

บทที่ 2

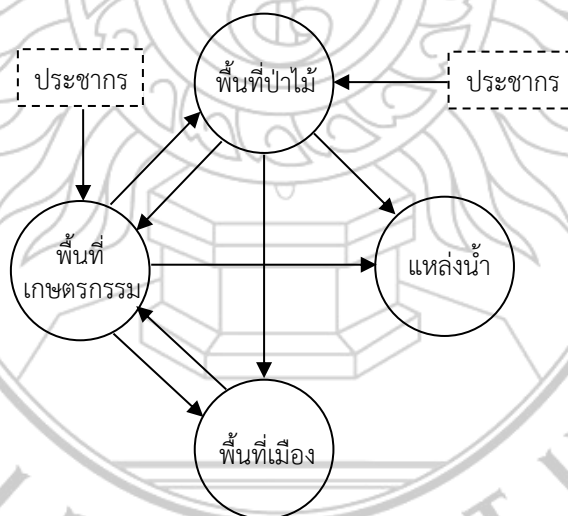
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย ซึ่งได้นำองค์ความรู้ดังกล่าวมากำหนดเป็นกรอบหรือฐานความคิดและแนวทางในการดำเนินการวิจัย ดังหัวข้อต่อไปนี้

2.1 แนวความคิดเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน

การใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use) หมายถึง การนำที่ดินมาใช้เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ในด้านต่าง ๆ เช่น เกษตรกรรม พาณิชยกรรม อุตสาหกรรม ที่อยู่อาศัย โดยเมื่อประชากรมนุษย์มีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ความต้องการใช้ประโยชน์จากที่ดินก็มากขึ้นตามลำดับ

รูปแบบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ต่าง ๆ มักเป็นการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ป่าไม้เป็นพื้นที่เกษตรกรรม เมือง หรือแหล่งน้ำ หรือจากพื้นที่เกษตรกรรมเป็นพื้นที่เมือง (ภาพที่ 2.1)



ภาพที่ 2.1 แบบจำลองวิวัฒนาการของการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ที่มา: ดร.ชนิ เอมพันธุ์, 2531

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินแทบไม่มีขอบเขตจำกัดแต่อย่างใดและยังอาจส่งผลต่อความสมดุลของระบบนิเวศ เช่น การบุกรุกพื้นที่ป่าไม้เพื่อปลูกพืชหรือเพื่อการตั้งถิ่นฐานเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้สัตว์ป่าลดจำนวนลง เนื่องจากบริเวณที่เป็นแหล่งที่อยู่อาศัย แหล่งอาหาร และแหล่งสืบพันธุ์ของสัตว์ป่าถูกรบกวนจนไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้

ปัจจุบันการศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินนิยมใช้การรับรู้จากระยะไกล (Remote Sensing: RS) เป็นเครื่องมือในการศึกษา ซึ่งการรับรู้จากระยะไกลเป็นระบบสำรวจเก็บข้อมูลเกี่ยวกับพื้นโลกด้วยเครื่องรับรู้ (Sensor) เช่น กล้องถ่ายรูป เครื่องกราดภาพ ซึ่งติดไปกับยานสำรวจ (Platform) เช่น เครื่องบิน ดาวเทียม โดยอาศัยลักษณะการสะท้อนหรือการแผ่พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าจากวัตถุต่าง ๆ จึงสามารถจำแนกวัตถุต่าง ๆ ออกจากกันได้

การจำแนกประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินสามารถทำได้โดยการแปลตีความและประมวลผลข้อมูลจากภาพจากดาวเทียมด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทางการรับรู้จากระยะไกล โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) การคัดเลือกภาพจากดาวเทียม

ขั้นตอนนี้เป็นการคัดเลือกภาพจากดาวเทียมที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์ที่เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ โดยจำเป็นต้องพิจารณาถึงระบบการบันทึกภาพ ความละเอียดของจุดภาพ ช่วงเวลาของการบันทึกภาพ รวมทั้งคุณภาพของภาพ เช่น เป็นภาพที่ไม่มีเมฆบังพื้นที่ศึกษา โทนสีของภาพต้องเหมือนกันทั้งหมด ในการจำแนกประเภทของพื้นที่ป่าไม้นิยมแปลตีความจากภาพจากดาวเทียมแลนด์แซท (Landsat) เช่น การศึกษาของวุฒิพงษ์ แสงมณี (2541) บุญเหมาะ มั่นจิต (2543) โบว์ บรรลือ (2553) โสภณวิชัย คำพิลัง (2555) ลือชัย ครุฑน้อย (2558) และวิภาพ แพงวังทอง (2561)

ดาวเทียมแลนด์แซทเป็นดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติของประเทศสหรัฐอเมริกาซึ่งได้รับการพัฒนาโดยความร่วมมือระหว่างองค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติ (National Aeronautics and Space Administration: NASA) และสำนักงานสำรวจธรณีวิทยาแห่งสหรัฐอเมริกา (United States Geological Survey: USGS) ปัจจุบันดาวเทียมที่ให้บริการ คือ ดาวเทียมแลนด์แซท 8 (Landsat 8) ซึ่งถูกส่งขึ้นสู่วงโคจรวันที่ 11 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2556 โดยโคจรสูงจากพื้นโลก 705 กิโลเมตร และจะโคจรซ้ำตำแหน่งเดิมทุก ๆ 16 วัน ภาพที่ได้มีทั้งหมด 11 แบนด์ โดยที่แต่ละแบนด์มีลักษณะช่วงคลื่นที่แตกต่างกัน คือ แบนด์ 1 ถึง แบนด์ 7 เป็นระบบหลายช่วงคลื่น (Multispectral) ความละเอียดของจุดภาพ 30 เมตร แบนด์ 8 เป็นระบบบันทึกข้อมูลช่วงคลื่นเดี่ยว (Panchromatic) ความละเอียดของจุดภาพ 15 เมตร ส่วนแบนด์ 10 และแบนด์ 11 เป็นช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน (Thermal Infrared) ความละเอียดของจุดภาพ 100 เมตร (ตารางที่ 2.1)

ตารางที่ 2.1 ความยาวช่วงคลื่นของภาพจากดาวเทียมแลนด์แซท 8

แบนด์	ประเภทช่วงคลื่น	ความยาวคลื่น (ไมครอน)	วัตถุประสงค์ของการใช้งาน
1	ละอองลอย (Coastal Aerosol)	0.43 – 0.45	ตรวจสอบลักษณะน้ำตามชายฝั่งและละอองลอย
2	สีน้ำเงิน (Blue)	0.45 – 0.51	แยกความแตกต่างของดินจากพืช
3	สีเขียว (Green)	0.53 – 0.59	แยกประเภทต้นไม้ชนิดผลัดใบและไม่ผลัดใบ
4	สีแดง (Red)	0.64 – 0.67	แสดงการสะท้อนพลังงานสีเขียวจากพืชที่เจริญเติบโตแล้ว
5	อินฟราเรดใกล้ (Near Infrared)	0.85 – 0.88	แสดงความแตกต่างของน้ำและส่วนที่ไม่ใช่น้ำ
6	อินฟราเรดคลื่นสั้น 1 (Short-wave Infrared 1)	1.57 – 1.65	แยกแยะองค์ประกอบความชื้นในดินและพืช
7	อินฟราเรดคลื่นสั้น 2 (Short-wave Infrared 2)	2.11 – 2.29	ตรวจสอบความชื้นในพืช แยกชนิดแร่ธาตุและสารอินทรีย์ในดิน
8	ระบบขาว-ดำ (Panchromatic)	0.50 – 0.68	แสดงแหล่งชุมชน สิ่งก่อสร้าง เส้นทางคมนาคม
9	เมฆชั้นสูง (Cirrus)	1.36 – 1.38	ตรวจจับเมฆและปรับปรุงภาพจากดาวเทียมบริเวณที่มีเมฆ
10	อินฟราเรดความร้อน 1 (Thermal Infrared Sensor 1)	10.60 – 11.19	แสดงความแตกต่างของความร้อนบริเวณที่ศึกษา
11	อินฟราเรดความร้อน 2 (Thermal Infrared Sensor 2)	11.50 – 12.51	แสดงความแตกต่างของความร้อนบริเวณที่ศึกษา

ที่มา: ดัดแปลงจาก NASA, 2015

2) การเตรียมภาพจากดาวเทียม

ขั้นตอนนี้เป็นกระบวนการประเมินคุณภาพของภาพจากดาวเทียมก่อนนำไปใช้ เนื่องจากข้อมูลดิบที่ได้จากการบันทึกของเครื่องรับรู้มักจะมีคุณภาพคลาดเคลื่อนปรากฏอยู่หลายรูปแบบ รวมถึงคุณภาพโดยรวมยังไม่ดีมากพอสำหรับการนำมาวิเคราะห์ผลตามต้องการ ภาพจากดาวเทียม ปรับปรุงข้อมูลภาพจากดาวเทียมให้สมบูรณ์ก่อนการประมวลผล ขั้นตอนต่าง ๆ ของการเตรียมภาพจากดาวเทียมมีรายละเอียดดังนี้

2.1) การปรับแก้คลื่นรังสี (Radiometric Correction)

เป็นการแก้ไขความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากกระบวนการบันทึกข้อมูลของระบบบันทึกข้อมูลที่ติดตั้งบนดาวเทียมหรืออาจเกิดขึ้นจากการแพร่กระจายหรือการสะท้อนพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าผ่านสภาพบรรยากาศที่ปกคลุมด้วยหมอก ควัน หรือจากมุมที่แสงอาทิตย์ตกกระทบ ซึ่งส่งผลให้ข้อมูลภาพจากดาวเทียมมีความไม่ชัดเจน พร่ามัว หรือมีลายเส้นปะปน การปรับแก้คลื่นรังสีนั้นจะถูกปรับแก้มาจากสถานีรับสัญญาณดาวเทียมภาคพื้นดินระดับหนึ่ง บางครั้งหากยังมีข้อบกพร่อง ผู้ผลิตข้อมูลภาพจากดาวเทียมจะมีโปรแกรมคอมพิวเตอร์เฉพาะสำหรับการปรับแก้คลื่นรังสี

2.2) การเน้นความคมชัดแบบเชิงเส้น (Linear Contrast Stretch)

เป็นการปรับแต่งความเข้มของข้อมูลภาพจากดาวเทียม เนื่องจากข้อมูลดิบส่วนใหญ่จะแสดงความเข้มของแสงอยู่ในพิสัยที่แคบกว่าขีดความสามารถในการแสดงผลของอุปกรณ์แสดงผลข้อมูล เช่น อุปกรณ์บันทึกข้อมูลภาพจากดาวเทียมบันทึกข้อมูลด้วยระบบ 8 บิต จะแสดงระดับสีได้ 256 ระดับ ในขณะที่จอภาพซึ่งแสดงผลด้วยระบบ 16 บิต สามารถแสดงระดับสีได้ 65,536 ระดับ ดังนั้นจึงต้องขยายพิสัยของค่าความเข้มข้อมูลดิบให้มีค่ามากยิ่งขึ้นเพื่อปรับปรุงความคมชัดในการมองเห็นของภาพ

2.3) การผสานความละเอียด (Resolution Merge หรือ Pan-sharpening)

เป็นการรวมข้อมูลภาพจากดาวเทียมระหว่างข้อมูลระบบหลายช่วงคลื่น (Multispectral) ซึ่งมีความละเอียดเชิงคลื่นสูง กับข้อมูลระบบช่วงคลื่นเดียว (Panchromatic) ที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่สูง เพื่อผลิตภาพจากดาวเทียมที่มีทั้งความละเอียดเชิงคลื่นและเชิงพื้นที่สูงมารวมไว้ในภาพเพียงภาพเดียว โดยจะส่งผลให้ข้อมูลภาพมีความคมชัดเพิ่มมากขึ้นทำให้สังเกตเห็นขอบเขตของวัตถุต่างชนิดกันได้ชัดเจนมากขึ้น และสามารถนำมาใช้ในการตีความและจำแนกวัตถุได้ง่ายขึ้น

2.4) การสร้างภาพสีผสมจากข้อมูลดาวเทียม (Image Color Composite)

เป็นการเปลี่ยนรูปแบบการแสดงผลข้อมูลภาพจากดาวเทียมจากภาพขาวดำให้เป็นภาพสีเพื่อช่วยเน้นรายละเอียดของสิ่งที่สนใจให้สามารถจำแนกหรือมีสีแตกต่างจากวัตถุอื่น โดยการนำข้อมูลดาวเทียมจำนวน 3 แบนด์มาซ้อนทับกัน และแทนด้วยแม่สีบวก 3 สีหลัก คือ สีแดง (R) เขียว (G) และน้ำเงิน (B) ซึ่งสามารถแบ่งประเภทของภาพสีผสม ดังนี้

- ภาพสีผสมธรรมชาติ (Natural Color Composite) เป็นภาพที่แสดงผลข้อมูลในแบนด์จริงของแต่ละช่วงคลื่นตามแม่สีบวก ตัวอย่างเช่น กำหนดสีแดงให้กับข้อมูลดาวเทียมแบนด์ที่ 4 กำหนดสีเขียวให้กับข้อมูลแบนด์ที่ 3 และกำหนดข้อมูลสีน้ำเงินให้กับข้อมูลแบนด์ที่ 2 ของข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซท 8 ($[R, G, B] = [4, 3, 2]$) ภาพที่ได้จะปรากฏให้เห็นเป็นภาพสีผสมคล้ายกับที่ตาของมนุษย์มองเห็น เช่น พื้นที่เกษตรกรรมแสดงเป็นสีเขียว หรือแหล่งน้ำแสดงเป็นสีน้ำเงินเข้มหรือสีดำ

- ภาพสีผสมเท็จ (False Color Composite) เป็นการกำหนดแม่สีทั้งสามสี ได้แก่ แดง เขียว และน้ำเงิน ให้เป็นตัวแทนผลข้อมูลในแบนด์ของตัวเองหรือของแบนด์อื่น ตัวอย่างเช่น กำหนดสีแดงให้กับข้อมูลดาวเทียมแบนด์ที่ 5 (ช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้) กำหนดสีเขียวให้กับข้อมูลแบนด์ที่ 4 (ช่วงคลื่นสีแดง) กำหนดสีน้ำเงินให้กับข้อมูลแบนด์ที่ 3 (ช่วงคลื่นสีเขียว) ของข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซท 8 ($[R, G, B] = [5, 4, 3]$) จะทำให้ได้ภาพสีที่มีลักษณะแตกต่างไปจากที่ตาของมนุษย์มองเห็นตามปกติ โดยพืชจะปรากฏเป็นสีแดงถึงม่วงแดงซึ่งทำให้สามารถแยกกลุ่มประเภทของพืชได้ง่ายกว่าภาพสีผสมธรรมชาติที่แสดงพืชด้วยสีเขียว

3) การประมวลผลภาพ

ขั้นตอนนี้เป็นกรจำแนกประเภทข้อมูลบนภาพจากดาวเทียมเพื่อคัดแยกกลุ่มของข้อมูลที่มีคุณสมบัติทางแสงที่เหมือนกันหรือใกล้เคียงกันให้เป็นกลุ่มข้อมูลประเภท (Class) เดียวกัน และคัดแยกกลุ่มข้อมูลที่มีคุณสมบัติทางแสงต่างกันให้ออกจากกัน สามารถแบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ

3.1) การจำแนกประเภทข้อมูลภาพแบบควบคุม (Supervised Classification)

เป็นการจำแนกประเภทข้อมูลที่ใช้ผู้ใช้งานเป็นผู้กำหนดลักษณะของประเภทข้อมูลเอง และเป็นผู้เลือกตัวอย่างประเภทข้อมูลหรือพื้นที่ตัวอย่าง (Training Area) เพื่อเป็นตัวแทนให้แก่โปรแกรมคอมพิวเตอร์ใช้ในการจำแนกประเภทข้อมูลของพื้นที่ทั้งหมด ข้อมูลพื้นที่ตัวอย่างที่ผู้ใช้งานเป็นผู้กำหนดนั้นได้มาจากการแปลตีความภาพจากดาวเทียมด้วยสายตา (Visual Interpretation) โดยอาศัยประสบการณ์ ความเข้าใจ และความรู้ที่มีอยู่ ตลอดจนกระบวนการต่าง ๆ ได้แก่ การสำรวจภาคสนาม การใช้ข้อมูลอ้างอิงต่าง ๆ เช่น แผนที่ ฐานข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ในการกำหนดพื้นที่ตัวอย่างนั้นควรเลือกแปลงพื้นที่ตัวอย่างให้กระจายทั่วพื้นที่ศึกษา และควรเลือกจำนวนจุดภาพต่อประเภทให้มีจำนวนมากกว่า 30 จุดภาพขึ้นไป เพื่อให้มีตัวแทนทางสถิติที่มีลักษณะเป็นการกระจายแบบปกติ

3.2) การจำแนกประเภทข้อมูลภาพแบบไม่ควบคุม (Unsupervised Classification)

เป็นวิธีการจำแนกประเภทข้อมูลที่ใช้ผู้ใช้งานไม่ต้องกำหนดพื้นที่ตัวอย่างของข้อมูลแต่ละประเภท โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะทำการจำแนกประเภทข้อมูลโดยอัตโนมัติด้วยการจัดกลุ่มเชิงสถิติ (Statistical Grouping หรือ Clustering) ที่ใช้คุณสมบัติการสะท้อนของแสงจากวัตถุต่าง ๆ บนพื้นผิวโลกไปยังระบบการรับรู้จากระยะไกล เช่น ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เพื่อคัดแยกข้อมูลต่างประเภทออกจากกันหรือรวมข้อมูลประเภทเดียวกันเข้าด้วยกัน โดยที่ผู้ใช้งานไม่ทราบสภาพลักษณะภูมิประเทศตลอดจนวัตถุที่ปกคลุมบนพื้นผิวของพื้นที่บริเวณนั้นมาก่อน อย่างไรก็ตามวิธีการจำแนกประเภทข้อมูลนี้ผู้ใช้งานจะต้องกำหนดจำนวนกลุ่มข้อมูลไว้ล่วงหน้า

4) การตรวจสอบความถูกต้อง

ขั้นตอนนี้เป็นกระบวนการประเมินความแม่นยำของการประมวลผลภาพเพื่อให้ผลการจำแนกประเภทข้อมูลมีความน่าเชื่อถือเพียงพอและมีความใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด โดยเป็นการเปรียบเทียบระหว่างผลการจำแนกข้อมูลจากดาวเทียมกับการสำรวจภาคสนาม (Ground Truth) ด้วยการสุ่มตัวอย่างแบบจุด จำนวนจุดตัวอย่างน้อยที่สุดที่ควรนำมาตรวจสอบ ซึ่งคำนวณได้จากสมการ [1]

$$n = \frac{Z^2 (p) (q)}{E^2} \quad [1]$$

โดย

n = จำนวนจุดตรวจสอบความถูกต้อง

p = โอกาสความน่าจะเป็นที่จุดภาพนั้นน่าจะถูกต้อง

q = ค่าความแตกต่างระหว่าง $100 - p$

E = ร้อยละของความผิดพลาดที่ยอมรับได้

Z = ค่ามาตรฐานตามการแจกแจงแบบปกติ ณ ระดับความเชื่อมั่นที่กำหนด

โดยทั่วไปแล้วนิยามกำหนดโอกาสความน่าจะเป็นที่จุดภาพจะถูกต้อง (p) เท่ากับ ร้อยละ 80 และความผิดพลาดที่ยอมรับได้ (E) เท่ากับ ร้อยละ 5 (สุณี ลำสา และชริกา คันธา, 2561)

การเปรียบเทียบผลการจำแนกข้อมูลจากดาวเทียมกับข้อมูลจุดตรวจสอบความถูกต้องสามารถแสดงออกมาในรูปแบบของเมทริกซ์ความคลาดเคลื่อน (Error Matrix) โดยกำหนดให้แนวตั้ง (Column) แสดงจำนวนจุดภาพในแต่ละการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม (Reference Pixel) และในแนวนอน (Row) แสดงจำนวนจุดภาพจากการจำแนกจากข้อมูลจากดาวเทียม (Classified Pixel) ในกรณีที่ผลการตรวจสอบมีความถูกต้องสูงมากจะได้เมทริกซ์ที่มีจำนวนจุดในแนวทแยงมุมเป็นจำนวนมาก

ดัชนีที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของการประมวลผลภาพ ประกอบด้วย

4.1) ความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy)

สามารถคำนวณโดยใช้ผลรวมของจำนวนจุดที่จำแนกได้ถูกต้องซึ่งปรากฏตามแนวเส้นทแยงของเมทริกซ์ความคลาดเคลื่อนหารด้วยจำนวนจุดทั้งหมด และคำนวณออกมาเป็นร้อยละ

4.2) สัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa Coefficient)

เป็นค่าสถิติที่ใช้แสดงระดับความสอดคล้องกันระหว่างผลการประมวลผลภาพและข้อมูลการตรวจสอบความถูกต้อง ซึ่งคำนวณจากสมการ [2]

$$\text{Kappa Coefficient (k)} = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (\sum c_i \sum r_i)}{N^2 - \sum_{i=1}^r (\sum c_i \sum r_i)} \quad [2]$$

โดย

- r = จำนวนแถวของเมทริกซ์ความคลาดเคลื่อน
- x_{ii} = ค่าในแถวที่ i และคอลัมน์ที่ i
- $\sum c_i$ = ผลรวมของค่าในแต่ละคอลัมน์
- $\sum r_i$ = ผลรวมของค่าในแต่ละแถว
- N = จำนวนจุดภาพทั้งหมดที่ใช้ในการจำแนก

โดยทั่วไปสัมประสิทธิ์แคปปาจะมีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 ถ้าค่า $k < 0$ แสดงว่าการจำแนกประเภทข้อมูลบนภาพจากดาวเทียมไม่สอดคล้องกับข้อมูลจริงที่ปรากฏบนพื้นผิวโลกหรือกล่าวได้ว่าไม่มีที่น่าเชื่อถือ และหากค่า k เข้าใกล้ 1 แสดงว่าการประมวลผลภาพจากดาวเทียมมีความน่าเชื่อถือสูงมาก ซึ่งแสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 การแปลความหมายสัมประสิทธิ์แคปปา

สัมประสิทธิ์แคปปา (k)	ระดับความน่าเชื่อถือ / ระดับความสอดคล้อง
< 0	แย่ (Poor)
0.01 – 0.20	น้อย (Slight)
0.21 – 0.40	พอใช้ (Fair)
0.41 – 0.60	ปานกลาง (Moderate)
0.61 – 0.80	สูง (Substantial)
0.81 – 1.00	สูงมาก (Almost Perfect)

ที่มา: ดัดแปลงจาก Landis and Koch, 1977

ตัวอย่างงานวิจัยที่ผ่านมาที่มีการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยการรับรู้จากระยะไกล เช่น โบว์ บรรลือ (2553) ได้ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน จังหวัดฉะเชิงเทรา โดยแปลตีความจากภาพจากดาวเทียมแลนด์แซทด้วยการจำแนกประเภทข้อมูลภาพแบบควบคุมและแบ่งการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 14 ประเภท คือ กระจิน พุ่มหญ้า นาข้าว ป่าดิบแล้ง ป่าดิบชื้น ป่าดิบแล้งรอสภาพฟื้นฟู ป่าเต็งรัง ป่าเบญจพรรณ ป่าเสื่อมโทรม พืชสวน พืชไร่ ยางพารา สวนป่าผสม และแหล่งน้ำ ซึ่งได้ทำการสำรวจภาคสนามจำนวน 78 จุดตามสัดส่วนของการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการประมวลผลภาพ นอกจากนี้ พบว่าป่าดิบแล้งแนวโน้มนลดลงมากที่สุดโดยมีการเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่ปลูกยางพารา

โสภณวิทย์ คำพิลัง (2555) ได้จำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่อำเภอนองบัวระเหว จัตุรัส บำเหน็จณรงค์ และเทพสถิต จังหวัดชัยภูมิ โดยใช้ภาพจากดาวเทียมแลนด์แซท ซึ่งทำการจำแนกประเภทข้อมูลภาพด้วยคอมพิวเตอร์แบบควบคุมโดยเลือกพื้นที่ตัวอย่างด้วยวิธีการแปลตีความด้วยสายตาซึ่งอาศัยลักษณะความแตกต่างของระดับความเข้มจางของสี ตำแหน่งที่ตั้งของวัตถุ รูปร่าง ความหยาบละเอียดของภาพ ทำให้สามารถจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ พื้นที่ชุมชน นาข้าว พืชไร่ ป่าไม้ และแหล่งน้ำ ในส่วนของการประเมินความถูกต้องได้กำหนดจุดสำรวจภาคสนามจำนวน 100 จุดเพื่อตรวจสอบความถูกต้องโดยรวมและสัมประสิทธิ์แคปปา

วิภาพ แพงวังทอง (2561) ได้จำแนกชนิดป่าไม้ในพื้นที่ป่าผลัดใบรอบเขื่อนสิริกิติ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ โดยใช้ภาพจากดาวเทียมแลนด์แซทด้วยวิธีการจำแนกประเภทข้อมูลภาพด้วยคอมพิวเตอร์แบบควบคุม ผลการศึกษาทำให้จำแนกประเภทป่าผลัดใบออกเป็นป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรัง สำหรับการประเมินความถูกต้องใช้วิธีคำนวณความถูกต้องโดยรวมและสัมประสิทธิ์แคปปา ซึ่งข้อมูลพื้นที่ตัวอย่างและจุดตรวจสอบความถูกต้องได้มาจากการสุ่มจากแผนที่ชนิดป่าไม้ของกรมป่าไม้ จำนวน 400 จุด แบ่งออกเป็นป่าเบญจพรรณ 200 จุด และป่าเต็งรัง 200 จุด

ลือชัย ครุรน้อย (2558) ได้ศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ตำบลป่าเต็ง อำเภอกงกระจัน จังหวัดเพชรบุรี โดยแปลตีความจากภาพจากดาวเทียมแลนด์แซทด้วยวิธีการจำแนกประเภทข้อมูลภาพแบบควบคุมและแบบไม่ควบคุม ซึ่งแบ่งออกเป็นพื้นที่ป่าไม้ แหล่งน้ำ เกษตรกรรม ชุมชน และที่โล่ง และพบว่าพื้นที่ป่าไม้มีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่เกษตรกรรมจึงส่งผลกระทบต่อการกระจายตัวของช้างป่า โดยเฉพาะบริเวณรอยต่อของเขตอุทยานแห่งชาติแก่งกระจานกับพื้นที่ชุมชนซึ่งเป็นบริเวณที่พบช้างป่าน้อยลงเนื่องจากสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปทำให้ช้างป่าขาดแคลนแหล่งอาหารตามธรรมชาติ

2.2 แนวความคิดเกี่ยวกับการกระจายตัวทางพื้นที่

ในสภาพธรรมชาติการนับจำนวนประชากรที่แท้จริงของสัตว์ป่าต่อหน่วยพื้นที่เพื่อศึกษารูปแบบการกระจายตัวและความหนาแน่นเชิงพื้นที่นั้นทำได้ค่อนข้างยาก เนื่องจากสัตว์ปามักมีการเคลื่อนย้ายและไม่ค่อยอยู่กับที่ ดังนั้นจึงมีวิธีการประเมินจำนวนประชากรจากการคาดคะเนหรือการคำนวณเพื่อให้ได้ค่าโดยประมาณที่ใกล้เคียงกับความจริงมากที่สุด โดยมีวิธีการดังนี้

1) การนับประชากรโดยตรง (Total Counts) เป็นวิธีการนับจำนวนประชากรที่แท้จริง นิยมใช้วิธีนี้กับสิ่งมีชีวิตขนาดใหญ่ซึ่งมีจำนวนไม่มากนัก ไม่ค่อยเคลื่อนที่ อาศัยอยู่ในบริเวณที่ไม่กว้างขวางเกินไป แต่ในกรณีที่สัตว์บางชนิดเคลื่อนที่รวดเร็วอาจต้องใช้วิธีอื่นช่วยในการนับ เช่น การใช้ภาพถ่ายทางอากาศ โดยอาศัยช่วงที่สัตว์มีพฤติกรรมรวมกลุ่มกันในฤดูผสมพันธุ์หรือมีการอพยพตามฤดูกาล

2) การสุ่มตัวอย่าง (Sampling Method) เป็นการนับจำนวนประชากรในสัดส่วนหรืออัตราส่วนเล็ก ๆ ของประชากรทั้งหมด แล้วนำไปประเมินเป็นจำนวนประชากรทั้งหมด เป็นวิธีที่นิยมใช้หาขนาดประชากรของสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก มีจำนวนมาก อาศัยอยู่ในพื้นที่กว้างใหญ่มาก วิธีการสุ่มตัวอย่างที่ใช้กันในปัจจุบัน ได้แก่

2.1) การสุ่มตัวอย่างแบบวางแปลง (Quadrat Sampling Method) วิธีการนี้เหมาะสำหรับใช้วัดขนาดประชากรสิ่งมีชีวิตที่อยู่กับที่หรือเคลื่อนที่ช้า โดยใช้กรอบไม้รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสสุ่มตัวอย่างประชากรจากหลาย ๆ บริเวณของแหล่งที่อยู่อิสระ แล้วนับจำนวนประชากรตัวอย่างทั้งหมดในกรอบไม้เพื่อนำมาคำนวณหาจำนวนประชากรทั้งหมดในแหล่งที่อยู่นั้น

2.2) การทำเครื่องหมายและจับซ้ำ (Mark and Recapture Method) วิธีการนี้เหมาะสำหรับใช้วัดขนาดประชากรสิ่งมีชีวิตที่มีการเคลื่อนที่ไปมาอยู่เสมอ โดยการจับสิ่งมีชีวิตที่สนใจมาทำเครื่องหมายแล้วปล่อยกลับคืนแหล่งที่อยู่อาศัยเดิมอย่างอิสระในช่วงเวลาหนึ่ง และทำการจับคืนมาอีกครั้งเพื่อทำการนับจำนวนสิ่งมีชีวิตที่มีเครื่องหมายและไม่มีเครื่องหมาย แล้วนำข้อมูลที่ได้ไปประมาณค่าจำนวนประชากรทั้งหมดในแหล่งที่อยู่นั้น

3) การประเมินจากร่องรอย (Sign Method) เป็นการนับจำนวนของประชากรทางอ้อม นิยมใช้ในการประเมินจำนวนประชากรของสิ่งมีชีวิตที่หายาก มีแหล่งที่อยู่อาศัยที่ซ่อนเร้นหรือมีจำนวนน้อยมาก โดยศึกษาจากร่องรอยต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต เช่น รอยเท้า มูลสัตว์ เสียงร้อง จำนวนรัง ซึ่งการพบร่องรอยเหล่านี้ช่วยให้สามารถประเมินจำนวนประชากรโดยประมาณได้

ในส่วนของการกระจายตัวทางพื้นที่ของสัตว์ป่าสามารถแสดงด้วยข้อมูลที่มีลักษณะเป็นจุด (Point) ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) โดยแต่ละจุดจะแสดงตำแหน่งที่ตั้งของประชากรของสัตว์ป่า ซึ่งสามารถพิจารณารูปแบบการกระจายตัวออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1) การกระจายตัวแบบเกาะกลุ่ม (Clustered Pattern) ลักษณะการกระจายของจุดต่าง ๆ จะมีระยะห่างระหว่างจุดใดจุดหนึ่งกับจุดอื่นข้างเคียงค่อนข้างสั้น โดยจุดที่อยู่รวมกันจะมีความสัมพันธ์กันสูง ส่วนจุดที่อยู่ห่างกันจะมีความสัมพันธ์กันน้อย

2) การกระจายตัวแบบสุ่มหรือไม่เป็นแบบแผน (Random Pattern) ลักษณะการกระจายของจุดต่าง ๆ จะกระจายอยู่โดยทั่วไปในพื้นที่ที่ทำการศึกษา ซึ่งแต่ละจุดจะเป็นอิสระต่อกันโดยไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างจุดต่าง ๆ

3) การกระจายตัวแบบค่อนข้างสม่ำเสมอ (Dispersed Pattern) ลักษณะการกระจายตัวจะมีระยะจากจุดหนึ่งกับจุดข้างเคียงที่อยู่ใกล้ที่สุดของจุดที่ทำการศึกษามีระยะโดยประมาณเท่ากัน

วิธีการวัดรูปแบบการกระจายตัวของข้อมูลที่มีลักษณะเป็นจุดนิยมใช้ค่าดัชนีความใกล้เคียง (Nearest Neighbor Index: NNI) ซึ่งได้รับการพัฒนาโดยนักพฤกษศาสตร์สองคนในช่วงทศวรรษ 1950 (Clark and Evans, 1954) เป็นการนำเอาผลรวมของระยะทางระหว่างจุดแต่ละจุดที่ใกล้เคียงที่สุดหารด้วยจำนวนจุดที่ทำการศึกษา (Observed Mean Distance: $\bar{D}_O$) เปรียบเทียบกับระยะทางโดยเฉลี่ยของจุดจากจุดข้างเคียงที่คาดว่าจะเกิดขึ้นโดยมีสมมติฐานว่าจุดต่าง ๆ เหล่านี้มีการกระจายตัวแบบสุ่มหรือไม่เป็นแบบแผน (Expected Mean Distance: $\bar{D}_E$) โดยคำนวณได้จากสมการ [1] ถึง [3] ดังนี้

$$NNI = \frac{\bar{D}_O}{\bar{D}_E} \quad [1]$$

$$\bar{D}_O = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n} \quad [2]$$

$$\bar{D}_E = \frac{0.5}{\sqrt{n/A}} \quad [3]$$

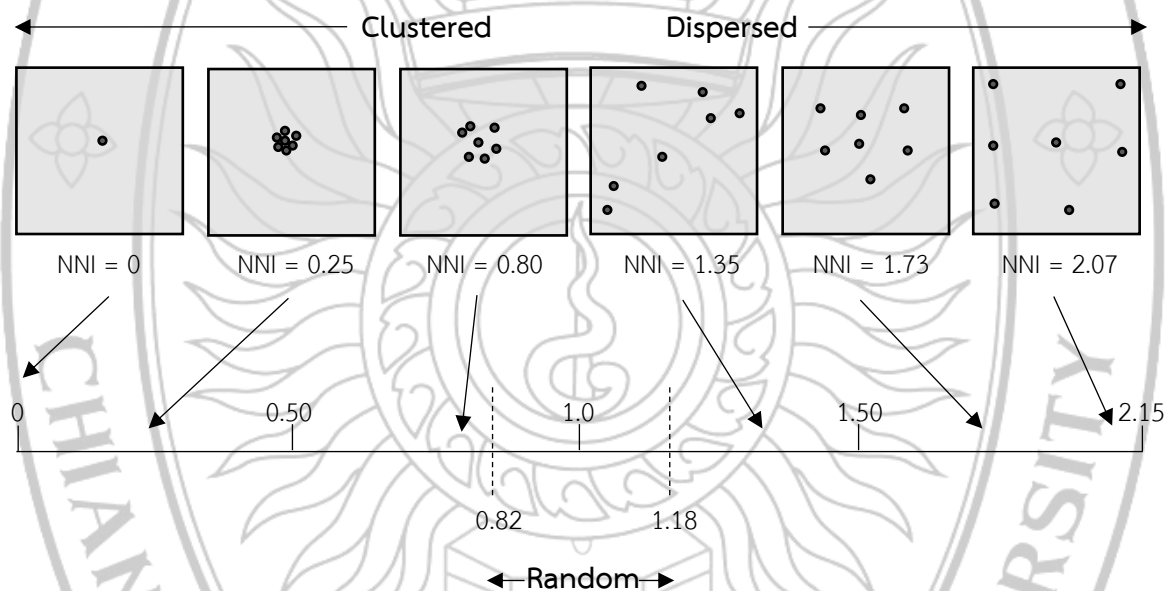
โดย NNI = ค่าดัชนีความใกล้เคียง

d_i = ระยะห่างจากจุด i กับจุดอื่นข้างเคียงใกล้ที่สุด

n = จำนวนจุดทั้งหมดที่ทำการศึกษา

A = ขนาดของพื้นที่ศึกษา

ผลการทดสอบทางสถิติโดยวิลสันและดิน (Wilson and Din, 2018) พบว่า ค่าดัชนีความใกล้เคียงมีค่าระหว่าง 0 ถึง 2.15 โดยอาจจะมีการกระจายตัวเป็นแบบเกาะกลุ่มเมื่อค่าดัชนีน้อยกว่า 0.82 หรืออาจมีลักษณะเป็นแบบสุ่มหรือไม่เป็นแบบแผนเมื่อค่าดัชนีใกล้เคียง 1 หรือเท่ากับ 1 หรืออาจมีลักษณะเป็นแบบค่อนข้างสม่ำเสมอ เมื่อค่าดัชนีมีค่ามากกว่า 1.18 (ภาพที่ 2.2)



ภาพที่ 2.2 การแปลความหมายค่าดัชนีความใกล้เคียง

ที่มา: Wilson and Din, 2018

คลาร์กและเอเวนส์ (Clark and Evans, 1954) ได้เสนอให้มีการทดสอบนัยสำคัญทางสถิติและความเชื่อมั่นของดัชนีความใกล้เคียงโดยการทดสอบค่าซี (Z-test) เพื่อระบุว่าความแตกต่างระหว่างระยะทางระหว่างจุดแต่ละจุดที่ใกล้เคียงที่สุด (D_0) กับระยะทางโดยเฉลี่ยระหว่างจุดซึ่งคาดว่าจะมีการกระจายตัวแบบสุ่ม (D_E) นั้นมีนัยสำคัญหรือไม่ โดยมีเงื่อนไขว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) ซึ่งคำนวณได้จากสมการ [4]

$$z\text{-score} = \frac{\bar{D}_O - \bar{D}_E}{SE_{\bar{D}_E}} \quad [4]$$

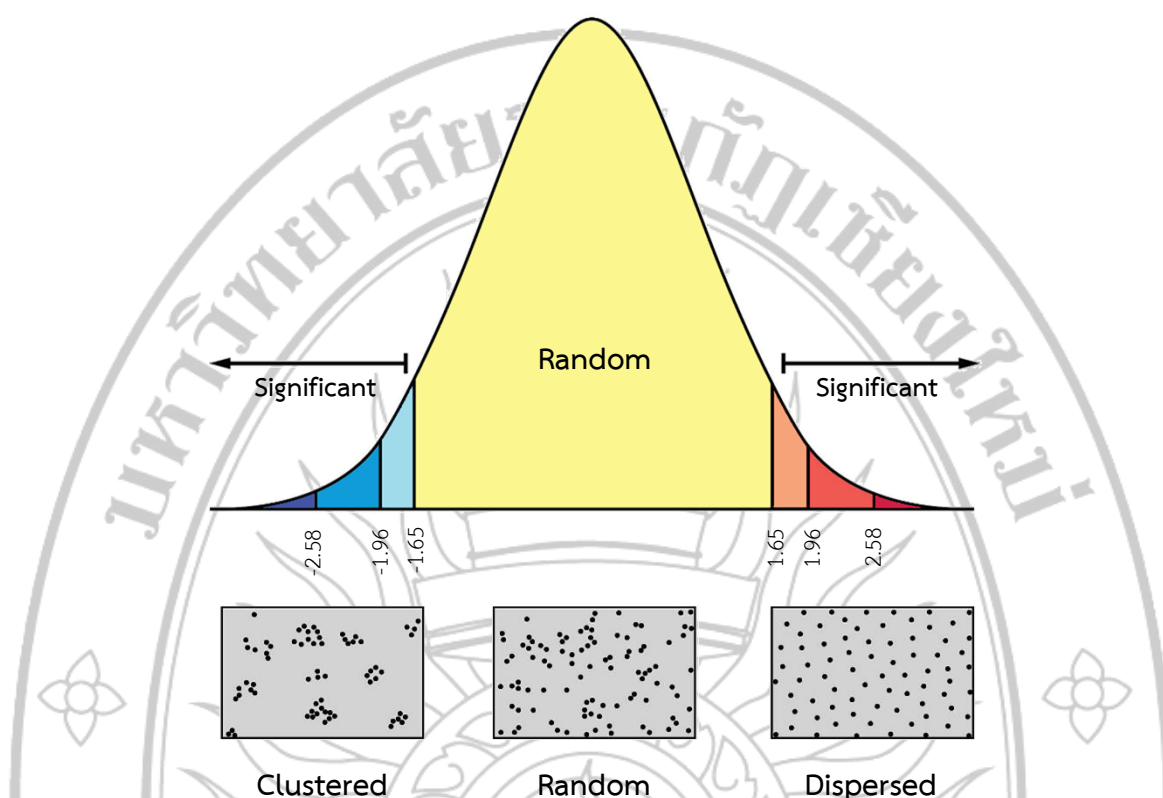
ค่าความคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยของระยะทางโดยเฉลี่ยระหว่างจุดต่าง ๆ ซึ่งคาดว่าจะมีการกระจายตัวแบบสุ่ม (Standard Error of Mean for the Expected Distance: $SE_{\bar{D}_E}$) สามารถคำนวณจากสมการ [5]

$$SE_{\bar{D}_E} = \frac{0.26136}{\sqrt{n^2 / A}} \quad [5]$$

ค่ามาตรฐาน (z-score) ที่ได้เป็นค่าที่แสดงถึงความเป็นของข้อมูลบนกราฟของเส้นโค้งปกติ (Normal Curve) (ภาพที่ 2.3) จากค่าเฉลี่ย 0 ซึ่งอยู่กึ่งกลางของกราฟ ถ้าค่ามาตรฐานเบี่ยงเบนไปทางซ้ายของค่าเฉลี่ยจะมีค่าเป็นลบแสดงว่าระยะทางโดยเฉลี่ยระหว่างจุดต่าง ๆ มีค่าน้อยกว่าระยะทางโดยเฉลี่ยที่อ้างอิง ดังนั้นจุดต่าง ๆ จึงมีแนวโน้มเกาะกลุ่มกัน แต่ถ้าเบี่ยงเบนไปทางขวาของค่าเฉลี่ยจะมีค่าเป็นบวกแสดงว่าระยะทางโดยเฉลี่ยระหว่างจุดต่าง ๆ มีค่ามากกว่าระยะทางโดยเฉลี่ยที่อ้างอิง ดังนั้นจุดต่าง ๆ จึงมีแนวโน้มกระจายห่าง ๆ กัน

นอกจากนี้พื้นที่ใต้เส้นโค้งปกติยังแสดงถึงโอกาสหรือความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์ใด เหตุการณ์หนึ่งว่ามีมากน้อยเพียงใด โดยการแปลงค่าพื้นที่ใต้เส้นโค้งปกติทั้งหมดให้มีค่าเท่ากับ 1 หรือร้อยละ 100 ในการตัดสินใจเพื่อให้ได้ข้อสรุปว่าการกระจายตัวของข้อมูลมีความน่าจะเป็นหรือโอกาสที่จะสอดคล้องกับระยะทางเฉลี่ยที่คาดหวังไว้นั้นคือการกระจายตัวแบบสุ่มมากน้อยเพียงใด จะอาศัยการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็น (p-value) กับค่าระดับนัยสำคัญ (α) ที่กำหนดไว้

ดังนั้น หากค่าความน่าจะเป็นมีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนดไว้ แสดงว่า ข้อมูลมีโอกาสหรือความน่าจะเป็นน้อยที่จะมีรูปแบบการกระจายตัวเป็นแบบสุ่มหรือมีความแตกต่างจากผลลัพธ์ที่คาดหวังไว้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่หากค่าความน่าจะเป็นมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับระดับนัยสำคัญที่กำหนดไว้ แสดงว่า ข้อมูลมีความน่าจะเป็นที่จะมีการกระจายตัวเป็นแบบสุ่มหรือมีความแตกต่างจากผลลัพธ์ที่คาดหวังไว้อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ความสัมพันธ์ระหว่างค่ามาตรฐาน ค่าความน่าจะเป็น และระดับความเชื่อมั่นสามารถแสดงดังตารางที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 ค่ามาตรฐาน (z-score) ได้เส้นโค้งปกติ (Normal Curve)

ที่มา: ดัดแปลงจาก ESRI, 2018

ตารางที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ามาตรฐาน ค่าความน่าจะเป็น และระดับความเชื่อมั่น

ค่ามาตรฐาน (z-score)	ค่าความน่าจะเป็น (p-value)	ระดับความเชื่อมั่น (Confidence Level)
< -1.65 หรือ $> +1.65$	< 0.10	ร้อยละ 90
< -1.96 หรือ $> +1.96$	< 0.05	ร้อยละ 95
< -2.58 หรือ $> +2.58$	< 0.01	ร้อยละ 99

ที่มา: Mitchell, 2005

งานวิจัยในอดีตที่ผ่านมานิยมนับจำนวนประชากรของสัตว์ป่าโดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างและสังเกตรูปแบบการกระจายตัวด้วยสายตาจากกรอบไม้รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่ใช้ในการนับจำนวนสัตว์ป่าหรือจากการแสดงตำแหน่งของสัตว์ป่าลงบนแผนที่หรือ ดังเช่นสมหญิง พัทธิกรณ์ (2546) นับจำนวนประชากรของสมเสร็จในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าคลองแสง จังหวัดสุราษฎร์ธานีโดยวางกรอบไม้ขนาด 1 X 5 เมตร จำนวน 40 แปลง เพื่อนับจำนวนของสมเสร็จในเดือนเมษายน มิถุนายน สิงหาคม ตุลาคม ธันวาคม และ กุมภาพันธ์ ผลการศึกษาพบว่า สมเสร็จมีการกระจายตัวแบบสุ่มหรือไม่เป็นแบบแผน ในขณะที่ สุวิทย์ วรรณศรี และอาตุลย์ จงรักษ์ (2550) ได้นับจำนวนของสัตว์เลื้อยคลานในอันดับของเต่า-ตะพาบน้ำ ในจังหวัดเพชรบูรณ์ โดยวางแปลงและทำกับดักหลุมตก พบว่าเต่ามีรูปแบบการกระจายตัวเป็นแบบเกาะกลุ่ม เนื่องจากเป็นสัตว์ที่เคลื่อนที่ช้าและหาอาหารไม่ไกลจากที่หลบซ่อนตัว ส่วนเกรียงศักดิ์ ศรีบัวรอด (2542) ทำการศึกษาจำนวนประชากรของสัตว์กินเนื้อในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไนโดยวางกับดักกล้องถ่ายภาพซึ่งทำงานด้วยระบบอินฟราเรดในแปลงตัวอย่างจำนวน 12 แปลง ซึ่งพบว่าชะมดแผงสันหางดำ และพังพอนธรรมดาเป็นสัตว์ป่าที่มีการกระจายตัวค่อนข้างสม่ำเสมอทั่วทั้งพื้นที่

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาจำนวนประชากรของสัตว์ป่าโดยใช้วิธีการประเมินจากร่องรอยและสร้างแผนที่แสดงตำแหน่งของสัตว์ป่าเพื่อสังเกตรูปแบบการกระจายตัวของสัตว์ป่า ได้แก่ ปรีชา พรหมะกุล (2546) ทำการสำรวจร่องรอยของเสือโคร่งและเหยื่อตามถนนและด่านสัตว์ (Animal Path) ระยะทาง 190 กิโลเมตร ในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าทุ่งใหญ่นเรศวรด้านตะวันออก จังหวัดตาก ซึ่งพบรอยเท้า รอยกองมูล และการพบเห็นตัวโดยตรง จำนวน 285 ร่องรอย ผลการศึกษาพบว่าเสือโคร่งมีการเกาะกลุ่มกันในพื้นที่จำนวน 4 บริเวณ ส่วน ศุภกิจ วินิตพรสวรรค์ (2546) สำรวจร่องรอยของช้างป่าในเขตพื้นที่รักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเขียว จังหวัดชัยภูมิ เป็นระยะทาง 120 กิโลเมตร โดยแบ่งช่วงการสำรวจเป็น 2 ช่วงตามลักษณะการกระจายของปริมาณฝน คือ ช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน พบว่า ในฤดูแล้งพบช้างป่าเกาะกลุ่มอยู่ไม่ห่างจากแหล่งน้ำและแหล่งโป่ง ส่วนในฤดูฝนพบช้างป่ากระจายตัวอยู่ทั่วไปแทบทุกสภาพป่า สำหรับรักชนก ชยต์มกุล (2549) สำรวจถิ่นที่อยู่อาศัยของกวางผาในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าอมก๋อย จังหวัดเชียงใหม่ โดยประเมินจากรอยเท้า มูลสัตว์ ซึ่งพบว่ากวางผามีการกระจายตัวอยู่บริเวณทุ่งหญ้ามากที่สุด รองลงมาคือ บริเวณลานหิน และป่าดิบเขา ตามลำดับ ในขณะที่ นรเศรษฐ์ เขียวศรี (2558) สำรวจร่องรอยกองมูลของควายป่าในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี พบว่า ควายป่ามีการเกาะกลุ่มกันบริเวณใกล้กับแหล่งน้ำ

2.3 แนวความคิดเกี่ยวกับการวัดความหนาแน่นของประชากร

ความหนาแน่นของประชากร (Population Density) หมายถึง จำนวนของสิ่งมีชีวิตต่อหน่วยพื้นที่ หรือปริมาตรของแหล่งที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิต ซึ่งคำนวณได้จากสมการ [6]

$$\text{Population Density} = \frac{N}{A} \quad [6]$$

โดย N = จำนวนของประชากรทั้งหมดในพื้นที่
 A = ขนาดของพื้นที่ศึกษา

ในสภาพธรรมชาติการหาความหนาแน่นของประชากรที่แท้จริงโดยการนับจำนวนจริงของสัตว์ป่าต่อหน่วยพื้นที่นั้นทำได้ค่อนข้างยาก เนื่องจากสัตว์ป่าส่วนใหญ่จะมีการเคลื่อนย้ายและไม่ค่อยอยู่กับที่ จึงไม่สามารถนับจำนวนได้ทั้งหมด ค่าความหนาแน่นที่ได้จะเป็นความหนาแน่นเชิงเปรียบเทียบโดยบอกเป็นความหนาแน่นต่อหน่วยคงที่ใด ๆ เช่น ต่อกบดัก ต่อแปลง เพื่อให้ได้ค่าประมาณที่ใกล้เคียงกับความจริงมากที่สุด

การวัดความหนาแน่นของประชากรสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

- 1) ความหนาแน่นประชากรอย่างหยาบ (Crude Density) เป็นการวัดความหนาแน่นของประชากรต่อพื้นที่ทั้งหมดของที่อยู่อาศัย (Total Space)
- 2) ความหนาแน่นเชิงนิเวศ (Ecological Density) หรือความหนาแน่นจำเพาะ (Specific Density) เป็นการวัดความหนาแน่นของประชากรต่อพื้นที่อยู่อาศัยจริงของสัตว์ป่านั้นหรือพื้นที่ที่พบร่องรอยของสัตว์ป่า (Habitat Space)

การศึกษาความหนาแน่นของสัตว์ปานิยมทำการศึกษาความหนาแน่นจำเพาะ โดยใช้วิธีการสุ่มนับตัวอย่างตามเส้นทางสำรวจ การตรวจสัญลักษณ์หรือร่องรอยที่สัตว์ป่าทำไว้ การแบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็น ส่วนตามลักษณะภูมิประเทศหรือการวางแผนตัวอย่างเป็นตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัสเพื่อถ่ายภาพ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นตัวแทนจำนวนประชากรของสัตว์ป่า ดังผลการวิจัยดังต่อไปนี้

มัทนา ศรีกระจ่าง และสมโภชน์ ศรีโกสามาตร์ (2549) ทำการศึกษาและติดตามการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นและการกระจายตัวของสัตว์ป่า ในบริเวณตั้งแต่บนเขานางรำจนถึงบริเวณที่ราบใกล้ที่ทำการศึกษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี โดยใช้วิธีเดินตามแนวเส้นสำรวจถาวรที่มีเส้นถนนเป็นเส้นอ้างอิงและนับกองมูลของสัตว์ป่า เพื่อคำนวณความหนาแน่นของสัตว์ป่าโดยใช้สมการ [7]

$$D \times y = r \times d \quad [7]$$

โดย

D	=	ความหนาแน่นประชากร (ตัวต่อตารางกิโลเมตร)
y	=	อัตราการถ่ายมูลของสัตว์ (กองต่อตัวต่อวัน)
r	=	ความหนาแน่นของกองมูล (กองต่อตารางกิโลเมตร)
d	=	อัตราการสลายตัวของกองมูล (กองต่อตัวต่อวัน)

ผลการศึกษา พบว่า ในปี พ.ศ. 2531 สัตว์ป่าอาศัยอยู่รวมกันอย่างหนาแน่นบนเขานางรำ โดยพบความหนาแน่นของวัวป่าและควาป่า เท่ากับ 1.9 และ 1.8 ตัวต่อตารางกิโลเมตร ตามลำดับ ส่วนที่ราบตอนล่างมีความหนาแน่นเพียง 0.6 และ 0.8 ตัวต่อตารางกิโลเมตร ตามลำดับ แต่ในปี พ.ศ. 2541 พบว่าความหนาแน่นของวัวป่าบนภูเขาลดลงเหลือเพียง 0.1 ตัวต่อตารางกิโลเมตร แต่กลับพบบริเวณที่ราบตอนล่างมากขึ้นถึง 1.8 ตัวต่อตารางกิโลเมตร ส่วนความหนาแน่นของควาป่าบนเขานางรำและบริเวณตอนล่าง คือ 1.5 และ 2.7 ตัวต่อตารางกิโลเมตร ตามลำดับ

เช่นเดียวกับ รองลาภ สุขมาสรวง (2545) ที่ได้สำรวจและศึกษาความหนาแน่นจำเพาะของประชากรสัตว์กบคู่และข้างป่าในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี ด้วยวิธีเดินเท้าบนเส้นทางศึกษา ระหว่าง พ.ศ. 2540 ถึง 2544 ผลการศึกษาพบว่า ความหนาแน่นของสัตว์กบคู่ได้จากข้อมูลการพบเห็นตัวสัตว์โดยตรง ซึ่งพบว่า กระทั่งมีความหนาแน่นเฉลี่ย 2.26 ตัวต่อตารางกิโลเมตร วัวแดงมีความหนาแน่น 1.37 ตัวต่อตารางกิโลเมตร ควาป่ามีความหนาแน่น 2.64 ตัวต่อตารางกิโลเมตร เก้งมีความหนาแน่น 1.47 ตัวต่อตารางกิโลเมตร และหมูป่ามีความหนาแน่น 3.74 ตัวต่อตารางกิโลเมตร ขณะที่ความหนาแน่นของข้างป่าได้จากการศึกษาด้วยวิธีการตรวจนับกองมูล ซึ่งพบว่ามีความหนาแน่น 0.36 ตัวต่อตารางกิโลเมตร

ส่วนสมโภชน์ ดวงจันทร์าศิริ และคณะ (2557) ได้สำรวจประชากรเสือโคร่งในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี ระหว่างปี พ.ศ. 2549 ถึง 2556 โดยแบ่งพื้นที่ศึกษาเป็นพื้นที่ย่อย ๆ เพื่อติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติ จำนวน 30 – 40 จุดต่อพื้นที่ย่อย ใช้เวลาติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพทั้งไว้ในแต่ละพื้นที่ย่อย 15 คืน แล้วย้ายกล้องไปตั้งที่จุดสำรวจพื้นที่ย่อยอื่นต่อไปจนครบ ผลการศึกษาสามารถถ่ายภาพเสือโคร่งรวมเป็นจำนวนตัวสะสม 101 ตัว ในส่วนของการวัดความหนาแน่นของเสือโคร่งคำนวณจากการนำจำนวนประชากรเสือโคร่งหารด้วยขนาดของพื้นที่สำรวจ ซึ่งทำให้ทราบความหนาแน่นเชิงนิเวศ ผลการศึกษาพบว่า เสือโคร่งมีความหนาแน่นเฉลี่ยต่อปีเท่ากับ 2.30 ตัว ต่อ 100 ตารางกิโลเมตร โดยในแต่ละปีมีความผันแปรแตกต่างกันตั้งแต่ 1.7 – 3.2 ตัว

สมาคมอนุรักษ์สัตว์ป่า (WCS) ประเทศไทย (2559) ได้ตรวจวัดประชากรเหยื่อของเสือโคร่งในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าทุ่งใหญ่นเรศวรด้านตะวันออก และเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าทุ่งใหญ่นเรศวรด้านตะวันตก โดยวางแผนสำรวจเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส (Square Transect) ขนาด 800 x 800 เมตร เพื่อสำรวจร่องรอยเหยื่อของเสือโคร่ง เช่น รอยเท้า รอยกองมูล ผลการดำเนินงานพบว่า สัตว์หลัก ๆ ที่เสือโคร่งชอบกิน 5 อันดับ ได้แก่ กระต่าย วัวแดง กวาง เก้ง และหมูป่า ซึ่งในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง พบสัตว์ทั้ง 5 ชนิด โดยมีความหนาแน่น 6 ตัวต่อตารางกิโลเมตร ขณะที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าทุ่งใหญ่นเรศวรทั้งสองด้านพบเพียง 4 ชนิด ได้แก่ กระต่าย กวาง เก้ง และหมูป่า โดยด้านตะวันออกมีความหนาแน่น 8 ตัวต่อตารางกิโลเมตร ส่วนด้านตะวันตกมีความหนาแน่น 12 ตัวต่อตารางกิโลเมตร ซึ่งถือว่ามีความหนาแน่นของประชากรเหยื่อของเสือโคร่งเพียงพอต่อการดำรงชีวิตของเสือโคร่ง

นอกจากนี้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช และองค์การกองทุนสัตว์ป่าโลกสากล ประเทศไทย (2560) ได้ดำเนินโครงการฟื้นฟูประชากรเสือโคร่งในพื้นที่อุทยานแห่งชาติแม่วงก์และอุทยานแห่งชาติคลองลาน โดยมีเป้าหมายเพื่อต้องการเพิ่มประชากรเสือโคร่งร้อยละ 50 ภายในปี พ.ศ. 2565 ในการสำรวจพื้นที่ได้ใช้วิธีการแบ่งพื้นที่ย่อยเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 16 x 16 กิโลเมตร จากนั้นแบ่งพื้นที่อีกครั้งเป็น 4 ส่วน จะได้แปลงขนาด 8 x 8 กิโลเมตร แล้วทำการสุ่มเลือกแปลงย่อย 1 แปลง เพื่อใช้เป็นตัวแทนในการเดินสำรวจ นอกจากนี้ได้มีการติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติเพื่อติดตามประชากรของเสือโคร่ง ในปัจจุบันสามารถทำการสำรวจด้วยเท้าเป็นระยะทางมากกว่า 80 กิโลเมตร แต่ยังมีปริมาณข้อมูลไม่เพียงพอที่จะนำมาคำนวณทางสถิติได้ จึงจำเป็นต้องมีการสำรวจต่อไป ซึ่งข้อมูลที่ได้จะทำให้เข้าใจถึงความหนาแน่นของเสือโคร่งเพื่อคาดการณ์การปรากฏตัวของเสือโคร่งในพื้นที่ต่อไป

2.3 แนวความคิดเกี่ยวกับปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมกับแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่า

แหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่า หมายถึง พื้นที่ที่สัตว์ป่าใช้ประโยชน์และทำกิจกรรมในการดำรงชีวิต ภายในแหล่งที่อยู่อาศัยจะต้องประกอบด้วยน้ำ อาหาร สิ่งปกคลุม และพื้นที่ที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสามารถแบ่งปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการอยู่อาศัยของสัตว์ป่า ออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

- ปัจจัยทางชีวภาพ

- การใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use) เป็นปัจจัยที่เป็นตัวกำหนดการเลือกเข้ามาใช้ประโยชน์ พื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งของสัตว์ การใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภท เช่น ป่าดิบเขา ป่าดิบแล้ง ป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรัง ทุ่งหญ้า มีความสามารถในการรองรับการเข้ามาใช้ประโยชน์ของสัตว์ป่าแต่ละชนิดไม่เท่ากัน เช่น กวางผามักอาศัยอยู่บริเวณทุ่งหญ้าบนภูเขาและชะง่อนผา (รักชนก ชยุดมกุล, 2549) ชะนิมิงกุจะอาศัยอยู่ในป่าดงดิบที่อุดมสมบูรณ์และมีการรบกวนในระดับต่ำ (รุ่งนภา พูลจำปา, 2553) เนื้อทรายมักอาศัยอยู่บริเวณทุ่งหญ้า (ประวูธ เปรมปรีดี, 2556 และจุฑารัตน์ เอ็มแสง, 2551) ส่วนเก้งจะอยู่อาศัยบริเวณป่าสนเขาในฤดูฝน ป่าดิบแล้งในฤดูหนาว และทุ่งหญ้าในฤดูร้อน (วีระพงษ์ ดังตระกูล, 2534) นอกจากนี้ ประวูธ เปรมปรีดี (2556) พบว่า ละมั่งมักอาศัยอยู่ใน ป่าเต็งรัง แต่ก้องแสง ภูวินศักดิ์สกุล (2557) กลับพบว่าละมั่งจะอาศัยอยู่บริเวณทุ่งหญ้า

- แหล่งน้ำ (Water Resource) เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อสัตว์ป่า เนื่องจากสัตว์ป่าแทบทุกประเภทต้องใช้แหล่งน้ำในการดำรงชีวิต จากการศึกษาของนครเศรษฐ์ เขียวศรี (2558) พบว่า แหล่งน้ำเป็นปัจจัยที่มีผลทางบวกต่อการเลือกใช้พื้นที่อยู่อาศัยของควายป่ามากที่สุด เนื่องจากควายป่าชอบนอนแช่ปลักเพื่อระบายความร้อนและป้องกันปรสิต รวมทั้งมีพืชอาหารที่สำคัญ คือ พง ที่ขึ้นตามริมลำห้วย เช่นเดียวกับศุภกิจ วินิตพรสวรรค์ (2546) ที่พบว่าในฤดูแล้งช้างป่าจะอาศัยอยู่ไม่ห่างไกลจากแหล่งน้ำ ปรีชา พรหมะกุล (2546) พบว่า เสือโคร่งต้องการอยู่อาศัยใกล้กับแหล่งน้ำในระยะทาง 0-1 กิโลเมตรมากถึงร้อยละ 94.4 ของจำนวนเสือโคร่งในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าทุ่งใหญ่นเรศวรด้านตะวันออก และสมหญิง ทัทพิกรณ์ (2546) พบว่า สมเสร็จมักอาศัยอยู่บริเวณพื้นที่ลุ่มใกล้กับแหล่งน้ำ

- แหล่งโป่ง (Mineral Licks) เป็นบริเวณที่สามารถพบธาตุอาหารต่าง ๆ เช่น แคลเซียม (Ca) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) ไอโอดีน (I) เหล็ก (Fe) ซึ่งมีความจำเป็นต่อร่างกายและการดำรงชีวิตของสัตว์ป่า โดยเฉพาะสัตว์ป่าที่กินพืชเป็นอาหารเนื่องจากจะไม่ได้รับธาตุอาหารเหล่านี้จากพืชจึงต้องทดแทนโดยการกินดินหรือตึมน้ำจากโป่งแทน โป่งแต่ละที่จะมีธาตุอาหารที่แตกต่างกันทำให้สัตว์ป่านิยมกินจาก

แหล่งโป่งหลาย ๆ แห่ง นอกจากโป่งธรรมชาติซึ่งเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติแล้วยังมีโป่งเทียมซึ่งเป็นโป่งที่มนุษย์สร้างขึ้นด้วย จากการศึกษาของศุภกิจ วินิตพรสวรรค์ (2546) พบว่า ในฤดูแล้งช่วงป่าจะอยู่อาศัยและหากินในพื้นที่ที่อยู่ไม่ไกลจากแหล่งโป่ง และแหล่งโป่งยังมีความสัมพันธ์กับแหล่งน้ำด้วย โดยช่วงป่าจะเลือกใช้แหล่งโป่งที่อยู่ใกล้กับแหล่งน้ำเท่านั้น

- ปัจจัยทางกายภาพ

- ความสูงจากระดับทะเลปานกลาง (Elevation) เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกใช้พื้นที่ของสัตว์ป่าโดยทั่วไป สัตว์ป่าแต่ละชนิดจะมีความสามารถในการเข้ามาใช้พื้นที่ในระดับความสูงที่แตกต่างกันออกไป เช่น กวางผาจะเลือกอาศัยอยู่บริเวณที่มีความสูงจากระดับทะเลปานกลางตั้งแต่ 1,000 เมตรขึ้นไป (รักชนก ชยุติมกุล, 2549) ในขณะที่ช่วงป่าสามารถอยู่อาศัยในพื้นที่ได้เกือบทุกระดับความสูงตั้งแต่ระดับต่ำไปจนกระทั่งสูง (ธีระพงษ์ ชุมแสงศรี และคณะ, 2546 และ ศุภกิจ วินิตพรสวรรค์, 2546) เช่นเดียวกับการเลือกอยู่อาศัยของเสือโคร่งซึ่งไม่มีความสัมพันธ์กับความสูงจากระดับทะเลปานกลาง (ปรีชา พรหมะกุล, 2546)

- ความลาดชัน (Slope) เป็นค่าตัวเลขที่กำหนดเป็นสัดส่วนระหว่างระยะแนวตั้งต่อระยะแนวราบ หรือองศาของความลาดเอียงซึ่งวัดจากแนวราบ โดยบอกถึงความลาดเอียงหรือความสูงชันของภูมิประเทศ สัตว์ป่าแต่ละชนิดจะมีความสามารถในการใช้พื้นที่ที่ระดับความลาดชันมากหรือน้อยไม่เท่ากัน เช่น บนลานหินที่มีพรรณไม้ปกคลุมน้อยและมีความลาดชันสูงเป็นพื้นที่ที่มีการเกาะกลุ่มกันของกวางผา (รักชนก ชยุติมกุล, 2549) ในขณะที่บริเวณความลาดชันสูงก็เป็นปัจจัยที่ทำให้มีการกระจายตัวของกวางป่าช่วงป่าและเสือโคร่งน้อย (บุษบง กาญจนสาขา และคณะ, 2553; ศุภกิจ วินิตพรสวรรค์, 2546 และ ปรีชา พรหมะกุล, 2546) ส่วนสุรินทร์ วราชน (2548) พบว่า ความลาดชันไม่มีผลต่อการอยู่อาศัยของวัวแดง

- ปัจจัยที่มีผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์

- ถนน (Road) การสร้างถนนเข้าไปในพื้นที่ป่าไม้จัดได้ว่าเป็นการคุกคามต่อสัตว์ป่าอย่างถาวร เนื่องจากการแบ่งแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่าให้แยกออกจากกันและมีขนาดเล็กลง สัตว์ป่าที่เคยข้ามไปมาระหว่างสองพื้นที่ที่ไม่สามารถข้ามไปมาได้เหมือนในอดีต สัตว์ป่าจึงค่อย ๆ ถอยร่นห่างจากแนวถนนออกไปเรื่อย ทำให้มีผลกระทบกับการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมและยังง่ายต่อการถูกทำลายหรือล่า ดังเช่น การตัดถนนทางหลวงหมายเลข 304 ขนาด 4 ช่องทางจราจร ทำให้พื้นที่ป่าถูกแบ่งออกเป็นสองฝั่ง คือ อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่และอุทยานแห่งชาติทับลาน ซึ่งส่งผลกระทบต่อการเคลื่อนย้ายของสัตว์ป่า

จึงพบช้างป่าและเลี้ยงผาเกาะกลุ่มกันเฉพาะในอุทยานแห่งชาติทับลาน (มงคล สาพวงค์ และคณะ, 2555) ในขณะที่สุรินทร์ วราชน (2548) พบว่า ถนนไม่มีอิทธิพลต่อการเข้าใช้พื้นที่ของวัวแดง

- แหล่งท่องเที่ยว (Tourist Attraction) เป็นบริเวณของป่าไม้ที่มนุษย์เข้าไปใช้ประโยชน์เพื่อการพักผ่อนหย่อนใจและประกอบกิจกรรมนันทนาการ เช่น การพักผ่อน การประกอบอาหาร การเล่นดนตรี กิจกรรมเหล่านี้ได้ไปรบกวนการอยู่อาศัยและทำให้สภาพแวดล้อมเสื่อมโทรมลง อีกทั้งยังส่งผลต่อการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของสัตว์ป่า เช่น การออกมาใกล้คนเพื่อขออาหารจนหาอาหารเองไม่เป็นซึ่งหากไม่ได้อาหารก็อาจเกิดการต่อสู้กันเองหรือเกิดพฤติกรรมก้าวร้าว ดุร้ายมากขึ้น จากการศึกษาของสมหญิง ทัทสิกรณ์ (2546) พบว่า กิจกรรมแพท่องเที่ยวในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าคลองแสงเป็นปัจจัยด้านลบต่อการกระจายตัวของสมเสร็จ เช่นเดียวกับรักชนก ชยุติกุล (2549) พบว่ากวางจะไม่เข้ามาใช้พื้นที่บริเวณลานหินที่มีนักท่องเที่ยว และธีระพงษ์ ชุมแสงศรี และคณะ (2546) ที่พบว่าช้างป่าจะอยู่อาศัยห่างจากพื้นที่ที่มีกิจกรรมของมนุษย์

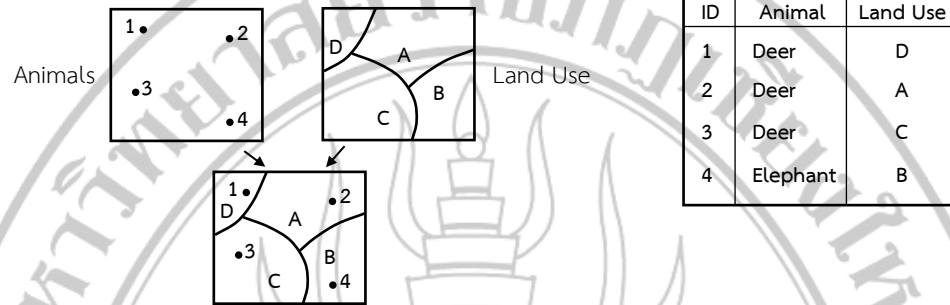
ในส่วนของการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมกับแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่านั้นสามารถแสดงได้ 2 ลักษณะ คือ ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ซึ่งศึกษาด้วยวิธีการซ้อนทับข้อมูลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และความสัมพันธ์เชิงสถิติ

1) ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่

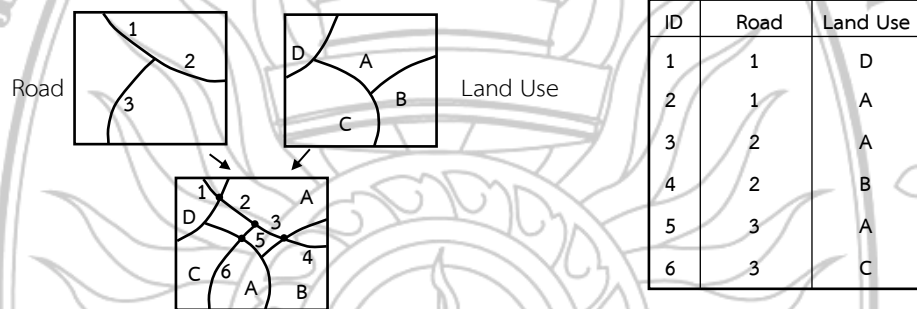
1.1) การซ้อนทับข้อมูล (Overlay)

เป็นการนำข้อมูลเชิงพื้นที่ตั้งแต่ 2 ชั้นข้อมูลขึ้นไปมาวางซ้อนทับกันโดยอาศัยค่าพิกัดภูมิศาสตร์ในตำแหน่งที่ตรงกันด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ในการซ้อนทับข้อมูลสามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเชิงพื้นที่ตามเงื่อนไขที่กำหนดได้ ทั้งเงื่อนไขทางคณิตศาสตร์ (Arithmetic) เช่น การบวก ลบ คูณ หาร และเงื่อนไขทางตรรกศาสตร์ (Logical) เช่น และ หรือ ถ้า-แล้ว ก็ต่อเมื่อ

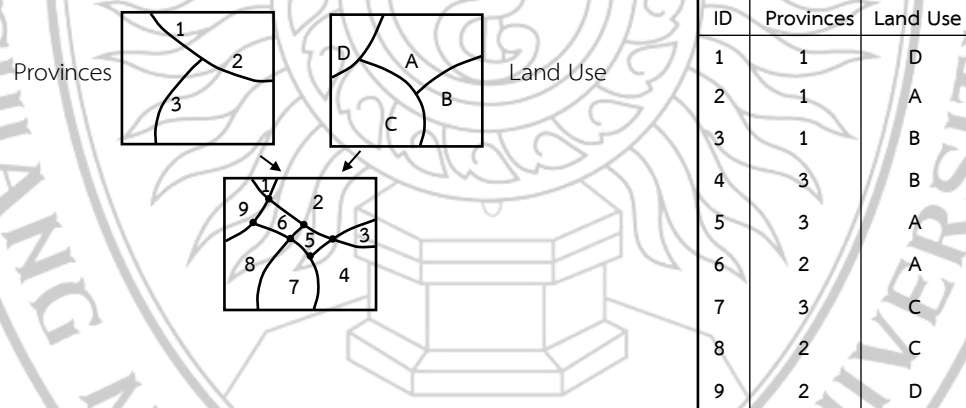
ผลที่ได้จากการซ้อนทับข้อมูลจะเป็นการสร้างชั้นข้อมูลใหม่โดยเป็นการกำหนดพื้นที่ที่มีการกระจายตัวของสัตว์ป่าแต่ละชนิดในระดับมาก ปานกลาง น้อย ซึ่งแบ่งตามความถี่ของข้อมูลที่พบในแต่ละบริเวณ Murai (1998) ได้แบ่งลักษณะของการซ้อนทับข้อมูลออกเป็น 3 รูปแบบ ได้แก่ การคัดเลือกข้อมูลจุดที่ตกอยู่ในรูปปิดที่ต้องการทราบคำตอบ (ภาพที่ 2.4 ก) การคัดเลือกข้อมูลเส้นที่ตกอยู่ในรูปปิดที่ต้องการทราบคำตอบ (ภาพที่ 2.4 ข) การซ้อนทับข้อมูลรูปปิดสองชั้นข้อมูล (ภาพที่ 2.4 ค)



ก. การคัดเลือกข้อมูลจุดที่ตกอยู่ในรูปปิด (Point in Polygon Overlay)



ข. การคัดเลือกข้อมูลเส้นที่ตกอยู่ในรูปปิด (Line on Polygon Overlay)



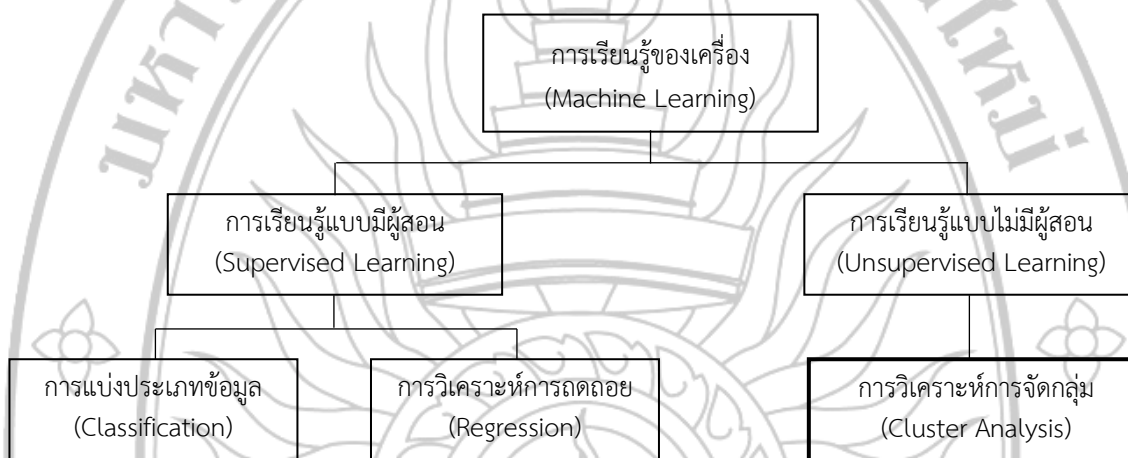
ค. การซ้อนทับข้อมูลรูปปิด (Polygon on Polygon Overlay)

ภาพที่ 2.4 ประเภทของการซ้อนทับข้อมูล

ที่มา: ดัดแปลงจาก Murai, 1998

1.2) การวิเคราะห์การจัดกลุ่ม (Cluster Analysis)

การวิเคราะห์การจัดกลุ่มจัดว่าเป็นการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ประเภทการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน (Unsupervised Learning) (ภาพที่ 2.5) ซึ่งมีเป้าหมายเพื่อจำแนกกลุ่มข้อมูล (Cases) หรือตัวแปร (Variables) ที่มีลักษณะหรือคุณสมบัติคล้ายกันหรือมีความสัมพันธ์กันให้อยู่ในกลุ่มเดียวกันและข้อมูลที่รวมอยู่ในกลุ่มเดียวกันจะมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน โดยข้อมูลแต่ละกลุ่มจะถูกเรียกว่า คลัสเตอร์ (Cluster)



ภาพที่ 2.5 ประเภทของการเรียนรู้ของเครื่อง

ที่มา: สถาบันส่งเสริมการวิเคราะห์และบริหารข้อมูลขนาดใหญ่ภาครัฐ (GBDi), 2563

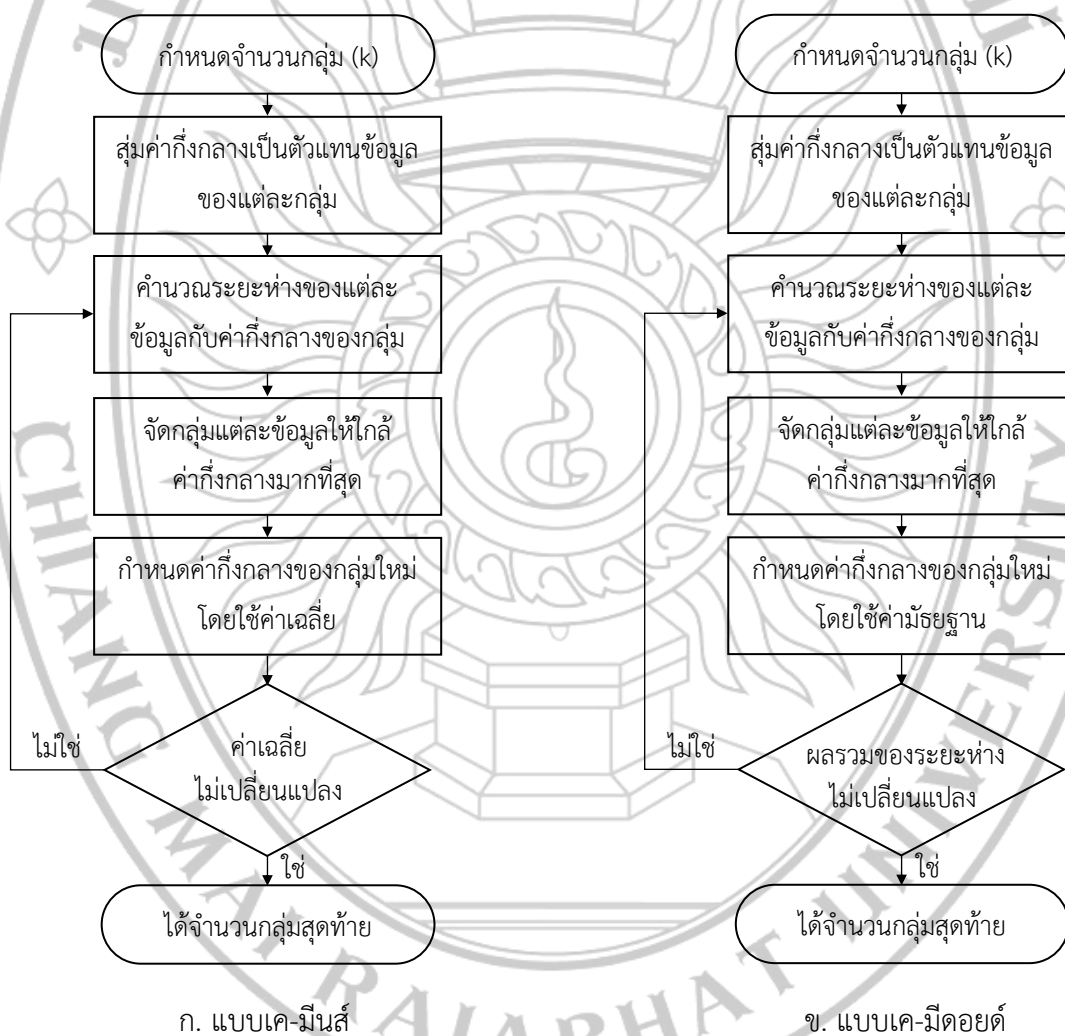
การวิเคราะห์การจัดกลุ่มสามารถทำได้โดยการกำหนดเงื่อนไขให้กับข้อมูลโดยใช้ภาษาคอมพิวเตอร์เพื่อใช้คำนวณทางสถิติ เช่น ภาษาอาร์ (R Programming Language) อัลกอริทึมที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์การจัดกลุ่ม ได้แก่

- อัลกอริทึมแบบเค-มีนส์ (k-Means Algorithm)

การจัดกลุ่มข้อมูลด้วยอัลกอริทึมแบบเค-มีนส์ ประกอบด้วยการทำงานหลัก 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การกำหนดจำนวนกลุ่ม (k) 2) สุ่มค่ากึ่งกลาง (Centroid) เพื่อเป็นตัวแทนข้อมูลของแต่ละกลุ่ม 3) คำนวณระยะห่างของแต่ละข้อมูลกับค่ากึ่งกลางของกลุ่ม 4) นำข้อมูลทั้งหมดจัดเข้ากลุ่มที่มีค่ากึ่งกลางใกล้กับข้อมูลมากที่สุด 5) คำนวณค่าเฉลี่ย (Mean) ของข้อมูลที่อยู่ในกลุ่มเพื่อกำหนดค่ากึ่งกลางใหม่ 6) ทำซ้ำขั้นตอนที่ 3 ถึง 5 จนกระทั่งค่าเฉลี่ยไม่เปลี่ยนแปลง

- อัลกอริทึมแบบเค-มีดอยด์ (k-Medoids Algorithm)

อัลกอริทึมแบบเค-มีดอยด์ มีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า การแบ่งกลุ่มรอบ ๆ ค่ามัธยฐานของข้อมูล (Partitioning Around Medoids: PAM) ซึ่งประกอบด้วยการทำงานหลัก 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การกำหนดจำนวนกลุ่ม (k) 2) ทำการสุ่มค่ากึ่งกลาง (Centroid) เพื่อเป็นตัวแทนข้อมูลของแต่ละกลุ่ม 3) คำนวณระยะห่างของแต่ละข้อมูลกับค่ากึ่งกลางของกลุ่ม 4) นำข้อมูลทั้งหมดจัดเข้ากลุ่มที่มีค่ากึ่งกลางใกล้กับข้อมูลมากที่สุด 5) หาค่ากึ่งกลางของกลุ่มใหม่โดยใช้ค่ามัธยฐาน (Median) ของข้อมูลในกลุ่ม 6) คำนวณผลรวมของระยะห่างจากข้อมูล ทุกตัวกับค่ากึ่งกลางกลุ่มของกลุ่มนั้น ๆ ถ้าผลรวมมีค่าเท่ากับผลรวมจากรอบที่แล้วจะหยุดการทำงาน แต่ถ้าไม่เท่ากันจะกลับไปทำซ้ำในขั้นตอนที่ 3 ใหม่



ภาพที่ 2.6 อัลกอริทึมการวิเคราะห์การจัดกลุ่ม

ที่มา: ดัดแปลงจาก Sharma et al., 2016

ในการหาจำนวนกลุ่มที่เหมาะสมของการวิเคราะห์การจัดกลุ่มสามารถพิจารณาได้จากค่าซิลลูเอ็ต (Silhouette: S_i) ซึ่งคำนวณได้จากสมการ [8]

$$S_i = \frac{b(i) - a(i)}{\text{Max}\{a(i), b(i)\}} \quad [8]$$

โดย $a(i)$ = ระยะห่างเฉลี่ยระหว่างข้อมูล i กับข้อมูลอื่นภายในกลุ่มเดียวกัน

$b(i)$ = ระยะห่างเฉลี่ยของข้อมูลตัวที่ i กับข้อมูลทั้งหมด

ค่าซิลลูเอ็ตมีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 โดยหากมีค่าเข้าใกล้ 1 หมายความว่า ข้อมูลถูกกำหนดให้อยู่ในกลุ่มที่เหมาะสม ถ้ามีค่าเท่ากับ 0 หมายความว่า ไม่สามารถบอกได้อย่างชัดเจนว่าข้อมูลควรอยู่กลุ่มใด และถ้ามีค่าเข้าใกล้ -1 หมายความว่า ข้อมูลอาจถูกกำหนดให้อยู่ผิดกลุ่ม

การจัดกลุ่มข้อมูลจะอาศัยมาตรวัดระยะห่างระดับสูง ซึ่งการเลือกใช้วิธีการวัดระยะห่างที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของข้อมูล เช่น มาตรวัดระยะห่างแบบยูคลิเดียน (Euclidean Distance) จะใช้วัดระยะห่างของข้อมูลที่เป็นตัวแปรเชิงปริมาณ ซึ่งคำนวณได้จากสมการ [9]

$$D_{ij} = \sqrt{\sum_{i=1}^p (x_i - y_i)^2} \quad [9]$$

โดย i = จำนวนข้อมูล

x_i = เวกเตอร์ของจุดที่ 1 ($x_1, x_2, \dots, x_p$)

y_i = เวกเตอร์ของจุดที่ 2 ($y_1, y_2, \dots, y_p$)

p = จำนวนตัวแปร

หากข้อมูลที่ใช้ในการวัดระยะห่างเป็นตัวแปรผสมซึ่งประกอบด้วยตัวแปรเชิงปริมาณและตัวแปรนามบัญญัติจะต้องใช้มาตรวัดระยะห่างแบบโจเวอร์ (Gower Distance) ซึ่งคำนวณได้จากสมการ [10]

$$D_{ij} = \frac{\sum_{l=1}^p d_{ijl} \delta_{jl}}{\sum_{l=1}^p \delta_{jl}} \quad [10]$$

โดย i = จำนวนข้อมูล

p = จำนวนตัวแปร

$\delta_{jl} = 0$ เมื่อไม่ทราบค่าของข้อมูลที่ i หรือ j ของตัวแปรที่ l

$\delta_{jl} = 1$ เมื่อทราบค่าของข้อมูลที่ i หรือ j ของตัวแปรที่ l

d_{ijl} = ระยะห่างระหว่างข้อมูลที่ i กับ j ของตัวแปรที่ l

สำหรับระยะห่างระหว่างข้อมูล (d_{ijl}) จะถูกคำนวณด้วยวิธีที่แตกต่างกัน ดังนี้

- ระยะห่างของตัวแปรมาตรวัดแบบนามบัญญัติ

$d_{ijl} = 0$ เมื่อ x_{il} เท่ากับ x_{jl}

$d_{ijl} = 1$ เมื่อ x_{il} ไม่เท่ากับ x_{jl}

- ระยะห่างของตัวแปรมาตรวัดแบบอันตรภาคและแบบอัตราส่วน

$$d_{ijl} = \frac{|x_{il} - x_{jl}|}{R_l} \quad [11]$$

โดย x_{il} = ค่าของข้อมูลที่ i ของตัวแปรเชิงปริมาณที่ l

x_{jl} = ค่าของข้อมูลที่ j ของตัวแปรเชิงปริมาณที่ l

R_l = พิสัยของข้อมูลตัวแปรที่ l

2) ความสัมพันธ์เชิงสถิติ

2.1) การทดสอบความแตกต่างระหว่างตัวแปร

เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติอ้างอิง (Inferential Statistics) โดยเป็นการทดสอบว่าตัวแปรแต่ละตัวมีความเกี่ยวข้องกันหรือเป็นอิสระต่อกันมากน้อยเพียงใด

- กรณีที่ตัวแปรที่นำมาทดสอบอยู่ในมาตรวัดระดับนามบัญญัติหรือแบบผสมจะใช้สถิติไคสแควร์ (Chi-Square: χ^2) โดยนำตัวแปรมาจัดกลุ่มเพื่อหาค่าความถี่หรือจำนวนนับแล้วจึงนำความถี่ไปทำการทดสอบ

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}} \quad [12]$$

โดย r = จำนวนกลุ่มของตัวแปรด้านแถว

c = จำนวนกลุ่มของตัวแปรด้านคอลัมน์

O_{ij} = ความถี่ที่ได้จากการสังเกต

E_{ij} = ความถี่คาดหวัง ซึ่งมีค่าเท่ากับ $\frac{r_i c_j}{n}$

หากพบว่าค่าไคสแควร์ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนดไว้ เช่น กำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 กล่าวคือ หากมีค่ามากกว่า 0.05 แสดงว่า ตัวแปรต้นและตัวแปรตามไม่มีความสัมพันธ์กัน

แต่หากพบว่าค่าไคสแควร์ที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนดไว้ เช่น กำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 กล่าวคือ หากมีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่า ตัวแปรต้นและตัวแปรตามมีความสัมพันธ์กัน

- กรณีที่ตัวแปรที่นำมาทดสอบอยู่ในมาตรวัดระดับอันดับ หรือเป็นตัวแปรต่อเนื่องที่มีการแจกแจงไม่เป็นแบบโค้งปกติ หรือมีจำนวนตัวอย่างน้อย จะใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสเปียร์แมน (Spearman Correlation Coefficient: r_s)

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n D^2}{n(n^2 - 1)} \quad [13]$$

โดย D = ผลต่างของอันดับที่ของข้อมูลแต่ละคู่

n = จำนวนข้อมูล

• กรณีที่ตัวแปรที่นำมาทดสอบเป็นตัวแปรต่อเนื่องซึ่งอยู่ในมาตรวัดระดับอันตรภาคและอัตราส่วน จะใช้สถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Product Moment Correlation Coefficient: r)

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{\sqrt{\left[\sum_{i=1}^n (X - \bar{X})^2 \right] \left[\sum_{i=1}^n (Y - \bar{Y})^2 \right]}} \quad [14]$$

โดย n = จำนวนข้อมูล

X = ค่าของข้อมูล X

Y = ค่าของข้อมูล Y

$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ยของข้อมูล X

$\bar{Y}$ = ค่าเฉลี่ยของข้อมูล Y

ค่าของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสเปียร์แมนและเพียร์สันอยู่ระหว่าง -1.00 ถึง 1.00 หากมีค่ามากกว่า 0 แสดงว่ามีความสัมพันธ์ทางบวก หากค่าน้อยกว่า 0 แสดงว่ามีความสัมพันธ์ทางลบ โดยมีระดับความสัมพันธ์ ดังนี้

$r \geq 0.80$ หรือ $r \leq -0.80$	แสดงว่า	สัมพันธ์กันสูง
$0.50 < r < 0.80$ หรือ $-0.80 < r < -0.50$	แสดงว่า	สัมพันธ์กันปานกลาง
$-0.50 \leq r \leq 0.50$	แสดงว่า	สัมพันธ์กันต่ำ

2.2) การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

วิธีการทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้น (มากกว่าหรือเท่ากับ 1 ตัว) กับตัวแปรตาม เรียกว่า การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกส์ (Logistic Regression Analysis) เป็นการวิเคราะห์เพื่อค้นหาตัวแปรอิสระที่อธิบายโอกาสการเกิดเหตุการณ์ตามตัวแปรตาม และสร้างสมการถดถอยโลจิสติกส์ทำนายโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ที่สนใจ โดยคัดเลือกตัวแปรอิสระที่เหมาะสมเพื่อทำให้ความถูกต้องของการทำนายมีค่าสูงที่สุด

- กรณีที่มีตัวแปรอิสระเพียงตัวแปรเดียว เรียกว่า การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกส์แบบมีเงื่อนไขตัวแปรเดียว (Univariate Conditional Logistic Regression) ซึ่งเขียนความสัมพันธ์ในรูปแบบของสมการ [15]

$$\text{Logit}(y) = \beta_0 + \beta_1 x \quad [15]$$

โดย y = ค่าของตัวแปรตาม

β_0 = ค่าคงที่

$\beta_1 x$ = ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรอิสระ x

- กรณีที่มีตัวแปรอิสระมากกว่า 1 ตัวแปร เรียกว่า การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกส์พหุคูณแบบมีเงื่อนไข (Multivariate Conditional Logistic Regression) ซึ่งเขียนความสัมพันธ์ในรูปแบบของสมการ [16]

$$\text{Logit}(y) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k \quad [16]$$

โดย y = ค่าของตัวแปรตาม

k = จำนวนตัวแปรอิสระ

β_0 = ค่าคงที่

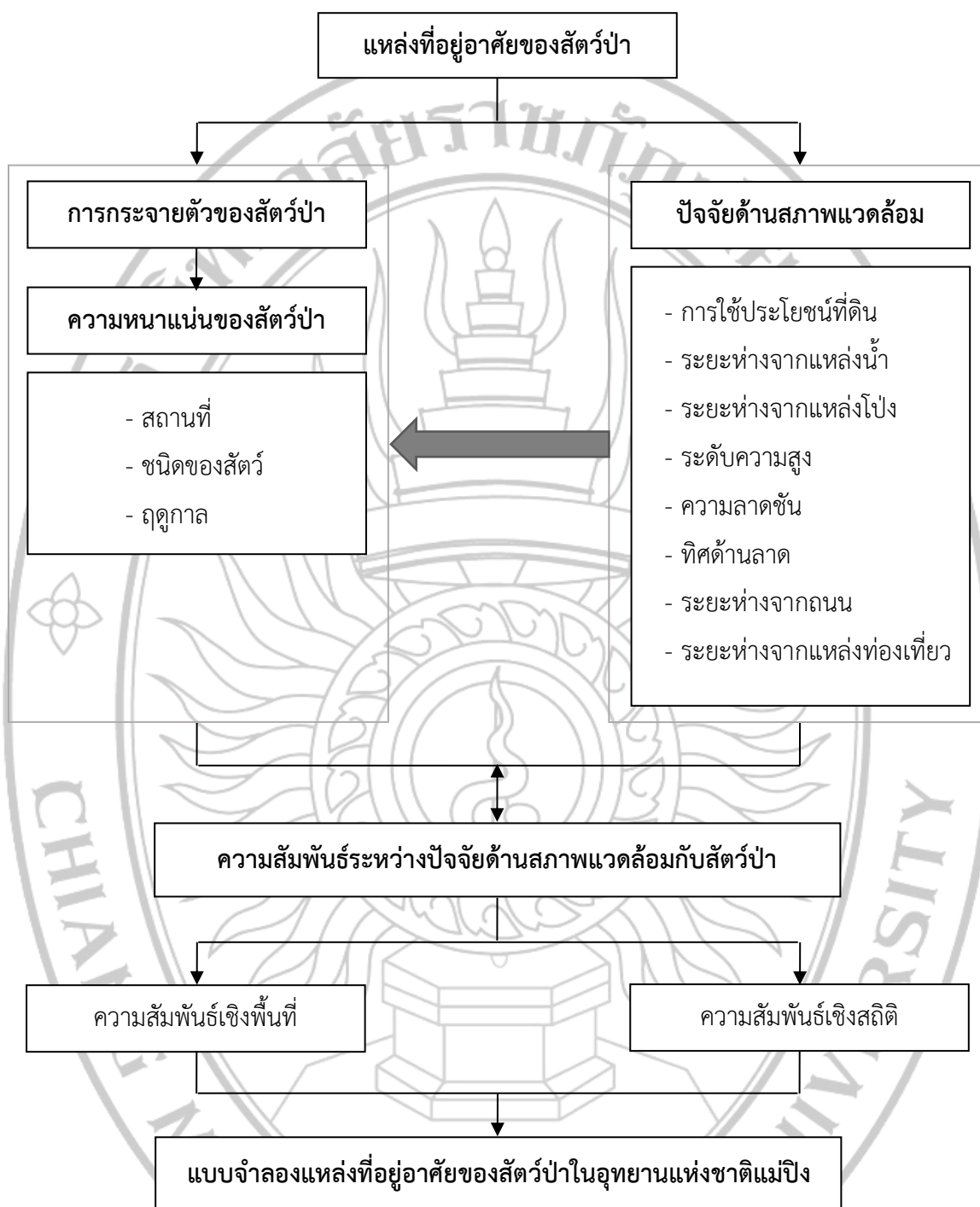
$\beta_k x_k$ = ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรอิสระ k

ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย หมายถึง อัตราการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตามเมื่อตัวแปรอิสระเปลี่ยนแปลงไป 1 หน่วย โดยหากมีค่าเป็นบวก แสดงว่า ตัวแปรอิสระและตัวแปรตามมีความสัมพันธ์ในเชิงบวก หากมีค่าเป็นลบ แสดงว่า ตัวแปรอิสระและตัวแปรตามมีความสัมพันธ์ในเชิงลบ และหากมีค่าเท่ากับศูนย์ แสดงว่า ตัวแปรอิสระและตัวแปรตามไม่มีความสัมพันธ์กัน

2.4 กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากแนวความคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยสามารถสรุปประเด็นต่าง ๆ เพื่อสร้างกรอบแนวคิดในการศึกษาแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่าในอุทยานแห่งชาติแม่ปิง (ภาพที่ 2.7) โดยตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้นของการวิจัย คือ ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่า ซึ่งตัวแปรที่คัดเลือกมาจากการทบทวนวรรณกรรม ได้แก่ การใช้ประโยชน์ที่ดิน ระยะห่างจากแหล่งน้ำ ระยะห่างจากแหล่งโป่ง ระดับความสูง ความลาดชัน ระยะห่างจากถนน และระยะห่างจากแหล่งท่องเที่ยว โดยได้เพิ่มตัวแปรทิศด้านลาดหรือทิศทางการหันเหของความลาดชันเข้าไปในการศึกษาเนื่องจากเป็นตัวแปรที่แสดงถึงทิศทางการรับแสงอาทิตย์ในเวลากลางวันของพื้นที่ซึ่งส่งผลกระทบต่อความแห้งแล้งของแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่า สำหรับตัวแปรตามของการวิจัย คือ การกระจายตัวและความหนาแน่นของสัตว์ป่า

การศึกษากระจายตัวและความหนาแน่นของสัตว์ป่าใช้วิธีการประเมินจากร่องรอย ได้แก่ รอยเท้า รอยกองมูล ซาก การกระทำของสัตว์ป่า และการพบเห็นตัวโดยตรง โดยพิจารณารูปแบบการกระจายตัวด้วยค่าดัชนีความใกล้เคียงเพื่อตรวจสอบว่าสัตว์ป่ามีรูปแบบการกระจายตัวเป็นแบบเกาะกลุ่ม แบบสุ่มหรือแบบค่อนข้างสม่ำเสมอ และวิเคราะห์ความหนาแน่นจำเพาะของสัตว์ป่า โดยพิจารณาตามสถานที่ที่พบชนิดของสัตว์ป่า และฤดูกาล ในส่วนของการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมและแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่าพิจารณาจากความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ซึ่งเป็นความสัมพันธ์เชิงตำแหน่งที่ตั้งของปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมกับตำแหน่งที่พบสัตว์ป่าด้วยการซ้อนทับข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และการวิเคราะห์การจัดกลุ่มลักษณะของพื้นที่ที่พบการปรากฏตัวของสัตว์ป่าด้วยการประมวลผลด้วยภาษาอาร์ นอกจากนี้ยังพิจารณาความสัมพันธ์เชิงสถิติด้วยวิธีการทางสถิติเพื่อแสดงระดับและทิศทางของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม ซึ่งในการทดสอบความแตกต่างระหว่างตัวแปรใช้สถิติไคสแควร์ และการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรใช้การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกส์ เนื่องจากตัวแปรที่ใช้ในการศึกษามีลักษณะเป็นตัวแปรผสม



ภาพที่ 2.7 กรอบแนวคิดในการวิจัย