



การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
เพื่อวิเคราะห์การชะล้างพังทลายของดิน

APPLICATION OF ANN AND GIS FOR SOIL EROSION ANALYSIS

เชษฐา ปัญญารักกิจ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2566

การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
เพื่อวิเคราะห์การชะล้างพังทลายของดิน



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิสารสนเทศ
คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2566
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

APPLICATION OF ANN AND GIS FOR SOIL EROSION ANALYSIS



CHEDITA PANYARUKKIT

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of MASTER OF SCIENCE
(Geoinformatics)

Faculty of Social Sciences, Srinakharinwirot University

2023

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

เพื่อวิเคราะห์การชะล้างพังทลายของดิน

ของ

เชษฐา ปัญญารักกิจ

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิสารสนเทศ

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก	 ประธาน
(อาจารย์ ดร.ธีรเวทย์ ลิ้มโกลลวิลาศ)	(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัทมพร วงศ์วิริยะ)
..... ที่ปรึกษาร่วม	 กรรมการ
(ดร.กวรรณ อาภาเลิศ)	(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อสมมาตรณ์ สิทธิ)

ชื่อเรื่อง	การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์การชะล้างพังทลายของดิน
ผู้วิจัย	เชษฐา ปัญญารักกิจ
ปริญญา	วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต
ปีการศึกษา	2566
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. ธีรเวทย์ ลิ้มโกมลวิลาส
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ดร. กรวรรณ อาจเลิศ

การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks : ANN) ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information Systems : GIS) ในการพยากรณ์การชะล้างพังทลายของดิน โดยใช้ปัจจัยทางกายภาพที่เกี่ยวข้องในการวิเคราะห์ผล ได้แก่ ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ข้อมูลกลุ่มชุดดิน ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 30 ปี ข้อมูลระดับความสูง และข้อมูลความลาดชัน ร่วมกับการลงพื้นที่เก็บข้อมูลการชะล้างพังทลายของดินโดยใช้หมุดปักเพื่อหาค่าปริมาณดินที่ถูกชะล้าง โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการเตรียมข้อมูลปัจจัยต่างๆ ให้อยู่ในรูปแบบของข้อมูลเชิงพื้นที่ และวิเคราะห์ผลโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม ทำการศึกษาในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยคลองลานจังหวัดกำแพงเพชร ในช่วงเดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2564 ผลการศึกษาพบพื้นที่เสี่ยงตามระดับความรุนแรงแบ่งเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่ น้อยมาก น้อย ปานกลาง รุนแรง และรุนแรงมาก มีขนาดพื้นที่เท่ากับ 79.14, 8.05, 23.7, 0.38, และ 18.12 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ

คำสำคัญ : โครงข่ายประสาทเทียม, หมุดติดตามการชะล้าง, การชะล้างพังทลายของดิน

Title	APPLICATION OF ANN AND GIS FOR SOIL EROSION ANALYSIS
Author	CHETA PANYARUKKIT
Degree	MASTER OF SCIENCE
Academic Year	2023
Thesis Advisor	Dr. Teerawate Limgomonvilas
Co Advisor	Dr. Korawan Artlert

This study employed Artificial Neural Networks (ANN) integrated with Geographic Information Systems (GIS) for the purpose of forecasting soil erosion. The analysis incorporates various physically relevant factors, encompassing land use patterns, soil group classifications, 30-year average rainfall data, elevation measurements, and slope information. Additionally, soil erosion data was collected using pinpoint measurements to quantify erosion levels. Geographic Information Systems were employed to compile and structure diverse factors into spatial data for subsequent analysis utilizing ANN. The study focuses on the Khlonglan sub-basin in Kamphaengphet, where data was collected from May to December 2021. The resulting risk areas are categorized into five distinct levels: very low risk, low risk, medium risk, high risk, and very high risk. The corresponding areas (in sq km) were 79.14, 8.05, 23.7, 0.38, and 18.12, respectively.

Keyword : Artificial neural networks, Erosion pins, Soil erosion

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความสะดวกตากรุณาช่วยเหลือ และความเอาใจใส่อย่างดี ยิ่งตลอดจนการให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับการปรับแก้ไขข้อบกพร่อง จากคณะกรรมการผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความสะดวกตากรุณาจากอาจารย์ ดร.ธีรเวทย์ ลิ้มโกมลวิลาศ ได้ให้ความเมตตากรุณาเป็นที่ปรึกษาและให้ความช่วยเหลือชี้แนะแนวทางในสิ่งที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษากิจและการทำปริญญานิพนธ์นี้ด้วยความเอาใจใส่ตลอดมา รวมทั้ง ดร.กวรรณ อาจเลิศ ที่กรุณาให้ข้อเสนอแนะต่าง ๆ เพิ่มเติมแก่ผู้วิจัย ทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็น อย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์และกรรมการบริหารหลักสูตรสาขาภูมิสารสนเทศ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒทุกท่าน ที่ได้กรุณาประสิทธิ์ประสาท ความรู้ต่าง ๆ ให้แก่ผู้วิจัย ตลอดจนให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒที่ทำให้ งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณพี่ๆ และเพื่อน ๆ สาขาวิชาภูมิสารสนเทศ รวมถึงบุคคลอีกหลายท่าน ที่ไม่ได้กล่าวนามไว้ ณ ที่นี้ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้กับผู้วิจัยมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอโน้มรำลึกถึงคุณของบิดามารดาและครูอาจารย์ ที่อบรมสั่งสอนให้ความรู้เป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนผู้วิจัยด้วยดีตลอดมา

เชษฐา ปัญญารักกิจ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูปภาพ	ฐ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของงานวิจัย	2
ความสำคัญของการวิจัย.....	2
ขอบเขตการวิจัย.....	3
นิยามศัพท์เฉพาะ	3
กรอบแนวความคิด	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
1. ข้อมูลทั่วไปของพื้นที่ศึกษา.....	5
1.1 ที่ตั้งและอาณาเขต	5
1.2 สภาพภูมิอากาศ.....	5
1.3 กลุ่มชุดดิน	8
2. การชะล้างพังทลายของดิน.....	11
2.1 ประเภทของการชะล้างพังทลายของดิน.....	11
2.2 กระบวนการชะล้างพังทลายของดิน.....	11

2.3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการชะล้างพังทลายของดิน	12
2.4 การชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย.....	14
2.5 ผลกระทบจากการชะล้างพังทลายของดิน	16
3. การวางแผนทดลอง และหมุดการชะล้างดิน	16
4. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์.....	17
4.1 องค์ประกอบของ GIS (Components of GIS).....	17
4.2 ลักษณะข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์.....	18
4.3 เทคนิคและวิธีการนำเข้าข้อมูล	18
5. เทคนิคการประมาณค่าช่วง (Interpolation)	19
6. สมการการสูญเสียดินสากล Universal Soil Loss Equation (USLE)	20
6.1 การประเมินค่าปัจจัยการชะล้างพังทลายของฝน.....	22
6.2 การประเมินค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน	23
6.3 การประเมินค่าปัจจัยความลาดชันของพื้นที่	29
6.4 การประเมินค่าปัจจัยการจัดการพืช	32
6.5 การประเมินค่าปัจจัยการปฏิบัติป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน.....	33
7. โครงข่ายประสาทเทียม Artificial Neural Networks (ANNs)	33
7.1 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม และส่วนประกอบสำคัญ	36
7.2 อัลกอริทึมของโครงข่ายประสาทเทียม (Neuron Network Algorithm)	37
6.2.1 การส่งข้อมูลไปข้างหน้า (Forward Propagation).....	37
6.2.2 การส่งข้อมูลย้อนกลับ (Forward Propagation)	39
7.3 ตัวอย่างปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการวิเคราะห์การชะล้างพังทลายของดิน.....	41
8. การประเมินค่าความผิดพลาดจากการวิเคราะห์	42

9.โปรแกรม IDRISI	43
10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	44
10.1 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการชะล้างพังทลายของดิน	44
10.2 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการหาการชะล้าง พังทลายของดิน.....	45
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	46
1. ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา	46
2. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา	46
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	47
4. การวิเคราะห์ข้อมูล	49
4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสมการสูญเสียดินสากล USLE	49
4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโครงข่ายประสาทเทียม ANN	52
5. วิเคราะห์ผลลัพธ์ของข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์.....	53
6. การนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์	53
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	54
1.วิเคราะห์ค่าปัจจัยการชะล้างพังทลายของฝน (R – factor)	54
2.วิเคราะห์ค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (K – factor)	56
3.วิเคราะห์ค่าปัจจัยความลาดชันของพื้นที่ (L – factor , S - factor).....	57
4. วิเคราะห์ค่าปัจจัยการจัดการพืช (C - factor)	59
5. วิเคราะห์ค่าปัจจัยการปฏิบัติป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน (P - factor)	61
6. วิเคราะห์การชะล้างพังทลายของดินด้วยสมการสูญเสียดินสากล USLE	63
7. วิเคราะห์การชะล้างพังทลายของดินด้วยโครงข่ายประสาทเทียม ANN	65
8. เปรียบเทียบผลลัพธ์ของข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ในบริเวณจุดตรวจสอบผล.....	68

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	71
สรุปผลการวิจัย	71
อภิปรายผลการวิจัย.....	72
ข้อเสนอแนะ	73
บรรณานุกรม	75
ภาคผนวก.....	77
ภาคผนวก ก เอกสารขออนุญาตเข้าร่วมทำการศึกษาหรือวิจัยทางวิชาการในพื้นที่ป่าอนุรักษ์.....	78
ภาคผนวก ข ตำแหน่งเก็บข้อมูลภาคสนาม	83
ภาคผนวก ค ตาราง ค่าปัจจัยรวม C,P-factor	99
ประวัติผู้เขียน.....	110

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 ตารางการจัดระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย.....	14
ตาราง 2 ค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดินในแต่ละภูมิภาคประเทศไทย....	25
ตาราง 3 ค่า K ของหน่วยธรณีวิทยาจำแนกตามภูมิภาคของประเทศไทย	26
ตาราง 4 ค่าปัจจัยรวม LS-factor ของชั้นความลาดชันตามแผนที่กลุ่มชุดดิน.....	32
ตาราง 5 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องของการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมเพื่อหาการชะล้างพังทลายของดิน	42
ตาราง 6 ตารางจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละตำแหน่งของจุดเก็บข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์.....	47
ตาราง 7 ตารางจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละตำแหน่งของจุดเก็บข้อมูลสำหรับการตรวจสอบความถูกต้อง	48
ตาราง 8 ตารางแสดงขนาดพื้นที่ของค่าปัจจัยการชะล้างพังทลายของฝน (R – factor).....	55
ตาราง 9 ตารางแสดงขนาดพื้นที่ของค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (K – factor)	56
ตาราง 10 ตารางแสดงขนาดพื้นที่ของค่าปัจจัยความลาดชันของพื้นที่ (L – factor , S - factor)	58
ตาราง 11 ตารางแสดงขนาดพื้นที่ของค่าปัจจัยการจัดการพืช (C - factor).....	60
ตาราง 12 ตารางแสดงขนาดพื้นที่ของค่าปัจจัยการปฏิบัติป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน (P - factor).....	62
ตาราง 13 ตารางการชะล้างพังทลายของดินวิเคราะห์ด้วยสมการสูญเสียดินสากล USLE.....	64
ตาราง 14 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์การชะล้างพังทลายของดินด้วยสมการสูญเสียดินสากล USLE ตามระดับความรุนแรงจำแนกตามประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	64
ตาราง 15 ตารางการชะล้างพังทลายของดินวิเคราะห์ด้วยการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียม	66

ตาราง 16 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์การชะล้างพังทลายของดินด้วยการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียม ตามระดับความรุนแรงจำแนกตามประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน.....	67
ตาราง 17 ตารางแสดงค่าปัจจัย และผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ในบริเวณจุดตรวจสอบความถูกต้องทั้ง 12 จุด	68
ตาราง 18 ตาราง ค่าปัจจัยรวม C,P-factor ของค่าปัจจัยการจัดการพืช และค่าปัจจัยการปฏิบัติป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน	100



สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพประกอบ 1 แผนที่แสดงขอบเขตพื้นที่ศึกษากลุ่มน้ำคลองลาน	7
ภาพประกอบ 2 แผนที่แสดงกลุ่มชุดดินในพื้นที่ศึกษา	10
ภาพประกอบ 3 แผนที่แสดงการสูญเสียดินในประเทศไทย	15
ภาพประกอบ 4 แผนภาพ Nomograph สำหรับประเมินค่า K – factor	24
ภาพประกอบ 5 เปรียบเทียบการทำงานระหว่าง Machine Learning กับ Deep Learning	34
ภาพประกอบ 6 โครงข่ายประสาทเทียม	35
ภาพประกอบ 7 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม และส่วนประกอบสำคัญ	36
ภาพประกอบ 8 อัลกอริทึมของโครงข่ายประสาทเทียม (Neuron Network Algorithm).....	37
ภาพประกอบ 9 ภาพรวมกระบวนการ	40
ภาพประกอบ 10 ชั้นกลางหรือชั้นซ่อน (Hidden Layer)	41
ภาพประกอบ 11 ภาพเครื่องมือ MLP - Multi-Layer Perceptron Classifier ในโปรแกรม IDRISI	43
ภาพประกอบ 12 แผนที่แสดงตำแหน่งจุดเก็บข้อมูลภาคสนาม	49
ภาพประกอบ 13 ภาพตัวอย่างโปรแกรม IDRISI และการวิเคราะห์แบบ MLP.....	52
ภาพประกอบ 14 แผนที่ค่าปัจจัยการชะล้างพังทลายของฝน (R – factor)	55
ภาพประกอบ 15 แผนที่ค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (K – factor)	57
ภาพประกอบ 16 แผนที่ค่าปัจจัยความลาดชันของพื้นที่ (L – factor , S - factor)	58
ภาพประกอบ 17 แผนที่ค่าปัจจัยการจัดการพืช (C - factor).....	61
ภาพประกอบ 18 แผนที่ค่าปัจจัยการปฏิบัติป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน (P - factor).....	62
ภาพประกอบ 19 แผนที่การชะล้างพังทลายของดินด้วยสมการสูญเสียดินสากล USLE.....	65
ภาพประกอบ 20 แผนที่การชะล้างพังทลายของดินด้วยโครงข่ายประสาทเทียม ANN	67

ภาพประกอบ 21 กราฟแสดงผลในตำแหน่งตรวจสอบผลจากการวิเคราะห์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียม (ANN) ผลการวิเคราะห์ด้วยสมการสูญเสียดินสากล (USLE) และข้อมูลภาคสนามจากหมุดสำหรับตรวจสอบความถูกต้อง (Validation pin)	69
ภาพประกอบ 22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลการวิเคราะห์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียม (ANN) กับผลการวิเคราะห์ด้วยสมการสูญเสียดินสากล (USLE)	69
ภาพประกอบ 23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลการวิเคราะห์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียม (ANN) กับข้อมูลหมุดสำหรับตรวจสอบความถูกต้อง (Validation pin) .	70
ภาพประกอบ 24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลการวิเคราะห์ด้วยสมการสูญเสียดินสากล (USLE) กับข้อมูลหมุดสำหรับตรวจสอบความถูกต้อง (Validation pin)	70
ภาพประกอบ 25 ข้อมูลภาคสนามจากหมุดสำหรับการวิเคราะห์ (Erosion pin)	73

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

การชะล้างพังทลายของดินเกิดขึ้นอยู่ทั่วไปทุกพื้นที่ ทั้งในพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ป่าไม้ โดยเฉพาะพื้นที่ที่มีความลาดชันและไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ ปัญหาการชะล้างพังทลายของหน้าดินนี้เกิดขึ้นอย่างรุนแรงและต่อเนื่อง สำหรับอัตราการสูญเสียดินในพื้นที่เกษตรกรรมของประเทศไทยมีอัตราการสูญเสียดินถึง 20-40 ตันต่อไร่ต่อปี แสดงให้เห็นถึงปัญหาที่สำคัญในพื้นที่ที่ขาดมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสม

จากปัญหาการชะล้างพังทลายของดินที่มีอยู่ทั่วทุกพื้นที่ของประเทศ มีความสัมพันธ์กับพื้นที่ที่มีความลาดชัน และการใช้ประโยชน์ที่ดินรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทยจังหวัดกำแพงเพชรเป็นจังหวัดอันดับต้น ๆ ที่พบปัญหาการชะล้างพังทลายของดิน พบว่าอำเภอคลองลานเป็นอำเภอที่มีพื้นที่เสี่ยงการชะล้างพังทลายของดินสูงมากทั้งในพื้นที่ราบและพื้นที่สูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในลุ่มน้ำย่อยคลองลานเป็นลุ่มน้ำที่มีรูปแบบการใช้ที่ดินที่หลากหลายเป็นลุ่มน้ำที่มีการชะล้างพังทลายของดินสูงทั้งในพื้นที่ราบที่เป็นพื้นที่เกษตรกรรมเป็นส่วนใหญ่ และในพื้นที่สูงที่เป็นพื้นที่ป่าเป็นส่วนใหญ่

ปัจจุบันโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network: ANN) เป็นการจำลองระบบประสาทของสิ่งมีชีวิตมาอยู่บนคอมพิวเตอร์ให้สามารถจำลองหรือคำนวณผลลัพธ์ออกมา ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในทุกสาขาวิชา เป็นที่นิยมในต่างประเทศในการนำมาวิเคราะห์พยากรณ์หรือคาดการณ์ต่าง ๆ ถึงการชะล้างพังทลายของหน้าดิน เช่น งานวิจัยการโครงข่ายประสาทเทียมร่วมกับמודการชะล้างเพื่อหาการชะล้างพังทลายของดิน (Vahid Gholami, Sahour, และ Hadian Amri, 2021) การประมาณการชะล้างพังทลายของดินโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมและข้อมูลจากแปลงทดสอบ (V. Gholami, Booij, Nikzad Tehrani, และ Hadian, 2018) การคาดการณ์การชะล้างพังทลายของดินด้วยโครงข่ายประสาทเทียมในประเทศญี่ปุ่น (Abdollahzadeh, Mukhlisin, และ Shafie, 2011) การใช้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับปฐพีศาสตร์ (ทวี ชัยพิมลผลิน, 2556) เป็นต้น ซึ่งงานศึกษาการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมส่วนมากจะมุ่งเน้นในการพยากรณ์ คาดการณ์ จัดกลุ่มหรือจำแนกองค์ประกอบต่างๆ การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมในปัจจุบันมีแนวโน้มเป็นที่นิยมมากขึ้น เนื่องจากมี

ความสามารถในการวิเคราะห์ เรียนรู้ หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ซึ่งส่งผลให้ผลลัพธ์ที่ได้มีความถูกต้องแม่นยำสูง

จากการค้นคว้าข้อมูลพบว่าปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดการชะล้างพังทลายของดินในแต่ละพื้นที่มากน้อยต่างกันไป ขึ้นอยู่กับหลากหลายปัจจัย ทั้งปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับฝน ปัจจัยทางด้านคุณลักษณะของดิน ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความชันของพื้นที่ ปัจจัยด้านสิ่งปกคลุมดิน และการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ โดยทั่วไปการใช้หมุดการชะล้าง (Erosion Pins) จะช่วยให้สามารถวัดค่าการการชะล้างพังทลายของดินได้อย่างถูกต้อง แต่เนื่องจากข้อจำกัดของปริมาณจุดเก็บข้อมูล จึงจำเป็นต้องอาศัยวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อให้ได้มาซึ่งผลลัพธ์ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด

ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยใช้ข้อมูลนำเข้าจากการเก็บข้อมูลจากหมุดการชะล้างในภาคสนาม มาทำการวิเคราะห์การชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ศึกษาพร้อมกับปัจจัยต่างๆ และนำผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์มาตรวจสอบความถูกต้องกับตัวอย่างข้อมูลจากหมุดที่ใช้สำหรับตรวจสอบความถูกต้อง เพื่อหาค่าความถูกต้องจากผลการวิเคราะห์

ความมุ่งหมายของงานวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อหาปัจจัยเชิงพื้นที่ที่ร่วมกับข้อมูลหมุดการชะล้างในการวิเคราะห์โครงข่ายประสาทเทียม
2. เพื่อประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการวิเคราะห์การชะล้างพังทลายของดิน
3. เปรียบเทียบผลลัพธ์ จากการวิเคราะห์การชะล้างพังทลายของดินด้วยโครงข่ายประสาทเทียม กับผลลัพธ์จากการวิเคราะห์การชะล้างพังทลายของดินด้วยสมการสูญเสียดินสากล

ความสำคัญของการวิจัย

การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการวิเคราะห์ชะล้างพังทลายของดิน เป็นเทคนิคที่ช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ให้มีความแม่นยำ และตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลด้วยการเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการวิเคราะห์การชะล้างพังทลายของดินด้วยโครงข่ายประสาทเทียม กับผลลัพธ์จากการวิเคราะห์การชะล้างพังทลายของ

ดินด้วยสมการสูญเสียดินสากล จากการศึกษาครั้งนี้สามารถนำผลลัพธ์ที่ได้ไปวางแผนการจัดการ
แก้ไขปัญหาในพื้นที่ได้ต่อไป

ขอบเขตการวิจัย

1. ขอบเขตพื้นที่ศึกษา

1.1 พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร ขนาดพื้นที่ 129.39 ตาราง
กิโลเมตร

2. ขอบเขตข้อมูลการศึกษา

2.1 ศึกษาวิธีการเก็บตัวอย่างข้อมูลด้วยวิธีการใช้หมุดติดตามการกัดเซาะ (Erosion
pins)

2.2 ศึกษาการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
เพื่อหาการชะล้างพังทลายของดิน

2.3 ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการชะล้างพังทลายของดิน

2.4 ศึกษาการประยุกต์ใช้สมการสูญเสียดินสากลร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
เพื่อหาการชะล้างพังทลายของดิน

3. วิเคราะห์ค่าความถูกต้องของข้อมูลที่ได้จากการศึกษา

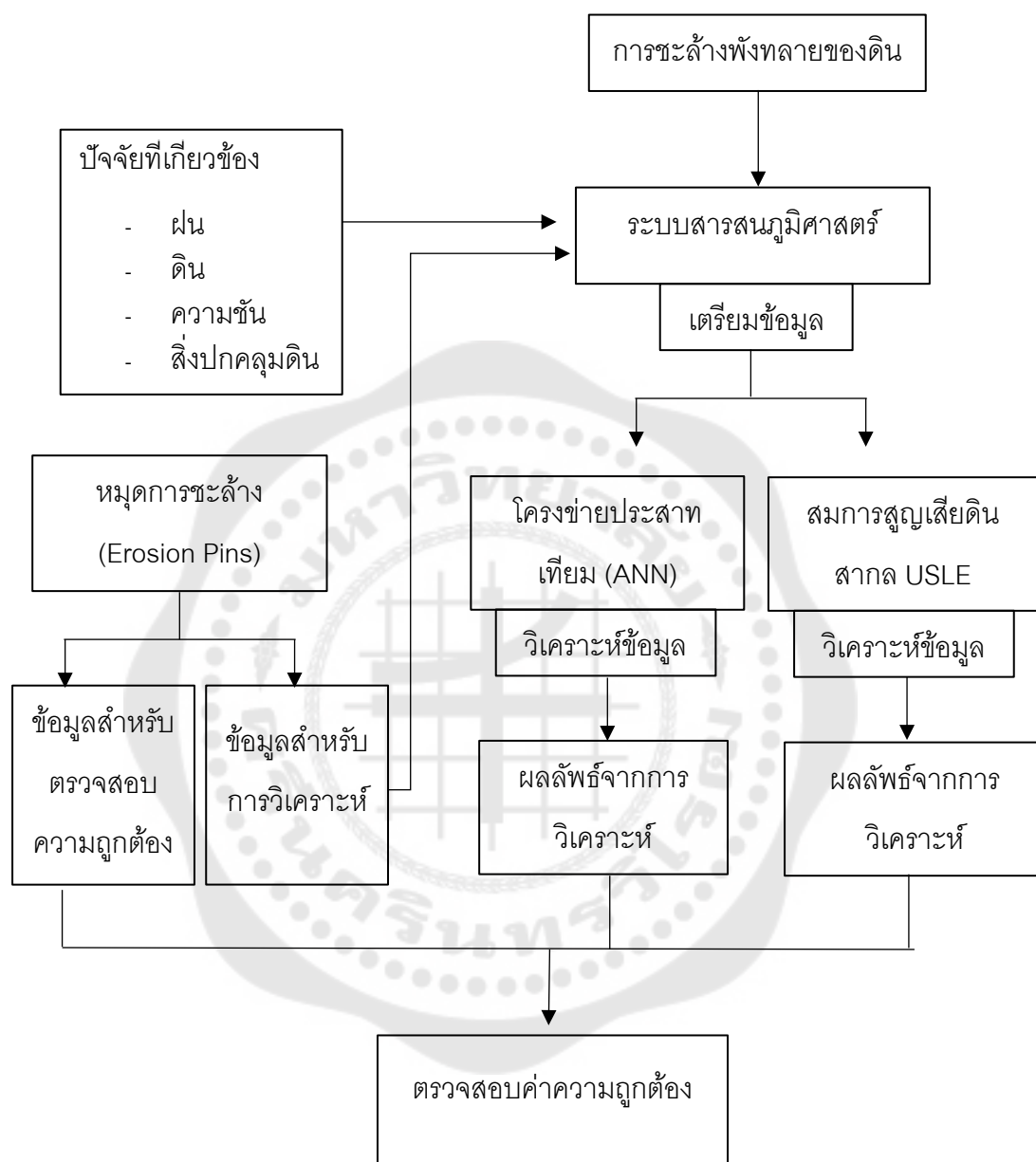
นิยามศัพท์เฉพาะ

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System : GIS) คือ ระบบ
คอมพิวเตอร์และโปรแกรมที่ออกแบบเพื่อสนับสนุน การนำเข้าข้อมูล (Capture) การจัดการข้อมูล
(Management) การเปลี่ยนแปลงข้อมูล (Manipulation) การวิเคราะห์ข้อมูล (Analysis,
Modeling) และการแสดงผล (Display) ข้อมูลเชิงพื้นที่

โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks : ANNs) คือ แบบจำลองทาง
คณิตศาสตร์ที่จำลองการทำงานของระบบประสาทของสิ่งมีชีวิต ใช้สำหรับการคาดการณ์ การ
พยากรณ์ หรือจำแนกข้อมูลต่าง ๆ เป็นต้น

การชะล้างพังทลายของดิน คือ กระบวนการที่ทำให้อนุภาคของดินเกิดการแตกออกจาก
กัน โดยเกิดขึ้นจากการกระทำของฝนที่ตกลงมายังผิวดิน ส่งผลให้เกิดปัญหาการสูญเสียหน้าดิน
ตามมา

กรอบแนวความคิด



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. ข้อมูลทั่วไปของพื้นที่ศึกษา
2. การชะล้างพังทลายของดิน
3. การวางแผนทดลอง และหาค่าการชะล้างดิน
4. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
5. สมการการสูญเสียดินสากล Universal Soil Loss Equation (USLE)
6. โครงข่ายประสาทเทียม Artificial Neural Networks (ANN)
7. การประเมินค่าความผิดพลาดจากการวิเคราะห์
8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ข้อมูลทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

1.1 ที่ตั้งและอาณาเขต

พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยคลองลาน อยู่ทางใต้ของอำเภอคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร มีขนาดพื้นที่ประมาณ 129.39 ตารางกิโลเมตร ลุ่มน้ำย่อยคลองลานเป็นต้นกำเนิดของแหล่งน้ำหลายสาย เช่น คลองลาน คลองน้ำขาว คลองเต่าดำ ซึ่งไหลรวมกันลงสู่คลองน้ำไหล และจะไหลลงสู่แม่น้ำปิงต่อไป

1.2 สภาพภูมิอากาศ

ลักษณะสภาพอากาศของจังหวัดกำแพงเพชร ขึ้นอยู่กับอิทธิพลของมรสุมที่พัดประจำฤดูกาล 2 ชนิด คือ มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดพามวลอากาศเย็นและแห้งจากประเทศจีนปกคลุมประเทศไทยในช่วงฤดูหนาว ทำให้พื้นที่จังหวัดกำแพงเพชรมีอากาศหนาว มรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดพามวลอากาศชื้นจากทะเลและมหาสมุทร ปกคลุมประเทศไทยในช่วงฤดูฝน ทำให้มีฝนตก (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2563)

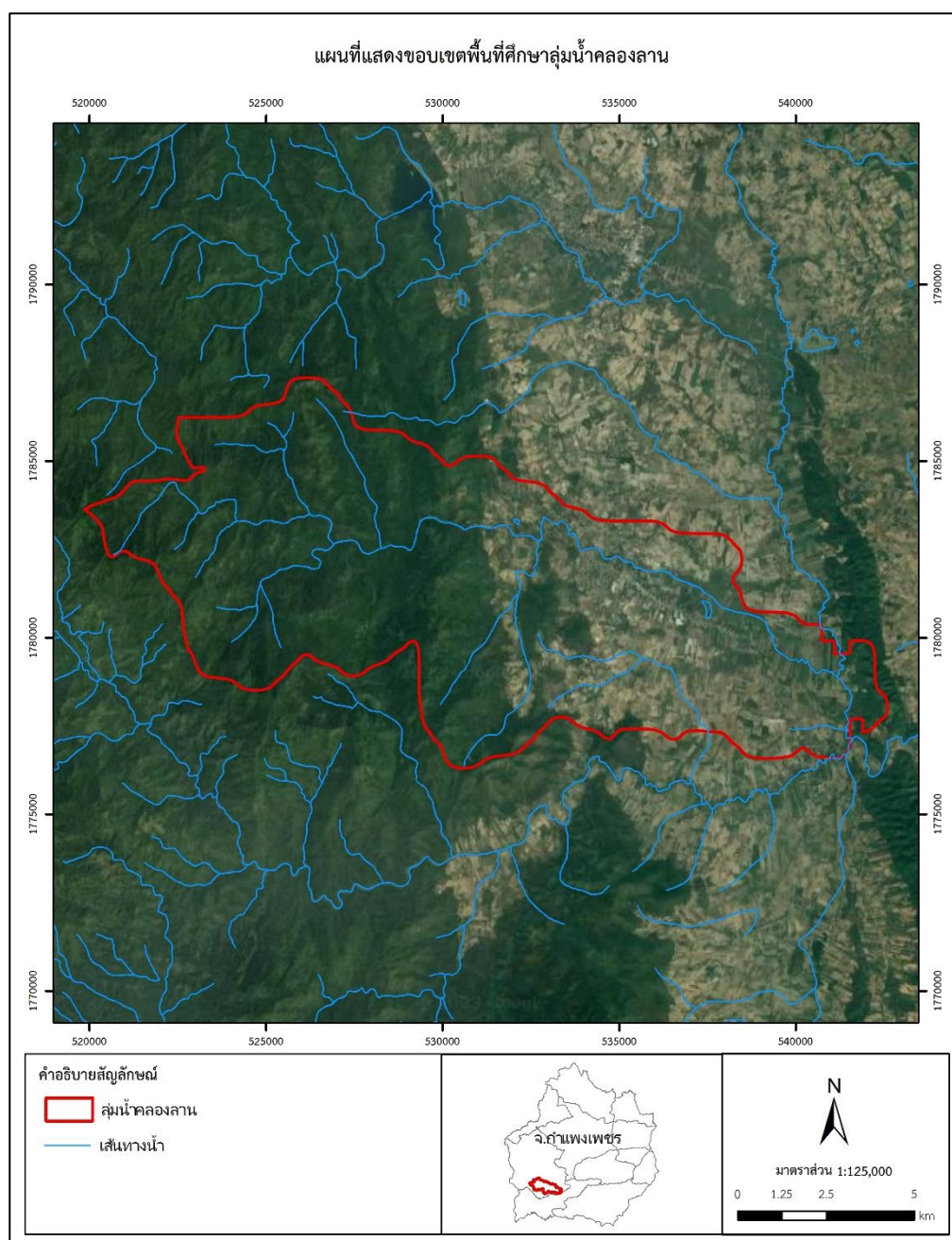
ฤดูกาลของจังหวัดกำแพงเพชร แบ่งออกได้เป็น 3 ฤดู ได้แก่ ฤดูร้อนเริ่มตั้งแต่กลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม มีสภาพอากาศร้อนอบอ้าว โดยเฉพาะในเดือนเมษายนเป็นเดือนที่มีอากาศร้อนมากที่สุดในรอบปี ฤดูฝนเริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมถึง

กลางเดือนตุลาคม เป็นช่วงที่มีรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดเข้าสู่ประเทศไทย อากาศเริ่มชื้นและมี ฝน ตกชุกตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคม เดือนที่มีฝนตกมากที่สุดคือเดือนกันยายน อุณหวนวเริ่มตั้งแต่ กลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ เป็นช่วงที่มีรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดปกคลุม ประเทศไทย อากาศโดยทั่วไปจะเย็นและแห้ง เดือนที่มีอากาศหนาวที่สุดคือเดือนธันวาคมและ มกราคม

เนื่องจากจังหวัดกำแพงเพชรพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นภูเขาสูงสลับซับซ้อน และเป็นแนว ยาว ส่งผลให้อากาศร้อนอบอ้าวในช่วงฤดูร้อน อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดทั้งปี 27.4 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 33.5 องศาเซลเซียส โดยมีอากาศร้อนที่สุดอยู่ในช่วงเดือนเมษายน อุณหภูมิ สูงสุด 44.0 องศาเซลเซียส เมื่อวันที่ 26 เมษายน พ.ศ. 2559 อุณหวนวมีอากาศหนาวเย็น อุณหภูมิ ต่ำสุดเฉลี่ย 22.7 องศาเซลเซียส โดยมีอากาศหนาวที่สุดอยู่ในช่วงเดือนธันวาคมถึงเดือนมกราคม อุณหภูมิต่ำที่สุดของจังหวัดนี้ 8.2 องศาเซลเซียส เมื่อวันที่ 26 และ 27 ธันวาคม พ.ศ.2542

จังหวัดกำแพงเพชรทางตอนเหนือบริเวณอำเภอเมือง และอำเภอพรานกระต่าย กับ ทางตอนใต้บริเวณอำเภอขาณุวรลักษบุรีมีปริมาณน้ำฝนสูงกว่าบริเวณอื่น โดยมีปริมาณน้ำฝน เฉลี่ยประมาณ 1,200 - 1,300 มิลลิเมตร ส่วนพื้นที่ด้านทิศตะวันออกของจังหวัดมีปริมาณน้ำฝน ต่ำกว่า 1,000 มิลลิเมตร โดยเฉพาะอำเภอคลองขลุงและอำเภอไทรงาม มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 700 - 800 มิลลิเมตร บริเวณอำเภอเมืองมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยตลอดทั้งปี 1,304.6 มิลลิเมตร และ มีวันที่ฝนตก 122 วัน เดือนที่มีฝนตกมากที่สุดคือช่วงเดือนกันยายนมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 268. 8 มิลลิเมตร และมีวันฝนตก 19 วัน ปริมาณน้ำฝนมากที่สุดใน 1 วัน วัดได้ 248.9 มิลลิเมตร เมื่อวันที่ 17 พฤษภาคม พ.ศ. 2560

การศึกษาค้นคว้านี้ ใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศโดยรวมของจังหวัดกำแพงเพชรซึ่งเป็น ภาพรวมที่ครอบคลุมพื้นที่ศึกษาทั้งหมด เนื่องจากลักษณะภูมิอากาศโดยรวมของจังหวัดไม่ แตกต่างกันมาก



ภาพประกอบ 1 แผนที่แสดงขอบเขตพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำคลองลาน

1.3 กลุ่มชุดดิน

กลุ่มชุดดินในพื้นที่ศึกษามีลักษณะแตกต่างกันออกไปดังต่อไปนี้ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

1. กลุ่มชุดดินในพื้นที่ลุ่ม

กลุ่มชุดดินที่ 6 มีลักษณะเป็นกลุ่มดินเหนียวลึกมากเกิดจากตะกอนลำนํ้า ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกรดจัด มีการระบายน้ำเลวถึงค่อนข้างเลว มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

กลุ่มชุดดินที่ 7 มีลักษณะเป็นกลุ่มดินเหนียวลึกมากที่เกิดจากตะกอนลำนํ้า ปฏิกริยาดินเป็นกลางถึงเป็นด่าง มีการระบายน้ำค่อนข้างเลว มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง

กลุ่มชุดดินที่ 18 มีลักษณะเป็นกลุ่มดินร่วนละเอียดลึกมากที่เกิดจากตะกอนลำนํ้า ปฏิกริยาดินกลางหรือเป็นด่าง มีการระบายน้ำเลวถึงค่อนข้างเลว มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำถึงปานกลาง

กลุ่มชุดดินที่ 21 มีลักษณะเป็นกลุ่มดินร่วนละเอียดลึกมากที่เกิดจากตะกอนลำนํ้า ปฏิกริยาดินกลางหรือเป็นด่าง มีการระบายน้ำเลวถึงค่อนข้างเลว มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำถึงปานกลาง

กลุ่มชุดดินที่ 22 มีลักษณะเป็นกลุ่มดินร่วนหยาบลึกมากที่เกิดจากตะกอนลำนํ้า เนื้อหยาบ ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกลาง มีการระบายน้ำเลวถึงค่อนข้างเลว มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

2. กลุ่มชุดดินในพื้นที่ดอน

กลุ่มชุดดินที่ 33 มีลักษณะเป็นกลุ่มดินทรายแป้งละเอียดหรือดินร่วนละเอียดลึกมากที่เกิดจากตะกอนแม่น้ำหรือตะกอนน้ำรูปพัด ปฏิกริยาดินเป็นกรดเล็กน้อยถึงเป็นกลาง มีการระบายน้ำดีถึงดีปานกลาง มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง

กลุ่มชุดดินที่ 35 มีลักษณะเป็นกลุ่มดินร่วนละเอียดลึกถึงลึกมากที่เกิดจากตะกอนลำนํ้าหรือวัตถุต้นกำเนิดดินเนื้อหยาบ ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดมาก มีการระบายน้ำดีถึงดีปานกลาง มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

กลุ่มชุดดินที่ 36 มีลักษณะเป็นกลุ่มดินร่วนละเอียดลึกถึงลึกมากที่เกิดจากตะกอนลำนํ้าหรือวัตถุต้นกำเนิดดินเนื้อหยาบ ปฏิกริยาดินกลางหรือเป็นด่าง มีการระบายน้ำดีถึงดีปานกลาง มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำถึงปานกลาง

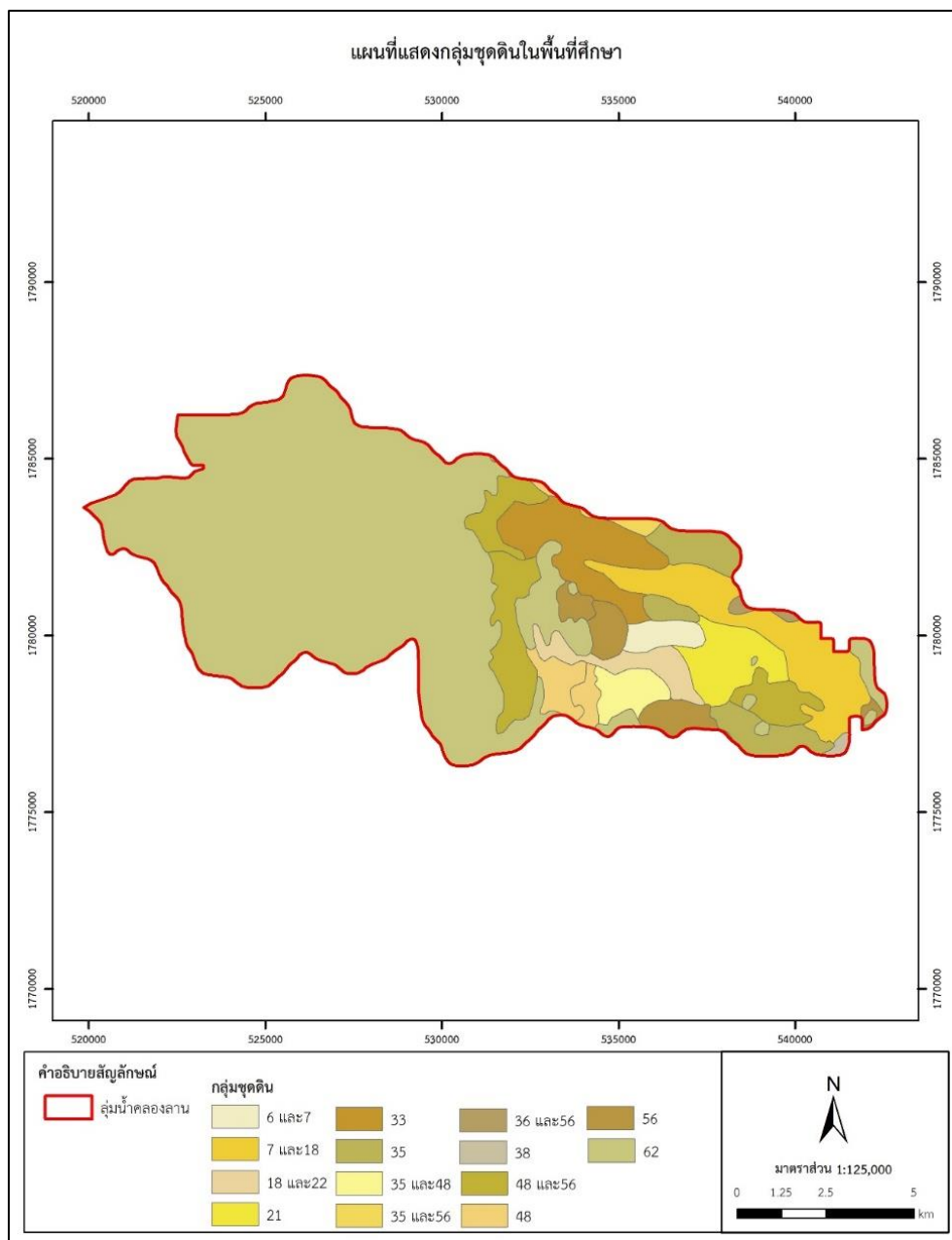
กลุ่มชุดดินที่ 38 มีลักษณะเป็นกลุ่มดินร่วนหยาบลึกมากที่เกิดจากตะกอนริมแม่น้ำ มีปฏิกิริยาดินเป็นกรดเล็กน้อยถึงเป็นกลาง มีการระบายน้ำดีถึงดีปานกลาง มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง

กลุ่มชุดดินที่ 48 มีลักษณะเป็นกลุ่มดินตื้นถึงก่อนหินหรือเศษหิน และอาจพบชั้นหินพื้นภายในความลึก 150 ซม. จากผิวดิน ปฏิกิริยาดินเป็นกรดถึงเป็นกลาง มีการระบายน้ำดี มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

กลุ่มชุดดินที่ 56 มีลักษณะเป็นกลุ่มดินลึกปานกลางถึงชั้นหินพื้น เศษหินหรือลูกรัง ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัด มีการระบายน้ำดีถึงดีปานกลาง มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

กลุ่มชุดดินที่ 62 มีลักษณะเป็นพื้นที่ลาดชันเชิงชันที่มีความลาดชันมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ พื้นที่บริเวณนี้ยังไม่มีการศึกษา สำรวจและจำแนกดิน เนื่องจากพื้นที่มีความลาดชันสูง ซึ่งยากต่อการจัดการดูแลรักษาสำหรับการเกษตร





ภาพประกอบ 2 แผนที่แสดงกลุ่มชุดดินในพื้นที่ศึกษา

2. การชะล้างพังทลายของดิน

การชะล้างพังทลายของดิน คือ การแตกกระจายของอนุภาคดิน ที่เกิดจากพลังงานของน้ำฝนที่ตกกระทบพื้นผิว แล้วถูกพัดพาไปด้วยแรงของน้ำที่ไหลบ่าหน้าผาผิวดิน ซึ่งการชะล้างพังทลายของดินจะเกิดขึ้นมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ของสภาพแวดล้อมนั้น ๆ ได้แก่ สภาพภูมิอากาศ สภาพภูมิประเทศ คุณสมบัติของดิน ลักษณะพืชพรรณ และกิจกรรมที่เกิดจากมนุษย์ (นิติพัฒน์ นวนมะโน, 2556)

2.1 ประเภทของการชะล้างพังทลายของดิน

การชะล้างพังทลายของดินโดยธรรมชาติ

การชะล้างพังทลายโดยธรรมชาติ หมายถึงการชะล้างพังทลายซึ่งเกิดขึ้นตามธรรมชาติโดยมีทั้งน้ำ และลมเป็นตัวการ เช่น การชะละลาย (leaching) แผ่นดินเลื่อน (landslides) การพัดพาโดยลม เป็นต้น การชะล้างพังทลายของดินโดยธรรมชาติไม่สามารถป้องกันไม่ให้เกิดได้ และเป็นกระบวนการที่ใช้เวลานาน (พิทยากร ลิมทอง, 2557)

การชะล้างพังทลายของดิน เป็นกระบวนการที่เกิดที่มาจากแรงโน้มถ่วงของโลก มากระทำให้อนุภาคของดินแตกแยกออกจากกันแล้วเกิดการเคลื่อนย้ายของอนุภาคดังกล่าวไปตกตะกอนทับถม ส่วนกระบวนการชะล้างพังทลายของดิน คือ การเคลื่อนที่ไปของวัตถุบนพื้นผิวของดินโดยน้ำและลม (นิพนธ์ ตั้งธรรม, 2527; นิติพัฒน์ นวนมะโน, 2556)

การชะล้างพังทลายของดินที่มีตัวเร่ง

การชะล้างพังทลายของดินที่มีตัวเร่ง คือ การชะล้างพังทลายที่มนุษย์หรือสัตว์เลี้ยงเข้ามาช่วยเร่ง ให้มีการกัดกร่อนเพิ่มขึ้นจากการชะล้างพังทลายโดยธรรมชาติ ซึ่งเกิดขึ้นเป็นประจำอยู่แล้ว เช่น การใช้เครื่องจักรกลการไถพรวนรวมถึงการเหยียบย่ำของสัตว์เลี้ยงมีผลทำให้ผิวดินแตกแยกได้มาก การหักล้างถางป่าทำการเพาะปลูกอย่างขาดหลักวิชา ทำให้พื้นดินปราศจากสิ่งปกคลุม เป็นต้น ส่งผลให้เกิดการกัดกร่อนโดยลมและฝน และพัดพาดินสูญเสียไปได้เพิ่มขึ้น การสูญเสียดินจะมากขึ้นเรื่อยๆ ขึ้นอยู่กับวิธีการที่ใช้ทำการเกษตร (พิทยากร ลิมทอง, 2557; สุณีย์รัตน์ โลหะโชติ, 2563)

2.2 กระบวนการชะล้างพังทลายของดิน

กระบวนการชะล้างพังทลายของดินเริ่มต้นจากพลังงานของเม็ดฝนที่ตกลงมากระทบกับผิวดิน ส่งผลให้อนุภาคของดินที่ยึดเกาะกันอยู่เกิดการแตกแยกออกจากกัน เมื่อมีปริมาณของฝนที่ตกลงมามากขึ้น ปริมาณของน้ำฝนจะรวมตัวกันเป็นน้ำไหลบ่าที่ผิวดิน และจากแรงของฝนที่ตกลงมากระทบกับผิวน้ำที่ไหลบ่าหน้าผาผิวดินทำให้เกิดการไหลของน้ำในลักษณะที่วกวน ทำให้อนุภาคของดินเกิดการแตกกระจายมากขึ้น ซึ่งอนุภาคของดินที่แตกกระจายก็จะถูกเคลื่อนที่ไป

ตามแนวราบหรือไปตามความลาดชันของพื้นที่ ในลักษณะของการเคลื่อนที่ต่าง ๆ กัน เช่น กลิ้ง กระเด็น เคลื่อน หรือถูกพัดพาไปในสภาพแขวนลอยกับน้ำที่ไหลบ่าไปบนผิวดิน (เกษม จันทรแก้ว และนิพนธ์ ตั้งธรรม, 2525, อ้างถึงใน นิติพัฒน์ นวนมะโน, 2556)

กระบวนการชะล้างพังทลายของดินโดยน้ำแบ่งออกเป็น 4 กระบวนการย่อย คือ

1. กระบวนการที่อนุภาคของคนถูกทำให้แตกกระจายออกจากกัน โดยการกระทำของเม็ด ฝนที่ตกลงมากระทบกับหน้าดิน
2. กระบวนการที่อนุภาคของดินถูกทำให้แตกกระจายออกจากกัน โดยการกระทำของน้ำ ที่ไหลอยู่เหนือผิวดิน
3. กระบวนการขนย้ายอนุภาคของดินที่ทำให้คนเกิดการเคลื่อนที่จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง โดยการกระทำของฝนที่ตกมากระทบกับผิวน้ำดิน
4. กระบวนการขนย้ายอนุภาคของดินที่ทำให้คนเกิดการเคลื่อนที่จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง โดยการกระทำของน้ำที่ไหลบ่าหน้าผิวดิน

2.3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการชะล้างพังทลายของดิน

1. น้ำหรือฝน

สุณีย์รัตน์ โลหะโชติ (2563) กล่าวว่า การตกลงมาของน้ำในรูปของแข็งหรือของเหลว เช่น ฝน หิมะ ลูกเห็บ หมอก และน้ำค้าง เป็นต้น โดยทั่วไปแล้วถือว่าฝนเป็นตัวการที่ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดิน การกัดกร่อนจะมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับลักษณะของฝน เช่น ความมากน้อยที่ตกครั้งหนึ่ง ระยะเวลา ปริมาณน้ำฝน ขนาด ความเร็ว รูปร่างของเม็ดฝน และการแพร่กระจายของฝนในแต่ละฤดู

อิทธิพลของฝนเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดในบรรดาปัจจัยเกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศที่มีอิทธิพล ต่อการชะล้างพังทลายของดิน เพราะแรงตกกระทบของเม็ดฝนเป็นพลังงานอันแรกที่ทำให้อนุภาคของดินเกิดการแตกแยกออกจากกัน แรงตกกระทบดังกล่าวยังเป็นตัวการต่อเนื่องที่ทำให้เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดิน และการเคลื่อนย้ายอนุภาคของดินด้วย นอกจากนี้ยังมีอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิระหว่างกลางวันและกลางคืน และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิระหว่างฤดูกาล ซึ่งมีผลต่อการปรับตัวของโครงสร้างของดิน ทำให้การจับตัวกันของอนุภาคดินมีแรงยึดกันน้อยลง

2. สภาพภูมิประเทศ

สุนีย์รัตน์ โลหะโชติ (2563) กล่าวว่า สภาพภูมิประเทศมีความสัมพันธ์อย่างมากกับน้ำที่ไหลบ่า มีอิทธิพลขึ้นอยู่กับความชันของความลาดเท ความยาวความลาดเท รูปร่างของความลาดเท ความไม่สม่ำเสมอของความลาดเท และทิศทางของความลาดเท

ในพื้นที่หนึ่งๆ อาจมีความไม่สม่ำเสมอของความลาดชัน อาจมีลักษณะความลาดชันแบบตรงเรียบ ลาดชันขึ้นหรือโค้งขึ้น และลาดเว้าลงหรืออชัน รูปร่างของความลาดชันมีความสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของน้ำที่ไหลบ่าหน้าดิน และการพัดพาตะกอนตามลักษณะของความลาดชันในแต่ละรูปแบบ มีอิทธิพลต่อการชะล้างพังทลายของดินแตกต่างกันไปบนพื้นที่ที่มีความลาดชันโค้งขึ้น ความลาดชันจะมีมากเมื่อใกล้จุดต่ำสุดของพื้นที่ ทำให้อัตราความเร็วของน้ำไหลบ่าหน้าดินเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และเกิดการชะล้างพังทลายของดินได้มากกว่าความลาดชันแบบอื่น พื้นที่ที่มีความลาดชันแบบเว้า ความลาดชันจะลดน้อยลงตอนอยู่บริเวณใกล้จุดสิ้นสุดของพื้นที่ มักทำให้เกิดการตกตะกอนในบริเวณดังกล่าวนี้มากกว่าที่จะทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดินต่อไป เพราะอัตราการไหลบ่าของน้ำหน้าดินจะถูกทำให้ลดลงอย่างรวดเร็ว (นิพนธ์ ตั้งธรรม, 2527, อ้างถึงใน นิติพัฒน์ นวนมะโน, 2556)

3. คุณสมบัติของดิน

สุนีย์รัตน์ โลหะโชติ (2563) กล่าวว่า การชะล้างพังทลายของดินจะเกิดขึ้นมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับการปัจจัยของดิน ดังนี้

1. ความสามารถในการทนทานต่อการชะล้างพังทลายของดิน ขึ้นอยู่กับปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณอนุภาคดินเหนียว ชนิดของโอออนบวทที่แลกเปลี่ยนได้ ปริมาณของเม็ดดินที่เสถียร กิจกรรมของเชื้อจุลินทรีย์ ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน และปริมาณความชุ่มชื้นในดิน

2. ความสามารถในการทนทานต่อการพัดพา ขึ้นอยู่กับเนื้อดิน ขนาดของอนุภาคของดิน และปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน

3. ความสามารถในการทนทานต่อน้ำไหลบ่า ขึ้นอยู่กับเนื้อดิน ขนาดของอนุภาคของดิน ปริมาณช่องอากาศ และปริมาณความชื้นในดินชั้นดินดาน การชะล้างพังทลายของดินนั้นยังขึ้นอยู่กับการคุณสมบัติของดินเป็นสำคัญ ได้แก่ เนื้อดิน โครงสร้างของดิน ความหนาแน่นของดิน อัตราการซึมซับน้ำของดิน ความสามารถในการเปิกน้ำของดิน สมรรถนะในการอุ้มน้ำสูงสุดของดิน และความลึกของดิน ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดความทนทานของดินต่อการถูกชะล้างพังทลายที่แตกต่างกัน ซึ่งแม้จะถูกชะล้าง และเคลื่อนย้ายด้วยแรงปะทะของน้ำฝน และน้ำไหลบ่าหน้าดินในอัตรา และปริมาณเดียวกัน บนความลาดชันและสภาพการปกคลุมดินใกล้เคียงกัน ดินที่

มีโครงสร้างจับตัวกันแบบหลวมๆ และมีรูปร่างของเม็ดดินค่อนข้างกลมมนนั้นเชื่อมหรือยึดเกาะด้วยอนุภาคของเนื้อดินที่ละเอียด และจับตัวคลุกเคล้ากันเป็นกลุ่มก้อน ซึ่งมักจะสามารถในการดูดซับน้ำได้ดีพอสมควร ดินชนิดนี้จึงมีความสามารถในการต้านทานต่ออำนาจการชะล้างพังทลายของดินสูง เนื่องจากโอกาสที่เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินบนดินชนิดนี้มีน้อยและอัตราการไหลต่ำไปด้วย (นิพนธ์ ตั้งธรรม, 2527, อ้างถึงใน นิติพัฒน์ นวนมะโน, 2556)

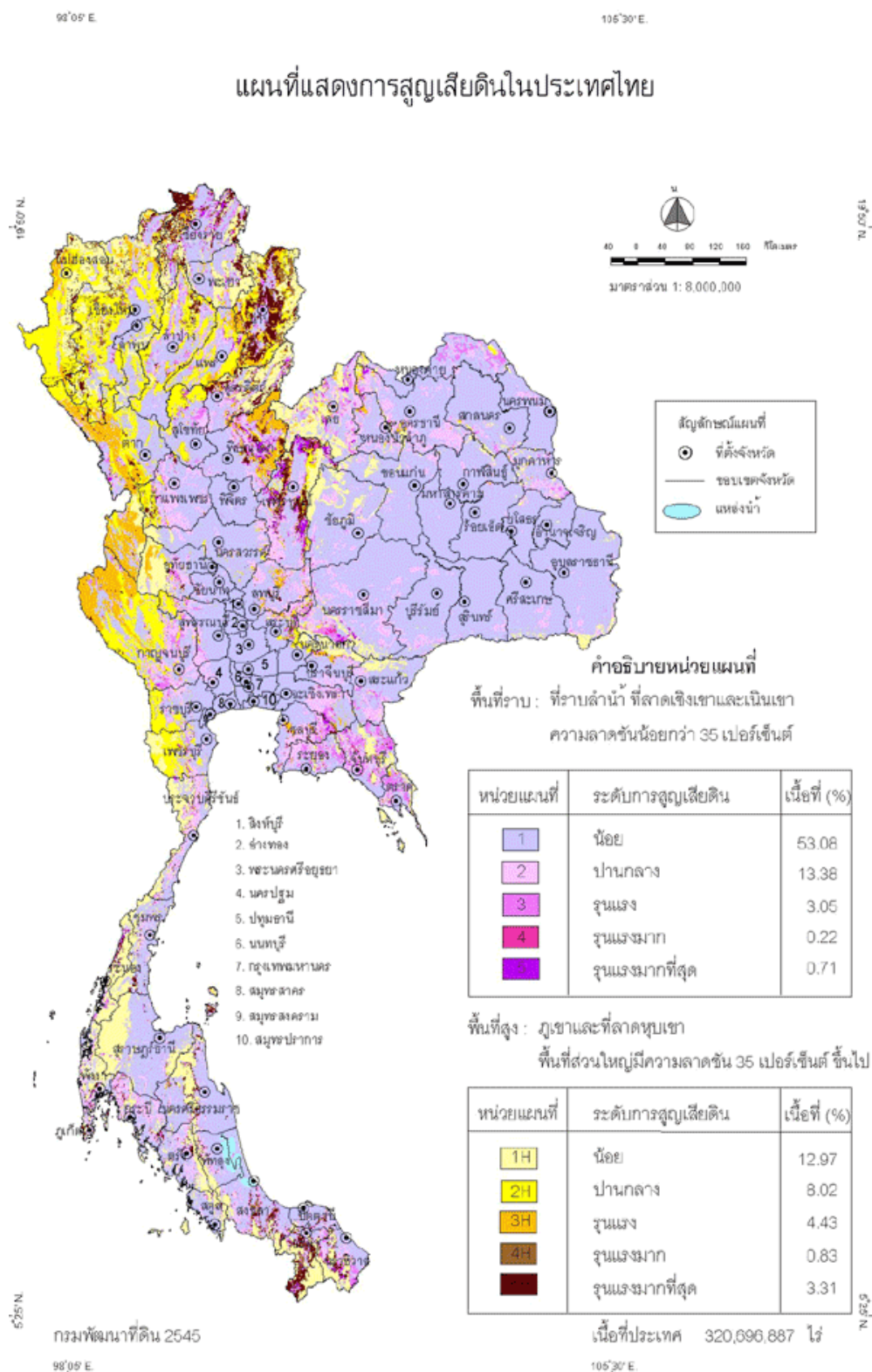
4. สิ่งปกคลุมผิวดิน การใช้ประโยชน์จากที่ดิน และการจัดการดิน การที่ผิวดินมีพืชหรือเศษวัสดุของพืชปกคลุมอยู่ส่งผลโดยตรงต่อการลดแรงปะทะของเม็ดฝนที่ตกลงมา ลดการแตกกระจายของดิน และการไหลบ่าของน้ำบนผิวดินทำให้การชะล้างพังทลายของดินลดลง การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ใช้ที่ดินให้เหมาะสมตามสมรรถนะของดิน การปลูกพืชปกคลุมหน้าดิน การเลือกชนิดพืชที่ปลูก มีผลให้การชะล้างพังทลายของดิน และการสูญเสียดินลดลงได้ การจัดการดินได้แก่ การไถพรวนดินซึ่งปกติเป็นการเพิ่มการชะล้างพังทลายของดิน โดยถ้าทำให้ถูกวิธีที่เหมาะสมจะช่วยลดการชะล้างพังทลายของดิน วิธีการปลูกพืชมีอิทธิพลต่อการชะล้างพังทลายของดินขึ้นอยู่กับชนิดของพืชที่นำมาปลูก จำนวนพืชต่อพื้นที่ปลูก ระยะระหว่างต้นและระยะระหว่างแถว และทิศทางของแถวกับความลาดเท ซึ่งถ้ามีพืชที่ปลูกหนาแน่นปลูกตามแนวระดับหรือขั้นบันไดจะลดการชะล้างพังทลายของดินเป็นอย่างมาก (สุนิย์รัตน์ โลหะโชติ, 2563)

2.4 การชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย

ในบริเวณพื้นที่ที่มีความลาดชันมาก และเป็นพื้นที่เกษตรกรรมจะเกิดการชะล้างพังทลายของดินอย่างรุนแรง กรมพัฒนาที่ดินได้มีการศึกษา และจัดทำแผนที่การชะล้างพังทลายและการสูญเสียดิน รายงานว่าประเทศไทย มีเนื้อที่ 320,696,887 ไร่ พื้นที่ส่วนมากมีการสูญเสียดินระหว่าง 0-50 ตันต่อไร่ต่อปี (กรมพัฒนาที่ดิน, 2545)

ตาราง 1 ตารางการจัดระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย

ระดับความรุนแรง	อัตราการสูญเสียดิน(ตัน/ไร่/ปี)	อัตราการสูญเสียดิน (มิลลิเมตร/ปี)
น้อยมาก	0 - 2	0 - 0.96
น้อย	2 - 5	0.96 - 2.4
ปานกลาง	5 - 15	2.4 - 7.2
รุนแรง	15 - 20	7.2 - 9.6
รุนแรงมาก	>20	>9.6



ภาพประกอบ 3 แผนที่แสดงการสูญเสียดินในประเทศไทย

2.5 ผลกระทบจากการชะล้างพังทลายของดิน

พิทยากร ลิ้มทอง (2557) ความเสียหายที่เกิดจากปัญหาการชะล้างพังทลายของดิน มีหลายประการ เช่น ส่งผลทำให้ผลผลิตการเกษตรลดลง เนื่องจากธาตุอาหารของพืชที่อยู่บริเวณหน้าดินถูกน้ำพัดพาไปจนหมด ส่งผลให้มีการปรับปรุงบำรุงดินโดยใช้ปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยอินทรีย์มาช่วย ซึ่งทำให้ต้นทุนการเพาะปลูกสูงขึ้น ทำให้เกิดปัญหาดินเสื่อมโทรมไม่สามารถทำการเกษตรได้อย่างมีประสิทธิภาพในระยะยาว ยังส่งผลให้เกิดการทับถมของตะกอนในพื้นที่ลุ่ม หรือในพื้นที่แม่น้ำลำคลอง เกิดการตื้นเขิน ลดความสามารถในการกักเก็บน้ำเพื่อใช้ประโยชน์

สุนิย์รัตน์ โลหะโชติ (2563) กล่าวว่า การชะล้างพังทลายของดินจะเป็นจุดเริ่มที่เข้าสู่สภาวะของทะเลทราย ทั้งนี้การชะล้างพังทลายของดินจะมีผลกับตะกอนในลำน้ำ และอ่างเก็บน้ำ ดินที่ถูกกัดเซาะจากพื้นที่ที่ไม่ถูกพัดพาไปสู่ลำน้ำทั้งหมด หากพื้นที่ลุ่มน้ำตอนล่างมีระบบการระบายน้ำไม่ดี ดินที่ถูกชะล้างพังทลายจะไม่ถูกพัดพาไปสู่ทางน้ำทั้งหมด แต่ถ้าพื้นที่ลุ่มน้ำมีระบายน้ำดี ผลให้การพัดพาตะกอนจะเกิดขึ้นสูง การชะล้างพังทลายของดินส่งผลกระทบต่อของที่ดินที่ใช้ทำการเกษตร โดยเห็นได้จากผลผลิตของพืชสำคัญ ๆ ลดลง เนื่องจากการพัดพาธาตุอาหารของพืชในดินไป

3. การวางแผนทดลอง และหมุดการชะล้างดิน

พรพรรณ จงสุขสันติกุล และ สุชีลา ธีราภรณ์ (2542) ได้ศึกษาการชะล้างพังทลายของดินระหว่างพื้นที่ป่าไม้กับพื้นที่ทำไร่เลื่อนลอยบริเวณหน่วยจัดการต้นน้ำม่อนอังเกด อำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน ได้คัดเลือกสภาพพื้นที่ศึกษาเป็น 3 ลักษณะได้แก่ ป่าดิบชื้นธรรมชาติ สวนป่าสนสามใบอายุ และพื้นที่ทำไร่เลื่อนลอย วางแผนทดลองในแต่ละสภาพพื้นที่ ๆ ละ 1 แปลงใหญ่ขนาด 10 x 20 เมตร โดยให้ด้านยาวของแปลงขวางกับแนวลาดเท ในแต่ละแปลงใหญ่วางแผนย่อยขนาด 30 x 50 เซนติเมตร จำนวน 9 แปลง โดยด้านยาวของแปลงย่อยขวางกับแนวลาดเท เช่นเดียวกัน วางแผนย่อยให้กระจายอยู่บริเวณส่วนบนของความลาดเท (upper slope) 3 แปลง ส่วนกลาง (middle slope) 3 แปลง และส่วนล่าง (lower slope) 3 แปลง ในแต่ละแปลงย่อยปัก erosion stake จำนวน 9 หมุดโดยปักให้เหลื่อมกัน

Vahid Gholami และคนอื่น ๆ (2021) ได้ศึกษาการชะล้างพังทลายของดินโดยใช้หมุดการชะล้างดิน (erosion pin) ร่วมกับโครงข่ายประสาทเทียม โดยการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้หมุดที่มีความยาว 20 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร ปักลงดินลึก 13 เซนติเมตร ส่วนที่โผล่พื้นดินจะเหลือ 7 เซนติเมตร และแบ่งหมุดออกเป็นหมุดที่มีหมวกปิดและหมุดที่ไม่มีหมวกปิดสำหรับเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการตกกระทบของเม็ดฝนที่ผิวดิน โดยจะปักหมุดคู่กันตามแนวรวม 109 คู่

(218 หนุด) ปักห่างกันประมาณ 10 เมตร ในระยะทาง 1,400 เมตร โดยแนวที่ปักหมุดเป็นเส้นที่ผ่านความชันหลายระดับ และสิ่งปกคลุมดินที่หลากหลาย และมีหมุดสำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลผลลัพธ์ที่ได้จากวิเคราะห์โดยหมุดที่ปักมีจำนวน 11 จุด กระจายทั่วพื้นที่

4. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System : GIS) คือ ระบบการทำงานกับข้อมูลเชิงพื้นที่ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ซึ่งใช้กำหนดข้อมูลและสารสนเทศ ที่มีความสัมพันธ์กับตำแหน่งในเชิงพื้นที่ ซึ่งระบบข้อมูลสารสนเทศอยู่ในรูปของตารางข้อมูล และฐานข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กับข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) โดยรูปแบบและความสัมพันธ์ของข้อมูลเชิงพื้นที่สามารถนำมาวิเคราะห์ และทำให้สื่อความหมายในเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่สัมพันธ์กับเวลาได้

4.1 องค์ประกอบของ GIS (Components of GIS)

องค์ประกอบหลักของระบบ GIS จัดแบ่งออกเป็น 5 ส่วนใหญ่ ๆ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ คือ เครื่องคอมพิวเตอร์รวมถึงอุปกรณ์ต่อพ่วงต่าง ๆ เพื่อใช้ในการนำเข้าข้อมูล ประมวลผลข้อมูล แสดงผลข้อมูล และวิเคราะห์ผลลัพธ์
2. โปรแกรม คือ ชุดของคำสั่งสำเร็จรูปซึ่งประกอบด้วยการทำงานและเครื่องมือที่จำเป็นต่าง ๆ สำหรับนำเข้าข้อมูล ปรับแต่งข้อมูล จัดการระบบฐานข้อมูล ค้นหาข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และจำลองภาพ
3. ข้อมูล คือ ข้อมูลต่าง ๆ ที่ใช้ในระบบ และถูกจัดเก็บในรูปแบบของฐานข้อมูล โดยได้รับการดูแล จากระบบจัดการฐานข้อมูล หรือ DBMS ข้อมูลเป็นองค์ประกอบที่สำคัญรองลงมาจากบุคลากร
4. บุคลากร คือ ผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เช่น ผู้นำเข้าข้อมูล ช่างเทคนิค ผู้ดูแลระบบฐานข้อมูล ผู้เชี่ยวชาญสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้บริหารซึ่งใช้ข้อมูลในการตัดสินใจ บุคลากรจะเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดในระบบ GIS เนื่องจากหากขาดบุคลากรที่ดี ข้อมูลที่มีอยู่มากมายมหาศาลนั้นจะไม่มีคุณค่าเพราะไม่ได้ถูกนำไปใช้งานอย่างถูกต้อง
5. วิธีการหรือขั้นตอนการทำงาน คือ วิธีการที่องค์กรนั้น ๆ นำเอาระบบ GIS ไปใช้งานโดยแต่ละองค์กรย่อมมีความแตกต่างกันออกไป ดังนั้นผู้ปฏิบัติงานต้องเลือกวิธีการในการจัดการกับปัญหาที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการใช้งานขององค์กรนั้น ๆ

4.2 ลักษณะข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial data) มีส่วนประกอบ 2 ส่วน คือ

1. ข้อมูลเชิงภาพ (Graphic data) สามารถแทนได้ด้วย 2 รูปแบบพื้นฐาน

1.1 ข้อมูลแบบเวกเตอร์ (Vector format)

ข้อมูลแบบเวกเตอร์แบ่งออกเป็น

- จุด (Point) แสดงลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่มีตำแหน่งที่ตั้งเฉพาะเจาะจง

- เส้น (Line) แสดงลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่วางตัวไปตามแนวเส้นทาง

ระหว่างจุด 2 จุด

- พื้นที่ (Polygon) แสดงลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่มีพื้นที่เดียวกันจะถูก

ล้อมรอบด้วยเส้นเพื่อแสดงขอบเขต

1.2 ข้อมูลแบบแรสเตอร์ (Raster format)

2. ข้อมูลอรรถธิบาย (Attribute data) เป็นข้อความอธิบายที่มีความสัมพันธ์กับข้อมูลเชิงภาพเหล่านั้น เช่น ชื่อถนน ลักษณะพื้นผิว เป็นต้น

4.3 เทคนิคและวิธีการนำเข้าข้อมูล

การนำเข้าข้อมูล (Input data)

เป็นการบันทึกข้อมูลเข้าสู่คอมพิวเตอร์ การสร้างฐานข้อมูลทีละเล็กละน้อย ถูกต้องเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งในการปฏิบัติงานด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยจำเป็นต้องมีการประเมินคุณภาพข้อมูลก่อนนำเข้าระบบ แหล่งที่มาของข้อมูล วิธีการสำรวจข้อมูล มาตรฐานของแผนที่ ความถูกต้องของข้อมูล ความละเอียดของข้อมูล พื้นที่ที่ข้อมูลครอบคลุม และปีที่จัดทำข้อมูล เพื่อการประเมินคุณภาพ และคัดเลือกข้อมูลที่จะนำเข้าสู่ระบบฐานข้อมูล

การนำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่

การนำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่ทำได้หลายวิธี เช่น การดิจิไทซ์ (Digitize) และการกวาดตรวจ (Scan) โดยทั้ง 2 วิธีมีข้อดี และข้อด้อยต่างกันไป การนำเข้าข้อมูลโดยวิธีกวาดตรวจมีความรวดเร็ว และถูกต้องมากกว่าวิธีการนำเข้าข้อมูลแผนที่โดยดิจิไทซ์ และเหมาะสมสำหรับงานที่มีปริมาณมาก แต่การนำเข้าข้อมูลโดยการดิจิไทซ์จะทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อยกว่า และเหมาะสมสำหรับงานที่มีปริมาณน้อย

การนำเข้าข้อมูลเชิงบรรยาย

ข้อมูลเชิงบรรยายที่จำแนกและจัดหมวดหมู่แล้วนำเข้าสู่ระบบฐานข้อมูล สำหรับโปรแกรม PC ARC/INFO จะจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบของ dBASE ด้วยคำสั่ง Tables ส่วนโปรแกรมจัดการฐานข้อมูลแบบ Relational data base ทั่ว ๆ ไปบนเครื่องคอมพิวเตอร์ เช่น Foxpro,

Access หรือ Excel จำเป็นต้องแปลงข้อมูลให้เข้าอยู่ในรูปของ DBF file ก่อนนำเข้าสู่ PC ARC/Inf

การศึกษานี้ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการเตรียมข้อมูลจากปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลจากภาคสนาม สำหรับการนำเข้าสู่การวิเคราะห์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมต่อไป

5. เทคนิคการประมาณค่าช่วง (Interpolation)

Inverse Distance Weighted

เป็นวิธีการแทรกค่าที่ทำการสุ่มจุดตัวอย่างแต่ละจุดจากตำแหน่งที่สามารถส่งผลกระทบไปยังเซลล์ที่ต้องแทรกค่าได้ ซึ่งจะมีผลกระทบน้อยลง ตามระยะทางที่ไกลออกไปจากเซลล์ที่ต้องการแทรกค่า ซึ่งจุดที่อยู่ใกล้กับเซลล์ที่ต้องการคำนวณค่าจะมีน้ำหนักมากกว่าจุดที่อยู่ไกลออกไป โดยสามารถเจาะจงจำนวนจุด หรือ อาจใช้ทุกจุดที่อยู่ในรัศมีที่กำหนด มาคำนวณหาให้เซลล์ผลลัพธ์ได้ วิธีการนี้เหมาะกับกรณีที่ตัวแปรที่ใช้ในการสร้างแผนที่มีการปรับค่าตามระยะทางจากจุดตัวอย่าง

Natural Neighbors

เป็นวิธีการแทรกค่าด้วยการอาศัยการเฉลี่ยน้ำหนักของข้อมูลที่ได้ อย่างไรก็ตาม แทนที่จะหาค่ามาใส่ในเซลล์ที่ต้องการแทรกค่าโดยใช้จุดทุกจุดแล้วให้น้ำหนักไล่ระดับกันไป วิธีการ Natural Neighbors จะสร้างรูปสามเหลี่ยม Delauney ของจุดตัวอย่าง และเลือกมาเฉพาะจุดที่อยู่ใกล้กับจุดเชื่อมของสามเหลี่ยมของขอบรอบบริเวณเซลล์ที่ต้องการแทรกค่า โดยน้ำหนักของค่าที่ใช้จะได้สัดส่วนกับพื้นที่นั้นๆ วิธีการนี้เหมาะสมอย่างยิ่งหากต้องการสร้างพื้นผิวขึ้นมาจากจุดตัวอย่าง ที่มีการกระจายตัวด้วย ความหนาแน่นแบบไม่แน่นอน เป็นเทคนิคการแทรกค่าที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในพื้นที่ผิวทั่วไปที่คุณไม่ต้องการปรับค่าตัวแปรอย่าง รัศมี จำนวนของจุดข้อมูลที่ใช้ หรือ น้ำหนัก

Spline

เป็นวิธีการแทรกค่าที่ใช้ได้กับวัตถุประสงค์ทั่วไป ในการแทรกค่าให้พอดีเป็นพื้นผิวที่มีความโค้งเว้าอย่างน้อยตามจุดข้อมูลตัวอย่างที่นำเข้า เหมือนการบิดงอของแผ่นยางผ่านจุดตัวอย่าง โดยให้ความโค้งทั้งหมดเข้าหาจุดตัวอย่างเหล่านั้นออกมาเป็นพื้นผิว เป็นสมการทางคณิตศาสตร์ ที่สร้างส่วนโค้งเล็กๆ บนระนาบสองมิติ วิธีการแทรกค่าแบบ Spline สามารถกำหนดจำนวนของจุดตัวอย่างที่นำมาเป็นข้อมูลเข้าได้จากจุดตัวอย่างทั้งหมดที่มี วิธีนี้เป็นวิธีที่ดีที่สุดสำหรับพื้นผิวที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างค่อยเป็นค่อยไป เช่น พื้นผิวแสดงความสูง ตารางความลึก

ของพื้นน้ำ หรือระดับความเข้มข้นของมลภาวะ แต่ไม่เหมาะสมกับบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงค่า มากๆ ภายในระยะทางสั้นๆ เพราะจะทำให้เกิดค่าเกิน (Overshoot) ขึ้น

Kriging

เป็นวิธีการแทรกค่าที่สันนิษฐานจากระยะทางหรือทิศทางระหว่างจุดตัวอย่าง แต่ละจุด ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ ที่สามารถนำมาใช้ในการอธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวได้ วิธีการ Kriging จะเลือกสมการทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมกับ จุดตัวอย่างที่เลือกไว้ หรือจุดตัวอย่างทั้งหมด ภายในรัศมีที่กำหนด เพื่อให้ได้ค่าผลลัพธ์ในแต่ละ พื้นที่ออกมา วิธีการ Kriging ทำงานหลายขั้นตอนโดยการผสมผสานการสำรวจวิเคราะห์ค่าทาง สถิติของข้อมูล การทำแบบจำลองแบบ Variogram การสร้างพื้นผิวและมีส่วนเสริมให้สามารถ ตรวจดูความแปรปรวนของพื้นผิวได้อีกด้วย วิธีการนี้มักนิยมใช้ในกรณีที่คุณต้องการทราบ ความสัมพันธ์ของระยะทาง หรือทิศทางที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล โดยมักจะใช้ในงาน ปฐพีวิทยา และธรณีวิทยา เป็นต้น

Trend

วิธีการแทรกค่าแบบนี้จะทำการเลือกสมการทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสม ด้วยการระบุลำดับของ (Polynomial) พหุนาม ให้กับจุดตัวอย่างทั้งหมดที่ต้องนำมาวิเคราะห์ วิธีการนี้ ใช้ค่าจากเซลล์สี่เหลี่ยมเล็กๆ ที่ผ่านการปรับค่าให้พอเหมาะ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้พื้นผิวจะมีความ แปรปรวนต่ำ สัมพันธ์กับค่าที่ได้จากจุดตัวอย่างออกมาเป็นพื้นผิวต่อเนื่องกันตามแนวโน้มของ ข้อมูล โดยความแตกต่างทั้งหมดระหว่างค่าจริงกับค่าที่ได้จากการประมาณการ จะมีค่าน้อยมาก พื้นผิวที่ได้จึงไม่ต่างจากข้อมูลจริงจากจุดตัวอย่างมากนัก

6. สมการการสูญเสียดินสากล Universal Soil Loss Equation (USLE)

สมการสูญเสียดินสากล (Universal Soil Loss Equation : USLE) พัฒนาขึ้นตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2504 โดยกรมการเกษตรประเทศสหรัฐอเมริกา (United States Department of Agriculture, USDA) และในปี พ.ศ. 2521 Wischmeier และ Smith ได้ปรับปรุงแก้ไขใหม่ โดยมี รูปแบบของสมการ ดังนี้

$$A = R * K * L * S * C * P \quad (2.1)$$

โดยที่ A คือ ปริมาณดินที่สูญเสีย คำนวณได้ต่อหน่วยพื้นที่ หน่วยเป็นตันต่อเฮกแตร์ต่อปี

R คือ ค่าดัชนีของการชะล้างพังทลายดินของน้ำฝน (rainfall factor) ในปีที่มีฝนตกระดับปกติ (normal year's rain)

K คือ ค่าความคงทนต่อการชะล้างพังทลายของดิน เป็นอัตราการสูญเสียดินต่อหนึ่งหน่วยของดัชนีการชะล้างพังทลายของดิน (erosion index) สำหรับดินชนิดใดชนิดหนึ่ง ในลักษณะที่หน้าดินทำเป็นร่องไถพรวนขึ้นลงติดต่อกันยาว 72.6 ฟุต (22.13 เมตร) บนพื้นที่ลาดชัน 9 เปอร์เซ็นต์

L คือ ค่าอิทธิพลของความยาวของความลาดชันที่ส่งผลต่อการชะล้างพังทลายของดิน (slope length factor) เป็นค่าที่ได้จากอัตราส่วนการสูญเสียดิน จากความยาวของความลาดชัน ณ ช่วงใดช่วงหนึ่งกับความยาวมาตรฐาน คือ 72.6 ฟุต หรือ 22.13 เมตร ซึ่งอยู่บนแนวความลาดเทเดียวกัน

S คือ ค่าอิทธิพลของความลาดชัน (slope-gradient factor) เป็นอัตราส่วนของการสูญเสียดินที่เกิดจากความลาดชันระดับใดระดับหนึ่งต่อความลาดชันมาตรฐานที่ 9 เปอร์เซ็นต์

C คือ ค่าอิทธิพลของพืชหรือสิ่งปกคลุม (cropping management factor) เป็นอัตราส่วนของการสูญเสียดินระหว่างพื้นที่ที่มีพืชชนิดใดชนิดหนึ่งปกคลุมอยู่กับการสูญเสียดินจากการไถพรวนพื้นที่ที่ปราศจากพืชคลุมดิน ซึ่งใช้ในการหาค่าความคงทนของดิน

P คือ ค่าอิทธิพลของมาตรการที่ใช้ในการควบคุมการชะล้างพังทลายของดิน (erosion-control factor) เป็นอัตราส่วนของการสูญเสียดินจากพื้นที่ที่มีวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำแบบต่างๆ เช่น การไถพรวนไปตามแนวระดับ (contouring) การปลูกพืชเป็นแถบ (strip cropping) การทำขั้นบันได (terracing) ในบริเวณที่ปลูกพืชขึ้นลงตามแนวขนานความลาดชัน

ข้อจำกัดของการใช้สมการสูญเสียดิน เพื่อคาดการณ์การสูญเสียดินให้มีความถูกต้องนั้น จำเป็นจะต้องเป็นดินที่มีเนื้อดินปานกลาง (medium texture soil) อยู่บนพื้นที่ที่มีความลาดเทระหว่าง 3 - 18 เปอร์เซ็นต์ มีความยาวของความลาดเทไม่เกิน 400 ฟุต ซึ่งมีการปลูกพืชและมีการจัดการพืชผลเปลี่ยนแปลงทดลองการสูญเสียดินซึ่งเป็นรากฐานในการสร้างสมการนี้

สามารถแปลงหน่วยจากตันต่อเฮกแตร์ต่อปี เป็นมิลลิเมตรต่อปีได้ดังนี้

$$\text{ความลึก(มิลลิเมตร)} = \frac{\text{ตันต่อเฮกแตร์}}{\text{ความหนาแน่นของดิน} \times 10} \quad (2.2)$$

เมื่อความหนาแน่นของดินทั่วไปเท่ากับ 1.3

6.1 การประเมินค่าปัจจัยการชะล้างพังทลายของฝน

ฝนเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดิน โดยเฉพาะในประเทศที่อยู่เขตมรสุม จะมีการกระจายของฝนที่ไม่สม่ำเสมอ ทำให้ความรุนแรงของฝนที่ตกลงมาในช่วงระยะเวลาหนึ่งมีความแตกต่างกัน ส่งผลให้ดินเกิดการชะล้างพังทลายมากน้อยแตกต่างกันด้วย ค่าปัจจัยการชะล้างพังทลายของฝน (rainfall erosivity factor, R - factor) เป็นค่าความสัมพันธ์ของพลังงานจลน์ของเม็ดฝนที่ตกกระทบกับผิวดิน และปริมาณความหนาแน่นของฝน (rainfall Intensity) ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ซึ่ง Wischmeier และ Smith ได้สร้างเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ขึ้นมา ในปี พ.ศ. 2501 Takagi (1994) คือ

$$E = 916 + 331 \log 10 I \quad (2.3)$$

เมื่อ E คือ พลังงานจลน์ของฝนต่อหนึ่งหน่วย (ฟุตตันต่อเอเคอร์ต่อนิ้ว)

I คือ ความหนาแน่นของฝน (นิ้วต่อชั่วโมง)

เนื่องจากหน่วยวัดของสมการมีใช้หลายรูปแบบ จึงทำให้รูปแบบสมการแตกต่างกันไป เช่น

$$E = 11.9 + 8.73 \log 10 I \quad (2.4)$$

เมื่อ E คือ พลังงานจลน์ของฝนต่อหนึ่งหน่วย (จูล์นต่อตารางเมตรต่อมิลลิเมตร)

I คือ ความหนาแน่นของฝน (มิลลิเมตรต่อชั่วโมง)

สมการหาค่าพลังงานจลน์ใช้ได้ดี เมื่อความหนาแน่นของฝนมีค่าน้อยกว่า 7.6 เซนติเมตรต่อชั่วโมง เนื่องจากขนาดของเม็ดฝนจะไม่ใหญ่ขึ้นอีก เมื่อความหนาแน่นของฝนมากกว่าหรือเท่ากับ 7.6 เซนติเมตรต่อชั่วโมง ปริมาณตะกอนของดินที่ถูกชะล้างจากแปลงทดลองพื้นที่ว่างเปล่า (ไม่ปลูกพืช) มีค่าความสัมพันธ์สูงมากกับค่าสะสมของพลังงานจลน์ฝนสูงสุด คือ ช่วงความหนาแน่นของฝนที่เวลา 30 นาที จึงเรียกพลังงานจลน์ของฝนว่า EI30 และนำมาสร้างเป็นสมการหาค่า R - factor และกำหนดเป็นปัจจัยหนึ่งของสมการสูญเสียดินสากล (USLE) มีนักวิทยาศาสตร์หลายท่านได้คิดค่าพลังงานจลน์ของฝนออกไปเป็นช่วงเวลาต่างๆ ที่มากกว่า 30 นาที เช่น KE > 1 ของ Hudson ทำให้รูปแบบของสมการหาค่า R - factor เปลี่ยนตามไปด้วย สำหรับประเทศไทยกรมพัฒนาที่ดินได้สร้างสมการเพื่อใช้ประเมินค่า R - factor ขึ้นมาหลาย

สมการ ทั้งจากค่า EI30 และ $KE > 1$ โดยสมการ EI30 เป็นค่าที่เหมาะสมกับปริมาณฝนของประเทศไทยในปัจจุบัน คือ

$$R = 0.4996X - 12.1415 \quad (2.5)$$

เมื่อ R คือ ค่าปัจจัยการชะล้างพังทลายของฝน (เมตริกตันต่อเฮกแตร์ต่อปี)

X คือ ค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี (มิลลิเมตรต่อปี)

การสร้างชั้นข้อมูลค่า R - factor เพื่อใช้ในสมการสูญเสียดินสากล (USLE) ณ พื้นที่หนึ่งจากแผนที่ศักยภาพพลังงานฝน (isero dent map) โดยวิธีการประมาณค่าแบบเชิงเส้น (linear Interpolation) โดยเป็นการใช้วิธีทางสถิติเข้ามาช่วยในการกำหนดการกระจายค่าปริมาณฝนจากเส้นศักยภาพพลังงานฝนเท่า (isero dent) ทุกๆ เส้นลงบนพิกเซลของแผนที่ศักยภาพพลังงานฝนนั้นๆ

6.2 การประเมินค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน

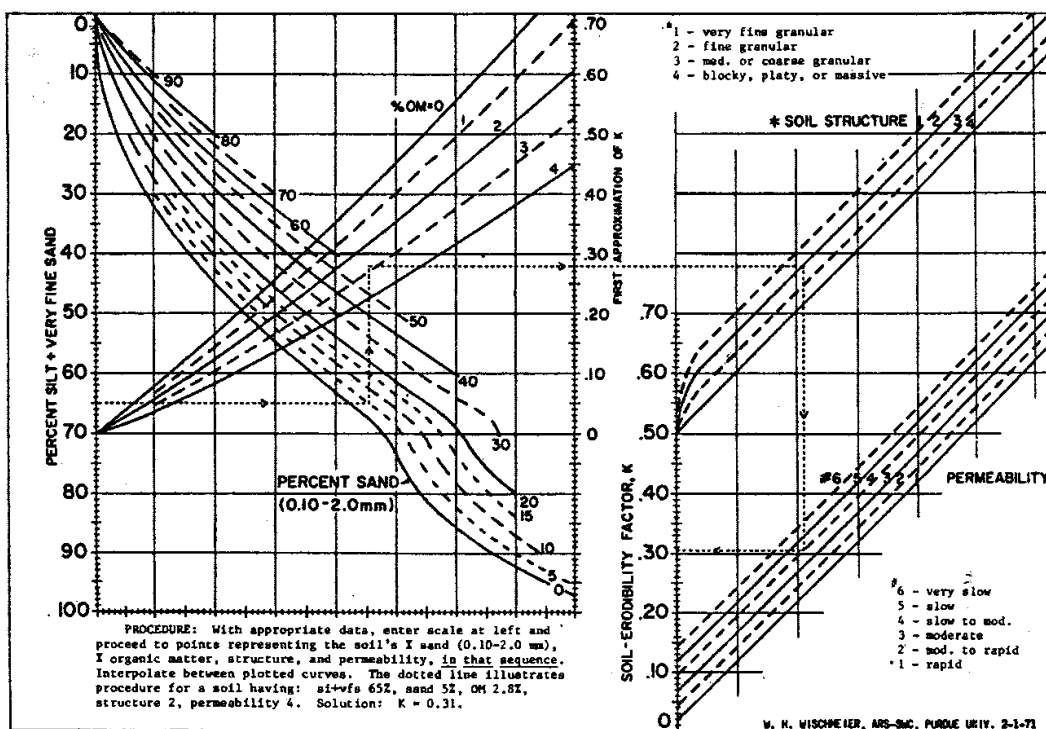
ปัจจัยความคงทนต่อการชะล้างพังทลายของดิน (soil erodibility factor , K - factor) ปริมาณการสูญเสียดินมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับความลาดชันของพื้นที่ ความรุนแรงของฝน ปริมาณการปกคลุมดินของพืช และมาตรการการอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่มากกว่าคุณสมบัติของดินเอง แต่ในความเป็นจริงมักพบว่า ภายใต้สภาพแวดล้อมที่คล้ายคลึงกันดินชนิดหนึ่งถูกชะล้างพังทลายง่ายกว่าดินอีกชนิดหนึ่ง เนื่องจากคุณสมบัติเฉพาะตัวของดินที่เรียกว่า ความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (soil erodibility) การวัดค่าความคงทนของดิน หรือค่า K-factor ออกมาเป็นตัวเลขเพื่อใช้ในสมการการสูญเสียดินสากลนั้น ได้จากการศึกษาเฉพาะดินชนิดหนึ่งๆ ในแปลงทดลองขนาดของความกว้าง 6 ฟุต ยาว 72.6 ฟุต บนความลาดเท 9 เปอร์เซ็นต์ ในสภาพที่มีการไถพรวนขึ้นลงตามความลาดชัน และปล่อยสภาพดินไว้ว่างเปล่าตลอดเวลาเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 2 ปี โดยลักษณะของแปลงทดลองเช่นนี้ ค่าของปัจจัย L, S, C และ P ต่างมีค่าเท่ากับ 1 และค่า K จะคำนวณได้จาก

$$K = A/EI \quad (2.6)$$

เมื่อ K คือ ค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน

A คือ ตัวเลขปริมาณการสูญเสียดินที่ตรวจวัดได้จากแปลงทดลอง

EI คือ ค่าตัวเลขปัจจัยการชะล้างพังทลายของฝน



ภาพประกอบ 4 แผนภาพ Nomograph สำหรับประเมินค่า K – factor

กรมพัฒนาที่ดินมีการศึกษาค่าปัจจัย K – factor ของดินในประเทศไทยจากแผนภาพ nomograph โดยอาศัยข้อมูลคุณสมบัติ 5 ประการ ของตัวแทนชุดดิน (soil series) ที่มีการเก็บตัวอย่างดินมาทำการวิเคราะห์หาคุณสมบัติในห้องปฏิบัติการ ผลจากการศึกษาแนะนำให้ใช้ค่าตามตารางที่ 2 สำหรับการประเมินค่าปัจจัย K อย่างง่าย โดยพิจารณาจากเนื้อดินบน สภาพพื้นที่กำเนิดดิน และภูมิภาคที่พบ

ตาราง 2 ค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดินในแต่ละภูมิภาคประเทศไทย

เนื้อดิน	ค่า K									
	บริเวณที่สูง (ความลาดชัน > 35 เปอร์เซ็นต์)					บริเวณที่ราบ (ความลาดชัน < 35 เปอร์เซ็นต์)				
	อินทรีย์วัตถุ ในดิน	อินทรีย์วัตถุ บนผิวดิน	อินทรีย์วัตถุ ในดิน	อินทรีย์วัตถุ บนผิวดิน	อินทรีย์วัตถุ ในดิน	อินทรีย์วัตถุ ในดิน	อินทรีย์วัตถุ บนผิวดิน	อินทรีย์วัตถุ ในดิน	อินทรีย์วัตถุ บนผิวดิน	อินทรีย์วัตถุ ในดิน
Sand	-	-	-	0.05	0.04	-	-	-	0.05	0.04
Lonmsand	0.04	0.05	0.08	0.07	0.07	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
Sandy loam	0.29	0.27	0.30	0.19	0.20	0.26	0.30	0.26	0.34	0.30
Loam	0.29	0.33	0.33	0.30	0.33	0.35	0.35	0.43	0.33	0.34
Silt loam	0.37	0.49	0.56	0.21	0.40	0.34	0.34	0.47	0.44	0.39
Silt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.57
Sandy clay loam	0.24	0.21	0.20	0.25	0.19	0.20	0.22	0.21	0.23	0.21
Clay loam	0.25	0.24	0.28	0.30	0.29	0.36	0.27	0.19	0.25	0.31
Silty clay loam	0.46	0.35	0.38	0.37	0.31	0.43	0.42	0.29	0.38	0.21
Sandy clay	-	-	0.15	-	-	-	0.17	0.17	0.18	0.18
Silty clay	0.23	0.21	0.26	0.19	0.22	0.27	0.27	0.23	0.29	0.29
Clay	0.13	0.15	0.14	0.12	0.11	0.15	0.18	0.18	0.14	0.14

ผลจากการประเมินค่า K ของชุดดินและหน่วยธรณีวิทยา พบว่า ดินที่พบในประเทศไทย มีค่า K อยู่ระหว่าง 0.04 - 0.56 โดยชุดดินที่มีเนื้อดินบน ส่วนมากเป็นดินทรายหรือดินทรายปนดินร่วน มีค่า K ต่ำสุด อยู่ระหว่าง 0.04 - 0.09 และชุดดินที่มีเนื้อดินบนส่วนมากเป็นดินร่วนปนทรายแข็ง มีค่า K สูงสุด อยู่ระหว่าง 0.34 - 0.47 ขณะที่หน่วยธรณีวิทยา หินทราย มีค่า K ต่ำสุด

อยู่ระหว่าง 0.04 - 0.08 และหน่วยธรณีวิทยาหินทรายแป้ง หินดินดานและหินอัคนี มีค่า K
ค่อนข้างสูง อยู่ระหว่าง 0.24 - 0.33 ผลการประเมินค่า K ของหน่วยธรณีวิทยา แสดงในตารางที่ 3

ตาราง 3 ค่า K ของหน่วยธรณีวิทยาจำแนกตามภูมิภาคของประเทศไทย

ธรณีวิทยา	เนื้อดิน	ไ้	เหนือ	ตะวันออก เฉียงเหนือ	ตะวันออก	กลาง/ ตะวันออก
Qa	sil, sl sicl,	0.40	0.19	0.37	0.21	0.56
Qt, Qc	sl, scl, cl (g)	0.20	0.27	0.29	0.19	0.30
Tmm, Tkb, Trwc, Trkp, Trdl, Trpk, Trn, Trk, Trc, Trl, KTpk, KTky, KTpt, K, Kp, Png1	sl, scl, cl	0.20	0.27	0.29	0.19	0.30
Jk, Ju, J, Png2, Png3	c, cl	0.11	0.15	0.13	0.12	0.14
Tr1, Tr2	cl	0.29	0.24	0.25	0.30	0.28
C, Cy, Cy1, Cy2, Cm	sl, scl, c (g)	0.20	0.27	0.29	0.19	0.30
D	cl, c	0.29	0.24	0.25	0.30	0.28
S	scl, cl, c (g)	0.19	0.21	0.24	0.25	0.20

ตาราง 3 (ต่อ1)

ธรณีวิทยา	เนื้อดิน	ไต่	เหนียว	ตะวันออก เฉียงเหนือ	ตะวันออก	กลาง/ ตะวันออก
O	scl, cl, c	0.19	0.21	0.24	0.25	0.20
E, Et	cl, scl (g)	0.29	0.24	0.25	0.30	0.28
PE	scl, cl, c (g)	0.19	0.21	0.24	0.25	0.20
JK	sl, ls, scl	0.20	0.27	0.29	0.19	0.30
TrJ	scl, c (g)	0.19	0.21	0.24	0.25	0.20
PTr	sl, scl, sc	0.20	0.27	0.29	0.19	0.30
DC	scl, cl (g)	0.19	0.21	0.24	0.25	0.20
CP, Ck	scl, sc, c (g)	0.19	0.21	0.24	0.25	0.20
SD, SDCtn, SDCtp	scl, cl, c (g)	0.19	0.21	0.24	0.25	0.20
EO, P3	cl, c (g)	0.29	0.24	0.25	0.30	0.28
P2	c	0.11	0.15	0.13	0.12	0.14
P1, Ps, Ps-1, Ps- 2, Pr, Pr-2	c, scl (g)	0.11	0.15	0.13	0.12	0.14
P2-3	c, sc	0.11	0.15	0.13	0.12	0.14
CPk, CPk- 1, CPk-2	scl, sc (g)	0.19	0.21	0.24	0.25	0.20
C2-3	sl, scl (g)	0.20	0.27	0.29	0.19	0.30
C2	sl, scl (g)	0.20	0.27	0.29	0.19	0.30

ตาราง 3 (ต่อ2)

ธรณีวิทยา	เนื้อดิน	ไ้	เหนือ	ตะวันออก เฉียงเหนือ	ตะวันออก	กลาง/ ตะวันออก
KTms	l, cl, c	0.33	0.33	0.29	0.30	0.33
Kkk	ls, sl	0.07	0.05	0.04	0.07	0.08
Kpp	sl, ls	0.20	0.27	0.29	0.19	0.30
Ksk	l, sl	0.33	0.33	0.29	0.30	0.33
JKpw	sl, ls, l	0.20	0.27	0.29	0.19	0.30
Jpk	l, cl, c	0.33	0.05	0.29	0.30	0.33
Trhl	l, cl, c	0.33	0.33	0.29	0.30	0.33
Trnp	scl, cl (g)	0.19	0.21	0.24	0.25	0.20
Cki	gcl, gc	0.29	0.24	0.25	0.30	0.28
Cih	scl, sl, sc (g)	0.19	0.21	0.25	0.25	0.20
Ckk	gcl, gc	0.29	0.24	0.25	0.30	0.28
Trpd	sl, scl, sc	0.20	0.27	0.29	0.19	0.30
R_d	cl, c (g)	0.29	0.24	0.25	0.30	0.28
Trhh	scl, cl, c	0.19	0.21	0.24	0.25	0.20
Trpn	C	0.11	0.15	0.13	0.12	0.14
Trpt	sl, scl (g)	0.20	0.27	0.29	0.19	0.30
R_i	cl, scl, sc (g)	0.29	0.24	0.25	0.30	0.28
Qbs, Tbs, DCv, Pv	c	0.11	0.15	0.13	0.12	0.14
R_Jgr	scl, sl, cl	0.19	0.21	0.24	0.25	0.20
Trm, Trgr, PTrgr	scl, cl, c	0.19	0.21	0.24	0.25	0.20

ตาราง 3 (ต่อ3)

ธรณีวิทยา	เนื้อดิน	ไต่	เหนียว	ตะวันออก เฉียงเหนือ	ตะวันออก	กลาง/ ตะวันออก
Cgr	scl, cl, c	0.19	0.21	0.24	0.25	0.20
PTru, Cb	c	0.11	0.15	0.13	0.12	0.14
Kgr	scl, cl, c	0.19	0.21	0.24	0.25	0.20
Mzv	scl, l, c (g)	0.19	0.21	0.24	0.25	0.20
PTrv, Tv, Krh, Jv	c (g)	0.11	0.15	0.13	0.12	0.14
CPv	cl, c (g)	0.29	0.24	0.25	0.30	0.28

หมายเหตุ : เนื้อดิน c = clay; cl = clay loam; l = loam; g = gravelly; ls = loamy sand; scl = sandy clay loam; sil = silt loam; silcl = silty clay loam; sl = sandy loam

6.3 การประเมินค่าปัจจัยความลาดชันของพื้นที่

สภาพพื้นที่ที่มีบทบาทสำคัญต่อการชะล้างพังทลายของดินใน 2 ทาง คือ ความยาวของความลาดเท (slope length) และความชัน (slope gradient) การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทั้งสองกับการสูญเสียดินในแปลงทดลองที่ทำอย่างต่อเนื่อง ในสภาพแวดล้อมหลากหลายเป็นระยะเวลานาน ทำให้สามารถพัฒนาสมการคณิตศาสตร์เพื่อใช้คำนวณค่าปัจจัยความยาวของความลาดเท (L - factor) และค่าปัจจัยความชัน (S - factor) สำหรับใช้กับสมการสูญเสียดินสากลซึ่งมีการนำไปใช้ และปรับปรุงให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมในหลายประเทศมากขึ้น การศึกษาค่าปัจจัยความยาวของความลาดเท (L - factor) และค่าปัจจัยความชัน (S - factor) มีความสำคัญต่อสมการการสูญเสียดินสากล เนื่องจากค่าการสูญเสียดินที่คำนวณได้จากสมการการสูญเสียดินสากลมักมีค่าสูงกว่าค่าที่วัดได้จริง และส่งผลต่อการคำนวณค่าการสูญเสียดินมากกว่าปัจจัยอื่น กรมพัฒนาที่ดินทำการศึกษาการเปรียบเทียบการคำนวณค่าปัจจัย L และปัจจัย S จากสมการต่างๆ ที่ใช้ในประเทศและต่างประเทศ เพื่อกำหนดบรรทัดฐานของการทำแผนที่การชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย ทั้งระดับประเทศและระดับภาค โดยพิจารณาถึงความถูกต้องและเหมาะสมของแหล่งข้อมูลความลาดชันของพื้นที่ที่นำมาใช้ประโยชน์

ปัจจัยความยาวของความลาดเท (L - factor)

ค่าปัจจัยความยาวของความลาดเทในสมการการสูญเสียดินสากล คือ ตัวเลขแสดงสัดส่วนของการสูญเสียดินต่อหน่วยความยาวของความลาดชัน เป็นความสัมพันธ์ของความยาวของความลาดเทและการชะล้างพังทลายแบบแผ่น (sheet erosion) และการชะล้างพังทลายแบบริ้ว (rill erosion) ความยาวของความลาดเท หมายถึง ระยะทางตามแนวราบตั้งแต่จุดเริ่มมีน้ำไหลเอ่อบนผิวดิน (overland flow) ถึงจุดใดจุดหนึ่งต่อไปนี้ คือ 1) จุดที่ความลาดชันลดลงจนเกิดการทับถมของตะกอน 2) จุดที่มีการรวมตัวของน้ำที่ไหลบ่า โดยทั่วไปน้ำจะไหลรวมกันภายในระยะทางไม่เกิน 400 ฟุต ซึ่งถือเป็นความยาวสูงสุดของความลาดชัน อย่างไรก็ตามมีความลาดชันยาวถึง 1,000 ฟุต หากพื้นที่นั้นมีการไถพรวนดินให้เป็นร่องยาว ความยาวของความลาดเทสามารถตรวจวัดในแปลงด้วยเครื่องมืออย่างง่าย สำหรับพื้นที่ลาดชันมากระยะทางที่วัดต้องนำมาแปลงเป็นค่าระยะทางในแนวราบ การวัดค่าความยาวของความลาดเทจากแผนที่เส้นชั้นความสูง (contour) จะได้ค่าที่ยาวมาก เนื่องจากแผนที่ส่วนใหญ่ไม่มีรายละเอียดบอกให้ทราบถึงจุดรวมตัวของน้ำ ซึ่งเป็นจุดปลายสุดของความยาวของความลาดเท สมการที่ใช้ในการคำนวณค่าปัจจัยความยาวของความลาดเท (L - factor) คือ

$$L = (\lambda / 22.13) m \quad (2.7)$$

เมื่อ L คือ ค่าปัจจัยความยาวของความลาดเท ในสมการการสูญเสียดินสากล

λ คือ ระยะทางตามแนวราบของพื้นที่ลาดชัน นับจากจุดเริ่มมีน้ำไหลเอ่อผิวดิน ถึงจุดที่ความลาดชันเปลี่ยนลดลงจนเกิดการทับถมของตะกอน หรือจุดที่มีการรวมตัวของน้ำเป็นร่องมีหน่วยเป็นเมตร ควรมีระยะทางไม่เกิน 400 ฟุต หรือประมาณ 120 เมตร แต่ถ้าพื้นที่นั้น ใช้รถไถพรวนเป็นร่องยาว ค่านี้อาจมีค่าถึง 1000 ฟุต หรือประมาณ 300 เมตร

22.13 คือ ความยาวของแปลงทดลองมาตรฐาน (เมตร)

m คือ เลขยกกำลังซึ่งผันแปรตามความลาดชัน มีความสัมพันธ์กับสัดส่วนการชะล้างพังทลายแบบริ้ว (rill erosion) ที่เกิดจากน้ำที่ไหลบ่า กับ การชะล้างพังทลายระหว่างริ้ว (interill erosion) ที่เกิดจากเม็ดฝนที่ตกลงมาบนพื้นที่ลาดชันสูง ค่า m จะเพิ่มขึ้นเนื่องจากการชะล้างพังทลายแบบริ้วมีมากกว่าการชะล้างพังทลายแบบ

ระหว่างริ้วในทางกลับกันในพื้นที่ลาดชันน้อยลง ค่า m จะลดลงเนื่องจากการชะล้างพังทลายแบบริ้วมีน้อยกว่าการชะล้างพังทลายแบบระหว่างริ้ว

การคำนวณค่า L ใช้ค่าดังนี้

$$L = (\lambda / 22.13) 0.2 \text{ สำหรับพื้นที่ลาดชัน } 0 - 1.0 \%$$

$$L = (\lambda / 22.13) 0.3 \text{ สำหรับพื้นที่ลาดชัน } 1.1 - 3.0 \%$$

$$L = (\lambda / 22.13) 0.4 \text{ สำหรับพื้นที่ลาดชัน } 3.1 - 5.0 \%$$

$$L = (\lambda / 22.13) 0.5 \text{ สำหรับพื้นที่ลาดชัน } 5.1 - 21.0 \%$$

$$L = (\lambda / 22.13) 0.7 \text{ สำหรับพื้นที่ลาดชันมากกว่า } 21.0 \%$$

ปัจจัยความชัน (S - factor)

ค่าปัจจัยความชัน คือสัดส่วนของการสูญเสียดินต่อหน่วยความชัน เป็นความสัมพันธ์ระหว่างความชันต่อการชะล้างพังทลายแบบแผ่น (sheet erosion) กับการชะล้างพังทลายแบบริ้ว (rill erosion) ความชันของพื้นที่สามารถตรวจในแปลงด้วยเครื่องมือวัดความลาดเอียง เช่น เครื่อง Abney ส่วนข้อมูลแผนที่เส้นชั้นความสูง (contour) ที่มีเส้นความสูงห่างชั้นละ 2 ฟุต สามารถใช้คำนวณค่าความชันได้หากทำอย่างรอบคอบ การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความชันกับการสูญเสียดินในแปลงทดลอง ส่งผลให้สามารถพัฒนาสมการคณิตศาสตร์เพื่อคำนวณค่าปัจจัยความชัน สำหรับใช้ในสมการการสูญเสียดินสากลได้ โดยสมการที่ใช้คำนวณค่าปัจจัยความชัน สำหรับพื้นที่ลาดชัน 0 - 9 เปอร์เซ็นต์ใช้สมการ ดังนี้

$$S = 0.065 s^2 + 0.045 s + 0.065 \quad (2.8)$$

$$S = 6.4 \sin \{ \arctan(s/100) \} 0.75 (\cos \{ \arctan(s/100) \}) \quad (2.9)$$

เมื่อ S คือ ค่าปัจจัยความชัน

s คือ เปอร์เซ็นต์ความชัน

ตาราง 4 ค่าปัจจัยรวม LS-factor ของชั้นความลาดชันตามแผนที่กลุ่มชุดดิน

ชั้นความลาดชัน ตามแผนที่กลุ่มชุดดิน	เปอร์เซ็นต์ ความลาดชัน (S)	ความยาวของความ ลาดเท (ค่า λ เป็น เมตร)	ค่าปัจจัยรวม LS-factor
A	1.2	150	0.226
B	2.0	150	0.323
C	5.0	100	0.567
D	12.0	50	1.927
E	20.0	50	2.753
F (กลุ่มดิน 62)	35.0	50	4.571

6.4 การประเมินค่าปัจจัยการจัดการพืช

ค่าปัจจัยการจัดการพืช (crop management factor, C - factor) เป็นค่าดัชนีที่ได้จากอัตราส่วนของปริมาณการสูญเสียดินจากแปลงทดลอง โดยมีการปลูกพืชและการจัดการพืชชนิดใดชนิดหนึ่งกับปริมาณการสูญเสียดินที่ถูกชะล้างจากแปลงทดลองที่ปล่อยว่างเปล่า และไถพรวนขึ้นลงตามแนวความลาดเท ค่าปัจจัยการจัดการพืชเป็นค่าที่สะท้อนถึงความสำคัญ ดังนี้

1) ประสิทธิภาพของพืช คือ พื้นที่ที่ถูกปกคลุมด้วยพืชสามารถป้องกัน และลดระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินได้ พืชแต่ละชนิดมีความสามารถกักการตกกระแทกของฝนได้แตกต่างกัน และช่วงเวลาในการเจริญเติบโตหรืออายุของพืชส่งผลต่อการชะล้างพังทลายของดิน

2) ลักษณะการปกคลุมเรือนยอดของพืชแต่ละชนิด มีความสามารถปกคลุมพื้นที่ผิวดินได้มากหรือน้อย ร่วมกับชนิดพืชที่ขึ้นอยู่เหนือผิวดินและเศษซากเหลือของพืชแต่ละชนิด

3) วิธีการปฏิบัติในการปลูกพืชหรือระบบการปลูกพืช

ค่าปัจจัยการจัดการพืช ในสมการการสูญเสียดินสากลนั้นจะต้องได้จากการทดลองตามธรรมชาติ ซึ่งปล่อยให้พืชพรวนเจริญเติบโต ตามขั้นตอนและพฤติกรรมของพืชตามธรรมชาติ น้ำฝนที่ตกตลอดจนกรรมวิธีในการปลูกพืชในแต่ละแห่ง เนื่องจากข้อมูลจากการทดลองนี้ ในประเทศไทยยังมีไม่มาก และผลการทดลองไม่แน่ชัด จึงส่งผลให้ต้องอาศัยผลการทดลองจากต่างประเทศมาประยุกต์ใช้กับประเทศไทยตามความเหมาะสม

6.5 การประเมินค่าปัจจัยการปฏิบัติป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน

ค่าปัจจัยการปฏิบัติป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน (Conservation Practice factor, P-factor) เป็นปัจจัยแสดงการควบคุมการชะล้างพังทลายของดินที่ได้จากอัตราส่วนของปริมาณการสูญเสียดินที่ได้จากแปลงทดลอง ซึ่งมีวิธีการอนุรักษ์ประเภทใดประเภทหนึ่งกับปริมาณการสูญเสียดินจากแปลงทดลองที่ไถพรวนดินขึ้นลงตามความลาดชัน

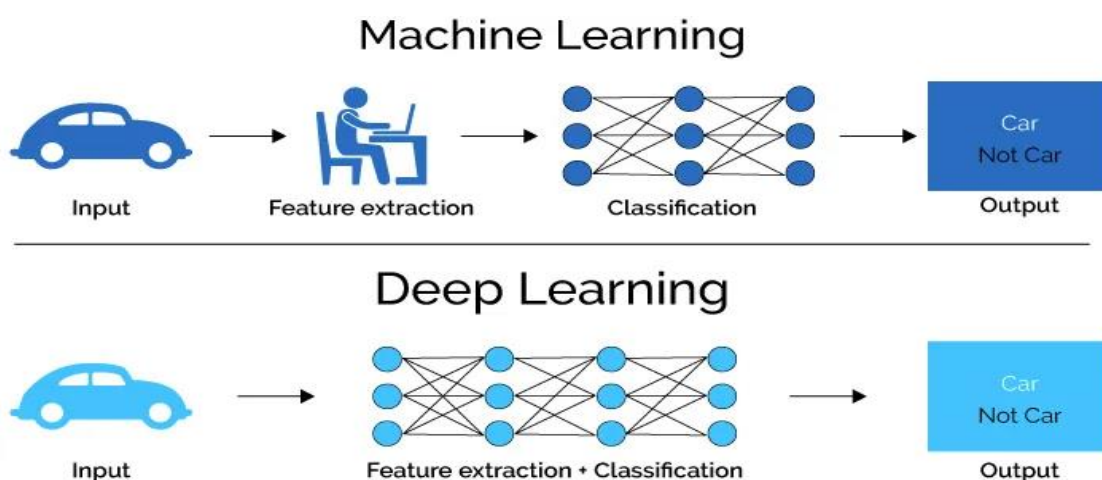
การปฏิบัติป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน แบ่งออกเป็น 4 มาตรการสำคัญ ได้แก่

- 1) การทำการเกษตรตามแนวระดับ (contouring) รวมถึงวิธีการไถพรวน และการปลูกพืช
- 2) การควบคุมแนวการปลูกพืช และปรับพื้นที่เป็นคันดิน เป็นการทำแนวระดับ ที่แน่นอนและปรับพื้นที่ลาดชันให้มีความสม่ำเสมอและมีแนวการเบนทางน้ำออกไปจากพื้นที่โดยคันดินและคูระบายน้ำไม่ให้ขังอยู่ในพื้นที่รวมถึงการใช้เศษวัสดุของพืชในปริมาณสูงไว้ในพื้นที่เป็นแถวตามแนวระดับ
- 3) การปลูกพืชสลับตามแนวระดับ (contour strip cropping) การปลูกพืชสลับเป็นแนว โดยมีความกว้างของแต่ละแนวเท่าๆ กันและพืชที่ปลูกสลับ โดยครอบคลุมพื้นที่ต่อเนื่องตลอดทั้งปี
- 4) การทำขั้นบันได (terracing)

7. โครงข่ายประสาทเทียม Artificial Neural Networks (ANNs)

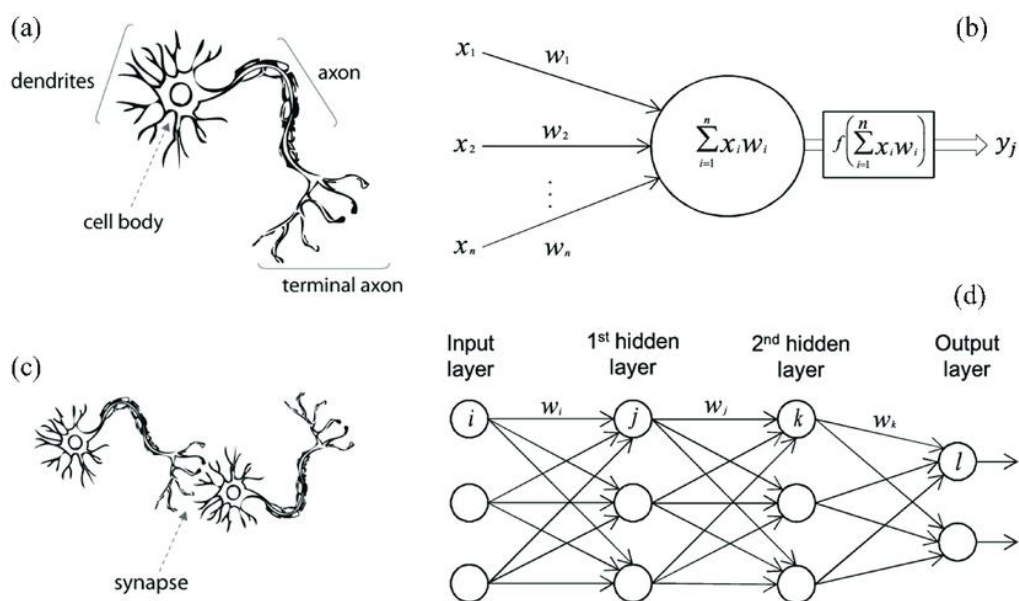
ในศาสตร์ของวิทยาการข้อมูล (Data Science) จะมีbuzzเวิร์ด (Buzzword) คือปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence หรือ AI) ซึ่ง AI เป็นคำกว้างๆ ที่อธิบายถึง ระบบในการวิเคราะห์และประมวลผลที่มีความคล้ายคลึงกับความฉลาดของมนุษย์ และสามารถนำออกมาเป็นผลลัพธ์ต่างๆ เช่น การทำนายดินที่หายไปในแต่ละเดือน เป็นต้น โดยที่กระบวนการวิเคราะห์และการประมวลผลเพื่อที่จะทำนายผลต่างๆ นั้นจะทำการคำนวณทางคณิตศาสตร์เป็นเบื้องหลัง ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 กระบวนการหลัก คือ การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning หรือ ML) และการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning หรือ DL) ทั้งสองกระบวนการนี้มีวิธีการคำนวณแตกต่างกันไป

จากภาพประกอบ 5 จะเห็นว่าการเรียนรู้ของเครื่องนั้น จะต้องมีการคัดเลือกตัวแปร (Feature Extraction) ที่เหมาะสมด้วยมนุษย์ก่อน แล้วเข้าสู่กระบวนการคำนวณเพื่อทำนายผลตามที่ต้องการ แต่การเรียนรู้เชิงลึกนั้นจะใช้คอมพิวเตอร์ในการคำนวณคัดเลือกตัวแปรที่เหมาะสมและเข้าสู่กระบวนการคำนวณเพื่อทำนายผลโดยอัตโนมัติ ดังนั้นข้อดีของการเรียนรู้เชิงลึกจะมีข้อได้เปรียบตรงที่เราไม่ต้องเสียเวลาคัดตัวแปรที่เหมาะสม เพราะบางครั้งการคัดเลือกตัวแปรที่เหมาะสมนั้นอาจใช้เวลาอย่างมาก และจะต้องมีความรู้ตามสายนั้นอย่างลึกซึ้ง



ภาพประกอบ 5 เปรียบเทียบการทำงานระหว่าง Machine Learning กับ Deep Learning

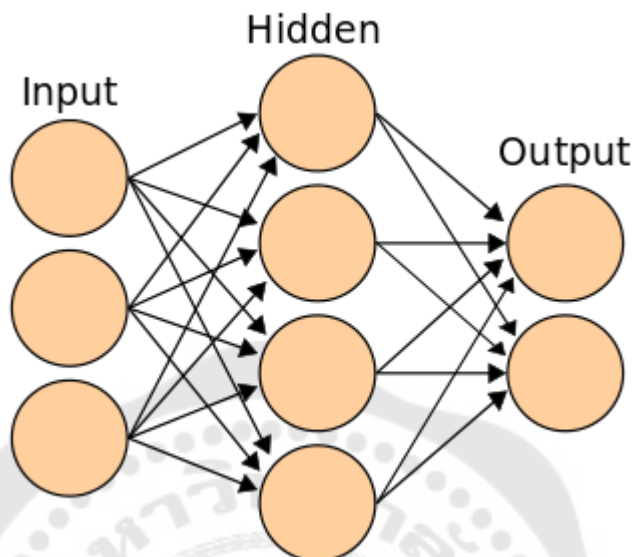
จุดเริ่มต้นของการเรียนรู้เชิงลึกนั้นเริ่มต้นมาจาก โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Networks) โดยแนวคิดเริ่มต้นของเทคนิคนี้ได้ จากการศึกษาโครงข่ายไฟฟ้าชีวภาพ (bioelectric network) ในสมอง ซึ่งประกอบด้วย เซลล์ประสาท (Neurons) และ จุดประสานประสาท (Synapses) ตามโมเดลนี้ โครงข่ายประสาทเกิดจากการเชื่อมต่อกันระหว่างเซลล์ประสาท จนเป็นเครือข่ายที่ทำงานร่วมกัน กับการประมวลผลต่าง ๆ ของโครงข่ายประสาทเทียมเกิดขึ้นในหน่วยประมวลผลย่อย เรียกว่า โหนด (Node) ซึ่งโหนดเป็นการจำลองลักษณะการทำงานมาจากเซลล์ การส่งสัญญาณ ระหว่างโหนดที่เชื่อมต่อกัน จำลองมาจากการเชื่อมต่อของใยประสาท และแกนประสาทในระบบประสาทของสมองมนุษย์ภายในโหนด จุดเชื่อมต่อแต่ละจุด มีความคล้ายคลึงกับ จุดประสานประสาท (Synapses) ในสมอง มีความสามารถในการส่งสัญญาณไปยังเซลล์ประสาท เซลล์อื่น ๆ ที่เชื่อมต่อกัน



ภาพประกอบ 6 โครงข่ายประสาทเทียม

ในการสร้างระบบโครงข่ายประสาทเทียมผล ขาออก (Output) ของแต่ละเซลล์ประสาทมาจากการคำนวณผลรวมของขาเข้า (Input) โดยฟังก์ชันการแปลง (Transfer Function) ซึ่งทำหน้าที่รวมค่าเชิงตัวเลขจากขาออกของเซลล์ประสาทเทียม แล้วทำการตัดสินใจว่าจะส่งสัญญาณขาออกออกไปในรูปใด ฟังก์ชันการแปลงอาจเป็นฟังก์ชันเส้นตรงหรือไม่ก็ได้ โครงข่ายประสาทเทียมประกอบไปด้วย จุดเชื่อมต่อ (Connections) ซึ่งสามารถเรียกว่า เอจ (Edge) เมื่อโครงข่ายประสาทมีการเรียนรู้ จะเกิดค่าน้ำหนักขึ้น ค่าน้ำหนัก (Weights) คือ สิ่งที่ได้จากการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม หรือเรียกว่า ค่าความรู้ (Knowledge) ค่าจะถูกเก็บเป็นทักษะเพื่อใช้ในการจดจำข้อมูลอื่น ๆ ที่อยู่ในรูปแบบเดียวกัน

7.1 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม และส่วนประกอบสำคัญ



ภาพประกอบ 7 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม และส่วนประกอบสำคัญ

1. ชั้นขาเข้า (Input layer) มีหน้าที่ในการรับข้อมูลเข้ามาในโครงข่ายประสาท โดยชั้นขาเข้าจะมีเพียงชั้นเดียวเท่านั้นและมีหน้าส่งข้อมูลไปยังชั้นถัดไป (Hidden Layer) ตัวอย่างเช่น หากภาพมีขนาด 100×100 พิกเซล จะมีนิวรอน (Neuron) ในชั้นนำเข้าทั้งหมด 10,000 ตัว

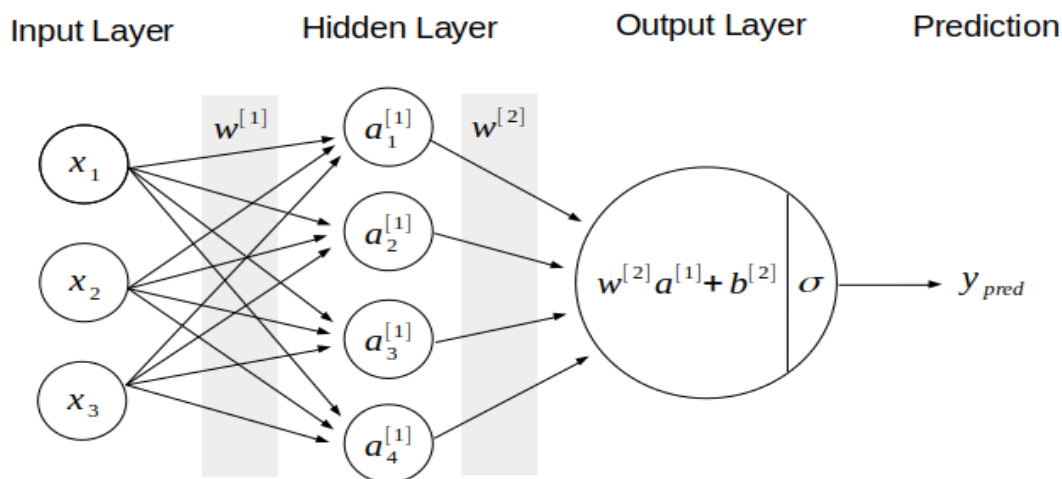
2. ชั้นกลางหรือชั้นซ่อน (Hidden layer) เป็นชั้นที่ประมวลผลข้อมูลจากชั้นขาเข้าและสกัดลักษณะที่เป็นประโยชน์ ชั้นเหล่านี้จะมีฟังก์ชัน (Function) รูปแบบหนึ่งที่ใช้ในการคำนวณและแปลงค่าเพื่อส่งผลลัพธ์ออกไปยังนิวรอนในชั้นถัดไป เรียก ฟังก์ชันนี้ว่า ฟังก์ชันกระตุ้น (Activation Function) โดยที่ฟังก์ชันนี้จะต้องมีการถ่วงน้ำหนัก (Weight, W) ก่อนส่งไปยังชั้นถัดไป

3. ชั้นสุดท้ายเรียกว่าชั้นขาออก (Output layer) ชั้นนี้ให้ผลลัพธ์สุดท้ายหรือการทำนายที่เป็นตัวอย่างตามข้อมูลที่ประมวลผลจากชั้นซ่อน ยกตัวอย่างเช่น การทำนายการกัดกร่อนของดินว่าหายไป ค่าในชั้นขาออกก็จะทำนายค่าดินที่หายไปนั้นออกมา

จากโครงสร้างเราสามารถสรุปเป็นสมการอย่างง่ายของโครงข่ายประสาทเทียมได้ตามสมการด้านล่างนี้

ชั้นขาออก = ฟังก์ชันกระตุ้น (ผลรวมค่าถ่วงน้ำหนักของชั้นขาเข้า + ค่าความเอนเอียง) Output Layer = Activation Function (Sum[weight x Input Layer] + bias)

7.2 อัลกอริทึมของโครงข่ายประสาทเทียม (Neuron Network Algorithm)



ภาพประกอบ 8 อัลกอริทึมของโครงข่ายประสาทเทียม (Neuron Network Algorithm)

อัลกอริทึม (Algorithm) ของโครงข่ายประสาทเทียมจะแบ่งตามการทำงานได้ 2 รูปแบบคือ การทำนายผลกับการแก้ไขความผิดพลาดของการทำนาย นั่นก็คือวิธีการส่งข้อมูลไปข้างหน้า (Forward Propagation) และการส่งข้อมูลย้อนกลับ (Back Propagation) ตามลำดับ

ตัวอย่างอัลกอริทึม มีตัวแปร (Parameter) w และ b ที่เป็นตัวแทนของข้อมูลกระบวนการส่งข้อมูลไปข้างหน้า คือการนำข้อมูล x เข้ามาประมวลผลร่วมกับตัวแปร เหล่านั้นเป็นขั้นๆ จนได้คำตอบ อย่างไรก็ตามในตอนเริ่มต้น โมเดลจะยังไม่มีตัวแปรที่ถูกต้อง จึงต้องสุ่มค่าเริ่มต้นของตัวแปรขึ้นมาเมื่อกระบวนการส่งข้อมูลไปข้างหน้าทำงานจบ 1 รอบ จะเปรียบเทียบผลการพยากรณ์กับคำตอบที่รู้อยู่แล้ว จากนั้นโมเดลจะใช้กระบวนการตรงกันข้าม คือ การส่งข้อมูลย้อนกลับ (Backward propagation) ในการปรับค่าตัวแปร ให้สะท้อนข้อมูลในชุดเรียนรู้ (Train Set) มากขึ้น ทำหลายรอบจนกระทั่งได้ความแม่นยำของโมเดลตามต้องการ

6.2.1 การส่งข้อมูลไปข้างหน้า (Forward Propagation)

ข้อมูลขาเข้า (Input Layer) เป็นข้อมูลแบบมีโครงสร้าง x แต่ละตัวจะแทนตัวแปรหรือคอลัมน์ของข้อมูล เช่น อายุ เพศ รายได้ เป็นต้น หากเป็นข้อมูลแบบไม่มีโครงสร้าง เช่น รูปภาพ x แต่ละตัวจะแทนค่าความสว่างของภาพ 1 พิกเซล ดังนั้น ภาพขาวดำขนาด 64×64 พิกเซล จะได้จำนวนข้อมูลขาเข้า $m = 64 \times 64 = 4096$ หากเป็นภาพสี ต้องคูณ 3 เข้าไป เพราะภาพสีแต่ละพิกเซลจะมีข้อมูลความสว่าง 3 สี คือ แดง เขียว และน้ำเงิน

ข้อมูลชั้นกลางหรือชั้นซ่อน (Hidden layer) คือชั้นประมวลผลที่ซ่อนอยู่ ซึ่งมีได้หลายชั้นในชั้นซ่อนแต่ละชั้นจะมีหน่วยประมวลผลที่เรียกว่า นิวรอน หน้าที่ของนิวรอนแต่ละตัวคือการรับข้อมูลขาเข้า จากชั้นก่อนหน้า มาประมวลผลโดยใช้ฟังก์ชันเชิงเส้น (Linear Function) ร่วมกับค่าน้ำหนัก w ของข้อมูลขาเข้าแต่ละตัว ซึ่งให้ผล z แล้วนำ z ไปคำนวณในฟังก์ชันกระตุ้น (Activation function, g) คำตอบที่ได้เรียกว่า a สามารถเขียนขั้นตอนเป็นสมการได้ดังนี้:

สำหรับ X_{ij} แต่ละรายการ:

$$z_{ij}^{[k]} = W^{[k]}X_{ij} + b^{[k]} \quad (2.10)$$

$$a_{ij}^{[k]} = g(z_{ij}^{[k]}) \quad (2.11)$$

โดยที่

i คือ ลำดับของข้อมูลในชั้นนั้นๆ

j คือ ลำดับการทำงานกันระหว่างชั้น

k คือ ลำดับของชั้น โดยนับที่ชั้นซ่อนแรก

ชั้นขาออก (Output Layer) คือชั้นที่ประมวลผลการกระตุ้น a ทั้งหมดจากชั้นก่อนหน้า โดยที่ $a^{[1]}$ คือ Input ร่วมกับค่าน้ำหนัก $W^{[2]}$ ของ $a^{[1]}$ ในชั้นก่อนหน้า (ไม่ใช่ของ x ในชั้นแรก) ได้ผลเป็น $z^{[2]}$ แล้วนำ $z^{[2]}$ ไปคำนวณในฟังก์ชันกระตุ้นได้ผลเป็น $a^{[2]}$ เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$z_{ij}^{[k+1]} = W^{[k+1]}a_{ij}^{[k]} + b^{[k+1]} \quad (2.12)$$

$$a_{ij}^{[k+1]} = g(z_{ij}^{[k+1]}) \quad (2.13)$$

การทำนายผล (Prediction) คือนำเอาผลการกระตุ้น $a^{[2]}$ ของชั้นขาออกมาตัดสินใจในฟังก์ชันการตัดสินใจ (Decision Function) เพื่อพยากรณ์

6.2.2 การส่งข้อมูลย้อนกลับ (Forward Propagation)

กระบวนการส่งข้อมูลไปข้างหน้าจบลงที่การได้ค่าพยากรณ์ ดังนั้นสิ่งต่อไปที่ต้องทำ คือการนำค่าพยากรณ์นั้นมาใส่ใน ฟังก์ชันสูญเสีย (Lost Function) เพื่อหาความต่างระหว่างค่าพยากรณ์กับค่าจริง โดยสำหรับโครงข่ายประสาทเทียมเราจะใช้ฟังก์ชันสูญเสีย ลักษณะเดียวกันกับ ฟังก์ชันโลจิสติกส์ (Logistic Function) คือ

$$J = -\frac{1}{m} \sum_{i=0}^m (y_i \log(a_i^{[2]}) + (1 - y_i) \log(1 - a_i^{[2]})) \quad (2.14)$$

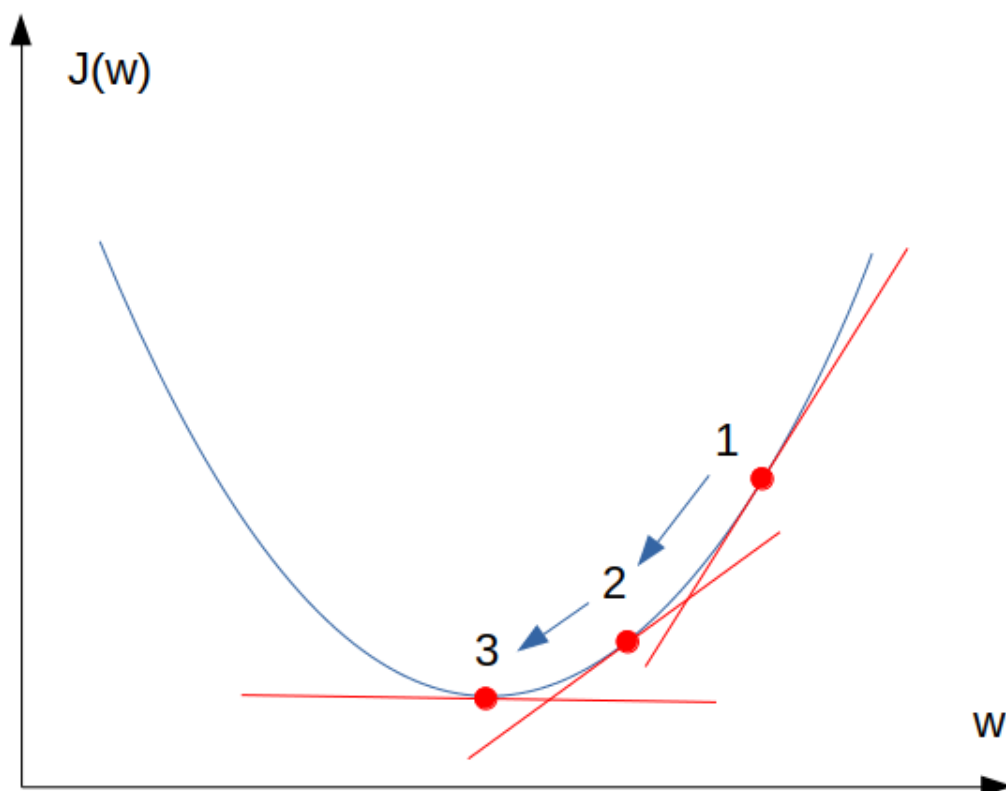
กระบวนการต่อไป หาค่าตัวแปรที่ทำให้ฟังก์ชันสูญเสียมีค่าต่ำที่สุด โดยใช้กระบวนการการเคลื่อนลงตามความชัน (Gradient descent) ซึ่งมีหลักการคือ

1.หาอนุพันธ์ของตัวแปรเช่น w เมื่อเปรียบเทียบกับฟังก์ชันสูญเสีย J :

$$\frac{\partial J(w)}{\partial w} \quad (2.15)$$

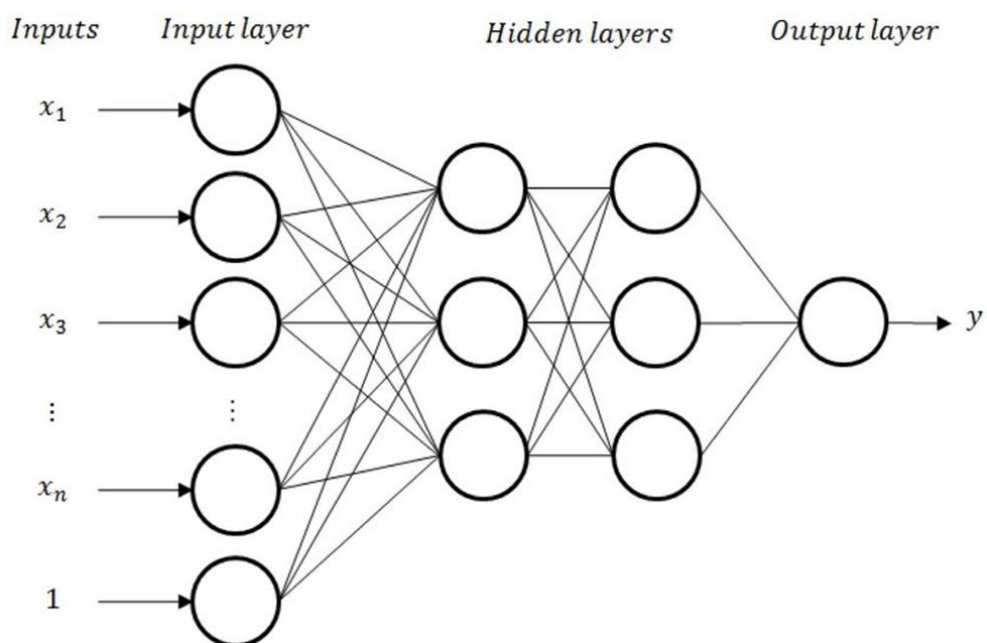
2.นำอนุพันธ์ที่ได้ไปลบออกจากตัวแปรนั้น โดยควบคุมความเร็วในการลบด้วย อัตราการเรียนรู้ (Learning rate, α) แล้วนำตัวแปร ใหม่ไปคำนวณในกระบวนการส่งข้อมูลไปข้างหน้าจะได้ ฟังก์ชันสูญเสีย ที่มีค่าลดลง ทำซ้ำขั้นตอนนี้ไปเรื่อยๆ จนฟังก์ชันสูญเสียมีค่าต่ำที่สุดที่จะเป็นไปได้

$$w := w - \alpha \frac{\partial}{\partial w} J(w) \quad (2.16)$$



ภาพประกอบ 9 ภาพรวมกระบวนการ

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นนั้นเป็นโครงข่ายประสาทเทียมชั้นเดียว ซึ่งก็มีข้อจำกัดความสามารถในการพยากรณ์สิ่งต่างๆ ดังนั้นนักคณิตศาสตร์จึงได้คิดหาวิธีที่การพยากรณ์ข้อมูลที่มีความซับซ้อนมากขึ้นได้ จึงได้พัฒนา โครงข่ายประสาทเทียมหลายชั้น (Multi-Layer Perceptron : MLP) ขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาที่ซับซ้อนได้ ซึ่งการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียมนั้นก็คล้ายคลึงกับแบบชั้นเดียว มีสิ่งที่ต่างกันแค่จุดเดียวคือ จำนวนชั้นกลางหรือชั้นซ่อน (Hidden Layer) นั้นมีมากกว่า 1 ชั้นตามภาพด้านล่างนี้



ภาพประกอบ 10 ชั้นกลางหรือชั้นซ่อน (Hidden Layer)

7.3 ตัวอย่างปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการวิเคราะห์การชะล้างพังทลายของดิน

การชะล้างพังทลายของดินมีปัจจัยต่าง ๆ เกี่ยวข้องเป็นจำนวนมากทั้งปัจจัยทางธรรมชาติ และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการกระทำของมนุษย์ โดยจากการค้นคว้าหาข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมเพื่อหาการชะล้างพังทลายของดินได้ดังนี้

ตาราง 5 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องของการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมเพื่อหาการชะล้างพังทลายของดิน

ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมเพื่อหาการชะล้างพังทลายของดิน		
	Abdollahzadeh และคนอื่น ๆ (2011)	V. Gholami และคนอื่น ๆ (2018)	Vahid Gholami และคนอื่น ๆ (2021)
ปริมาณน้ำฝน	✓	✓	
คุณลักษณะดิน	✓		✓
ความชัน	✓	✓	✓
มาตรการอนุรักษ์	✓		
อุณหภูมิ		✓	
เรื้อนยอด		✓	✓

8. การประเมินค่าความผิดพลาดจากการวิเคราะห์

การประเมินประสิทธิภาพของการทำงานในการวิเคราะห์ค่าข้อมูลที่อยู่ในรูปตัวเลข จะใช้ค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นของวิเคราะห์ชุดข้อมูลทดสอบโดยเปรียบเทียบค่าผลลัพธ์ที่แท้จริงกับค่าผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ โดยมีวิธีการประเมินดังนี้

1. ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (Mean Square Error : MSE) แสดงดัง (2.17)

$$MSE = \frac{(a_1 - y_1)^2 + \dots + (a_n - y_n)^2}{n} \quad (2.17)$$

โดย a = ค่าข้อมูลจริง

y = ค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณ

n = จำนวนข้อมูลทั้งหมด

2. รากที่สองของค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (Root Mean Square Error : RMSE) แสดงดัง (2.17)

$$RMSE = \sqrt{\frac{(a_1 - y_1)^2 + \dots + (a_n - y_n)^2}{n}} \quad (2.18)$$

โดย a = ค่าข้อมูลจริง

y = ค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณ

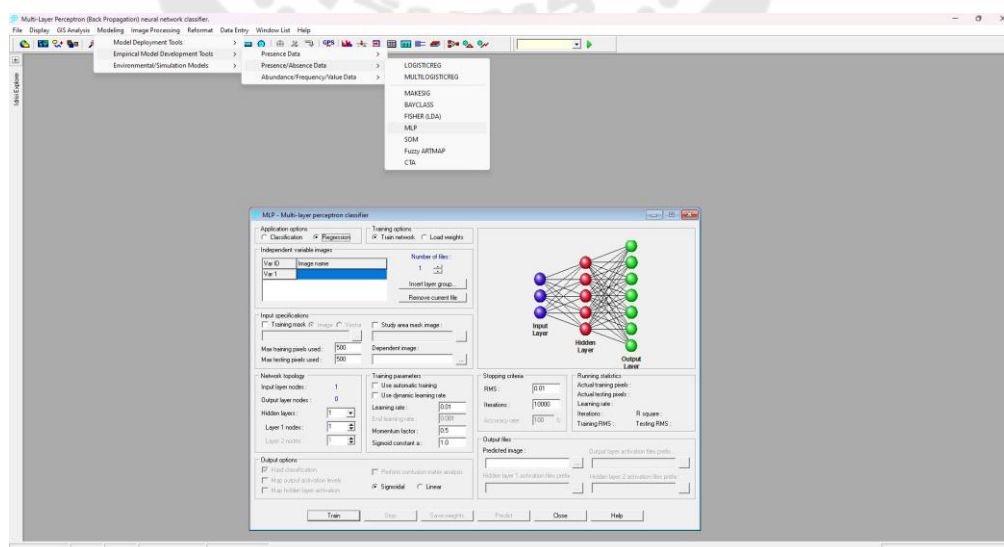
n = จำนวนข้อมูลทั้งหมด

9. โปรแกรม IDRISI

IDRISI เป็นชื่อของนักเขียนแผนที่และนักภูมิศาสตร์ชาวสเปน เกิดที่ประเทศโมร็อกโกในปี พ.ศ.1642 ได้สำรวจในยุโรป เอเชีย และแอฟริกาเหนือ มีส่วนร่วมในการเขียนแผนที่โลกในสมัยนั้น ให้กับ King Roger of Sicily จึงได้ใช้เป็นชื่อของระบบโปรแกรม IDRISI เพื่อเป็นเกียรติแก่ IDRISI

IDRISI เป็นโปรแกรมที่ใช้งานในด้านสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS), วิเคราะห์ภาพถ่ายระยะไกล (Image Processing) และการวิเคราะห์สถิติเชิงพื้นที่ (Spatial Statistical Analysis) ที่มีความสามารถสูง พัฒนาโดย Graduate School of Geography, Clark University, USA ทำงานภายใต้ระบบ Windows operating system

การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียม Artificial Neural Networks (ANNs) ในโปรแกรม IDRISI โดยใช้เครื่องมือ MLP - Multi-Layer Perceptron Classifier ในการวิเคราะห์ ดังภาพประกอบ 11



ภาพประกอบ 11 ภาพเครื่องมือ MLP - Multi-Layer Perceptron Classifier ในโปรแกรม IDRISI

10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในส่วนของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษา ทบทวน และรวบรวม งานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการชะล้างพังทลายของดิน และการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียม โดยสรุปได้ดังต่อไปนี้

10.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการชะล้างพังทลายของดิน

นิติพัฒน์ นวนมะโน (2556) ศึกษาเรื่องการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคองหงส์ และมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา จากผลการศึกษابริมาณ การชะล้างพังทลายของดินที่ได้ทำการทดลองเก็บตัวอย่างในฤดูฝนของปี 2554 เป็นระยะเวลา 3 เดือน พบว่าเขาคองหงส์มีอัตราการชะล้างพังทลายของดิน เท่ากับ 10.57 ตัน/ไร่ โดยพื้นที่โล่งมี อัตราการชะล้างพังทลายของดินมากที่สุด เท่ากับ 20.22 ตัน/ไร่ พื้นที่สวนยางพารามีอัตราการชะ ล้างพังทลายของดิน เท่ากับ 15.60 ตัน/ไร่ พื้นที่ป่าทดแทนมีอัตราการชะล้างพังทลายของดิน เท่ากับ 4.49 ตัน/ไร่

พิสิฐรัฐ กิมยงค์, สามัคคี บุญยะวัฒน์, และ สมนิมิตร พุกงาม (2556) ศึกษาเรื่องการ เปรียบเทียบการประมาณค่าการสูญเสียดินโดยแบบจำลอง USLE, MMF และ RMMF บริเวณ พื้นที่ลุ่มน้ำขุน อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยประมาณค่าการสูญเสียโดยสร้างแปลง ทดลองการสูญเสียดินบนการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกัน ประกอบด้วยการไถพรวนขึ้นลง 1 แปลง ปลุกข้าวโพดหวาน 2 แปลง ปลุกมะขามหวาน 2 แปลง และป่าปลูกผสม 3 แปลง ทำการ ตรวจวัดตะกอนดินจริงใน พื้นที่ระหว่างวันที่ 1 พฤษภาคม - 31 ตุลาคม พ.ศ. 2549 รวม 6 เดือน ปริมาณตะกอนดินที่ได้จากการตรวจวัดจากแปลงไถพรวนขึ้นลง ปลุกข้าวโพดหวาน ปลุกมะขาม หวาน และป่าปลูกผสม เท่ากับ 9.04, 2.09, 3.41 และ 0.40 ตันต่อไร่ต่อ 6 เดือน ตามลำดับ เมื่อ นำมาเปรียบเทียบกับผลการประมาณค่าจากแบบจำลอง USLE, MMF และ RMF โดยใช้ C-factor พบว่า แบบจำลอง USLE ให้ผลการประมาณถูกต้องมากที่สุดในการแปลงป่าปลูกผสม มี ค่าประมาณการสูญเสียดินเท่ากับ 0.81 ตันต่อไร่ต่อ 6 เดือน แบบจำลอง MMF ให้ผลการ ประมาณถูกต้องมากที่สุดในการแปลงป่าปลูกผสมมีค่าประมาณการสูญเสียดินเท่ากับ 0.21 ตันต่อไร่ ต่อ 6 เดือน แบบจำลอง RMF ให้ผลการประมาณถูกต้องมากที่สุดในการแปลงป่าปลูกผสมมี ค่าประมาณการสูญเสียดินเท่ากับ 0.21 ตันต่อไร่ต่อ 6 เดือน

เสวต ประกายรุ่งรศมี (2554) ศึกษาเรื่องการวิเคราะห์การชะล้างพังทลายของดินโดย ใช้สมการสูญเสียดินสากล (USLE) เพื่อประเมินการสูญเสียธาตุอาหารพืช ในลุ่มน้ำห้วยแม่ประจัน พบว่าปริมาณการพังทลายของดินคิดเป็น 513,994 ตัน/ปี และสภาพความรุนแรงของการชะล้าง พังทลายของดินอยู่ในเกณฑ์ระดับน้อยมาก ซึ่งมีขนาดพื้นที่เท่ากับ 899.58 ตารางกิโลเมตร คิด

เป็นร้อยละ 79.48 ของพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด ผลการวิเคราะห์การสูญเสียธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม คิดเป็น 283.43, 3.55 และ 34.64 ตัน/ปี ตามลำดับ

พรพรรณ จงสุขสันติกุล และ สุชีลา ธีราภรณ์ (2542) ศึกษาผลกระทบของดินระหว่าง พื้นที่ป่าไม้กับพื้นที่ทำไร่เลื่อนลอยบริเวณหน่วยจัดการต้นน้ำม่อนอังกะต อำเภอลำปาง จังหวัด แม่ฮ่องสอน โดยใช้หมุดปักในพื้นที่สวนป่าสนสามใบอายุ 12 ปี พื้นที่ป่าดิบชื้นธรรมชาติ และพื้นที่ ทำไร่เลื่อน ผลการศึกษาพบว่า พื้นที่ทำไร่เลื่อนลอยมีการสูญเสียดิน 81.9 ตัน/เฮกแตร์/ปี พื้นที่ป่า ไม้มีการสูญเสียดินประมาณ 19.6 ตัน/เฮกแตร์/ปี และสวนป่าสนสามใบอายุ 12 ปี มีการสูญเสีย ดินประมาณ 14.7 ตัน/เฮกแตร์/ปี

10.2 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการหาการชะล้างพังทลายของดิน

ทวี ชัยพิมลผลิน (2556) ศึกษาเรื่องการใช้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับ ปฐพีศาสตร์ พบว่าการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมด้านการอนุรักษ์ดินถูกนำมาใช้พยากรณ์ การสูญเสียดินในพื้นที่จากการกัดเซาะโดยน้ำ แต่ใช้ข้อมูลนำเข้าที่แตกต่างกัน เช่น (Schaap, 1998, อ้างถึงใน, ทวี ชัยพิมลผลิน, 2556) ใช้ข้อมูลปริมาณอนุภาคทราย ดินเหนียว ทรายแป้ง ความหนาแน่นของดิน เป็นต้น แต่ (Licznar, 2003, อ้างถึงใน, ทวี ชัยพิมลผลิน, 2556) ใช้ข้อมูล ความลึกของราก ความสูงของต้นไม้ ค่าความหนาแน่นของดิน ค่าเฉลี่ย 5 วันของอุณหภูมิสูงและ ต่ำสุด เป็นต้น (Singh, 2012, อ้างถึงใน, ทวี ชัยพิมลผลิน, 2556) พยากรณ์ปริมาณตะกอนราย เดือนในพื้นที่ โดยใช้ข้อมูลฝนรายวันค่าเฉลี่ยอัตราการไหลรายวัน ความสูงและการใช้ที่ดินจาก ภาพดาวเทียม

Abdollahzadeh และคนอื่น ๆ (2011) ศึกษาการคาดการณ์การชะล้างพังทลายของ ดินด้วยโครงข่ายประสาทเทียมในประเทศญี่ปุ่น พบว่าการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมกับ การคาดการณ์การชะล้างพังทลายของดิน มีความถูกต้องจากการตรวจสอบข้อมูลโดยใช้ค่าทาง สถิติต่าง ๆ ได้แก่ ค่า Mean Square Error (MSE) ได้ผลลัพธ์เท่ากับ 9.1292×10^{-5} ค่า Root Mean Square Error (RMSE) ได้ผลลัพธ์เท่ากับ 9.5546×10^{-3} Correlation Coefficient ได้ผลลัพธ์เท่ากับ 0.9987 ค่า Correlation of determination ได้ผลลัพธ์เท่ากับ 0.997 Mean Absolute Relative Error (MARE) ได้ผลลัพธ์เท่ากับ 8.1497×10^{-4} .

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา
2. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การวิเคราะห์ข้อมูล
5. วิเคราะห์ผลลัพธ์ของข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์
6. การนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์

1. ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

การศึกษาการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อวิเคราะห์การชะล้างพังทลายของดิน ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

1. แผนที่แสดงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 30 ปี (พ.ศ.2534-2563) จังหวัดกำแพงเพชร จากกรมอุตุนิยมวิทยา
2. แผนที่แสดงกลุ่มชุดดิน และข้อมูลกลุ่มชุดดิน จังหวัดกำแพงเพชร ปี พ.ศ.2564 จากกรมพัฒนาที่ดิน
3. แผนที่แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดิน และข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ.2564 จากกรมพัฒนาที่ดิน
4. แผนที่แสดงความสูงภูมิประเทศ จังหวัดกำแพงเพชร จากกรมแผนที่ทหาร
5. ข้อมูลการชะล้างพังทลายของดิน จากการเก็บข้อมูลภาคสนาม

2. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

การศึกษาการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อวิเคราะห์การชะล้างพังทลายของดิน ใช้เครื่องมือในการจัดเก็บ รวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ (Computer)
2. เครื่องพิมพ์ (Printer)
3. กล้องถ่ายภาพ (Camera)

4. หนุมตการชะล้าง (Erosion Pins) ขนาดยาว 50 เซนติเมตร หนา 4 มิลลิเมตร
5. โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ QGIS Version 2.18.28
6. โปรแกรม IDRISI

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวางแผนและการเก็บข้อมูล

การเก็บข้อมูลการชะล้างพังทลายของดินเพื่อนำไปวิเคราะห์ โดยการปักหนุมตการชะล้าง (Erosion Pins) เพื่อวัดระดับของปริมาณผิวดินที่เปลี่ยนแปลง จำนวน 30 ตำแหน่ง เพื่อการลดความคลาดเคลื่อนและการสูญหายของข้อมูลจะทำการปักหนุมตในแต่ละตำแหน่งในระนาบเดียวกันจำนวน 3 หนุมต ซึ่งจะใช้หนุมตการชะล้างทั้งหมด 90 หนุมต โดยแต่ละหนุมตปักลึกลงไปดิน 30 เซนติเมตร โผล่ขึ้นมาเหนือดิน 20 เซนติเมตร เมื่อถึงรอบการเก็บข้อมูลจะทำการวัดระดับดินที่เปลี่ยนไปรอบหนุมต ซึ่งจะทำการเก็บข้อมูลแบบนี้ซ้ำทุกหนุมต โดยแบ่งเป็นจุดเก็บข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ 18 ตำแหน่ง และจุดสำหรับการตรวจสอบข้อมูล 12 ตำแหน่ง

ตาราง 6 ตารางจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละตำแหน่งของจุดเก็บข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์

จุดที่	การใช้ประโยชน์ที่ดิน	จุดที่	การใช้ประโยชน์ที่ดิน	จุดที่	การใช้ประโยชน์ที่ดิน
จุดที่ 1	ป่าไม้	จุดที่ 7	ที่อยู่อาศัย	จุดที่ 13	เกษตรกรรม(สวนกล้วย)
จุดที่ 2	ป่าไม้	จุดที่ 8	เกษตรกรรม(มันสำปะหลัง)	จุดที่ 14	เกษตรกรรม(สวนกล้วย)
จุดที่ 3	ป่าไม้	จุดที่ 9	เกษตรกรรม(มันสำปะหลัง)	จุดที่ 15	เกษตรกรรม(สวนไม้ผล)
จุดที่ 4	ป่าไม้	จุดที่ 10	เกษตรกรรม(มันสำปะหลัง)	จุดที่ 16	เกษตรกรรม(สวนไม้ผล)
จุดที่ 5	ป่าไม้	จุดที่ 11	เกษตรกรรม(มันสำปะหลัง)	จุดที่ 17	เกษตรกรรม(มันสำปะหลัง)
จุดที่ 6	ป่าไม้	จุดที่ 12	เกษตรกรรม(มันสำปะหลัง)	จุดที่ 18	พื้นที่ว่างเปล่า

การปักหมุดสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลจะปักเป็นจำนวน 18 ตำแหน่ง ปักเป็นแนวห่างกันประมาณ 100 เมตร รวมเป็นระยะทางประมาณ 1.7 กิโลเมตร ผ่านความชันที่ต่างระดับกัน และผ่านรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ครอบคลุมทุกประเภทในพื้นที่ศึกษาทั้งพื้นที่ป่าไม้ พื้นที่อยู่อาศัย พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ว่างเปล่า เพื่อให้เกิดข้อมูลตัวอย่างที่หลากหลาย ตามตารางที่ 6

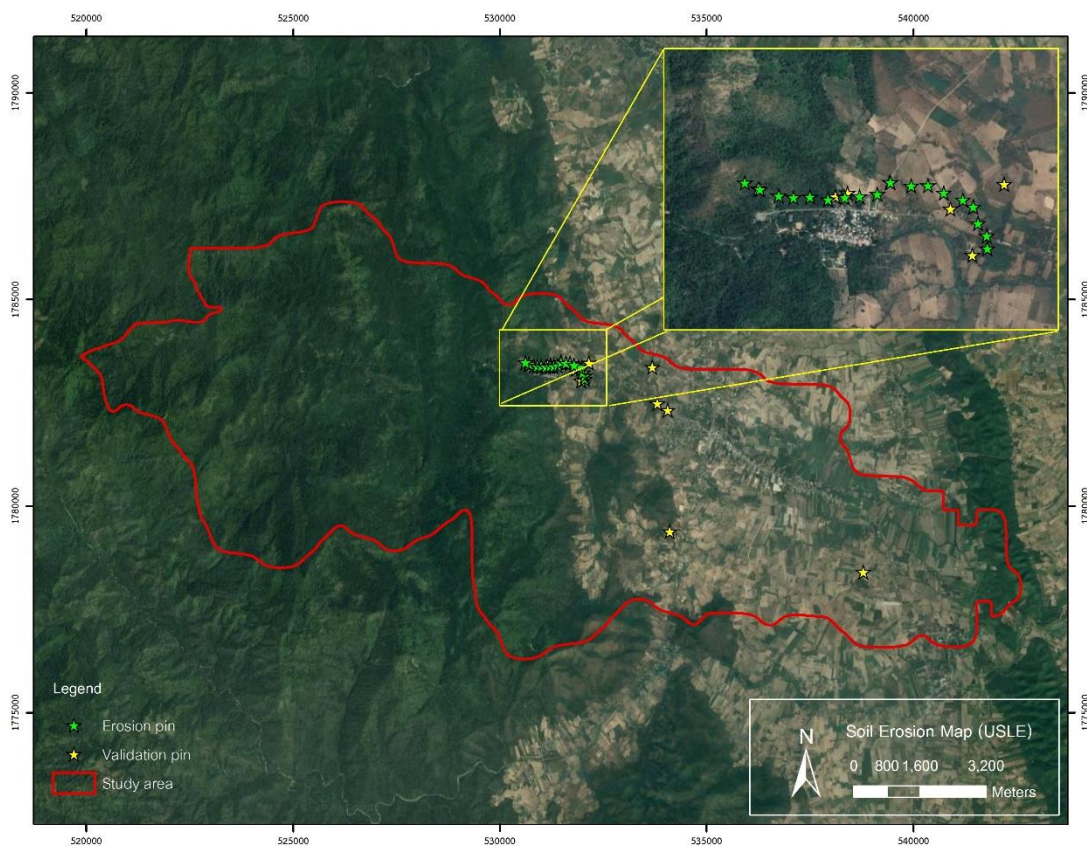
เนื่องจากการวิเคราะห์จำเป็นต้องตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ จึงจำเป็นต้องปักหมุดการชะล้างสำหรับตรวจสอบความถูกต้อง จำนวน 12 ตำแหน่งกระจายในพื้นที่ศึกษา ให้มีรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่หลากหลาย และสอดคล้องกับจุดเก็บข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ ตามตารางที่ 7

ตาราง 7 ตารางจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละตำแหน่งของจุดเก็บข้อมูลสำหรับการตรวจสอบความถูกต้อง

จุดที่	การใช้ประโยชน์ที่ดิน	จุดที่	การใช้ประโยชน์ที่ดิน	จุดที่	การใช้ประโยชน์ที่ดิน
จุดที่ 1	ป่าไม้	จุดที่ 5	ที่อยู่อาศัย	จุดที่ 9	พื้นที่ว่างเปล่า
จุดที่ 2	ป่าไม้	จุดที่ 6	เกษตรกรรม(สวนไม้ผล)	จุดที่ 10	เกษตรกรรม(มันสำปะหลัง)
จุดที่ 3	ที่อยู่อาศัย	จุดที่ 7	เกษตรกรรม(มันสำปะหลัง)	จุดที่ 11	ที่อยู่อาศัย
จุดที่ 4	เกษตรกรรม(มันสำปะหลัง)	จุดที่ 8	เกษตรกรรม(สวนกล้วย)	จุดที่ 12	เกษตรกรรม(สวนมะนาว)

วงรอบการเก็บข้อมูล

เริ่มต้นติดตั้งหมุดการชะล้างในช่วงต้นเดือนพฤษภาคม และเริ่มเก็บข้อมูลจากนั้นทุกเดือน ถึงเดือนธันวาคม เป็นระยะเวลารวม 8 เดือน เนื่องจากการชะล้างพังทลายของดินเกิดขึ้นมากในช่วงฤดูฝน ซึ่งฤดูฝนของจังหวัดกำแพงเพชรเริ่มช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม เป็นระยะเวลารวม 6 เดือน จึงทำการเก็บข้อมูลการชะล้างพังทลายของดินในช่วงนี้ของปี



ภาพประกอบ 12 แผนที่แสดงตำแหน่งจุดเก็บข้อมูลภาคสนาม

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสมการสูญเสียดินสากล USLE

เตรียมข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์

ปัจจัยทางด้านปริมาณน้ำฝน (R - Factor)

1) นำเข้าข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 30 ปี ลงในโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์

2) ประมวลผลด้วยโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ ด้วยวิธี (Inverse Distance Weighted : IDW) ซึ่งเป็นการประมาณค่าข้อมูลเชิงพื้นที่โดยอาศัยหลักการตำแหน่งใกล้เคียงกันย่อมมีความสัมพันธ์กัน ใช้ขนาดของจุดพิกเซลของภาพเท่ากับ 30 x 30 เมตร

3) สร้างภาพชั้นข้อมูลปัจจัยการชะล้างพังทลายของฝนใช้คำสั่ง Raster Calculator แทนค่า X ด้วยค่าปริมาณน้ำฝนในสมการ

ปัจจัยทางด้านชุดดิน (K - Factor)

- 1) เตรียมข้อมูล โดยใช้แผนที่ชุดดินจังหวัดกำแพงเพชร ปี พ.ศ. 2564 ซึ่งอยู่ในรูปแบบ GIS
- 2) การกำหนดค่าปัจจัย K โดยใช้ค่าปัจจัย K ของดินในประเทศไทยใช้ค่าตามตารางที่ 2 สำหรับประเมินค่าปัจจัย K อย่างง่าย โดยพิจารณาจากเนื้อดินบน สภาพพื้นที่กำเนิดดิน และภูมิภาคที่พบดิน
- 3) ประเมินค่า K โดยยึดถือค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (K - factor) ของกรมพัฒนาที่ดิน (2526) ทำการประเมินโดยแบ่งพื้นที่ออกเป็น 2 ส่วน คือ พื้นที่ราบ และพื้นที่สูง
- 4) สร้างภาพชั้นข้อมูลปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดินในรูปแบบ GIS ใช้ขนาดของจุดพิกเซลของภาพเท่ากับ 30 x 30 เมตร

ปัจจัยทางด้านความลาดชัน (L -Factor, S - Factor)

- 1) เตรียมข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข (DEM) จากกรมแผนที่ทหาร
- 2) ต่อกภาพ (Mosaic) แบบจำลองระดับสูงเชิงเลข
- 3) ปรับความละเอียดจุดภาพ ของแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข เป็น 30*30 เมตร
- 4) คำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ความลาดชันด้วยโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์
- 5) แบ่งระดับชั้นของความลาดชัน ออกเป็น 6 ชั้น ได้แก่ A (0-2 เปอร์เซ็นต์) B (2-5 เปอร์เซ็นต์) C (5-12 เปอร์เซ็นต์) D (12-20 เปอร์เซ็นต์) E (20-35 เปอร์เซ็นต์) และ F มากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์
- 6) คำนวณปัจจัยความลาดชันของพื้นที่ (LS - factor) แทนค่าตามตารางที่ 4
- 7) สร้างภาพชั้นข้อมูลปัจจัยความลาดชันของพื้นที่ในรูปแบบ GIS ใช้ขนาดของจุดพิกเซลของภาพเท่ากับ 30 x 30 เมตร

ปัจจัยการจัดการพืช (C - Factor)

- 1) เตรียมข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2564 จากกรมพัฒนาที่ดิน ซึ่งอยู่ในรูปแบบ GIS
- 2) แทนค่า C ระดับกลุ่มประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน จากตารางที่ 13 ในภาคผนวก

3) สร้างภาพชั้นข้อมูลปัจจัยการจัดการพืชในรูปแบบ GIS ใช้ขนาดของจุดพิกเซลของภาพเท่ากับ 30 x 30 เมตร

ปัจจัยการปฏิบัติป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน (P - Factor)

- 1) เตรียมข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2564 จากกรมพัฒนาที่ดิน ซึ่งอยู่ในรูปแบบ GIS
- 2) แทนค่า P ระดับกลุ่มประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน จากตารางที่ 13 ในภาคผนวก
- 3) สร้างภาพชั้นข้อมูลปัจจัยการปฏิบัติป้องกันการชะล้างพังทลายของดินในรูปแบบ GIS ใช้ขนาดของจุดพิกเซลของภาพเท่ากับ 30 x 30 เมตร

การวิเคราะห์ข้อมูล

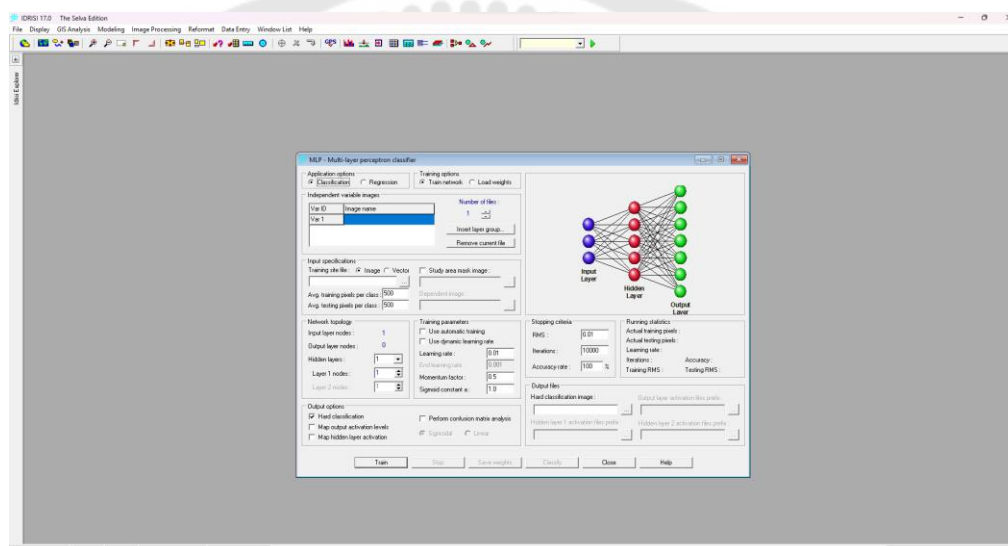
คำนวณค่าการสูญเสียดินตามสมการสูญเสียดินสากลด้วย 6 ปัจจัยข้างต้นนำมาใช้คำนวณค่าปริมาณการสูญเสียดิน โดยใช้โปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ช่วยในการจัดการข้อมูล และจัดทำแผนที่ตามแบบจำลองคณิตศาสตร์ของสมการการสูญเสียดินสากล (USLE) บนฐานข้อมูลแบบราสเตอร์ (raster) กำหนดขนาดความละเอียดจุดภาพ (grid cell หรือ pixel) สำหรับเก็บข้อมูลเท่ากับ 30 x 30 เมตร มีขั้นตอน การวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

- 1) นำเข้าข้อมูลทั้ง 6 ปัจจัยเข้าสู่ระบบโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์
- 2) คำนวณโดยนำชั้นข้อมูล R, K, LS, C และ P มาคูณกัน และหารด้วย 6.25 (1 เฮกเตอร์= 6.25 ไร่) โดยใช้คำสั่ง raster calculator ผลที่ได้ คือ ปริมาณการสูญเสียดิน หน่วยของผลลัพธ์ที่ได้จากสมการเป็นตันต่อไร่ต่อปี
- 3) แปลงหน่วยของผลที่ได้ให้เป็น มิลลิเมตรต่อปี
- 4) จำแนกระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดิน
- 5) ตรวจสอบความถูกต้องของค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูล

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโครงข่ายประสาทเทียม ANN

เตรียมข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์

นำข้อมูลปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ข้อมูลกลุ่มชุดดิน ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ข้อมูลความลาดชัน และข้อมูลการชะล้างพังทลายของดินที่ได้จากหตุการชะล้างมาแปลงข้อมูลแต่ละปัจจัยเป็นข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ อยู่ในรูปแบบไฟล์ภาพ Raster ที่ระบุตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ ขนาด 30*30 เมตร ซึ่งข้อมูล Raster จะแสดงค่าลักษณะเฉพาะไว้ใน Pixel ของแต่ละภาพ นำข้อมูล Raster แปลงให้อยู่ในรูปแบบไฟล์สกุล ASCII เพื่อเตรียมสำหรับนำไปวิเคราะห์ในโปรแกรม IDRISI เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลการชะล้างพังทลายของดินด้วยโครงข่ายประสาทเทียม



ภาพประกอบ 13 ภาพตัวอย่างโปรแกรม IDRISI และการวิเคราะห์แบบ MLP

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูล ASCII ที่ได้จากการเตรียมข้อมูลเข้าสู่โปรแกรม IDRISI โดยแปลงข้อมูล ASCII ให้เป็นไฟล์ Raster ในโปรแกรม IDRISI อีกรอบ วิเคราะห์การชะล้างพังทลายของดินด้วยโครงข่ายประสาทเทียมโดยใช้การวิเคราะห์แบบ MLP (Multi-Layer Perceptron) เลือกรูปแบบการวิเคราะห์เป็น Regression นำเข้าข้อมูลทั้ง 5 ได้แก่ ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ข้อมูลกลุ่มชุดดิน ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน และข้อมูลความลาดชัน ใน Independent variable images นำเข้าข้อมูลจากหตุการชะล้างที่เก็บข้อมูลจากภาคสนาม ใน Dependent images จากนั้นทำการวิเคราะห์ผลโดยการเลือกที่ Train และ Predict ตามลำดับ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นข้อมูล Raster ที่คาดการณ์การชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ศึกษา หน่วยเป็นมิลลิเมตรของดินที่เปลี่ยนแปลง

จากรันจำแนกระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดิน และตรวจสอบความถูกต้องของค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูล

5. วิเคราะห์ผลลัพธ์ของข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์

นำผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมและการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสมการสูญเสียดินสากล USLE ไปวิเคราะห์ค่าทางสถิติโดยเทียบกับข้อมูลจากหตุการชะล้างสำหรับตรวจสอบความถูกต้อง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์

6. การนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์

1. แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ โดยแสดงในรูปแบบของแผนที่แสดงการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ศึกษา
2. แสดงข้อมูลเชิงบรรยาย จะแสดงในคำอธิบายแผนที่ประกอบ
3. แสดงค่าสถิติความถูกต้องของข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์โครงข่ายประสาทเทียม

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาปัจจัยทางภูมิศาสตร์ที่ส่งผลต่อการชะล้างพังทลายของดิน มีรายละเอียดดังนี้

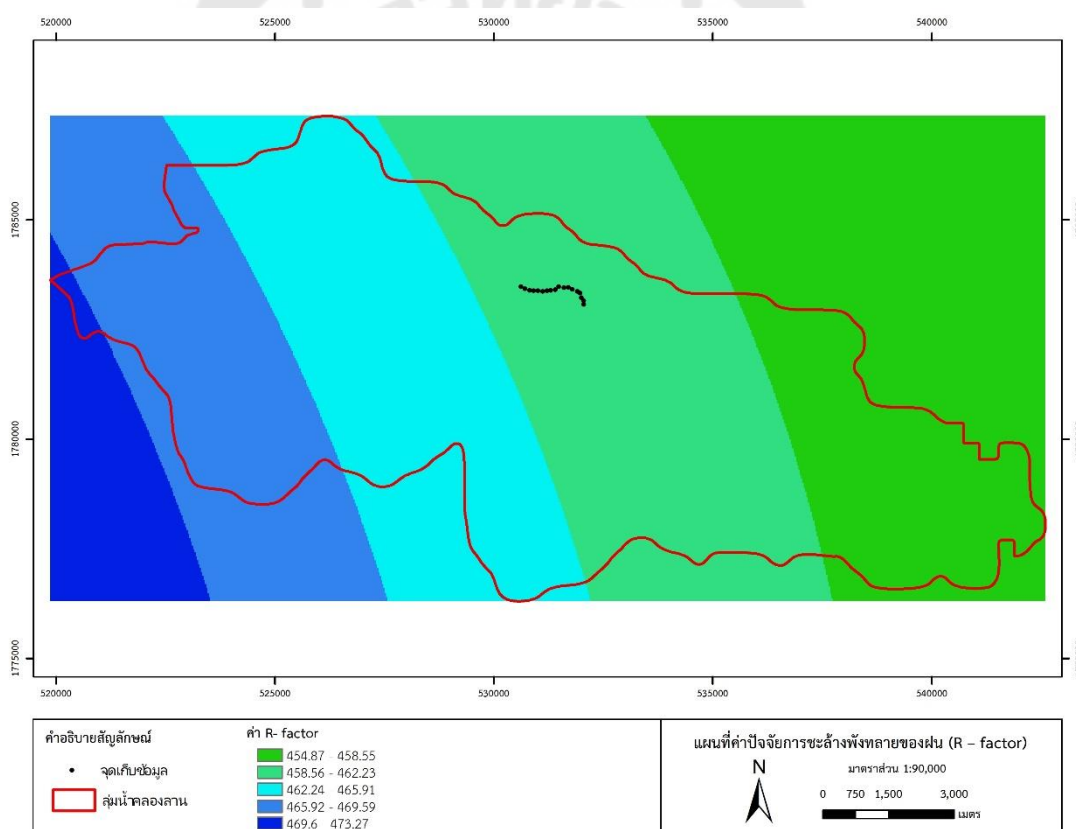
1. วิเคราะห์ค่าปัจจัยการชะล้างพังทลายของฝน
2. วิเคราะห์ค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน
3. วิเคราะห์ค่าปัจจัยความลาดชันของพื้นที่
4. วิเคราะห์ค่าปัจจัยการจัดการพืช
5. วิเคราะห์ค่าปัจจัยการปฏิบัติป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน
6. วิเคราะห์การชะล้างพังทลายของดินด้วยสมการสูญเสียดินสากล USLE
7. วิเคราะห์การชะล้างพังทลายของดินด้วยโครงข่ายประสาทเทียม MLP

1. วิเคราะห์ค่าปัจจัยการชะล้างพังทลายของฝน (R – factor)

การศึกษาค้นคว้าได้นำค่าปัจจัยการชะล้างพังทลายของฝน (R – factor) บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำคลองลาน อำเภอคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร เป็นปัจจัยเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ พบว่าค่าปัจจัยการชะล้างพังทลายของฝน (R – factor) มีค่าระหว่าง 454.87 - 458.55 คิดเป็นพื้นที่ 23.66 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น ร้อยละ 18.28 ของพื้นที่ทั้งหมด มีค่าระหว่าง 458.55 - 462.23 ซึ่งมีขนาดพื้นที่มากที่สุดคิดเป็นพื้นที่ 41.84 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น ร้อยละ 32.33 ของพื้นที่ทั้งหมด มีค่าระหว่าง 462.23 - 465.91 คิดเป็นพื้นที่ 41.23 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น ร้อยละ 31.87 ของพื้นที่ทั้งหมด มีค่าระหว่าง 465.91 - 469. คิดเป็นพื้นที่ 22.01 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น ร้อยละ 17.01 ของพื้นที่ทั้งหมด มีค่าระหว่าง 469.59 - 473.27 ซึ่งมีขนาดพื้นที่น้อยที่สุดคิดเป็นพื้นที่ 0.66 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น ร้อยละ 0.51 ของพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งแสดงดังตาราง 8

ตาราง 8 ตารางแสดงขนาดพื้นที่ของค่าปัจจัยการชะล้างพังทลายของฝน (R – factor)

ค่า R - factor	ขนาดพื้นที่ (ตารางกิโลเมตร)	คิดเป็นร้อยละ
454.87 - 458.55	23.66	18.28
458.55 - 462.23	41.84	32.33
462.23 - 465.91	41.23	31.87
465.91 - 469.59	22.01	17.01
469.59 - 473.27	0.66	0.51
รวม	129.39	100



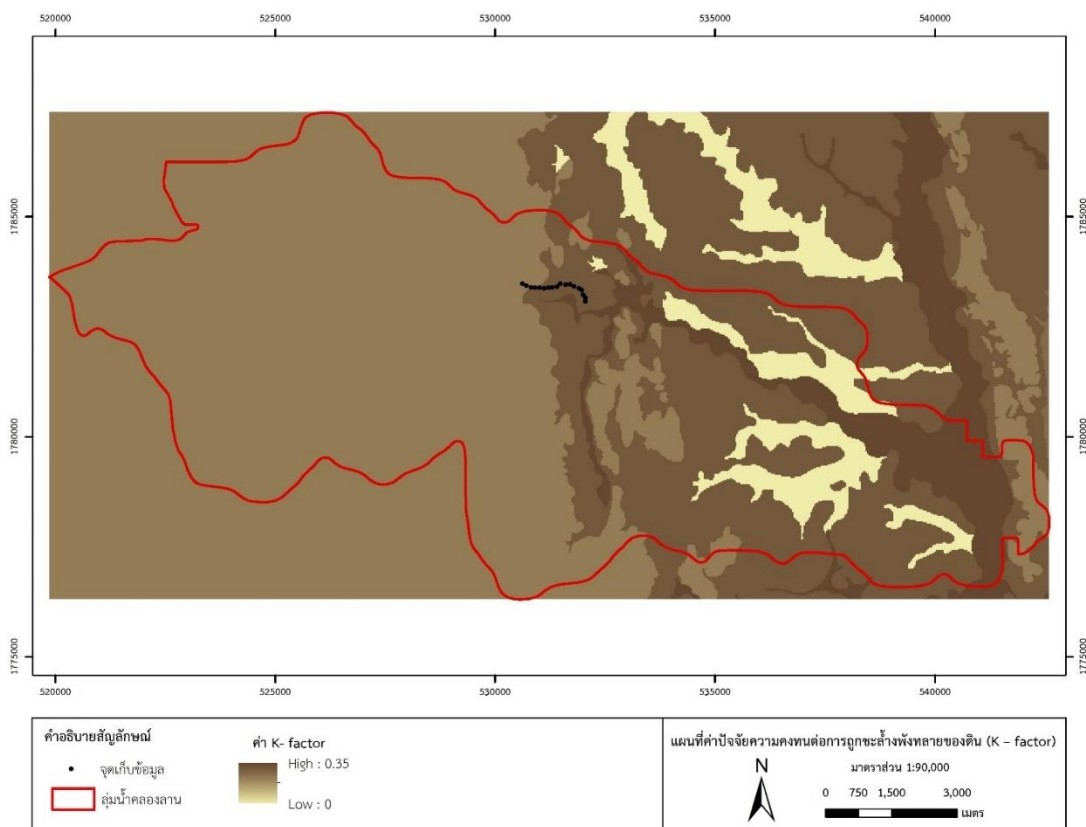
ภาพประกอบ 14 แผนที่ค่าปัจจัยการชะล้างพังทลายของฝน (R – factor)

2.วิเคราะห์ค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (K – factor)

การศึกษานี้ได้นำค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (K – factor) บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำคลองลาน อำเภอลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร เป็นปัจจัยเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ พบว่าค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (K – factor) มีค่าเป็น 0 คิดเป็นพื้นที่ 0.07 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น ร้อยละ 0.05 ของพื้นที่ทั้งหมด มีค่าเป็น 0.06 คิดเป็นพื้นที่ 7.76 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น ร้อยละ 6.00 ของพื้นที่ทั้งหมด มีค่าเป็น 0.21 ซึ่งมีขนาดพื้นที่มากที่สุดคิดเป็นพื้นที่ 78.62 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น ร้อยละ 60.77 ของพื้นที่ทั้งหมด มีค่าเป็น 0.27 คิดเป็นพื้นที่ 33.67 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น ร้อยละ 26.02 ของพื้นที่ทั้งหมด มีค่าเป็น 0.3 คิดเป็นพื้นที่ 9.20 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น ร้อยละ 7.11 ของพื้นที่ทั้งหมด มีค่าเป็น 0.35 คิดเป็นพื้นที่ 0.07 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น ร้อยละ 0.05 ของพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งแสดงดังตาราง 9

ตาราง 9 ตารางแสดงขนาดพื้นที่ของค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (K – factor)

ค่า K - factor	ขนาดพื้นที่ (ตารางกิโลเมตร)	คิดเป็นร้อยละ
0	0.07	0.05
0.06	7.76	6.00
0.21	78.62	60.77
0.27	33.67	26.02
0.3	9.20	7.11
0.35	0.07	0.05
รวม	129.39	100



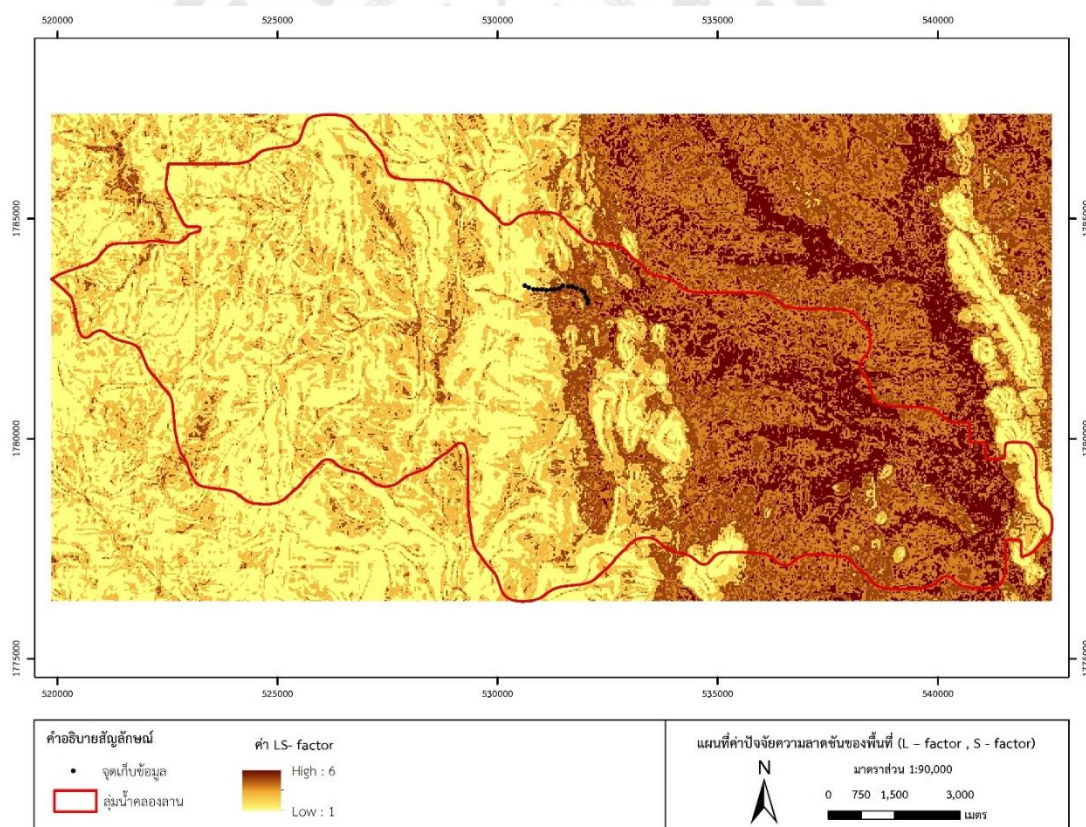
ภาพประกอบ 15 แผนที่ค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (K – factor)

3.วิเคราะห์ค่าปัจจัยความลาดชันของพื้นที่ (L – factor , S - factor)

การศึกษครั้งนี้ได้นำค่าปัจจัยความลาดชันของพื้นที่ (L – factor , S - factor) บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำคลองลาน อำเภอลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร เป็นปัจจัยเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ พบว่าค่าปัจจัยความลาดชันของพื้นที่ (L – factor , S – factor) มีค่าเป็น 0.226 คิดเป็นพื้นที่ 14.80 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น ร้อยละ 11.43 ของพื้นที่ทั้งหมด มีค่าเป็น 0.323 คิดเป็นพื้นที่ 18.81 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น ร้อยละ 14.54 ของพื้นที่ทั้งหมด มีค่าเป็น 0.567 คิดเป็นพื้นที่ 15.93 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น ร้อยละ 12.31 ของพื้นที่ทั้งหมด มีค่าเป็น 1.927 ซึ่งมีขนาดพื้นที่น้อยที่สุดคิดเป็นพื้นที่ 11.19 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น ร้อยละ 8.64 ของพื้นที่ทั้งหมด มีค่าเป็น 2.753 คิดเป็นพื้นที่ 25.56 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น ร้อยละ 19.75 ของพื้นที่ทั้งหมด มีค่าเป็น 4.571 ซึ่งมีขนาดพื้นที่มากที่สุดคิดเป็นพื้นที่ 43.11 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น ร้อยละ 33.32 ของพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งแสดงดังตาราง 10

ตาราง 10 ตารางแสดงขนาดพื้นที่ของค่าปัจจัยความลาดชันของพื้นที่ (L – factor , S - factor)

ค่า L S - factor	ขนาดพื้นที่ (ตารางกิโลเมตร)	คิดเป็นร้อยละ
0.226	14.80	11.43
0.323	18.81	14.54
0.567	15.93	12.31
1.927	11.19	8.64
2.753	25.56	19.75
4.571	43.11	33.32
รวม	129.39	100



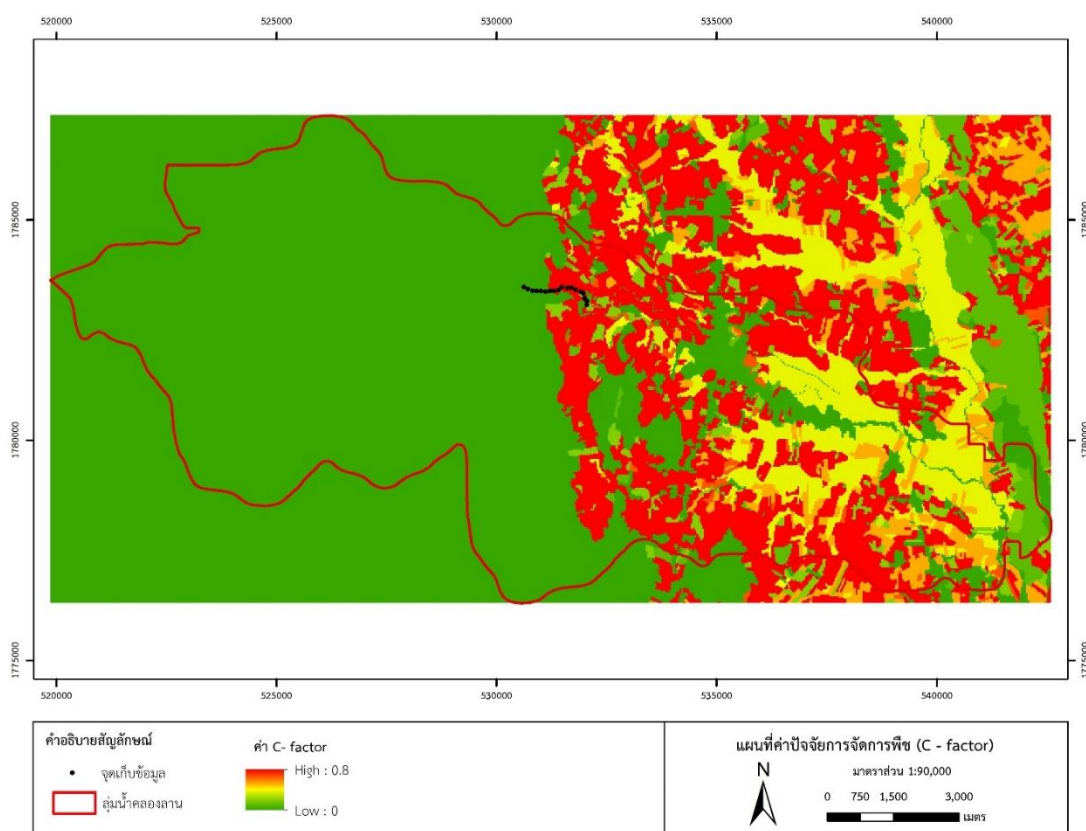
ภาพประกอบ 16 แผนที่ค่าปัจจัยความลาดชันของพื้นที่ (L – factor , S - factor)

4. วิเคราะห์ค่าปัจจัยการจัดการพืช (C - factor)

การศึกษารังนี้ได้นำข้อมูลค่าปัจจัยการจัดการพืช (C - factor) บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำคลองลาน อำเภอคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร เป็นปัจจัยเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ พบว่าการค่าปัจจัยการจัดการพืช (C - factor) มีค่าเป็น 0 คิดเป็นพื้นที่ 6.88 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น ร้อยละ 5.32 ของพื้นที่ทั้งหมด มีค่าเป็น 0.02 ซึ่งมีขนาดพื้นที่มากที่สุดคิดเป็นพื้นที่ 78.32 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น ร้อยละ 60.53 ของพื้นที่ทั้งหมด มีค่าเป็น 0.032 คิดเป็นพื้นที่ 0.34 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น ร้อยละ 0.26 ของพื้นที่ทั้งหมด มีค่าเป็น 0.088 คิดเป็นพื้นที่ 1.51 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น ร้อยละ 1.17 ของพื้นที่ทั้งหมด มีค่าเป็น 0.1 คิดเป็นพื้นที่ 0.08 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น ร้อยละ 0.06 ของพื้นที่ทั้งหมด มีค่าเป็น 0.15 คิดเป็นพื้นที่ 2.99 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น ร้อยละ 2.31 ของพื้นที่ทั้งหมด มีค่าเป็น 0.25 คิดเป็นพื้นที่ 0.18 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น ร้อยละ 0.14 ของพื้นที่ทั้งหมด มีค่าเป็น 0.28 คิดเป็นพื้นที่ 10.83 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น ร้อยละ 8.37 ของพื้นที่ทั้งหมด มีค่าเป็น 0.3 คิดเป็นพื้นที่ 0.16 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น ร้อยละ 0.12 ของพื้นที่ทั้งหมด มีค่าเป็น 0.4 คิดเป็นพื้นที่ 3.88 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น ร้อยละ 3.00 ของพื้นที่ทั้งหมด มีค่าเป็น 0.5 คิดเป็นพื้นที่ 0.76 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น ร้อยละ 0.59 ของพื้นที่ทั้งหมด มีค่าเป็น 0.6 คิดเป็นพื้นที่ 23.42 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น ร้อยละ 18.10 ของพื้นที่ทั้งหมด มีค่าเป็น 0.8 ซึ่งมีขนาดพื้นที่น้อยที่สุดคิดเป็นพื้นที่ 0.03 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น ร้อยละ 0.02 ของพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งแสดงดังตาราง 11

ตาราง 11 ตารางแสดงขนาดพื้นที่ของค่าปัจจัยการจัดการพืช (C - factor)

ค่า C - factor	ขนาดพื้นที่ (ตารางกิโลเมตร)	คิดเป็นร้อยละ
0	6.88	5.32
0.02	78.32	60.53
0.032	0.34	0.26
0.088	1.51	1.17
0.1	0.08	0.06
0.15	2.99	2.31
0.25	0.18	0.14
0.28	10.83	8.37
0.3	0.16	0.12
0.4	3.88	3.00
0.5	0.76	0.59
0.6	23.42	18.10
0.8	0.03	0.02
รวม	129.39	100



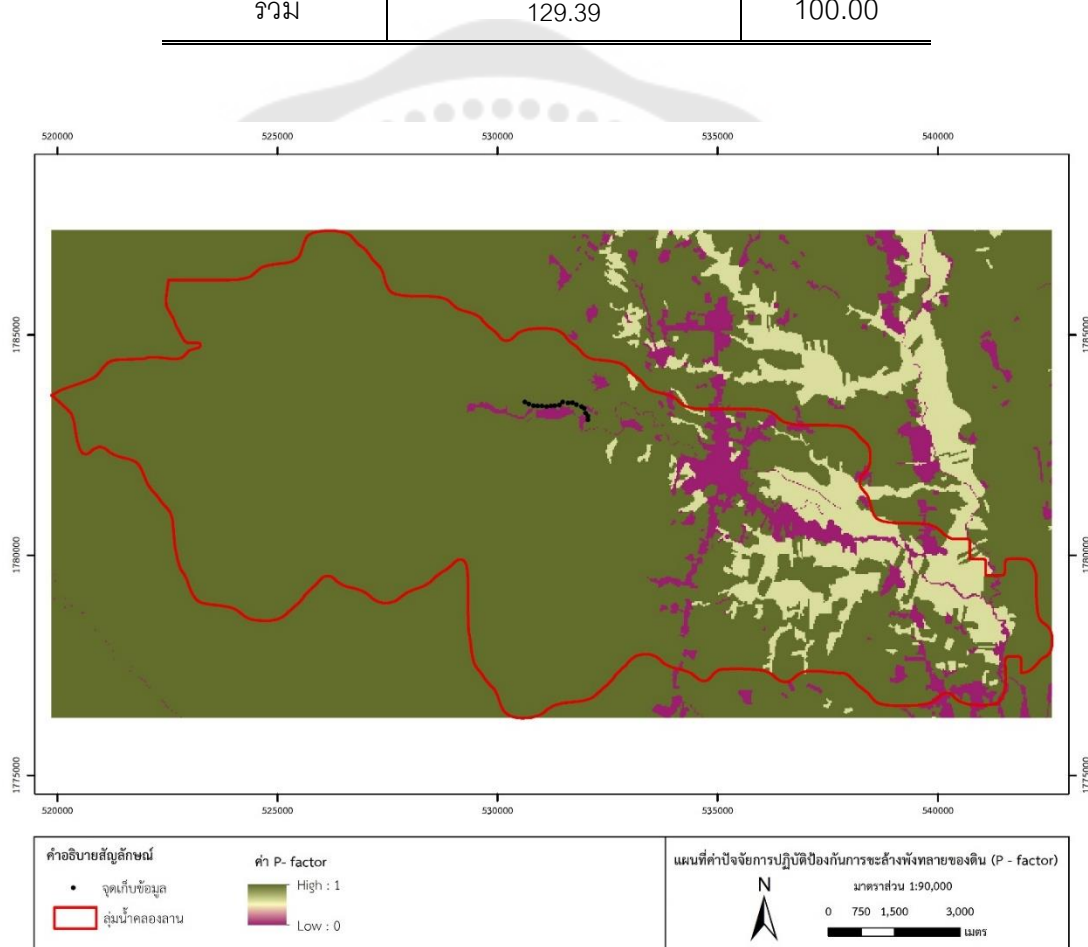
ภาพประกอบ 17 แผนที่ค่าปัจจัยการจัดการพืช (C - factor)

5. วิเคราะห์ค่าปัจจัยการปฏิบัติป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน (P - factor)

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้นำข้อมูลปัจจัยการปฏิบัติป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน (P - factor) บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำคลองลาน อำเภอคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร เป็นปัจจัยเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ พบว่าค่าปัจจัยการปฏิบัติป้องกันการชะล้างพังทลายของ (P - factor) มีค่าเป็น 1 ซึ่งมีขนาดพื้นที่มากที่สุดคิดเป็นพื้นที่ 111.61 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น ร้อยละ 86.26 ของพื้นที่ทั้งหมด มีค่าเป็น 0.1 ซึ่งมีขนาดพื้นที่รองลงมาคิดเป็นพื้นที่ 10.90 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น ร้อยละ 8.43 ของพื้นที่ทั้งหมด มีค่าเป็น 0 ซึ่งมีขนาดพื้นที่น้อยสุดคิดเป็นพื้นที่ 6.88 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น ร้อยละ 5.32 ของพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งแสดงดังตาราง 12

ตาราง 12 ตารางแสดงขนาดพื้นที่ของค่าปัจจัยการปฏิบัติป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน (P - factor)

ค่า P - factor	ขนาดพื้นที่ (ตารางกิโลเมตร)	คิดเป็นร้อยละ
0	6.88	5.32
0.1	10.90	8.43
1	111.61	86.26
รวม	129.39	100.00



ภาพประกอบ 18 แผนที่ค่าปัจจัยการปฏิบัติป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน (P - factor)

6. วิเคราะห์การชะล้างพังทลายของดินด้วยสมการสูญเสียดินสากล USLE

การศึกษานี้ได้นำข้อมูลที่เกี่ยวข้องวิเคราะห์การชะล้างพังทลายของดินด้วยสมการสูญเสียดินสากล บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำคลองลาน อำเภอลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร ด้วยโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ พบว่าการชะล้างพังทลายของดินระดับความรุนแรงน้อยมากมีพื้นที่ 14.33 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น ร้อยละ 11.08 ของพื้นที่ทั้งหมด ระดับความรุนแรงน้อยมีพื้นที่ 48.63 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น ร้อยละ 37.59 ของพื้นที่ทั้งหมด ระดับความรุนแรงปานกลางมีพื้นที่ 35.59 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น ร้อยละ 27.51 ของพื้นที่ทั้งหมด ระดับความรุนแรงรุนแรงมีพื้นที่ 5.22 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น ร้อยละ 4.03 ของพื้นที่ทั้งหมด ระดับความรุนแรงรุนแรงมากมีพื้นที่ 25.61 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น ร้อยละ 19.79 ของพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งแสดงดังตาราง 13

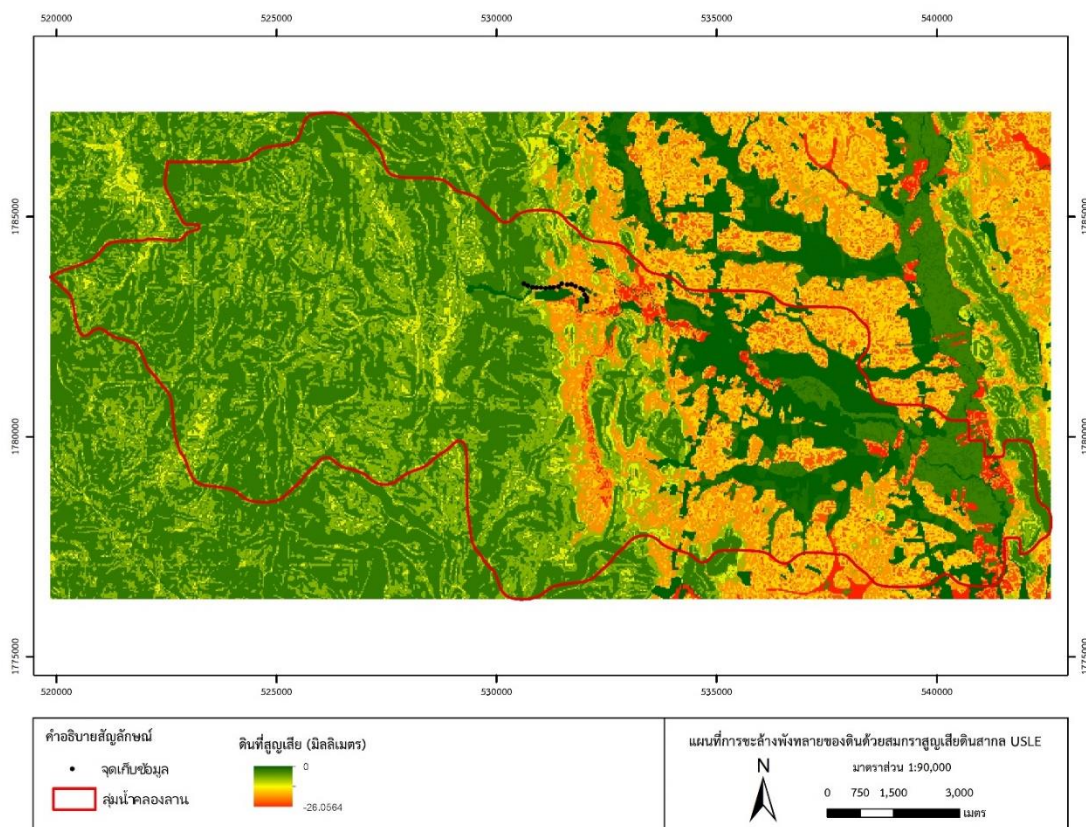
จำแนกผลการวิเคราะห์ตามรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็น ประเภทพื้นที่พื้นที่เกษตรกรรมปลูกมันสำปะหลังระดับความรุนแรงน้อยมากมีพื้นที่ 7.67 ตารางกิโลเมตร ระดับความรุนแรงน้อยมีพื้นที่ 5.96 ตารางกิโลเมตร ระดับความรุนแรงปานกลางมีพื้นที่ 2.65 ตารางกิโลเมตร ระดับความรุนแรงรุนแรงมีพื้นที่ 0.87 ตารางกิโลเมตร ระดับความรุนแรงรุนแรงมากมีพื้นที่ 21.69 ตารางกิโลเมตร ประเภทพื้นที่พื้นที่เกษตรกรรมปลูกสวนผลไม้ระดับความรุนแรงน้อยมากมีพื้นที่ 0.17 ตารางกิโลเมตร ระดับความรุนแรงน้อยมีพื้นที่ 0.04 ตารางกิโลเมตร ระดับความรุนแรงปานกลางมีพื้นที่ 0.5 ตารางกิโลเมตร ระดับความรุนแรงรุนแรงมีพื้นที่ 0.2 ตารางกิโลเมตร ระดับความรุนแรงรุนแรงมากมีพื้นที่ 3.01 ตารางกิโลเมตร ประเภทพื้นที่พื้นที่ป่าไม้ระดับความรุนแรงน้อยมากมีพื้นที่ 0.02 ตารางกิโลเมตร ระดับความรุนแรงน้อยมีพื้นที่ 42.52 ตารางกิโลเมตร ระดับความรุนแรงปานกลางมีพื้นที่ 32.39 ตารางกิโลเมตร ระดับความรุนแรงรุนแรงมีพื้นที่ 4.11 ตารางกิโลเมตร ระดับความรุนแรงรุนแรงมากมีพื้นที่ 0.32 ตารางกิโลเมตร ประเภทพื้นที่พื้นที่ว่างเปล่าระดับความรุนแรงน้อยมากมีพื้นที่ 1.03 ตารางกิโลเมตร ระดับความรุนแรงน้อยมีพื้นที่ 0.06 ตารางกิโลเมตร ระดับความรุนแรงปานกลางมีพื้นที่ 0.04 ตารางกิโลเมตร ระดับความรุนแรงรุนแรงมีพื้นที่ 0.03 ตารางกิโลเมตร ระดับความรุนแรงรุนแรงมากมีพื้นที่ 0.4 ตารางกิโลเมตร ประเภทพื้นที่พื้นที่ชุมชนที่อยู่อาศัยระดับความรุนแรงน้อยมากมีพื้นที่ 5.45 ตารางกิโลเมตร ระดับความรุนแรงน้อยมีพื้นที่ 0.04 ตารางกิโลเมตร ระดับความรุนแรงปานกลางมีพื้นที่ 0.01 ตารางกิโลเมตร ระดับความรุนแรงรุนแรงมากมีพื้นที่ 0.2 ตารางกิโลเมตร แสดงดังตาราง 14

ตาราง 13 ตารางการชะล้างพังทลายของดินวิเคราะห์ด้วยสมการสูญเสียดินสากล USLE

ระดับความ รุนแรง	อัตราการ สูญเสียดิน (ตัน/ไร่/ปี)	อัตราการ สูญเสียดิน (มิลลิเมตร/ปี)	ขนาดพื้นที่ (ตารางกิโลเมตร)	คิดเป็น ร้อยละ
น้อยมาก	0-2	0-0.96	14.33	11.08
น้อย	2-5	0.96-2.4	48.63	37.59
ปานกลาง	5-15	2.4-7.2	35.59	27.51
รุนแรง	15-20	7.2-9.6	5.22	4.03
รุนแรงมาก	มากกว่า 20	มากกว่า 9.6	25.61	19.79

ตาราง 14 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์การชะล้างพังทลายของดินด้วยสมการสูญเสียดินสากล USLE ตามระดับความรุนแรงจำแนกตามประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ขนาดพื้นที่ตามระดับความรุนแรง (ตร.กม.)				
	น้อยมาก	น้อย	ปานกลาง	รุนแรง	รุนแรงมาก
พื้นที่เกษตรกรรม (มันสำปะหลัง)	7.67	5.96	2.65	0.87	21.69
พื้นที่เกษตรกรรม(สวนไม้ผล)	0.17	0.04	0.50	0.20	3.01
พื้นที่ป่าไม้	0.02	42.52	32.39	4.11	0.32
พื้นที่ว่างเปล่า	1.03	0.06	0.04	0.03	0.40
พื้นที่ชุมชนที่อยู่อาศัย	5.45	0.04	0.01	0.00	0.20
รวมทั้งหมด	14.33	48.63	35.59	5.22	25.61



ภาพประกอบ 19 แผนที่การชะล้างพังทลายของดินด้วยสมการสูญเสียดินสากล USLE

7. วิเคราะห์การชะล้างพังทลายของดินด้วยโครงข่ายประสาทเทียม ANN

การศึกษารั้ครั้งนี้ได้นำข้อมูลที่เกี่ยวข้องวิเคราะห์การชะล้างพังทลายของดินด้วยโครงข่ายประสาทเทียม บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำคลองลาน อำเภอลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร โดยประยุกต์ใช้ร่วมกับโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ พบว่าการชะล้างพังทลายของดินระดับความรุนแรงน้อยมากมีพื้นที่ 79.14 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น ร้อยละ 61.16 ของพื้นที่ทั้งหมด ระดับความรุนแรงน้อยมีพื้นที่ 8.05 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น ร้อยละ 6.22 ของพื้นที่ทั้งหมด ระดับความรุนแรงปานกลางมีพื้นที่ 23.70 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น ร้อยละ 18.32 ของพื้นที่ทั้งหมด ระดับความรุนแรงรุนแรงมีพื้นที่ 0.38 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น ร้อยละ 0.29 ของพื้นที่ทั้งหมด ระดับความรุนแรงรุนแรงมากมีพื้นที่ 18.12 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น ร้อยละ 14 ของพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งแสดงดังตาราง 15

จำแนกผลการวิเคราะห์ตามรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็น ประเภทพื้นที่พื้นที่เกษตรกรรมปลูกมันสำปะหลังระดับความรุนแรงน้อยมากมีพื้นที่ 27.66 ตารางกิโลเมตร ระดับความรุนแรงปานกลางมีพื้นที่ 0.03 ตารางกิโลเมตร ระดับความรุนแรงรุนแรงมากมีพื้นที่ 11.14

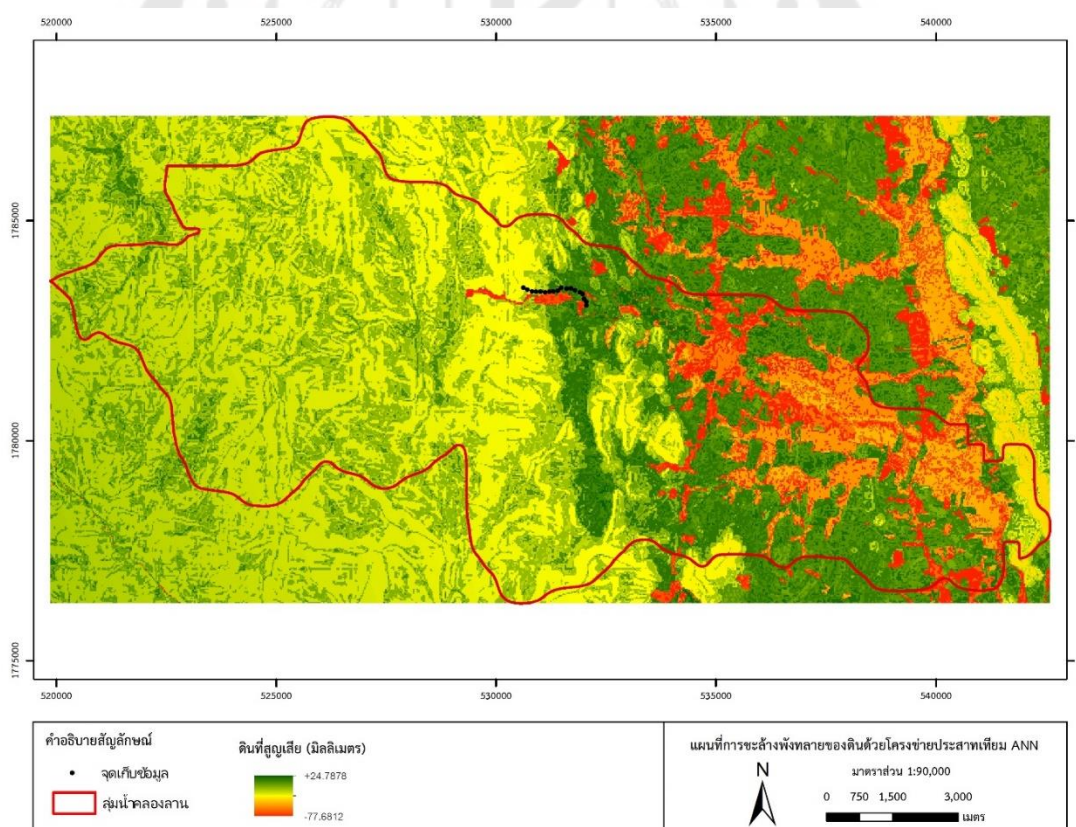
ตารางกิโลเมตร ประเภทพื้นที่พื้นที่เกษตรกรรมปลูกสวนผลไม้ระดับความรุนแรงน้อยมากมีพื้นที่ 3.71 ตารางกิโลเมตร ระดับความรุนแรงน้อยมีพื้นที่ 0.07 ตารางกิโลเมตร ระดับความรุนแรงปานกลางมีพื้นที่ 0.06 ตารางกิโลเมตร ระดับความรุนแรงรุนแรงมากมีพื้นที่ 0.09 ตารางกิโลเมตร ประเภทพื้นที่พื้นที่ป่าไม้ระดับความรุนแรงน้อยมากมีพื้นที่ 47.07 ตารางกิโลเมตร ระดับความรุนแรงน้อยมีพื้นที่ 7.98 ตารางกิโลเมตร ระดับความรุนแรงปานกลางมีพื้นที่ 23.58 ตารางกิโลเมตร ระดับความรุนแรงรุนแรงมีพื้นที่ 0.38 ตารางกิโลเมตร ระดับความรุนแรงรุนแรงมากมีพื้นที่ 0.36 ตารางกิโลเมตร ประเภทพื้นที่พื้นที่ว่างเปล่าระดับความรุนแรงน้อยมากมีพื้นที่ 0.48 ตารางกิโลเมตร ระดับความรุนแรงปานกลางมีพื้นที่ 0.02 ตารางกิโลเมตร ระดับความรุนแรงรุนแรงมากมีพื้นที่ 1.16 ตารางกิโลเมตร ประเภทพื้นที่ชุมชนที่อยู่อาศัยระดับความรุนแรงน้อยมากมีพื้นที่ 0.22 ตารางกิโลเมตร ระดับความรุนแรงปานกลางมีพื้นที่ 0.01 ตารางกิโลเมตร ระดับความรุนแรงรุนแรงมากมีพื้นที่ 5.47 ตารางกิโลเมตร แสดงดังตาราง 16

ตาราง 15 ตารางการชะล้างพังทลายของดินวิเคราะห์ด้วยการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียม

ระดับความรุนแรง	อัตราการสูญเสียดิน (ตัน/ไร่/ปี)	อัตราการสูญเสียดิน (มิลลิเมตร/ปี)	ขนาดพื้นที่ (ตารางกิโลเมตร)	คิดเป็นร้อยละ
น้อยมาก	0-2	0-0.96	79.14	61.16
น้อย	2-5	0.96-2.4	8.05	6.22
ปานกลาง	5-15	2.4-7.2	23.70	18.32
รุนแรง	15-20	7.2-9.6	0.38	0.29
รุนแรงมาก	มากกว่า 20	มากกว่า 9.6	18.12	14.00

ตาราง 16 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์การชะล้างพังทลายของดินด้วยการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียม ตามระดับความรุนแรงจำแนกตามประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ขนาดพื้นที่ตามระดับความรุนแรง (ตร.กม.)				
	น้อยมาก	น้อย	ปานกลาง	รุนแรง	รุนแรงมาก
พื้นที่เกษตรกรรม (มันสำปะหลัง)	27.66	0.00	0.03	0.00	11.14
พื้นที่เกษตรกรรม(สวนไม้ผล)	3.71	0.07	0.06	0.00	0.09
พื้นที่ป่าไม้	47.07	7.98	23.58	0.38	0.36
พื้นที่ว่างเปล่า	0.48	0.00	0.02	0.00	1.16
พื้นที่ชุมชนที่อยู่อาศัย	0.22	0.00	0.01	0.00	5.47
รวมทั้งหมด	79.14	8.05	23.70	0.38	18.12



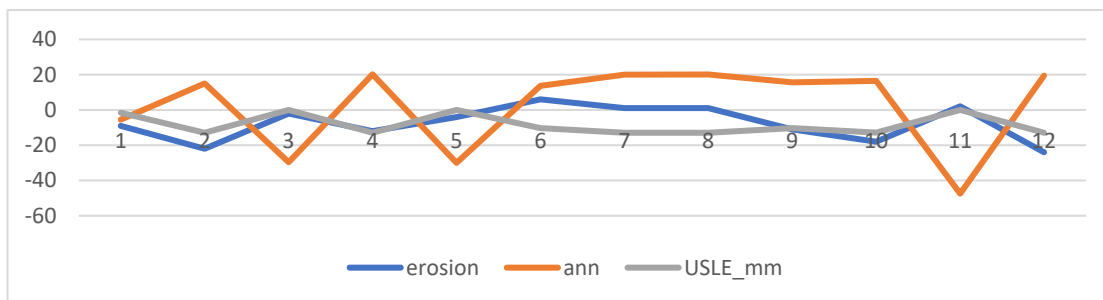
ภาพประกอบ 20 แผนที่การชะล้างพังทลายของดินด้วยโครงข่ายประสาทเทียม ANN

8. เปรียบเทียบผลลัพธ์ของข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ในบริเวณจุดตรวจสอบผล

ผลจากการวิเคราะห์การชะล้างพังทลายของดินด้วยสมการสูญเสียดินสากล USLE และการวิเคราะห์การชะล้างพังทลายของดินด้วยโครงข่ายประสาทเทียม ANN และข้อมูลการชะล้างพังทลายของดินจากหมุดสำหรับตรวจสอบความถูกต้อง (Validation pin) รวมทั้งค่าปัจจัยต่างๆที่ใช้ในการวิเคราะห์ ในบริเวณจุดตรวจสอบทั้ง 12 จุด แสดงค่าดังตารางที่ 15 และภาพประกอบที่ 21

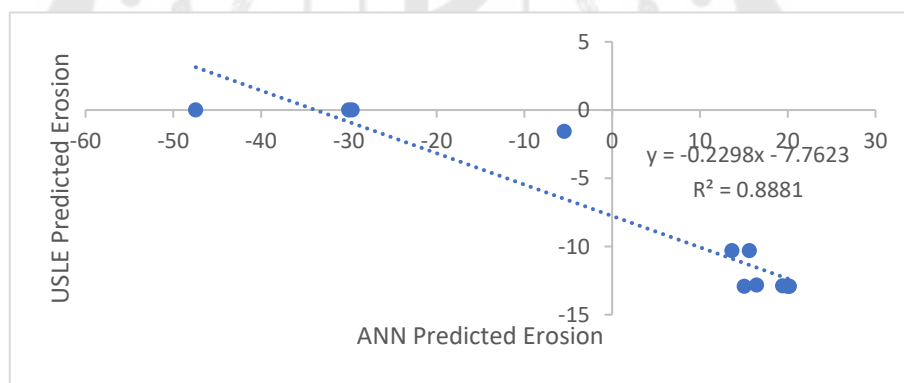
ตาราง 17 ตารางแสดงค่าปัจจัย และผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ในบริเวณจุดตรวจสอบความถูกต้อง ทั้ง 12 จุด

ลำดับที่	R-factor	LS-factor	P-factor	C-factor	K-factor	Validation pin (mm.)	ANN (mm.)	USLE (mm.)
1	461.40	1	1	0.02	0.21	-9	-5.45	-1.57
2	461.12	5	1	0.02	0.27	-22	15.06	-12.93
3	461.06	5	0	0	0.27	-2	-29.61	0.00
4	460.88	5	1	0.6	0.27	-12	20.20	-12.92
5	460.71	5	0	0	0.27	-4	-30.02	0.00
6	459.61	4	1	0.4	0.27	6	13.65	-10.31
7	460.47	5	1	0.6	0.27	1	19.97	-12.91
8	460.70	5	1	0.6	0.27	1	20.10	-12.92
9	459.71	4	1	0.6	0.27	-11	15.65	-10.31
10	457.66	5	1	0.4	0.27	-18	16.47	-12.83
11	460.26	3	0	0	0.27	2	-47.44	0.00
12	459.55	5	1	0.6	0.27	-24	19.43	-12.89



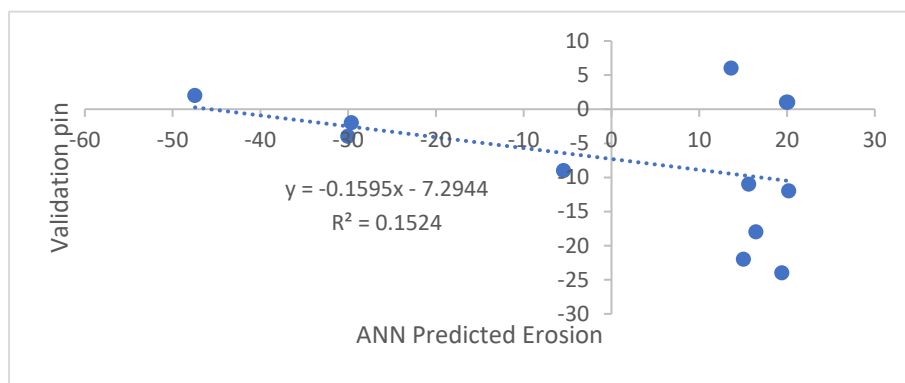
ภาพประกอบ 21 กราฟแสดงผลในตำแหน่งตรวจสอบผลจากการวิเคราะห์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียม (ANN) ผลการวิเคราะห์ด้วยสมการสูญเสียดินสากล (USLE) และข้อมูลภาคสนามจากหมุดสำหรับตรวจสอบความถูกต้อง (Validation pin)

จากผลการวิเคราะห์ในบริเวณจุดตรวจสอบทั้ง 12 จุด พบว่าผลจากการวิเคราะห์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียม (ANN) เมื่อเทียบกับผลจากการวิเคราะห์ด้วยสมการสูญเสียดินสากล (USLE) มีค่าความสัมพันธ์ที่แปรผกผันกัน โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.8881 ตามภาพประกอบที่ 22



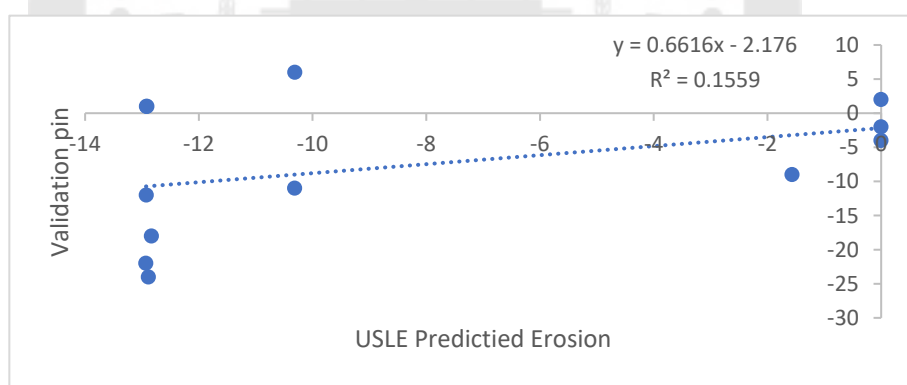
ภาพประกอบ 22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลการวิเคราะห์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียม (ANN) กับผลการวิเคราะห์ด้วยสมการสูญเสียดินสากล (USLE)

จากผลการวิเคราะห์ในบริเวณจุดตรวจสอบทั้ง 12 จุด พบว่าผลจากการวิเคราะห์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียม (ANN) เมื่อเทียบกับผลจากหมุดสำหรับตรวจสอบความถูกต้อง (Validation pin) มีค่าความสัมพันธ์ที่แปรผกผันกัน โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.1524 ตามภาพประกอบที่ 23



ภาพประกอบ 23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลการวิเคราะห์ด้วย
โครงข่ายประสาทเทียม (ANN) กับข้อมูลหมุดสำหรับตรวจสอบความถูกต้อง (Validation pin)

จากผลการวิเคราะห์ในบริเวณจุดตรวจสอบทั้ง 12 จุด พบว่าผลจากการวิเคราะห์ด้วย
สมการสูญเสียดินสากล (USLE) เมื่อเทียบกับผลจากหมุดสำหรับตรวจสอบความถูกต้อง
(Validation pin) มีค่าความสัมพันธ์ที่แปรผันตรง โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.1559 ตามภาพประกอบ
ที่ 24



ภาพประกอบ 24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลการวิเคราะห์ด้วย
สมการสูญเสียดินสากล (USLE) กับข้อมูลหมุดสำหรับตรวจสอบความถูกต้อง (Validation pin)

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยเรื่องการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์การชะล้างพังทลายของดิน ผู้วิจัยได้นำข้อมูลทำการวิเคราะห์ผล สามารถสรุปผลการดำเนินงาน โดยแบ่งหัวข้อการสรุปผลได้ดังต่อไปนี้

- 1 สรุปผลการวิจัย
- 2 อภิปรายผลการวิจัย
- 3 ข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษากการวิเคราะห์การชะล้างพังทลายของดินด้วยสมการสูญเสียดินสากล USLE พบว่าการชะล้างพังทลายของดินระดับความรุนแรงน้อยมากมีพื้นที่ 14.33 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น ร้อยละ 11.08 ของพื้นที่ทั้งหมด ระดับความรุนแรงน้อยมีพื้นที่ 48.63 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น ร้อยละ 37.59 ของพื้นที่ทั้งหมด ระดับความรุนแรงปานกลางมีพื้นที่ 35.59 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น ร้อยละ 27.51 ของพื้นที่ทั้งหมด ระดับความรุนแรงรุนแรงมีพื้นที่ 5.22 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น ร้อยละ 4.03 ของพื้นที่ทั้งหมด ระดับความรุนแรงรุนแรงมากมีพื้นที่ 25.61 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น ร้อยละ 19.79 ของพื้นที่ทั้งหมด

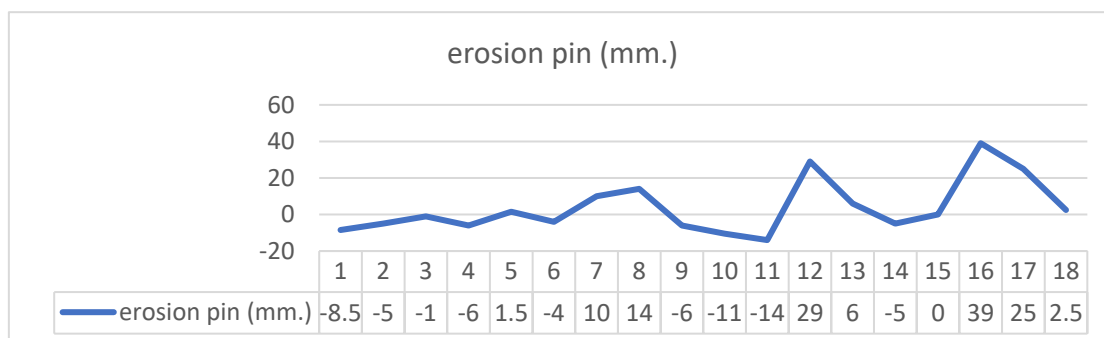
ผลการศึกษากการวิเคราะห์การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อวิเคราะห์การชะล้างพังทลายของดินพบว่า บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร พื้นที่ส่วนใหญ่การชะล้างพังทลายของดินในระดับความรุนแรงน้อยมากมีพื้นที่ 79.14 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น ร้อยละ 61.16 ของพื้นที่ทั้งหมด ระดับความรุนแรงน้อยมีพื้นที่ 8.05 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น ร้อยละ 6.22 ของพื้นที่ทั้งหมด ระดับความรุนแรงปานกลางมีพื้นที่ 23.70 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น ร้อยละ 18.32 ของพื้นที่ทั้งหมด ระดับความรุนแรงรุนแรงมีพื้นที่ 0.38 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น ร้อยละ 0.29 ของพื้นที่ทั้งหมด ระดับความรุนแรงรุนแรงมากมีพื้นที่ 18.12 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น ร้อยละ 14 ของพื้นที่ทั้งหมด

อภิปรายผลการวิจัย

การวิเคราะห์การชะล้างพังทลายของดินด้วยสมการสูญเสียดินสากล USLE พบว่า พื้นที่ที่มีระดับความรุนแรงตั้งแต่รุนแรงมาก ถึง รุนแรง พบว่ามีรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพื้นที่เกษตรกรรมในบางประเภทเช่น มันสำปะหลัง เป็นต้น และบริเวณพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง บริเวณพื้นที่ที่มีระดับความรุนแรงปานกลาง ถึง น้อยมาก พบว่ามีรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทป่าไม้ พื้นที่เกษตรกรรมประเภทไม้ผล และพื้นที่ที่มีความลาดชันต่ำ ซึ่งผลการวิเคราะห์การชะล้างพังทลายของดินด้วยสมการสูญเสียดินสากล (USLE) กับผลจากจากหมุดสำหรับตรวจสอบความถูกต้อง (Validation pin) มีค่าความสัมพันธ์ที่แปรผันตรง โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.1559

การวิเคราะห์การชะล้างพังทลายของดินจากการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ สามารถคาดการณ์ผลได้ทั้งปริมาณดินที่ลดลงและปริมาณดินที่เพิ่มขึ้น จึงพบว่าพื้นที่ที่ปริมาณดินที่ลดลงในระดับความรุนแรงตั้งแต่รุนแรงมาก ถึง รุนแรง พบว่ามีรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพื้นที่อยู่อาศัย และบริเวณพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง บริเวณพื้นที่ที่มีระดับความรุนแรงปานกลาง ถึง น้อยมาก พบว่ามีรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทป่าไม้ และพื้นที่เกษตรกรรมบนพื้นที่ที่มีความลาดชันต่ำ และพบว่าพื้นที่ที่ปริมาณดินเพิ่มขึ้นมีรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทเกษตรกรรมที่มีการไถพรวนดิน และบริเวณที่มีความลาดชันต่ำ ซึ่งผลการวิเคราะห์การชะล้างพังทลายของดินด้วยโครงข่ายประสาทเทียม (ANN) กับผลจากจากหมุดสำหรับตรวจสอบความถูกต้อง (Validation pin) มีค่าความสัมพันธ์ที่แปรผกผันกัน โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.1524

จากผลการเก็บข้อมูลภาคสนามจากหมุดสำหรับการวิเคราะห์ (Erosion pin) ตามภาพประกอบที่ 25 พบว่าในบริเวณที่มีการเพิ่มขึ้นของดินเป็นจำนวนมากเนื่องจากจุดเก็บข้อมูลอยู่ในร่องแปลงมันจึงส่งผลให้ช่วงเวลาที่เกิดการชะล้างของดินในเวลาฝนตกดินจะไหลลงมากองรวมกันอยู่ตามร่อง จึงทำให้มีค่าดินที่เพิ่มขึ้นมากกว่าปกติในจุดที่ 8 , 12 และ 16 เป็นต้น ซึ่งส่งผลต่อการวิเคราะห์ทำให้ค่าดินในบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมในภาพรวมมีค่าดินที่เพิ่มมากขึ้น



ภาพประกอบ 25 ข้อมูลภาคสนามจากหมุดสำหรับการวิเคราะห์ (Erosion pin)

ผลจากการศึกษาครั้งนี้พบว่าข้อแตกต่างของผลการวิเคราะห์จากสมการสูญเสียดินสากล USLE กับผลการวิเคราะห์จากการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ คือ ผลจากสมการสูญเสียดินสากลสามารถวิเคราะห์ผลได้เฉพาะปริมาณดินที่สูญเสียไป แต่ผลการวิเคราะห์จากการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถวิเคราะห์ผลได้ทั้งปริมาณดินที่สูญเสียไปและปริมาณดินที่เพิ่มขึ้นในแต่ละพื้นที่

จากผลการวิเคราะห์สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการคาดการณ์พื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการชะล้างพังทลายของดิน ซึ่งการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถคาดการณ์ได้ถึงพื้นที่ที่ดินมีการลดระดับลงจากการที่ดินถูกชะล้าง และพื้นที่ที่ดินมีการเพิ่มขึ้นจากการที่ถูกชะล้างแล้วมารวมกันตามสภาพภูมิประเทศ เพื่อให้เกิดการอนุรักษ์ทรัพยากรดินในพื้นที่ได้อย่างเหมาะสม

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากข้อจำกัดการเก็บข้อมูลภาคสนามเพื่อเป็นจุดเก็บตัวอย่างข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ผลด้วยวิธีการใช้โครงข่ายประสาทเทียม มีตัวอย่างข้อมูลจำกัดจึงส่งผลต่อการวิเคราะห์ทำให้มีความแม่นยำในการวิเคราะห์คลาดเคลื่อน และจุดเก็บข้อมูลควรคำนึงถึงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินประกอบกับกระบวนการที่ส่งผลกระทบที่ทำให้ค่าที่เก็บได้มีหลากหลายเช่น การเก็บข้อมูลในพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทเกษตรกรรมที่ปลูกมันสำปะหลังจะมีการยกทรงเพื่อทำการเพาะปลูกจึงควรมีการเก็บข้อมูลทั้งในร่องน้ำและตามคันดินที่ยกทรง จะส่งผลให้เกิดข้อมูลที่หลากหลายในพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทเดียวกัน เป็นต้น ซึ่งประกอบกับการมีข้อมูล Raster ที่ละเอียดมากจะสามารถทำให้ผลในการวิเคราะห์มีความแม่นยำมากขึ้น

เนื่องจากจุดเก็บตัวอย่างข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ส่วนมากในพื้นที่ศึกษาที่มีรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทเกษตรกรรมที่ปลูกมันสำปะหลัง จะมีค่าจากข้อมูลภาคสนามที่เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน จึงส่งผลทำให้ภาพรวมของผลการวิเคราะห์ที่เป็นพื้นที่เกษตรกรรมที่ค่าปริมาณดินที่มากขึ้นเกินความเป็นจริง เมื่อเทียบกับข้อมูลจากจุดตรวจสอบข้อมูล

ข้อจำกัดของข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ด้วยข้อมูลที่เป็น Raster ที่มีขนาด Pixel 30*30 เมตร หรือขนาดพื้นที่ 900 ตารางเมตร จึงทำให้ผลลัพธ์ที่วิเคราะห์ได้เป็นค่าเฉลี่ยของพื้นที่ทั้ง Pixel นั้นๆ อาจทำให้มีความแม่นยำในการวิเคราะห์คลาดเคลื่อนเมื่อเทียบผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ กับ ผลจากภาคสนามสำหรับตรวจสอบความถูกต้อง (Validation pin) ในการเก็บข้อมูลการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ศึกษา



บรรณานุกรม

- Abdollahzadeh, A., Mukhlisin, M., และ Shafie, A. (2011). Predict soil erosion with artificial neural network in Tanakami (Japan). *WSEAS Transactions on Computers*, 10, 51-60. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/262393610_Predict_soil_erosion_with_artificial_neural_network_in_Tanakami_Japan
- Gholami, V., Booij, M. J., Nikzad Tehrani, E., และ Hadian, M. A. (2018). Spatial soil erosion estimation using an artificial neural network (ANN) and field plot data. *CATENA*, 163, 210-218. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0341816217304290>
- Gholami, V., Sahour, H., และ Hadian Amri, M. A. (2021). Soil erosion modeling using erosion pins and artificial neural networks. *CATENA*, 196, 104902. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0341816220304525>
- กรมพัฒนาที่ดิน. (2545). สภาพปัญหาของดิน. สืบค้นจาก https://www.idd.go.th/Web_Soil/Page.htm
- กรมพัฒนาที่ดิน. (2553). กลุ่มชุดดิน 62 กลุ่ม. สืบค้นจาก http://oss101.idd.go.th/thaisoils_museum/62_soilgroup/main_62soilgroup.htm
- กรมอุตุนิยมวิทยา. (2563). ภูมิอากาศจังหวัดกำแพงเพชร. สืบค้นจาก <http://climate.tmd.go.th/data/province/%E0%B9%80%E0%B8%AB%E0%B8%99%E0%B8%B7%E0%B8%AD/%E0%B8%A0%E0%B8%B9%E0%B8%A1%E0%B8%B4%E0%B8%AD%E0%B8%B2%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A8%E0%B8%81%E0%B8%B3%E0%B9%81%E0%B8%9E%E0%B8%87%E0%B9%80%E0%B8%9E%E0%B8%8A%E0%B8%A3.pdf>
- ทวี ชัยพิมลผลิน. (2556, ตุลาคม). การใช้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับปฐพีศาสตร์. *แก่นเกษตร*, 41(2), 147-154. สืบค้นจาก https://www.researchgate.net/profile/Tawee_Chaipimonplin/publication/311576670_The_use_of_artificial_neural_network_model_for_soil_sciences/links/584e7ce008ae4bc89937495c/The-use-of-artificial-neural-network-model-for-soil-sciences.pdf

นิติพัฒน์ นวนมะโน. (2556). การชะล้างพังทลายของดินบนเขาคองหงส์ และมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐกิจศาสตร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา. (ปริญญาานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา). สืบค้นจาก

<https://kb.psu.ac.th/psukb/bitstream/2010/9027/1/373933.pdf>

พรพรรณ จงสุขสันติกุล, และ สุชีลา ธีราภรณ์. (2542, ตุลาคม). กษัยการของดินระหว่างพื้นที่ป่าไม้กับพื้นที่ทำไร่เลื่อนลอยบริเวณหน่วยจัดการต้นน้ำม่อนอังกะต อำเภอลำปาง จังหวัดแม่ฮ่องสอน. วารสารวิชาการป่าไม้, 1(1). สืบค้นจาก

http://www.dnp.go.th/research/Journal/Vol1_No1/cover1.html

พิทยากร ลิ้มทอง. (2557). การชะล้างพังทลายของดินและการอนุรักษ์ดินและน้ำ. สืบค้นจาก

http://e-library.idd.go.th/web_km/Data/2557/KMDRPit.pdf

พิสิฐภูมิ กิมยงค์, สามัคคี บุญยะวัฒน์, และ สมณมิตร พุกงาม. (2556). การเปรียบเทียบการประมาณค่าการสูญเสียดินโดยแบบจำลอง USLE, MMF และ RMMF บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำขุน อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์. วารสารวนศาสตร์, 32(2), 89-100. สืบค้นจาก

https://kukr.lib.ku.ac.th/journal/index.php?/JFOR/search_detail/result/301497

วรารุณ วุฒินิธิชัย. (2563). Artificial Neural Networks. สืบค้นจาก.

<http://irre.ku.ac.th/pubart/PubArt/39-ann.pdf>

สุณีย์รัตน์ โลหะโชติ. (2563). การชะล้างพังทลายของดินและแนวทางการอนุรักษ์ดินและน้ำ. สืบค้นจาก http://r07.idd.go.th/Web/15_KM/S1.pdf

เสวต ประกายรุ่งระวี. (2554). การวิเคราะห์การชะล้างพังทลายของดินโดยใช้สมการสูญเสียดินสากล (USLE) เพื่อประเมินการสูญเสียธาตุอาหารพืช ในลุ่มน้ำห้วยแม่ประจัน. วารสารสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 14. สืบค้นจาก

<http://ejournals.swu.ac.th/index.php/JOS/article/view/2137>



ภาคผนวก ก

เอกสารขออนุญาตเข้าร่วมทำการศึกษาหรือวิจัยทางวิชาการในพื้นที่ป่าอนุรักษ์



เอกสารขออนุญาตเข้าร่วมทำการศึกษาหรือวิจัยทางวิชาการในพื้นที่ป่าอนุรักษ์

ที่ ทส ๐๙๐๗.๔/ ๑๔ ๓ ๕ ๓



กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช
๖๑ ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว
เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร ๑๐๙๐๐

๓๐ กรกฎาคม ๒๕๖๔

เรื่อง ขออนุญาตเข้าร่วมทำการศึกษาหรือวิจัยทางวิชาการในพื้นที่ป่าอนุรักษ์
(นายเชษฐา ปัญญารักกิจ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ)

เรียน อธิการบดีมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

อ้างถึง หนังสือมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ อว ๘๗๑๗/๑๕๓๘ ลงวันที่ ๒ เมษายน ๒๕๖๔

สิ่งที่ส่งมาด้วย สำเนาเงื่อนไขประกอบการอนุญาตให้เข้าร่วมทำการศึกษาหรือวิจัยทางวิชาการในพื้นที่ป่าอนุรักษ์

ตามหนังสือที่อ้างถึง มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ส่งคำขออนุญาตเข้าร่วมทำการศึกษาหรือวิจัยทางวิชาการในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ เรื่อง “การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อวิเคราะห์การชะล้างพังทลายของดิน” ณ อุทยานแห่งชาติคลองลาน โดยมี นายเชษฐา ปัญญารักกิจ เป็นหัวหน้าโครงการวิจัย และคณะ ประกอบด้วยนักวิจัยชาวไทย จำนวน ๑ ท่าน คือ ดร.ธีรเวทย์ ลิ้มโกลลวิลาส รวมทั้งหัวหน้าอุทยานแห่งชาติคลองลาน ระยะเวลาศึกษาวิจัยตั้งแต่วันที่ ๑๕ มิถุนายน ๒๕๖๔ ถึงวันที่ ๑๕ มิถุนายน ๒๕๖๕ ความละเอียดแจ้งแล้ว นั้น

กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช พิจารณาแล้ว การศึกษาหรือวิจัย เรื่อง “การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อวิเคราะห์การชะล้างพังทลายของดิน” จะเป็นประโยชน์ต่อการคุ้มครอง บำรุง ดูแล รักษา และการบริหารจัดการพื้นที่อุทยานแห่งชาติ จึงอาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๒๓ ประกอบกับมาตรา ๖๒ แห่งพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๖๒ และระเบียบกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ว่าด้วยการปฏิบัติการของพนักงานเจ้าหน้าที่ในเขตอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๔๙ โดยอนุโลม อนุมัติให้หัวหน้าอุทยานแห่งชาติคลองลาน พร้อมทั้งมอบหมายให้หัวหน้าศูนย์วิจัยและพัฒนาสัตว์กรมอุทยานแห่งชาติ จังหวัดพิษณุโลก ในฐานะพนักงานเจ้าหน้าที่ตามพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๖๒ เป็นผู้ปฏิบัติการ ภายใต้การสนับสนุนการดำเนินการศึกษาหรือวิจัยของคณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โดยมี นายเชษฐา ปัญญารักกิจ เป็นหัวหน้าโครงการวิจัย และคณะ ประกอบด้วยนักวิจัยชาวไทย จำนวน ๑ ท่าน คือ ดร.ธีรเวทย์ ลิ้มโกลลวิลาส เข้าไปกระทำการเพื่อประโยชน์ในการศึกษาหรือวิจัยทางวิชาการในพื้นที่อุทยานแห่งชาติคลองลาน ระยะเวลาศึกษาวิจัยตั้งแต่วันที่อธิบดีลงนามอนุญาตถึงวันที่ ๑๕ มิถุนายน ๒๕๖๕ โดยให้ปฏิบัติตามเงื่อนไขประกอบการอนุญาตให้เข้าร่วมทำการศึกษาหรือวิจัยทางวิชาการในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ และก่อนเข้าดำเนินการศึกษาหรือวิจัยในพื้นที่ ขอให้แจ้งเป็นหนังสือต่ออธิบดีกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืชทราบ ก่อนอย่างน้อย ๑๕ วัน พร้อมทั้งแจ้งหัวหน้าอุทยานแห่งชาติคลองลาน เพื่อประสานการดำเนินงานก่อนทุกครั้ง เมื่อสิ้นสุดโครงการแล้ว จะต้องส่งรายงานผลการศึกษาหรือวิจัยฉบับสมบูรณ์

จำนวน...

-๒-

จำนวน ๕ เล่ม พร้อมแผ่นบันทึกข้อมูล จำนวน ๑ แผ่น ให้กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ทั้งนี้ ทรัพย์สินทางปัญญาที่เป็นผลมาจากการศึกษาวิจัย ให้ถือเป็นสมบัติร่วมกันกับกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช และหากมีการนำไปใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ ต้องได้รับอนุญาตจากกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ก่อน พร้อมทั้งต้องทำความตกลงการแบ่งปันผลประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นในภายหน้าให้กับ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ด้วย รายละเอียดปรากฏตามสิ่งที่ส่งมาด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาแจ้งผู้ได้รับอนุญาตให้เข้าร่วมทำการศึกษาหรือวิจัย ทราบ และปฏิบัติต่อไป

ขอแสดงความนับถือ



(นางรุ่งนภา พัฒนวิบูลย์)

รองอธิบดี ปฏิบัติราชการแทน

อธิบดีกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช

โทร. ๐ ๒๕๖๑ ๐๗๗๗ ต่อ ๑๔๖๐

โทรสาร ๐ ๒๕๖๑ ๘๗๗๕

แบบ อส/ว-04

แบบเงื่อนไขประกอบการอนุญาตให้เข้าร่วมทำการศึกษาหรือวิจัยทางวิชาการในพื้นที่ป่าอนุรักษ์

1. ผู้ได้รับอนุญาตให้เข้าร่วมทำการศึกษาหรือวิจัยทางวิชาการในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ ต้องปฏิบัติตามนี้

(1) ต้องแจ้งเป็นหนังสือให้อธิบดีกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืชทราบ ก่อนเข้าไปดำเนินการในพื้นที่อย่างน้อย 15 วัน และให้แจ้งพนักงานเจ้าหน้าที่ในพื้นที่ที่ทราบก่อนจึงเข้าไป ดำเนินการได้

(2) ต้องรายงานความก้าวหน้าของการศึกษาหรือวิจัยตามแบบที่กำหนด ให้กรมอุทยาน แห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช จำนวน 3 ชุด พร้อมสำเนาข้อมูลดิบทุก 6 เดือน พร้อมทั้งสรุปผลงานสะสม ตั้งแต่เริ่มโครงการมาด้วย

(3) กรณีที่มีการเก็บตัวอย่างเพื่อการศึกษาหรือวิจัย จะต้องจัดส่งตัวอย่างมาเก็บรักษา ไว้ที่กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช หรือเก็บในสถานที่ที่กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช เห็นชอบ ทั้งนี้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ขอสงวนสิทธิ์การเป็นเจ้าของในตัวอย่างนั้นๆ การนำตัวอย่าง หรือตัวอย่างหัวเชื้อ (Culture of Isolates) ไปใช้ประโยชน์จะต้องได้รับอนุญาตจากกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืชก่อน

(4) เมื่อสิ้นสุดโครงการศึกษาหรือวิจัย ให้ส่งรายงานผลการศึกษาหรือวิจัยฉบับสมบูรณ์ และเอกสารที่นำไปเผยแพร่ในวารสารต่างๆ จำนวนอย่างละ 5 ชุด พร้อมแผ่นบันทึกข้อมูล 1 ชุด ให้กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืชด้วย ทั้งนี้ ให้ถือว่าผลงานดังกล่าวเป็นสิทธิ์ร่วมกันของผู้ได้รับอนุญาต ให้เข้าร่วมศึกษาหรือวิจัยและกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

(5) ต้องปฏิบัติตามวัตถุประสงค์ ประสงค์ แผนงาน วิธีการ และเงื่อนไขที่ระบุไว้ใน ข้อตกลงของโครงการศึกษาหรือวิจัยที่กำหนดไว้เท่านั้น

(6) ต้องปฏิบัติตามกฎหมายเกี่ยวกับการป่าไม้ และกฎหมายอื่นที่เกี่ยวข้อง อย่างเคร่งครัด ตลอดจนต้องปฏิบัติตามระเบียบ ข้อกำหนด ประกาศ คำสั่ง วิธีการ และเงื่อนไขที่กำหนดไว้ใน หนังสืออนุญาต และต้องปฏิบัติตามคำสั่งของพนักงานเจ้าหน้าที่ ซึ่งสั่งการตามอำนาจหน้าที่โดยชอบด้วยกฎหมาย อย่างเคร่งครัด

(7) ต้องนำผลการศึกษาหรือวิจัยมานำเสนอในการประชุม/สัมมนา/ฝึกอบรม ที่กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช จัดขึ้น อย่างน้อย 1 ครั้ง เพื่อถ่ายทอดความรู้และเทคโนโลยีจาก การดำเนินงานศึกษาหรือวิจัยให้เจ้าหน้าที่และสาธารณชนนำไปใช้ประโยชน์ในการคุ้มครองรักษาทรัพยากร ต่อไป

(8) กรณีฝ่าฝืนหรือไม่ปฏิบัติตามกฎหมาย ระเบียบ ข้อบังคับ ประกาศ คำสั่ง หรือ ส่อพฤติกรรมที่อาจจะเป็นภัยต่อสังคมหรือความมั่นคงของประเทศ หรือทำให้เกิดความเสียหาย หรือเป็นอันตราย ต่อสภาพแวดล้อม ต่อชนิดพันธุ์และต่อพันธุกรรมแห่งชาติ สัตว์ จุลินทรีย์ หรือทรัพยากรธรรมชาติอื่นๆ อธิบดีกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช อาจระงับการอนุญาต และดำเนินการตามกฎหมายที่เกี่ยวข้อง

(9) ในกรณีมีความจำเป็นต้องขยายเวลาทำการศึกษาหรือวิจัย ให้ยื่นหนังสือ ขอต่อยอายุโครงการต่ออธิบดีกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ก่อนสิ้นสุดโครงการ ไม่น้อยกว่า 30 วัน พร้อมทั้งชี้แจงเหตุผลความจำเป็น และให้แนบรายงานความก้าวหน้าของผลการศึกษาหรือวิจัยที่ทำมาแล้วเป็น ภาษาไทย จำนวน 5 ชุด มาพร้อมหนังสือขอต่อยอายุโครงการด้วย

(10) ในกรณี...

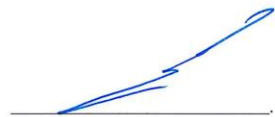
- 2 -

(10) ในกรณีที่ได้รับอนุญาตให้ร่วมศึกษาหรือวิจัยไม่ปฏิบัติตามเงื่อนไขสถาบันทางวิชาการหรือหน่วยงานราชการในประเทศไทยที่รับรองและร่วมรับผิดชอบโครงการ ต้องรับผิดชอบให้มีการปฏิบัติตามเงื่อนไข

2. กรณีที่ผู้ได้รับอนุญาตให้เข้าร่วมทำการศึกษาหรือวิจัยทางวิชาการในพื้นที่ป่านุรักษ์ ประสงค์จะนำผลการศึกษาหรือวิจัยไปจดทะเบียนตามกฎหมายว่าด้วยทรัพย์สินทางปัญญา (ลิขสิทธิ์ (Copy Right) หรือทะเบียนสิทธิบัตร (Patent) หรือเครื่องหมายการค้า (Trade Mark) หรือทะเบียนตามกฎหมายอื่น) เพื่อผลิตเป็นอุตสาหกรรมหรือทางการค้า หรือพิมพ์ผลงานเพื่อจำหน่าย ต้องได้รับอนุญาตจากกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืชก่อนจึงจะดำเนินการได้ และให้ถือว่า ลิขสิทธิ์ สิทธิบัตร เครื่องหมายการค้า และสิทธิตามกฎหมายอื่นนั้น เป็นสมบัติร่วมกันกับกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช และต้องทำความตกลงการแบ่งปันผลประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นในภายหน้าให้กับกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช เป็นกรณี ๆ ไป

ข้าพเจ้าได้อ่านและเข้าใจข้อความในเงื่อนไขโดยละเอียดตลอดแล้ว จึงได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นหลักฐาน

(ลงชื่อ)



ผู้อนุญาต

(นางรุ่งนภา พัฒนวิบูลย์)

ตำแหน่ง

รองอธิบดี ปฏิบัติราชการแทน
อธิบดีกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

(ลงชื่อ)



ผู้ได้รับอนุญาตให้เข้าร่วม

(รุ่งนภา พัฒนวิบูลย์)

ศึกษาหรือวิจัย

ตำแหน่ง

หัวหน้าโครงการ

(ลงชื่อ)



สถาบัน/หน่วยงาน

(รองศาสตราจารย์ ดร. พันธ์ ใจจรจัด)

ที่ให้การรับรองโครงการ

ตำแหน่ง*

รองอธิบดี ฝ่ายแผนและยุทธศาสตร์เพื่อสังคม
รักษาการแทนคณบดี คณะสัตวแพทยศาสตร์ ปฏิบัติราชการแทน
อธิบดีกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

หมายเหตุ: * หัวหน้าหน่วยงานราชการไทยหรือสถาบันทางวิชาการของรัฐ (กรณีสถาบันการศึกษา อย่างน้อยในระดับคณะบดีขึ้นไป)

ภาคผนวก ข
ตำแหน่งเก็บข้อมูลภาคสนาม



จุดเก็บข้อมูลที่ 1

ประเภทหมุดเก็บข้อมูล	จุดเก็บข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์
ชื่อ	จุดที่ 1 อุทยานแห่งชาติคลองลาน
พิกัด WGS 1984UTM Zone 47N	
X : 530622.2955	Y : 1783471.4056
ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ประเภทป่าไม้
	

จุดเก็บข้อมูลที่ 2

ประเภทหมุดเก็บข้อมูล	จุดเก็บข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์
ชื่อ	จุดที่ 2 อุทยานแห่งชาติคลองลาน
พิกัด WGS 1984UTM Zone 47N	
X : 530712.3899	Y : 1783429.0285
ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ประเภทป่าไม้
	

จุดเก็บข้อมูลที่ 3

ประเภทหตุเก็บข้อมูล	จุดเก็บข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์
ชื่อ	จุดที่ 3 อุทยานแห่งชาติคลองลาน
พิกัด WGS 1984UTM Zone 47N	
X : 530822.5535	Y : 1783391.0137
ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ประเภทป่าไม้
	

จุดเก็บข้อมูลที่ 4

ประเภทหตุเก็บข้อมูล	จุดเก็บข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์
ชื่อ	จุดที่ 4 อุทยานแห่งชาติคลองลาน
พิกัด WGS 1984UTM Zone 47N	
X : 530910.6223	Y : 1783380.7866
ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ประเภทป่าไม้
	

จุดเก็บข้อมูลที่ 5

ประเภทหมดเก็บข้อมูล	จุดเก็บข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์
ชื่อ	จุดที่ 5 อุทยานแห่งชาติคลองลาน
พิกัด WGS 1984UTM Zone 47N	
X : 531007.2344	Y : 1783384.9697
ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ประเภทป่าไม้
	

จุดเก็บข้อมูลที่ 6

ประเภทหมดเก็บข้อมูล	จุดเก็บข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์
ชื่อ	จุดที่ 6 อุทยานแห่งชาติคลองลาน
พิกัด WGS 1984UTM Zone 47N	
X : 531113.9514	Y : 1783369.7376
ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ประเภทป่าไม้
	

จุดเก็บข้อมูลที่ 7

ประเภทหมุดเก็บข้อมูล	จุดเก็บข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์
ชื่อ	จุดที่ 7 บ้านผู้พัน
พิกัด WGS 1984UTM Zone 47N	
X : 531213.3191	Y : 1783381.4187
ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ประเภทที่อยู่อาศัย
	

จุดเก็บข้อมูลที่ 8

ประเภทหมุดเก็บข้อมูล	จุดเก็บข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์
ชื่อ	จุดที่ 8 ไร่พี่สายตา
พิกัด WGS 1984UTM Zone 47N	
X : 531301.2051	Y : 1783387.145
ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ประเภทพื้นที่เกษตรกรรม (แปลงมันสำปะหลัง)
	

จุดเก็บข้อมูลที่ 9

ประเภทหมุดเก็บข้อมูล	จุดเก็บข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์
ชื่อ	จุดที่ 9 ไร่พี่จ๊ะ
พิกัด WGS 1984UTM Zone 47N	
X : 531405.4987	Y : 1783402.4954
ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ประเภทพื้นที่เกษตรกรรม (แปลงมันสำปะหลัง)
	

จุดเก็บข้อมูลที่ 10

ประเภทหมุดเก็บข้อมูล	จุดเก็บข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์
ชื่อ	จุดที่ 10 ไร่พี่โบว์
พิกัด WGS 1984UTM Zone 47N	
X : 531482.2025	Y : 1783473.4374
ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ประเภทพื้นที่เกษตรกรรม (แปลงมันสำปะหลัง)
	

จุดเก็บข้อมูลที่ 11

ประเภทหมุดเก็บข้อมูล	จุดเก็บข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์
ชื่อ	จุดที่ 11 ไร้พืด
พิกัด WGS 1984UTM Zone 47N	
X : 531605.2916	Y : 1783453.698
ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ประเภทพื้นที่เกษตรกรรม (แปลงมันสำปะหลัง)
	

จุดเก็บข้อมูลที่ 12

ประเภทหมุดเก็บข้อมูล	จุดเก็บข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์
ชื่อ	จุดที่ 12 ไร้พืด
พิกัด WGS 1984UTM Zone 47N	
X : 531703.4878	Y : 1783454.9418
ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ประเภทพื้นที่เกษตรกรรม (แปลงมันสำปะหลัง)
	

จุดเก็บข้อมูลที่ 13

ประเภทหมุดเก็บข้อมูล	จุดเก็บข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์
ชื่อ	จุดที่ 13 แปลงกล้วย
พิกัด WGS 1984UTM Zone 47N	
X : 531796.6078	Y : 1783410.6752
ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ประเภทพื้นที่เกษตรกรรม (สวนกล้วย)
	

จุดเก็บข้อมูลที่ 14

ประเภทหมุดเก็บข้อมูล	จุดเก็บข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์
ชื่อ	จุดที่ 14 แปลงกล้วย
พิกัด WGS 1984UTM Zone 47N	
X : 531909.7535	Y : 1783368.1614
ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ประเภทพื้นที่เกษตรกรรม (สวนกล้วย)
	

จุดเก็บข้อมูลที่ 15

ประเภทหมุดเก็บข้อมูล	จุดเก็บข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์
ชื่อ	จุดที่ 15 สวนพีเปีย
พิกัด WGS 1984UTM Zone 47N	
X : 531970.8662	Y : 1783324.9842
ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ประเภทพื้นที่เกษตรกรรม (สวนไม้ผล)
	

จุดเก็บข้อมูลที่ 16

ประเภทหมุดเก็บข้อมูล	จุดเก็บข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์
ชื่อ	จุดที่ 16 สวนพีแขก
พิกัด WGS 1984UTM Zone 47N	
X : 531999.3587	Y : 1783225.1359
ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ประเภทพื้นที่เกษตรกรรม (สวนไม้ผล)
	

จุดเก็บข้อมูลที่ 17

ประเภทหมุดเก็บข้อมูล	จุดเก็บข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์
ชื่อ	จุดที่ 17 แปลงเจ้าของร้านค้าถ่ายรูป
พิกัด WGS 1984UTM Zone 47N	
X : 532052.0248	Y : 1783149.6486
ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ประเภทพื้นที่เกษตรกรรม (แปลงมันสำปะหลัง)
	

จุดเก็บข้อมูลที่ 18

ประเภทหมุดเก็บข้อมูล	จุดเก็บข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์
ชื่อ	จุดที่ 18 แปลงวัดเทพพัฒนาราม
พิกัด WGS 1984UTM Zone 47N	
X : 532055.5648	Y : 1783071.1421
ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ประเภทพื้นที่ว่างเปล่า
	

จุดเก็บข้อมูลที่ 19

ประเภทหตุเก็บข้อมูล	จุดเก็บข้อมูลสำหรับการตรวจสอบความถูกต้อง
ชื่อ	จุดตรวจสอบความถูกต้องที่ 1 อุทยานแห่งชาติคลองลาน
พิกัด WGS 1984UTM Zone 47N	
X : 530702.6611	Y : 1783433.5524
ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ประเภทป่าไม้
	

จุดเก็บข้อมูลที่ 20

ประเภทหตุเก็บข้อมูล	จุดเก็บข้อมูลสำหรับการตรวจสอบความถูกต้อง
ชื่อ	จุดตรวจสอบความถูกต้องที่ 2 อุทยานแห่งชาติคลองลาน
พิกัด WGS 1984UTM Zone 47N	
X : 531158.5296	Y : 1783388.1077
ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ประเภทป่าไม้
	

จุดเก็บข้อมูลที่ 21

ประเภทหมุดเก็บข้อมูล	จุดเก็บข้อมูลสำหรับการตรวจสอบความถูกต้อง
ชื่อ	จุดตรวจสอบความถูกต้องที่ 3 บ้านผู้พัน
พิกัด WGS 1984UTM Zone 47N	
X : 531229.673	Y : 1783407.8628
ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ประเภทที่อยู่อาศัย
	

จุดเก็บข้อมูลที่ 22

ประเภทหมุดเก็บข้อมูล	จุดเก็บข้อมูลสำหรับการตรวจสอบความถูกต้อง
ชื่อ	จุดตรวจสอบความถูกต้องที่ 4 ไร่พี่บัว
พิกัด WGS 1984UTM Zone 47N	
X : 531478.702	Y : 1783475.5806
ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ประเภทพื้นที่เกษตรกรรม (แปลงมันสำปะหลัง)
	

จุดเก็บข้อมูลที่ 23

ประเภทหมุดเก็บข้อมูล	จุดเก็บข้อมูลสำหรับการตรวจสอบความถูกต้อง
ชื่อ	จุดตรวจสอบความถูกต้องที่ 5 วัดเทพพัฒนาราม
พิกัด WGS 1984UTM Zone 47N	
X : 531967.1653	Y : 1783030.8276
ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ประเภทที่อยู่อาศัย
	

จุดเก็บข้อมูลที่ 24

ประเภทหมุดเก็บข้อมูล	จุดเก็บข้อมูลสำหรับการตรวจสอบความถูกต้อง
ชื่อ	จุดตรวจสอบความถูกต้องที่ 6 สวนหลังโรงสีผู้ใหญ่แข่ง
พิกัด WGS 1984UTM Zone 47N	
X : 534064.1126	Y : 1782316.7919
ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ประเภทพื้นที่เกษตรกรรม (สวนไม้ผล)
	

จุดเก็บข้อมูลที่ 25

ประเภทหมุดเก็บข้อมูล	จุดเก็บข้อมูลสำหรับการตรวจสอบความถูกต้อง
ชื่อ	จุดตรวจสอบความถูกต้องที่ 7 แปลงมันบนเนิน
พิกัด WGS 1984UTM Zone 47N	
X : 532153.575	Y : 1783463.6553
ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ประเภทพื้นที่เกษตรกรรม (แปลงมันล้มปะหลัง)
	

จุดเก็บข้อมูลที่ 26

ประเภทหมุดเก็บข้อมูล	จุดเก็บข้อมูลสำหรับการตรวจสอบความถูกต้อง
ชื่อ	จุดตรวจสอบความถูกต้องที่ 8 แปลงกล้วย
พิกัด WGS 1984UTM Zone 47N	
X : 531837.1735	Y : 1783312.1616
ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ประเภทพื้นที่เกษตรกรรม (สวนกล้วย)
	

จุดเก็บข้อมูลที่ 27

ประเภทหมุดเก็บข้อมูล	จุดเก็บข้อมูลสำหรับการตรวจสอบความถูกต้อง
ชื่อ	จุดตรวจสอบความถูกต้องที่ 9
พิกัด WGS 1984UTM Zone 47N	
X : 533813.2671	Y : 1782485.863
ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ประเภทพื้นที่ว่างเปล่า
	

จุดเก็บข้อมูลที่ 28

ประเภทหมุดเก็บข้อมูล	จุดเก็บข้อมูลสำหรับการตรวจสอบความถูกต้อง
ชื่อ	จุดตรวจสอบความถูกต้องที่ 10 ไร่พื้ด
พิกัด WGS 1984UTM Zone 47N	
X : 538791.1729	Y : 1778403.9215
ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ประเภทพื้นที่เกษตรกรรม (แปลงมันสำปะหลัง)
	

จุดเก็บข้อมูลที่ 29

ประเภทหมุดเก็บข้อมูล	จุดเก็บข้อมูลสำหรับการตรวจสอบความถูกต้อง
ชื่อ	จุดตรวจสอบความถูกต้องที่ 11 วัดไทรทอง
พิกัด WGS 1984UTM Zone 47N	
X : 534108.8461	Y : 1779379.9949
ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ประเภทที่อยู่อาศัย (ศาสนสถาน)
	

จุดเก็บข้อมูลที่ 30

ประเภทหมุดเก็บข้อมูล	จุดเก็บข้อมูลสำหรับการตรวจสอบความถูกต้อง
ชื่อ	จุดตรวจสอบความถูกต้องที่ 12 สวนมะนาวป่าไผ่
พิกัด WGS 1984UTM Zone 47N	
X : 533692.9761	Y : 1783356.8154
ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ประเภทพื้นที่เกษตรกรรม (สวนมะนาว)
	



ภาคผนวก ค
ตาราง ค่าปัจจัยรวม C,P-factor

ตาราง 18 ตาราง ค่าปัจจัยรวม C,P-factor ของค่าปัจจัยการจัดการพืช และค่าปัจจัยการปฏิบัติ
ป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน

สัญลักษณ์	ประเภทการใช้ที่ดิน	ค่า C	ค่า P
U101	ตัวเมืองและย่านการค้า	0.000	0.000
U200	หมู่บ้าน/ที่ดินจัดสรรร้าง	0.000	0.000
U201	หมู่บ้านบนพื้นราบ	0.000	0.000
U202	หมู่บ้านชาวไทยภูเขา	0.000	0.000
U203	หมู่บ้านชาวเล	0.000	0.000
U300	สถานที่ราชการและสถาบันต่าง ๆ ร้าง	0.000	0.000
U301	สถานที่ราชการและสถาบันต่าง ๆ	0.000	0.000
U400	สถานีคมนาคมร้าง	0.000	0.000
U401	สนามบิน	0.000	0.000
U402	สถานีรถไฟ	0.000	0.000
U403	สถานีขนส่ง	0.000	0.000
U404	ท่าเรือ	0.000	0.000
U405	ถนน	0.000	0.000
U406	ทางรถไฟ	0.000	0.000
U500	พื้นที่อุตสาหกรรมร้าง	0.000	0.000
U501	นิคมอุตสาหกรรม	0.000	0.000
U502	โรงงานอุตสาหกรรม	0.000	0.000
U503	ลานตากและแหล่งรับซื้อทางการเกษตร	0.000	0.000
U600	สถานที่ร้าง	0.000	0.000

สัญลักษณ์	ประเภทการใช้ที่ดิน	ค่า C	ค่า P
U601	สถานที่พักผ่อน หย่อนใจ	0.000	0.000
U602	รีสอร์ท โรงแรม เกสต์ เฮาส์	0.000	0.000
U603	สุสาน ป่าช้า	0.000	0.000
U604	ศูนย์อพยพ	0.000	0.000
U605	สถานบริการน้ำมัน	0.000	0.000
U700	สนามกอล์ฟร้าง	0.000	0.000
U701	สนามกอล์ฟ	0.000	0.000
A100	นาร้าง	0.100	0.100
A101	นาข้าว	0.280	0.100
A200	ไร่ร้าง	0.500	1.000
A201	พืชไร่ผสม	0.340	1.000
A202	ข้าวโพด	0.502	1.000
A203	อ้อย	0.400	1.000
A204	มันสำปะหลัง	0.600	1.000
A205	สับปะรด	0.380	1.000
A206	ยาสูบ	0.700	1.000
A207	ฝ้าย	0.500	1.000
A208	ถั่วเขียว	0.390	1.000
A209	ถั่วเหลือง	0.421	1.000
A210	ถั่วลิสง	0.406	1.000
A211	ปอแก้ว ปอกระเจา	0.600	1.000
A212	ถั่วดำ ถั่วแดง	0.380	1.000
A213	ข้าวฟ่าง	0.650	1.000
A214	ละหุ่ง	0.790	1.000
A215	งา	0.386	1.000
A216	ข้าวไร่	0.700	1.000

สัญลักษณ์	ประเภทการใช้ที่ดิน	ค่า C	ค่า P
A217	มันฝรั่ง	0.600	1.000
A218	มันแกว	0.600	1.000
A219	มันเทศ	0.600	1.000
A220	แตงโม	0.600	1.000
A221	ลูกเดือย	0.650	1.000
A222	ชิง	0.600	1.000
A223	กะหล่ำปลี	0.600	1.000
A224	มะเขือเทศ	0.600	1.000
A225	ว่านหางจระเข้	0.380	1.000
A226	ป่านครนารายณ์	0.380	1.000
A227	ปอสา	0.600	1.000
A228	ทานตะวัน	0.700	1.000
A229	พริก	0.600	1.000
A230	ข้าวสาลี	0.280	1.000
A231	ข้าวบาร์เลย์	0.280	1.000
A232	ข้าวไรย์	0.280	1.000
A233	ฝิ่น	0.386	1.000
A234	กัญชา กัญชง	0.600	1.000
A235	กระเจี๊ยบแดง	0.600	1.000
A236	เผือก	0.600	1.000
A300	ไม้ยืนต้นร่าง/เลื้อย โทรม	0.150	1.000
A301	ไม้ยืนต้นผสม	0.150	1.000
A302	ยางพารา	0.150	1.000
A303	ปาล์มน้ำมัน	0.300	1.000
A304	ยูคาลิปตัส	0.150	1.000
A305	สัก	0.088	1.000
A306	สะเดา	0.088	1.000
A307	สนประดิพัทธ์	0.150	1.000

สัญลักษณ์	ประเภทการใช้ที่ดิน	ค่า C	ค่า P
A308	กระถิน	0.088	1.000
A309	ประดู่	0.088	1.000
A310	ซ้อ	0.088	1.000
A311	ไม้ชายเลน	0.000	0.000
A312	กาแฟ	0.300	1.000
A313	ชา	0.150	1.000
A314	หม่อน	0.600	1.000
A315	ไม้ปลูกเพื่อการค้า	0.150	1.000
A316	นุ่น	0.300	1.000
A317	หมาก	0.400	1.000
A318	จามจุรี	0.088	1.000
A319	ดินเปิด	0.300	1.000
A320	เปล้า	0.600	1.000
A321	ยมหอม มะฮอกกานี	0.088	1.000
A322	กฤษณา	0.088	1.000
A323	ตะกู	0.088	1.000
A400	ไม้ผลร้าง/เลื่อมไหม	0.150	1.000
A401	ไม้ผลผสม	0.150	1.000
A402	ส้ม	0.300	1.000
A403	ทุเรียน	0.150	1.000
A404	เงาะ	0.150	1.000
A405	มะพร้าว	0.400	1.000
A406	ลิ้นจี่	0.150	1.000
A407	มะม่วง	0.150	1.000
A408	มะม่วงหิมพานต์	0.400	1.000
A409	พุทรา	0.300	1.000
A410	น้อยหน่า	0.300	1.000
A411	กล้วย	0.150	1.000
A412	มะขาม	0.150	1.000

สัญลักษณ์	ประเภทการใช้ที่ดิน	ค่า C	ค่า P
A413	ลาไย	0.150	1.000
A414	ฝรั่ง	0.300	1.000
A415	มะละกอ	0.600	1.000
A416	ขนุน	0.150	1.000
A417	กระเทียม	0.150	1.000
A418	ชมพู	0.150	1.000
A419	มังคุด	0.150	1.000
A420	กลางสาด ลงกอง	0.150	1.000
A421	ระกา สละ	0.020	1.000
A422	มะนาว	0.300	1.000
A423	ไม้ผลเมืองหนาว	0.300	1.000
A424	มะขามเทศ	0.600	1.000
A425	มะกอกน้ำ มะกอกฝรั่ง	0.600	1.000
A426	แก้วมังกร	0.150	1.000
A427	ส้มโอ	0.150	1.000
A428	ละมุด	0.150	1.000
A429	มะปราง มะยงชิด	0.600	1.000
A430	มะไฟ ละไม	0.600	1.000
A431	ทับทิม	0.150	1.000
A500	พืชสวนร้าง/เสื่อมโทรม	0.600	1.000
A501	พืชสวนผสม	0.600	1.000
A502	พืชผัก	0.600	1.000
A503	ไม้ดอก ไม้ประดับ	0.386	1.000
A504	องุ่น	0.600	1.000
A505	พริกไทย	0.600	1.000
A506	สตรอเบอรี่	0.270	1.000
A507	เสาวรส	0.600	1.000
A508	แรสเบอรี่	0.270	1.000
A509	พืชสมุนไพร	0.600	1.000

สัญลักษณ์	ประเภทการใช้ที่ดิน	ค่า C	ค่า P
A510	นาหญ้า	0.280	0.100
A511	ห้วย	0.600	1.000
A512	แคนตาอู	0.600	1.000
A513	กระเจียวเขียว	0.600	1.000
A514	หน่อไม้ฝรั่ง	0.600	1.000
A515	เห็ด	0.000	0.000
A600	ไร่หมุนเวียนร้าง	0.250	1.000
A601	พืชไร่ผสม (ไร่หมุนเวียน)	0.250	1.000
A602	ข้าวโพด (ไร่หมุนเวียน)	0.250	1.000
A603	อ้อย (ไร่หมุนเวียน)	0.250	1.000
A604	มันสำปะหลัง (ไร่หมุนเวียน)	0.250	1.000
A605	สับปะรด (ไร่หมุนเวียน)	0.250	1.000
A606	ยาสูบ (ไร่หมุนเวียน)	0.250	1.000
A607	ฝ้าย (ไร่หมุนเวียน)	0.250	1.000
A608	ถั่วเขียว (ไร่หมุนเวียน)	0.250	1.000
A609	ถั่วเหลือง (ไร่หมุนเวียน)	0.250	1.000
A610	ถั่วลิสง (ไร่หมุนเวียน)	0.250	1.000
A611	ปอแก้ว ปอกระเจา (ไร่หมุนเวียน)	0.250	1.000
A612	ถั่วดำ ถั่วแดง (ไร่หมุนเวียน)	0.250	1.000
A613	ข้าวฟ่าง (ไร่หมุนเวียน)	0.250	1.000
A614	ละหุ่ง (ไร่หมุนเวียน)	0.250	1.000
A615	งา (ไร่หมุนเวียน)	0.250	1.000

สัญลักษณ์	ประเภทการใช้ที่ดิน	ค่า C	ค่า P
A616	ข้าวไร่ (ไร่หมุนเวียน)	0.250	1.000
A617	มันฝรั่ง (ไร่หมุนเวียน)	0.250	1.000
A618	มันแกว (ไร่หมุนเวียน)	0.250	1.000
A619	มันเทศ (ไร่หมุนเวียน)	0.250	1.000
A620	แตงโม (ไร่หมุนเวียน)	0.250	1.000
A621	ลูกเดือย (ไร่หมุนเวียน)	0.250	1.000
A622	ชิง (ไร่หมุนเวียน)	0.250	1.000
A623	กะหล่ำปลี (ไร่หมุนเวียน)	0.250	1.000
A624	มะเขือเทศ (ไร่หมุนเวียน)	0.250	1.000
A625	ว่านหางจระเข้ (ไร่หมุนเวียน)	0.250	1.000
A626	ป่านศรนารายณ์ (ไร่หมุนเวียน)	0.250	1.000
A627	ปอสา (ไร่หมุนเวียน)	0.250	1.000
A628	ทานตะวัน (ไร่หมุนเวียน)	0.250	1.000
A629	พริก (ไร่หมุนเวียน)	0.250	1.000
A630	ข้าวสาลี (ไร่หมุนเวียน)	0.250	1.000
A631	ข้าวบาร์เลย์ (ไร่หมุนเวียน)	0.250	1.000
A632	ข้าวไรย์ (ไร่หมุนเวียน)	0.250	1.000
A633	ฝิ่น (ไร่หมุนเวียน)	0.250	1.000
A634	กัญชา กัญชง (ไร่หมุนเวียน)	0.250	1.000
A635	กระเจี๊ยบแดง (ไร่หมุนเวียน)	0.250	1.000

สัญลักษณ์	ประเภทการใช้ที่ดิน	ค่า C	ค่า P
A636	เผือก (ไร่หมุนเวียน)	0.250	1.000
A700	โรงเรือนร้าง	0.000	0.000
A701	ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์	0.100	1.000
A702	โรงเรือนเลี้ยงโค กระบือ และม้า	0.000	0.000
A703	โรงเรือนเลี้ยงสัตว์ปีก	0.000	0.000
A704	โรงเรือนเลี้ยงสุกร	0.000	0.000
A801	พืชน้ำผสม	0.000	0.000
A802	กก	0.000	0.000
A803	บัว	0.000	0.000
A804	กระบี่	0.000	0.000
A805	แห้ว	0.000	0.000
A806	ผักนึ่ง	0.000	0.000
A807	ผักกะเจ็ด	0.000	0.000
A900	สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์ น้ำจืด	0.000	0.000
A901	สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์ น้ำจืด	0.000	0.000
A902	สถานที่เพาะเลี้ยงปลา	0.000	0.000
A903	สถานที่เพาะเลี้ยงกุ้ง	0.000	0.000
A904	สถานที่เพาะเลี้ยงปู หอย	0.000	0.000
A905	ฟาร์มจระเข้	0.000	0.000
A001	เกษตรผสมผสาน/ไร่นา สวนผสม	0.225	1.000
F100	ป่าไม่ผลัดใบรกร้าง พื้นที่	0.040	1.000
F101	ป่าไม่ผลัดใบสมบูรณ์	0.001	1.000
F200	ป่าผลัดใบรกร้าง พื้นที่	0.250	1.000

สัญลักษณ์	ประเภทการใช้ที่ดิน	ค่า C	ค่า P
F201	ป่าผลัดใบสมบูรณ์	0.020	1.000
F300	ป่าชายเลนรกร้าง พื้นที่	0.000	0.000
F301	ป่าชายเลนสมบูรณ์	0.000	0.000
F400	ป่าพรุรกร้างพื้นที่	0.000	0.000
F401	ป่าพรุสมบูรณ์	0.000	0.000
F500	ป่าปลูกรกร้างพื้นที่	0.250	1.000
F501	ป่าปลูกสมบูรณ์	0.088	1.000
F600	วนเกษตรรกร้าง พื้นที่	0.250	1.000
F601	วนเกษตรสมบูรณ์	0.088	1.000
F700	ป่าชายหาดรกร้าง พื้นที่	0.450	1.000
F701	ป่าชายหาดสมบูรณ์	0.450	1.000
W101	แม่น้ำ ลำห้วย ลา คลอง	0.000	0.000
W102	หนอง บึง ทะเลสาบ	0.000	0.000
W103	ทะเล	0.000	0.000
W201	อ่างเก็บน้ำ	0.000	0.000
W202	บ่อน้ำในไร่นา	0.000	0.000
W203	คลองชลประทาน	0.000	0.000
M101	ทุ่งหญ้าธรรมชาติ	0.015	1.000
M102	ทุ่งหญ้าสลับไม้พุ่ม/ไม้ ละเมาะ	0.032	1.000
M103	ไผ่ป่า ไผ่หนาม	0.020	1.000
M201	พื้นที่ลุ่ม	0.000	0.000
M300	เหมืองเก่า บ่อขุดเก่า	0.000	0.000
M301	เหมืองแร่	0.800	1.000
M302	บ่อลูกรัง	0.000	0.000
M303	บ่อทราย	0.000	0.000

สัญลักษณ์	ประเภทการใช้ที่ดิน	ค่า C	ค่า P
M304	บ่อดิน	0.000	0.000
M305	พื้นที่ขุดเจาะน้ำมัน	0.000	0.000
M401	พื้นที่กองวัสดุ	0.800	1.000
M402	พื้นที่ดินถล่ม	0.800	1.000
M403	ที่หินโผล่	0.800	1.000
M405	พื้นที่ถม	0.800	1.000
M500	นาเกลือร้าง	0.000	0.000
M501	นาเกลือ	0.000	0.000
M601	หาดทราย	0.800	1.000
M701	ที่ทิ้งขยะ	0.000	0.000

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	เชษฐา ปัญญารักกิจ
วัน เดือน ปี เกิด	26 มีนาคม 2539
สถานที่เกิด	กาญจนบุรี
ที่อยู่ปัจจุบัน	402 หมู่2 ตำบลท่าม่วง อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี

