

**การวิเคราะห์แบบหลายกฎเกณฑ์ด้วยภูมิสารสนเทศสำหรับพื้นที่ที่เหมาะสมในการ
เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำการณศึกษา พื้นที่รอบกว๊านพะเยา จังหวัดพะเยา**
**GIS Based Multi-Criteria Analysis for Site Selection Analysis of Aquaculture
Case Study of Around Kwan Phayao, Phayao Province**

นิติ เอี่ยมชื่น¹, เกริญไกร สิตะพันธุ์^{2*}

Niti Iamchuen¹, Kriengkrai Seetapan^{2*}

¹สาขาวิชาภูมิสารสนเทศศาสตร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

²สาขาวิชาการประมง คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

*Corresponding author: kook82@hotmail.com

Received: November 26, 2019

Revised: December 18, 2019

Accepted: December 26, 2019

บทคัดย่อ

การหาพื้นที่ที่เหมาะสมคือปัจจัยที่สำคัญในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่จะทำให้สำเร็จและยั่งยืน กระบวนการทำโดยประยุกต์ใช้การพัฒนาการประเมินแบบหลายกฎเกณฑ์ทางพื้นที่ร่วมกับปัจจัยทางกายภาพของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ตัวแปรในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้แก่ 1) ประเภทการใช้ที่ดิน 2) แหล่งน้ำ และเส้นทางน้ำ 3) เส้นทางน้ำไหลตลอดปี 4) ความสูง 5) ความลาดชัน 6) ลักษณะเนื้อดิน 7) ระยะห่างจากถนน และ 8) ระยะห่างจากชุมชน โดยการให้ค่าน้ำหนักและค่าคะแนน ตัวแปรเหล่านี้จะถูกรวมเชิงตรรกะและสร้างผลลัพธ์ออกมาแสดงในรูปแบบช่วงชั้นความเหมาะสม 3 ชั้น (ต่ำ ปานกลาง และมาก) ต่อจากนั้นจะนำมาซ้อนทับกับพารมเพาะเลี้ยงในปัจจุบันเพื่อช่วยสนับสนุนการวางแผนอนาคตและกระบวนการตัดสินใจในการพัฒนาอย่างยั่งยืนต่อไป

คำสำคัญ: พื้นที่ที่เหมาะสม / การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ / กว๊านพะเยา

Abstract

Site selection is a key factor in any aquaculture success and sustainability. Its process was developed by applying the spatial multiple criteria evaluation (SMCE) along with aquaculture physical variables. The aquaculture variables consisted of: 1) land use and land cover, 2) water body and stream lines, 3) permanent streams, 4) altitude, 5) slope 6) soil unit 7) distance from road and 8) distance from the community. In the part of analysis, weighting and scoring were addressed. Variables were grouped by a logical model and the outputs showing the suitable areas which divided into 3 classes (low, moderate and high). After that, overlay with actual aquaculture site was managed in order to support in future planning and decision making processes for sustainable development.

Keyword: Site Selection / Aquaculture / Kwan Phayao

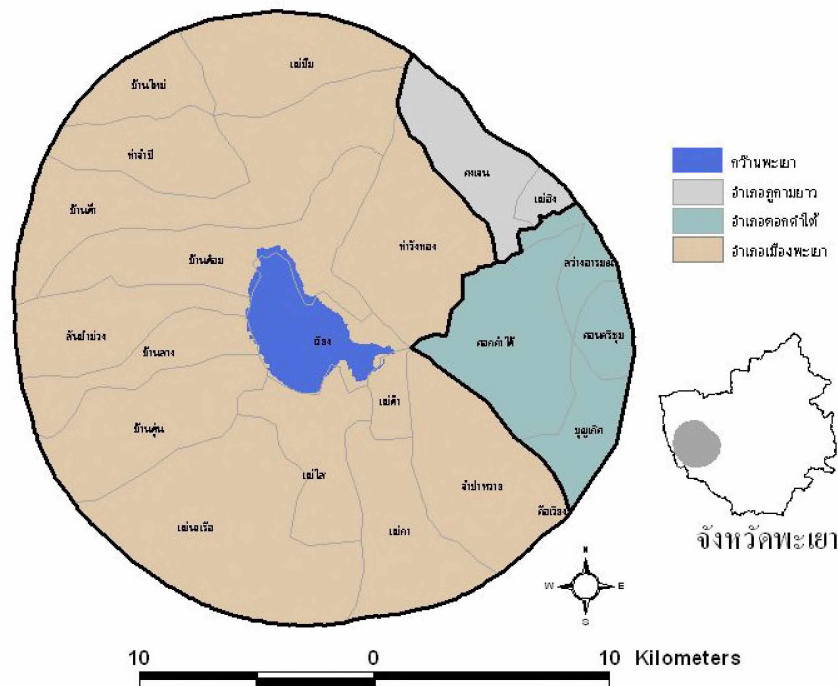
1. บทนำ

อุตสาหกรรมการประมงของประเทศไทยนับว่ามีความก้าวหน้าในระดับต้นๆ ของโลก จากข้อมูลสถิติของกรมประมง [1] พบว่าในปี พ.ศ. 2560 ทำรายได้กว่า 160,299 ล้านบาท โดยในจำนวนนี้มาจากสัตว์น้ำจืดจากการเพาะเลี้ยงถึง 22,574 ล้านบาท และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับจากปี พ.ศ. 2540 จนถึง 2560 จะพบว่าการจับสัตว์น้ำจืดจากแหล่งธรรมชาติแทบจะมีปริมาณคงที่คือ 205,000 ตันต่อปีในปี พ.ศ. 2540 และ 192,600 ตันในปี พ.ศ. 2560 ขณะที่ปริมาณการเพาะเลี้ยงเพิ่มมากขึ้นกว่าสองเท่าตัวคือจาก 200,200 ตันในปี พ.ศ. 2540 เป็น 413,300 ตันในปี พ.ศ. 2560 โดยส่วนหนึ่งมาจากการปรับเปลี่ยนรสนิยมในการบริโภคปลาเนื้อปลาเพื่อสุขภาพและความปลอดภัยจากสารตกค้างต่างๆ ที่พบน้อยกว่าเนื้อสัตว์ประเภทอื่นๆ ในส่วนของภาคเหนือ มีปริมาณผลผลิตปลาน้ำจืดแทบจะคงที่ ยกเว้นจังหวัดพะเยาข้อมูลในปี พ.ศ. 2559 มีผลผลิตสัตว์น้ำจืด 6,299 ตัน ขณะที่ในปีถัดมาคือ พ.ศ. 2560 มีผลผลิตสัตว์น้ำจืดสูงขึ้นถึง 9,585 ตันหรือคิดเป็นการเพิ่มขึ้น ร้อยละ 152 โดยรูปแบบการเพาะเลี้ยงในจังหวัดพะเยามีทั้งแบบกระชังที่เลี้ยงตามลำน้ำอิงและการขุดบ่อเลี้ยงเอง สร้างทั้งอาหาร อาชีพเสริมที่ก่อเกิดรายได้ และเป็นสินค้าคู่เมืองพะเยา โดยเฉพาะในพื้นที่รอบๆ กว๊านพะเยาเป็นต้น

จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเป็นจำนวนมากขึ้นจากสภาพอากาศและภูมิประเทศที่เอื้ออำนวยในการสร้างโอกาสของแหล่งอาหารและรายได้ตามศักยภาพของพื้นที่ การศึกษาค้นคว้าได้นำเอาเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ (Geo-informatics) มาประยุกต์ใช้ในการหาศักยภาพของพื้นที่ดังกล่าวเพื่อวางแผนวิเคราะห์หาพื้นที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในเขตน้จืด ซึ่งจากการค้นคว้าเอกสารนั้นมีจำนวนไม่มากและส่วนใหญ่เป็นการเพาะเลี้ยงในรูปแบบกระชัง (เพาะเลี้ยงในแม่น้ำหรือแหล่งน้ำธรรมชาติ) ดังรายงานของ เปเรซและคณะ [2], สมฤดี [3], วัลลภ และวิจิตรวง [4] ณพวรรณ [5] หรือทางทะเลที่มีการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์แบบหลายกฎเกณฑ์ เช่น Banafi et al. [6] Radiarta et al. [7] Gimpel et al. [8] Longdill et al. [9] และ Gimpel et al. [10] หรือใช้หาแหล่งที่อยู่อาศัย เช่น Nikolakaki [11] เป็นต้น ซึ่งต่อมา Solana et al. [9] พบว่าการใช้การวิเคราะห์แบบหลายกฎเกณฑ์ (Multicriteria decision-making: MCDM) เริ่มมีงานวิจัยตีพิมพ์มากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้งในด้านเนื้อหาที่มีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น นอกเหนือจากการหาพื้นที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยง เช่น การวิเคราะห์ทางด้านการเงินทุนการลงทุน การวางยุทธศาสตร์การประมง ข้อดีของการนำเทคนิค MCDM มาใช้สามารถทำให้มองได้หลากหลายแง่มุมและช่วยในการวางแผนที่เหมาะสมในหลายๆ ด้านดังที่กล่าวมาข้างต้น ในการศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นไปในรูปแบบของพื้นที่ซึ่งแตกต่างจากลักษณะของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในกระชังหรือการเลี้ยงในทะเล (น้ำเค็ม) โดยเฉพาะในพื้นที่ศึกษารอบกว๊านพะเยา ที่นิยมขุดบ่อในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ดังนั้นจึงมีปัจจัยที่จะนำมาวิเคราะห์ที่แตกต่างจากการศึกษาที่ผ่านมา เพื่อต้องการใช้เป็นเครื่องมือในการสนับสนุนช่วยตัดสินใจ (Decision Support) ทางพื้นที่ให้สอดคล้องกับสถานการณ์การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เพื่อใช้ประกอบการวางแผนการตัดสินใจในการป้องกันและบรรเทาปัญหาจากอุทกภัยหรือภัยแล้ง จากการนำข้อมูลเชิงพื้นที่มาประยุกต์ใช้งานช่วยให้เกิดแนวทางที่สามารถแก้ไขได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว ก่อให้เกิดความยั่งยืนอย่างเป็นระบบในการใช้งานทรัพยากรอย่างมั่นคง และเป็นแนวทางให้ผู้สนใจนำเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่ต่างๆ ได้อย่างเหมาะสมและถูกต้องต่อไป

2. วัตถุประสงค์

เพื่อประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการวิเคราะห์หาพื้นที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในเขตพื้นที่รอบกว๊านพะเยา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษา

3. วิธีการศึกษา

ในส่วนของการขอบเขตพื้นที่ศึกษาทำการสำรวจและจำแนกพื้นที่ที่เหมาะสมตามปัจจัยที่เกี่ยวข้อง และกำหนดพื้นที่ที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบขุดบ่อเพาะเลี้ยงในพื้นที่รอบกว๊านพะเยา ในรัศมีจากกว๊านพะเยา 10 กิโลเมตร ดังรูปที่ 1 (เนื่องจากระยะดังกล่าวจากทิศตะวันตกของกว๊านพะเยาบรรจบบริเวณภูเขาและบริเวณดังกล่าวเป็นพื้นที่ป่าไม้และมีความสูงชันเป็นต้นบังคับตามสภาพธรรมชาติ) ครอบคลุมพื้นที่อำเภอเมือง บางส่วนของอำเภอดอกคำใต้ และอำเภอภูพานยาว จังหวัดพะเยา ในการศึกษาเพื่อหาพื้นที่ที่เหมาะสมต้องใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่และอุปกรณ์เพื่อวิเคราะห์ โดยใช้ข้อมูลจากหน่วยงานต่างๆ ดังนี้ ข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศ (Topographic Map) มาตราส่วน 1: 50,000 จากกรมแผนที่ทหาร ชุด L7018 ใช้ในการตรวจสอบตำแหน่งและพิจารณาลักษณะภูมิประเทศเพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลชุดดิน (เนื้อดิน) และข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2552 จากกรมพัฒนาที่ดิน เพื่อพิจารณาเนื้อดินที่เหมาะสมในการทำบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและความเหมาะสมของกิจกรรมทางเศรษฐกิจที่จะนำมาทำการพิจารณาว่ามีความคุ้มค่ามากน้อยเพียงไร และข้อมูลขอบเขตป่าไม้จากกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช เพื่อกำหนดเขตการพัฒนาไม่ให้ตกอยู่ในเขตป่าไม้ตามกฎหมาย โดยข้อมูลทั้งหมดจะนำมาจัดกลุ่มตามเกณฑ์เพื่อการวิเคราะห์ โดยใช้ซอฟต์แวร์ทางภูมิสารสนเทศตามศักยภาพตามความเหมาะสมของแต่ละพื้นที่ และนำเครื่องบอกพิกัดโลก (Global Positioning System: GPS) Garmin รุ่น eTrex มาใช้เพื่อกำหนดตำแหน่งสถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ปี พ.ศ. 2552 (เพื่อให้สอดคล้องกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน) เพื่อเปรียบเทียบผลระหว่างข้อมูลที่ได้จากการสำรวจกับผลที่ได้จากการวิเคราะห์ โดยมีผังการดำเนินการวิเคราะห์เพื่อประเมินเชิงพื้นที่ของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (รูปที่ 1) มีขั้นตอนพอสังเขปดังนี้

3.1 การกำหนดชั้นข้อมูลปัจจัย (Factor) ที่จะนำมาในการวิเคราะห์ศักยภาพได้แก่ แหล่งน้ำ ถนน เส้นทางน้ำ แบบจำลองความสูง ความลาดชัน ที่ได้จากแผนที่ภูมิประเทศ ขอบเขตป่าตามกฎหมาย ลักษณะเนื้อดิน และประเภทการใช้ที่ดิน

3.2 กำหนดประเภทของข้อมูล (Classification) ในแต่ละปัจจัยที่นำมาวิเคราะห์ เพื่อใช้ในการจำแนกกลุ่มตามความเหมาะสมของพื้นที่ในแต่ละปัจจัย (ตารางที่ 1 สดมภ์ที่ 2) เช่น ขอบเขตป่าตามกฎหมาย จำแนกออกเป็น 2 กลุ่ม คือ พื้นที่ป่า และไม่ใช่พื้นที่ป่า เป็นต้น

3.3 กำหนดค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัย (Weighting) เพื่อกำหนดระดับความสำคัญของปัจจัยต่างๆ ที่จะส่งผลต่อการทำปอเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยการสอบถามผู้เชี่ยวชาญ (คณาจารย์และเจ้าหน้าที่ประมงในพื้นที่) กำหนดค่าอยู่ระหว่าง 1-5 (ตารางที่ 1 สดมภ์ที่ 3)

3.4 กำหนดค่าคะแนนของประเภทข้อมูล (Rating) ตามการจำแนกประเภทของแต่ละปัจจัย โดยการสอบถามผู้เชี่ยวชาญกำหนดค่าคะแนนตามแต่ละประเภทของปัจจัย เช่น ขอบเขตป่าตามกฎหมาย จำแนกออกเป็น 2 กลุ่ม คือ พื้นที่ป่า ให้ค่าคะแนนเท่ากับศูนย์ และไม่ใช่พื้นที่ป่าให้ค่าคะแนนเท่ากับหนึ่ง เป็นต้น (ตารางที่ 1 สดมภ์ที่ 4)

3.5 นำค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัยและค่าคะแนนของประเภทข้อมูลมาคูณกัน (Weighting X Rating) เพื่อกำหนดช่วงชั้นของผลลัพธ์และจำแนกพื้นที่ที่มีศักยภาพในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยแบ่งระดับเป็น 3 ระดับ คือ พื้นที่ที่มีศักยภาพในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำสูง ปานกลาง และต่ำ โดยใช้ข้อมูลในลักษณะกริด (Grid or Raster) เพื่อซ้อนทับ (Overlay) และกำหนดให้แต่ละกริดมีขนาด 40 X 40 เมตร (1ไร่) เป็น Minimum mapping unit และใช้การวิเคราะห์แบบหลากหลายปัจจัย (Multi-Criteria Decision Analysis: MCDA) โดยใช้การให้ค่าน้ำหนักปัจจัยคูณกับค่าคะแนนของปัจจัยอย่างง่าย (SAW : Simple Average Weighting) โดยอ้างอิงเทคนิคจาก วิธีการให้ค่าคะแนน (Scoring Methods) ของ Malczewski [13].

$$A_i = \sum_j w_j X_{ij} \quad (1)$$

A_i = คะแนนสำหรับแต่ละทางเลือก (Alternatives i)

X_{ij} = คะแนนของทางเลือก i ที่พิจารณาปัจจัย (Attribute) j

W_i = ค่าน้ำหนักที่ทำค่ามาตรฐาน(Normalized) แล้ว โดย $\sum W_i = 1$

3.6 นำผลจากแบ่งระดับ พื้นที่ที่มีศักยภาพในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำสูง ปานกลาง และต่ำ มาตรวจสอบขนาดพื้นที่แบบกลุ่มก้อน (Compactness) เนื่องจากการสร้างปอเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ นอกจากตัวปอแล้ว ยังมีสิ่งที่เป็นที่ในการจัดการและดูแลรักษาปอเพาะเลี้ยงในพื้นที่ด้วยต่างๆ รวมไปถึงสิ่งอำนวยความสะดวกแก่เกษตรกรในการดูแลรักษาที่จำเป็นต้องมีพื้นที่ต่อเนื่องกัน (ผืน) โดยจัดแบ่งตามขนาดพื้นที่ดังนี้ น้อยกว่า 10 ไร่, 10-30 ไร่ และมากกว่า 30 ไร่ (ตามคำแนะนำผู้เชี่ยวชาญ)

3.7 ประเมินความถูกต้องของพื้นที่ที่มีศักยภาพในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจากการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับสถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่มีในพื้นที่อยู่ด้วยเครื่อง GPS

ในการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัย (Weighting) ตามหัวข้อที่ 2.3 แบ่งออกเป็น 5 กลุ่มตามลำดับความสำคัญดังนี้ กลุ่มปัจจัยที่มีความสำคัญมากที่สุดคือ ปัจจัยแหล่งน้ำและเส้นทางน้ำ ให้ค่าน้ำหนักเท่ากับ 5 เนื่องจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ น้ำถือเป็นสิ่งที่มีความสำคัญมากที่สุด กลุ่มที่สอง คือ ปัจจัยลักษณะเนื้อดิน ให้ค่า

น้ำหนักเท่ากับ 4 เพราะลักษณะโครงสร้างของดินแบบต่างๆ จะมีคุณสมบัติในการกักเก็บน้ำ รวมไปถึงคุณสมบัติของดิน ได้แก่ ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) รวมถึงแร่ธาตุต่างๆ ในดินจะมีการถ่ายเทไปสู่ น้ำที่เราใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้ กลุ่มที่สาม คือ ปัจจัยความลาดชัน ให้ค่าน้ำหนักเท่ากับ 3 เพราะความลาดชันมากจะส่งผลต่อการงบประมาณในการก่อสร้างบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำให้สูงขึ้น เนื่องจากในการก่อสร้างบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำต้องสิ้นเปลืองงบประมาณไปกับการปรับพื้นที่ให้เหมาะสมกับการขุดบ่อ กลุ่มที่สี่ ได้แก่ ปัจจัยทางประเภทการใช้ที่ดิน ปัจจัยระยะห่างจากถนน และปัจจัยระยะห่างจากชุมชน ให้ค่าน้ำหนักเท่ากับ 3 ทั้งสามปัจจัยมีความสำคัญน้อยกว่าปัจจัยในกลุ่มข้างต้นเมื่อพิจารณาถึงความจำเป็นก่อนหลังในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และกลุ่มสุดท้ายกลุ่มที่ทำ ปัจจัยความสูง และปัจจัยขนาดพื้นที่ที่เหมาะสม เนื่องจากความสูงและขนาดพื้นที่ที่แตกต่างกันไม่มากในพื้นที่ ขณะที่ปัจจัยขอบเขตป่าไม้ตามกฎหมายนั้น ให้ค่าน้ำหนักเท่ากับ 1 เช่นกัน เพื่อกันพื้นที่ป่าตามกฎหมายออกเพื่อตัดปัญหาการ บุกรุกพื้นที่ป่าในอนาคต

การกำหนดค่าคะแนนของประเภทข้อมูลของแต่ละปัจจัยตามหัวข้อ 3.4 มีการให้ค่าคะแนนที่แตกต่างกันตามรายละเอียดที่ต่างกันดังนี้

1) ขอบเขตป่าตามกฎหมาย (Forest Laws) จำแนกออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มแรกเป็นพื้นที่ป่า ได้แก่ ป่าสงวนแห่งชาติ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า และอุทยานแห่งชาติ และกลุ่มที่สองคือ ไม่ใช่ป่าตามกฎหมาย (รูปที่ 2)

2) ประเภทการใช้ที่ดิน (Land Use and Land Cover Classification) ใช้ข้อมูลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ. 2552 ในระดับที่ 1 และปรับใหม่คือ พื้นที่เกษตรกรรม (ยุบรวมพื้นที่อื่นๆ เข้าในกลุ่มนี้) พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่แหล่งน้ำ และพื้นที่อยู่อาศัย โดยพื้นที่แหล่งน้ำจะให้คะแนนสูงเพราะพื้นที่ที่ทำการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจำเป็นในการเปลี่ยนถ่ายน้ำ มีน้ำไหล สภาพคุณภาพน้ำในบ่อจะดี ปลาจะเจริญเติบโตได้ดีตามไปด้วย จะให้คะแนน 3 ส่วนกลุ่มถัดมาคือ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่เพาะเลี้ยงปลาส่วนใหญ่ในพื้นที่จากการสำรวจจะเป็นบ่อขุดจากพื้นที่เกษตรกรรมเดิม ให้คะแนน 2 ขณะที่พื้นที่ชุมชนไม่นิยมทำการเพาะเลี้ยงเพราะจะเกิดปัญหาน้ำเน่าเสียและการลักขโมย รวมทั้งบางกรณีน้ำในบ่อส่งกลิ่นรบกวนและจะเกิดการร้องเรียนจึงไม่นิยมทำในเขตชุมชนที่อยู่อาศัย จะให้คะแนน 1 สุดท้ายคือพื้นที่ป่าปลูกให้คะแนน 0 (ศูนย์) เนื่องจาก ผิดกฎหมายป่าไม้และป้องกันการบุกรุกเพิ่มเติมในอนาคต (รูปที่ 3)

3) แหล่งน้ำ (Water Body) พิจารณาระยะห่างจากแหล่งน้ำและการไหลของน้ำ กรณีแรกพิจารณาระยะห่างจากเส้นทางน้ำหรือแหล่งน้ำตามแผนที่ภูมิประเทศ และเพิ่มเติมข้อมูลแหล่งน้ำจากข้อมูลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2552 จากกรมพัฒนาที่ดิน โดยกำหนดเกณฑ์ดังนี้ ห่างไม่เกิน 100 เมตร ให้คะแนน 0, ห่างระหว่าง 100-400 เมตรให้ค่าคะแนน 3, ห่างระหว่าง 400-700 เมตรให้ค่าคะแนน 2 และห่างมากกว่า 700 เมตรให้ค่าคะแนน 1 และกรณีที่สอง การจำแนกจะแบ่งตามข้อมูลเส้นทางน้ำที่ระบุเส้นทางน้ำออกเป็น 2 ประเภท คือ เส้นทางน้ำที่มีน้ำไหลตลอดปีและไหลไม่ตลอดปี กำหนดระยะห่างจากเส้นทางน้ำไหลตลอดปีและให้คะแนนเพิ่มเติมตามเกณฑ์เดียวกับกรณีที่ผ่านมา ห่างไม่เกิน 100 เมตร ให้คะแนน 0, ห่างระหว่าง 100-400 เมตรให้ค่าคะแนน 3, ห่างระหว่าง 400-700 เมตรให้ค่าคะแนน 2 และห่างมากกว่า 700 เมตรให้ค่าคะแนน 1 โดยระยะทางที่ห่างออกไปไกลที่สุดให้คะแนนศูนย์เนื่องจาก มีความเสี่ยงในการเกิดน้ำท่วมที่ส่งผลต่อความสูญเสียของตัวบ่อโดยเฉพาะขอบบ่อพัง ที่นำความเสียหายมาต่อตัวสัตว์น้ำทั้งทางตรงและทางอ้อม (รูปที่ 4 และรูปที่ 5)

4) ความสูง (Altitude) พื้นที่หลังจากกันพื้นที่ป่าไม้ออกไปและพิจารณาเฉพาะพื้นที่ที่ห่างจากกว้านไปไม่เกิน 5 กิโลเมตร มีระดับความสูงแตกต่างกันไม่มากนักจัดกลุ่มออกเป็น 3 ระดับคือ ต่ำกว่า 200 เมตร, 200 - 500 เมตร และสูงกว่า 500 เมตร โดยความสูงที่มากขึ้นอากาศจะเย็นลงส่งผลต่อการเจริญเติบโตที่ช้าลง (รูปที่ 6)

5) ความลาดชัน (Slope) สร้างจากข้อมูลแบบจำลองเชิงเลข (Digital Elevation Model) กำหนดเกณฑ์โดยอ้างอิงกับมาตรฐานการจัดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ ออกเป็น 0-15 % ให้ค่าคะแนน 3 ส่วนความลาดชัน 15-35 % ให้ค่าคะแนน 2 และความลาดชันมากกว่า 35 % ให้ค่าคะแนน 1 ทั้งนี้อ้างอิงตามความเหมาะสมทางพื้นที่และพื้นที่ที่มีความลาดชันมากจะทำให้การดำเนินการสร้างบ่อมีค่าใช้จ่ายสูงและไม่สะดวกในการเข้าถึง ลักษณะบ่อที่ดี ควรมีความลาดชันเล็กน้อยเพื่อสะดวกในการเปลี่ยนถ่ายน้ำตามหลักแรงโน้มถ่วงจากธรรมชาติ และสะดวกในการขนส่งปลาไปยังตลาดหรือพ่อค้าที่เข้ามาซื้อ (รูปที่ 7)

6) ลักษณะเนื้อดิน (Soil Texture) พิจารณาการอุ้มน้ำของพื้นผิวเป็นหลัก เนื่องจากบ่อชุดที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำดินที่สามารถมีการเก็บกักน้ำได้ดี ไม่สูญเสีย (ซึม) น้ำได้ง่าย ดินเหนียวมีอนุภาคเล็กมากที่สุด รองลงมาได้แก่ดินเหนียวปนทราย ร่วนปนเหนียว ดินร่วนปนตะกอนทรายแป้ง ดินร่วน ดินร่วนปนตะกอนทราย ดินที่มีเศษหินปน ดินทราย โดยดินที่มีหินปะปนมากจะส่งผลต่อการสูญเสียน้ำได้รวดเร็ว และการปนเปื้อนของธาตุเหล็กจากหินลูกรังที่พบในพื้นที่อาจจะปะปนกับน้ำที่เลี้ยงสัตว์น้ำ อันจะส่งผลต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำในบ่อ รวมไปถึงการเปลี่ยนแปลงในการลงทุนชุดบ่อที่มีพื้นหินจะต้องใช้การลงทุนสูง (รูปที่ 8)

7) ระยะห่างจากถนน (Road Buffer) ได้จากข้อมูลในแผนที่ภูมิประเทศ มาทำการวาดเส้นให้อยู่ในรูปแบบเวกเตอร์ (Vector) และทำการกำหนดพื้นที่กันชน โดยกำหนดเกณฑ์ดังนี้ ห่างจากถนนน้อยกว่า 300 เมตร ให้คะแนน 0 , ห่างจากถนนระหว่าง 300-600 เมตรให้ค่าคะแนน 3 ,ห่างจากถนนระหว่าง 600-900 เมตรให้ค่าคะแนน 2 และห่างจากถนนมากกว่า 900 เมตรให้ค่าคะแนน 1 พื้นที่ที่อยู่ใกล้ถนนมากเกินไป จะเสี่ยงต่อการลักขโมยสัตว์น้ำได้ง่าย และเสี่ยงจากชุมชนและยานพาหนะจะทำให้ปลาตกใจและเกิดความเครียด ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของปลาและอัตราการรอดตายของของสัตว์น้ำต่ำ จึงกำหนดพื้นที่ห่างจากถนนน้อยกว่า 300 เมตร ให้มีค่าคะแนนเป็นศูนย์ ส่วนระยะทางที่ห่างไป พิจารณาในการเข้าถึงของผู้เลี้ยงและการขนส่ง เป็นหลัก (รูปที่ 9)

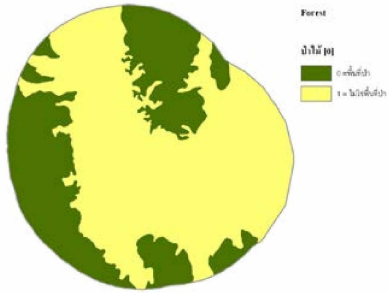
8) ระยะห่างจากชุมชน (Community Buffer) ใช้ขอบเขตชุมชน (Community Area) จากข้อมูลการจำแนกการใช้ประโยชน์ดินมาทำการกำหนดระยะห่างจากชุมชน ในการกำหนดระยะทางพิจารณาถึงความปลอดภัยจากการลักขโมย และปัญหามลภาวะที่เกิดขึ้นจากชุมชนที่อาจส่งผลกระทบต่อสัตว์น้ำ ทั้งมลภาวะทางเสียง สิ่งปฏิกูลต่างๆ และการเข้าถึงพื้นที่ที่ไม่ไกลจนเกินไปจากชุมชนสู่แหล่งผลิตทำให้ดูแลได้สะดวกและทั่วถึง ดังนั้นระยะห่างจึงใช้เกณฑ์ระยะทางจากถนนในการกำหนดเกณฑ์ ดังนี้ ห่างจากชุมชนน้อยกว่า 300 เมตร ให้คะแนน 0, ห่างจากชุมชนระหว่าง 300-600 เมตรให้ค่าคะแนน 3, ห่างจากชุมชนระหว่าง 600-900 เมตรให้ค่าคะแนน 2 และห่างจากชุมชนมากกว่า 900 เมตรให้ค่าคะแนน 1 (รูปที่ 9)

ตารางที่ 1 ปัจจัยและการให้ค่าคะแนนและค่าน้ำหนัก

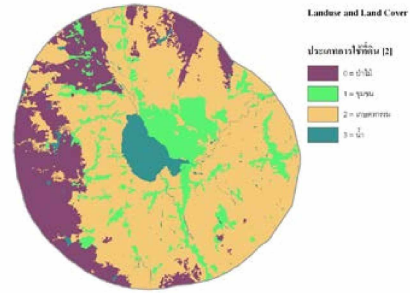
ปัจจัย	การจำแนก	ค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัย (Weighting)	ค่าคะแนนของประเภท ข้อมูล (Rating)
1.ขอบเขตป่าตามกฎหมาย			
	พื้นที่ป่า	1	0
	ไม่ใช่พื้นที่ป่า		1
2.ประเภทการใช้ที่ดิน			
	1. น้ำ		3
	2. เกษตรกรรม	2	2
	3. ชุมชน		1
	4. ป่าไม้		0
3.1แหล่งน้ำ และเส้นทางน้ำ			
	1. น้อยกว่า 100 เมตร		0
	2. 100 – 400 เมตร	5	3
	3. 400 – 700 เมตร		2
	4. มากกว่า 700 เมตร		1
3.2. เส้นทางน้ำไหลตลอดปี			
	1. น้อยกว่า 100 เมตร		0
	2. 100 – 400 เมตร	5	3
	3. 400 – 700 เมตร		2
	4. มากกว่า 700 เมตร		1
4.ความสูง			
	1. ต่ำกว่า 200 เมตร		3
	2. 200 – 500 เมตร	1	2
	3. มากกว่า 500 เมตร		1
5.ความลาดชัน			
	1. น้อยกว่า 15%		3
	2. 15 – 35%	3	2
	3. มากกว่า 35%		1

ตารางที่ 1 ปัจจัยและการให้ค่าคะแนนและค่าน้ำหนัก (ต่อ)

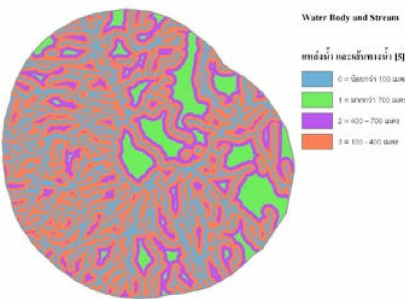
ปัจจัย	การจำแนก	ค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัย (Weighting)	ค่าคะแนนของประเภท ข้อมูล (Rating)
6.ลักษณะเนื้อดิน			
	1. ดินเหนียว		
	2. ดินเหนียวปนทรายร่วน		7
	ปนเหนียว		6
	3. ดินร่วนปนตะกอนทราย		5
	แป้ง	4	4
	4. ดินร่วน		3
	5. ดินร่วนปนตะกอนทราย		2
	6. ดินที่มีเศษหินปน		1
	7. ดินทราย		0
	8. แหล่งน้ำ ชุมชน ฯลฯ		
7.ระยะห่างจากถนน			
	1. น้อยกว่า 300 เมตร		0
	2. 300 – 600 เมตร	2	3
	3. 600 – 900 เมตร		2
	4. มากกว่า 900 เมตร		1
8.ระยะห่างจากชุมชน			
	1. น้อยกว่า 300 เมตร		0
	2. 300 – 600 เมตร	2	3
	3. 600 – 900 เมตร		2
	4. มากกว่า 900 เมตร		1



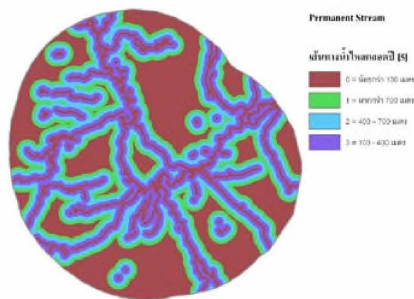
รูปที่ 2 แผนที่ขอบเขตป่าตามกฎหมาย



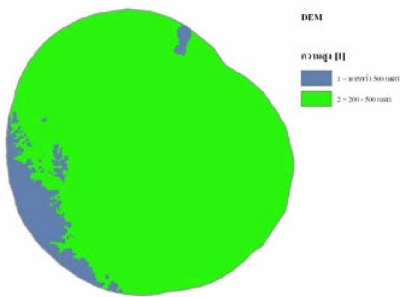
รูปที่ 3 แผนที่ประเภทการใช้ที่ดิน



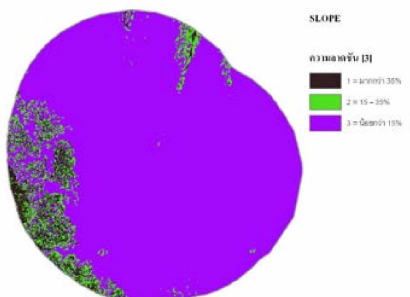
รูปที่ 4 แผนที่แหล่งน้ำและเส้นทางน้ำ



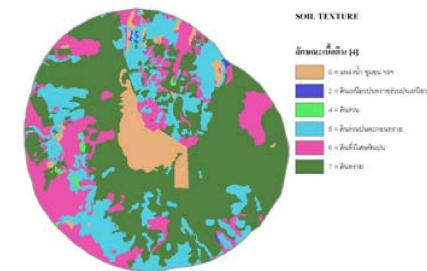
รูปที่ 5 แผนที่เส้นทางน้ำไหลตลอดปี



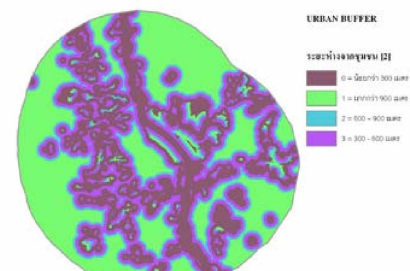
รูปที่ 6 แผนที่ความสูง (เมตร)



รูปที่ 7 แผนที่ความลาดชัน



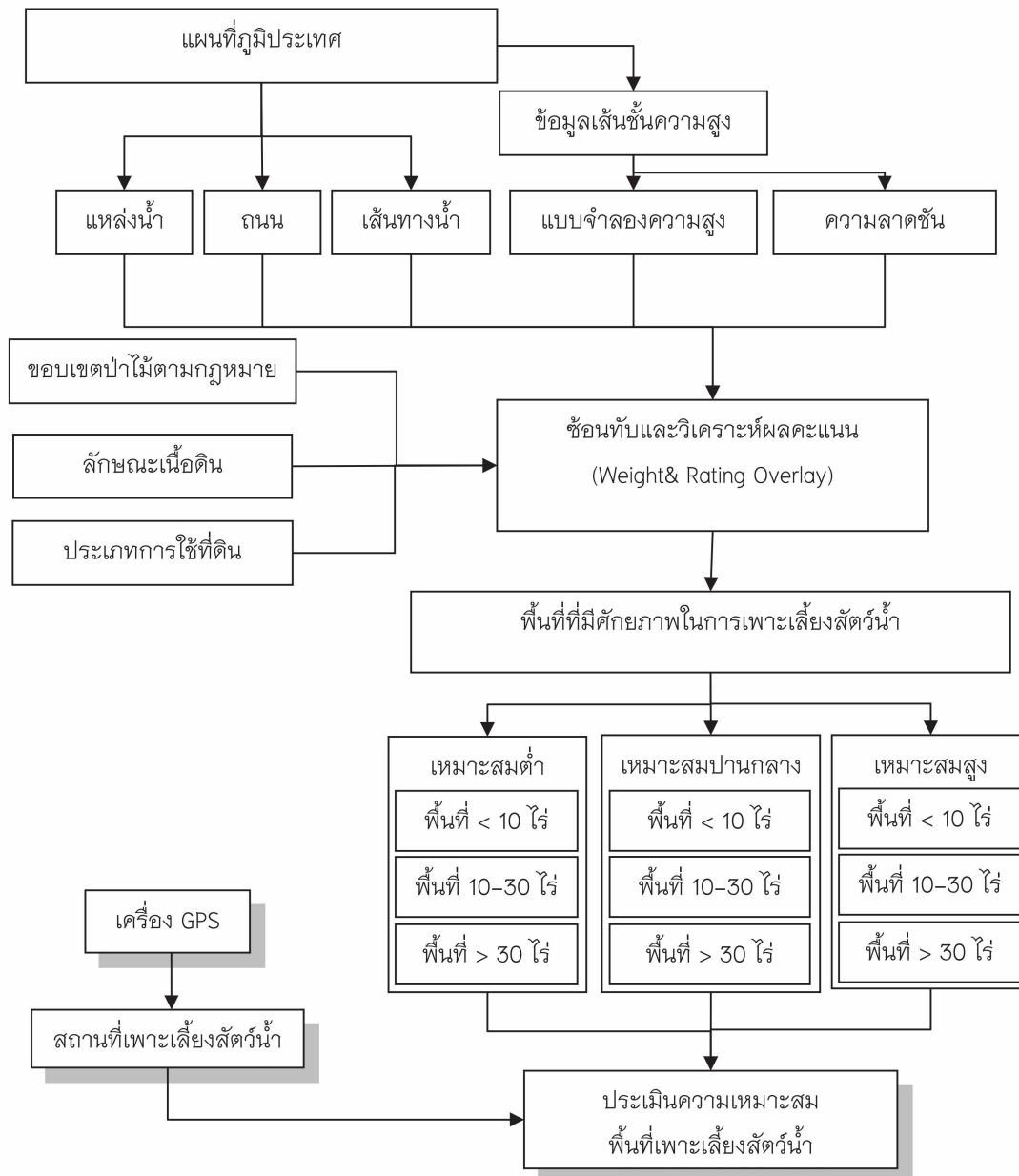
รูปที่ 8 แผนที่ลักษณะเนื้อดินจำแนกตามชุดดิน



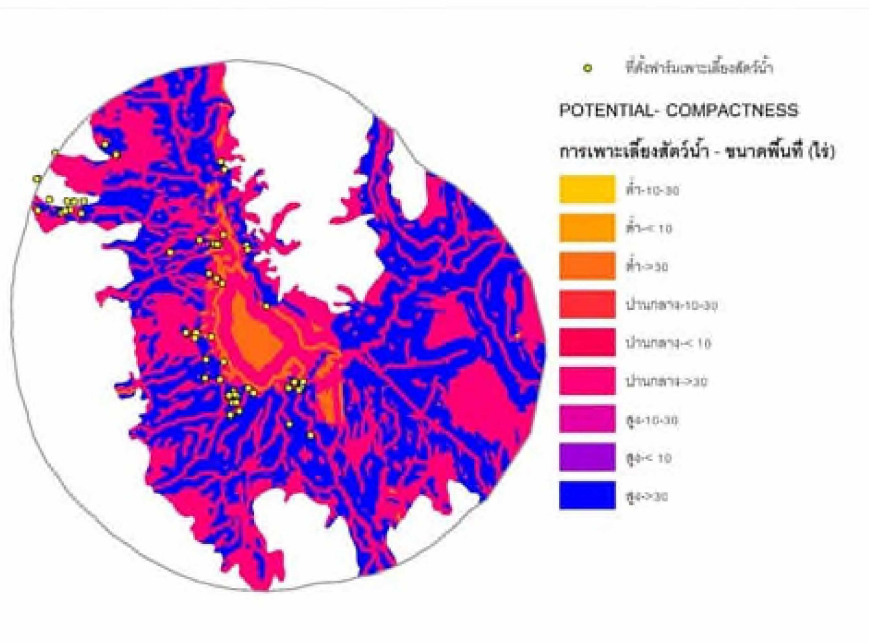
รูปที่ 9 แผนที่ระยะห่างจากถนนและชุมชน

4. ผลการศึกษา

ผลจากการคุณค่าคะแนนของประเภทข้อมูล (Rating) กับและค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัย (Weighting) ด้วยเทคนิค SAW นำค่าข้อมูลผลรวม (4-88) มาจัดกลุ่มใหม่ออกเป็น 3 ช่วงชั้นเท่าๆ กันคือ พื้นที่ที่มีศักยภาพในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำต่ำ (4 – 32) พื้นที่ที่มีศักยภาพในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำปานกลาง (32-60) และ พื้นที่ที่มีศักยภาพในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำสูง (60-88) ต่อจากนั้นทำการตรวจสอบขนาดพื้นที่แบบกลุ่มก้อน (Compactness) ที่จะทำการสร้างบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและสิ่งที่เป็นที่ในการจัดการและดูแลรักษาบ่อเพาะเลี้ยงในพื้นที่ต่างๆ รวมไปถึงสิ่งอำนวยความสะดวกแก่เกษตรกรในการดูแลรักษา ด้านต่างๆ ซึ่งกำหนด และจัดแบ่งตามขนาดพื้นที่ดังนี้ น้อยกว่า 10 ไร่, 10-30 ไร่ และมากกว่า 30 ไร่ ของทั้งสามเกณฑ์คะแนน



ผลการวิเคราะห์พื้นที่ศักยภาพตามเกณฑ์ขนาดพื้นที่เป็นดังนี้ โดยพื้นที่ที่มีศักยภาพในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ต่ำมีแปลงที่มีขนาดพื้นที่น้อยกว่า 10 ไร่อยู่ 27 แปลง (ตารางที่ 2) ขนาดพื้นที่ 10 – 30 ไร่ มีจำนวนแปลง 6 แปลง และขนาดพื้นที่มากกว่า 30 ไร่อยู่ 20 แปลง รวมพื้นที่ศักยภาพต่ำมีทั้งหมด 53 แปลง ขณะที่พื้นที่ที่มีศักยภาพปานกลาง แปลงที่มีขนาดพื้นที่น้อยกว่า 10 ไร่อยู่ 164 แปลง ขนาดพื้นที่ 10 – 30 ไร่ มีจำนวนแปลง 28 แปลง และขนาดพื้นที่มากกว่า 30 ไร่อยู่ 84 แปลง รวมพื้นที่ศักยภาพต่ำมีทั้งหมด 276 แปลง โดยพื้นที่ที่กว่าครึ่งหนึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่มีศักยภาพ สูง รวม 401 แปลง แยกเป็นแปลงที่มีขนาดพื้นที่น้อยกว่า 10 ไร่อยู่ 248 แปลง ขนาดพื้นที่ 10 – 30 ไร่มีจำนวนแปลง 36 แปลง และขนาดพื้นที่มากกว่า 30 ไร่อยู่ 117 แปลง



รูปที่ 11 แผนที่ศักยภาพการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเทียบกับขนาดพื้นที่

ตารางที่ 2 พื้นที่ที่มีศักยภาพในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและจำนวนแปลงต่อขนาดพื้นที่

พื้นที่ที่มีศักยภาพ ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	จำนวนแปลง			รวม
	พื้นที่ < 10 ไร่	พื้นที่ 10 – 30 ไร่	พื้นที่ >30 ไร่	
ต่ำ	27	6	20	53
ปานกลาง	164	28	84	276
สูง	248	36	117	401
รวม	439	70	221	730

ตารางที่ 3 พื้นที่ที่มีศักยภาพฯ เปรียบเทียบกับฟาร์มประมงที่ทำการสำรวจ

พื้นที่ที่มีศักยภาพ ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	จำนวนฟาร์ม			
	พื้นที่ < 10 ไร่	พื้นที่ 10 – 30 ไร่	พื้นที่ > 30 ไร่	ร้อยละ
ต่ำ	–	–	4	6
ปานกลาง	–	–	37	56
สูง	–	–	25	38
รวม	0	0	66	100

เมื่อนำข้อมูลจุดพิกัดการเพาะเลี้ยงสัตว์ที่มีอยู่แล้วในพื้นที่มาซ้อนทับจะพบว่า ฟาร์มปลาที่มีอยู่ในพื้นที่ทั้งหมด 70 แห่ง เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับข้อมูลจากการวิเคราะห์พื้นที่ศักยภาพในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำพบว่า ฟาร์มปลาทั้งหมด 66 ฟาร์ม ตกอยู่ในพื้นที่ศักยภาพสูงจำนวน 25 ฟาร์ม หรือร้อยละ 38 ของฟาร์มที่ตกในพื้นที่ทั้งหมด ส่วนศักยภาพปานกลางมีอยู่จำนวน 37 ฟาร์ม ร้อยละ 56 ของฟาร์มที่ตกในพื้นที่ทั้งหมด และศักยภาพต่ำ 4 ฟาร์มหรือร้อยละ 6 ของฟาร์มที่ตกในพื้นที่ทั้งหมด (ตารางที่ 3)

5. สรุป อภิปรายผลการศึกษา

ผลจากการศึกษาหาพื้นที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอย่างยั่งยืนในพื้นที่รอบกว๊านพะเยา จังหวัดพะเยา จากการพัฒนาโดยใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศออกมา 8 ปัจจัย 1) ประเภทการใช้ที่ดิน 2) แหล่งน้ำ 3) ความสูง 4) ความลาดชัน 5) ลักษณะเนื้อดิน 6) ระยะห่างจากถนน 7) ระยะห่างจากชุมชน และ 8) พื้นที่ป่าไม้ตามกฎหมาย โดยนำการวิเคราะห์แบบหลากหลายปัจจัย (MCDA) โดยใช้การให้ค่าคะแนนของประเภทข้อมูล (Rating) ของแต่ละปัจจัย (Factor) และค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัย (Weighting) แล้วนำมารวมกันด้วยวิธีการถ่วงน้ำหนักแบบง่าย (SAW) โดยการซ้อนทับจะได้ผลคะแนนรวมของทุกปัจจัยเพื่อวิเคราะห์และประเมินพื้นที่ที่มีศักยภาพในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำโดยใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ แล้วนำมาแบ่งช่วงเท่าๆ กันออกเป็น 3 ช่วง ตามศักยภาพการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ มาก ปานกลางและต่ำ ผลการวิเคราะห์ได้ผลลัพธ์คือพื้นที่ที่มีศักยภาพในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำต่ำมี 9,008 ไร่ หรือร้อยละ 4 ส่วนพื้นที่ที่มีศักยภาพในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำปานกลาง 107,945 ไร่ หรือร้อยละ 51 และพื้นที่ที่มีศักยภาพในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำสูง 94,215 ไร่ หรือร้อยละ 45 รวมทั้งรวม 211,168 ไร่ และเมื่อนำเอาพื้นที่ฟาร์มที่มีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอยู่ก่อนมาเปรียบเทียบกับศักยภาพที่ได้จากการวิเคราะห์พบว่า พื้นที่ฟาร์มเพาะเลี้ยงเกือบทั้งหมด (อยู่นอกเขตพื้นที่ศักยภาพ 2 แห่งจากทั้งหมด 70 แห่ง) อยู่ในเขตศักยภาพและมีขนาดพื้นที่มากกว่า 30 ไร่ โดยครึ่งหนึ่งของฟาร์มเพาะเลี้ยงพบในพื้นที่ที่มีศักยภาพเหมาะสมปานกลาง ขณะที่ร้อยละ 38 อยู่ในพื้นที่ศักยภาพสูงที่เหลืออยู่ในเขตศักยภาพเพียงต่ำร้อยละ 6 จากผลการเปรียบเทียบชี้ให้เห็นว่าการประเมินข้างต้นสามารถนำไปใช้ในการวางแผนสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในอนาคตที่อาจจะทำการกำหนดโซนนิ่ง (Zoning) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต ลดต้นทุน เพิ่มรายได้ โดยนำเอาผลการวิเคราะห์นี้มาเป็นพื้นฐานโดยเอื้อในด้านการลดภาษีหรือเพิ่มรายได้จากรูปของการให้ราคาที่ดินที่ต่ำกว่าตามศักยภาพของพื้นที่ หรือมีการประกันราคาในพื้นที่ที่มีศักยภาพเพื่อก่อให้เกิดแรงจูงใจทางการผลิตมากขึ้นและลดพื้นที่ที่มีศักยภาพต่ำไปปรับใช้ในกิจกรรมที่เหมาะสมต่อไป

ในส่วนของการอภิปรายผลการศึกษาพบว่ามีการใช้ปัจจัยต่างๆ คล้ายคลึงกันในหลายๆ งานวิจัย รวม 2 ด้านหลัก คือ ปัจจัยทางชีวกายภาพ และปัจจัยทางด้านสังคม เช่น Banafi e al. [6] ใช้ปัจจัยในเรื่อง ระยะห่างจากถนน, ความสูง, ความลาดเท, ทิศทางความลาดเท, อุณหภูมิ, อุทกศาสตร์, การระเหย, หิน ,ดิน, และการใช้ประโยชน์ที่ดิน

พื้นที่กันออก และแหล่งน้ำ ช่วยในการแยกแยะได้พอสมควร ส่วนงานของ Radiarta et al. [7] ใช้ภาพถ่ายเทียม SeaWiFS MODIS และ ALOS มาช่วยในการหาพื้นที่เหมาะสมเลี้ยงปลาในทะเล ปัจจัยกลุ่มแรกทางด้านชีวกายภาพ ได้แก่ อุณหภูมิ น้ำทะเล คลอโรฟิลล์ ตะกอนแขวนลอยและความลึกน้ำทะเล กลุ่มที่สองคือโครงสร้างพื้นฐานและสังคม ได้แก่ ระยะห่างจากเมือง ท่าเรือ และสิ่งอำนวยความสะดวกพื้นที่ ขณะที่ สมฤดี ศิริรัตน์ [3] เป็นการเพาะเลี้ยงปลาในกระชังที่จังหวัดพะเยาใช้เกณฑ์ทางด้านกายภาพและปัจจัยทางการสนับสนุนการผลิตมาช่วยในการวิเคราะห์พื้นที่ เช่น พื้นที่กันออก (พื้นที่อนุรักษ์สัตว์น้ำ, เขตอุทยาน) ความลึกของกว้างพะเยา แหล่งเพาะพันธุ์ปลา แหล่งจำหน่ายอาหาร แหล่งสนับสนุนการบริการ (สหกรณ์ การรวมกลุ่ม สำนักงานสนับสนุนการประมง) ส่วนงานของ Pérez et al. [2] ใช้ปัจจัยแบบจำลองความสูงเชิงเลขเพื่อกำหนดความลาดเท ทิศทางความลาดเท ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ทุติยภูมิ และปริมาณน้ำฝน เพื่อกำหนดปริมาณตะกอนจากแบบจำลอง MUSLE (สมการปรับแก้การสูญเสียดินสากล) และข้อมูลอุณหภูมิจากดาวเทียม AVHRR และความลึก ร่วมกับข้อมูลการจัดการสิ่งแวดล้อมที่พิจารณา ข้อมูลประชากร การจัดการพื้นที่และความลึก และ ฌพวรรณ หนูไวย [5] กำหนดชั้นข้อมูล 3 ประเภทหลักๆ คือ พื้นที่กันออก พื้นที่ปัจจัยการผลิต และภูมิกายภาพ ในส่วนของพื้นที่กันออก กำหนดโดย แหล่งกำเนิดมลพิษ (โรงงานอุตสาหกรรม และฟาร์มปศุสัตว์) หวงห้ามตามกฎหมาย (สิ่งปลูกสร้างทางชลศาสตร์และสถานที่ราชการ เขตอุทยาน) พื้นที่อนุรักษ์สัตว์น้ำ ขณะที่พื้นที่ปัจจัยการผลิต กำหนดโดย ศูนย์อนุบาลลูกปลานิล ศูนย์จำหน่ายอาหารสัตว์น้ำ ศูนย์สนับสนุนกิจกรรม (สหกรณ์ การรวมกลุ่มเกษตรกร) และสำนักงานสนับสนุนการประมง ส่วนพื้นที่ภูมิกายภาพ ประกอบด้วยความลึกต่ำสุดของแม่น้ำอิงและอุณหภูมิสูงสุด จากงานวิจัยข้างต้นจะพบว่าใช้เกณฑ์ทางด้านกายภาพเป็นหลัก ประกอบกับปัจจัยทางการเข้าถึงของสิ่งอำนวยความสะดวกหรือพื้นที่กันพื้นที่บางอย่างออก (พื้นที่ชุมชนและพื้นที่ป่าไม้ เป็นต้น) โดยผลการวิเคราะห์จะขึ้นกับวิธีการให้ค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละปัจจัยที่มาจากให้ค่าจากผู้เชี่ยวชาญ หรือการใช้สมการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) หรือใช้การวิเคราะห์การตัดสินใจเชิงลำดับชั้น (Analysis Hierarchy Process) โดยผลลัพธ์ของการวิเคราะห์พื้นที่เหมาะสมมีการแบ่งกลุ่มเป็น พื้นที่เหมาะสม 3- 5 ระดับ และมีการตรวจสอบความถูกต้องโดยการเทียบเคียงกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในพื้นที่มายืนยันความถูกต้อง

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้จากความอนุเคราะห์จากงบประมาณแผ่นดินของมหาวิทยาลัยพะเยา นอกจากนี้ผู้วิจัยยังขอขอบคุณ ดร.วิพรพรรณ เมืองเม็ก คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ หัวหน้าชุดโครงการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์ทรัพยากรประมงในกว้างพะเยาอย่างยั่งยืน ที่ให้โอกาสเข้าร่วมโครงการดังกล่าว กองบริหารงานวิจัยและประกันคุณภาพการศึกษา มหาวิทยาลัยพะเยาที่ช่วยประสานงานและดูแลเรื่องงบประมาณ ผศ.ดร.สันธิวัฒน์ พิทักษ์พล ที่ให้คำแนะนำทางเอกสารวิชาการ คุณอำนาจ ไรจนอุดมพร ประมงอำเภอเมืองพะเยา นางสาวนุชรรัตน์ ยะชะระ ที่ช่วยการสำรวจภาคสนามและติดต่อประสานงานภาคสนาม รวมทั้งเกษตรกรที่ให้ความร่วมมือในการให้ข้อมูล และนิสิตสาขาวิชาภูมิสารสนเทศศาสตร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ที่ช่วยเก็บข้อมูลภาคสนาม จนทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมประมง. (2562). สถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2560. กรุงเทพฯ กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง กองนโยบายและยุทธศาสตร์พัฒนาการประมง กรมประมง.

- [2] Pérez, O. M., Ross, L. G., Telfer, T. C. and del Campo Barquin, L. M. (2003). Water quality requirements for marine fish cage site selection in Tenerife (Canary Islands): predictive modelling and analysis using GIS. *Aquaculture*, 224(1-4), 51-68.
- [3] สมฤดี ศิริรัตน์. (2551). การประยุกต์ใช้งานระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อหาพื้นที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลาในกระชังในพื้นที่กวนพะเยา. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยแม่โจ้).
- [4] วัลลภ ทิมดี และวิรงรอง ทิมดี. (2548). การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศในการจัดทำฐานข้อมูลฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเล กรณีศึกษา : จังหวัดฉะเชิงเทรา. กรุงเทพฯ ศูนย์สารสนเทศ กรมประมง.
- [5] ณพวรรณ ทนุโวหาร. (2548). การหาพื้นที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลานิลในกระชังในแม่น้ำปิง ในเขตจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยแม่โจ้).
- [6] Banafi, M., Kamali, A., Salman Mahiny AR., and Kiabi, B. (2008). Site selection for coldwater fish culture using GIS in Golestan province of Iran. *Iranian scientific fisheries journal*. 16(4), 35-44.
- [7] Radiarta, N., Saitoh, S-I., and Miyazono, A. (2008). GIS-based multi-criteria evaluation models for identifying suitable sites for Japanese scallop (*Mizuhopecten yessoensis*) aquaculture in Funka Bay, southwestern Hokkaido, Japan. *Aquaculture*. 281, 127-135.
- [8] Gimpel, A. et al., (2018). A GIS-based tool for an integrated assessment of spatial planning trade-offs with aquaculture. *Science of The Total Environment*. 627, 1644-1655.
- [9] Longdill, P. C., Healy, T. R. and Black, K.P., An integrated GIS approach for sustainable aquaculture management area site selection. *Ocean & Coastal Management*. 51(8-9), 612-624.
- [10] Gimpel, A. et al., (2015). A GIS modelling framework to evaluate marine spatial planning scenarios: Co-location of offshore wind farms and aquaculture in the German EEZ. 55, 102-115.
- [11] Nikolakaki, P. (2004). A GIS site-selection process for habitat creation: estimating connectivity of habitat patches. *Landscape and Urban Planning*. 68 (1) 77-94.
- [12] Solana, F. V., Araneda, M. W. and Ponce-Diaz, G. (2019). Opportunities for strengthening aquaculture industry through multicriteria decision-making. *Reviews in Aquaculture*. 11, 105-118.
- [13] Malczewski. J. (1999). GIS and multicriteria decision analysis. New York : J. Wiley & Sons.