

03

การประยุกต์ข้อมูลลาดตระเวนเชิงคุณภาพเพื่อการสร้างแบบจำลองการกระจายของเสือโคร่ง ในกลุ่มป่าตะวันตกของประเทศไทย APPLYING SMART PATROL DATABASE FOR CREATING SPECIES DISTRIBUTION MODEL OF PANTHERA TIGRIS CORBETTI IN WESTERN FOREST COMPLEX, THAILAND.

ชาตรี อริยะพิทักษ์^a นันทชัย พงศ์พัฒนานุรักษ์^{a,✉} อนรรฆ พัฒนวิบูลย์^b สุชาติ โภณชงค์^c และ อันดาบิน จันทรท้าว^a

^aคณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

^bสมาคมอนุรักษ์สัตว์ป่า (WCS) ประเทศไทย

^cกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

Chatree Ariyaphithak^a, Nantachai Pongpattananurak^{a,✉} Anak Pattanavibool^b, Suchart Podchong^c and Andaman Chankhao^a

^aFaculty of Forestry, Kasetsart University

^bWildlife Conservation Society Thailand Program

^cDepartment of National Park, Wildlife and Plant Conservation

✉ fforncp@ku.ac.th

วันที่รับ (received) 1 เม.ย. 2563 วันที่แก้ไข (revised) 14 มิ.ย. 2563 วันที่ตอบรับ (accepted) 25 มิ.ย. 2563

บทคัดย่อ

กลุ่มป่าตะวันตกถือได้ว่าเป็นกลุ่มป่าที่มีการใช้ระบบลาดตระเวนเชิงคุณภาพอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุดของประเทศไทย การศึกษาครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายประยุกต์ใช้ข้อมูลลาดตระเวนเชิงคุณภาพมาพัฒนาและเปรียบเทียบแบบจำลองทางสถิติที่แตกต่างกัน 9 แบบจำลอง เพื่อพัฒนาแผนที่แสดงศักยภาพหย่อมถิ่นอาศัยของเสือโคร่งในกลุ่มป่าตะวันตก จากการคัดกรองข้อมูลระหว่างปี พ.ศ. 2555 - 2559 พบการปรากฏของเสือโคร่ง 2,118 จุด การทดสอบไคกำลังสองพบว่าแบบจำลองความสูงเชิงเลข ร้อยละความลาดชัน และดัชนีพืชพรรณที่พบทั้งกลุ่มป่าตะวันตกแตกต่างจากข้อมูลที่ได้จากการลาดตระเวนเชิงคุณภาพอย่างไม่มีนัยสำคัญเชิงสถิติ (p -value = 0.2322 p -value = 0.2335 และ p -value = 0.2313 ตามลำดับ) สะท้อนถึงการเป็นตัวแทนข้อมูลในกลุ่มป่าตะวันตกได้เป็นอย่างดี การศึกษาพบว่าแบบจำลองทางสถิติ random forest มีประสิทธิภาพสูงสุด พบพื้นที่เหมาะสมต่อการกระจายของเสือโคร่งร้อยละ 18.72 ของพื้นที่กลุ่มป่าตะวันตก จำแนกเป็นหย่อมถิ่นอาศัยทั่วไป (1,824 ตร.กม.) หย่อมถิ่นอาศัยเพื่อการสืบพันธุ์ (181 ตร.กม.) และหย่อมถิ่นอาศัยเพื่อการดำรงไว้ซึ่งประชากร (1,502 ตร.กม.) และยังพบพื้นที่เหมาะสมอีกไม่น้อยอยู่นอกกลุ่มป่าตะวันตกและยังคงถูกรบกวนจากกิจกรรมของมนุษย์อย่างเข้มข้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องแก้ไขและบังคับใช้กฎหมายอย่างจริงจัง เพื่อลดผลกระทบต่อการดำรงอยู่ของเสือโคร่งและเหยื่อในระยะยาว

คำสำคัญ : เสือโคร่ง แบบจำลองการกระจายสิ่งมีชีวิต ลาดตระเวนเชิงคุณภาพ กลุ่มป่าตะวันตก ประสิทธิภาพของแบบจำลอง

Abstract

Thailand's Western Forest Complex (WEFCOM) to date has been the most effective area for the use of the Spatial Monitoring and Reporting Tool (SMART). The objective of this study was to apply the data obtained from the SMART system to develop and evaluate nine statistical models to estimate tiger distribution in the area. From the SMART database between 2012 and 2016, 2,118 presences of tigers. The categorical responses of digital elevation model, slope percentage and normalized difference vegetation index of WEFCOM were not significantly different from those of the SMART database (chi-square test; p = 0.2322 p = 0.2335 and p = 0.2313 respectively). This result suggested that the tiger presence data from the SMART database provided a good representation of the WEFCOM landscape. The random forest (RF) model was the most effective model. Using the RF model, only 18.72% of WEFCOM was classified as suitable habitat, which could be further classified into three patch types: common patches (1,824 km²), breeding patches (181 km²) and population-maintaining patches (1,502 km²). Moreover, it was found that many suitable habitat patches for tigers are located outside the WEFCOM and highly encroached by human activities. Therefore, it is important to take corrective actions and enforce the law seriously to reduce the long-term negative impact on the existence of tigers and preys.

Keywords : Tiger, Species Distribution Model, SMART Patrol, WEFCOM, Model Performance

บทนำ

แบบจำลองการกระจายสิ่งมีชีวิต (Species Distribution Model: SDM) ถือได้ว่าเป็นเครื่องมือที่มีความสำคัญ และมักถูกนำมาใช้สนับสนุนการวางแผนการจัดการพื้นที่อนุรักษ์ในหมู่นักวิจัยและนักจัดการพื้นที่ทั่วโลก (Podchong et al., 2009; Faculty of Forestry, 2012; Maiorano et al., 2019; Pecchi et al., 2019) การศึกษาแบบจำลองการกระจายของสัตว์ป่าในประเทศไทยในทศวรรษที่ผ่านมามักเลือกใช้แบบจำลองทางสถิติ (Maximum Entropy: MaxEnt) ในการวิเคราะห์ข้อมูล เช่น การศึกษาการกระจายของหมาใน (Jenks et al., 2012) กระต๊อง (Planisong, Trisurat, Sookchaloem, Bhumpakphan & Podchong, 2018) และวัวแดง (Duengkae, Chaiyes, & Pongpattananurak, 2014) ในพื้นที่อนุรักษ์ การศึกษาผลกระทบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพของสังคมพืชคลุมดินต่อสภาพถิ่นอาศัยที่เหมาะสมของสัตว์ป่า (Yodyoi, Pongpattananurak & Chimchome, 2015) และการศึกษาแนวทางการจัดการแนวเชื่อมต่อทางนิเวศในกลุ่มป่าที่สำคัญของประเทศไทย (Faculty of Forestry, 2012) ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาได้มีการคิดค้นและพัฒนาแบบจำลองทางสถิติตามแนวคิดและหลักการทางสถิติจากทฤษฎีที่แตกต่างกันออกไปมากขึ้น เพื่อพัฒนาความถูกต้องและแม่นยำของการทำนายให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น (Guo et al., 2015) เป็นเหตุให้ในปัจจุบันนักวิจัยทางด้านการจัดการสัตว์ป่าให้ความสำคัญในเรื่องการพัฒนาแบบจำลองทางสถิติให้มีความแม่นยำ และความเที่ยง เพื่อให้ได้มาซึ่งแผนที่แสดงการกระจายของสัตว์ป่าที่มีความน่าเชื่อถือ

ระบบลาดตระเวนเชิงคุณภาพ (SMART patrol system) ได้เริ่มต้นการพัฒนาในพื้นที่อนุรักษ์ของประเทศยูกันดา ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540 ภายใต้โครงการ Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) จนถึงปัจจุบันได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่อนุรักษ์จำนวนมาก โดยเฉพาะภูมิภาคเอเชีย แอฟริกา และอเมริกาใต้ โดยมีจุดประสงค์หลักเพื่อการปกป้องคุ้มครองชนิดพันธุ์สัตว์ที่มีความเสี่ยงต่อการถูกล่าอย่างผิดกฎหมาย (Hötte et al., 2016; Department of National Parks Wildlife and Plant Conservation, 2017) ประเทศไทยเริ่มนำระบบลาดตระเวนเชิงคุณภาพมาใช้ครั้งแรกที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งในปี พ.ศ. 2549 โดยความร่วมมือระหว่างกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช และสมาคมอนุรักษ์สัตว์ป่า (Wildlife Conservation Society: WCS) ประเทศไทย เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพในการลาดตระเวนให้สามารถติดตามตรวจสอบได้ และมีการเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างเป็นระบบในฐานะข้อมูล (Spatial Monitoring And Reporting Tool: SMART) ที่สามารถนำไปสู่ขั้นตอนการวิเคราะห์ และวางแผนในการป้องกันและปราบปรามการกระทำผิด (Faengbubpha et al., 2016; Department of National Parks Wildlife and Plant Conservation, 2017) ต่อมากรมอุทยานฯ ได้เล็งเห็นถึงความสำคัญและมีการขยายพื้นที่ดำเนินการอย่างต่อเนื่อง SMART patrol monitoring center (2019) ได้รายงานว่ามีพื้นที่อนุรักษ์ที่ใช้ระบบลาดตระเวนเชิงคุณภาพทั้งสิ้น 204 แห่ง หนึ่งในเป้าหมายที่สำคัญคือการลาดตระเวนครอบคลุมพื้นที่ต่อปีไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ในแต่ละพื้นที่อนุรักษ์

กลุ่มป่าตะวันตกถือได้ว่าเป็นกลุ่มป่าลำดับต้น ๆ ที่มีการใช้ระบบลาดตระเวนเชิงคุณภาพอย่างจริงจัง เนื่องจากเป็นถิ่นที่อาศัยสำคัญของสัตว์ป่าหลากหลายชนิดพันธุ์ที่อยู่ในสถานะใกล้สูญพันธุ์ โดยมีสาเหตุหลักมาจากการสูญเสียถิ่นอาศัย และการลักลอบล่าสัตว์อย่างผิดกฎหมาย (Trisurat et al., 2010; IUCN, 2016) โดยเฉพาะเสือโคร่ง และวัวแดง ที่พบว่าประชากรมากกว่าครึ่งของประเทศไทยปรากฏอยู่ในกลุ่มป่าตะวันตก (Srikosamatara & Suteethorn, 1995; Wildlife Research Division, 2010) จากการศึกษาของ Duangchantrasiri et al. (2016) พบว่าเสือโคร่งในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งมีอยู่ 35 – 58 ตัว หรือคิดเป็นความหนาแน่นราว 2 ตัว ต่อ 100 ตร.กม. โดยเสือโคร่งเพศผู้มีขนาดพื้นที่หากิน 267 - 294 ตร.กม. และเพศเมียมีขนาดพื้นที่หากิน 70 - 84 ตร.กม. พื้นที่หากินของเสือโคร่งเพศผู้มักทับซ้อนกับพื้นที่

หากินของเพศเมีย 1 - 4 ตัว (Simcharoen et al., 2014) ปัจจัยจำกัดที่สำคัญต่อการเลือกใช้เป็นถิ่นอาศัยของเสือโคร่ง คือแหล่งหลบภัย แหล่งน้ำ และปริมาณเหยื่อหลัก ซึ่งประกอบไปด้วย วัวแดง กระตัง กวางป่า หมูป่า และแก้ง (Duangchantrasiri, 2008) การทราบถึงสถานะภาพการกระจายของเสือโคร่งในกลุ่มป่าตะวันตก เป็นสิ่งสำคัญที่ต้องนำมาประกอบการตัดสินใจในการวางแผนการจัดการพื้นที่อนุรักษ์ และการจัดการสัตว์ป่าให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

การเก็บรวบรวมข้อมูลการปรากฏของสัตว์ป่าชนิดเป้าหมายเพื่อนำไปใช้ในการสร้างแผนที่การกระจายของสัตว์ป่าให้เป็นตัวแทนของทั้งพื้นที่ในระดับภูมิภาค เช่น กลุ่มป่าตะวันตก ได้อย่างมีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องมีหน่วยตัวอย่างที่ได้จากการสำรวจเป็นตัวแทนประชากรของพื้นที่ศึกษาที่สามารถครอบคลุมสภาพความผันแปรของสังคมพืชคลุมดินและสภาพภูมิประเทศที่ปรากฏในพื้นที่ในภาพรวมอย่างแท้จริง การรวบรวมข้อมูลภาคสนามตามเงื่อนไขดังกล่าวย่อมแลกมาด้วยเวลาและค่าใช้จ่ายจำนวนมากในการดำเนินการ ดังนั้นในการศึกษานี้จึงมีจุดมุ่งหมายในการนำข้อมูลลาดตระเวนเชิงคุณภาพจากฐานข้อมูล SMART ที่จัดทำขึ้นระหว่างปี พ.ศ. 2555 - 2559 มาประยุกต์ใช้เป็นข้อมูลการปรากฏของเสือโคร่งเพื่อนำไปพัฒนาแบบจำลองทางสถิติ และนำเสนอแนวทางการใช้ประโยชน์ข้อมูลลาดตระเวนเชิงคุณภาพเพื่อการสร้างแผนที่การกระจายของสัตว์ป่าในพื้นที่ขนาดใหญ่ระดับภูมิภาค ทั้งนี้สามารถนำผลการศึกษาที่ได้ไปพัฒนาแนวทางการสร้างแผนที่การแพร่กระจายของสัตว์ป่าในพื้นที่อนุรักษ์อื่น ๆ โดยใช้ข้อมูลลาดตระเวนเชิงคุณภาพ และการปรับปรุงแนวทางการลาดตระเวนเชิงคุณภาพให้ได้มาซึ่งข้อมูลการกระจายของสัตว์ป่าได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นในอนาคต ตลอดจนสามารถนำผลการศึกษาไปใช้สนับสนุนแผนฟื้นฟูประชากรเสือโคร่งและแผนปฏิบัติการเพื่ออนุรักษ์เสือโคร่งของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2553 - 2565 ให้เกิดผลสัมฤทธิ์สูงสุด

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อประเมินความเหมาะสมของข้อมูลที่ได้จากการลาดตระเวนเชิงคุณภาพในกลุ่มป่าตะวันตกในแง่ของการเป็นตัวแทนของพื้นที่ศึกษา
2. ประยุกต์ใช้ข้อมูลการปรากฏที่ได้จากการลาดตระเวนเชิงคุณภาพ เพื่อการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองการกระจายของเสือโคร่งในกลุ่มป่าตะวันตกจากแบบจำลองทางสถิติที่แตกต่างกัน 9 แบบจำลอง
3. สร้างแผนที่การกระจายและจำแนกหย่อมถิ่นอาศัยที่มีศักยภาพในการใช้ประโยชน์ของเสือโคร่งในกลุ่มป่าตะวันตก

วิธีดำเนินงานวิจัย

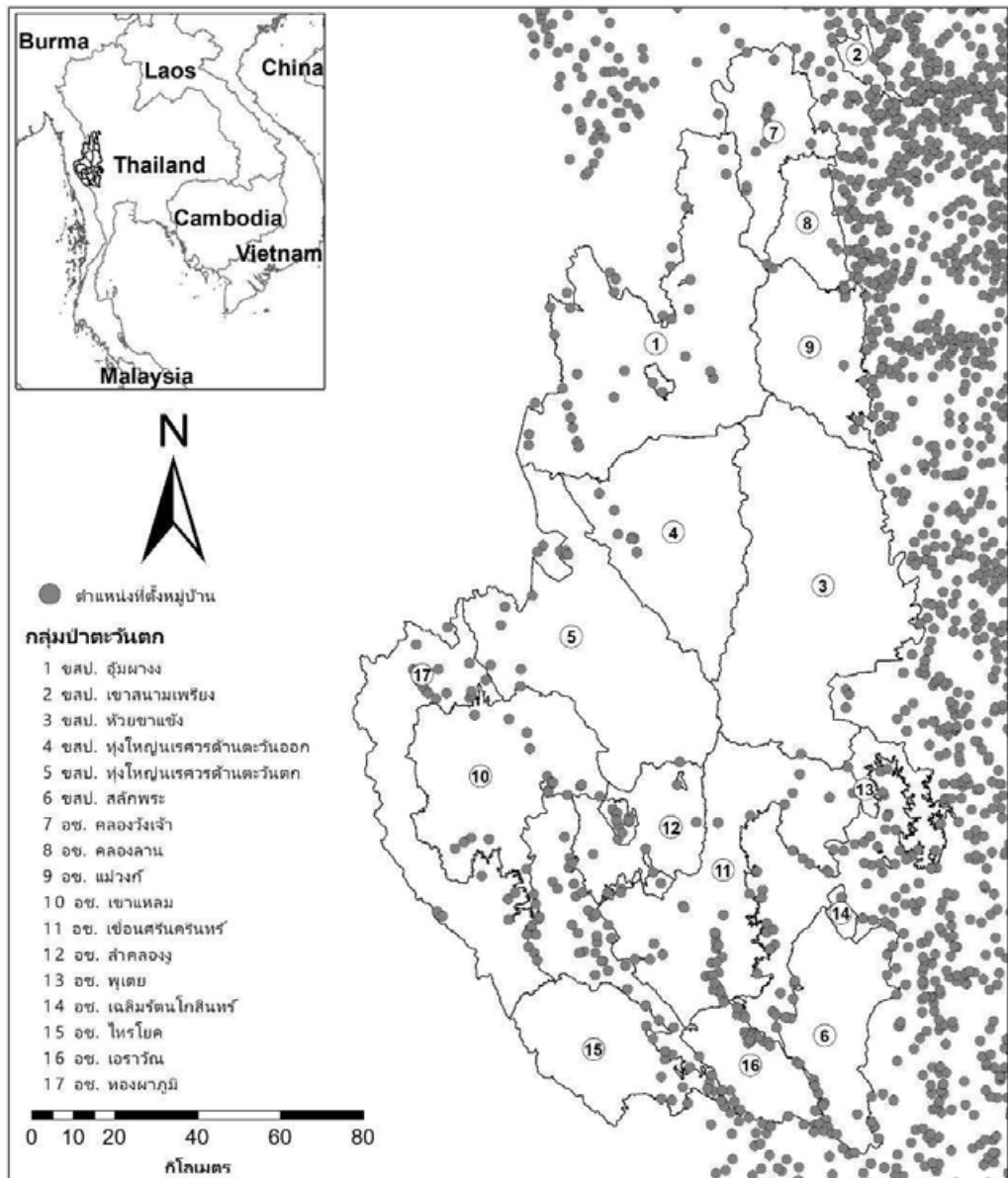
1. พื้นที่ศึกษา

กลุ่มป่าตะวันตกเป็นกลุ่มป่าที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในประเทศไทย ตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกของประเทศไทย พื้นที่บางส่วนติดกับแนวชายแดนประเทศเมียนมา (ภาพที่ 1) มีเนื้อที่ราว 18,730 ตร.กม. หรือคิดเป็นร้อยละ 3.5 ของพื้นที่ประเทศไทย (Bhumpakphan, 2001; WEFCOM, 2004) จากการจัดลำดับความสำคัญของกลุ่มป่าในประเทศไทย Pongpattananurak (2014) พบว่าป่าตะวันตกเป็นกลุ่มป่าที่มีความสำคัญมากที่สุด เนื่องจากเป็นผืนป่าขนาดใหญ่ที่มีความต่อเนื่องของพื้นที่ป่า และยังเป็นแหล่งรวมความหลากหลายทางชีวภาพที่สำคัญของประเทศไทย อีกทั้งป่าตะวันตกตั้งอยู่ในเขตรอยต่อระหว่างเทือกเขาถนนธงชัยและเทือกเขาตะนาวศรี ส่งผลให้พบชนิดป่าเกือบทุกประเภทที่มีอยู่ในประเทศไทย และยังเป็นถิ่นอาศัยที่สำคัญ

ของ เสือโคร่ง วัวแดง และควายป่า ซึ่งเป็นชนิดพันธุ์ที่มีความเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์อย่างยิ่ง (Srikosamatara & Suteethorn, 1995; Wildlife Research Division, 2010) ลักษณะทั่วไปของสภาพภูมิประเทศมีความสูงจากระดับทะเลปานกลาง อยู่ระหว่าง 20 - 2,180 ม. ความสูงส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 600 - 1,000 ม. สังคมพืชคลุมดินประกอบไปด้วย ป่าผสมผลัดใบร้อยละ 32.3 ป่าดิบแล้งร้อยละ 27.5 ป่าไผ่ร้อยละ 16 ป่าดงดิบเขาร้อยละ 9.6 ป่าทุ่งหญ้าร้อยละ 7.3 พื้นที่เกษตรกรรมร้อยละ 4 และป่าเต็งรังร้อยละ 3.3 ทั้งนี้พื้นที่เกษตรกรรมได้กระจายอยู่ทั่วไปตามแนวเขตพื้นที่อนุรักษ์ต่าง ๆ ภายในกลุ่มป่าแห่งนี้ (WEFCOM, 2004)

2. การตรวจสอบคุณภาพข้อมูลลาดตระเวนเชิงคุณภาพ

การศึกษาได้ทำการประเมินความเหมาะสมของข้อมูลการลาดตระเวนเชิงคุณภาพในแง่ของ 1) การลาดตระเวนเชิงคุณภาพครอบคลุมพื้นที่ในกลุ่มป่าตะวันตก ตามแนวทางการประเมินของศูนย์ควบคุมมาตรฐานการลาดตระเวนเชิงคุณภาพ และ 2) การเป็นตัวแทนที่ดีของข้อมูลที่ได้จากการลาดตระเวนเชิงคุณภาพในแง่ของการสำรวจที่สามารถครอบคลุมสังคมพืชและสภาพภูมิประเทศที่หลากหลายในพื้นที่ศึกษาได้อย่างแท้จริง การศึกษาในส่วนนี้ได้รวบรวมข้อมูลการลาดตระเวนเชิงคุณภาพจากโปรแกรมฐานข้อมูล SMART (version: 3.0.2, <http://smartconservationtools.org>) ของทุกพื้นที่อนุรักษ์ในกลุ่มป่าตะวันตก จากช่วงเดือนมกราคม 2555 ถึง ธันวาคม 2559 ได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลจากกรมอุทยานฯ มาดำเนินการสร้างกริดตามที่กรมอุทยานฯ ได้กำหนดให้บริเวณที่มีการลาดตระเวนผ่าน ครอบคลุมพื้นที่ขนาด 1 ตร.กม. (Faengbubpha et al., 2016; Department of National Parks Wildlife and Plant Conservation, 2017) เพื่อนำไปใช้ตรวจสอบร้อยละของพื้นที่ที่มีการลาดตระเวนเชิงคุณภาพในช่วงเวลาที่ศึกษา จากนั้นทำการแปลงข้อมูลเส้นทางการลาดตระเวนเชิงคุณภาพในช่วงเวลาดังกล่าวซึ่งเป็นข้อมูลเชิงตัวเลขแบบเวกเตอร์ให้เป็นข้อมูลราสเตอร์กำหนดให้มีขนาดจุดภาพ 30 x 30 ม. ให้สอดคล้องกับปัจจัยแวดล้อมที่นำมาใช้ในการเปรียบเทียบ ได้แก่ แบบจำลองความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model: DEM) ร้อยละความลาดชันและดัชนีพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index: NDVI) (ภาพที่ 2) ทำการดึงค่าจากปัจจัยแวดล้อมดังกล่าว และจำแนกช่วงชั้นการกระจายของแต่ละปัจจัยแวดล้อมที่มีการลาดตระเวนเชิงคุณภาพผ่านให้มีความสอดคล้องกับช่วงชั้นการกระจายของปัจจัยแวดล้อมที่กล่าวมาข้างต้นในพื้นที่กลุ่มป่าตะวันตกทำการทดสอบเปรียบเทียบสัดส่วนการกระจายของข้อมูลทั้งสองโดยการทดสอบความเท่ากันของสัดส่วน (test for proportion) โดยการทดสอบไคกำลังสองที่ระดับนัยสำคัญเชิงสถิติ 0.05 หากสัดส่วนการกระจายของปัจจัยแวดล้อมที่ได้จากการลาดตระเวนเชิงคุณภาพไม่แตกต่างไปจากสัดส่วนการกระจายของปัจจัยแวดล้อมทั้งสามที่พบทั้งหมดในกลุ่มป่าตะวันตก ถือได้ว่าข้อมูลการปรากฏที่ได้จากการลาดตระเวนเชิงคุณภาพสามารถนำมาใช้เป็นตัวแทนข้อมูลสำรวจสัตว์ป่าในกลุ่มป่าตะวันตกได้อย่างมีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 1: พื้นที่ศึกษาครอบคลุมพื้นที่กลุ่มป่าตะวันตกของประเทศไทย

3. ข้อมูลการปรากฏ

การลาดตระเวนเชิงคุณภาพในกลุ่มป่าตะวันตกได้กำหนดให้เสือโคร่งเป็นชนิดพันธุ์เป้าหมายของการอนุรักษ์ และเป็นสัตว์ป่าเพียงชนิดเดียวที่มีการบันทึกพิกัดพื้นที่ทั้งจากการพบเห็นโดยตรงและการพบร่องรอยที่สามารถจำแนก

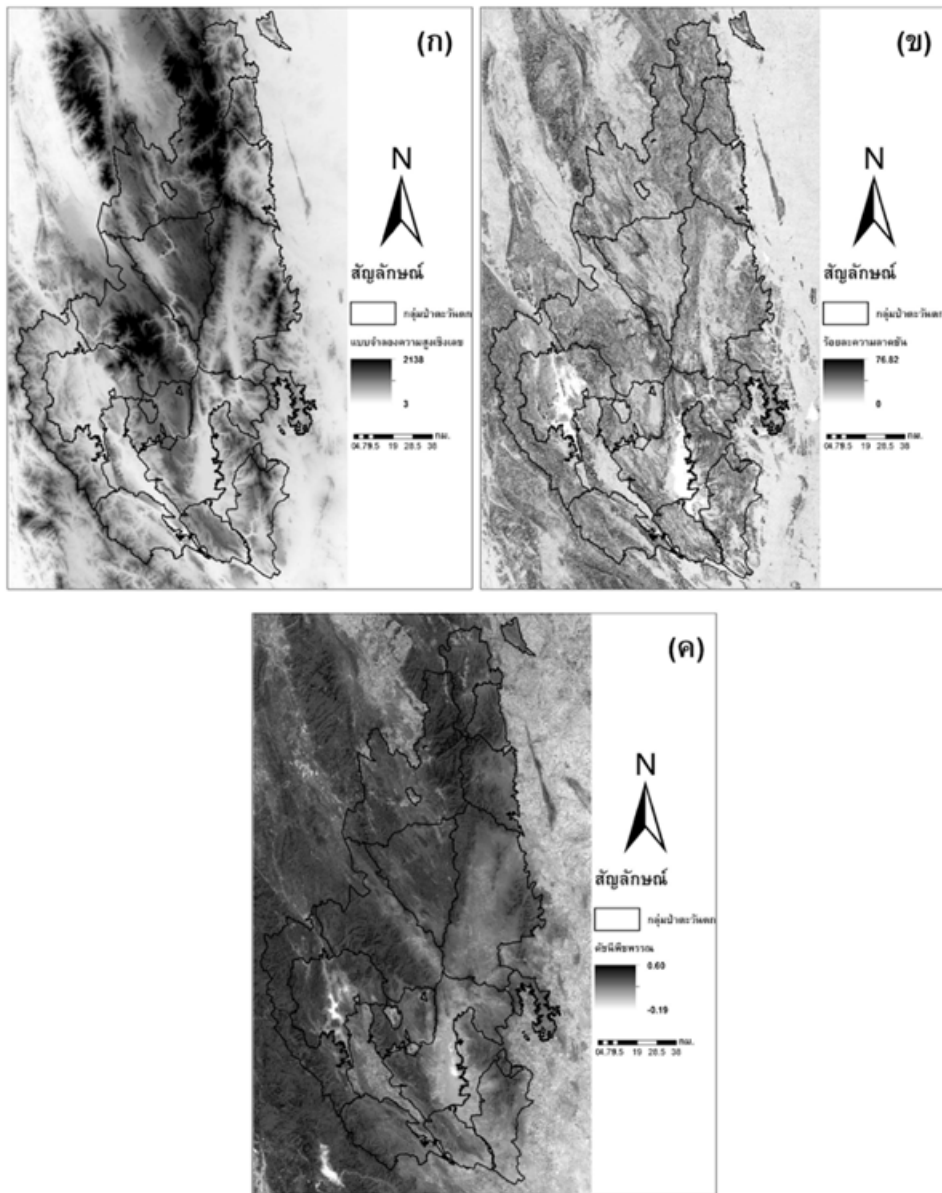
และระบุได้ชัดเจนว่าเป็นเสือโคร่ง ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงเลือกใช้ข้อมูลการปรากฏของเสือโคร่งจากการพบเห็นตัวโดยตรงและการพบร่องรอยในฐานข้อมูล SMART ของทุกพื้นที่อนุรักษ์ในกลุ่มป่าตะวันตก ระหว่างเดือนมกราคม พ.ศ. 2555 – ธันวาคม พ.ศ. 2559 ในส่วนของข้อมูลการพบซาก ชี้นเนื้อ และชิ้นส่วนสัตว์ป่าไม่ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลตามคำแนะนำของ Marescot, Lyet, Singh, Carter & Gimenez (2019) เนื่องจากจุดที่พบอาจเกิดจากการเคลื่อนย้ายโดยมนุษย์หรือสัตว์อื่น

4. ปัจจัยแวดล้อม

ข้อมูลปัจจัยแวดล้อมที่นำมาใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ประกอบไปด้วย ภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ ถึง เมษายน 2559 (USGS, 2016) แบบจำลองความสูงเชิงเลข ดัชนีพืชพรรณพัฒนาจากภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 (Vermote et al., 2016) ร้อยละความลาดชันพัฒนาจากแบบจำลองความสูงเชิงเลข ระยะทางจากลำน้ำที่มีน้ำไหลตลอดปี (Royal Thai Armed Forces Headquarters, 2016) และระยะห่างจากหมู่บ้าน ทำการจัดเตรียมข้อมูลปัจจัยแวดล้อมทั้งหมดให้อยู่ในรูปแบบราสเตอร์โดยกำหนดให้ขนาดของจุดภาพสอดคล้องกับขนาดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 (30 x 30 ม.)

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษานี้ได้ทำการคัดเลือกแบบจำลองทางสถิติที่พบว่ามีนำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองการกระจายของสิ่งมีชีวิตในปัจจุบัน (Elith et al., 2006; Phillips & Dudík, 2008; Phillips et al., 2009) ได้แก่ Generalized Linear Model (GLM) Generalized Boosting Model (GBM) Generalized Additive Model (GAM) Multiple Adaptive Regression Splines (MARS) Classification Tree Analysis (CTA) Flexible Discriminant Analysis (FDA) Artificial Neural Networks (ANN) Random Forest (RF) และ Maximum Entropy (MaxEnt) การสร้างแบบจำลองดังกล่าวกระทำการวิเคราะห์โดยโปรแกรมอาร์ (R) เวอร์ชัน 3.4.0 (R Core Team, 2016) ภายใต้แพ็คเกจ biomod2 เวอร์ชัน 3.5.1 (Thuiller et al., 2016) กำหนดค่าอาร์กิวเมนต์ในฟังก์ชันของแพ็คเกจ biomod2 เพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลอง ดังนี้ 1) กำหนดให้ทำการเลือกตัวอย่างแบบสุ่มข้อมูลไม่ปรากฏเทียม 10,000 จุด (Phillips & Dudík, 2008; Barbet-Massin et al., 2012) และ 2) กำหนดให้ทำการเลือกตัวอย่างแบบสุ่มชุดข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วนตามหลักการการสุ่ม (Thuiller et al., 2009) ส่วนแรกร้อยละ 80 ของชุดข้อมูลปรากฏและไม่ปรากฏเทียมเป็นชุดข้อมูลฝึกฝนเพื่อใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง และอีกร้อยละ 20 ที่เหลือเป็นชุดข้อมูลตรวจสอบนำมาใช้ตรวจสอบแบบจำลองที่พัฒนาจากชุดข้อมูลฝึกฝน ทำการพัฒนาแบบจำลองและตรวจสอบแบบจำลองที่พัฒนาโดยการทำซ้ำจำนวน 50 ครั้งในแต่ละการทำซ้ำกำหนดให้ทำการเลือกตัวอย่างแบบสุ่มข้อมูลไม่ปรากฏเทียม และทำการเลือกตัวอย่างแบบสุ่มชุดข้อมูลเพื่อใช้ในการพัฒนาแบบจำลองและตรวจสอบแบบจำลองขึ้นใหม่ทุกครั้ง เพื่อใช้ตรวจสอบความแม่นยำ ความเที่ยง และความคลาดเคลื่อนการทำนายของแต่ละแบบจำลองทางสถิติ



ภาพที่ 2: ปังจยแหวดล้อมที่ใช้ในการทดสอบการกระจายของข้อมูลที่ได้จากการ
ลาดตระเวนเชิงคุณภาพและสภาพแวดล้อมของพื้นที่ศึกษา
โดยที่ (ก) แสดงแผนที่แบบจำลองความสูงเชิงเลข (ง) แสดงแผนที่ร้อยละ
ความลาดชัน และ (ค) แสดงแผนที่ดัชนีพรรณพืช

6. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพและคัดเลือกแบบจำลองทางสถิติ

ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแต่ละแบบจำลองทางสถิติโดยพิจารณาจาก 1) พื้นที่ใต้โค้ง (Area Under the Curve: AUC) ของเส้นโค้งลักษณะเฉพาะดำเนินการตัวรับ (Receiver Operating Characteristic Curve: ROC) (Fielding & Bell, 1997) 2) ค่าความถูกต้องของแบบจำลอง (True Skill Statistics:

TSS) (Allouche et al., 2006) 3) ค่าความผิดพลาดในการทำนายจุดที่ปรากฏ (omission) และ 4) ค่าความผิดพลาดในการทำนายจุดที่ไม่ปรากฏ (commission) (Guisan & Thuiller, 2005) ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการคัดเลือกแบบจำลองทางสถิติที่มีค่า AUC และ TSS ที่สูง ขณะที่ค่าสถิติ omission และ commission มีค่าต่ำ และค่าสถิติที่กล่าวมาข้างต้นต้องมีค่าความคลาดเคลื่อนการทำนายน้อยที่สุดจากการทำนายที่เกิดจากการทำซ้ำ 50 ครั้ง การศึกษาได้ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis Of Variance: ANOVA) เพื่อทดสอบภาพรวมค่าเฉลี่ยของค่าสถิติดังกล่าวที่ได้จากแบบจำลองทางสถิติที่แตกต่างกันอย่างน้อยหนึ่งคู่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญเชิงสถิติหรือไม่ ที่ระดับนัยสำคัญเชิงสถิติ 0.05 หากการทดสอบดังกล่าวของแต่ละค่าสถิติแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเชิงสถิติ กำหนดให้ทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่โดยใช้การทดสอบนัยสำคัญตรงของทูเคย์ เพื่อคัดเลือกแบบจำลองทางสถิติที่มีประสิทธิภาพในการสร้างแผนที่การกระจายของเสือโคร่งในกลุ่มป่าตะวันตกให้มีความแม่นยำและมีความเที่ยงมากที่สุด

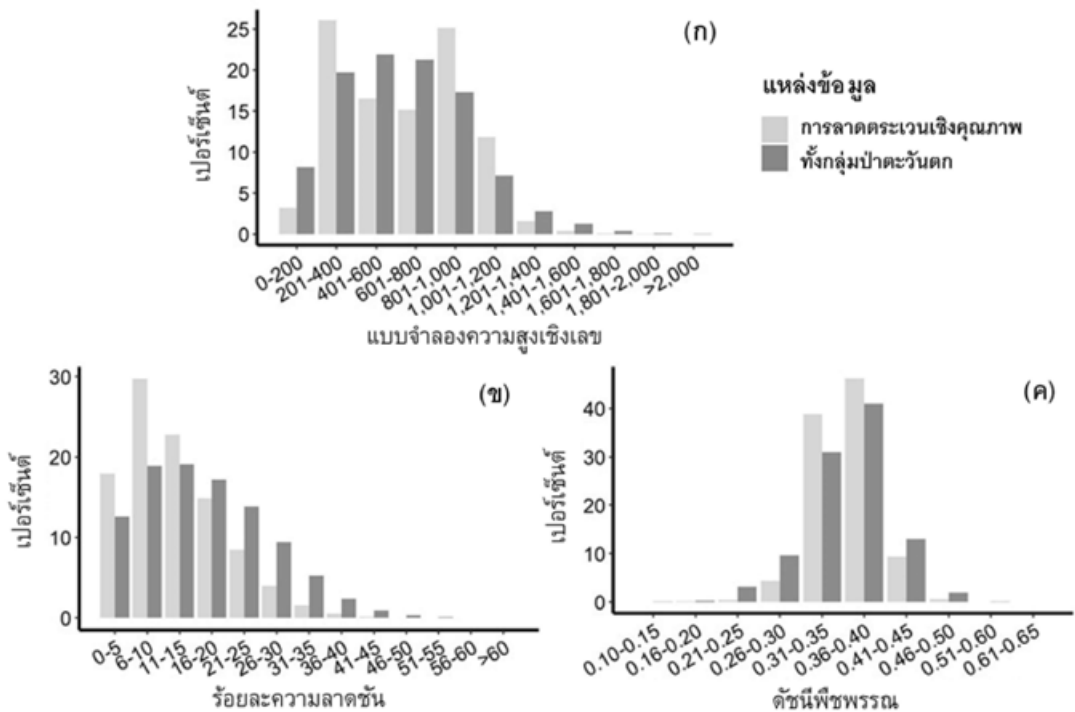
7. การสร้างแผนที่การกระจายและวิเคราะห์คุณภาพหย่อมถิ่นอาศัย

ภายหลังจากคัดเลือกแบบจำลองทางสถิติที่มีประสิทธิภาพสูงสุดแล้ว ดำเนินการสร้างแผนที่การกระจายของเสือโคร่งในกลุ่มป่าตะวันตกโดยใช้แบบจำลองทางสถิติดังกล่าว จากนั้นทำการจำแนกหย่อมถิ่นอาศัยของเสือโคร่งออกเป็น 3 ประเภท ตามการจำแนกของ Beier et al. (2005) ประกอบไปด้วย 1) หย่อมถิ่นอาศัยทั่วไป (common patch) เป็นแหล่งอาหารและพื้นที่หลบภัยชั่วคราวเท่านั้น มีขนาดเล็กกว่าอาณาเขตหากิน 2) หย่อมถิ่นอาศัยเพื่อการสืบพันธุ์ (breeding patch) กำหนดให้มีขนาดใหญ่กว่าหรือเท่ากับอาณาเขตหากิน ซึ่งมีขนาดใหญ่พอที่จะประสบความสำเร็จในการสืบพันธุ์ และ 3) หย่อมถิ่นอาศัยเพื่อการดำรงไว้ซึ่งประชากรต่อไปอย่างน้อย 10 ปี (population-maintaining patch) กำหนดให้มีขนาดเป็น 5 เท่าของอาณาเขตหากิน ทำการสร้างภาพแผนที่การกระจายของเสือโคร่งในกลุ่มป่าตะวันตก จากฟังก์ชัน plot ภายใต้อแพ็กเกจ raster (Robert & Jacob, 2012) และ ฟังก์ชัน addRasterLegend ภายใต้อแพ็กเกจ rangeBuilder (Rabosky et al., 2016) บนโปรแกรมอาร์

ผลการศึกษา

1. การประยุกต์ใช้ข้อมูลการปรากฏจากงานลาดตระเวนเชิงคุณภาพ

การประเมินและตรวจสอบความเหมาะสมของข้อมูลลาดตระเวนเชิงคุณภาพในการนำมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาการแพร่กระจายของเสือโคร่ง พบว่าการลาดตระเวนเชิงคุณภาพในช่วงเวลาที่ทำการศึกษาคอบคลุมพื้นที่ในกลุ่มป่าตะวันตกถึงร้อยละ 80.5 เมื่อพิจารณาสัดส่วนการกระจายของ แบบจำลองความสูงเชิงเลข ร้อยละความลาดชัน และดัชนีพืชพรรณ ของทั้งพื้นที่ในกลุ่มป่าตะวันตก เปรียบเทียบกับสัดส่วนการกระจายของปัจจัยแวดล้อมดังกล่าวที่มีการลาดตระเวนเชิงคุณภาพผ่าน โดยการทดสอบไคกำลังสอง พบว่าสัดส่วนการกระจายของข้อมูลดังกล่าวแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญเชิงสถิติ ($p\text{-value} = 0.2322$ $p\text{-value} = 0.2335$ และ $p\text{-value} = 0.2313$ ตามลำดับ) แสดงให้เห็นว่าการลาดตระเวนเชิงคุณภาพมีการลาดตระเวนกระจายทั่วพื้นที่ อีกทั้งยังมีความสอดคล้องกับปัจจัยแวดล้อมทางกายภาพทั้งพื้นที่ของกลุ่มป่าตะวันตก (ภาพที่ 3) ข้อมูลการปรากฏของเสือโคร่งที่ได้จากการลาดตระเวนเชิงคุณภาพของการศึกษานี้จึงถือได้ว่าเป็นตัวแทนชุดข้อมูลที่ดีในการนำมาใช้ในการวิเคราะห์หาการกระจายของเสือโคร่งในภาพรวมทั้งกลุ่มป่าตะวันตก เมื่อทำการตรวจสอบและคัดกรองข้อมูลจากโปรแกรมฐานข้อมูล SMART ระหว่างเดือนมกราคม 2555 - ธันวาคม 2559 พบข้อมูลการปรากฏของเสือโคร่งจำนวนทั้งสิ้น 2,118 จุด จำแนกเป็นการพบเห็นตัวเสือโคร่งโดยตรง 47 จุด และการพบร่องรอย 2,071 จุด จากเส้นทางลาดตระเวนโดยรวม 498,963 กม.



ภาพที่ 3: เปรียบเทียบสัดส่วนการกระจายของปัจจัยแวดล้อมที่ได้จากการลาดตระเวนเชิงคุณภาพสำรวจผ่าน กับปัจจัยแวดล้อมที่พบทั้งกลุ่มป่าตะวันตก โดยที่ (ก) พล็อตความหนาแน่นของแบบจำลองความสูงเชิงเลข (ข) พล็อตความหนาแน่นของร้อยละความลาดชัน และ (ค) พล็อตความหนาแน่นของดัชนีพืชพรรณ

2. ประสิทธิภาพของแบบจำลองทางสถิติ

ค่าสถิติ AUC, TSS, omission และ commission ล้วนมีความสำคัญอย่างยิ่งในการนำมาใช้เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองทางสถิติ โดยแบบจำลองทางสถิติที่ดีต้องมีค่าสถิติ AUC และ TSS เข้าใกล้ 1 มากที่สุด ขณะที่ค่าสถิติ omission และ commission ต้องมีค่าเข้าใกล้ 0 มากที่สุด หากค่าสถิติ commission มีค่าสูง มีแนวโน้มว่าการทำนายพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการกระจายของสัตว์ป่ามีขนาดใหญ่เกินความเป็นจริง ส่วนค่าสถิติ omission หากมีค่าสูง ย่อมก่อให้เกิดความผิดพลาดในการทำนายพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการกระจายของสัตว์ป่าเป็นเหตุให้พื้นที่ที่เหมาะสมบางส่วนถูกละเลยไป ความผิดพลาดดังกล่าวส่งผลโดยตรงต่อการอนุรักษ์สัตว์ป่าชนิดพันธุ์ที่มีความเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ (Guisan & Thuiller, 2005) จากการนำค่าสถิติ AUC TSS omission และ commission ของแบบจำลองทางสถิติทั้ง 9 แบบจำลองที่ได้จากการทำซ้ำ 50 ครั้ง มาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนที่เกิดขึ้นจากแบบจำลองทางสถิติที่แตกต่างกันในแต่ละค่าสถิติ พบว่ามีค่าเฉลี่ยของแบบจำลองทางสถิติที่แตกต่างกันอย่างน้อยหนึ่งคู่ของค่าสถิติทั้ง 4 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเชิงสถิติ ($p\text{-value} < 0.05$) (ตารางที่ 1) และเมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่โดยใช้การทดสอบนัยสำคัญตรงของทูเคย์ แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองทางสถิติ RF เป็นแบบจำลองที่มีค่าเฉลี่ยของค่าสถิติทั้ง 4

ดีที่สุด โดยค่าสถิติดังกล่าวแตกต่างจากค่าสถิติที่ได้จากแบบจำลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญเชิงสถิติ ($p\text{-value} < 0.05$) (ตารางที่ 2) สอดคล้องกับการศึกษาของ Kanagaraj et al. (2019) ที่พบว่าแบบจำลองทางสถิติ RF เป็นแบบจำลองที่ดีที่สุดในการสร้างแผนที่การกระจายของช้างป่าในอินเดียและเนปาล และการศึกษานี้ยังพบว่าแบบจำลองทางสถิติ MaxEnt GBM GAM MARS GLM FDA และ CTA ให้ค่าเฉลี่ยของค่าสถิติทั้ง 4 ใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามแบบจำลอง MaxEnt มีแนวโน้มของค่า AUC และ TSS สูงกว่าแบบจำลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญเชิงสถิติ ($p\text{-value} < 0.05$) ขณะที่ค่าสถิติทั้ง 4 ของแบบจำลองทางสถิติ GBM GAM MARS GLM FDA และ CTA มีแนวโน้มแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญเชิงสถิติ สะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงกันของแบบจำลองดังกล่าว และสังเกตได้ว่าแบบจำลองทางสถิติ ANN เป็นแบบจำลองที่มีค่าเฉลี่ยของค่าสถิติทั้ง 4 แย่ที่สุด และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสูงกว่าแบบจำลองทางสถิติอื่นๆ บ่งบอกถึงความไม่แน่นอนจากการทำนายในแต่ละครั้ง ถือได้ว่าเป็นแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพน้อยที่สุดในการศึกษาครั้งนี้

ตารางที่ 1 : การวิเคราะห์ความแปรปรวนของแต่ละค่าสถิติที่ได้จากแบบจำลองที่แตกต่างกัน

สถิติ	แหล่งความแปรปรวน (source of variation)	องศาอิสระ (degrees of freedom)	ผลบวกกำลังสอง (sum of squares)	กำลังสองเฉลี่ย (mean square)	F-ratio	P-value
AUC	ระหว่างกลุ่ม	8	0.651	0.08137	870.2	< 0.05
	ภายในกลุ่ม	441	0.041	0.00009		
TSS	ระหว่างกลุ่ม	8	2.7859	0.3482	1343	< 0.05
	ภายในกลุ่ม	441	0.1136	0.0003		
omission	ระหว่างกลุ่ม	8	0.5099	0.06373	155.6	< 0.05
	ภายในกลุ่ม	441	0.1794	0.00041		
commission	ระหว่างกลุ่ม	8	1.1827	0.14784	357.1	< 0.05
	ภายในกลุ่ม	441	0.1813	0.00041		

หมายเหตุ : หากค่า $p\text{-value} < 0.05$ แสดงให้เห็นว่ามีค่าเฉลี่ยของแบบจำลองทางสถิติอย่างน้อยหนึ่งคู่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเชิงสถิติ

3. หย้อมถิ่นอาศัยของสัตว์ป่า

เมื่อทำการจำแนกค่าการทำนายที่ได้จากการสร้างแผนที่การกระจายของเสือโคร่งโดยใช้แบบจำลองทางสถิติ RF ซึ่งเป็นแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพสูงสุด เพื่อจำแนกค่าความน่าจะเป็นของการปรากฏของเสือโคร่งออกเป็นพื้นที่ที่มีความเหมาะสมและพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมต่อการเป็นถิ่นที่อาศัยของเสือโคร่ง จากค่าความน่าจะเป็นที่ใช้เป็นเกณฑ์ (cut off = 0.42) สำหรับการตัดสินใจในการจำแนกพื้นที่ดังกล่าวประเมินจากค่าความไว (sensitivity) ที่มีค่าเท่ากับค่าความจำเพาะ (specificity) (Freeman, 2012) การศึกษาพบว่ากลุ่มป่าตะวันตกมีพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการกระจายและเป็นถิ่นอาศัยของเสือโคร่งอยู่ราว 3,506 ตร.กม. หรือคิดเป็นร้อยละ 18.72 (ภาพที่ 4ก) พื้นที่เหมาะสมต่อการอาศัยของเสือโคร่งที่ได้จากการศึกษาแตกต่างจากผลการศึกษาของ Duangchantrasiri et al. (2019) ได้รายงานขนาดพื้นที่ในการครอบครองพื้นที่ของเสือโคร่งมีอยู่ราวร้อยละ 37 ของพื้นที่กลุ่มป่าตะวันตก จากการวิเคราะห์โดยใช้หลักการ occupancy โดยมีขนาดกริด 64

ตร.กม. และใช้โอกาสการครอบครองพื้นที่ของเหยื่อหลักขนาดใหญ่ (กระต๊อ วัวแดง และควางป่า) เป็นตัวแปรอิสระที่ใช้ในการวิเคราะห์โอกาสในการครอบครองพื้นที่ของเสือโคร่งในกลุ่มป่าตะวันตก การนำผลการศึกษาทั้งสองมาเปรียบเทียบกันอาจดูไม่เหมาะสมเนื่องจากขนาดกริดที่ใช้มีความแตกต่างกันอย่างสิ้นเชิง แต่ก็หลีกเลี่ยงในการนำมาเปรียบเทียบไม่ได้ เนื่องจากเป็นเพียงการศึกษาเดียวที่มีอยู่ในปัจจุบัน

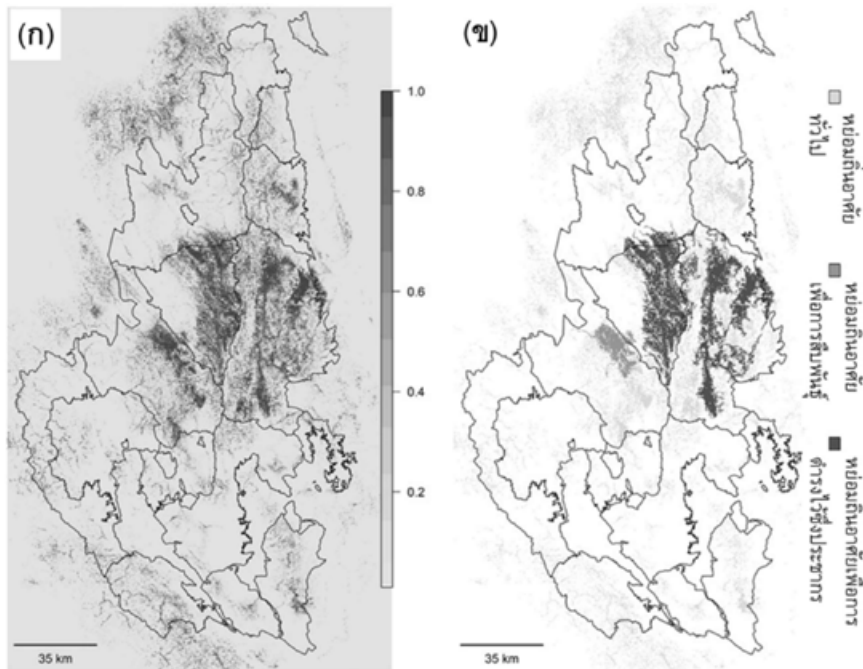
ตารางที่ 2 : การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่โดยใช้การทดสอบนัยสำคัญตรงของคูย

แบบจำลองทางสถิติ	ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	AUC	TSS	omission	commission
RF	0.9950 $\pm$ 0.0005a	0.9427 $\pm$ 0.0034a	0.0287 $\pm$ 0.0017a	0.0287 $\pm$ 0.0017a
MaxEnt	0.9505 $\pm$ 0.0018b	0.7485 $\pm$ 0.0065b	0.1255 $\pm$ 0.0044b	0.1260 $\pm$ 0.0031b
GBM	0.9416 $\pm$ 0.0014c	0.7336 $\pm$ 0.0045c	0.1331 $\pm$ 0.0026bcd	0.1333 $\pm$ 0.0023bcd
GAM	0.9373 $\pm$ 0.0014cd	0.7399 $\pm$ 0.0040bc	0.1301 $\pm$ 0.0023bcd	0.1300 $\pm$ 0.0022bc
MARS	0.9340 $\pm$ 0.0019de	0.7214 $\pm$ 0.0063de	0.1393 $\pm$ 0.0035cd	0.1393 $\pm$ 0.0032cd
GLM	0.9292 $\pm$ 0.0018e	0.7191 $\pm$ 0.0048e	0.1408 $\pm$ 0.0027cd	0.1401 $\pm$ 0.0024cd
FDA	0.9284 $\pm$ 0.0019e	0.7141 $\pm$ 0.0062e	0.1426 $\pm$ 0.0040d	0.1433 $\pm$ 0.0034d
CTA	0.9182 $\pm$ 0.0111f	0.7309 $\pm$ 0.0185cd	0.1347 $\pm$ 0.0167bcd	0.1344 $\pm$ 0.0089bcd
ANN	0.8376 $\pm$ 0.0272g	0.6222 $\pm$ 0.0436f	0.1292 $\pm$ 0.0594bc	0.2486 $\pm$ 0.0617e

หมายเหตุ : ตัวอักษรตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเชิงสถิติของแต่ละแบบจำลองทางสถิติ ($\alpha = 0.05$).

Simcharoen et al. (2014) รายงานไว้ว่าเสือโคร่งเพศเมียในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งมีการใช้พื้นที่อาณาเขตหากินประมาณ 70 ตร.กม. เมื่อทำการจำแนกหย่อมถิ่นอาศัยที่สำคัญของเสือโคร่ง ตามหลักการของ Beier et al. (2005) พบหย่อมถิ่นอาศัยเพื่อการดำรงไว้ซึ่งประชากรต่อไปอย่างน้อย 10 ปี ปรากฏเป็นหย่อมขนาดใหญ่ในพื้นที่กลุ่มป่าตะวันตกจำนวน 2 หย่อม หย่อมแรกครอบคลุมบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง และหย่อมที่สองครอบคลุมบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าทุ่งใหญ่นเรศวรด้านตะวันออกและทางตอนใต้ของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าอุ้มผางอีกเล็กน้อย มีพื้นที่รวมกัน 1,502 ตร.กม. หรือคิดเป็นร้อยละ 8.02 ของพื้นที่ในกลุ่มป่าตะวันตก (ภาพที่ 4ข) ขณะที่หย่อมถิ่นอาศัยเพื่อการสืบพันธุ์นั้นปรากฏเพียงหย่อมเดียวบริเวณทางด้านทิศตะวันออกของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าทุ่งใหญ่นเรศวรด้านตะวันตกซึ่งมีพื้นที่ติดกับเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าทุ่งใหญ่นเรศวรด้านตะวันออก ครอบคลุมพื้นที่ 181 ตร.กม. หรือคิดเป็นร้อยละ 0.96 ของพื้นที่ในกลุ่มป่าตะวันตก การศึกษาพบว่าหย่อมถิ่นอาศัยทั่วไปที่ใช้เป็นเพียงแหล่งหาอาหารและพื้นที่หลบภัยชั่วคราวมีสภาพเป็นหย่อมถิ่นที่อาศัยที่แตกกระจายเป็นหย่อมเล็กทั่วพื้นที่ โดยมีพื้นที่รวมราว 1,824 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 9.74 ของพื้นที่ในกลุ่มป่าตะวันตก จำแนกได้เป็น 130 หย่อม (เฉพาะหย่อมถิ่นที่อาศัยที่มีขนาดมากกว่า 1 ตร.กม.) มีขนาดพื้นที่อยู่ระหว่าง 1 – 67.42 ตร.กม. มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.31 ตร.กม./หย่อม เสือโคร่งเป็นสัตว์ป่า

ที่มีความสามารถในการเคลื่อนที่สูง Patil et al. (2011) รายงานว่าเสือโคร่งในอินเดียสามารถเคลื่อนย้ายเพื่อหาอาณาเขตหากินใหม่ได้ไกลถึง 200 กม. ขณะที่ในประเทศไทยพบหลักฐานการเคลื่อนย้ายถิ่นฐานของเสือโคร่งจากเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งซึ่งมีสภาพเป็นหย่อมถิ่นอาศัยเพื่อการดำรงไว้ซึ่งประชากรไปยังเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสลักพระ แต่เป็นเพียงการเคลื่อนย้ายเพื่อหาอาหารและแหล่งหลบภัยเท่านั้นไม่สามารถขยายพันธุ์หรือเพิ่มจำนวนประชากรได้ในอนาคตเนื่องจากหย่อมที่อาศัยมีขนาดเล็กเกินไป อย่างไรก็ตามความเหมาะสมของการเป็นหย่อมถิ่นอาศัยของสัตว์ป่าเป็นผลมาจากปัจจัยร่วมระหว่างสภาพของแหล่งหากินและปัจจัยคุกคามที่ปรากฏในพื้นที่ ดังนั้นหากมีการวางแผนจัดการพื้นที่ที่ดีย่อมส่งผลให้หย่อมถิ่นอาศัยทั่วไปสามารถพัฒนาเป็นหย่อมถิ่นอาศัยเพื่อการสืบพันธุ์และหย่อมถิ่นอาศัยเพื่อการดำรงไว้ซึ่งประชากรของเสือโคร่งได้ ผลการศึกษานี้สามารถนำไปวางแผนเพื่อส่งเสริมโอกาสการแพร่กระจายและตั้งประชากรของเสือโคร่งในพื้นที่อนุรักษ์อื่นๆ ภายในกลุ่มป่าตะวันตกได้ในอนาคต



ภาพที่ 4 : การกระจายของเสือโคร่งในกลุ่มป่าตะวันตก จากแบบจำลองทางสถิติ RF โดยที่ (ก) แสดงถึงความน่าจะเป็นในการเป็นถิ่นอาศัยที่เหมาะสมของเสือโคร่ง และ (ข) แสดงถึงการจำแนกประเภทของหย่อมถิ่นอาศัยตามขนาดพื้นที่หากินของเสือโคร่งเพศเมีย (70 ตร.กม.)

สรุปผลการศึกษา

จากการตรวจสอบคุณภาพของข้อมูลที่ได้จากการลาดตระเวนเชิงคุณภาพในกลุ่มป่าตะวันตกในช่วงเวลาที่ทำการศึกษา พบว่าข้อมูลการสำรวจที่ได้มาจากการลาดตระเวนเชิงคุณภาพครอบคลุมพื้นที่ศึกษาถึงร้อยละ 80.5 และจากการทดสอบทดสอบความเท่ากันของสัดส่วนโดยการทดสอบไคกำลังสอง พบว่าสัดส่วนการกระจายของ แบบจำลองความสูงเชิงเลข ร้อยละความลาดชัน และดัชนีพืชพรรณที่พบในกลุ่มป่าตะวันตกแตกต่างจากสัดส่วนการกระจายของปัจจัยแวดล้อมดังกล่าวที่มีการลาดตระเวนเชิงคุณภาพผ่านอย่างไม่มีความสำคัญ

เชิงสถิติ ($p\text{-value} = 0.2322$ $p\text{-value} = 0.2335$ และ $p\text{-value} = 0.2313$ ตามลำดับ) แสดงให้เห็นถึงข้อมูลที่ได้รับจากการลาดตระเวนเชิงคุณภาพนี้เป็นตัวแทนที่ดีในแง่การศึกษาการแพร่กระจายของเสือโคร่งของทั้งพื้นที่ในกลุ่มป่าตะวันตก และสะท้อนให้เห็นถึงความเหมาะสมที่สามารถนำไปใช้วิเคราะห์ข้อมูลและสร้างแผนที่การกระจายของเสือโคร่งในพื้นที่กลุ่มป่าตะวันตกต่อไป การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองทางสถิติทั้ง 9 แบบจำลอง แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองทางสถิติ RF เป็นแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด โดยเฉพาะในด้านความเที่ยง และความคลาดเคลื่อนการทำนาย ส่วนแบบจำลองทางสถิติ ANN เป็นแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพต่ำที่สุด ขณะที่แบบจำลองทางสถิติ MaxEnt ซึ่งเป็นแบบจำลองที่นักวิจัยส่วนมากนิยมนำมาใช้ในการศึกษาการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิตมีความเหมาะสมเป็นอันดับที่ 2 และมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับแบบจำลองทางสถิติ GLM GAM GBM MARS FDA และ CTA จากการสร้างแผนที่การกระจายโดยใช้แบบจำลองทางสถิติ RF พบว่าถิ่นอาศัยที่เหมาะสมต่อการกระจายของเสือโคร่งในกลุ่มป่าตะวันตกมีขนาดพื้นที่รวมกันราว 3,506 ตร.กม. (ร้อยละ 18.72 ของพื้นที่) สามารถจำแนกประเภทของหย่อมถิ่นอาศัยออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ หย่อมถิ่นอาศัยเพื่อการดำรงไว้ซึ่งประชากรต่อไปอย่างน้อย 10 ปี (2 หย่อมถิ่นอาศัย ขนาด 1,502 ตร.กม.) และหย่อมถิ่นอาศัยเพื่อการสืบพันธุ์ (1 หย่อมถิ่นอาศัย ขนาด 181 ตร.กม.) ขณะที่หย่อมถิ่นอาศัยทั่วไปจำแนกได้ราว 130 หย่อม (ค่าเฉลี่ย 5.31 ตร.กม.) กระจายตัวอยู่ทั่วพื้นที่ในกลุ่มป่าตะวันตก

ข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้เลือกใช้ข้อมูลการปรากฏของเสือโคร่งทั้งจากการพบเห็นตัวโดยตรงและการพบร่องรอยเนื่องจากเป็นชนิดพันธุ์เป้าหมายของการอนุรักษ์ในกลุ่มป่าตะวันตก จึงเป็นเหตุให้ทุกครั้งที่มีการพบเห็นโดยตรงและการพบร่องรอยจะต้องทำการบันทึกพิกัดทางภูมิศาสตร์ทันทีที่พบเห็น แต่สำหรับสัตว์ป่าชนิดอื่น ๆ จะทำการบันทึกพิกัดทางภูมิศาสตร์ต่อเมื่อมีการพบเห็นตัวโดยตรงเท่านั้น สำหรับกลุ่มป่าตะวันตกซึ่งมีความหนาแน่นของสัตว์ป่าสูง ข้อมูลการพบเห็นตัวโดยตรงของสัตว์ป่าชนิดอื่น ๆ น่าจะเพียงพอต่อการนำมาใช้ในการศึกษาและสร้างแผนที่การกระจาย แต่ในพื้นที่อนุรักษ์ที่มีความหนาแน่นของสัตว์ป่าค่อนข้างน้อยส่งผลให้มีโอกาสในการพบเห็นโดยตรงได้ยาก ควรมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบการเก็บข้อมูลการกระจายของสัตว์ป่าให้เหมาะสมสำหรับแต่ละพื้นที่อนุรักษ์ เช่น การกำหนดให้ทำการบันทึกพิกัดทางภูมิศาสตร์ทุกครั้งที่พบเห็นร่องรอยสัตว์ป่า หรือการสร้างแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบสมาร์ตโฟนเพื่อความสะดวกและรวดเร็วในการบันทึกข้อมูล เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่มีความแม่นยำ และเพียงพอต่อการนำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองนำไปสู่การวางแผนการจัดการสัตว์ป่าชนิดเป้าหมายในแต่ละพื้นที่อนุรักษ์ต่อไป

พื้นที่การกระจายที่เหมาะสมของเสือโคร่งไม่เพียงแคพบในพื้นที่กลุ่มป่าตะวันตกเพียงเท่านั้น แต่ยังพบอยู่ในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ ป่าห้วยทับเสลา และป่าห้วยคอกควายทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง และเป็นส่วนหนึ่งของหย่อมถิ่นอาศัยเพื่อการดำรงไว้ซึ่งประชากรที่สำคัญของเสือโคร่งในกลุ่มป่าตะวันตก แต่พื้นที่บริเวณดังกล่าวถูกรบกวนจากกิจกรรมของมนุษย์อย่างเข้มข้น เช่น การเก็บหาของป่า การทำเกษตรกรรม และการทำปศุสัตว์แบบปล่อย จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการแก้ไขและบังคับใช้กฎหมายอย่างจริงจัง เพื่อลดผลกระทบที่เกิดจากมนุษย์ต่อการดำรงอยู่ของสัตว์ป่าในระยะยาว

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช สำหรับการเอื้อเฟื้อข้อมูลเพื่อนำมาใช้ในการศึกษาวิจัย ขอคุณเจ้าหน้าที่ลาดตระเวนจากทั้ง 17 พื้นที่อนุรักษ์ในกลุ่มป่าตะวันตกสำหรับการปฏิบัติหน้าที่ด้วยความยากลำบาก จนได้มาซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษานี้

เอกสารอ้างอิง

- Allouche, O., Tsoar, A. & Kadmon, R. (2006). Assessing the Accuracy of Species Distribution Models: Prevalence, Kappa and the True Skill Statistic (TSS). *Journal of Applied Ecology*, 43, 1223-1232.
- Barbet-Massin, M., Jiguet, F., Albert, C. H. & Thuiller, W. (2012). Selecting Pseudo-Absences for Species Distribution Models: How, Where and How Many?. *Methods in Ecology and Evolution*, 3(2), 327-338.
- Beier, P., Majka, D. & Jenness, J. (2005). *Conceptual Steps for Designing Wildlife Corridors*. Retrieved May 15, 2019, from <http://corridordesign.org/dl/docs/ConceptualStepsForDesigningCorridors.pdf>
- Bhumpakphan, N. (2001). *Importance and Value of Wildlife Resources in Western Forest Complex* [In Thai]. Bangkok: Deuan Tula printing house.
- Department of National Parks Wildlife and Plant Conservation. (2017). *Smart Patrol Manual for Protected Area Management* [In Thai]. Bangkok: Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Saeng Mueang Printing.
- Duangchantrasiri, S. (2008). *Abundance of the Tiger (Panthera tigris (Linn.)) and their Prey in Huai Kha Khaeng Wildlife Sanctuary, Uthai Thaani Province* [In Thai]. Master's thesis, Kasetsart University.
- Duangchantrasiri, S., Umponjan, M., Simcharoen, S., Pattanavibool, A., Chaiwattana, S., Maneerat, S., Kumar, N. S., Jathanna, D., Srivathsa, A. & Karanth, K. U. (2016). Dynamics of a Low-Density Tiger Population in Southeast Asia in the Context of Improved Law Enforcement. *Conservation Biology*, 30(3), 639-648.
- Duangchantrasiri, S., Jomburom, P., Jinamoy, S., Pattanavibool, A., Hines, J. E., Arnold, T. W., Fieberg, J. & Smith, J. L. D. (2019). Impact of Prey Occupancy and Other Ecological and Anthropogenic Factors on Tiger Distribution in Thailand's Western Forest Complex. *Ecology and Evolution*, 9(5), 2449-2458.
- Duengkae, P., Chaiyes, A. & Pongpattananurak, N. (2014). Modeling Suitable Areas for *Bos javanicus* Under Current and Channging Climate Scenarios in Thailand [In Thai]. *Journal of Wildlife in Thailand*, 21, 150-165.
- Elith, J., Graham, C.H., Anderson, R.P., Dudík, M., Ferrier, S., Guisan, A., Hijmans, R.J., Huettmann, F., Leathwick, J.R., Lehmann, A., Li, J., Lohmann, L.G., Loiselle, B.A., Manion, G., Moritz, C., Nakamura, M., Nakazawa, Y., Overton, J.McC.M., Peterson, A.T., Phillips, S.J., Richardson, K., Scachetti-Pereira, R., Schapire, R.E., Soberón, J., Williams, S., Wisz, M.S. & Zimmermann, N.E. (2006). Novel Methods Improve Prediction of Species' Distributions from Occurrence Data. *Ecography*, 29, 129-151.
- Faculty of Forestry. (2012). *Executive Summmary Ecological Corridor Study for Important Forest Complexs in Thailand*. Bangkok: Faculty of Forestry, Kasetsart University.

- Faengbubpha, K., Maneerat, S., Jinamoy, S., Pliosungnoen, M., Tifoong, J., Khanphukhieo, S., Ariyaphithak, C. & Pattanavibool, A. (2016). *Smart Database for Smart Patrol System* [In Thai]. Bangkok: Wildlife Conservation Society Thailand program, Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Kasetsart University.
- Fielding, A. H. & Bell, J. F. (1997). A Review of Methods for the Assessment of Prediction Errors in Conservation Presence/Absence Models. *Environmental Conservation*, 24(1), 38-49.
- Freeman, E. (2012). *Presence-Absence Model Evaluation*. Retrieved March 23, 2017, from <https://www.rdocumentation.org/packages/PresenceAbsence/versions/1.1.9>
- Guisan, A. & Thuiller, W. (2005). Predicting Species Distribution: Offering more than Simple Habitat. *Ecology Letters*, 8, 993-1009.
- Guo, C. B., Lek, S., Ye, S. W., Li, W., Liu, J. S. & Li, Z. J. (2015). Uncertainty in Ensemble Modelling of Large-Scale Species Distribution: Effects from Species Characteristics and Model Techniques. *Ecological Modelling*, 306, 67-75.
- Hötte, M. H. H., Kolodin, I. A., Bereznuk, S. L., Slaght, J. C., Kerley, L. L., Soutyrina, S. V., Salkina, G. P., Zaumyslova, O. Y., Stokes, E. J. & Miquelle, D. G. (2016). Indicators of Success for Smart Law Enforcement in Protected Areas: A Case Study for Russian Amur Tiger (*Panthera tigris altaica*) reserves. *Integrative Zoology*, 11, 2-15.
- IUCN. (2016). *The IUCN Network List of Threatened Species*. Retrieved March 21, 2016, from www.iucnredlist.org
- Jenks, K. E., Kitamura, S., Lynam Antony, J., Ngoprasert, D., Chutipong, W., Steinmetz, R., Sukmasuang, R., Grassman, L. Jr. I., Cutter, P., Tantipisanuh, N., Bhumpakphan, N., Gale, G. A., Reed David, H., Leimgruber, P. & Songsasen, N. (2012). Mapping the Distribution of Dholes, *Cuon alpinus* (Canidae, Carnivora), in Thailand. *Mammalia*, 76(2), 175-184.
- Kanagaraj, R., Araujo, M. B., Barman, R., Davidar, P., De, R., Digal, D. K., Gopi, G. V., Johnsingh, A. J. T., Kakati, K., Kramer-Schadt, S., Lamichhane, B. R., Lyngdoh, S., Madhusudan, M. D., Ul Islam N. M., Parida, J., Pradhan, N. M. B., Puyravaud, J. P., Raghunath, R., Rahim, P. P. A., Muthamizh S. K., Subedi, N., Trabucco, A., Udayraj, S., Wiegand, T., Williams, A. C. & Goyal, S. P. (2019). Predicting Range Shifts of Asian Elephants Under Global Change. *Diversity and Distributions*, 25(5), 822-838.
- Maiorano, L., Chiaverini, L., Falco, M. & Ciucci, P. (2019). Combining Multi-State Species Distribution Models, Mortality Estimates, and Landscape Connectivity to Model Potential Species Distribution for Endangered Species in Human Dominated Landscapes. *Biological Conservation*, 237, 19-27.
- Marescot, L., Lyet, A., Singh, R., Carter, N. & Gimenez, O. (2019). Inferring Wildlife Poaching in Southeast Asia with Multispecies Dynamic Occupancy Models. *Ecography*, 42, 1-12.
- Patil, N., Gopalaswamy, A. M. & Karanth, K. U. (2011). Dispersing Tiger Makes a Point. *Oryx*, 45, 472-475.
- Phillips, S. J. & Dudík, M. (2008). Modeling of Species Distributions with Maxent: New Extensions and a Comprehensive Evaluation. *Ecography*, 31(2), 161-175.

- Phillips, S. J., Dudik, M., Elith, J., Graham, C. H., Lehmann, A., Leathwick, J. & Ferrier, S. (2009). Sample Selection Bias and Presence-Only Distribution Models: Implications for Background and Pseudo-Absence Data. *Ecological Applications*, 19(1), 181-197.
- Planisong, K., Trisurat, Y., Sookchaloem, D., Bhumpakphan, N. & Podchong, S. (2018). Co-habitats Model of Gaur and Elephant at Phu Khieo Wildlife Sanctuary, Chaiyaphum Province [In Thai]. *Thai Journal of Science and Technology*, 8(2), 116-126.
- Podchong, S., Schmidt-Vogt, D. & Honda, K. (2009). An Improved Approach for Identifying Suitable Habitat of Sambar Deer (*Cervus unicolor* Kerr) Using Ecological Niche Analysis and Environmental Categorization: Case Study at Phu-Khieo Wildlife Sanctuary, Thailand. *Ecological Modelling*, 220(17), 2103-2114.
- Pongpattananurak, N. (2014). Prioritizing Forest Complexes of Thailand Using Landscape Metrics [In Thai]. *Thai Journal of Forestry*, 33(2), 61-76.
- R Core Team. (2016). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Retrieved April 20, 2016, from <http://cran.r-project.org>
- Rabosky, A. D., Cox, C., Rabosky, D., Title, P., Holmes, I., Feldman, A. & McGuire, J. (2016). Coral Snakes Predict the Evolution of Mimicry across New World Snakes. *Nature Communications*, 7, 11484.
- Robert, J. H. & Jacob V. E. (2012). *raster: Geographic Analysis and Modeling with Raster Data*. R package version 2.0-12. Retrieved May 19, 2017, from <http://CRAN.R-project.org/package=raster>
- Royal Thai Armed Forces Headquarters. (2016). *Vector Map of Thai Waterways*. Bangkok: Royal Thai Survey Department, Royal Thai Armed Forces Headquarters.
- Simcharoen, A., Savini, T., Gale, G. A., Simcharoen, S., Duangchantrasiri, S., Pakpien, S. & Smith, J. L. D. (2014). Female Tiger *Panthera tigris* Home Range Size and Prey Abundance: Important Metrics for Management. *Oryx*, 48(3), 370-377.
- SMART Patrol Monitoring Center. (2019). *Annual Report 2019* [In Thai]. Bangkok: Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation.
- Srikosamatara, S. & Suteethorn, V. (1995). Populations of Gaur and Banteng and Their Management in Thailand. *Natural History Bulletin of the Siam Society*, 43(1), 55-83.
- Thuiller, W., Georges, D., Engler, R. & Breiner, F. (2016). *Biomod2: Ensemble Platform for Species Distribution Modeling*. Retrieved March 8, 2018, from <https://cran.r-project.org/web/packages/biomod2/biomod2.pdf>
- Thuiller, W., Lafourcade, B., Engler, R. & Araújo, M. (2009). Biomod - a Platform for Ensemble Forecasting of Species Distributions. *Ecography*, 32, 369-373.
- Thunhikorn, S. (2003). Habitat Utilization of the Malayan Tapir (*Tapirus illdicus*) in Khlong Saeng Wildlife Sanctuary, Surat Thani Province [In Thai]. *Journal of Wildlife in Thailand*, 11, 81-100.
- Trisurat, Y., Pattanavibool, A., Gale, G. A. & Reed, D. H. (2010). Improving the Viability of Large-Mammal Populations by Using Habitat and Landscape Models to Focus Conservation Planning. *Wildlife Research*, 37(5), 401-412.

- USGS. (2016). *Earth Explorer: Query and Order Satellite Images, Aerial Photographs, and Cartographic Products through the U.S. Geological Survey*. Retrieved July 10, 2016, from <https://earthexplorer.usgs.gov>
- Vermote, E., Justice, C., Claverie, M. & Franch, B. (2016). Preliminary Analysis of the Performance of the Landsat 8/Oli Land Surface Reflectance Product. *Remote Sensing of Environment*, 185, 46-56.
- WEFCOM. (2004). *GIS Database and its Applications for Ecosystem Management*. Bangkok: Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation.
- Wildlife Research Division. (2010). *Status of Large Mammals in Thailand* [In Thai]. Bangkok: Wildlife Research Division, Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation.
- Yodyoi, Y., Pongpattananurak, N., & Chimchome, V. (2015). Impact of Land Use Change in Tambon Thaisamakkee in Gaur's Habitats, Dong Phrayayen - KhaoYai Forest Complex. *Journal of RESGAT*, 16, 1-9.