิทยาศาสตร์และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อสิ่งที่เราไม่ทราบว่าเราจะได้รับสิ่งที่เราจำเป็นต้องรู้จริงๆ วิธีการเพิ่มคุณภาพของชีวิตและบรรลุอนาคตที่ดีกว่า ปัญหาเหล่านี้มีพื้นที่ในธรรมชาติและต้องใช้เครื่องมือเชิงพื้นที่และเชิงพื้นที่คิด ESRI ของอาเหม็ด Abukhater ระบุว่า GIS เป็นเครื่องมือที่สำคัญสำหรับนักวางแผนที่พวกเขาวางแผนกับคนในแต่ละวัน ผู้กำหนดนโยบายความปรารถนาที่จะบรรลุเงื่อนไขในอนาคตที่ต้องการ โดยมีสองปัจจัยของการแข่งขันซึ่งจะสร้างวิกฤตการณ์ด้านสิ่งแวดล้อมและสังคมอย่างต่อเนื่อง ที่แรกก็คือธรรมชาติของโลกที่มีพื้นที่อ่อนไหวของตนและทรัพยากรที่ จำกัด ประการที่สองคือการปล่อยของมนุษย์ที่มีประชากรขยายที่กำลังคุกคามหลายของทรัพยากร การรวมกันของปัจจัยเหล่านี้ส่งผลในปัญหาผังเมืองและสภาพแวดล้อมที่ซับซ้อนมาก (ระบบออนไลน์:http://www.directionsmag.com/articles/gis-for-planning-and-community-development-solving-global-challenges/149245)

Croswell-Schulte ให้การสนับสนุนในทุกด้านของการออกแบบฐานข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการพัฒนา การดำเนินการและบูรณาการ ซึ่งการทำงานขึ้นอยู่กับ: ความคุ้นเคยกับการใช้องค์กรของข้อมูล และวิธีการที่จะสนับสนุนโปรแกรม และกระบวนการทางธุรกิจโดยรายละเอียดของโครงสร้างข้อมูลเชิงพื้นที่ และมาตรฐานทางเทคนิค ความเชี่ยวชาญกับ GIS ในการเก็บข้อมูลและวิธีการแปลงข้อมูล เครื่องมือ รูปแบบข้อมูล และสถาปัตยกรรม การสนับสนุนจากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ชั้นนำ และผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ฐานข้อมูลใช้การสร้างแบบจำลองข้อมูลที่เหมาะสมและเครื่องมือการออกแบบ ทำให้การใช้เทคนิครัฐ-of-the-art และเครื่องมือการสร้างแบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาฐานข้อมูลที่มีแพคเกจซอฟต์แวร์หลัก ผลิตภัณฑ์ที่เฉพาะเจาะจงจากการให้บริการการออกแบบฐานข้อมูลของเราประกอบด้วย a) แหล่งที่มาของข้อมูลประจำตัวประชาชน, b) ตรรกะ (นิติบุคคลที่ความสัมพันธ์)แบบจำลองข้อมูล, c) ความหมายของชนิดข้อมูลรูปแบบและความสัมพันธ์เชิงพื้นที่, d) การออกแบบทางกายภาพของฐานข้อมูลคุณลักษณะรวมทั้งปุ่มฐานข้อมูลและ การออกแบบเนื้อหา Metadata องค์ประกอบของข้อมูลข้อ จำกัด ของข้อมูลและโดเมนความสัมพันธ์ของตาราง, e) เกณฑ์คุณภาพฐานข้อมูล, f) บริการของเราที่อยู่ส่วนที่สำคัญทั้งหมดของการออกแบบฐานข้อมูลการพัฒนาและรอบการบำรุงรักษา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Cynthia A. Baumann, PE, BCEE:อธิบายวิธีการทางภูมิศาสตร์ข้อมูลเครื่องมือ (GIS) ระบบสนับสนุนการแก้ปัญหาน้ำท่วม GIS ไม่เพียง แต่อำนวยความสะดวกในการพัฒนารูปแบบและการวิเคราะห์ แต่มันก็ยังเป็นสิ่งสำคัญในการช่วยให้ประชาชนในท้องถิ่นและวิศวกรเทศบาลเข้าใจสาเหตุของน้ำท่วมความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและผลกระทบพื้นที่น้ำท่วมและการเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้นในน้ำท่วม เพื่อให้การประเมินผลการระบายน้ำเพื่อระบายน้ำหกแหล่งต้นน้ำที่เป็นเสียง Long Island, ประมาณ 26, 000 เอเคอร์ รุ่นอุทกวิทยาและไฮดรอลิละเอียดถูกพัฒนาขึ้นเพื่อลุ่มน้ำแต่ละที่จะเข้าใจปัญหาน้ำท่วมในปัจจุบันและระบุการปรับปรุงที่จะบรรเทาน้ำท่วม ใช้ทำแผนที่ GIS ของเมืองที่จะสร้างส่วนข้ามแม่น้ำและน้ำท่วม extents แผนที่จำลอง ArcHydro ก็ยังใช้เพื่อวิเคราะห์และกำหนดแหล่งต้นน้ำเส้นทางการไหลที่ยาวที่สุด สอบเทียบจากรูปแบบเงื่อนไขที่มีอยู่บนพื้นฐานของเหตุการณ์น้ำท่วมที่เกิดขึ้นจริงในเดือนเมษายน 2007

Droegmeier et al (2000) กล่าวว่าภัยพิบัติทางธรรมชาติในหมู่จำนวนมากที่ส่งผลกระทบต่อกิจกรรมของมนุษย์และอุตสาหกรรมในสหรัฐอเมริกาในแต่ละปีรวมทั้งพายุทอร์นาโดเฮอริเคนอุณหภูมิสูงและฟ้าผ่าน้ำท่วมอยู่ในหมู่ที่สุดรุนแรงและอันดับที่สองที่สูงที่สุดในการก่อให้เกิดการสูญเสีย ของชีวิต เพราะผลกระทบร้ายแรงที่เกิดจากน้ำท่วมทำนายและการประเมินผลจากภาวะน้ำท่วมที่อาจเกิดขึ้นในพื้นที่โดยเฉพาะอย่างยิ่งเป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องดำเนินการเพื่อบรรเทาความเสียหายที่อาจเกิดเกิด กระบวนการนี้ไม่ได้เล็กน้อยเพราะมันเกี่ยวข้องกับวิธีการที่ซับซ้อนและต้องใช้ข้อมูลจำนวนมาก Droegmeier et al ประสบความสำเร็จใน การสร้างแบบจำลองสถานการณ์น้ำท่วมโดยใช้ ANNs และไฮดรอลิ GIS ตาม ANNs ในการพัฒนาแม่น้ำต้นน้ำไหลล่องแม่น้ำไหลจากความสัมพันธ์การไหลของข้อมูลทางประวัติศาสตร์

Maria Isabel Andrade และลอร่า Estefania Iezzi กล่าวว่าเรามุ่งเน้นในสองของส่วนประกอบของทฤษฎีสังคมของความเสี่ยง: ความไม่แน่นอนและความเสี่ยงซึ่งเป็นหัวใจสำคัญในการกำหนดค่าของดินแดนการบริหารความเสี่ยงน้ำท่วม ขาดข้อมูลข่าวสารของราชการในภูมิภาคให้เห็นความจำเป็นที่จะมองหาข้อมูลจากแหล่งข้อมูลทางการ เป็นที่ชัดเจนแล้วว่าวิทยาศาสตร์ปกติไม่สามารถแก้ไข ซึ่งวิธีที่จะใช้เมื่อการบริหารละเลยประเด็นที่สำคัญสถานที่เหล่านี้เป็นความเสี่ยงที่จะเกิดน้ำท่วม เราวิเคราะห์การจัดการของความไม่แน่นอนเป็นปัจจัยควบคุมของช่องโหว่ทางสังคมที่มีต่อปรากฏการณ์น้ำท่วมและบทบาทเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาภูมิภาค เราพิจารณาว่าน้ำท่วมไม่เพียงแต่ปรากฏการณ์ธรรมชาติ แต่มีมิติของมนุษย์ที่แข็งแกร่ง วิธีการของเราเป็นหมู่ที่มีการใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved