



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE



GREGOIRE DUBOIS

ภาคผนวก 1

การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ของภัยคุกคามโครงสร้างพื้นฐาน เชิงเส้นที่มีต่อความหลากหลายทางชีวภาพใน เอเชีย

ข้อจำกัด มุมมองของผู้เขียนที่แสดงในเอกสารนี้ยังอิงจากข้อมูลที่ดีที่สุดที่มีให้โดยผู้ถือประโยชน์ร่วม
และไม่จำเป็นต้องสะท้อนมุมมองของหน่วยงานเพื่อการพัฒนาระหว่างประเทศสหรัฐ (USAID) หรือรัฐบาลสหรัฐอเมริกา
รายงานฉบับภาษาอังกฤษเป็นรายงานฉบับที่เป็นทางการ รายงานฉบับแปลขอได้ตามคำร้อง

เนื้อหา

คำย่อ	I
บทนำ	3
ส่วนที่ 1 การวิเคราะห์เชิงพื้นที่โดยประมาณ	
ของภัยคุกคามโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้นต่อความหลากหลายทางชีวภาพในเอเชีย	5
วิธีการ	6
การจัดลำดับความสำคัญของการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ	6
ระดับข้อมูลด้านความหลากหลายทางชีวภาพ	6
การประมวลผลระดับ	11
ดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพแบบผสม	12
การระบุพื้นที่หลักของความหลากหลายทางชีวภาพ	13
การเปรียบเทียบกับแผนการจัดลำดับความสำคัญทั่วโลก	14
การทำแผนที่โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่วางแผนไว้	16
การประเมินผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น	17
ผลลัพธ์	18
การทำแผนที่ความหลากหลายทางชีวภาพ	18
ขอบเขตของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผน	28
โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่อาจส่งผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพ	31
การอภิปราย	35
ภัยคุกคามต่อความหลากหลายทางชีวภาพ	37
เพื่อไปสู่ความเข้าใจถึงภัยคุกคามในโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ดีขึ้น	38
คุณูปการ	40
ข้อมูลที่สามารถใช้ได้	40
ส่วนที่ 2 การวิเคราะห์อย่างละเอียดของผลกระทบโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่อาจเกิดขึ้นในภูมิภาคเอเชียที่เลือก	41
บทวิเคราะห์ที่ 1 ผลกระทบต่อเสือดาวหิมะ ที่อาจเกิดขึ้นจากถนนลาดยาง และทางรถไฟที่ได้วางแผนไว้ในมองโกเลีย	41
วิธีการ	43
ผลลัพธ์	43
การอภิปราย	46
คุณูปการ	47
บทวิเคราะห์ที่ 2 แสดงผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการพัฒนาถนน และทางรถไฟต่อเสือในภูมิภาคเขตอนุรักษ์เทไร (TAL) ของเนปาล	48
วิธีการ	48
ผลลัพธ์	49
การอภิปราย	52
คุณูปการ	54
บทวิเคราะห์ที่ 3 การบรรเทาผลกระทบที่มีต่อสัตว์ป่าระหว่างการขยายทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 37 ในรัฐอัสสัม ประเทศอินเดีย	54
วิธีการ	56

ผลลัพธ์	56
การอภิปราย	61
คุณูปการ	62
บทวิเคราะห์ที่ 4 ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากถนนสายกลาง-ตะวันตก ต่อจำนวนของละมั่งในเมือง BETPAK-DALA ของคาซัคสถาน	63
วิธีการ	64
ผลลัพธ์	64
การอภิปราย	67
คุณูปการ	68
บทวิเคราะห์ที่ 5 ภัยคุกคามต่อพื้นที่ของนกที่สำคัญ จากการพัฒนาระบบสายส่งไฟฟ้าในอนาคตของประเทศไทย	69
วิธีการ	69
ผลลัพธ์	70
การอภิปราย	72
คุณูปการ	75
บทวิเคราะห์ที่ 6 ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากถนนลาดยางและทางรถไฟที่วางแผนไว้ในประเทศมองโกเลียต่อลาป่ามองโกเลีย และ ละมั่งหางดำ	76
วิธีการ	76
ผลลัพธ์	77
การอภิปราย	84
คุณูปการ	86
การสังเคราะห์การวิเคราะห์อย่างละเอียด	87
ส่วนที่ 3 บทวิเคราะห์เชิงพื้นที่อย่างละเอียด	88
ตัวอย่างการศึกษาที่ 1 ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากถนนและทางรถไฟที่มีต่อความหลากหลายทางชีวภาพในเกาะบอร์เนียวชาวอินโดนีเซีย (ALAMGIR ET AL. 2019)	88
ตัวอย่างการศึกษาที่ 2 ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากถนน และสายไฟฟ้าต่อความหลากหลายทางชีวภาพในเกาะสุมาตราอินโดนีเซีย (SLOAN, ALAMGIR ET AL. 2019)	89
ตัวอย่างการศึกษาที่ 3 ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากถนนต่อความหลากหลายทางชีวภาพในเกาะบอร์เนียวของมาเลเซีย (SLOAN, CAMPBELL ET AL. 2019)	91
ตัวอย่างการศึกษาที่ 4 ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากถนน และทางรถไฟต่อเสือในอินเดีย (PARIWAKAM ET AL. 2018)	92
การศึกษาตัวอย่างที่ 5 ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากสายไฟฟ้าต่อนกฟลอลิแคนเบงกอลในกัมพูชา (MAHOOD ET AL. 2018)	93
ตัวอย่างการศึกษาที่ 6 ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการสร้างถนนและทางรถไฟต่อเสือดาวลายเมฆในพม่า (KASZTA ET AL. 2020)	94
ตัวอย่างการศึกษาที่ 7 ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการสร้างถนนต่อเสือดาวหิมะในเนปาล (WWF 2018)	95
ตัวอย่างการศึกษาที่ 8 ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการสร้างถนนต่อเสือในอินเดียตอนกลาง (THATTE ET AL. 2018)	96
ตัวอย่างการศึกษาที่ 9 ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการสร้างถนน และทางรถไฟที่มีต่อเสือดาวลายเมฆในเกาะบอร์เนียวของมาเลเซีย (KASZTA ET AL. 2019)	97
ตัวอย่างการศึกษาที่ 10 ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการสร้างถนน ที่มีต่อความหลากหลายทางชีวภาพในลาว (DANYO ET AL. 2018)	99

ตัวอย่างการศึกษาที่ 11

ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการสร้างถนนและทางรถไฟต่อความหลากหลายทางชีวภาพในเขตอนุรักษ์เทไร (TAL)

ประเทศเนปาล (SHARMA ET AL. 2018)

การวิเคราะห์การศึกษาตัวอย่าง	100
ความหลากหลายทางการศึกษา	101
ผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพ	102
ข้อมูลโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น	102
ข้อมูลทางชีวภาพ	103
วิธีการวิเคราะห์	103
คำแนะนำและบทสรุป	104
คุณูปการ	105
การค้นพบที่สำคัญ	105
คำแนะนำ	106
แหล่งอ้างอิง	108

ตารางแสดงภาพ

ภาพที่ 1 แสดงระดับความหลากหลายทางชีวภาพที่ใช้พิจารณาในการวิเคราะห์ (A)

ความหลากหลายทางชีวภาพที่ไม่บุบสลาย (B) ความอุดมสมบูรณ์ของความหลากหลายทางชีวภาพที่ไม่บุบสลาย (C)

ความสมบูรณ์ของเขตภูมินิเวศ (D) การดัดแปลงแก้ไขของมนุษย์ (E) ความสมบูรณ์ของจำนวนสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (F)

พื้นที่ลำดับความสำคัญระดับโลกสำหรับการขยายพื้นที่คุ้มครอง (G)

พื้นที่ลำดับความสำคัญระดับชาติสำหรับการขยายพื้นที่คุ้มครอง (H) ความอุดมสมบูรณ์ของสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ (I)

ความอุดมสมบูรณ์ของสายพันธุ์นก (J) ความอุดมสมบูรณ์ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (K)

ความอุดมสมบูรณ์ของสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำที่ถูกคุกคาม (L) ความอุดมสมบูรณ์ของนกที่ถูกคุกคาม (M)

ความอุดมสมบูรณ์ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่ถูกคุกคาม (N) ความสมบูรณ์ของสายพันธุ์ที่เกิดอันตรายทั่วโลก

ท้ายที่สุดแล้ว แบบ B, D, H, I และ J จะถูกลบออกจากการวิเคราะห์เพื่อลดความซ้ำซ้อนระหว่างข้อมูลระดับต่าง ๆ 8

ภาพที่ 2 แสดงแบบแผนการจัดลำดับความสำคัญของการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพทั่วโลกที่มีอยู่ (A)

ภูมิทัศน์ป่าที่สมบูรณ์ (B) จุดสำคัญศูนย์กลางแห่งความหลากหลายทางชีวภาพ กองทุนพันธมิตรแห่งระบบนิเวศที่วิกฤต

(C) เขตภูมินิเวศในโลก 200 เขต (D) พื้นที่ความหลากหลายทางชีวภาพที่สำคัญ (E) มาตรฐานการปฏิบัติงานที่ 6

ของบรรษัทเงินทุนระหว่างประเทศ กรณีที่อยู่วิกฤต 15

ภาพที่ 3 แสดงดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพแบบผสม (CBI) ที่ความละเอียด 1 กม. ทั่วพื้นที่การศึกษาในทวีปเอเชีย

ดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพแบบผสม (CBI)

ถูกคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยของค่าการเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาณในชั้นของความหลากหลายทางชีวภาพทั้งหมด 20

ภาพที่ 4 แสดง ความแปรปรวนของค่าความหลากหลายทางชีวภาพในแต่ละระดับ แต่ละภาพ

แสดงสถิติแบบสรุปที่แตกต่างกันซึ่งคำนวณจากชุดค่าการเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาณ 9 ค่า (1 ค่าต่อ 1

ระดับความหลากหลายทางชีวภาพ) สำหรับต่อปริมาณสูงสุด (บนซ้าย) ปริมาณขั้นต่ำ (บนขวา)

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณ (ล่างซ้าย) และจำนวนระดับที่มีควอนไทล์ > 0.9 (ล่างขวา) 21

ภาพที่ 5 พื้นที่หลักด้านความหลากหลายทางชีวภาพขนาดใหญ่ระดับทวีป (ส่วนสีเขียวเข้ม) แทนว่าเกณฑ์ควอนไทล์เป็น 0.9 (ภาพด้านบน) 0.8 (ภาพกลาง) หรือ 0.7 (ภาพด้านล่าง)	
สำหรับกำหนดค่าความหลากหลายทางชีวภาพสูง.....	22
ภาพที่ 6 พื้นที่หลักด้านความหลากหลายทางชีวภาพขนาดใหญ่ระดับภูมิภาค แทนว่าเกณฑ์ควอนไทล์เป็น 0.9 (ภาพด้านบน) 0.8 (ภาพตรงกลาง) หรือ 0.7 (ภาพด้านล่าง) สำหรับการกำหนดค่าความหลากหลายทางชีวภาพสูง ในส่วนที่แรงาสีเข้ม หมายถึง พื้นที่หลัก และพื้นที่ที่แรงาพื้นหลังสีอ่อนจะแยกเป็นภูมิภาคต่าง ๆ (สีเขียว = เอเชียกลาง สีส้ม = เอเชียตะวันออก สีน้ำตาล = เอเชียใต้ สีแดง = เอเชียตะวันออกเฉียงใต้).....	23
ภาพที่ 7 พื้นที่หลักด้านความหลากหลายทางชีวภาพขนาดใหญ่ระดับประเทศ แทนว่าเกณฑ์ควอนไทล์เป็น 0.9 (ภาพด้านบน) 0.8 (ภาพตรงกลาง) หรือ 0.7 (ภาพด้านล่าง) สำหรับการกำหนดค่าความหลากหลายทางชีวภาพสูง มีการใช้สีที่ต่างกัน เพื่อแยกระหว่างพื้นที่หลักภายในประเทศต่าง ๆ.....	24
ภาพที่ 8 แสดงเส้นทางและเขตผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น (PEZs) ของโครงการที่มีโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้นที่ได้วางแผนไว้ทั่วเอเชีย	30
ภาพที่ 9 แสดงพื้นที่ทับซ้อนระหว่างเขตผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น (PEZs) ของเส้นทางโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้ (ทุกรูปแบบ) และพื้นที่หลักด้านความหลากหลายทางชีวภาพ 20% ในระดับทวีป (ภาพด้านบน) และระดับประเทศ (ภาพด้านล่าง)	33
ภาพที่ 10 แสดงพื้นที่ระหว่างเขตผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น (PEZs) ของเส้นทางโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้ และพื้นที่หลักด้านความหลากหลายทางชีวภาพภายในภูมิภาคที่เลือกของเอเชีย พื้นที่หลักด้านความหลากหลายทางชีวภาพที่แสดงขึ้นอยู่กับ 20% สูงสุดของค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพแบบผสม (CBI) ในระดับประเทศ เส้นทางโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) แสดงทั้ง 3 โหมด (ถนน ทางรถไฟ สายไฟฟ้า)	34
ภาพที่ 11 แสดงพื้นที่ที่อาจเกิดปัญหาหระหว่างเสือดาวหิมะกับถนนลาดยางและทางรถไฟ แผนที่ด้านบน การทับซ้อนกันระหว่างโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้ กับพื้นที่ที่เสือดาวหิมะอาศัยอยู่ ส่วนของคุณลักษณะโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้ ที่มีความซ้อนทับพื้นที่ที่อยู่อาศัยจะแสดงด้วยเส้นหนา แผนที่ด้านล่าง แสดงจุดตัดระหว่างโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้ และทางที่เสือดาวหิมะอาจกระจายตัวในที่ต่าง ๆ เส้นหนาสีเขียวแสดงถึงเส้นทางแพร่กระจายที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นสำหรับเสือดาวหิมะ	45
ภาพที่ 12 แสดงทางแยกระหว่างเส้นทางโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้ และพื้นที่การจัดลำดับความสำคัญเพื่อการอนุรักษ์เสือ ส่วนของเส้นทางโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ตัดกับพื้นที่ที่มีนัยสำคัญด้านการอนุรักษ์ จะแสดงด้วยเส้นที่หนาขึ้น (A) พื้นที่ศึกษาเต็มรูปแบบ รวมทั้งพื้นที่คุ้มครองทั้งหมด เขตพื้นที่กันชน เส้นทางเดินในป่า และพื้นที่ที่มีเสือดาวหิมะ (B) บริเวณรอบอุทยานแห่งชาติ Shuklaphanta (C) บริเวณรอบอุทยาน Banke-Bardia และ (D) บริเวณรอบพื้นที่อุทยาน Chitwan-Parsa	51
ภาพที่ 13 แสดงผลลัพธ์ของการวิเคราะห์พื้นที่หลักที่ปรับให้เหมาะสม 4 แบบ โดยที่สีแดงเข้มกว่าบ่งชี้ว่ามีการสังเกตที่มากกว่า และสีขาวบ่งชี้ถึงพื้นที่ที่ไม่มีจุดที่มีนัยสำคัญทางสถิติ A) พื้นที่จุดสำคัญของสัตว์ที่เสียชีวิตแล้ว B) พื้นที่จุดสำคัญที่มีสัตว์มีชีวิตข้ามถนน C) พื้นที่จุดสำคัญที่เป็นแหล่งรวมสัตว์มีชีวิตใกล้ถนน รูปเหลี่ยมสีม่วงเป็นทางเดินของช้างที่ระบุโดย Menon et al.(2017)	59
ภาพที่ 14 แสดงผลลัพธ์ของการวิเคราะห์พื้นที่หลักที่ปรับให้เหมาะสม 4 แบบ โดยที่สีแดงเข้มกว่า บ่งชี้ว่ามีการสังเกตที่มากกว่า และสีขาวบ่งชี้ถึงพื้นที่ที่ไม่มีจุดที่มีนัยสำคัญทางสถิติ A)	

พื้นที่ของสัตว์เลื้อยคลานและสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำที่เสียชีวิตแล้วนอกช่วงมรสุม B)	
พื้นที่ของสัตว์เลื้อยคลานและสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำที่เสียชีวิตแล้วในช่วงมรสุม C)	
พื้นที่แหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์กึ่งน้ำที่มีชีวิต (โกสหรืออาศัยอยู่ทางข้ามถนน) นอกช่วงมรสุม D)	
พื้นที่แหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์กึ่งน้ำที่มีชีวิต (โกสหรืออาศัยอยู่ทางข้ามถนน) ในช่วงมรสุม	
รูปเหลี่ยมสี่มุมเป็นทางเดินของช้างที่ระบุโดย Menon et al.(2017).....	60
ภาพที่ 15 แสดงช่วงที่อยู่อาศัยของกลุ่ม Torgai (กลางซ้าย) และกลุ่ม Tengiz (บนขวา) ของจำนวนละมั่งใน Betpak-Dala ในภาคกลางของคาซัคสถาน เส้นทางที่ได้วางแผนไว้ของถนนสายกลาง-ตะวันตกแบ่งช่วงที่อยู่อาศัยของทั้งสองกลุ่ม.	66
ภาพที่ 16 แสดงสายไฟฟ้าที่ได้วางแผนไว้ และเขตพื้นที่นกและความหลากหลายทางชีวภาพที่สำคัญ (IBAs) ในประเทศไทย เส้นทาง แสดงถึงส่วนของสายไฟฟ้าที่ได้วางแผนไว้	
ที่จะทอดผ่านกับเขตพื้นที่นกและความหลากหลายทางชีวภาพที่สำคัญ (IBAs).....	72
ภาพที่ 17 แสดงโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้นทับซ้อนกับช่วงที่อยู่อาศัยของละมั่งจำนวน 20 แห่ง เส้นทาง	
แสดงถึงโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ปัจจุบัน หรือที่วางแผนไว้ตัดกับช่วงที่อยู่อาศัย	78
ภาพที่ 18 แสดงสถานที่ที่ละมั่งหางดำ 20 ตัวข้ามทางรถไฟและถนนที่วางแผนก่อสร้างไว้	
และข้ามทางรถไฟที่อยู่ระหว่างการก่อสร้าง	80
ภาพที่ 19 แสดงโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้นตัดผ่านกับช่วงที่อยู่อาศัยของลาป่ามองโกเลีย 20 ตัว เส้นทาง แสดงถึง	
โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ปัจจุบัน หรือที่วางแผนไว้ตัดกับช่วงที่อยู่อาศัย	81
ภาพที่ 20 แสดงบริเวณที่ลาป่า 20 ตัวข้ามทางรถไฟ ถนนที่วางแผนไว้ และทางรถไฟที่กำลังก่อสร้าง	83
ภาพที่ 21 แสดงพื้นที่จุดข้ามของลาป่ามองโกเลีย และละมั่งหางดำบนถนนลาดยางสายปัจจุบัน	84

รายการตาราง

ตารางที่ 1 แสดงคำอธิบายชุดข้อมูลความหลากหลายทางชีวภาพ	9
ตารางที่ 2 แสดงคำอธิบายแผนการจัดลำดับความสำคัญของความหลากหลายทางชีวภาพที่มีอยู่ทั่วโลก.....	16
ตารางที่ 3 แสดงแหล่งข้อมูลโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น.....	17
ตารางที่ 4 แสดงสัดส่วนพื้นที่หลักของความหลากหลายทางชีวภาพขนาดใหญ่ระดับทวีป ที่เกิดขึ้นภายในแต่ละชีวนิเวศ	26
ตารางที่ 5	
แสดงความทับซ้อนระหว่างคุณลักษณะของความหลากหลายทางชีวภาพที่ระบุไว้ในแบบแผนการจัดลำดับความสำคัญในโลกก่อนหน้านี้ และพื้นที่หลักของความหลากหลายทางชีวภาพขนาดใหญ่จากการวิเคราะห์นี้	27
ตารางที่ 6 แสดงระยะทางความยาวของโครงการโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้ในเอเชีย	28
ตารางที่ 7 แสดงสัดส่วนพื้นที่หลักของความหลากหลายทางชีวภาพทั้งหมดภายในโซนผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น (PEZ) ของเส้นทางโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้นที่ได้วางแผนไว้	32
ตารางที่ 8 แสดงพื้นที่ทับซ้อนระหว่างเขตผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น (PEZs) ของเส้นทางโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้กับพื้นที่คุ้มครอง	34
ตารางที่ 9 แสดงขอบเขตของการทับซ้อนกันระหว่างโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้นที่ได้วางแผนไว้ (ถนนลาดยางและทางรถไฟ) กับพื้นที่อาศัยของเสือดาวหิมะ และเส้นทางการแพร่กระจายที่เป็นไปได้.....	44

ตารางที่ 10 แสดงความยาว (กม.) ของถนนและทางรถไฟที่ไต้หวันวางแผนไว้อยู่ระหว่างการก่อสร้างที่ตัดกับพื้นที่ที่สำคัญต่อการอนุรักษ์เสือในเขตอนุรักษ์เทไ ร (TAL)	50
ตารางที่ 11 แสดงจำนวนสัตว์ที่พบในแต่ละหมวดหมู่อนุกรมวิธาน	57
ตารางที่ 12 แสดงการตัดผ่านของช่วงที่อยู่อาศัยของกลุ่ม Tengiz และ Torgai ของจำนวนละมั่งไซกาใน Betpak-Dala กับเส้นทางที่ไต้หวันวางแผนไว้ในถนนสายกลาง-ตะวันตก.....	66
ตารางที่ 13 แสดงจำนวนการข้ามที่สังเกตได้ของเส้นทางสายกลาง-ตะวันตกที่ไต้หวันวางแผนไว้โดยละมั่งไซกา 43 ตัวจาก Betpak-Dala ระหว่างช่วงการศึกษา	66
ตารางที่ 14 ความยาวของ สายไฟฟ้าที่วางแผนในประเทศไทย และภายในเขตนกและความหลากหลายทางชีวภาพที่สำคัญ (IBAs)	70
ตารางที่ 15 โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ทับซ้อนกับพื้นที่ช่วงที่อยู่อาศัยของละมั่งหางดำ 20 ตัว แบ่งตามรูปแบบ	78
ตารางที่ 16 อัตราการข้ามทางต่อปีตามประเภทของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ของละมั่งหางดำ 20 ตัว.....	79
ตารางที่ 17 แสดงโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ตัดผ่านกันกับพื้นที่อาศัยของละมั่งคอพอก 20 ตัว แบ่งตามรูปแบบ	81
ตารางที่ 18 อัตราการข้ามถนนปี ตามรูปแบบของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ของลาป่ามองโกเลีย 20 ตัว	82

คำย่อ

ADB	ธนาคารเพื่อการพัฒนาแห่งเอเชีย
ADCI	การริเริ่มการอนุรักษ์ใน Altyn Dala
สมาคมประชาชาติแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (ASEAN)	สมาคมประชาชาติแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้
BRI	โครงการเส้นทางสายไหม
CAREC	กลุ่มความร่วมมือทางเศรษฐกิจในภูมิภาคเอเชียกลาง
CBI	ดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพแบบผสม
CEPF	กองทุนหุ้นส่วนระบบนิเวศที่สำคัญ
CLLC	ศูนย์อนุรักษ์ภูมิประเทศขนาดใหญ่
DNPWC	กรมอุทยานแห่งชาติ และอนุรักษ์สัตว์ป่า
GMS	อนุภูมิภาคุ่มแม่น้ำโขง
GPS	ระบบการหาตำแหน่งทั่วโลก
HoB	การริเริ่มโครงการ Heart Of Borneo
IBA	เขตอาศัยของนกและความหลากหลายทางชีวภาพที่สำคัญ
IFC	บริษัทเงินทุนระหว่างประเทศ
IFCPS	มาตรฐานการปฏิบัติงานของบริษัทการเงินระหว่างประเทศ
IIC	ดัชนีการเชื่อมโยงเพื่อความสมบูรณ์
IUCN	องค์การระหว่างประเทศเพื่อการอนุรักษ์ธรรมชาติ
KBA	พื้นที่สำคัญที่มีความหลากหลายทางชีวภาพ
KDE	การคาดประมาณความหนาแน่นเชิงพื้นที่แบบเคอร์เนล
LI	โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น
NGO	องค์กรพัฒนาเอกชน

NHAI	ทางหลวงแผ่นดินของอินเดีย
NH-37	ทางหลวงแผ่นดินของอินเดียที่ 37
N-S	เหนือ - ใต้
PA	พื้นที่คุ้มครอง
PEZ	โซนผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น
ทางถนน	ระบบสังเกตการณ์ และข้อมูลการเสียชีวิตของสัตว์บนท้องถนน
SASEC	โครงการความร่วมมือทางเศรษฐกิจอนุภูมิภาคเอเชียใต้
TAL	เขตอนุรักษ์เทไร อาร์ค
TSH	ทางหลวงทรานส์ฮูมาดรา
USAID	หน่วยงานเพื่อการพัฒนาระหว่างประเทศสหรัฐ
WCS	สมาคมอนุรักษ์สัตว์ป่า (WCS)
WTI	สถาบันการขนส่งทางตะวันตก (WTI)
WWF	กองทุนโลกเพื่อธรรมชาติ (เดิมชื่อกองทุนสัตว์ป่าโลกสากล) - WWF

บทนำ

ผลกระทบของการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)

ต่อความหลากหลายทางชีวภาพนั้น โดยธรรมชาติแล้วเป็นเรื่องเชิงพื้นที่

หากเราไม่ทราบตำแหน่งของเส้นทางโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)

และลักษณะสำคัญทางชีววิทยาที่มีอิทธิพลต่อเส้นทางดังกล่าว (เช่น พื้นที่คุ้มครอง พื้นที่ที่อยู่อาศัยที่สำคัญ

และทางเดินของสัตว์ป่า) ความเข้าใจของเราเกี่ยวกับผลกระทบของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)

จะยังคงมีอยู่อย่างจำกัด การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ช่วยให้เราสามารถระบุลักษณะขนาด และประเภทของผลกระทบ

ระบุตำแหน่งที่ผลกระทบ (หรือจะ) รุนแรงที่สุด และจัดลำดับความสำคัญของความพยายาม

โดยอาศัยความเป็นจริงเพื่อหลีกเลี่ยงหรือบรรเทาผลกระทบ

ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา มีการวิเคราะห์เชิงพื้นที่จำนวนมาก เพื่อบันทึกผลกระทบของถนน รางรถไฟ และสายไฟฟ้าที่มีอยู่

ต่อความหลากหลายทางชีวภาพในเอเชีย โดยมีการศึกษาซ้อนหลัง แสดงในภาคผนวก 4 ของรายงานฉบับนี้

อย่างไรก็ตาม มีความจำเป็นอย่างเร่งด่วนในการศึกษานาถดถูที่ใช้การวิเคราะห์เชิงพื้นที่

เพื่อคาดการณ์ผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)

ที่ได้วางแผนในช่วงต้นของขั้นตอนการวางแผนและก่อนที่จะสร้าง

การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ในนาถดถูของผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) นั้น

ค่อนข้างหายากในวรรณกรรมที่ศึกษา อย่างไรก็ตาม สิ่งเหล่านี้มีค่าอย่างยิ่ง เนื่องจากให้คำแนะนำเกี่ยวกับวิธีการ

และสถานที่ที่จะป้องกัน หรือลดการสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพจากโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)

ก่อนที่จะเกิดขึ้นได้

ซึ่งเป็นการกล่าวหาว่าความพยายามทำให้การสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพหลังจากการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) กลับคืนมา

ภาคผนวกนี้ เป็นการตรวจสอบวิธีการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ที่สามารถนำมาใช้

เพื่อประเมินภัยคุกคามที่อาจเกิดขึ้นต่อความหลากหลายทางชีวภาพจากการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)

ที่ได้วางแผนเป็นมาตราส่วนเชิงพื้นที่ ภูมิศาสตร์ โหมดโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) และอนุกรมวิธานต่าง ๆ

ที่น่าสนใจได้อย่างไร มันเป็นการรวมการวิเคราะห์แรกเริ่ม ที่จัดทำขึ้นโดยเฉพาะสำหรับรายงานฉบับนี้

เพื่อหน่วยงานเพื่อการพัฒนาระหว่างประเทศแห่งสหรัฐอเมริกา

กับการแสดงการวิเคราะห์ที่เป็นแบบอย่างซึ่งดำเนินการก่อนหน้านี้โดยนักวิจัยท่านอื่น ๆ

เรานำเสนอตัวอย่างที่แสดงให้เห็นถึงความหลากหลายของวิธีการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ จุดแข็ง และข้อจำกัด

ภาคผนวกแบ่งออกเป็น 3 ส่วน

ในส่วนที่ 1

มีการอธิบายการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ของภัยคุกคามต่อความหลากหลายทางชีวภาพทั่วเอเชียจากการพัฒนาโครงสร้าง

พื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่สำคัญ การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ในปัจจุบันหลายครั้ง

ได้มีการสำรวจผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นของการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)

ต่อความหลากหลายทางชีวภาพโดยประมาณ ซึ่งครอบคลุมทั้งหมดหรือเกือบทั้งหมดของเอเชีย

และพิจารณาเฉพาะโครงการถนน และทางรถไฟที่มีชื่อเสียงสูงที่เกี่ยวข้องกับโครงการเส้นทางสายไหมของจีน (Hughes,

2019; Ng et al., 2020) การวิเคราะห์ของราชชาชผลจากงานก่อนหน้านี้ โดยพิจารณาชุดโครงการโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น

(LI) ที่ใหญ่ขึ้น ซึ่งรวมถึงโครงการสายไฟฟ้า

และโครงการที่เกี่ยวข้องกับการริเริ่มในการพัฒนาเศรษฐกิจระหว่างประเทศอื่น ๆ ที่ไม่ใช่โครงการเส้นทางสายไหม

(:BRI) นอกจากนี้ ยังมีการพัฒนาตัวชี้วัดเดียวสำหรับการวัดมูลค่าความหลากหลายทางชีวภาพทั่วเอเชีย และจัดทำแผนที่ของพื้นที่สำหรับความหลากหลายทางชีวภาพที่โดดเด่นซึ่งควรหลีกเลี่ยงการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) อย่างสิ้นเชิง

การวิเคราะห์โดยประมาณ ทั้งจากของเราและที่มีผู้ดำเนินการไปก่อนหน้านี้ จะไม่ครอบคลุมถึงผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากโครงการโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่วางแผนไว้ และให้ทุนสนับสนุนในระดับประเทศและระดับย่อย นอกจากนี้ ยังอาศัยข้อมูลความหลากหลายทางชีวภาพที่มีความครอบคลุมทั่วทั้งทวีป หรือทั่วโลก ซึ่งจำเป็นต้องมีความละเอียดเชิงพื้นที่แบบหยาบ แม้ว่าจะมีประโยชน์สำหรับการระบุลักษณะภัยคุกคามในวงกว้างตั้งแต่การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ไปจนถึงความหลากหลายทางชีวภาพในทวีปเอเชีย การวิเคราะห์โดยประมาณเหล่านี้ยังขาดรายละเอียดที่จำเป็นในการอธิบายภัยคุกคามต่อความหลากหลายทางชีวภาพ อย่างแม่นยำภายในภูมิภาคแต่ละแห่ง หรือสำหรับแต่ละสายพันธุ์ ซึ่งสิ่งเหล่านี้ต้องการการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ในระดับปลีกย่อย ทั้งนี้ ส่วนที่ 2 ของภาคผนวกนี้ จึงอธิบายถึงการประเมินผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่เป็นต้นฉบับอย่างละเอียด และรวดเร็วจำนวน 6 ฉบับต่อสายพันธุ์ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์สายพันธุ์สัตว์ในภูมิภาคที่เลือกไว้ภายในเอเชีย การประเมินนี้ดำเนินการร่วมกับพันธมิตรในท้องถิ่นที่มีส่วนร่วมในการอนุรักษ์สัตว์ป่าในภูมิภาคเหล่านี้ และมีความรู้ละเอียดเกี่ยวกับชีววิทยาด้านสายพันธุ์และแผนพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) การประเมินให้ตัวอย่างว่า การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ที่ค่อนข้างง่ายสามารถกำหนดลักษณะการคุกคามต่อความหลากหลายทางชีวภาพจากโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) และแนะนำกลยุทธ์ในการลดความรุนแรงได้อย่างไร

การวิเคราะห์เชิงพื้นที่อย่างละเอียดที่เราดำเนินการนั้น มีข้อจำกัดในด้านจำนวน รายละเอียด และความแม่นยำทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากระยะเวลาโครงการที่สั้น เพื่อให้เห็นภาพที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้นของความหลากหลายและความซับซ้อนในการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ในอนาคตอย่างละเอียดของผลกระทบต่อการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ในเอเชีย ส่วนที่ 3 ของภาคผนวกนี้จะสรุปผลการศึกษาที่ได้รับการตีพิมพ์เมื่อเร็ว ๆ นี้ จากวารสารทางวิทยาศาสตร์ และวรรณกรรมที่ไม่มีการตีพิมพ์เผยแพร่ การศึกษาแต่ละครั้งจะสำรวจผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นของโครงการถนน ทางรถไฟ หรือสายไฟฟ้า ที่ได้วางแผนไว้ภายในประเทศเดียว หรือภูมิภาคที่เล็กกว่าภายในประเทศ มีการบรรยายการศึกษาในแต่ละครั้ง และวิเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาดัง ๆ เพื่ออธิบายสถานะของวิทยาศาสตร์ และศักยภาพของความก้าวหน้า

เราสรุปภาคผนวกนี้ด้วยการถ่วงน้ำหนักข้อค้นพบที่สำคัญจากทั้ง 3 ส่วน และชุดของคำแนะนำที่อ้างอิงจากการค้นพบที่สำคัญเหล่านี้ ซึ่งอาจนำไปสู่การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ที่ดีขึ้น และมีอิทธิพลมากขึ้นของภัยคุกคามโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ต่อความหลากหลายทางชีวภาพ

ส่วนที่ 1 การวิเคราะห์เชิงพื้นที่โดยประมาณ

ของภัยคุกคามโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้นต่อความหลากหลายทางชีวภาพในเอเชีย

ทวีปเอเชียเป็นที่ตั้งของระบบนิเวศที่มีความหลากหลาย และซับซ้อนที่สุดในโลก ซึ่งถือเป็นทุนทางธรรมชาติ เพื่อส่งเสริมการขับเคลื่อนทางเศรษฐกิจ และเพิ่มความยืดหยุ่นต่อการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตาม มรดกทางธรรมชาติอันอุดมสมบูรณ์ของเอเชียส่วนใหญ่ ถูกคุกคามจากการขยายตัวอย่างรวดเร็วของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ซึ่งรวมถึงถนน ทางรถไฟ และสายไฟฟ้า หากไม่มีการป้องกันที่เหมาะสม การขยายตัวอย่างต่อเนื่อง และสิ่งที่คาดการณ์ไว้ของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) จะทำให้มีการกระจายของแหล่งที่อยู่อาศัย การเพิ่มการเสียชีวิตของสัตว์ป่า และการคุกคามความหลากหลายทางชีวภาพ

หน่วยงานเพื่อการพัฒนาระหว่างประเทศแห่งสหรัฐอเมริกา (USAID) พยายามที่จะทำความเข้าใจกับความท้าทาย และอุปสรรคที่ชะลอการนำไปปฏิบัติ และการดำเนินการตามมาตรการป้องกันโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) และเพื่ออภิปราย และทบทวนโครงการ โครงสร้างพื้นฐานที่ดำเนินอยู่ และที่ได้วางแผนไว้ในเอเชีย ซึ่งจะมีผลกระทบมากที่สุดต่อความหลากหลายทางชีวภาพ และแหล่งที่อยู่อาศัยที่สำคัญ เรื่องนี้ต้องการความเข้าใจเกี่ยวกับจุดคัดเชิงพื้นที่ที่มีคุณค่าทางความหลากหลายทางชีวภาพสูง และที่ตั้งของการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่มีอยู่ ที่มีต่อเนื่อง และในอนาคตด้วย

รายงานฉบับนี้ อธิบายการประเมินภัยคุกคามต่อความหลากหลายทางชีวภาพในเอเชียจากโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผน โดยใช้ชุดข้อมูลที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่ที่โดยประมาณ และขอบเขตเชิงพื้นที่ในวงกว้าง

การประเมินผลประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ประการ ได้แก่ (1)

การหาปริมาณและการเชื่อมโยงความหลากหลายทางชีวภาพทั่วเอเชีย (2)

การรวบรวมข้อมูลเชิงพื้นที่บนเส้นทางของโครงการ โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผน และ (3)

การพิจารณาว่าโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผน

มีแนวโน้มสูงที่จะเป็นอันตรายต่อความหลากหลายทางชีวภาพ การประเมินโดยประมาณ

นี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อตอบสนองวัตถุประสงค์หลายประการ กล่าวคือ

จัดทำแผนที่พื้นฐานที่สอดคล้องกันของความหลากหลายทางชีวภาพที่ครอบคลุมทั่วทั้งทวีปเอเชีย มีการกำหนด

“พื้นที่หลักเสี่ยง” ที่มีความหลากหลายทางชีวภาพที่โดดเด่น ซึ่งการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)

ในอนาคตอาจนำไปสู่อันตรายที่ยากจะรับได้ต่อสายพันธุ์ และถิ่นที่อยู่อาศัย

และควรได้รับอนุญาตเป็นทางเลือกสุดท้ายเท่านั้น

อีกทั้งมีการรวบรวมฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ครอบคลุมของโครงการ โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผน

เพื่อใช้ในการประเมินผลกระทบจากโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ในอนาคต

มีการประมาณการขนาดและการกระจายทางภูมิศาสตร์ของภัยคุกคามจากโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)

ต่อความหลากหลายทางชีวภาพ และชี้แนะการเลือกภูมิภาคที่มีลำดับความสำคัญน้อยกว่าในเอเชีย

ที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง ซึ่งหน่วยงานเพื่อการพัฒนาระหว่างประเทศแห่งสหรัฐอเมริกา (USAID)

อาจต้องการดำเนินการวิเคราะห์อย่างละเอียดยิ่งขึ้น

โดยใช้ข้อมูลท้องถิ่นเพิ่มเติมเกี่ยวกับโครงการความหลากหลายทางชีวภาพและโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)

วิธีการ

การจัดลำดับความสำคัญของการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ

ความหลากหลายทางชีวภาพ—ความผันแปรของสิ่งมีชีวิต—อาจวัดได้หลากหลายวิธี รวมถึงระดับต่าง ๆ ของการจัดระเบียบทางชีววิทยา (เช่น พันธุกรรม สายพันธุ์ ระบบนิเวศ) และสำหรับกลุ่มอนุกรมวิธานต่าง ๆ (เช่น นก สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง) จำนวนสายพันธุ์ที่มีอยู่ ณ ตำแหน่งหนึ่ง ซึ่งเรียกว่าความสมบูรณ์ของสายพันธุ์ เป็นหนึ่งในวิธีการวัดความหลากหลายทางชีวภาพที่ง่ายที่สุด และพบได้บ่อยที่สุด แนวทางที่เหมาะสมยิ่งขึ้น อาจอธิบายลักษณะเพิ่มเติมที่ส่งผลต่อความสัมพันธ์ของพื้นที่เพื่อการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ เช่น การปรากฏตัวของชนิดพันธุ์ที่จำกัดอยู่ในพื้นที่ทางภูมิศาสตร์เดียว (สิ่งมีชีวิตเฉพาะถิ่น) ความอุดมสมบูรณ์ของสายพันธุ์ใดสายพันธุ์หนึ่ง เหตุการณ์ที่สายพันธุ์สัตว์ถูกคุกคามให้สูญพันธุ์ ระดับที่ภูมิทัศน์ได้รับผลกระทบผ่านทางกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ (สภาพทางนิเวศวิทยา); สายพันธุ์ในปัจจุบันที่หลงเหลืออยู่ (ไม่สูญพันธุ์); และกรณีเหตุการณ์ของชีวนิเวศ หรือประเภทที่อยู่อาศัยที่พบในสถานที่ค่อนข้างน้อยทั่วโลก (หายาก)

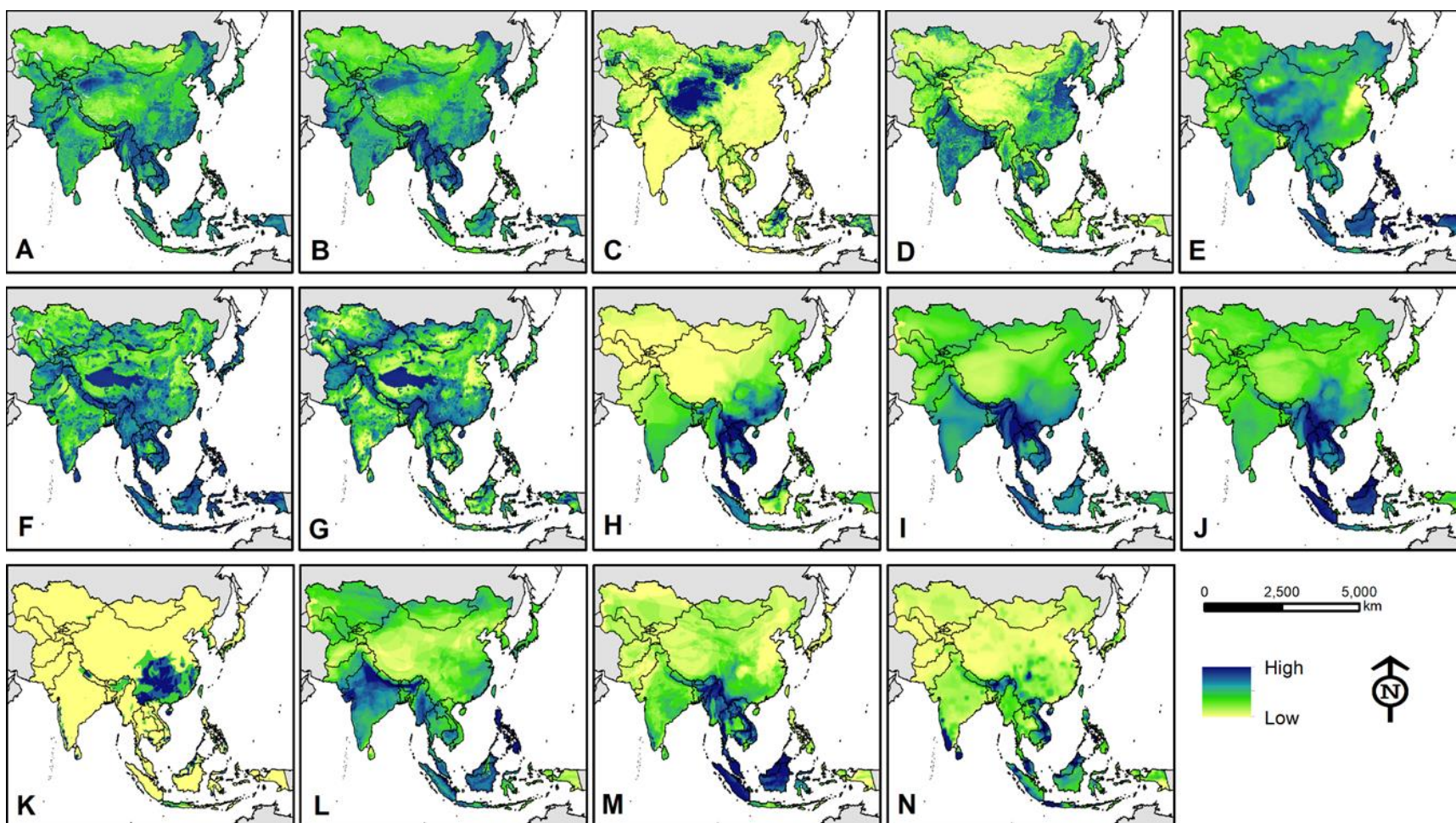
แนวทางของเราในการทำแผนที่การจัดลำดับความสำคัญของการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ คือ การซ้อนทับข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย ซึ่งแสดงถึงองค์ประกอบต่าง ๆ ของความหลากหลายทางชีวภาพ การจำแนกหมวดหมู่ และระดับขององค์กร และเพื่อระบุประเด็นที่สอดคล้องกันจากแหล่งข้อมูลเหล่านี้ เราเน้นในพื้นที่ทางภูมิศาสตร์ที่แหล่งข้อมูลจำนวนมากชี้ให้เห็นว่า การอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพมีคุณค่าสูง ซึ่งเพิ่มความมั่นใจว่า พื้นที่เหล่านี้แสดงถึงลำดับความสำคัญในการอนุรักษ์ที่มีความหมาย โดยมีได้ขับเคลื่อนโดยลักษณะเฉพาะของแหล่งข้อมูลใดเฉพาะ

เราอาศัยชุดข้อมูลที่มีลักษณะเฉพาะเป็นหลัก ซึ่งไม่สามารถใช้ข้อมูลอื่นแทนได้ ซึ่งหมายถึง ความสำคัญของแหล่งข้อมูลสำหรับการบรรลุวัตถุประสงค์ในการอนุรักษ์ เนื่องจากไม่สามารถใช้พื้นที่อื่นแทนได้ (เช่น เนื่องจากถิ่นที่อยู่สูง สายพันธุ์ที่ถูกคุกคาม หรือหายาก) การจัดลำดับความสำคัญของการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพบางอย่างยังรวมข้อมูลที่เป็นจุดอ่อนไว้ด้วย ซึ่งหมายถึงความเสี่ยงของสิ่งที่จะถูกเปลี่ยนแปลงโดยความเสียหายต่อคุณลักษณะความหลากหลายทางชีวภาพจาก กระบวนการคุกคามต่าง ๆ (Kukkala & Moilanen, 2013) แม้ว่าจุดอ่อนจะเป็นข้อพิจารณาที่สำคัญ เมื่อจัดลำดับความสำคัญของการอนุรักษ์ โดยทั่วไปแล้วเราจะแยกข้อมูลที่เป็นจุดอ่อนออกจากการวิเคราะห์ความหลากหลายทางชีวภาพของเรา เนื่องจากความตั้งใจของเราคือ การระบุพื้นที่ที่รักษาระดับความหลากหลายทางชีวภาพไว้ในระดับสูง (เช่น พื้นที่ที่ควรหลีกเลี่ยง) เราทำการพิจารณาจุดอ่อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ในองค์ประกอบอื่นของการประเมินนี้ กล่าวคือ การวิเคราะห์ความทับซ้อนระหว่างพื้นที่ที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง และเส้นทางของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้

ระดับข้อมูลด้านความหลากหลายทางชีวภาพ

เราได้รับข้อมูลเชิงพื้นที่สำหรับระดับของข้อมูลความหลากหลายทางชีวภาพ 14 แบบ (ภาพที่ 1, ตารางที่ 1) ข้อมูลเหล่านี้เพิ่งได้รับการพัฒนา (หรือปรับปรุงใหม่) ดังนั้นที่แสดงองค์ประกอบความหลากหลายทางชีวภาพหนึ่งรายการหรือมากกว่านั้น ซึ่งเป็นข้อมูลต่อเนื่อง (รูปแบบแรสเตอร์) ซึ่งประกอบด้วยตารางที่ครอบคลุมพื้นที่การศึกษาทั้งหมด

องค์ประกอบของความหลากหลายทางชีวภาพที่แสดงอยู่ในชั้นต่าง ๆ ได้แก่ ความสมบูรณ์ของสายพันธุ์ ถิ่นฐาน
ความอุดมสมบูรณ์ของประชากร ความสมบูรณ์ของความหลากหลายทางชีวภาพ สภาพทางนิเวศวิทยา
ความยากในการพบ และการทำให้สมบูรณ์ รูปแบบส่วนใหญ่เน้นที่ความหลากหลายทางชีวภาพของสัตว์ป่าบนบก
ซึ่งรวมถึงสภาพที่อยู่อาศัยของพวกมัน เนื่องจากผลกระทบของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)
ต่อสัตว์ป่าเป็นจุดสนใจสำหรับรายงานของหน่วยงานเพื่อการพัฒนาระหว่างประเทศสหรัฐ (USAID) ในวงกว้าง



ภาพที่ 1 แสดงระดับความหลากหลายทางชีวภาพที่ใช้พิจารณาในการวิเคราะห์ (A) ความหลากหลายทางชีวภาพที่ไม่บุบสลาย (B) ความอุดมสมบูรณ์ของความหลากหลายทางชีวภาพที่ไม่บุบสลาย (C) ความสมบูรณ์ของเขตภูมินิเวศ (D) การตัดแปลงแก้ไขของมนุษย์ (E) ความสมบูรณ์ของจำนวนสัตว์เลื้อยลูกด้วยนม (F) พื้นที่ลำดับความสำคัญระดับโลกสำหรับการขยายพื้นที่คุ้มครอง (G) พื้นที่ลำดับความสำคัญระดับชาติสำหรับการขยายพื้นที่คุ้มครอง (H) ความอุดมสมบูรณ์ของสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ (I) ความอุดมสมบูรณ์ของสายพันธุ์นก (J) ความอุดมสมบูรณ์ของสัตว์เลื้อยลูกด้วยนม (K) ความอุดมสมบูรณ์ของสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำที่ถูกคุกคาม (L) ความอุดมสมบูรณ์ของนกที่ถูกคุกคาม (M) ความอุดมสมบูรณ์ของสัตว์เลื้อยลูกด้วยนมที่ถูกคุกคาม (N) ความสมบูรณ์ของสายพันธุ์ที่เกิดขึ้นคราทั่วโลก ที่หายที่สุดแล้ว แบบ B, D, H, I และ J จะถูกลบออกจากการวิเคราะห์เพื่อลดความซ้ำซ้อนระหว่างข้อมูลระดับต่าง ๆ

ตารางที่ 1 แสดงคำอธิบายของชุดข้อมูลที่พิจารณาในการวิเคราะห์ความหลากหลายทางชีวภาพโดยประมาณ				
ชุดข้อมูล	คำอธิบาย	ปีที่เผยแพร่ / ปรับปรุงใหม่	ความละเอียดเชิงพื้นที่	ที่มา / เผยแพร่
ความสมบูรณ์ของความหลากหลายทางชีวภาพ (อ้างอิงจากความอุดมสมบูรณ์)	ความอุดมสมบูรณ์โดยเฉลี่ยของสายพันธุ์ที่มีอยู่แต่เดิมในหลากหลายสายพันธุ์ สัมพันธ์กับความอุดมสมบูรณ์ในที่อยู่อาศัยที่ไม่ถูกรบกวน	2019	1 กม.	Newbold et al. (2016); Sanchez-Ortiz et al. (2019)
ความสมบูรณ์ของความหลากหลายทางชีวภาพ (อ้างอิงจากความสมบูรณ์)	ความสมบูรณ์โดยเฉลี่ยของสายพันธุ์ที่มีอยู่แต่เดิมในหลากหลายสายพันธุ์ สัมพันธ์กับความสมบูรณ์ในแหล่งที่อยู่อาศัยที่ไม่ถูกรบกวน	2019	1 กม.	Newbold et al. (2016); Sanchez-Ortiz et al. (2019)
ความสมบูรณ์ของเขตรูมินิวส์	การวัดความสมบูรณ์ของดินที่อยู่อาศัย ซึ่งอธิบายผลกระทบรวมของการสูญเสียแหล่งที่อยู่อาศัย การกระจายตัว และความเสี่ยงโทรมที่เกิดจากการบุกรุกของมนุษย์	2020	1 กม.	Beyer et al. (2020)
การเปลี่ยนแปลงของมนุษย์ทั่วโลก	การวัดการสะสมของการเปลี่ยนแปลงที่ดินบนบกของมนุษย์ซึ่งสะท้อนถึงสัดส่วนของภูมิทัศน์ที่ถูกดัดแปลงตามรูปแบบทางกายภาพของปัจจัยที่กดดันจากมนุษย์ 13 ประการ และผลกระทบโดยประมาณ	2019	1 กม.	Kennedy et al. (2019)

ตารางที่ 1 แสดงคำอธิบายของชุดข้อมูลที่พิจารณาในการวิเคราะห์ความหลากหลายทางชีวภาพโดยประมาณ

ชุดข้อมูล	คำอธิบาย	ปีที่เผยแพร่ / ปรับปรุงใหม่	ความละเอียดเชิงพื้นที่	ที่มา / เผยแพร่
ความสมบูรณ์ของจำนวนสัตว์เลื้อยลูกด้วยนม	อัตราส่วนความอุดมสมบูรณ์ของสายพันธุ์สัตว์เลื้อยลูกด้วยนมในปัจจุบันต่อประวัติศาสตร์ตามช่วงประวัติศาสตร์ร่วมสมัย และที่สร้างขึ้นใหม่	2020	96.5 กม.	Belote et al. (2020)
พื้นที่ที่มีความสำคัญระดับโลกสำหรับการขยายพื้นที่คุ้มครอง	ลำดับความสำคัญเชิงพื้นที่สำหรับการขยายเครือข่ายพื้นที่คุ้มครองทั่วโลก เพื่อเพิ่มตัวแทนกลุ่มสัตว์มีกระดูกสันหลังบนบก และเขตภูมินิเวศให้ได้มากที่สุด	2014	0.2 องศา (~20 กม. ที่เส้นศูนย์สูตร)	Pouzols et al. (2014)
พื้นที่ที่มีความสำคัญระดับประเทศสำหรับการขยายพื้นที่คุ้มครอง	ลำดับความสำคัญเชิงพื้นที่สำหรับการขยายเครือข่ายพื้นที่คุ้มครองแห่งชาติ เพื่อเพิ่มจำนวนสัตว์มีกระดูกสันหลังบนบก และเขตภูมินิเวศให้ได้มากที่สุด	2014	0.2 องศา (~20 กม. ที่เส้นศูนย์สูตร)	Pouzols et al. (2014)
ความอุดมสมบูรณ์ของสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ	จำนวนสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำที่เกิดขึ้นใน 10 กม.กริดเซลล์ตามแผนที่การจัดสายพันธุ์ของสหภาพนานาชาติเพื่อการอนุรักษ์ธรรมชาติและทรัพยากรธรรมชาติ (IUCN)	2017	10 กม.	Jenkins & Pimm (2013)
ความอุดมสมบูรณ์ของนกนานาพันธุ์	จำนวนสายพันธุ์นกที่เกิดขึ้นในกริดเซลล์ 10 กม.ตามการจัดสายพันธุ์ของสหภาพนานาชาติเพื่อการอนุรักษ์ธรรมชาติและทรัพยากรธรรมชาติ (IUCN)	2017	10 กม.	Jenkins & Pimm (2013)
ความอุดมสมบูรณ์ของสายพันธุ์สัตว์เลื้อยลูกด้วยนม	จำนวนสายพันธุ์สัตว์เลื้อยลูกด้วยนมที่เกิดขึ้นในกริดเซลล์ 10 กม.ตามการจัดสายพันธุ์ของสหภาพนานาชาติเพื่อการอนุรักษ์ธรรมชาติและทรัพยากรธรรมชาติ (IUCN)	2017	10 กม.	Jenkins & Pimm

ตารางที่ 1 แสดงคำอธิบายของชุดข้อมูลที่พิจารณาในการวิเคราะห์ความหลากหลายทางชีวภาพโดยประมาณ

ชุดข้อมูล	คำอธิบาย	ปีที่เผยแพร่ / ปรับปรุงใหม่	ความละเอียดเชิงพื้นที่	ที่มา / เผยแพร่
				(2013)
จำนวนของสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำที่ถูกคุกคาม	จำนวนสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำที่ถูกคุกคาม ที่เกิดขึ้นในกริดเซลล์ 10 กม. ตามการจัดสายพันธุ์ของสหภาพนานาชาติเพื่อการอนุรักษ์ธรรมชาติและทรัพยากรธรรมชาติ (IUCN)	2017	10 กม.	Jenkins & Pimm (2013)
จำนวนของนกที่ถูกคุกคาม	จำนวนของนกที่ถูกคุกคามที่เกิดขึ้นใน 10 กม. กริดเซลล์ ตามการจัดสายพันธุ์ของสหภาพนานาชาติเพื่อการอนุรักษ์ธรรมชาติและทรัพยากรธรรมชาติ (IUCN)	2017	10 กม.	Jenkins & Pimm (2013)
จำนวนของสัตว์เลื้อยคลานที่ถูกคุกคาม	จำนวนของสัตว์เลื้อยคลานที่ถูกคุกคามที่เกิดขึ้นในกริดเซลล์ 10 กม. ตามการจัดสายพันธุ์ของสหภาพนานาชาติเพื่อการอนุรักษ์ธรรมชาติและทรัพยากรธรรมชาติ (IUCN)	2017	10 กม.	Jenkins & Pimm (2013)
ความสมบูรณ์ของสายพันธุ์ที่กีดกันทั่วโลก	ดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพที่พิจารณาจากความสมบูรณ์ของสัตว์มีกระดูกสันหลังบนบก ระดับของการเกิดเฉพาะถิ่น และความเสี่ยงในการสูญพันธุ์	2020	100 กม.	Farooq et al. (2020)

การประมวลผลระดับ

เราจำลองระดับเชิงพื้นที่ทั้งหมด เพื่อให้มีระบบพิกัดร่วมกัน (Albers Conic Equal Area) ความละเอียด (1 กม.²) ขอบเขต (28 ประเทศในเอเชีย; ภาพที่ 1) และการจัดตำแหน่งกริดเซลล์ จากนั้น มีการแปลงค่าดิบในแต่ละระดับเป็นควอนไทล์ ซึ่งค่าจะอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0-1 โดยที่ 0 แสดงถึงค่าการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพต่ำสุด และ 1 แสดงค่าสูงสุด

การแปลงเชิงปริมาณทำให้สามารถเปรียบเทียบได้อย่างถูกต้องระหว่างระดับที่มีช่วงค่าที่แตกต่างกันอย่างมาก และเพิ่มความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงในชุดข้อมูลแต่ละชุด

ระดับความหลากหลายทางชีวภาพบางส่วนได้มาจากข้อมูลพื้นฐานที่คล้ายคลึงกัน (เช่น แผนในช่วงของสายพันธุ์จากสหภาพนานาชาติเพื่อการอนุรักษ์ธรรมชาติและทรัพยากรธรรมชาติ [IUCN]) หรือใช้วิธีการที่คล้ายคลึงกันในการวัดความหลากหลายทางชีวภาพ ดังนั้นจึงอาจเข้าใจได้

เนื่องจากวัตถุประสงค์ของเรา คือ

การระบุประเด็นที่สอดคล้องกันระหว่างแหล่งข้อมูลความหลากหลายทางชีวภาพที่เป็นอิสระ เราจึงดำเนินการขั้นตอนการกรองข้อมูลเบื้องต้น เพื่อกำจัดระดับที่ซ้ำซ้อน และหลีกเลี่ยง "การคิดแบบกลุ่ม"

เมื่อประเมินมูลค่าความหลากหลายทางชีวภาพโดยรวม

เราคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันสำหรับแต่ละระดับที่แปลงค่าควอนไทล์

จากนั้นจึงลบหนึ่งเลขยกกำลังของแต่ละคู่ด้วย $|r| > 0.7$ จากการวิเคราะห์เพิ่มเติมทั้งหมด (Dormann et al., 2013)

ขั้นตอนการกรองนี้ส่งผลให้มีการกำจัดชั้นความหลากหลายทางชีวภาพที่ซ้ำซ้อน 5 ชั้นด้วยกัน

ดัชนีความสมบูรณ์ของความหลากหลายทางชีวภาพที่อิงตามจำนวน และตามความอุดมสมบูรณ์มีความสัมพันธ์กันสูง

เราจึงนำระดับที่อิงตามจำนวนออก และคงระดับที่อิงตามความอุดมสมบูรณ์ไว้

เนื่องจากข้อมูลความสมบูรณ์ของสายพันธุ์ถูกรวบรวมไว้ในระดับอื่น ๆ อีกหลายระดับ การเปลี่ยนแปลงของมนุษย์ทั่วโลก

และความสมบูรณ์ของเขตภูมินิเวศ มีความสัมพันธ์กันสูง ดังนั้นเราจึงตัดข้อมูลระดับการเปลี่ยนแปลงของมนุษย์ทั่วโลก

และคงระดับความสมบูรณ์ของเขตภูมินิเวศไว้

เนื่องจากภายหลังมีการรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับการกระจายตัวของที่อยู่อาศัย

ความอุดมสมบูรณ์ของสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ นกนานาพันธุ์ และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม

มีความสัมพันธ์กันอย่างมากกับจำนวนของสิ่งมีชีวิตเฉพาะถิ่น เราได้ตัดระดับความสมบูรณ์ของสายพันธุ์ทั้งสามออก

ในขณะที่รักษาระดับความสมบูรณ์ไว้ โดยอิงจากสายพันธุ์ที่ถูกคุกคามสำหรับหมู่เดียวกันนี้เท่านั้น

เนื่องจากความสมบูรณ์ของสายพันธุ์ที่ถูกคุกคาม

อาจมีความเกี่ยวข้องมากกว่าสำหรับการกำหนดลำดับความสำคัญในการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ (Brooks et al., 2006)

ดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพแบบผสม

เราได้สร้างดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพแบบผสม (CBI)

เพื่อสะท้อนค่าความหลากหลายทางชีวภาพโดยเฉลี่ยในระดับที่เหลือทั้งหมด

สำหรับแต่ละกริดเซลล์ที่รวมอยู่ในการวิเคราะห์ ดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพแบบผสม (CBI)

ได้ถูกคำนวณเป็นค่ากลางของระดับที่แปลงค่าควอนไทล์สำหรับกริดเซลล์แต่ละเซลล์

ผลลัพธ์ที่ได้เป็นแผนที่ต่อเนื่องที่ครอบคลุมพื้นที่การศึกษาเต็มรูปแบบที่มีความละเอียด 1-

กม. โดยมีค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพแบบผสม (CBI) โกล้เคียงกับ 1

แสดงถึงความสอดคล้องที่แข็งแกร่งระหว่างระดับต่าง ๆ ว่า

สถานที่เฉพาะมีความสำคัญสูงสำหรับการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ และค่าที่ใกล้เคียงกับ 0 แสดงถึง

ความสอดคล้องที่ชัดเจนว่า ตำแหน่งเฉพาะมีความสำคัญต่ำ ค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพแบบผสม (CBI)

ระดับปานกลางอาจบ่งชี้ถึงความสอดคล้องระหว่างชั้นต่าง ๆ ว่าสถานที่ที่มีลำดับความสำคัญปานกลาง

หรือการผสมผสานของชั้นต่าง ๆ ที่ระบุลำดับความสำคัญสูงและต่ำ ดังนั้น เพื่อให้เข้าใจความแปรผันระหว่างชั้นต่าง ๆ

ได้ดียิ่งขึ้น เราทำการคำนวณการวัดสรุปสำหรับแต่ละกริดเซลล์ ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

และจำนวนระดับที่มีควอนไทล์ > 0.9 (เช่น เค ไลล์สูงสุด)

การระบุพื้นที่หลักของความหลากหลายทางชีวภาพ

เพื่อยืนยันถึงพื้นที่และภูมิภาคที่หลีกเลี่ยงที่อาจเกิดขึ้นสำหรับการวิเคราะห์อย่างละเอียด

เราแปลงแผนที่ต่อเนื่องของค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพแบบผสม (CBI)

ของเราเป็นแผนที่ตามหมวดหมู่ที่แสดงการรวมตัวของกริดเซลล์ ดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพแบบผสม (CBI) สูง ซึ่งเราเรียกว่า "พื้นที่หลักของความหลากหลายทางชีวภาพขนาดใหญ่" อันดับแรก

เราได้มีการสรุปการวิเคราะห์อย่างละเอียดบางส่วนในค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพแบบผสม (CBI)

โดยใช้ฟังก์ชันการปรับให้เรียบที่เคลื่อนค่า CBI ภายในแบบเคอร์เนล โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10 กม.

ขั้นตอนนี้ยังกลั่นกรองสิ่งมีชีวิตที่มีค่าสูง ซึ่งอาจเป็นเป้าหมายของการอนุรักษ์ที่เป็นไปได้มากยิ่งขึ้น

เนื่องจากสิ่งมีชีวิตเหล่านี้แยกจากการรวมกลุ่มที่มากขึ้นกับสิ่งมีชีวิตที่มีค่าสูง

เราแปลงปริมาณดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพแบบผสม (CBI) เพื่อให้มีความราบรื่นในเชิงปริมาณ

แล้วจัดประเภทกริดเซลล์แต่ละเซลล์เป็นค่าความหลากหลายทางชีวภาพสูงหรือต่ำโดยอิงตามเกณฑ์ปริมาณที่คำนวณ

จากการกระจายค่าทั่วทั้งพื้นที่การศึกษา เราใช้เกณฑ์ที่แตกต่างกัน 3 รูปแบบ (เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 90, 80 และ 70

ซึ่งแสดงถึงเปอร์เซ็นต์กริดเซลล์ที่ 10, 20 และ 30 อันดับแรกตามลำดับ) สำหรับการกำหนดค่าสูง ซึ่งช่วยให้ USAID

มีความยืดหยุ่นในการกำหนดพื้นที่ที่ควรหลีกเลี่ยง และสะท้อนถึงเปอร์เซ็นต์ของความผันแปรในวงกว้าง

ซึ่งเป็นเป้าหมายการอนุรักษ์ตามข้อตกลงระหว่างประเทศที่มีอยู่ และการริเริ่มการอนุรักษ์ใหม่ ในคอนทัก

เราระบุจุดเชื่อมต่อของพื้นที่ที่มีค่าสูง ("พื้นที่หลัก") โดยใช้กฎการอยู่ติดกัน 8 แห่ง และกลั่นกรองพื้นที่ที่มีขนาดเล็กกว่า

500 กม.²

ออกซึ่งสอดคล้องกับขนาดที่อยู่อาศัยของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมขนาดใหญ่หลายสายพันธุ์ที่มีความเกี่ยวข้องกับเรื่องการ

อนุรักษ์ (เช่น เสือ เสือดำหิมะ ช้างเอเชีย) แม้ว่าพื้นที่ที่มีขนาดเล็กกว่า 500 กม.² อาจมีคุณค่าในการอนุรักษ์สูง

โดยที่อยู่อาศัยของหลายสายพันธุ์มีพื้นที่เล็กกว่า หรือเป็น "ทางเท้า" สำหรับการกระจายสัตว์ป่าขนาดใหญ่

ความตั้งใจของเราคือ

เพื่อยืนยันพื้นที่ขนาดใหญ่ที่แสดงถึงตำแหน่งที่มีความสอดคล้องกับคุณค่าของการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ

ที่โดดเด่นที่อาจส่งเสริมพันธุ์สัตว์ป่าทั้งหมดในท้องถิ่น

ลำดับความหลากหลายทางชีวภาพของเราส่วนใหญ่อย่างน้อยก็บางส่วน ขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของสายพันธุ์

ซึ่งแสดงการไล่ระดับละเอียดที่ชัดเจน โดยมีความสมบูรณ์สูงสุดใกล้กับเส้นศูนย์สูตร และต่ำสุดใกล้ขั้วโลก (Hillebrand,

2004) ด้วยเหตุนี้ พื้นที่ที่มีคุณค่าในการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพสูงในระดับทวีป

จึงมีแนวโน้มที่จะเอนเอียงไปทางส่วนใต้สุดของเอเชียอย่างมาก อย่างไรก็ตาม USAID

อาจต้องการพิจารณาลำดับความสำคัญของความหลากหลายทางชีวภาพในที่อื่นด้วย อย่างเช่น

ในเอเชียที่มีความสำคัญระดับประเทศ หรือระดับภูมิภาค แม้ว่าจะมีความสำคัญในการอนุรักษ์น้อยกว่าในระดับทวีป

หรือระดับโลกก็ตาม ดังนั้น เราจึงทำการวิเคราะห์ความหลากหลายทางชีวภาพแยกกันในระดับชาติ (เช่น

ภายในแต่ละประเทศจาก 28 ประเทศในพื้นที่ศึกษา) และในระดับภูมิภาค (เช่น ภายในแต่ละภูมิภาคย่อยของเอเชีย 4

แห่งที่กำหนดโดยแผนโลกของสหประชาชาติสำหรับเอเชีย; United Nations geoscheme for Asia) ด้วย

ดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพแบบผสม (CBI) เกณฑ์ที่คำนวณได้ในแต่ละประเทศ หรือภูมิภาคตามลำดับ

แผนที่จะเป็นพื้นที่การศึกษาทั้งทวีป

เพื่อให้เข้าใจลักษณะทางนิเวศวิทยาของพื้นที่หลักแห่งความหลากหลายทางชีวภาพที่ระบุในการวิเคราะห์ได้ดียิ่งขึ้น

เราได้ทำการคำนวณสัดส่วนของพื้นที่หลักภายในแต่ละชีวนิเวศ 13 ชนิด (Olson et al.,

2001) ที่มีอยู่ในพื้นที่การศึกษาของเรา การคำนวณได้ถูกกระทำสำหรับการหาค่าผสมของเกณฑ์ควอนไทล์

(เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 70, 80 และ 90) และมาตราส่วนทางภูมิศาสตร์ (ระดับทวีป ภูมิภาค และระดับประเทศ)

การเปรียบเทียบกับแผนการจัดลำดับความสำคัญทั่วโลก

ได้มีความพยายามหลากหลายครั้งก่อนหน้านี้

ในการจัดลำดับความสำคัญเชิงพื้นที่สำหรับการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพในวงกว้าง(Brooks et al., 2006) เราเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่ความหลากหลายทางชีวภาพหลักขนาดใหญ่ที่ระบุในการวิเคราะห์ของเรา กับพื้นที่ลำดับความสำคัญของความหลากหลายทางชีวภาพที่ระบุ

โดยแผนการจัดลำดับความสำคัญของการอนุรักษ์ระดับโลกที่รู้จักกันดี 5 แผน (ภาพที่ 2, ตารางที่ 2) เพื่อให้เข้าใจได้ดียิ่งขึ้นว่า

การจัดลำดับความสำคัญเฉพาะเอเชียของเราสอดคล้องกับลำดับความสำคัญระดับโลกที่กำหนดไว้ก่อนหน้านี้ได้ดีเพียงใด

แบบแผนการจัดลำดับความสำคัญทั่วโลกเหล่านี้ประกอบไปด้วยจุดสำคัญที่มีความหลากหลายทางชีวภาพ

กองทุนพันธมิตรแห่งระบบนิเวศที่วิกฤต (CEPF) (Myers et al., 2000); เขตภูมินิเวศในโลก 200 เขต(Olson & Dinerstein, 2002);

มาตรฐานการปฏิบัติงานที่ 6 ของบรรษัทเงินทุนระหว่างประเทศ (IFCPS6) กรณีที่อยู่อาศัยที่วิกฤต (Brauneder et al., 2018);

ภูมิทัศน์ป่าที่สมบูรณ์ (Potapov et al., 2017); และพื้นที่ความหลากหลายทางชีวภาพที่สำคัญ([KBAs], IUCN, 2016)

ลำดับภูมิสารสนเทศสำหรับแผนการจัดลำดับความสำคัญทั่วโลก โดยจะเป็นข้อมูลตามหมวดหมู่ (รูปแบบเวกเตอร์)

ที่มีรูปหลายเหลี่ยมที่แสดงคุณลักษณะพื้นที่จุดสำคัญของความหลากหลายทางชีวภาพ (เช่น พื้นที่นันทนาการ)

พื้นที่ป่าที่ไม่บุบสลาย) ซึ่งเราแปลงเป็นข้อมูลแรสเตอร์ 1 กม.

เพื่อให้ตรงกับระดับความหลากหลายทางชีวภาพที่ใช้ในการวิเคราะห์ของเรา

เราหาปริมาณการทับซ้อนเชิงพื้นที่ระหว่างคุณลักษณะที่มีความหลากหลายทางชีวภาพจากแผนการจัดลำดับความสำคัญทั่วโลก กับพื้นที่หลักของความหลากหลายทางชีวภาพขนาดใหญ่ระดับทวีป โดยจากการวิเคราะห์ของเราทั้ง 2 วิธี

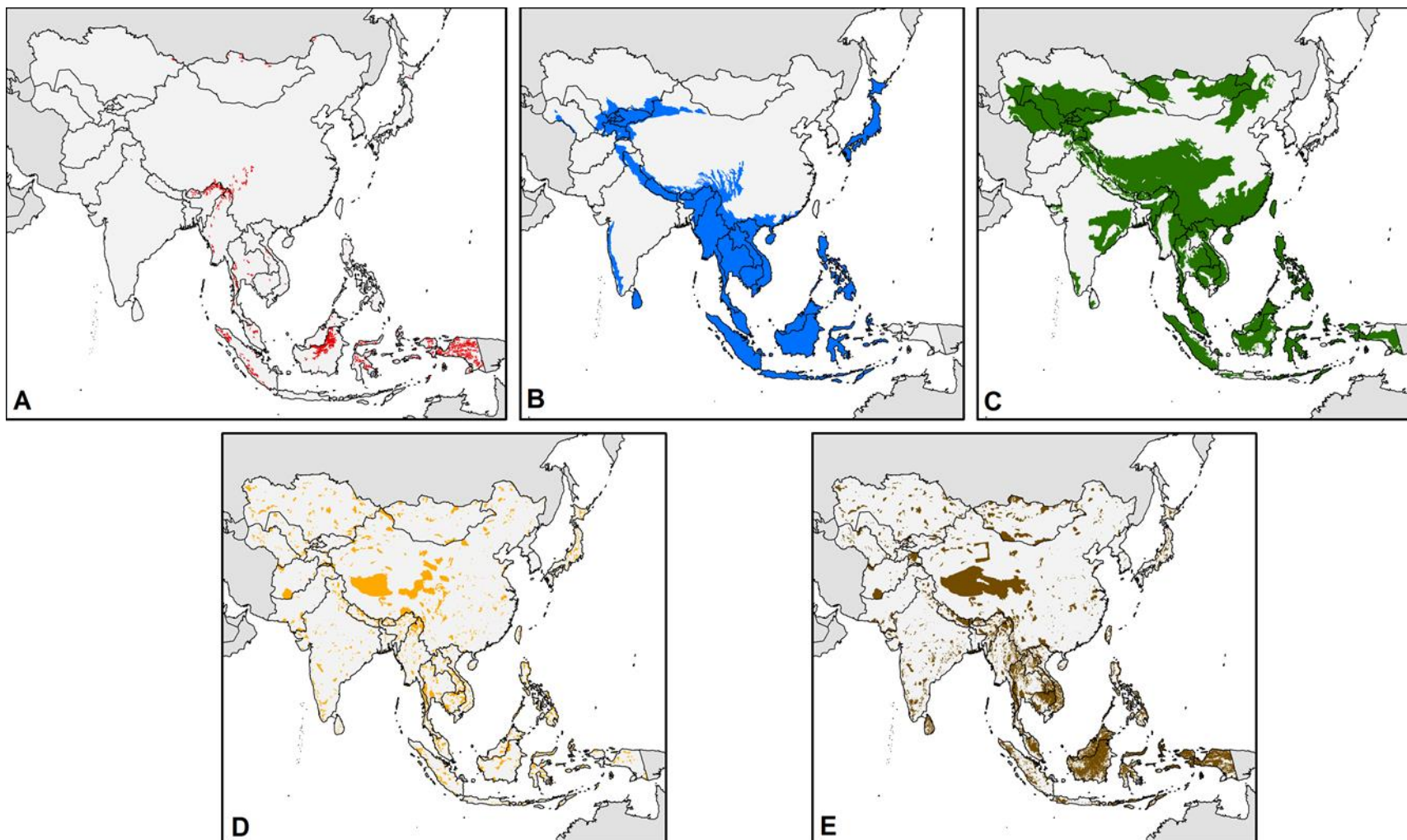
ได้แก่ (1)

สัดส่วนของพื้นที่คุณลักษณะความหลากหลายทางชีวภาพทั้งหมดจากแบบแผนจัดลำดับความสำคัญแต่ละแบบที่ทับซ้อนด้วยพื้นที่หลัก และ (2) สัดส่วนของพื้นที่หลักทั้งหมดที่ทับซ้อนกับคุณลักษณะที่มีความหลากหลายทางชีวภาพ

จากแบบแผนการจัดลำดับความสำคัญแต่ละโครงการ เราได้คำนวณสัดส่วนเหล่านี้แยกกัน สำหรับเกณฑ์ 3

ระดับที่ใช้ในการสร้างพื้นที่หลักของความหลากหลายทางชีวภาพขนาดใหญ่ (เปอร์เซ็นต์พื้นที่ 70, 80 และ 90)

และมาตราส่วนทางภูมิศาสตร์ 3 ระดับ (ระดับทวีป ระดับภูมิภาค และระดับประเทศ)



ภาพที่ 2 แสดงแบบแผนการจัดลำดับความสำคัญของการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพทั่วโลกที่มีอยู่ (A) ภูมิภาคที่เสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ (B) จุดสำคัญศูนย์กลางแห่งความหลากหลายทางชีวภาพ
กองทุนพันธมิตรแห่งระบบนิเวศที่วิกฤต (C) เขตภูมินิเวศใน 200 เขต (D) พื้นที่ความหลากหลายทางชีวภาพที่สำคัญ (E) มาตรฐานการปฏิบัติงานที่ 6 ของบริษัทเงินทุนระหว่างประเทศ กรณีที่อยู่ที่วิกฤต

ตารางที่ 2 แสดงคำอธิบายแผนการจัดลำดับความสำคัญของความหลากหลายทางชีวภาพที่มีอยู่ทั่วโลก

ตารางที่ 2 แสดงคำอธิบายแผนการจัดลำดับความสำคัญของความหลากหลายทางชีวภาพทั่วโลกที่มีอยู่			
ชุดข้อมูล	คำอธิบาย	ปีที่เผยแพร่/ ปรับปรุงใหม่	ที่มา/ เผยแพร่
กองทุนพันธมิตรแห่งระบบนิเวศ ที่วิกฤต จุดศูนย์กลางแห่งความหลากหลายทางชีวภาพ	พื้นที่จุดสำคัญทั่วโลก 36 แห่ง ตามความสมบูรณ์ของพันธุ์พืชเฉพาะถิ่นและการสูญเสียพืชพันธุ์ตามธรรมชาติดั้งเดิม	2016	Myers et al. (2000)
เขตภูมินิเวศในโลก 200 เขต	เขตภูมินิเวศที่ไม่สามารถถูกแทนที่ หรือมีลักษณะเฉพาะได้สูงตามที่ระบุโดยความสมบูรณ์ของชนิดพันธุ์ ถิ่นอาศัย อนุกรมวิธานที่สูงขึ้นผิดปกติปรากฏการณ์ทางนิเวศวิทยา หรือวิวัฒนาการที่ผิดปกติและความหายากของแหล่งที่อยู่อาศัยทั่วโลก	2002	Olson & Dinerstein (2002)
มาตรฐานการปฏิบัติงานที่ 6 ของบรรษัทเงินทุนระหว่างประเทศ ศ กรณีที่อยู่อาศัยที่วิกฤต	การป้องกันระดับของที่อยู่อาศัยที่สำคัญตามเกณฑ์ 5 ประการที่กล่าวถึงแหล่งที่อยู่อาศัยที่มีความสำคัญอย่างมีนัยสำคัญต่อสายพันธุ์ที่ถูกคุกคามเฉพาะถิ่น การรวมตัวกัน และการอพยพ ระบบนิเวศที่ถูกคุกคาม หรือมีลักษณะเฉพาะ และกระบวนการวิวัฒนาการที่สำคัญ	2018	Braune der et al. (2018)
ภูมิทัศน์ป่าที่สมบูรณ์	ระบบนิเวศทางธรรมชาติที่กว้างใหญ่ไพศาลภายในเขตป่าไม้ที่ไม่แสดงสัญญาณของกิจกรรมใดที่สำคัญของมนุษย์ และเป็นระบบนิเวศขนาดใหญ่พอที่จะรักษาความหลากหลายทางชีวภาพพื้นเมืองได้ทั้งหมด รวมทั้งจำนวนประชากรที่มีชีวิตของสายพันธุ์ที่หลากหลาย	2016	Potapov et al. (2017)
พื้นที่ความหลากหลายทางชีวภาพที่สำคัญ	พื้นที่ที่มีความสำคัญระดับโลกสำหรับการอนุรักษ์โดยพิจารณาจากความหลากหลายทางชีวภาพที่ถูกคุกคาม ความหลากหลายทางชีวภาพที่มีข้อจำกัดทางภูมิศาสตร์ ความสมบูรณ์ของระบบนิเวศ กระบวนการทางชีวภาพ หรือการแทนที่กันไม่ได้	2020	IUCN (2016)

การทำแผนที่โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่วางแผนไว้

เราได้รวบรวมฐานข้อมูลเชิงพื้นที่แบบเส้นทางของถนน ทางรถไฟ และสายไฟฟ้าที่ได้วางแผนไว้ที่เกี่ยวข้องกับการเริ่มการพัฒนาเศรษฐกิจระดับโลก และระดับภูมิภาคในเอเชีย (ตารางที่ 3) ความคิดริเริ่มเหล่านี้ เกี่ยวข้องกับการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ใหญ่ที่สุดที่ได้วางแผนหลายแห่งในเอเชีย และมักได้รับทุนจากธนาคารเพื่อการพัฒนาที่หลากหลายด้าน แม้ว่าการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่เกี่ยวข้องกับการริเริ่มระดับชาติ ระดับรัฐ และระดับท้องถิ่น กำลังเกิดขึ้นทั่วทั้งเอเชีย แต่การรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับโครงการเหล่านี้ทั่วทั้งทวีป ก็ไม่สามารถทำได้สำหรับการศึกษานี้

เส้นทางของโครงการโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) บางโครงการ มีอยู่ในรูปแบบข้อมูลเชิงพื้นที่สำหรับการริเริ่มต่างๆ แต่ในกรณีส่วนใหญ่ นั้น เราจะต้องอาศัยแผนที่ที่พบในรายงาน และเอกสารการวางแผน เพื่อระบุตำแหน่งเส้นทาง ซึ่งเราแปลงเป็นระบบพิกัดโดยใช้ ArcGIS 10.8 เส้นทางโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) บางเส้นทางรวมอยู่ในโครงการริเริ่มหลายโครงการ และเรากลับกรองฐานข้อมูลสำหรับรายการที่ซ้ำกันเหล่านี้ และคงคุณลักษณะที่มาจากข้อมูลล่าสุด หรือมีรายละเอียดมากขึ้น เรายังกรองเส้นทางโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ต่างๆ ซึ่งแผนที่ค้นหา หรือฐานข้อมูลระบุว่าใช้งานได้แล้ว

ถึงแม้ว่าเราจะใช้ข้อมูลล่าสุดที่พบในสถานะของโครงการโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) แต่เราควรทราบว่าโครงการบางโครงการที่รวมอยู่ในชุดข้อมูลขั้นสุดท้าย อาจจะเพิ่งเสร็จสมบูรณ์เมื่อไม่นานมานี้ โครงการที่อยู่ในฐานข้อมูลของเรา ได้รวมเส้นทางของโครงการโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ใหม่ทั้งหมด และมีการปรับปรุงเส้นทางที่มีอยู่ (เช่น การขยายถนนจาก 2 เลนเป็น 4 เลน)

ตารางที่ 3 แสดงแหล่งข้อมูลโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น

ตารางที่ 3 แหล่งข้อมูลโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น			
วิธีเริ่ม	รูปแบบโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)	ภาค	แหล่งข้อมูล
โครงการเส้นทางสายไหม (๖BRI)	ถนน, ทางรถไฟ	ทั่วเอเชีย	Reed & Trubetskoy (2019)
ธนาคารเพื่อการพัฒนาแห่งเอเชีย (ADB) โครงสร้างพื้นฐานด้านการขนส่งในภูมิภาค	ถนน, ทางรถไฟ	ใต้และตะวันออกเฉียงใต้	Morgan et al. (2015)
โครงข่ายทางหลวงเอเชีย	ถนน	ทั่วเอเชีย	UNESCAP (2019a)
โครงการความร่วมมือทางเศรษฐกิจอนุภูมิภาคแม่น้ำโขง (GMS)	ถนน, ทางรถไฟ, สายไฟฟ้า	ตะวันออกเฉียงใต้	ADB (2018c); GMS, (2018, 2020)
สมาคมประชาชาติแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (ASEAN) โครงการโครงสร้างพื้นฐานต่อลำเลียงน้ำมันเบื้องต้น	ถนน, ทางรถไฟ, สายไฟฟ้า	ตะวันออกเฉียงใต้	ASEAN (2019)
กลุ่มความร่วมมือทางเศรษฐกิจในภูมิภาคเอเชียกลาง (CAREC)	ถนน, ทางรถไฟ	ส่วนกลาง	ADB (2017, 2020a)
โครงการความร่วมมือทางเศรษฐกิจในอนุภาคเอเชียใต้ (SASEC)	ถนน, ทางรถไฟ, สายไฟฟ้า	ใต้	(ADB, 2020b)
โครงข่ายรถไฟสายเอเชีย	ทางรถไฟ	ทั่วเอเชีย	UNESCAP (2019b)
CASA-1000	สายไฟฟ้า	ส่วนกลาง	CASA-1000 (2018)
ระบบโครงข่ายไฟฟ้าแบบ Super Grid/Gobitec แห่งเอเชียตะวันออกเฉียงเหนือ	สายไฟฟ้า	ตะวันออก	Mano et al. (2014)
โครงข่ายไฟฟ้าอาเซียน	สายไฟฟ้า	ตะวันออกเฉียงใต้	IEA (2019)

การประเมินผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น

เราคำนวณความยาวระยะทางทั้งหมดของเส้นทางที่วางแผนสำหรับแต่ละโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) และแยกระหว่างเส้นทางใหม่ที่วางแผนไว้ และเส้นทางเดิมที่วางแผนให้มีการปรับปรุง (เช่น การลาดยางหรือการขยายถนนที่มีอยู่) เราไม่สามารถจำแนกระหว่างเส้นทางใหม่และการปรับปรุงสำหรับโครงการถนนที่วางแผนไว้ในจำนวนเล็กน้อยได้

เราจัดอันดับประเทศตามความยาวของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้ และความหนาแน่นของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้ภายในขอบเขตของแต่ละแบบ

เราเชื่อมโยงพื้นที่ที่อาจเกิดความขัดแย้งระหว่างความหลากหลายทางชีวภาพ และการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) โดยคัดพื้นที่หลักของความหลากหลายทางชีวภาพด้วยเส้นทางโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) แบบดิจิทัล

เราใช้เส้นทางครอบคลุมเป็นระยะทาง 25 กม. ทั้งสองด้าน

เพื่อพิจารณาความไม่แน่นอนในตำแหน่งที่ตั้งเฉพาะจุดของเส้นทางที่แน่นอน เนื่องจากความแม่นยำเชิงพื้นที่ที่ไม่ดีของคุณสมบัติโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)

ที่แปลงเป็นดิจิทัลจากแผนที่แหล่งที่มาตราส่วนหยาบ

และการเปลี่ยนแปลงที่เป็นไปได้ในการออกแบบเส้นทางระหว่างการวางแผนเบื้องต้นและการก่อสร้าง

ข้อมูลนี้ครอบคลุมขอบเขตเชิงพื้นที่ที่เป็นไปได้ของผลกระทบของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ส่วนใหญ่ต่อสัตว์ป่า

รวมถึงผลกระทบโดยตรง (เช่น การถูกรบกวนจากเสียง แสงไฟฟ้า หรือควันท่อไอเสียของรถยนต์ ผลกระทบต่าง ๆ

การเสียชีวิตจากการถูกรถชน หรือไฟฟ้าช็อต) ซึ่งมักเกิดขึ้นภายใน 5 กม. จากโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)

(Benítez-López et al., 2010) และผลกระทบรอง (เช่น การล่าสัตว์และการรบกวน)

การสูญเสียแหล่งที่อยู่อาศัยจากการตัดไม้ทำลายป่าอย่างผิดกฎหมาย)

ที่เกิดขึ้นในระยะทางที่ห่างไกลอย่างมากจากโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) (Ng et al., 2020)

ต่อไปนี้เราจะอ้างถึงพื้นที่เหล่านี้ภายในระยะทาง 25 กม. จากเส้นทางโดยประมาณของลักษณะโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น

(LI) ที่ได้วางแผนไว้ ว่าเป็น "โซนผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น" หรือ PEZs สำหรับแต่ละโหมดโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)

และคำจำกัดความหลักของความหลากหลายทางชีวภาพ

เราได้คำนวณสัดส่วนของพื้นที่แกนกลางทั้งหมดในเอเชียภายในโซนผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น (PEZs)

นอกจากนี้เรายังจัดอันดับประเทศตามพื้นที่ทั้งหมดของพื้นที่หลักที่ติดกันกับโซนผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น (PEZs)

และตามเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่หลักที่ติดกันกับโซนผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น (PEZs)

เราสำรวจพื้นที่ทับซ้อนกันระหว่างโซนผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น (PEZs) และพื้นที่คุ้มครอง (PAs) ในทวีปเอเชีย

เรามุ่งเน้นเฉพาะในพื้นที่คุ้มครองในหมวดหมู่ขององค์การระหว่างประเทศเพื่อการอนุรักษ์ธรรมชาติ (IUCN) 1a

(เขตอนุรักษ์ธรรมชาติที่เข้มงวด) และ 1b (พื้นที่ที่กว้างขวางเปล่า)

เนื่องจากพื้นที่เหล่านี้มีผลกระทบน้อยที่สุดต่อมนุษย์และการปกป้องที่เข้มงวดสำหรับความหลากหลายทางชีวภาพ

ดังนั้นผลกระทบของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้

อาจส่งผลต่อการคุ้มครองความหลากหลายทางชีวภาพในพื้นที่เหล่านี้

เราคำนวณจำนวนและพื้นที่ทั้งหมดของหมวดหมู่ 1a และ 1b ของ พื้นที่คุ้มครอง (PAs) ภายในโซนผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น

(PEZs) สำหรับแต่ละโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ตลอดจนสัดส่วนของพื้นที่คุ้มครอง (PAs)

ทั้งหมดภายในโซนผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น (PEZs) และในทางกลับกันอีกด้วย

ผลลัพธ์

การทำแผนที่ความหลากหลายทางชีวภาพ

ดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพแบบผสม (CBI) (เช่น ค่าควอนไทล์มัธยฐานทั้ง 9 ระดับความหลากหลายทางชีวภาพ)

มีความแปรปรวนสูงทั่วทั้งทวีปเอเชีย แต่ค่าต่ำสุดส่วนใหญ่อยู่ในเอเชียกลาง และเอเชียตะวันออก

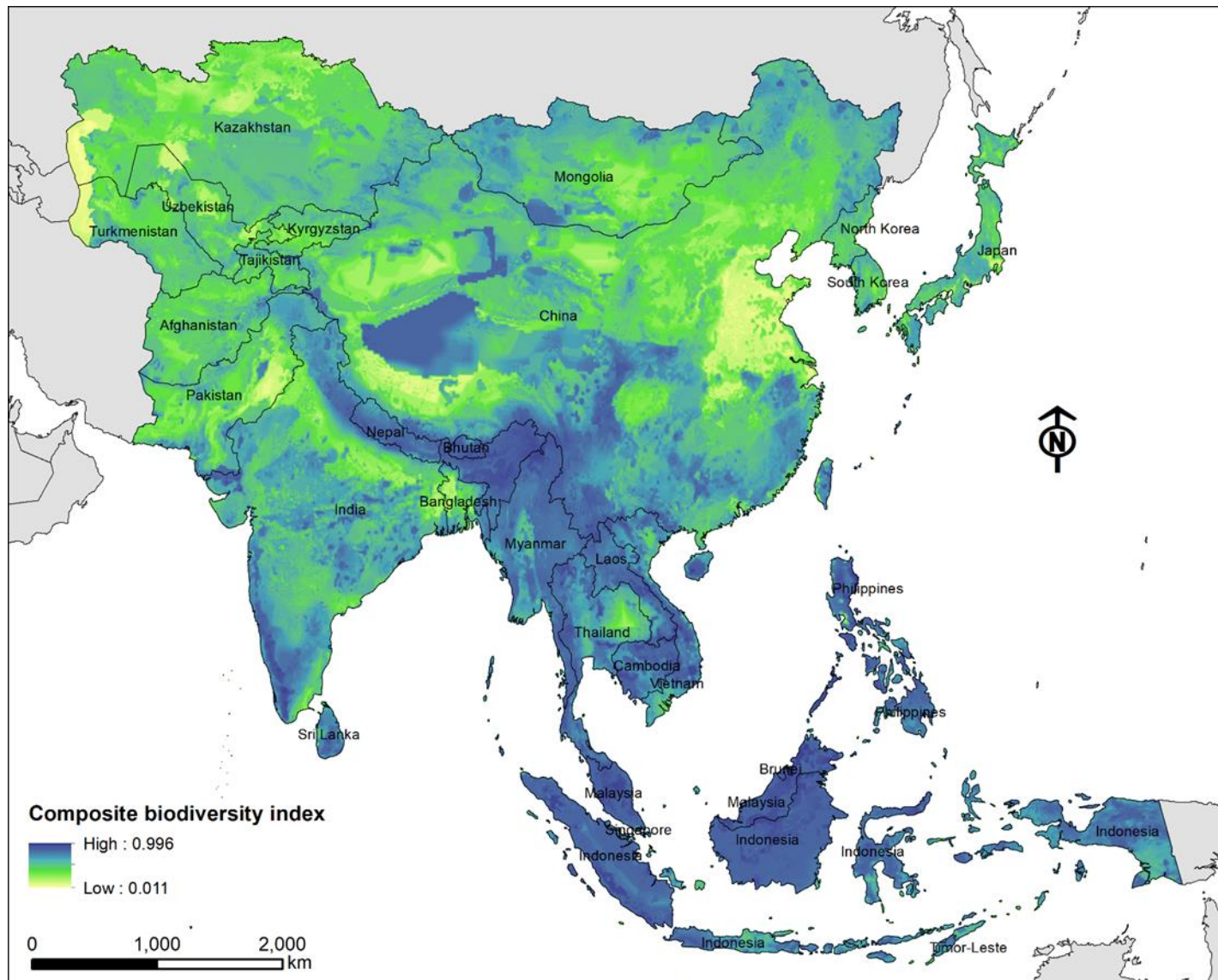
ในขณะที่ค่าสูงสุดส่วนใหญ่อยู่ในเอเชียใต้ และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (ภาพที่ 3)

การสังเกตการณ์ของการเพิ่มความหลากหลายทางชีวภาพใกล้กับเส้นศูนย์สูตรนี้

สอดคล้องกับการไล่ระดับความหลากหลายทางชีวภาพในละติจูดที่บันทึกไว้อย่างดีที่ได้กล่าวถึงก่อนหน้านี้
พื้นที่ที่มีค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพแบบผสม (CBI) สูงเป็นพิเศษ ได้แก่ คาบสมุทรมาลเเซีย เกาะบอร์เนียว
เกาะสุมาตรา อินเดียนตะวันตกเฉียงใต้ อินเดียนตะวันออกเฉียงเหนือ เซี่ยงไฮ้มาลัย ที่ราบสูงทิเบตตอนเหนือ
และกัมพูชาตะวันออกเฉียง

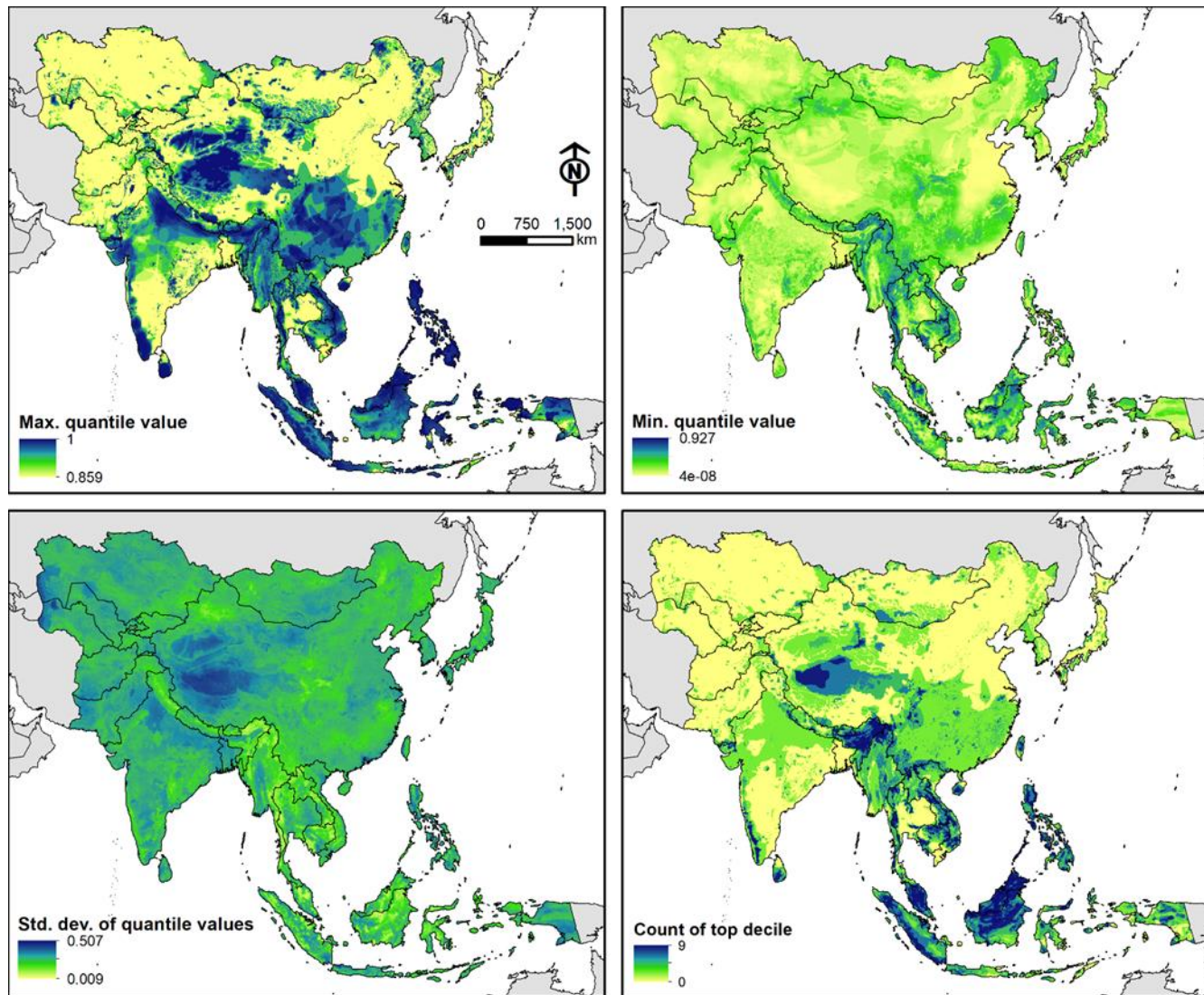
บทสรุปการตรวจสอบได้วัดอนุพัทธ์ที่ได้มาจากระดับความหลากหลายทางชีวภาพที่เปลี่ยนแปลงเชิงปริมาณ
แสดงให้เห็นว่า มีความสอดคล้องที่เข้มแข็งกันระหว่างระดับต่าง ๆ
เกี่ยวกับพื้นที่ที่มีคุณค่าความหลากหลายทางชีวภาพสูงสุด พื้นที่ที่มีค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพแบบผสม
(CBI) สูง (ค่าควอนไทล์มัธยฐาน) ก็มีแนวโน้มที่จะมีค่าสูงสุด และค่าสูงสุดเช่นกัน
และได้คะแนนในดัชนีเบลสูงที่สุดสำหรับระดับความหลากหลายทางชีวภาพทั้งหมดหรือเกือบทั้งหมด (ภาพที่ 4)
มีความสอดคล้องในระดับที่ต่ำกว่า ระหว่างระดับความหลากหลายทางชีวภาพซึ่งเกี่ยวกับพื้นที่ที่มีค่าปานกลางและค่า
ตัวอย่างเช่น ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าควอนไทล์ (ตัวบ่งชี้ความสอดคล้องระหว่างระดับต่าง ๆ)
นั้นสูงเป็นพิเศษในภาคตะวันออกเฉียง ซึ่งเป็ภูมิภาคที่มีความสมบูรณ์ของชนิดพันธุ์ต่ำ
แต่มีความสมบูรณ์ทางนิเวศวิทยา และในอินเดียนกลางตอนเหนือซึ่งอุดมไปด้วยสายพันธุ์หลากหลาย
แต่ได้รับความเสื่อมโทรมในระบบนิเวศอย่างมาก พื้นที่อื่น ๆ
ในเอเชียหลายแห่งแสดงความไม่สอดคล้องกันระหว่างค่าที่ประเมินจากองค์ประกอบต่าง ๆ
ของความหลากหลายทางชีวภาพ แม้ว่าจะอยู่ในระดับที่น้อยกว่าก็ตาม

พื้นที่หลักของความหลากหลายทางชีวภาพขนาดใหญ่ระดับทวีปที่ได้มาจากดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพแบบผสม
ม (CBI) นั้นมีความสอดคล้องอย่างใกล้ชิดกับภูมิภาคที่มีดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพแบบผสม (CBI) สูง
ดังที่อธิบายไว้ข้างต้น และกระจุกตัวในเอเชียได้อีกครั้ง โดยเฉพาะเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (ภาพที่ 5)
ในเกณฑ์ที่ต่ำกว่าสำหรับพื้นที่ความหลากหลายทางชีวภาพที่มีค่าสูง (เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 80 และ 70 ของค่า CBI)
พื้นที่หลักจะขยายเพื่อรวมกันกับพื้นที่เกือบทั้งหมดของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้
และพื้นที่หลักจะเพิ่มขึ้นในอินเดียนกลาง จีนตอนใต้ และพื้นที่บางแห่งทางภาคเหนือของจีนและมองโกเลีย (ภาพที่ 5)
พื้นที่หลักที่ระบุในระดับภูมิภาคจะรวมกับพื้นที่เดียวกันหลายแห่งของเอเชียใต้และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้
ตามที่ระบุในการวิเคราะห์ระดับทวีป แต่จะมีพื้นที่หลักเพิ่มมากขึ้นในเอเชียกลาง และตะวันออก (ภาพที่ 6)
พื้นที่หลักระดับภูมิภาคในเอเชียได้ส่วนใหญ่อยู่ในอินเดียนตะวันออกเฉียงเหนือ ไกล และตะวันตกเฉียงใต้
เขตนุรักษ์ไทโร อาร์ก (ซึ่งรวมถึงบางส่วนของอินเดีย เนปาล และภูฏาน) และบางพื้นที่ของศรีลังกา
ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ระดับภูมิภาคส่วนใหญ่อยู่ในคาบสมุทรมาลเเซีย เกาะบอร์เนียวตอนกลาง ในเกาะสุมาตรา
และตอนเหนือของพม่า พื้นที่หลักในระดับภูมิภาคในเอเชียกลางส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในภาคใต้
และภาคตะวันออกของประเทศคาซัคสถาน ในเอเชียตะวันออก พื้นที่หลักของภูมิภาคส่วนใหญ่
ตั้งอยู่ในที่ราบสูงทิเบตตอนเหนือ และจีนตอนใต้ ใกล้กับชายแดนพม่า ลาว และเวียดนาม
พื้นที่หลักที่ระบุในระดับชาติมีความคล้ายคลึงกับพื้นที่หลักในระดับภูมิภาค (ภาพที่ 7)

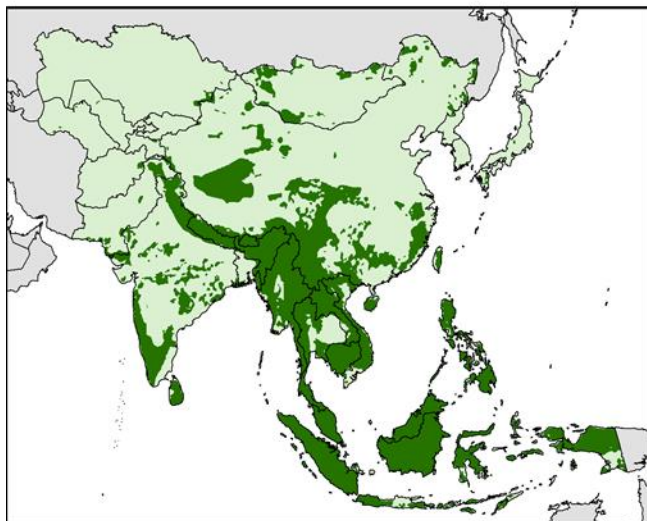
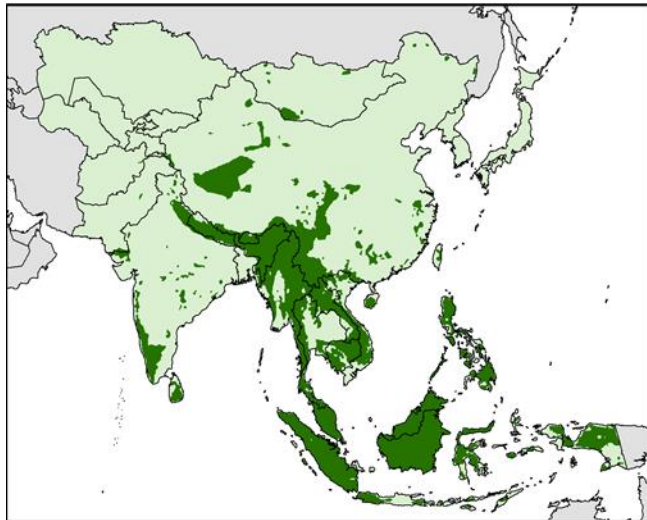
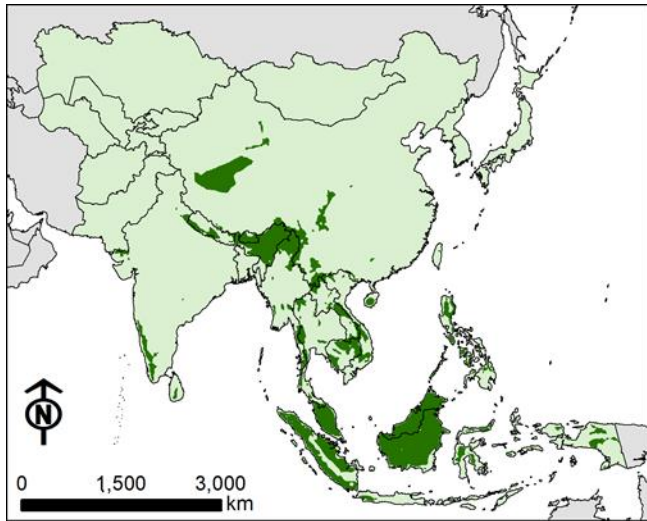


ภาพที่3 แสดงดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพแบบผสม (CBI) ที่ความละเอียด 1 กม. พื้นที่ที่การศึกษาในทวีปเอเชีย ดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพแบบผสม (CBI)

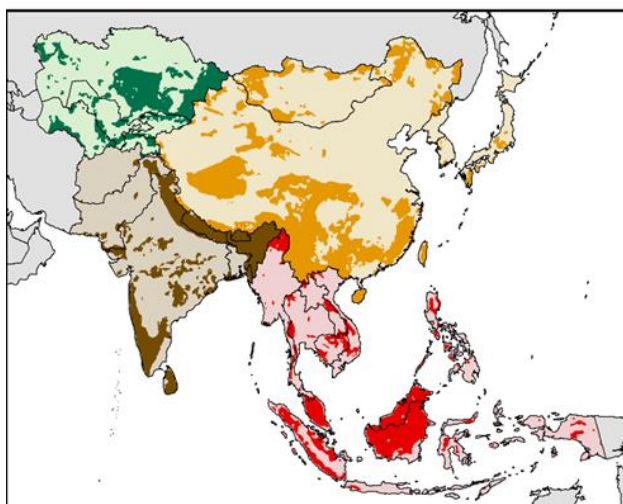
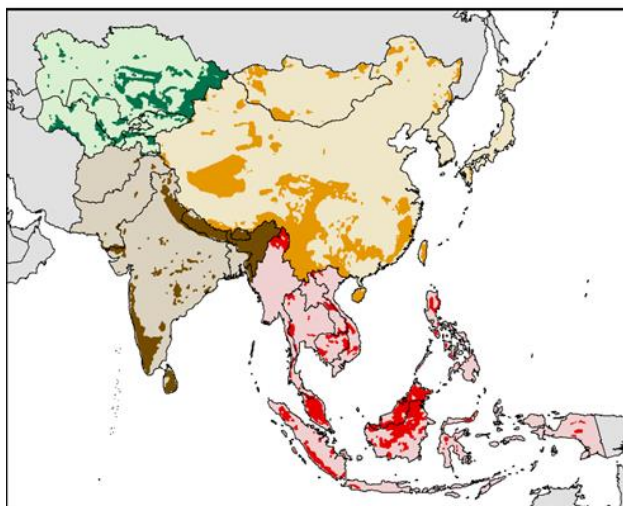
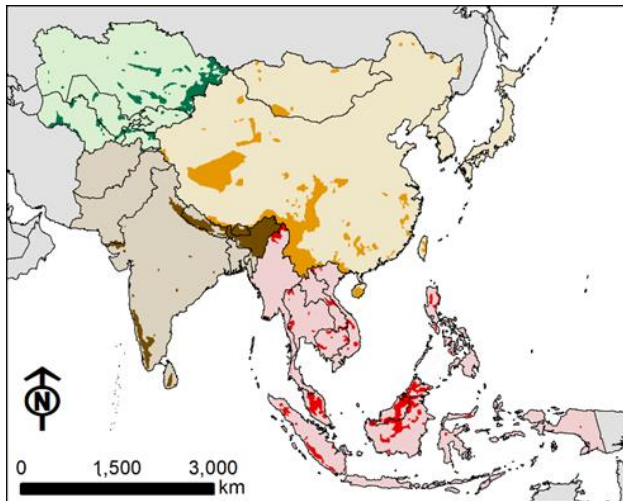
ถูกคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาณในชั้นของความหลากหลายทางชีวภาพทั้งหมด



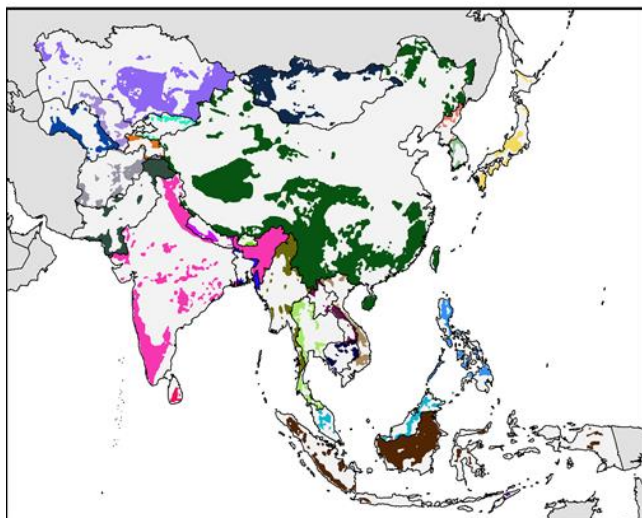
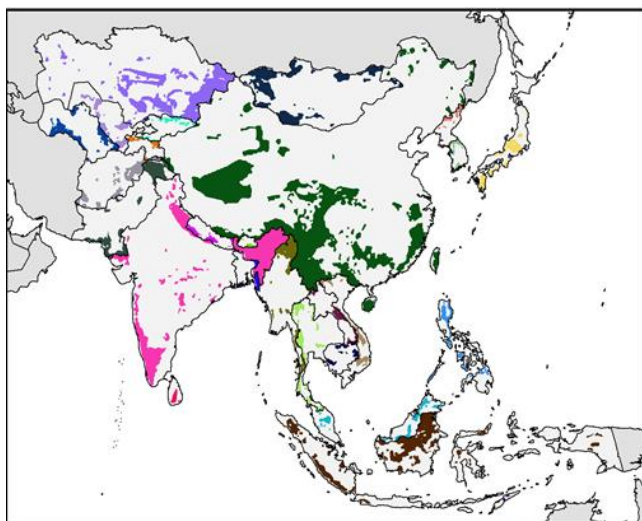
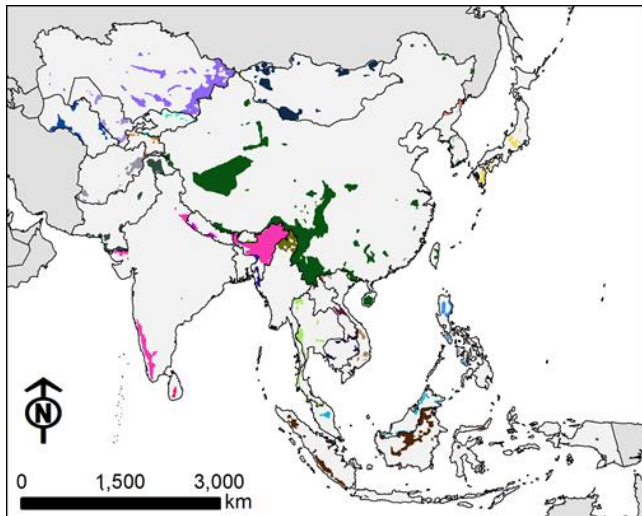
ภาพที่ 4 แสดง ความแปรปรวนของค่าความหลากหลายทางชีวภาพในแต่ละระดับ แต่ละภาพ แสดงสถิติแบบสรุปที่แตกต่างกันซึ่งคำนวณจากชุดค่าการเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาณ 9 ค่า (1 ค่าต่อ 1 ระดับความหลากหลายทางชีวภาพ) สำหรับต่อปริมาณสูงสุด (บนซ้าย) ปริมาณขั้นต่ำ (บนขวา) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณ (ล่างซ้าย) และจำนวนระดับที่มีควอนไทล์ > 0.9 (ล่างขวา)



ภาพที่ 5 พื้นที่หลักด้านความหลากหลายทางชีวภาพขนาดใหญ่ระดับทวีป (ส่วนสีเขียวเข้ม) แทนว่าเกณฑ์ควอนไทล์เป็น 0.9 (ภาพด้านบน) 0.8 (ภาพกลาง) หรือ 0.7 (ภาพด้านล่าง) สำหรับกำหนดค่าความหลากหลายทางชีวภาพสูง



ภาพที่ 6 พื้นที่หลักด้านความหลากหลายทางชีวภาพขนาดใหญ่ระดับภูมิภาค แทนว่แกมซ์ควอนไทล์เป็น 0.9 (ภาพด้านบน) 0.8 (ภาพตรงกลาง) หรือ 0.7 (ภาพด้านล่าง) สำหรับการกำหนดค่าความหลากหลายทางชีวภาพสูง ในส่วนที่แรงงาซีเซ็ม หมายถึง พื้นที่หลัก และพื้นที่ที่แรงงาซีเซ็มจะแยกเป็นภูมิภาคต่าง ๆ (สีเขียว = เอเชียกลาง สีส้ม = เอเชียตะวันออก สีน้ำเงิน = เอเชียใต้ สีแดง = เอเชียตะวันออกเฉียงใต้)



ภาพที่ 7 พื้นที่หลักด้านความหลากหลายทางชีวภาพขนาดใหญ่ระดับประเทศ แทนว่าเกณฑ์ควอนไทล์เป็น 0.9 (ภาพด้านบน) 0.8 (ภาพตรงกลาง) หรือ 0.7 (ภาพด้านล่าง) สำหรับการกำหนดค่าความหลากหลายทางชีวภาพสูง มีการใช้สีที่ต่างกัน เพื่อแยกแยะพื้นที่หลักภายในประเทศต่าง ๆ

พื้นที่หลักในทวีปส่วนใหญ่ (59-72% ของพื้นที่หลักทั้งหมด ขึ้นอยู่กับเกณฑ์ควอนไทล์) ที่อยู่ภายในชีวนิเวศแบบป่าใบกว้างชื้นเขตร้อนและกึ่งเขตร้อน ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (ตารางที่ 4) ชีวนิเวศแบบป่าภูเขาและพื้นที่ไม้พุ่ม เป็นชีวนิเวศทั่วไปที่รองลงมาสำหรับพื้นที่หลักของทวีป (10-13%) ชีวนิเวศอื่น ๆ ทั้งหมดคิดเป็นพื้นที่น้อยกว่า 9% ของพื้นที่หลักทั้งหมด สำหรับเกณฑ์ควอนไทล์ทั้งหมดในระดับทวีป ในระดับภูมิภาค พื้นที่หลักจะถูกครอบครองน้อยกว่าโดยป่าเขตร้อน (36-38%) และชีวนิเวศอื่น ๆ อีกทางตอนเหนือที่ประกอบด้วยส่วนสำคัญของพื้นที่หลักระดับภูมิภาค ได้แก่ ป่าภูเขาและพื้นที่ไม้พุ่ม (18-21%) ทะเลทรายและพุ่มไม้ซีก (11 -16%) ป่าสนเขตอบอุ่น (7-10%) ป่ากว้างและป่าเบญจพรรณ (7-8%) และทุ่งหญ้าเขตอบอุ่น ทุ่งหญ้าสะวันนา และพุ่มไม้เตี้ย (7%) ตัวอย่างชีวนิเวศของพื้นที่หลักในระดับชาตินั้น เทียบจะเหมือนกับตัวอย่างชีวนิเวศในระดับภูมิภาค พื้นที่หลักที่ระบุโดยใช้เกณฑ์ควอนไทล์ที่ต่ำกว่า (เช่น การรวมพื้นที่ทั้งหมดเข้าด้วยกันในเอเชีย) มีแนวโน้มที่จะรวมตัวอย่างชีวนิเวศที่สมดุลมากกว่าในระดับทวีป แต่ไม่ใช่ในระดับภูมิภาค หรือระดับประเทศ

พื้นที่หลักในระดับทวีปได้แสดงให้เห็นถึง ความทับซ้อนกันอย่างมากกับคุณลักษณะความหลากหลายทางชีวภาพ จากแบบแผนการจัดลำดับความสำคัญของความหลากหลายทางชีวภาพที่มีอยู่ทั่วโลก และระดับของการทับซ้อนบางส่วนขึ้นอยู่กับพื้นที่สัมพัทธ์ที่รวมอยู่ในพื้นที่หลักซึ่งเทียบกับคุณลักษณะแบบแผนในการ จัดลำดับความสำคัญ (ตารางที่ 5) ตัวอย่างเช่น ภูมิภาคที่สมบูรณ์จะครอบคลุมเพียงพื้นที่ส่วนน้อยในเอเชีย และตกอยู่ภายใต้พื้นที่หลักระดับทวีปเกือบทั้งหมด ซึ่งระบุโดยใช้เกณฑ์เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 70 ในทางตรงกันข้าม เขตภูมินิเวศในโลก 200 เขต ครอบคลุมพื้นที่มากกว่าพื้นที่หลักในเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 70 ดังนั้น จึงเป็นไปได้ที่พื้นที่หลักจะครอบคลุมเขตภูมินิเวศในโลก 200 เขต อย่างเต็มรูปแบบ สำหรับแบบแผนการจัดลำดับความสำคัญทั่วโลกส่วนใหญ่ การทับซ้อนกับพื้นที่หลักในระดับทวีป จะสูงกว่าการทับซ้อนกับพื้นที่หลักระดับภูมิภาค หรือระดับประเทศ นี่เป็นเรื่องจริงโดยเฉพาะอย่างยิ่ง สำหรับภูมิภาคที่สมบูรณ์ และในระดับที่น้อยกว่า สำหรับจุดสำคัญที่มีความหลากหลายทางชีวภาพของ CEPF เขตภูมินิเวศในโลก 200 เขต และมาตรฐาน IFCP6 กรณีที่อยู่อาศัยที่วิกฤต ที่น่าสนใจคือ การทับซ้อนกันระหว่างพื้นที่ KBAs และพื้นที่หลักของความหลากหลายทางชีวภาพ มีความคล้ายคลึงกันในทุกระดับทางภูมิศาสตร์ ในทุกระดับทางภูมิศาสตร์และเกณฑ์ควอนไทล์ อย่างน้อย 78% ของพื้นที่หลัก อยู่ในแผนของการจัดลำดับความสำคัญทั่วโลกทั้งหมด ซึ่งรวมถึง 99% ของพื้นที่หลักในทวีปในระดับเกณฑ์เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 90

ตารางที่ 4 แสดงสัดส่วนพื้นที่หลักของความหลากหลายทางชีวภาพขนาดใหญ่ระดับทวีป ที่เกิดขึ้นภายในแต่ละชีวนิเวศ

ตารางที่ 4 สัดส่วนของพื้นที่หลักด้านความหลากหลายทางชีวภาพขนาดใหญ่ระดับทวีปภายในแต่ละชีวนิเวศ สำหรับเกณฑ์ควอไทล์ที่ต่างกัน 3 ระดับ และระดับทางภูมิศาสตร์ที่แตกต่างกัน 3 ระดับ โดยใช้การกำหนดมูลค่าความหลากหลายทางชีวภาพสูง									
ชีวนิเวศ	ระดับทวีป			ระดับภูมิภาค			ระดับประเทศ		
	10 อันดับแรก	20 อันดับแรก	30 อันดับแรก	10 อันดับแรก	20 อันดับแรก	30 อันดับแรก	10 อันดับแรก	20 อันดับแรก	30 อันดับแรก
ป่าเขตกว้างหรือป่าหิมะ/ไทกา	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
ทะเลทรายและไม้พุ่มตระกูล Xeric	0.01	0.03	0.05	0.11	0.14	0.16	0.15	0.17	0.19
ทุ่งหญ้าที่ถูกรบกวนและทุ่งหญ้าสะวันนา	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
ป่าชายเลน	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ป่าภูเขาและพื้นที่ไม้พุ่ม	0.11	0.10	0.12	0.21	0.19	0.18	0.21	0.19	0.18
หินและน้ำแข็ง	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
ป่ากว้างและป่าเบญจพรรณ	0.04	0.04	0.05	0.07	0.07	0.08	0.07	0.08	0.08
ป่าสนเขตอบอุ่น	0.05	0.05	0.05	0.10	0.07	0.07	0.10	0.07	0.07
ทุ่งหญ้าอบอุ่น ทุ่งหญ้าสะวันนาและทุ่งไม้พุ่ม	0.00	0.00	0.01	0.07	0.07	0.07	0.08	0.07	0.07
ป่าสนเขตร้อนและกึ่งเขตร้อน	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
ป่าใบกว้างแล้งในเขตร้อนและกึ่งเขตร้อน	0.04	0.07	0.09	0.02	0.04	0.05	0.01	0.03	0.04
ทุ่งหญ้าเขตร้อนและกึ่งเขตร้อน, ทุ่งหญ้าสะวันนาและพุ่มไม้เตี้ย	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
ป่าใบกว้างชื้นในเขตร้อนและกึ่งเขตร้อน	0.72	0.68	0.59	0.38	0.38	0.36	0.34	0.36	0.35

ตารางที่ 5 แสดงความทับซ้อนระหว่างคุณลักษณะของความหลากหลายทางชีวภาพที่ระบุไว้ในแบบแผนการจัดลำดับความสำคัญในโลกก่อนหน้านี้ และพื้นที่หลักของความหลากหลายทางชีวภาพขนาดใหญ่จากการวิเคราะห์นี้

ตารางที่ 5 แสดงข้อมูลทับซ้อนระหว่างคุณลักษณะของความหลากหลายทางชีวภาพที่ระบุไว้ในแบบแผนการจัดลำดับความสำคัญในโลกก่อนหน้านี้ และพื้นที่หลักของความหลากหลายทางชีวภาพขนาดใหญ่จากการวิเคราะห์นี้ ผลลัพธ์จะแสดงสำหรับเกณฑ์ควอนไทล์ที่แตกค่างกัน 3 ระดับ ที่ใช้เพื่อสร้างพื้นที่หลักของความหลากหลายทางชีวภาพขนาดใหญ่ ตัวเลขทางด้านซ้ายของเครื่องหมายทับ คือ ส่วนส่วนของพื้นที่คุณลักษณะด้านความหลากหลายทางชีวภาพทั้งหมด ที่ทับซ้อนกับพื้นที่หลักด้านความหลากหลายทางชีวภาพขนาดใหญ่ ตัวเลขทางด้านขวาของเครื่องหมายทับ คือ ส่วนส่วนของพื้นที่หลักทั้งหมดที่ทับซ้อนกันกับคุณลักษณะด้านความหลากหลายทางชีวภาพ

	พื้นที่หลักระดับโลก			พื้นที่หลักระดับภูมิภาค			พื้นที่หลักระดับประเทศ		
ลักษณะเฉพาะของโครงการการจัดลำดับความสำคัญระดับโลก	10 อันดับแรก	20 อันดับแรก	30 อันดับแรก	10 อันดับแรก	20 อันดับแรก	30 อันดับแรก	10 อันดับแรก	20 อันดับแรก	30 อันดับแรก
พื้นที่ที่สำคัญด้านความหลากหลายทางชีวภาพในกองทุน CEPF	0.31 / 0.85	0.56 / 0.76	0.67 / 0.61	0.21 / 0.58	0.34 / 0.47	0.44 / 0.41	0.20 / 0.54	0.32 / 0.44	0.43 / 0.39
ภูมิภาคที่สนับสนุน	0.59 / 0.11	0.83 / 0.08	0.91 / 0.06	0.36 / 0.07	0.52 / 0.05	0.59 / 0.04	0.38 / 0.07	0.52 / 0.05	0.57 / 0.04
มาตรฐาน IFCPS6 กรณีที่อยู่อาศัยที่วิกฤต	0.32 / 0.63	0.52 / 0.50	0.65 / 0.42	0.25 / 0.48	0.41 / 0.40	0.52 / 0.34	0.24 / 0.47	0.40 / 0.39	0.51 / 0.33
เขตภูมินิเวศในโลก 200 เขต	0.17 / 0.76	0.31 / 0.71	0.44 / 0.66	0.15 / 0.71	0.30 / 0.67	0.41 / 0.63	0.15 / 0.68	0.28 / 0.65	0.40 / 0.61
KBAs	0.29 / 0.31	0.44 / 0.24	0.58 / 0.21	0.29 / 0.32	0.47 / 0.25	0.56 / 0.20	0.30 / 0.32	0.47 / 0.25	0.57 / 0.20
รวมแผนงานทั้งหมด	0.17 / 0.99	0.33 / 0.96	0.45 / 0.90	0.16 / 0.92	0.29 / 0.85	0.40 / 0.79	0.15 / 0.90	0.28 / 0.83	0.40 / 0.78

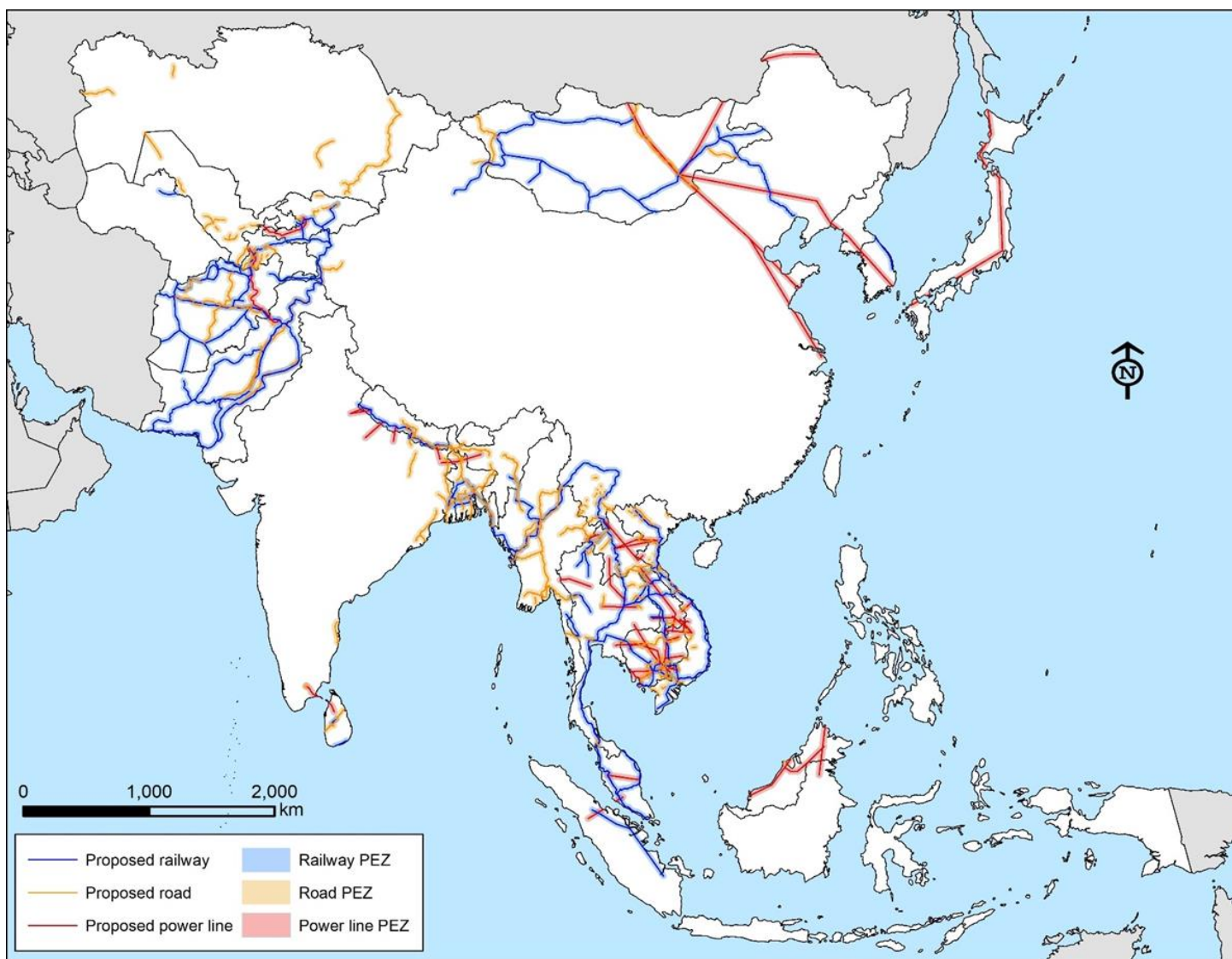
ขอบเขตของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผน

เราวินิจฉัยพื้นที่ของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่วางแผนไว้มากกว่า 81,000 กม. ซึ่งเกี่ยวข้องกับกริเริ่มการพัฒนาเศรษฐกิจระหว่างประเทศที่สำคัญในเอเชีย (ตารางที่ 6, ภาพที่ 8) ระยะทางประมาณ 36,000 กม. (44%) เป็นเส้นทางรถไฟ ตามด้วยถนน (~28,000 กม.; 34%) และสายไฟฟ้า (~18,000 กม.; 22%) ความยาวระยะทางโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผน จำนวน 62% ที่กำหนดไว้นั้น จะเป็นเส้นทางใหม่ และ 36% จะเป็นการปรับปรุงเส้นทางเดิมที่มีอยู่แล้วให้ดีขึ้น ความยาวระยะทางสูงสุดของเส้นทางรถไฟที่ได้วางแผนไว้ คือ ในเอเชียใต้ และเอเชียตะวันออก (โดยเฉพาะ ปากีสถาน มองโกเลีย และอัฟกานิสถาน) แต่ประเทศที่มีการวางแผนความยาวระยะทางของรถไฟมากที่สุด ส่วนใหญ่อยู่ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (รวมถึงสิงคโปร์ เวียดนาม และลาว) ระยะทางถนนที่มีการวางแผนไว้โดยมีความยาวมากที่สุด คือ ในเอเชียใต้และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยเฉพาะพม่า อินเดีย ปากีสถาน และบังกลาเทศ ประเทศในภูมิภาคเหล่านี้ ยังมีถนนที่ได้วางแผนไว้มากมาย โดยมีประเทศในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เพิ่มเติม เช่น กัมพูชา และลาว โดยอยู่ใกล้ด้านบนสุดของรายชื่อประเทศที่ได้วางแผนไว้ ประเทศในเอเชียตะวันออก (จีนและมองโกเลีย) และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (กัมพูชาและลาว) มีระยะความยาวของสายไฟฟ้าที่ได้วางแผนไว้ดีที่สุด และประเทศในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มีการวางแผนสายไฟฟ้ามากที่สุด (กัมพูชา ลาว บรูไน และมาเลเซีย) ในรูปแบบทั้งหมดของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ระยะความยาวสูงสุดของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่วางแผนไว้นั้น คือ ในประเทศแถบเอเชียใต้ และตะวันออก (ปากีสถาน มองโกเลีย และจีน) เป็นหลัก แต่ส่วนใหญ่แล้วจะมีความหนาแน่นมากที่สุดในประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (กัมพูชา ลาว และเวียดนาม)

ตารางที่ 6 แสดงระยะทางความยาวของโครงการโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้ในเอเชีย

ตารางที่ 6 ความยาวของโครงการโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้ในเอเชีย โดยรูปแบบโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (ทางรถไฟ ถนน หรือสายไฟฟ้า) และประเภทโครงการ (เส้นทางสายใหม่ หรือ การปรับปรุงเส้นทางเดิมที่มีอยู่ให้ดีขึ้น)				
รูปแบบโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)	ประเภทโครงการ	รวมควา มยาว (กม.)	5 ประเทศแรก จากการวัดจากความยาวของโครงสร สร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้	5 ประเทศแรก จากการวัดความหนาแน่นของโครงสร สร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้
ทางรถไฟ	การปรับปรุง	8,648	ปากีสถาน, มองโกเลีย, อัฟกานิสถาน, ไทย, จีน	สิงคโปร์, เวียดนาม, อัฟกานิสถาน, บังกลาเทศ, ลาว
	ใหม่	27,051		
	ไม่ชัดเจน	0		
	ทุกประเภทโครงการ	35,698		
ถนน	การปรับปรุง	20,402	พม่า, อินเดีย, ปากีสถาน, บังกลาเทศ, อัฟกานิสถาน	บังกลาเทศ, กัมพูชา, พม่า, ลาว, ทาจิกิสถาน
	ใหม่	5,560		
	ไม่ชัดเจน	1,957		
	ทุกประเภทโครงการ	27,919		
สายไฟฟ้า	การปรับปรุง	0	จีน, กัมพูชา, ลาว, มองโกเลีย, ญี่ปุ่น	กัมพูชา, ลาว, บรูไน ดารุสซาลาม, ญี่ปุ่น, มาเลเซีย
	ใหม่	17,991		

	ไม่ชัดเจน	0		
	ทุกประเภทโครงการ	17,991		
	การปรับปรุง	29,050		
	ใหม่	50,602		
โหมดยุทธศาสตร์พื้นฐานเชิง เงินทั้งหมด	ไม่ชัดเจน	1,957	ปากีสถาน, มองโกเลีย, จีน,	กัมพูชา, สิงคโปร์, บังกลาเทศ, ลาว,
	ทุกประเภทโครงการ	81,608	อัฟกานิสถาน, พม่า	เวียดนาม
	การปรับปรุง			
	ใหม่			



ภาพที่ 8 แสดงเส้นทางและเขตผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น (PEZs) ของโครงการที่มีโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้นที่วางแผนไว้ทั่วเอเชีย

โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่อาจส่งผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพ

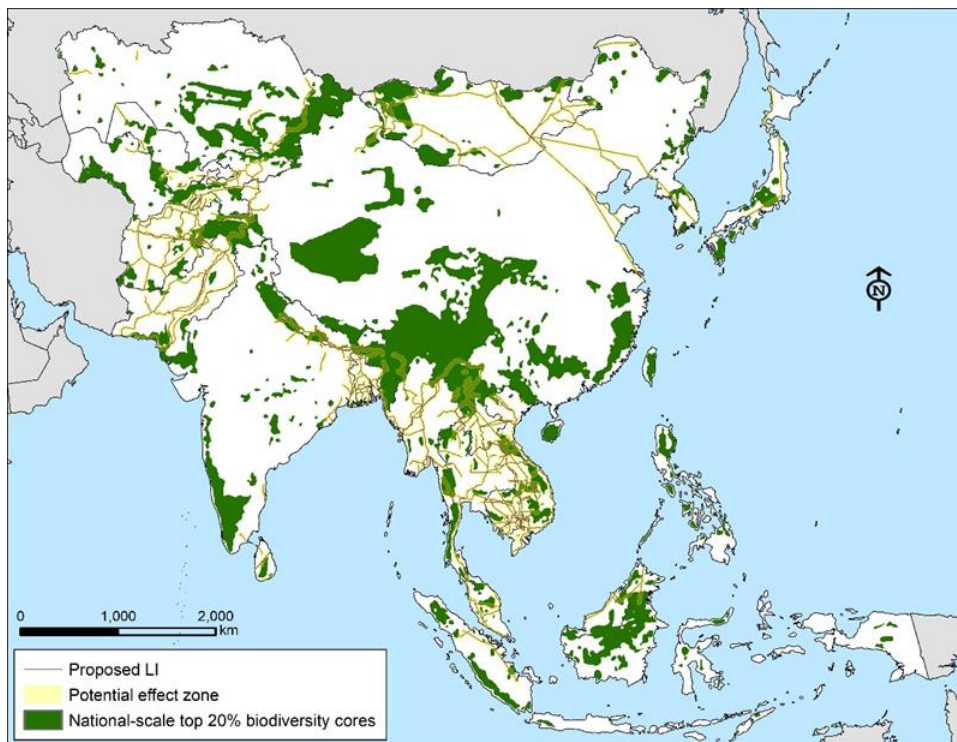
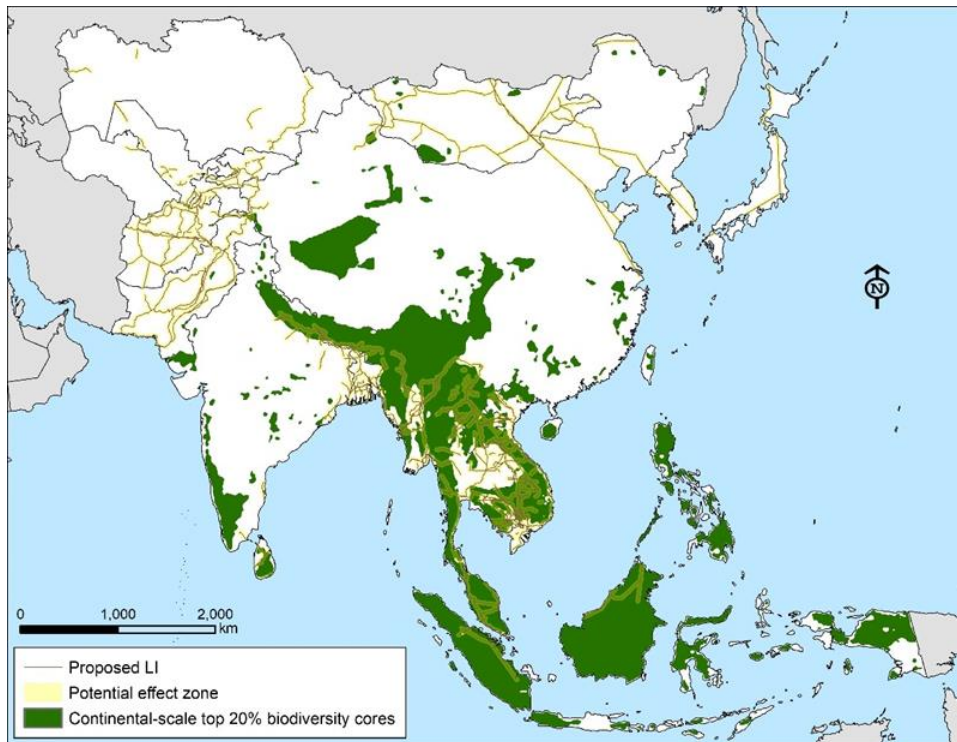
ระดับของการทับซ้อนกันระหว่างพื้นที่หลักด้านความหลากหลายทางชีวภาพและโซนผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น (PEZs) จะแตกต่างกันไปตามรูปแบบโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) และตามคำจำกัดความหลัก (เช่น มาตรฐานทางภูมิศาสตร์ และเกณฑ์เปอร์เซ็นต์ไคล์ CBI) ดังที่แสดงในตารางที่ 7 โซนผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น (PEZs) สำหรับทุกโหมดโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ตัดกันกับพื้นที่หลักที่ 12-20% โดยขึ้นอยู่กับวิธีการกำหนดพื้นที่หลัก (ภาพที่ 9, ภาพที่ 10) โซนผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นของทางรถไฟตัดผ่านพื้นที่หลัก 7-12% ขณะที่ของถนนตัดผ่านพื้นที่หลัก 4-9% และโซนผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น (PEZs) ของสายไฟฟ้าอยู่ที่จำนวน 2-6% สำหรับคำจำกัดความหลักทั้งหมด โซนผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น (PEZs) ของทางรถไฟ มีความทับซ้อนกันมากที่สุดกับพื้นที่หลัก รองลงมา คือ โซนผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น (PEZs) ของถนน และโซนผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น (PEZs) ของสายไฟฟ้า พื้นที่ที่ใหญ่ที่สุดพื้นที่หลักด้านความหลากหลายทางชีวภาพระดับชาติ และระดับภูมิภาค ชิงกินพื้นที่กับ โซนผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น (PEZs) ส่วนใหญ่อยู่ภายในประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงและเอเชียใต้ โดยเฉพาะจีน อินเดีย ปากีสถาน และอัฟกานิสถาน พื้นที่ทับซ้อนที่ใหญ่ที่สุดสำหรับพื้นที่หลักระดับทวีปอยู่ในประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยเฉพาะลาว พม่า กัมพูชา และมาเลเซีย อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาถึงสัดส่วนของพื้นที่หลักด้านความหลากหลายทางชีวภาพภายในประเทศที่กินพื้นที่ในโซนผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น (เมื่อเทียบกับพื้นที่ทั้งหมด) ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นมากที่สุดคือในประเทศเล็ก ๆ ในเอเชียใต้ และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น เนปาล บังกลาเทศ ลาว กัมพูชา และเวียดนาม

โซนผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นได้ครอบคลุมพื้นที่คุ้มครอง 363 แห่ง ซึ่งจัดประเภทเป็นเขตอนุรักษ์ธรรมชาติที่เข้มงวด (1a) หรือพื้นที่ความเปราะบาง (1b) โดยองค์กร IUCN (

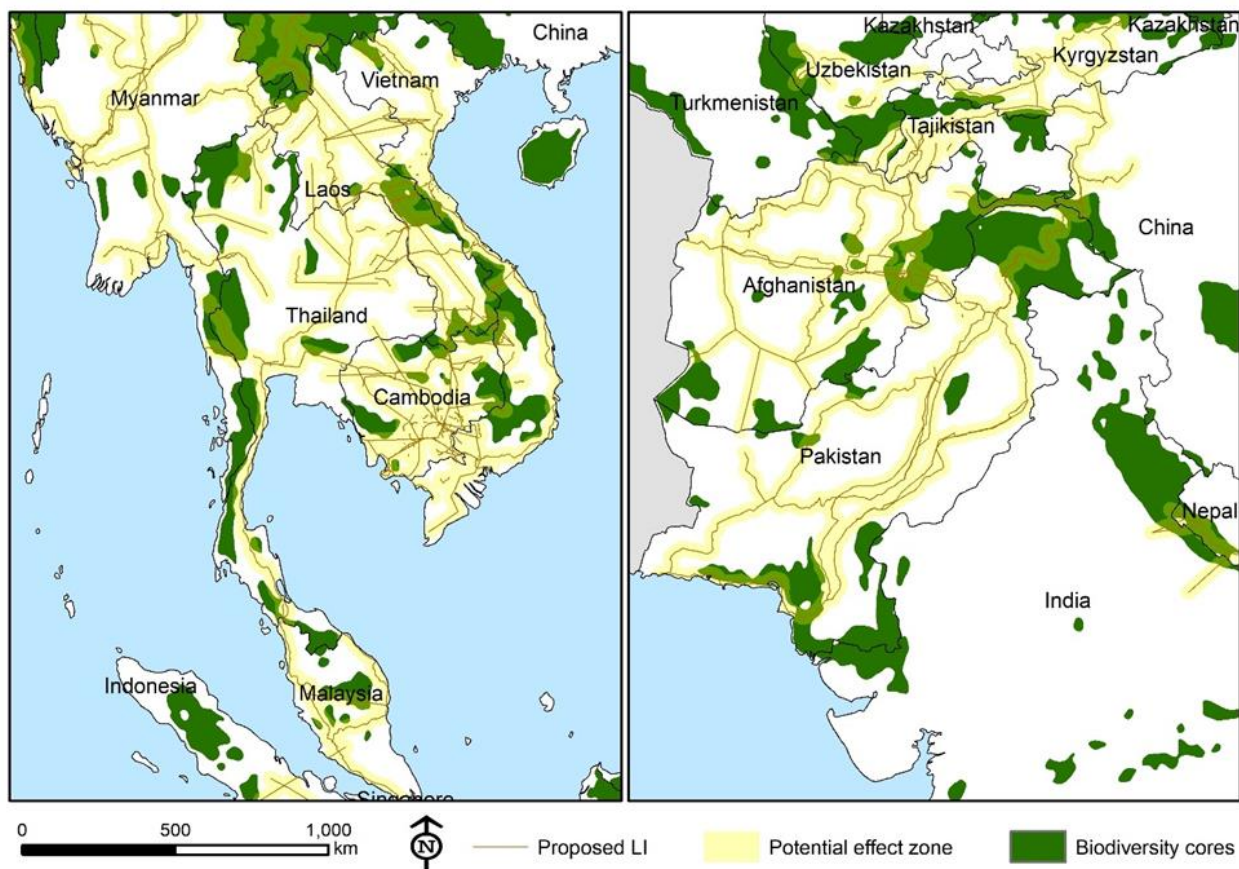
ตารางที่ 8) มากกว่า 25,000 กม.² ของพื้นที่คุ้มครองประเภท 1a และ 1b อยู่ในโซนผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น (PEZs) ซึ่งประมาณ 8% ของพื้นที่รวมในพื้นที่คุ้มครอง (PAs) โซนผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น (PEZs) ของถนน กินจำนวนแห่งของพื้นที่คุ้มครองมากที่สุดในบรรดาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้นทั้งสามโหมด แต่โซนผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น (PEZs) ของสายไฟฟ้าครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดที่ใหญ่ที่สุดของพื้นที่คุ้มครอง

ตารางที่ 7 แสดงสัดส่วนพื้นที่หลักของความหลากหลายทางชีวภาพทั้งหมดภายในโซนผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น (PEZ) ของเส้นทางโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้นที่ได้วางแผนไว้

ตารางที่ 7 แสดงสัดส่วนพื้นที่หลักด้านความหลากหลายทางชีวภาพทั้งหมดภายในโซนผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น (PEZS) ของเส้นทางในโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้นที่ได้วางแผนไว้ ผลลัพธ์จะแสดงขึ้นสำหรับค่าจำกัดความหลักของความหลากหลายทางชีวภาพแต่ละรายการ และสำหรับแต่ละโหมดโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)						
พื้นที่หลักของความหลากหลายทางชีวภาพ	ทางรถไฟ	ถนน	สายไฟฟ้า	โหมดโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้นทั้งหมด	5 ประเทศแรกตามพื้นที่ (ทุกโหมด)	5 ประเทศแรกตามสัดส่วน (ทุกโหมด)
ระดับชาติ, 10% แรก	0.10	0.06	0.02	0.16	จีน, อินเดีย, ปากีสถาน, kazakhstan, อัฟกานิสถาน	เนปาล, ลาว, บังกลาเทศ, เวียดนาม, ปากีสถาน
ระดับชาติ, 20% แรก	0.10	0.05	0.02	0.15	จีน, อินเดีย, มองโกเลีย, ปากีสถาน, อัฟกานิสถาน	เนปาล, ลาว, บังกลาเทศ, กัมพูชา, เวียดนาม
ระดับชาติ, 30% แรก	0.09	0.05	0.02	0.15	จีน, มองโกเลีย, อินเดีย, ปากีสถาน, อัฟกานิสถาน	เนปาล, ลาว, บังกลาเทศ, กัมพูชา, เวียดนาม
ภูมิภาค, 10% แรก	0.07	0.06	0.03	0.13	จีน, อินเดีย, เนปาล, มาเลเซีย, kazakhstan	บังกลาเทศ, ลาว, เนปาล, กัมพูชา, ศรีลังกา
ภูมิภาค, 20% แรก	0.07	0.05	0.03	0.12	จีน, อินเดีย, มาเลเซีย, เนปาล, kazakhstan	ลาว, กัมพูชา, บังกลาเทศ, เนปาล, ศรีลังกา
ระดับภูมิภาค, 30% แรก	0.07	0.04	0.02	0.12	จีน, อินเดีย, มาเลเซีย, มองโกเลีย, เนปาล	ลาว, กัมพูชา, บังกลาเทศ, เนปาล, ศรีลังกา
ระดับทวีป, 10% แรก	0.12	0.07	0.06	0.20	มาเลเซีย, กัมพูชา, อินเดีย, ลาว, อินโดนีเซีย	บังกลาเทศ, เนปาล, ลาว, กัมพูชา, เวียดนาม
ระดับทวีป, 20% แรก	0.12	0.09	0.06	0.20	ลาว, พม่า, มาเลเซีย, กัมพูชา, จีน	ลาว, กัมพูชา, เวียดนาม, บังกลาเทศ, เนปาล
ระดับทวีป, 30% แรก	0.11	0.08	0.05	0.18	พม่า, ลาว, กัมพูชา, ไทย, มาเลเซีย	กัมพูชา, ลาว, บังกลาเทศ, เวียดนาม, บรูไนดารุสซาลาม



ภาพที่ 9 แสดงพื้นที่ทับซ้อนระหว่างเขตผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น (PEZs) ของเส้นทางโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้ (ทุกรูปแบบ) และพื้นที่หลักด้านความหลากหลายทางชีวภาพ 20% ในระดับทวีป (ภาพด้านบน) และระดับประเทศ (ภาพด้านล่าง)



ภาพที่ 10 แสดงพื้นที่ระหว่างเขตผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น (PEZs) ของเส้นทางโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้ และพื้นที่หลักด้านความหลากหลายทางชีวภาพในภูมิภาคที่เลือกของเอเชีย พื้นที่หลักด้านความหลากหลายทางชีวภาพที่แสดงขึ้นอยู่กับการสูงสุดของค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพแบบผสม (CBI) ในระดับประเทศ เส้นทางโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) แสดงทั้ง 3 โหมด (ถนน ทางรถไฟ สายไฟฟ้า)

ตารางที่ 8 แสดงพื้นที่ทับซ้อนระหว่างเขตผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น (PEZs) ของเส้นทางโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้กับพื้นที่คุ้มครอง

ตารางที่ 8 แสดงพื้นที่ทับซ้อนระหว่างโซนผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น (PEZs) ของเส้นทางโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้ และพื้นที่คุ้มครอง (หมวดหมู่ของ IUCN 1A และ 1B)			
รูปแบบโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)	จำนวน PAS ภายใน PEZs	พื้นที่ทับซ้อน (กม. ²)	สัดส่วนพื้นที่หรือพื้นที่ PA ภายใน PEZs ทั้งหมด
ทางรถไฟ	156	9,119	0.028
ถนน	184	6,254	0.019
สายไฟฟ้า	132	13,014	0.041
รูปแบบโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ทั้งหมด	363	25,295	0.079

การอภิปราย

เราเชื่อมโยงคุณค่าการอนุรักษ์ด้านความหลากหลายทางชีวภาพทั่วเอเชีย และระบุพื้นที่หลักด้านความหลากหลายทางชีวภาพขนาดใหญ่ที่สามารถระบุกลยุทธ์ของ USAID สำหรับการพัฒนา และบรรเทาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่เป็นมิตรกับสัตว์ป่า โดยการทับซ้อนพื้นที่หลักด้านความหลากหลายทางชีวภาพด้วยเส้นทางของถนน ทางรถไฟ และสายไฟฟ้าที่วางแผนไว้ เราได้ระบุพื้นที่ที่การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ในอนาคตได้แสดงให้เห็นถึงความเสี่ยงสูงสุดต่อความหลากหลายทางชีวภาพ ผลลัพธ์ของเราสะท้อนถึงลำดับความสำคัญของการอนุรักษ์ที่เป็นไปได้เพื่อหลีกเลี่ยง ลดปริมาณ หรือบรรเทาผลกระทบของการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ในอนาคตที่ระดับทางภูมิศาสตร์ 3 ระดับ ทั่วทั้งเอเชีย ระดับภูมิภาค และระดับประเทศ

หลักในการใช้พื้นที่หลักในการวิเคราะห์นี้คือ

เป็นระดับการหลีกเลี่ยงสำหรับการกำหนดโครงการโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ในอนาคต ในลักษณะที่เป็นการป้องกันพื้นที่ที่มีความหลากหลายทางชีวภาพมากที่สุดทั้ง 28 ประเทศในเอเชียในเขตพื้นที่ศึกษา เรากำหนดพื้นที่หลักด้านความหลากหลายทางชีวภาพขนาดใหญ่โดยใช้เกณฑ์ 3 ประการสำหรับสิ่งที่จะก่อให้เกิดคุณค่าด้านความหลากหลายทางชีวภาพสูง—พื้นที่จะครอบคลุมประมาณ 10, 20 หรือ 30% ของทวีป แนวทางนี้ช่วยให้ USAID

มีความชัดเจนในการกำหนดขอบเขตของความพยายามในการลดความขัดแย้งระหว่างโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น

และความหลากหลายทางชีวภาพ

คำจำกัดความที่เข้มงวดที่สุดของพื้นที่ด้านความหลากหลายทางชีวภาพจากการวิเคราะห์นี้ (เช่น เกนจ์เปอร์เซ็นไทล์ที่ 90) อาจเหมาะสมเมื่อทรัพยากรการอนุรักษ์มีจำกัด

และต้องใช้เพื่อจัดการกับความขัดแย้งทางด้านโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่อาจเกิดขึ้นในสถานที่เล็ก ๆ

ที่มีความหลากหลายทางชีวภาพเป็นพิเศษ อย่างไรก็ตาม มีข้อพิสูจน์ที่เป็นเอกฉันท์ที่เพิ่มมากขึ้น

ว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ของโลก ซึ่งอาจจะมากถึง 30 - 50% จะต้องได้รับการคุ้มครอง เพื่อหยุดวิกฤตการสูญพันธุ์

และหลีกเลี่ยงผลกระทบที่เลวร้ายที่สุดของการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ

ตามกระบวนการว่าด้วยแผนยุทธศาสตร์ด้านความหลากหลายทางชีวภาพ ปี 2011 - 2020

ได้มีการเรียกร้องให้แต่ละประเทศที่ลงนามอนุรักษ์น่านน้ำ และน้ำจืดอย่างน้อย 17% และ 10%

ของพื้นที่ชายฝั่งและพื้นที่ทางทะเลในระบบที่เชื่อมโยงกันอย่างดีของพื้นที่คุ้มครอง เมื่อเร็ว ๆ นี้ โครงการ Half Earth (Wilson,

2016), โครงการ Nature Needs Half (Locke, 2014) และโครงการ Thirty by Thirty (Dinerstein et al., 2019)

ได้เรียกร้องให้มีเป้าหมายการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพที่มีความมุ่งมั่นมากขึ้น

และได้รับความสนใจจากนักวิทยาศาสตร์และผู้ปฏิบัติงานเป็นอย่างดี ดังนั้น

คำจำกัดความของพื้นที่ด้านความหลากหลายทางชีวภาพแบบเสริมมากขึ้น (เช่น เกนจ์เปอร์เซ็นไทล์ที่ 80 หรือ 70

จากการวิเคราะห์ของเรา) อาจมีความสอดคล้องกับความคิดในปัจจุบันมากกว่า

หรืออย่างน้อยก็เป็นเป้าหมายที่มีความมุ่งมั่นมากกว่า

ผลลัพธ์ของเราเน้นถึงอิทธิพลที่มีต่อข้อมูลทางภูมิศาสตร์ เมื่อประเมินลำดับความสำคัญในการอนุรักษ์

การได้ระดับความหลากหลายทางชีวภาพตามละติจูดหมายความว่าลำดับความสำคัญของโลกมักจะเอนเอียงอย่างมาก

ไปยังชีวนิเวศเขตร้อนที่มีละติจูดต่ำซึ่งมีความอุดมสมบูรณ์ของสายพันธุ์สูงที่สุด การเชื่อมโยงของ CBI

ในระดับทวีปที่สร้างโดยการศึกษาครั้งนี้ ยังชี้ให้เห็นว่าพื้นที่ที่มีคุณค่าด้านความหลากหลายทางชีวภาพสูงสุดนั้น

จะกระจุกตัวอยู่ในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และเอเชียใต้ อย่างไรก็ตาม ลำดับความสำคัญระดับภูมิภาค

และระดับประเทศนั้นแตกต่างกันอย่างมาก ทั้งยังครอบคลุมชีวนิเวศ และพื้นที่อื่น ๆ ในเอเชียกลาง และเอเชียตะวันออก ที่หลากหลายมากขึ้น ผลลัพธ์สำหรับมาตรการทางภูมิศาสตร์ที่แตกต่างกันอาจนำไปประยุกต์ใช้กับการวางแผน และการคลี่คลายผลกระทบด้านโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ตัวอย่างเช่น การเชื่อมโยงพื้นที่หลักของชาติสามารถได้รับการแจ้งโดยโปรแกรมการอนุรักษ์ในท้องถิ่น หรือระดับชาติ ในขณะที่แผนที่พื้นที่หลักในทวีปสามารถให้รายละเอียดและชี้แนะกลยุทธ์ในการอนุรักษ์ของ USAID ทั่วทั้งเอเชีย พื้นที่หลักทั่วไปทั้ง 3 แห่งทางภูมิศาสตร์ เป็นพื้นที่ที่เชื่อมโยงในการมุ่งเน้นความตั้งใจในการอนุรักษ์เบื้องต้น

แนวทางที่เราใช้ในการพัฒนาดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพแบบผสม (CBI)

และระบุพื้นที่หลักของความหลากหลายทางชีวภาพขนาดใหญ่

ซึ่งเป็นรากฐานมาจากแนวคิดที่สอดคล้องกันจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลายทางชีวภาพจำนวนมาก เราตระหนักดีว่า

ชุดข้อมูลบางอย่างที่เรานำไปใช้ในการคำนวณค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพแบบผสมมีความซ้ำซ้อนอยู่ (เช่น

หลายกลุ่มอาศัยความสมบูรณ์ของสายพันธุ์เป็นพื้นฐานในการประมาณค่าความหลากหลายทางชีวภาพ)

แต่เราพยายามลดความซ้ำซ้อนนี้ให้เหลือน้อยที่สุด โดยนำข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กันสูงออกไป

การประมาณค่าความหลากหลายทางชีวภาพที่แตกต่างกันในแต่ละระดับสำหรับบางพื้นที่ของเอเชีย (ภาพที่ 4, ล่างซ้าย)

ชี้ให้เห็นว่าระดับที่เลือกรวมข้อมูลที่เป็นอิสระไว้ และรวบรวมเข้าด้วยกัน นอกจากนี้

ความจริงที่ว่าความสอดคล้องกันระหว่างระดับเหล่านี้มีความแข็งแกร่งมากสำหรับพื้นที่ที่มีดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพแบบผสม (CBI) สูงสุด (ภาพที่ 4, ขวาล่าง) ทำให้กรณีเหล่านี้เป็นประเด็นสำคัญที่มีความสำคัญ

สำหรับการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ

และไม่ได้มีอิทธิพลมากเกินไปจากวิธีการวัดความหลากหลายทางชีวภาพ

เราถือว่าระดับความหลากหลายทางชีวภาพทั้งหมดมีความสำคัญเท่าเทียมกันในการคำนวณค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพแบบผสม (CBI) โดยหลักแล้ว เนื่องจากเราไม่มีเป้าหมายในการประเมินความสำคัญสัมพัทธ์ของระดับชั้น อย่างไรก็ตาม การตรวจสอบในอนาคตสามารถกำหนดน้ำหนักที่แตกต่างกันให้กับแต่ละระดับ

เมื่อคำนวณค่าความหลากหลายทางชีวภาพโดยเฉลี่ย

โดยให้น้ำหนักในระดับที่สะท้อนถึงวัตถุประสงค์การอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพเฉพาะของผู้ใช้

หรืออาจสะท้อนถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูลตามที่เราได้โดยความละเอียดเชิงพื้นที่

หรือวิธีการปัจจุบันของการรวบรวมข้อมูล

การทับซ้อนเชิงพื้นที่ระหว่างพื้นที่หลักและคุณลักษณะความหลากหลายทางชีวภาพ

จากแผนการจัดลำดับความสำคัญทั่วโลกที่มีอยู่นั้น มีความผันแปรสูง

และมีคำอธิบายที่เป็นไปได้หลากหลายประการว่าทำไมการทับซ้อนกันนี้จึงน้อยกว่าในบางกรณี ประการที่ 1

ความแตกต่างในระดับพื้นที่ (ระดับโลกเทียบกับระดับทวีป ภูมิภาค หรือระดับชาติ)

อาจนำไปสู่ความแตกต่างในการจัดลำดับความสำคัญ ประการที่ 2 องค์ประกอบของความหลากหลายทางชีวภาพ

ที่ได้จากโครงการการจัดลำดับความสำคัญระดับโลกนั้น

ซึ่งไม่เหมือนกับองค์ประกอบในระดับความหลากหลายทางชีวภาพที่เราใช้ ตัวอย่างเช่น ความสมบูรณ์ของพันธุ์พืช

และปรากฏการณ์ทางนิเวศวิทยา หรือวิวัฒนาการที่ผิดปกติ

เป็นองค์ประกอบทั้งสองของแผนการจัดลำดับความสำคัญทั่วโลก แต่ไม่ได้รวมอยู่ในระดับที่เราใช้

ซึ่งส่วนใหญ่มีการมุ่งเน้นที่สัตว์ป่าบนบก ประการที่ 3 พื้นที่ทั้งหมดของคุณลักษณะด้านความหลากหลายทางชีวภาพ

และพื้นที่หลักที่ใช้ในการวิเคราะห์นี้ บางครั้งแตกต่างกันมาก ซึ่งหมายความว่า จะไม่มีความทับซ้อนกันเชิงพื้นที่

อย่างไรก็ตาม การกระจายเชิงพื้นที่ของคุณลักษณะและพื้นที่หลักด้านความหลากหลายทางชีวภาพ

มีความคล้ายคลึงกันพอสมควร

และพื้นที่หลักเกือบทั้งหมดทับซ้อนกับคุณลักษณะความหลากหลายทางชีวภาพที่ระบุไว้ใน โครงการจัดลำดับความสำคัญระดับโลกอย่างน้อยหนึ่งโครงการ

ภัยคุกคามต่อความหลากหลายทางชีวภาพ

การวิเคราะห์ของเรา แสดงให้เห็นลักษณะสำคัญหลายประการของการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)

ที่ได้วางแผนไว้ในเอเชีย ถนนที่ได้วางแผนไว้

ถือเป็นองค์ประกอบหลักของภัยคุกคามที่เกิดจากการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)

ต่อความหลากหลายทางชีวภาพ แต่ภัยคุกคามจากรูปแบบโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) อื่น ๆ

ก็อาจเป็นองค์ประกอบที่สำคัญเช่นกันเช่นกัน ความยาวทั้งหมดของถนนที่ได้วางแผนไว้

ซึ่งเราได้ทำการวิเคราะห์ในเอเชีย นั้น มีระยะทางที่สั้นกว่าระยะทางความยาวทางรถไฟที่ได้วางแผนไว้

ซึ่งได้รับความสนใจจากนักอนุรักษ์และนักวิจัยในภูมิภาคส่วนใหญ่ไม่น้อยกว่าถนน

และผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพยังไม่เป็นที่เข้าใจดีนัก(Popp & Boyle, 2017)

มีการละเว้นการประเมินผลกระทบของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)

จากสายไฟฟ้าต่อความหลากหลายทางชีวภาพเกือบทั้งหมด แต่การวิเคราะห์ของเรา

ได้ชี้ให้เห็นว่าผลกระทบเหล่านี้อาจมีมากมาย ความยาวของสายไฟฟ้าเป็นสัดส่วนมากกว่า 1 ใน 5

ของความยาวโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้ทั้งหมด ซึ่งระบุไว้ในการวิเคราะห์

และมุ่งเน้นหลักในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งมีความหลากหลายทางชีวภาพค่อนข้างสูง

จากการวิเคราะห์เส้นทางที่ได้วางแผนไว้สำหรับโครงการสายไฟฟ้า อาจมีศักยภาพมากขึ้น

ในการส่งผลกระทบต่อพื้นที่คุ้มครอง จากการศึกษา ชี้ให้เห็นว่าควรให้ความสำคัญกับทางรถไฟและสายไฟฟ้ามากขึ้น

เมื่อพิจารณาถึงภัยคุกคามต่อความหลากหลายทางชีวภาพจากโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)

โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภูมิภาคที่ถนนที่ได้วางแผนไว้ อาจเป็นแรงกระตุ้นในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)

เพียงเล็กน้อย

จำนวนระยะทางของการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) จะมีระยะทางมากเป็นพิเศษในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งคิดเป็น 18% ของเอเชียทั้งหมด แต่ได้รวม 37% ของความยาวโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้ทั้งหมด

นี้ควรให้ความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากพื้นที่หลักด้านความหลากหลายทางชีวภาพระดับทวีป ที่ระบุในการวิเคราะห์นั้น

ยังกระจุกตัวอยู่ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เป็นส่วนใหญ่ ภัยคุกคามจากการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)

ไปยังบางพื้นที่ในภูมิภาคนี้ ได้รับความสนใจจากสื่อ และจากนักวิจัยเป็นจำนวนมาก เนื่องจากมีผลกระทบต่อระบบนิเวศ

หรือชนิดพันธุ์ที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวาง ว่าเป็นลำดับความสำคัญในการอนุรักษ์ เช่น โครงการ Heart of Borneo

และระบบนิเวศของอุทยานลูเซอร์ในเกาะสุมาตรา อย่างไรก็ตาม

มีพื้นที่ที่โดดเด่นน้อยกว่าจำนวนมากในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

ที่ยังมีคุณค่าและแผนการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ด้านความหลากหลายทางชีวภาพสูง

และภัยคุกคามต่อพื้นที่เหล่านี้ได้รับความสนใจน้อยกว่ามาก ตัวอย่างเช่น กัมพูชา ลาว และเวียดนาม

มีพื้นที่ทับซ้อนสูงสุดบางส่วนระหว่างพื้นที่หลักด้านความหลากหลายทางชีวภาพ และโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)

ที่ได้วางแผนไว้ แต่มีการกล่าวถึงน้อยกว่ามาก ในการพิจารณาด้านภัยคุกคามการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)

แม้ว่าจะมีความพยายามจากบางโครงการ เช่น ระบบติดตามโครงสร้างพื้นฐานลุ่มแม่น้ำโขง (Stimson Center,

2021)ซึ่งกำลังช่วยเปลี่ยนแปลงสิ่งเหล่านี้

การวิเคราะห์ล่าสุดเกี่ยวกับผลกระทบจากการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ในเอเชีย

ได้เน้นที่โครงการโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่เกี่ยวข้องกับโครงการเส้นทางสายไหมหรือ BRI ของจีน(Foggini et al., 2021;

Hughes, 2019; Hughes et al., 2020; Lechner et al., 2018; Ng et al., 2020) โครงการเส้นทางสายไหม (BRI) นั้นได้แพร่หลายในเชิงภูมิศาสตร์ ได้รับการกล่าวถึงในสื่อเป็นจำนวนมาก มีการขยายสาขาเชิงภูมิรัฐศาสตร์ที่สำคัญและครอบคลุมในฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีอยู่ได้ ซึ่งทั้งหมดนี้มีส่วนช่วยให้ได้รับความสนใจอย่างยิ่ง อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ของเราชี้ให้เห็นว่าภัยคุกคามต่อความหลากหลายทางชีวภาพจากการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ในเอเชียนั้น ขยายวงกว้างไปไกลกว่าโครงการเส้นทางสายไหม (BRI) มีเพียง 34%

ของความยาวระยะเส้นทางโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้ทั้งหมด

ในการวิเคราะห์ของเราที่เกี่ยวข้องกับโครงการเส้นทางสายไหม (BRI) 2 ใน 3

ที่เหลือของการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้

ซึ่งเราได้บันทึกไว้เป็นส่วนหนึ่งของการริเริ่มระดับภูมิภาค เช่น โครงการความร่วมมือทางเศรษฐกิจอนุภูมิภาคเอเชียใต้

(SASEC) โครงการความร่วมมือทางเศรษฐกิจอนุภูมิภาคเอเชียกลาง (CAREC) โครงการอนุภูมิภาคกลุ่มแม่น้ำโขง (GMS)

และสมาคมของประชาชาติแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (ASEAN)

มีโครงการจำนวนเล็กน้อยที่เกี่ยวข้องกับทั้งโครงการเส้นทางสายไหม (BRI) และการริเริ่มระดับนานาชาติอื่น ๆ (เช่น

CAREC, ASEAN) นอกจากนี้ บางประเทศในเอเชียมีแผนมุ่งมั่นสำหรับการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)

ที่จะได้รับทุนระดับประเทศ ดังนั้น

จึงไม่รวมอยู่ในการประเมินของเราที่เน้นในเรื่องการริเริ่มการพัฒนาเศรษฐกิจระหว่างประเทศ ตัวอย่างเช่น

ในอินเดียและจีน ปรากฏว่ามีพื้นที่ที่ค่อนข้างว่างเปล่า ในแผนที่โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้ (ภาพที่ 8)

แต่ทั้งสองประเทศกำลังขยายโครงข่ายโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) อย่างรวดเร็วเพียงฝ่ายเดียว มีการคาดว่า

อินเดียจะมีสัดส่วน 40% ของส่วนแบ่งโครงการรถไฟทั่วโลกทั้งหมดภายในปี 2050 และใช้ทุนจำนวน 715

พันล้านเหรียญดอลลาร์สหรัฐ ในโครงสร้างพื้นฐานด้านระบบรางรถไฟภายในปี 2030 (IBEF, 2021a)

งบประมาณของรัฐบาลอินเดียในปี 2021-2022 ครอบคลุมถึง 42 พันล้านเหรียญดอลลาร์สหรัฐ

สำหรับโครงการกระจายไฟฟ้าที่ได้รับการปรับปรุงใหม่ (IBEF, 2021b) รวมทั้งเงินทุนสำหรับสร้างถนนกว่า 19,500 กม.

และโครงการก่อสร้างที่สูง (Chakravarty, 2021) ในประเทศจีน

พิมพ์เขียวที่เพิ่งได้มีการเผยแพร่โดยคณะกรรมการกลางของพรรคคอมมิวนิสต์ปกครองและสภาแห่งรัฐ

เรียกร้องให้มีการขยายโครงข่ายรถไฟของประเทศไปอีก 200,000 กม. และโครงข่ายทางหลวงอีก 460,000 กม. ในอีก 15

ปีข้างหน้า (Wang, 2021) การติดตามแผนการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) จากความคิดริเริ่มระดับชาติ

และระดับภูมิภาคจะมีความจำเป็นในการระบุลักษณะเฉพาะของภัยคุกคามต่อความหลากหลายทางชีวภาพที่เกิดจาก

การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ในเอเชีย

เพื่อไปสู่ความเข้าใจถึงภัยคุกคามในโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ดีขึ้น

การวิเคราะห์ของเรานั้น เป็นพื้นฐานสำหรับการทำความเข้าใจทั่วไป

และการกระจายทางภูมิศาสตร์ของผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)

ต่อความหลากหลายทางชีวภาพในทวีปเอเชีย โดยสร้างขึ้นจากการวิเคราะห์ผลกระทบโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)

ในเอเชียปัจจุบัน โดยรวมโครงการโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)

ที่นอกเหนือจากโครงการที่เกี่ยวข้องกับโครงการเส้นทางสายไหม (BRI)

โดยพิจารณาผลกระทบของสายไฟฟ้าและสิ่งกระห้ำยข้อมูลความหลากหลายทางชีวภาพในแหล่งข้อมูลต่าง ๆ

เพื่อสร้างดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพที่มีประโยชน์ต่อการวางแผนโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) อย่างไรก็ตาม

การวิเคราะห์ข้อมูลถูกจำกัดด้วยข้อมูลเชิงพื้นที่ที่โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) 3 ประการ สำหรับเอเชียอย่างมีนัยสำคัญ

1. ความพร้อมของข้อมูลในปัจจุบัน การเข้าถึงเพื่อรับข้อมูลเชิงพื้นที่เกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) เป็นแง่มุมที่ใช้เวลานาน และท้าทายที่สุดในการศึกษาค้างนี้ เริ่มแรกมีการคาดว่า ธนาคารเพื่อการพัฒนาแบบพหุภาคีจะสามารถให้ข้อมูลในรูปแบบภูมิสารสนเทศในโครงการโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้ซึ่งพวกเขาอ้างให้ทุนสนับสนุนได้ แต่ในเวลาถัดมา ก็พบว่าข้อมูลเหล่านี้ไม่ได้ถูกจัดเก็บอย่างเป็นระเบียบระบบแต่อย่างใด

เนื่องจากการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับโครงการโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้ทั้งหมดทั่วเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

เราจึงเน้นการวิเคราะห์เกี่ยวกับโครงการที่เกี่ยวข้องกับการเริ่มการพัฒนาเศรษฐกิจระหว่างประเทศ ซึ่งสามารถค้นหาได้ในแผนที่รายงาน และเว็บไซต์ที่เราสามารถใช้ได้ เพื่อแปลงเส้นทางแบบดิจิทัลด้วยตนเอง การขาดข้อมูลเชิงพื้นที่ ที่มีอยู่ในเส้นทางโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) หมายความว่า

การวิเคราะห์ของเราพิจารณาเฉพาะตัวอย่างของโครงการโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น ที่มีแนวโน้มว่า จะส่งผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพในเอเชีย

และอาจมีอคติเนื่องต่อโครงการที่เราสามารถค้นหาข้อมูลได้ง่ายที่สุด ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ครอบคลุม และอัปเดตอย่างสม่ำเสมอของโครงการโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้รับการดูแลโดยผู้ให้ทุน หรือผู้วางแผนโครงการ

จะช่วยปรับปรุงความสมบูรณ์ของการวิเคราะห์ในอนาคตของผลกระทบต่ออาจเกิดขึ้นจากโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) เป็นอย่างมาก

2. รายละเอียดโครงการ แหล่งข้อมูลที่ใช้สร้างฐานข้อมูลของเราสำหรับโครงการโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้ แตกต่างกันอย่างมาก

ตามปริมาณรายละเอียดที่ให้ไว้เกี่ยวกับลักษณะของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) สำหรับบางโครงการ เราไม่สามารถระบุรายละเอียดได้มาก นอกจากรูปแบบของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)

ข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับลักษณะของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) เช่น จำนวนช่องทางจราจร และปริมาณการจราจรที่คาดการณ์ไว้บนถนน ทางรถไฟ หรือแรงดันไฟฟ้าของสายไฟฟ้า

จะช่วยให้สามารถประเมินผลกระทบต่ออาจเกิดขึ้นได้อย่างละเอียดยิ่งขึ้น ตัวอย่างเช่น เราต้องประเมินถนนที่ได้วางแผนไว้ทั้งหมดว่า

มีศักยภาพเท่าเทียมกันในการก่อให้เกิดความเสียหายต่อความหลากหลายทางชีวภาพในพื้นที่ที่กำหนด

แต่การวิเคราะห์ที่แยกความแตกต่างระหว่างทางหลวง 2 เลนที่ไม่มีเกาะกลางกั้น และทางหลวง 4 เลนที่มีเกาะกลางกั้น (ซึ่งอาจมีผลกระทบต่อสายพันธุ์สัตว์และระบบนิเวศค่อนข้างต่างกัน)

โดยจะให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์มากขึ้นสำหรับการวางแผน และการอนุรักษ์โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)

3. ความแม่นยำเชิงพื้นที่ เราได้ครอบคลุมพื้นที่โดยกว้างรอบ ๆ เส้นทางในโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้ เพื่อกำหนดพื้นที่ที่อาจได้รับผลกระทบจากเส้นทางเหล่านี้ (PEZs) ซึ่งเป็นเรื่องจำเป็นอย่างยิ่ง

เนื่องจากอาจมีข้อผิดพลาดเชิงพื้นที่ขนาดใหญ่

ซึ่งเกี่ยวข้องกับเส้นทางที่แปลงเป็นดิจิทัลด้วยตนเองจากแผนที่โดยประมาณ ดังนั้น จึงไม่เป็นที่ชัดเจนว่า

เส้นทางในโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) บางเส้นทางที่ได้วางแผนไว้

จะตัดกับพื้นที่ที่มีความสำคัญโดยตรงของการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพหรือไม่ เช่น

พื้นที่คุ้มครองหรือพื้นที่หลักของความหลากหลายทางชีวภาพที่เราระบุในการวิเคราะห์นี้

อิทธิพลของการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) นั้น

ขยายตัวได้ดีกว่าลักษณะทางกายภาพของโครงการนี้บางประการ เช่น การรुकกล้า

และการตัดไม้อย่างผิดกฎหมาย

กิจกรรมผิดกฎหมายเหล่านี้กระทำการได้ง่ายมากขึ้นจากการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)

โดยที่มันสามารถเกิดขึ้นได้ ณ ที่ห่างไกลจากถนนหรือทางรถไฟหลายกิโลเมตร

และการวิเคราะห์ตามพื้นที่ที่ถนนของเราพบว่า มีโอกาสเกิดผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพจากผลกระทบรองที่ถูกลามอันเนื่องมาจากโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) นี้ อย่างไรก็ตาม ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่แม่นยำยิ่งขึ้นในเส้นทางของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้ จะช่วยให้สามารถระบุพื้นที่ที่น่าจะได้รับอิทธิพลโดยตรงจากผลกระทบของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่มีการแปลเป็นภาษาท้องถิ่นมากขึ้น (เช่น การชนกันของสัตว์ป่าและยานพาหนะ ไฟฟ้าช็อต การรบกวนทางเสียง การสูญเสียทางเดินของสัตว์ป่า)

จนกว่าข้อจำกัดเหล่านี้จะลดลงได้ด้วยการปรับปรุงความพร้อมใช้งานของข้อมูล ระดับของรายละเอียด และความแม่นยำเชิงพื้นที่ของข้อมูลโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) สำหรับเอเชีย มีข้อเสนอแนะว่า การใช้วิธีการวิเคราะห์โดยประมาณที่ดีที่สุด คือการใช้เครื่องมือคัดกรองเบื้องต้นเพื่อการระบุพื้นที่ที่รับประกันความละเอียด ที่ละเอียดกว่าการวิเคราะห์ขนาด เนื่องจากมีความเสี่ยงสูงที่จะเกิดความขัดแย้งระหว่างความหลากหลายทางชีวภาพและโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้ การวิเคราะห์แบบละเอียดควร (1) หากเอกสารวางแผนระดับ โครงการที่อธิบายลักษณะของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้ ให้เฉพาะเจาะจงที่สุด (2) มีข้อมูลเชิงพื้นที่ที่แสดงถึงเส้นทางที่ได้วางแผนไว้ในรายละเอียดมากที่สุดเท่าที่ผู้วางแผนสามารถจะให้ได้ในปัจจุบัน และ (3) รวบรวมข้อมูลความหลากหลายทางชีวภาพที่ได้มาในระดับท้องถิ่น และมีความละเอียดในเชิงพื้นที่ให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ และมุ่งเน้นสายพันธุ์ที่เกี่ยวข้องในการอนุรักษ์พื้นที่โครงการ งานเหล่านี้ต้องใช้ความพยายามในระดับที่ไม่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ทั่วระดับเอเชีย แต่จำเป็นสำหรับการประเมินผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากโครงการโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) แต่ละโครงการอย่างเพียงพอ เราแสดงการวิเคราะห์อย่างละเอียด 6 รายการ ในส่วนที่ 2 ของภาคผนวกนี้ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลกระทบของโครงการโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่วางแผนไว้นั้น จะสามารถประเมินสายพันธุ์เพื่อการอนุรักษ์ในภูมิภาคที่เลือกไว้ภายในเอเชียได้อย่างไร

อุปการ

Tyler Creech (ศูนย์อนุรักษ์ภูมิทัศน์ขนาดใหญ่ [CLLC]) ทำการวิเคราะห์เชิงพื้นที่และร่างรายงาน Grace Stonecipher (CLLC) และ Mat Bell (สถาบันการขนส่งทางตะวันตก - มหาวิทยาลัยรัฐมอนแทนา [WTI]) ประมวลผลข้อมูลที่รวบรวมมาได้และแปลงข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลดิจิทัลในเส้นทางของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้ Rob Ament (CLLC/WTI) และ Tony Clevenger (WTI) ช่วยออกแบบและสอบทานรายงาน

ข้อมูลที่มาได้

ผลจากข้อมูลเชิงพื้นที่ของการวิเคราะห์ประเด็นหลักด้านความหลากหลายทางชีวภาพด้วยการวิเคราะห์นี้ รวมถึงพื้นที่หลักด้านความหลากหลายทางชีวภาพ เส้นทางโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้ และ โชนผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น (PEZs) ได้รับการจัดเก็บอย่างถาวรในห้องสมุดข้อมูลเพื่อการพัฒนาของ USAID

ส่วนที่ 2 การวิเคราะห์อย่างละเอียดของผลกระทบ โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่อาจเกิดขึ้นในภูมิภาคเอเชียที่เลือก

การวิเคราะห์โดยประมาณ เช่น การเสนอในตอนที่ 1 ของภาคผนวกนี้ มีประโยชน์ในการระบุพื้นที่ทั่วไป โดยที่ผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพจากโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้นที่ได้อ้างอิงไว้อาจมีนัยสำคัญ ทว่าการวิเคราะห์เหล่านี้มักขาดระดับของรายละเอียดและความละเอียดเชิงพื้นที่ที่จำเป็นในการประเมินผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากโครงการ โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) แต่ละรายการอย่างเพียงพอต่อสายพันธุ์ หรือระบบนิเวศที่ต้องเป็นห่วงในด้านการอนุรักษ์ ส่วนที่ 2 แสดงตัวอย่าง 6 รายการ ของการวิเคราะห์แบบละเอียดดั้งเดิมของสายพันธุ์หรืออนุกรมวิธานที่มีความเสี่ยง ซึ่งได้ดำเนินการในรายงานนี้ และเน้นถึงผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากโครงการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้นที่ได้อ้างอิงไว้

การวิเคราะห์เหล่านี้เป็นการประเมินอย่างรวดเร็ว ซึ่งเสร็จสิ้นในระยะเวลาอันสั้น โดยใช้ข้อมูลทางชีววิทยาและโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่มีอยู่ ได้มีการดำเนินงานร่วมกับพันธมิตรองค์กรพัฒนาเอกชนในท้องถิ่น (NGO) ที่มีความกระตือรือร้นในการวิจัย และการอนุรักษ์สัตว์ป่า และยังมีผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับอิทธิพลของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่มีต่อจำนวนประชากรสัตว์ป่าอีกด้วย

การวิเคราะห์ทั้ง 6 รายการ มีความหลากหลายทางอนุกรมวิธาน โดยเน้นที่สัตว์กินเนื้อขนาดใหญ่ สัตว์เท้าแบบกบ นก สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ สัตว์เลื้อยคลาน และสัตว์สายพันธุ์อื่น ๆ มีการพิจารณาโครงการ โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ของทั้ง 3 รูปแบบ (ถนน ทางรถไฟ และสายไฟฟ้า) ในทั้งเส้นทางใหม่ และการปรับปรุงเส้นทางที่มีอยู่แล้ว

การวิเคราะห์ยังมีความหลากหลายทางภูมิศาสตร์ รวมไปถึงพื้นที่ศึกษาภายในเอเชียใต้ ตะวันออกเฉียงใต้ ตะวันออก และเอเชียกลาง พวกเขาอาศัยการข้อมูลทางชีววิทยาหลายประเภท (เช่น ใช้เครื่องโทรมาตรกับสัตว์ป่า) การสำรวจการถูกฆ่าบนท้องถนน การประมาณความหนาแน่นของจำนวนประชากร และแผนที่ทางเดินของสัตว์ป่า) และวิธีการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ที่หลากหลาย

นอกเหนือจากการระบุลักษณะผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากโครงการ โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่มีรายละเอียดสูงหลายโครงการต่อสายพันธุ์ที่เสี่ยงแล้ว การวิเคราะห์ในอย่างละเอียดเหล่านี้ยังให้ตัวอย่างว่า การประเมินเชิงพื้นที่ในอนาคตที่รวดเร็ว สามารถแสดงถึงความพยายามในการปกป้องความหลากหลายทางชีวภาพได้อย่างไร

การวิเคราะห์ทั้ง 6 รายการ ที่ได้นำเสนอด้านล่างเป็นการศึกษาเชิงเดี่ยว แต่เรานำเสนอผลการสังเคราะห์ของข้อค้นพบที่สำคัญอย่างสั้นในการวิเคราะห์ทั้งหมดในส่วนท้ายของส่วนที่ 2

บทวิเคราะห์ที่ 1 ผลกระทบต่อเสือคาบิมา ที่อาจเกิดขึ้นจากถนนลาดยาง และทางรถไฟที่ได้อ้างอิงไว้ในมองโกเลีย

เสือคาบิมาเป็นสัตว์นักล่าอันดับต้น ๆ และเป็นตัวบ่งชี้ถึงความสมบูรณ์ของระบบนิเวศบนภูเขาสูงในแถบเอเชียกลางและเอเชียใต้ จำนวนเสือคาบิมาลดลงจากในอดีตในหลายพื้นที่ เนื่องจากการสูญเสียแหล่งที่อยู่อาศัย การรุกล้ำ และผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ประเทศมองโกเลียมีจำนวนเสือคาบิมาเป็นอันดับสอง โดยประมาณ 1,000 ตัว ทั้งหมดจาก 12 ประเทศในเอเชียที่เป็นสายพันธุ์นี้ และภูมิทัศน์สำคัญ

ที่มีได้กำหนดโดยโครงการปกป้องระบบนิเวศเสือคาบิมาทั่วโลก มีอยู่ในมองโกเลียจำนวน 3 แห่ง(WWF, 2015)

ข้อมูลการสำรวจที่ดีพิมพ์ล่าสุดของมองโกเลีย ระบุว่าขณะนี้ประชากรเสือคาบิมาในประเทศมีเสถียรภาพ(Bayandonoi et

al., 2021) มีแนวโน้มว่า จะเกิดจากความมุ่งมั่นที่จะอนุรักษ์ประชากรเสือควา เช่น การลาดตระเวนต่อต้านการลักลอบล่าสัตว์ โครงการชดเชยปศุสัตว์ และแคมเปญการศึกษาของรัฐ

แม้จะประสบความสำเร็จในการอนุรักษ์ แต่เสือควาหิมะ ในมองโกเลียยังคงเผชิญกับภัยคุกคามอื่นอีกมากมาย และการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ก็เป็นนัยยะหนึ่งที่สำคัญที่สุด มองโกเลียอุดมไปด้วยแร่ธาตุ และทรัพยากรธรรมชาติมากมาย และมีการพัฒนาโครงข่ายถนน และทางรถไฟสายสำคัญ เพื่อขนส่งทรัพยากรเหล่านี้ไปยังประเทศเพื่อนบ้านอย่างจีนและรัสเซีย โครงข่ายถนนที่ยาวประมาณ 50,000 กม. ของมองโกเลีย มีเพียง 13% เท่านั้นที่มีการสร้างอยู่ในขณะนี้ และมีการวางแผนให้ปรับปรุงโครงข่ายถนนเพิ่มเติม เพื่อเพิ่มการเข้าถึงตลาดและปรับปรุงการเชื่อมโยง และความปลอดภัยสำหรับผู้อาศัย (ADB, 2018a) วิสัยทัศน์การพัฒนาที่ยั่งยืนของมองโกเลียปี 2030 เรียกร้องให้มีการขยายถนนขงมอดยออกไปเกือบ 3,000 กม. และสร้างทางรถไฟใหม่หลายสาย เพื่อรองรับการเดินทางระหว่างประเทศและภายในประเทศ และให้บริการภาคการเกษตร อุตสาหกรรม และเหมืองแร่ (Government of Mongolia, 2016)

โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) อาจเป็นอันตรายต่อประชากรเสือควาหิมะ ผ่านกระบวนการ 3 ประการ ประการที่ 1 โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) สามารถเป็นเหตุทำให้ที่อยู่อาศัยเกิดความเสื่อมโทรม และก่อให้เกิดการกระจายตัวที่อยู่อาศัยของเสือควาหิมะ ได้ เสือควาหิมะหลีกเลี่ยงพื้นที่ที่เป็นกิจกรรมของมนุษย์ (Wolf & Ale, 2009) อีกทั้งถนนและทางรถไฟสายใหม่มักนำไปสู่ความหนาแน่นของประชากรมนุษย์ในท้องถิ่นที่เพิ่มขึ้น การย้ายที่อยู่อาศัยตามธรรมชาติเป็นที่ดินทำกินอาจเกิดขึ้น เนื่องจากเกษตรกรมักจัดซื้อจัดหาที่ดินใกล้ถนนหรือทางรถไฟ ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการขนส่ง (Diener & Batjav, 2019) โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้นที่ขยายและปรับปรุง อาจส่งผลต่อทรัพยากรธรรมชาติในพื้นที่ใหม่ ซึ่งอาจไม่เหมาะสมกับที่อยู่อาศัยของเสือควาหิมะ ถนนลาดยางและทางรถไฟอาจเป็นอุปสรรคต่อการอยู่อาศัยของเสือควาหิมะ โดยอาจมีการป้องกันไม่ให้มีการเคลื่อนที่ในบริเวณที่อยู่อาศัย ซึ่งจำเป็นสำหรับการถ่ายเทยีนของสายพันธุ์ และการปรับตัวให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ (Snow Leopard Network, 2014)

ประการที่ 2 โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ใหม่และการเข้าถึงของมนุษย์ที่เพิ่มขึ้น และการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่เกี่ยวข้องกับมัน อาจส่งผลให้มนุษย์ฆ่าเสือควาหิมะ โดยตรง เสือควาหิมะถูกล่าเพื่อเอาหนัง กระดูก และส่วนต่าง ๆ ของร่างกายมาใช้ในการแพทย์แผนโบราณ (Wingard & Zahler, 2006) พวกมันยังเสียชีวิตในการต่อต้านการปศุสัตว์ (Jackson & Wangchuk, 2001)

ประการที่ 3 การขยายตัวของมนุษย์ และการใช้ประโยชน์ที่ดินตามถนน และทางรถไฟสายใหม่ อาจลดจำนวนเหยื่อที่เสือควาหิมะกินเป็นอาหารได้ เสือควาหิมะครอบครองพื้นที่ที่มีประชากรสัตว์กึ่งเท้าหนาแน่น และประชากรเหยื่อเหล่านี้อาจลดลงในพื้นที่ใกล้ทางขนส่ง เนื่องจากการรบกวน การต่อสู้กับสัตว์อื่น ๆ หรือความเสื่อมโทรมของแหล่งที่อยู่อาศัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาการเกษตร (WWF, 2015)

ส่วนนี้ เรานำเสนอการประเมินอย่างรวดเร็วของพื้นที่ที่อาจเกิดปัญหาระหว่างเสือควาหิมะกับโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้ในมองโกเลีย วัตถุประสงค์ของเราคือ การกำหนดจำนวนและการกระจายภัยคุกคามเชิงภูมิศาสตร์ต่อประชากรเสือควาหิมะ ด้วยการสร้างถนนลาดยางและทางรถไฟที่วางแผนไว้ รวมไปถึงเพื่อเน้นพื้นที่ที่จำเป็นต้องมีการดำเนินการ และเพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบที่รุนแรงที่สุด

วิธีการ

เราวางแผนทางทับซ้อนกันของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ในเชิงพื้นที่ โดยมีพื้นที่ที่อยู่อาศัยที่เสือดาวหิมะครอบครองและเส้นทางการแพร่กระจายที่คาดการณ์ไว้สำหรับเสือดาวหิมะที่เคลื่อนที่ระหว่างพื้นที่ที่อยู่อาศัย เราได้รับข้อมูลเชิงพื้นที่เกี่ยวกับถนนลาดยาง และทางรถไฟที่วางแผนไว้

(รวมถึงที่อยู่ระหว่างการก่อสร้าง) จากโครงการสมาคมอนุรักษ์สัตว์ป่ามองโกเลีย (WCS)

เราได้รับข้อมูลเชิงพื้นที่เกี่ยวกับพื้นที่ที่อยู่อาศัยของเสือดาวหิมะและเส้นทางการแพร่กระจายของสัตว์ป่า

จากโครงการกองทุนโลกเพื่อธรรมชาติมองโกเลีย (WWF) ข้อมูลของเสือดาวหิมะเหล่านี้

ทำขึ้นในระหว่างการประเมินจำนวนประชากรทั่วประเทศ ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา ซึ่งประเมินการกระจายเชิงพื้นที่และความหนาแน่นของจำนวนเสือดาวหิมะทั่วมองโกเลีย (Bayandonoi et al., 2021)

การประเมินผลใช้การสำรวจการครอบครองพื้นที่ และวิธีการจับภาพ

โดยใช้กล้องเพื่อสร้างแผนที่แบบแบ่งระดับของความหนาแน่นของจำนวนเสือดาวหิมะ

ซึ่งจำแนกที่อยู่อาศัยเป็นหมวดหมู่ที่มีความหนาแน่นสูง ปานกลาง และต่ำ นอกจากนี้

ยังใช้แบบจำลองเส้นทางที่มีต้นทุนต่ำที่สุดเพื่อทำนายเส้นทางการแพร่กระจายของสัตว์ป่าที่เหมาะสมที่สุด

ในบรรดาพื้นที่ของเสือดาวหิมะที่แยกออกมาตามลักษณะภูมิประเทศ เช่น ภูมิประเทศ และถิ่นที่ม่อนุชอาศัยอยู่

ทางเดินของเสือดาว สามารถจำแนกออกเป็น 5 ประเภท ตามประสิทธิภาพในการกระจายเสือดาวหิมะ (อย่างเช่น

ปริมาณพละกำลังที่ต้องใช้เพื่อการกระจายตัว)

เราตั้งปริมาณศักยภาพของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้

เพื่อส่งผลกระทบต่อจำนวนประชากรเสือดาวหิมะใน 2 วิธี ได้แก่ (1)

คำนวณจากระยะทางความยาวทั้งหมดของถนนลาดยาง และทางรถไฟที่ได้วางแผนไว้

ซึ่งจะตัดผ่านแหล่งที่อยู่อาศัยของเสือดาวหิมะ

ในแต่ละหมวดหมู่เป็นค่าประมาณของความเสื่อมโทรมของแหล่งที่อยู่อาศัยที่อาจเกิดขึ้น และ (2)

คำนวณจากจำนวนจุดตัดระหว่างถนนลาดยาง หรือทางรถไฟที่ได้วางแผนไว้

และเส้นทางการแพร่กระจายของสัตว์ป่าที่มีต้นทุนต่ำที่สุด

เพื่อเป็นค่าประมาณของการสูญเสียการเชื่อมต่อที่อาจเกิดขึ้น เราได้สร้างแผนที่สำหรับเส้นทางทั้ง 2 ประเภท

เพื่อช่วยในการมองเห็นตำแหน่งของปัญหาในการอนุรักษ์ที่อาจเกิดขึ้น เนื่องจาก

พื้นที่ที่คุ้มครองอาจให้ความมั่นใจมากขึ้นสำหรับการป้องกันในโครงการโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)

เราจึงกำหนดคำว่าเส้นทางระหว่างโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) และแหล่งที่อยู่อาศัยของเสือดาวหิมะที่ถูกรบกวน

เกิดขึ้นภายในพื้นที่ที่คุ้มครอง ตามที่กำหนดโดยฐานข้อมูลโลกเกี่ยวกับพื้นที่ที่คุ้มครองหรือไม่ (UNEP-WCMC & IUCN, 2021)

ผลลัพธ์

โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้กว่า 1,900 กม. จะรบกวนที่อยู่อาศัยของเสือดาวหิมะในมองโกเลีย

โดยถนนลาดยางและทางรถไฟแต่ละแห่งมีสัดส่วนประมาณครึ่งหนึ่งของทั้งหมด (ตารางที่ 9) พื้นที่จุดตัดเหล่านี้

ส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในแหล่งที่อยู่อาศัยที่มีความหนาแน่นปานกลาง แต่เกือบ 370 กม.

อยู่ในแหล่งที่อยู่อาศัยที่มีความหนาแน่นสูง ซึ่งผลกระทบต่อเสือดาวหิมะอาจรุนแรงเป็นพิเศษ

แม้ว่าพื้นที่ที่ตัดกันจำนวนมาก จะอยู่ตามขอบของพื้นที่ที่อยู่อาศัยที่ครอบครอง (เช่น โกลีกันหุบเขา)

โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) จะตัดผ่านกึ่งกลางของแหล่งที่อยู่อาศัยที่ถูกยึดครองในหลายพื้นที่ ภาพที่ 11)

พื้นที่แนวชายของที่อยู่อาศัยที่ถูกยึดครองเกือบต่อเนื่องกัน ซึ่งครอบคลุมเทือกเขาดัลดะระหว่างตะวันตกเฉียงเหนือ

และทางใต้ของมองโกเลีย จะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ด้วยถนนลาดยาง 2 สาย (ถนนในเมือง Dayan-Ulgii

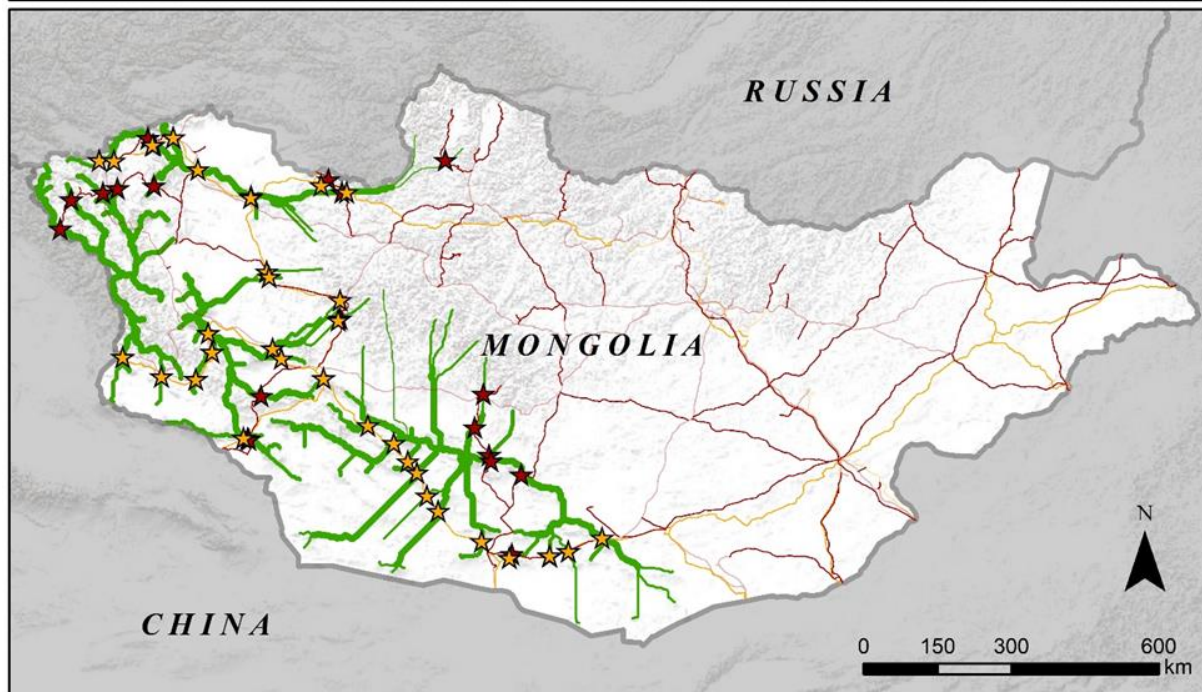
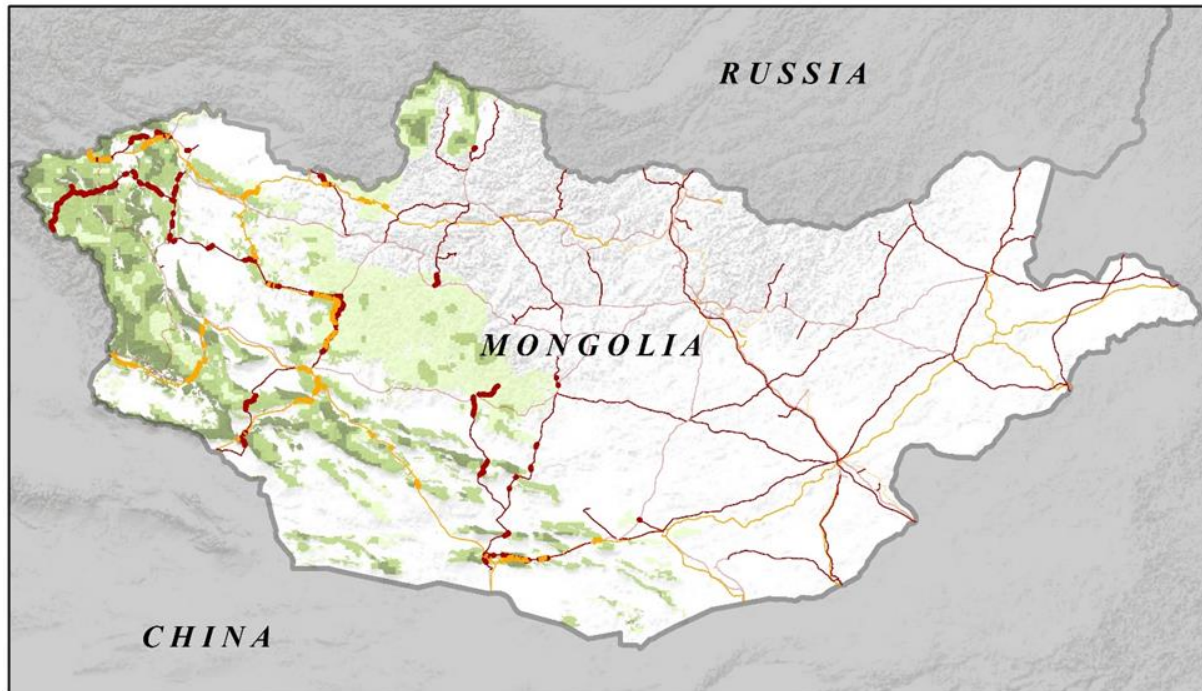
และถนนในเมืองอัลไต - ถนน Altai city-Bugat-Burgastai) และทางรถไฟ 2 สาย (รถไฟ Altai city-Burgastai - รถไฟ Altai city-Bulgan)
การพัฒนาเหล่านี้ สามารถแบ่งที่อยู่อาศัยอย่างต่อเนื่องนี้ออกเป็นพื้นที่เล็ก ๆ ได้จำนวนมาก

ระยะทางโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ประมาณ 200 กม. (คิดเป็น 10%)
ตัดผ่านแหล่งที่อยู่อาศัยของเสือคาหมะที่ครอบครอง ภายในพื้นที่คุ้มครอง ประกอบไปด้วย ถนนลาดยางระยะทาง 56 กม. ในแหล่งที่อยู่อาศัยที่มีความหนาแน่นปานกลาง ณ อุทยานแห่งชาติ Altai Tavan Bogd ทางรถไฟเป็นระยะทาง 37 กม.
ในแหล่งที่อยู่อาศัยที่มีความหนาแน่นปานกลางและต่ำ ณอุทยานแห่งชาติ Mayangan Ugalzat ถนนลาดยาง 28 กม.
ในแหล่งที่อยู่อาศัยที่มีความหนาแน่นสูงและปานกลาง ณ อุทยานแห่งชาติ Ikh Bogd Uul และถนนเป็นระยะทาง 16 กม.
ในแหล่งที่อยู่อาศัยที่มีความหนาแน่นสูงและปานกลาง ณ อุทยานแห่งชาติ Khar-Us Nuur

โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) จะตัดกับเส้นทางการแพร่กระจายของสัตว์ป่าที่คาดการณ์ไว้ 59 ตำแหน่ง (ตารางที่ 9)
ซึ่งหลายแห่ง ตั้งอยู่ในเส้นทางการแพร่กระจายของสัตว์ป่าประเภทความคุ้มครองสูงสุด
ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีแนวโน้มที่จะการกระจายตัวของสัตว์ป่ามากที่สุด หากเสือคาหมะเห็นถนนลาดยาง
และทางรถไฟสายใหม่ตามทางเดินเหล่านี้ พบว่าเป็นอุปสรรคในการย้ายถิ่นที่อยู่
พวกมันอาจแยกถิ่นที่อยู่อาศัยที่มีขนาดเล็กกว่าจากการขยายพันธุ์ของเสือคาหมะที่มีขนาดใหญ่กว่า
คุณลักษณะของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้
ซึ่งมีศักยภาพสูงสุดทำให้เกิดความเสื่อมโทรมของแหล่งที่อยู่อาศัย
ไม่จำเป็นต้องเหมือนกับคุณลักษณะที่ทำให้เกิดการสูญเสียการเชื่อมโยง ตัวอย่างเช่น ทางรถไฟในเมือง Altai city-
Gurvantes-Dalanzadgad ทางตอนใต้ของมองโกเลียใต้ จะตัดผ่านแหล่งที่อยู่อาศัยเพียงเล็กน้อย
แต่จะตัดขวางเส้นทางการแพร่กระจายของสัตว์ป่าถึง 11 แห่ง

ตารางที่ 9 แสดงขอบเขตของการทับซ้อนกันระหว่างโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้นที่ได้วางแผนไว้ (ถนนลาดยางและทางรถไฟ)
กับพื้นที่อาศัยของเสือคาหมะ และเส้นทางการแพร่กระจายที่เป็นไปได้

ตารางที่ 9 แสดงขอบเขตของการทับซ้อนกันระหว่างโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้นที่ได้วางแผนไว้ (ถนนลาดยางและทางรถไฟ) กับพื้นที่อาศัยของเสือคาหมะและเส้นทางการแพร่กระจายที่เป็นไปได้ของเสือคา					
		ความยาวจุดที่ตัด (กม.) กับพื้นที่ครอบครอง			
ประเภทของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น	จุดตัดกับเส้นทางการแพร่กระจายของสัตว์ป่า	ถิ่นที่อยู่อาศัยที่มีความแออัดต่ำ	ถิ่นที่อยู่อาศัยที่มีความแออัดปานกลาง	ถิ่นที่อยู่อาศัยที่มีความแออัดสูง	ถิ่นที่อยู่อาศัยทั้งหมด
ถนนลาดยาง	25	284.3	488.4	204.5	977.2
ทางรถไฟ	34	208.0	561.5	164.0	933.5



- | | | |
|---------------------------------------|----------------------------------|-----------------------|
| — Planned paved roads | ★ Railway-corridor intersections | Occupied areas |
| — Existing paved roads | ★ Road-corridor intersections | Low-density |
| — Planned/under construction railways | — Dispersal corridors | Medium-density |
| — Existing railways | | High-density |

ภาพที่ 11 แสดงพื้นที่ที่อาจเกิดปัญหาห้วงเสียดวหิมะกับถนนลาดยางและทางรถไฟ แผนที่ด้านบน
การทับซ้อนกันระหว่างโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้ กับพื้นที่ที่เสียดวหิมะอาศัยอยู่ ส่วนของศูนย์กลางโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น
(LI) ที่ได้วางแผนไว้ ที่มีความซ้อนทับพื้นที่ที่อยู่อาศัยจะแสดงด้วยเส้นหนา แผนที่ด้านล่าง แสดงจุดตัดระหว่างโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)

ที่ได้วางแผนไว้ และทางที่เสือดาวหิมะอาจจะจยตัวในที่ต่าง ๆ
เส้นนาฬิกาชี้แสดงถึงเส้นทางการแพร่กระจายที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นสำหรับเสือดาวหิมะ

การอภิปราย

การวิเคราะห์ของเรา ชี้ให้เห็นว่า โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้
มีแนวโน้มที่จะส่งผลกระทบต่อเสือดาวหิมะในทางลบของพื้นที่ส่วนใหญ่ในมองโกเลีย
ถนนลาดยางและทางรถไฟสายใหม่ หากสร้างแล้วเสร็จตามกำหนด
จะตัดผ่านพื้นที่ที่ห่างไกลหลายแห่งซึ่งปัจจุบันรองรับเสือดาวหิมะที่มีความหนาแน่นค่อนข้างสูง
และอีกหลายพื้นที่ที่มีความหนาแน่นปานกลางหรือต่ำ ผลกระทบของการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)
ต่อเสือดาวหิมะ และถิ่นที่อยู่ของพวกมัน จะขึ้นอยู่กับขอบเขตการปรับปรุงและขยายโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)
ซึ่งส่งผลให้เกิดแรงกดดันของมนุษย์ที่เพิ่มขึ้น เช่น การพัฒนาเมืองใหม่ พื้นที่เกษตรกรรม การรบกวน
และการสูญเสียของจำนวนเหยื่อ เป็นการยากที่จะคาดการณ์ว่า แรงกดดันเหล่านี้จะรุนแรงเพียงใด
แต่การปรับปรุงถนนในมองโกเลียที่ผ่านมา ส่งผลให้มีมนุษย์อพยพโยกย้ายและการตั้งถิ่นฐานตามถนนลาดยาง(Diener &
Batjav, 2019) และดูเหมือนว่าจะเป็นเหตุผลที่แนวโน้มนี้จะดำเนินต่อไป
โอกาสในการออกกฎหมายป้องกัน โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) เพื่อเสือดาวหิมะและสัตว์ป่าอื่น ๆ
อาจดีที่สุดสำหรับส่วนของถนนลาดยางและทางรถไฟที่ได้วางแผนไว้ ที่ผ่านอุทยานแห่งชาติและพื้นที่คุ้มครองอื่น ๆ
ที่มีการจัดขึ้นโดยเฉพาะเพื่ออนุรักษ์ประชากรสัตว์ป่า

ผลกระทบของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)

ที่ได้วางแผนไว้คือความเชื่อมโยงของการเพิ่มจำนวนประชากรเสือดาวหิมะของมองโกเลีย อาจมีนัยสำคัญเช่นกัน
โดยการวิเคราะห์ของเราพบว่า เส้นทางการแพร่กระจายของสัตว์ที่ได้คาดการณ์ไว้หลายแห่งท่ามกลางพื้นที่ที่อยู่อาศัย
สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน โดยวัดจากถนนลาดยางใหม่ หรือทางรถไฟสายใหม่
โอกาสในการสูญเสียการเชื่อมโยงจะสูง หากลักษณะของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) เหล่านี้
เป็นอุปสรรคต่อการย้ายถิ่นของเสือดาวหิมะ แต่สิ่งนี้อาจขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะของถนน และทางรถไฟ
และปฏิภานที่เสือดาวหิมะตอบสนองต่อเส้นทางเหล่านี้ ตัวอย่างเช่น ความกว้างของถนน
และปริมาณการจราจรจะเป็นตัวกำหนดพฤติกรรมการข้ามถนนที่สำคัญสำหรับสัตว์ป่าหลายชนิด (Jacobson et al., 2016)
แต่ปัจจัยเหล่านี้จะมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการข้ามถนนของเสือดาวหิมะอย่างไรนั้น ยังไม่เป็นที่เข้าใจกันดีนัก
ในทำนองเดียวกัน การสร้างรั้วกั้นตามถนน
และทางรถไฟเป็นสิ่งกีดขวางสำคัญในการเดินทางของสัตว์หลายชนิด(McInturff et al., 2020) มาตรฐานปัจจุบัน
จำเป็นต้องมีรั้วลวดหนามตามทางรถไฟในมองโกเลีย ซึ่งรั้วเหล่านี้จะลดความคล่องตัวและเพิ่มอัตราการเสียชีวิต
(ผ่านสิ่งกีดขวาง) ของสัตว์ป่าเร่ร่อน เช่น ลาป่ามองโกเลีย ละมั่งหางดำ และละมั่งมองโกเลีย(Batsaikhan et al., 2014)
ผลกระทบเชิงลบต่าง ๆ ต่อประชากรสัตว์เหล่านี้ อาจส่งผลต่อเสือดาวหิมะของมองโกเลีย
โดยเป็นการลดจำนวนเหยื่อของพวกมัน อย่างไรก็ตาม
ยังไม่เป็นที่ชัดเจนว่ารั้วกั้นทางรถไฟเป็นอุปสรรคในการย้ายถิ่นฐาน หรือเสี่ยงต่อการเสียชีวิตของเสือดาวหิมะเองหรือไม่

การประเมินอย่างรวดเร็วจะใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีอยู่เพื่อเน้นสถานที่ที่มีแนวโน้มว่าจะมีผลกระทบต่อเสือดาวหิมะมากที่สุด
แต่จำเป็นต้องมีการศึกษาติดตามรายละเอียดเพิ่มเติมในสถานที่เหล่านี้
เพื่อให้เข้าใจถึงความเสี่ยงต่อเสือดาวหิมะได้อย่างเต็มที่
ข้อมูลที่มีความละเอียดมากกว่าเกี่ยวกับการปรากฏตัวและความหนาแน่นของประชากรเสือดาวหิมะ
ความกดดันจากมนุษย์ และลักษณะของถนนและทางรถไฟ จะช่วยให้ทำการประเมินที่ครอบคลุม
และเข้าถึงท้องถิ่นมากขึ้น

ซึ่งจะมีความสำคัญต่อการออกแบบกลยุทธ์ที่มีประสิทธิภาพเพื่อลดผลกระทบจากการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ส่งผลกระทบต่อความหิมะให้มากที่สุด

ประเทศมองโกเลียยังไม่ได้รวมมาตรการบรรเทาผลกระทบไปในโครงการบางรายการ เช่น มาตรการการข้ามสัตว์ป่าในโครงการถนนหรือทางรถไฟในโครงการวิสัยทัศน์การพัฒนาอย่างยั่งยืน 2030 ที่กำลังก่อตั้งขึ้น การประเมินอย่างละเอียด และคำแนะนำในการบรรเทาผลกระทบสำหรับถนนสายใหม่จากเหมือง Oyu-Tolgoi ไปยังชายแดนจีน ได้เตรียมที่จะบรรเทาผลกระทบต่อ ลาปามองโกเลีย แกะอัม โมน ละมั่งหางดำ และละมั่งมองโกเลีย อย่างไรก็ตาม เท่าที่ทราบมานั้น มาตรการเหล่านี้ยังไม่ได้มีการดำเนินการใด ๆ (Huijser et al., 2013) กรณีเสือดาวหิมะได้แสดงให้เห็นถึงความท้าทายที่ไม่เหมือนใคร ในประเด็นการลดผลกระทบของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) เนื่องจากมีภูมิประเทศที่ขรุขระ และสภาพภูมิอากาศในพื้นที่ที่พวกมันอาศัยอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เป็นภูเขา โครงการโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) จำนวนมาก ได้สร้างอุโมงค์และสะพานข้ามแม่น้ำขนาดใหญ่สำหรับสำหรับทางรถไฟขนส่งสินค้า ในระดับที่จำเป็นจำนวน 2% หรือน้อยกว่า รูปแบบเหล่านี้เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการบรรเทาผลกระทบจากโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่มีต่อสัตว์ป่า เนื่องจากไม่ได้มีการย้ายแหล่งที่อยู่อาศัย (Clevenger & Huijser, 2011) สิ่งสำคัญคือต้องแน่ใจว่าคุณลักษณะเหล่านี้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง เพื่อรักษาจำนวนประชากรเสือดาวหิมะ และลดผลกระทบที่ส่งผลให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด

อุปการ

Chimeddorj Buyanaa และ Gantulga Bayandonoi (กองทุนโลกเพื่อธรรมชาติแห่งมองโกเลีย - WWF) ให้ข้อมูลเชิงพื้นที่เกี่ยวกับความหนาแน่นของประชากรเสือดาวหิมะและการย้ายถิ่นฐานที่กระจายตัว และมีส่วนช่วยในการจัดทำรายงานฉบับนี้ขึ้น Buuveibaatar Bayarbaatar และ Narangua Batdorj (สมาคมอนุรักษ์สัตว์ป่าแห่งมองโกเลีย - WCS) ให้ข้อมูลเชิงพื้นที่เกี่ยวกับถนนและทางรถไฟที่ได้วางแผนไว้ Tyler Creech (ศูนย์อนุรักษ์ภูมิทัศน์ขนาดใหญ่ - CCLC) ดำเนินการวิเคราะห์เชิงพื้นที่และร่างรายงาน Rob Ament (ศูนย์อนุรักษ์ภูมิทัศน์ขนาดใหญ่ - CCLC/สถาบันการคมนาคมตะวันตก - WTI) และ Tony Clevenger (สถาบันการคมนาคมตะวันตก - WTI) มีส่วนร่วมช่วยในรายงานเช่นกัน

บทวิเคราะห์ที่ 2 แสดงผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการพัฒนาดน และทางรถไฟค่อเสื่อในภูมิประเทศของนุรักษ์เทไร (TAL) ของเนปาล

ภูมิทัศน์ของเขตอนุรักษ์เทไร (TAL) มีพื้นที่ประมาณ 50,000 กม.² ของป่า ทุ่งหญ้า และพื้นที่ชุ่มน้ำตามแนวชายแดนอินเดีย-เนปาล ซึ่งเป็นลำดับความสำคัญในการอนุรักษ์ระดับโลก เนื่องจากมีความหลากหลายทางชีวภาพสูง มีเสน่ห์ดึงดูด และมีสัตว์ขนาดใหญ่ที่ใกล้สูญพันธุ์ เช่น ช้าง แรด และเสื่อ แหล่งที่อยู่อาศัยตามธรรมชาติของเขตอนุรักษ์เทไร (TAL) ได้ถูกประชากรเสื่อที่หนาแน่น และเหยื่อที่เป็นอาหารของมันมาเป็นระยะเวลาชานานอย่างต่อเนื่อง แต่ภูมิทัศน์ส่วนใหญ่ได้เปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่ใช้สอยของมนุษย์ และปัจจุบันประชากรเสื่ออาศัยอยู่ในกลุ่มย่อยแบบแยกตัว ภายในพื้นที่คุ้มครอง (PAs)(Thapa et al., 2017) เสื่อและสายพันธุ์อื่น ๆ ไม่สามารถอนุรักษ์ได้โดยพื้นที่คุ้มครองเพียงอย่างเดียว การกระจายตัวและการย้ายถิ่นตามฤดูกาลของจำนวนประชากรย่อย มีความจำเป็นต่อการรักษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของเสื่อ และสุขภาพของประชากร(Thatte et al., 2018) ในการรับรู้ถึงความต้องการนี้ เนปาลและอินเดียได้ใช้แนวทางการอนุรักษ์ ในระดับภูมิทัศน์สำหรับภูมิทัศน์ของเขตอนุรักษ์เทไร (TAL) ในปี 2004 เพื่อรักษาความเชื่อมโยงของถิ่นที่อยู่ระหว่างพื้นที่คุ้มครองทั้งสองประเทศ อย่างไรก็ตาม การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) อย่างรวดเร็วในภูมิภาค โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเนปาล กำลังคุกคามต่อการทำลายประชากรเสื่อ เนื่องจากการเสื่อมโทรมของแหล่งที่อยู่อาศัย การกระจายตัวของภูมิประเทศ และอัตราการเสียชีวิตที่เพิ่มขึ้นจากการชนจากยานพาหนะ(Carter et al., 2020)

โครงการโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ทั้ง 3 โครงการหลัก ที่ครอบคลุมพื้นที่เนปาลของเขตอนุรักษ์เทไร (TAL) ในทิศทางตะวันออก-ตะวันตก อาจสร้างความเสียหายให้กับเสื่อได้โดยเฉพาะ ทางรถไฟสายตะวันออก-ตะวันตก เป็นเส้นทางรถไฟสายใหม่ที่วางแผนไว้ ซึ่งมีระยะทาง 945 กม. โดยเป็นเพียงส่วนเล็ก ๆ ในด้านตะวันออกของเขตอนุรักษ์เทไร (TAL) ที่สร้างเสร็จแล้ว ทางหลวงเมเนตรา มีระยะทาง 1,028 กม. ซึ่งเป็นทางหลวงที่ยาวที่สุดของเนปาลในปัจจุบัน และกำลังอยู่ระหว่างการปรับปรุงจากทางหลวง 2 เลนที่ไม่มีการแยกแยะ เป็นทางหลวง 4 ช่องจราจรที่มีเกาะกลางแยกในหลาย ๆ พื้นที่ ส่วนระยะทางประมาณ 200 กม. ของเส้นทางนี้ ซึ่งแบ่งอุทยานแห่งชาติ Parsa และพรมแดนติดกับอุทยานแห่งชาติ Chitwan ส่วนหนึ่งกำลังอยู่ในระหว่างการก่อสร้าง ซึ่งจะแยกส่วนที่อยู่อาศัยของเสื่อที่สำคัญที่สุดแห่งหนึ่งในเขตอนุรักษ์เทไร (TAL) ของประเทศเนปาล(DNPWC, 2016) อุทยาน Chitwan-Parsa มีเสื่อจำนวน 111 ตัว จากการสำรวจครั้งล่าสุด(DNPWC & DoFSC, 2018) ทางหลวงไปรษณีย์มีระยะทาง 1,792 กม. เป็นถนนลาดยาง 2 เลนที่สร้างขึ้นตามเส้นทางลูกรังในช่วงทศวรรษที่ 1930 และก่อสร้างแล้วเสร็จตามความยาวประมาณ 60% ของระยะทางทั้งหมด ในที่นี้ เราดำเนินการวิเคราะห์เชิงพื้นที่โดยประมาณ เกี่ยวกับผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการก่อสร้าง และการอัปเกรดคุณลักษณะ โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) เหล่านี้ต่อประชากรเสื่อในเขตอนุรักษ์เทไร (TAL)

วิธีการ

เราวางแผนโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ด้วยพื้นที่ของลำดับความสำคัญ 4 ประเภท สำหรับการอนุรักษ์เสื่อในเขตอนุรักษ์เทไร (TAL) พื้นที่คุ้มครอง เขตพื้นที่กันชนโดยรอบของพื้นที่คุ้มครอง เส้นทางการแพร่กระจายของสัตว์ในป่าท่ามกลางพื้นที่คุ้มครอง และพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของเสื่อสูง เราได้รับข้อมูลเชิงพื้นที่เกี่ยวกับพื้นที่คุ้มครองและเขตพื้นที่กันชนจากฐานข้อมูลโลกบนพื้นที่คุ้มครอง(UNEP-WCMC & IUCN, 2021) ซึ่งรวมถึง พื้นที่คุ้มครอง 5 แห่ง (อุทยานแห่งชาติ Banke, Bardia, Chitwan, Parsa และ Shuklaphanta) และเขตพื้นที่กันชนที่จัดตั้งขึ้น โดยรอบในพื้นที่คุ้มครองแต่ละแห่ง

เราได้รับข้อมูลเชิงพื้นที่จากกองทุนโลกเพื่อธรรมชาติแห่งเนปาล เรื่องเส้นทางการแพร่กระจายสัตว์ป่าจำนวน 9 แห่งในประเทศเนปาล ที่เชื่อมโยงประชากรย่อยของเสือในเขตอนุรักษ์เทไร (TAL) รวมถึงทางเดินที่เชื่อมโยงจำนวนประชากรย่อยในเนปาลกับประชากรผู้ที่ข้ามพรมแดนในอินเดีย เราได้รับข้อมูลเชิงพื้นที่จากกรมอุทยานแห่งชาติ และการอนุรักษ์สัตว์ป่า (DNPWC) เกี่ยวกับความหนาแน่นของประชากรเสือ จากการสำรวจเสือทั่วประเทศในปี 2018 โดยใช้กล้องดักจับ เพื่อประเมินความหนาแน่นประชากรเสือภายในพื้นที่ขนาด 2x2 กม.กริดเซลล์ ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ป่าที่มีเสือทั้งหมด และป่าที่อยู่ติดกันในประเทศเนปาล(DNPWC & DoFSC, 2018) เราแปลงค่าประมาณความหนาแน่นของประชากรเสืออย่างต่อเนื่อง ให้เป็นแผนที่จัดหมวดหมู่พื้นที่ที่มีความหนาแน่นของประชากรเสือสูง ซึ่งเรากำหนดให้กริดเซลล์ทั้งหมดมีความหนาแน่นในค่าคอร์โวล์สูงสุดจากเซลล์ที่ได้สำรวจทั้งหมดด้วยความหนาแน่นที่มีใช้ศูนย์

เรามุ่งเน้นไปที่คุณลักษณะ โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) 3 รูปแบบ ที่อธิบายไว้ข้างต้นว่า เป็นภัยคุกคามที่สำคัญต่อจำนวนประชากรเสือ ได้แก่ ทางรถไฟสายตะวันออก-ตะวันตก ทางหลวงเมนดรา และทางหลวงไปรมนิย์ เราได้รับข้อมูลเชิงพื้นที่สำหรับเส้นทางของคุณลักษณะโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) เหล่านี้จากองค์กร WWF-Nepal เส้นทางต่าง ๆ จะมีพื้นฐานมาจากข้อมูลที่ดีที่สุดที่มี ในขณะที่รายงาน แต่การจัดแนวเส้นทางยังอยู่ในขั้นตอนการสรุปในบางส่วนของโครงการก่อสร้างใหม่ (เช่น ส่วนของเส้นทางรถไฟตะวันออก - ตะวันตก ที่เปลี่ยนเส้นทางไปทางเหนือของอุทยานแห่งชาติ Chitwan) ดังนั้น จึงมีการพิจารณาการวางแผนเส้นทางใหม่ให้เหมาะสม บางส่วนของเส้นทางโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ได้รับการสร้างหรือปรับปรุงแล้ว แต่เราขาดข้อมูลที่เชื่อถือได้ในการระบุส่วนเหล่านี้ ดังนั้น เราจึงเลือกที่จะรวมความยาวระยะทางของเส้นทางทั้งหมด ในการวิเคราะห์ของเราเพื่อให้แน่ใจว่า มีการพิจารณาภัยคุกคามที่เป็นไปได้อย่างทั่วถึง เราคำนวณความยาวของพื้นที่โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) แต่ละแห่งที่ตัดกัน พื้นที่ลำดับความสำคัญในการอนุรักษ์เสือแต่ละประเภท (พื้นที่คุ้มครอง, เขตพื้นที่กันชน, เส้นทางการแพร่กระจาย หรือพื้นที่ความหนาแน่นของเสือสูง) เป็นการคาดการณ์ภัยคุกคามที่เกิดจากรูปแบบนี้ เราได้เชื่อมโยงพื้นที่บริเวณจุดตัดเหล่านี้ เพื่อเน้นให้เห็นสถานที่ที่คาดว่าจะส่งผลกระทบต่อเสือรุนแรงที่สุด หากการก่อสร้างใหม่ และการปรับปรุงเป็น โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ดำเนินการตามแผนที่วางไว้และไม่มีการบรรเทาผลกระทบที่เพียงพอ

ผลลัพธ์

เส้นทางโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้มากกว่า 800 กม. ตัดผ่านพื้นที่สำคัญเพื่อการอนุรักษ์เสือและอาจส่งผลกระทบต่อประชากรเสือ หากมีการก่อสร้างใหม่ หรือการปรับปรุงเกิดขึ้นในสถานที่เหล่านี้ (ตารางที่ 10, ภาพที่ 12) ทางหลวงเมนดรา เป็นลักษณะพิเศษของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่มีจุดตัดยาวที่สุด โดยมีพื้นที่ที่สำคัญสำหรับการอนุรักษ์เสือ (319 กม.) แม้ว่าส่วนใหญ่ของทางหลวงไปรมนิย์ (270 กม.) และทางรถไฟสายตะวันออก-ตะวันตก (215 กม.) ก็ตัดผ่านพื้นที่สำคัญด้วยเช่นกัน

โดยทั่วไปแล้ว คุณลักษณะของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) จะกำหนดเส้นทางเพื่อหลีกเลี่ยงพื้นที่คุ้มครอง แต่มีหลายพื้นที่ ที่ยังคงตัดกับพื้นที่คุ้มครอง ทางหลวงเพื่อการขนส่ง ตัดผ่านอุทยานแห่งชาติ Chitwan ตะวันตก ทางหลวงเมนดราตัดผ่านอุทยานแห่งชาติ Bardia ทางด้านตะวันตกและอุทยานแห่งชาติ Parsa

และทางหลวงไप्रณิย์ทางหลวงมเฮนตรา และทางรถไฟสายตะวันออก-ตะวันตก ส่วนตัดผ่านอุทยานแห่งชาติ Shuklaphanta ทั้งสิ้น

พื้นที่ที่อาจได้รับผลกระทบส่วนใหญ่จากการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้ เกิดขึ้นนอกพื้นที่คุ้มครอง และพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของเสือสูง ภายในเขตพื้นที่กันชน และเส้นทางแพร่กระจายของสัตว์ป่า โดยทั่วไปรูปแบบโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น(LI) จะหลีกเลี่ยงพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของเสือสูงสุด แต่มีข้อยกเว้นที่น่าสังเกตอยู่สองประการ ได้แก่ ทางหลวงมาเฮนตราตัดผ่านพื้นที่ที่มีความหนาแน่นสูงในอุทยานแห่งชาติ Bardia ทางตะวันตกเฉียงเหนือ และทางหลวงเพื่อการขนส่งตัดกับพื้นที่ที่มีความหนาแน่นสูงหลายแห่งในอุทยานแห่งชาติ Chitwan ตอนใต้

เขตพื้นที่กันชนที่ถูกรอบ ๆ พื้นที่คุ้มครองจะตัดผ่าน ด้วยรูปแบบของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) อย่างน้อยหนึ่งแบบ และในหลายกรณีก็มีหลายแบบด้วยเช่นกัน เขตพื้นที่กันชนรอบอุทยานแห่งชาติ Shuklaphanta ตัดกับทางหลวงมเฮนตรา ทางรถไฟสายตะวันออก-ตะวันตก และทางหลวงไप्रณิย์ เขตพื้นที่กันชนของอุทยาน Banke-Bardia มีทางหลวงมเฮนตราตัดผ่าน และในระดับที่น้อยกว่าโดยทางรถไฟสายตะวันออก - ตะวันตก และทางหลวงไप्रณิย์ ตามแนวขอบด้านนอก เขตพื้นที่กันชนของอุทยาน Chitwan-Parsa ถูกตัดผ่านโดยทางหลวงไप्रณิย์ และในขอบเขตที่น้อยกว่าโดยทางรถไฟสายตะวันออก-ตะวันตก และทางหลวงมเฮนตราตามขอบด้านนอก

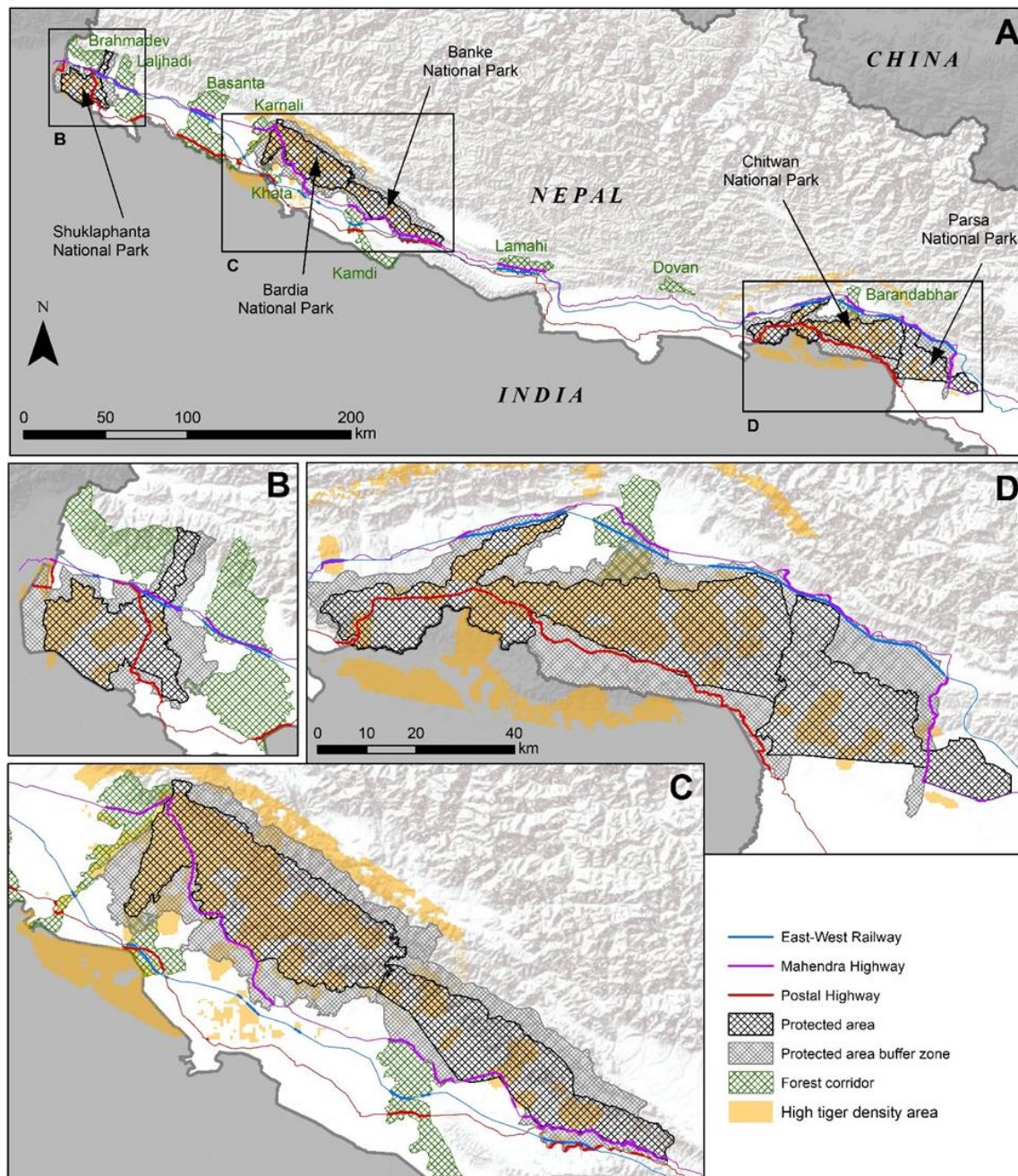
ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นอย่างร้ายแรงที่สุดจากโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้ คือ เส้นทางการแพร่กระจายของสัตว์ป่าทั้ง 9 แห่งที่เชื่อมโยงกับพื้นที่คุ้มครองของประเทศเนปาลและอินเดีย เส้นทางการแพร่กระจายของสัตว์ป่าในพื้นที่ Karnali, Basanta และ Laljhadhi นั้นได้ถูกโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ตัดผ่านทั้ง 3 จุด เส้นทางการแพร่กระจายของสัตว์ป่าในพื้นที่ Khata, Lamahi, Barandabhar และ Kamdi นั้นถูกโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ตัดผ่าน ทั้ง 2 แบบ โดยเส้นทางใน Kamdi มีรูปแบบโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่สามวิ่งไปตามชายแดน เฉพาะเส้นทางใน Brahmadev และ Dovan เท่านั้น ที่ไม่มีการตัดผ่านด้วยโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ใด ๆ

ตารางที่ 10 แสดงความยาว (กม.)

ของถนนและทางรถไฟที่ได้วางแผนไว้/อยู่ระหว่างการก่อสร้างที่ตัดกับพื้นที่ที่สำคัญต่อการอนุรักษ์เสือในเขตอนุรักษ์เทไร (TAL)

ตารางที่ 10 แสดงความยาว (กม.) ของถนนและทางรถไฟที่ได้วางแผนไว้/อยู่ระหว่างการก่อสร้างที่ตัดกับพื้นที่ที่สำคัญต่อการอนุรักษ์เสือในเขตอนุรักษ์เทไร (TAL)		พื้นที่สำคัญสำหรับการอนุรักษ์เสือ				
คุณสมบัติโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น	ทางรถไฟสายตะวันออก-ตะวันตก	พื้นที่คุ้มครอง	เขตพื้นที่กันชน	เส้นทางการแพร่กระจายของสัตว์ป่า	พื้นที่ความแออัดของเสือสูง	พื้นที่สำคัญทั้งหมด ¹
		4.5	106.3	83.0	21.6	215.4
	ทางหลวงมเฮนตรา	58.2	119.6	93.0	48.3	319.1
	ทางหลวงไप्रณิย์	67.3	100.1	64.5	37.7	269.5
	รูปแบบทั้งหมด	130.0	326.0	240.5	107.6	804.1

¹ ความยาวระยะทางในพื้นที่ที่มีลำดับความสำคัญทั้งหมดรวมกัน จะน้อยกว่าผลรวมของความยาวสำหรับพื้นที่ที่มีความสำคัญส่วนบุคคล เนื่องจากมีพื้นที่ที่ทับซ้อนกันบางพื้นที่ (เช่น พื้นที่คุ้มครอง และพื้นที่ที่มีจำนวนเสือหนาแน่น)



ภาพที่ 12 แสดงทางแยกระหว่างเส้นทางโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้ และพื้นที่การจัดลำดับความสำคัญเพื่อการอนุรักษ์เสือ ส่วนของเส้นทางโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ตัดกับพื้นที่ที่มีนัยสำคัญด้านการอนุรักษ์ จะแสดงด้วยเส้นที่หนาขึ้น (A) พื้นที่ศึกษาเต็มรูปแบบ รวมทั้งพื้นที่คุ้มครองทั้งหมด เขตพื้นที่กั้นชน เส้นทางเดินในป่า และพื้นที่ที่มีเสือหนาแน่น (B) บริเวณรอบอุทยานแห่งชาติ Shuklaphanta (C) บริเวณรอบอุทยาน Banke-Bardia และ (D) บริเวณรอบพื้นที่อุทยาน Chitwan-Parsa

การอภิปราย

การวิเคราะห์ของเรา ชี้ให้เห็นว่าการก่อสร้างหรือการปรับปรุงถนนและทางรถไฟ อาจเป็นภัยคุกคามต่อประชากรย่อยของเสือในเนปาล และการขยายจำนวนประชากรข้ามพรมแดนในเขตอนุรักษ์เทไร (TAL) ผลกระทบภายในพื้นที่คุ้มครอง อาจมีค่อนข้างน้อย แต่การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ในเขตพื้นที่กันชนและเส้นทางการแพร่กระจายในป่าที่เป็นป่าคั่วจะมีจำนวนมาก พื้นที่ที่ได้รับการคุ้มครองน้อยเหล่านี้ เป็นเสมือนตัวเชื่อมโยงที่อยู่อาศัยที่สำคัญในหมู่ประชากรย่อย และการเชื่อมโยงประชากรระดับใหญ่อาจลดลง หากพวกมันถูกตัดขาดโดยการสร้างเส้นทางโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ใหม่ หรือการปรับปรุงเส้นทางโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่มีอยู่ ซึ่งนำไปสู่ปริมาณการจราจรที่เพิ่มขึ้น และอุปสรรคที่แข็งแกร่งสำหรับเสือ การสูญเสียความเชื่อมโยงในส่วนอื่นของเสือ มีส่วนทำให้ความหลากหลายทางพันธุกรรมลดลง และความเสี่ยงในการสูญพันธุ์สูงขึ้น และการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ลดลงอย่างไม่เพียงพอในเขตอนุรักษ์เทไร (TAL) ซึ่งอาจนำไปสู่ผลลัพธ์ที่คล้ายคลึงกัน โดยเป็นการย้อนกลับความสำเร็จในการอนุรักษ์เสือที่ได้รับในช่วงหลายทศวรรษที่ผ่านมา(Carter et al., 2020; DNPWC, 2016)

ผลกระทบที่เพิ่มมากขึ้น ยังเป็นข้อกังวลหนึ่งในประเทศเนปาล โดยที่ประชากรมนุษย์กำลังขยายตัว และโครงการโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) เพื่อปรับปรุงเศรษฐกิจในท้องถิ่นก็เช่นกัน(ADB, 2018b; NEFEJ, 2020) เส้นทางการแพร่กระจายของสัตว์ในป่าหลายแห่งที่จะถูกตัดผ่าน โดยโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ใหม่หรือที่ปรับปรุงแล้ว มีการกระจายโดยการพัฒนาของมนุษย์แล้ว ความเจริญเติบโตของการตั้งถิ่นฐานภายในและโดยรอบเส้นทางเดินใน Basanta และ Laljhadi ระหว่างอุทยานแห่งชาติ Shuklaphanta และอุทยานแห่งชาติ Bardia ได้กัดเซาะการเชื่อมโยงของเสือ (Chanchani et al., 2014; Thapa et al., 2017)และเส้นทางหลวงเมเนตรา และเส้นทางรถไฟตะวันออก-ตะวันตกที่ได้วางแผนไว้ผ่านเส้นทางเดินเหล่านี้ อาจทำให้การย้ายถิ่นฐานของเสือเป็นไปอย่างไม่ราบรื่น เว้นแต่จะมีการคัดลอกผลกระทบอย่างดีแล้ว ประเทศเนปาลจะต้องพิจารณาผลกระทบสะสมของโครงการโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) หลายโครงการและการพัฒนามนุษย์ เมื่อต้องวางแผนมาตรการบรรเทาผลกระทบ โดยใช้แนวทางแบบบูรณาการ มากกว่าที่จะใช้แนวทางปฏิบัติต่อโครงการในลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่ง และแบบแบ่งแยก ตัวอย่างของความกดดันด้านการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานที่ทับซ้อนกันอยู่ในอุทยานแห่งชาติ Parsa ทางทิศตะวันออก ซึ่งมีการวางแผนไว้หรือสร้างทางหลวงเมเนตรา ทางรถไฟตะวันออก-ตะวันตก ท่อส่งน้ำมันอินเดีย-เนปาล สายไฟฟ้าแรงสูง และสนามบินใหม่ (Simara) โครงการเหล่านี้ จะตัดการเชื่อมต่อภูมิทัศน์ในระดับภูมิภาคอย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับจำนวนประชากรสัตว์ป่าที่สำคัญในเขตอนุรักษ์เทไร (TAL) ตะวันออก

เราพิจารณาเฉพาะจุดที่ตัดผ่านกัน โดยตรงระหว่างเส้นทางโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้ และพื้นที่คุ้มครองเสือ แต่ผลกระทบของถนนและทางรถไฟสามารถขยายได้ดีกว่าการเดินเท้าทางกายภาพของเสือ การปรับปรุงการเข้าถึง โดยเส้นทางโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ใหม่ และที่ได้รับการปรับปรุงอาจทำให้การตั้งถิ่นฐานของมนุษย์เพิ่มขึ้น รวมถึงการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ แรงกดดันจากการรุกราน และการพัฒนาถนนเพิ่มเติมตามเส้นทางเหล่านี้ มีการจำกัดการวิเคราะห์ไว้ที่การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ของเขตอนุรักษ์เทไร (TAL) ในเนปาล แต่การพัฒนาในฝั่งอินเดียถือเป็นภัยคุกคามที่สำคัญเช่นกัน(Biswas et al., 2020) ตัวอย่างเช่น ถนน Sashtra Sema Bal ที่อินเดียสร้างขึ้นตามแนวชายแดนอินโด-เนปาล เป็นระยะทาง 558 กม. และแบ่งเส้นทางแพร่กระจายของสัตว์หลายสายที่เชื่อมพื้นที่คุ้มครองทั้งสองด้านไว้

โครงการโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) หลักลำดับที่ 4 ในเนปาล หรือ Kathmandu-Terai Fast Track

ไม่รวมอยู่ในการวิเคราะห์ของเรา

เนื่องจากเส้นทางดังกล่าวไม่ตัดกับพื้นที่ที่มีความสำคัญในการอนุรักษ์สัตว์ที่เราพิจารณา

แต่มีศักยภาพที่จะส่งผลกระทบต่อจำนวนประชากรเสือและช้าง ทางหลวงความยาว 74 กม. นี้ จะวิ่งในแนวเหนือ-ใต้

ใกล้ชายแดนตะวันออกของอุทยานแห่งชาติ Parsa และอาจจำกัดการย้ายถิ่นระหว่างพื้นที่อุทยาน Chitwan-Parsa

และแหล่งที่อยู่อาศัยที่อยู่ไกลออกไปทางตะวันออกในเขตอนุรักษ์เทไร (TAL) การเปิดเส้นทางหรือการก่อสร้างขั้นต้น

เกิดขึ้นประมาณ 40% ของเส้นทาง Fast Track แต่ยังไม่มีผลการลาดยางในเส้นทางใดเลย

แผนยุทธศาสตร์และแผนปฏิบัติการของเนปาล ปี 2015-2025 ในเขตอนุรักษ์เทไร (TAL)

เรียกร้องให้หลีกเลี่ยงโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ใหม่ในพื้นที่คุ้มครอง และเส้นทางการแพร่กระจายของสัตว์ป่า

เพื่อรับรองการออกแบบและการทำงานของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมภายในพื้นที่คุ้มครอง

เขตพื้นที่กันชน และพื้นที่เส้นทางเดินการแพร่กระจายของสัตว์ป่า และสร้างความมั่นใจว่า

การวิเคราะห์ด้านสิ่งแวดล้อมมีคุณภาพสูง และระบุนาตรการบรรเทาผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น

มีการดำเนินการบางอย่างบ้างแล้ว ตัวอย่างเช่น ส่วนหนึ่งของเส้นทางรถไฟสายตะวันออก-ตะวันตกที่ได้อำนาจไว้

ถูกจัดเส้นทางใหม่ทางเหนือของโครงการอุทยาน Chitwan-Parsa

เพื่อเลี่ยงผ่านพื้นที่คุ้มครองและหลีกเลี่ยงผลกระทบต่อพื้นที่ที่มีความหนาแน่นสูงของประชากรเสือ อย่างไรก็ตาม

ทางรถไฟที่ได้รับการปรับปรุงใหม่นี้ ยังถือเป็นภัยคุกคามต่อเสืออีกด้วย เนื่องจากได้มีการแบ่งเส้นทางเดินในป่า

Barandabhar ออกเป็น 2 ส่วน ซึ่งมีความเชื่อมโยงที่สำคัญ ระหว่างที่อยู่อาศัยที่ราบลุ่มในเขต Chitwan-Parsa

กับที่อยู่อาศัยบนที่สูงบริเวณเชิงเขาของเทือกเขามหาลาคระไปทางทิศเหนือ (Aryal et al., 2012) ดังนั้น

ขณะที่การหลีกเลี่ยงพื้นที่คุ้มครองเป็นสิ่งที่น่ายกย่อง

การวางแผนบรรเทาผลกระทบที่เหมาะสมจะต้องได้รับความร่วมมือระหว่างโครงการถนน และทางรถไฟ

เพื่อลดผลกระทบสะสมและเพื่อให้แน่ใจว่าพื้นที่ทางเดินของเสือยังสามารถใช้งานได้

เมื่อไม่นานมานี้ ประเทศเนปาลได้เริ่มรวมสิ่งก่อสร้างทางข้ามพันธุ์สัตว์ป่าเข้าไปในโครงการทางหลวงเข้าด้วยกัน

และพัฒนาคู่มือแนวปฏิบัติที่ดีที่สุดสำหรับโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่เป็นมิตรกับสัตว์ป่า โดยรวมถึงการชลประทาน

และสายไฟฟ้า ตลอดจนโครงสร้างพื้นฐานด้านการขนส่ง (ในการเตรียมการของกระทรงป่าไม้และสิ่งแวดล้อม)

อุโมงค์ใต้ดินสำหรับสัตว์ป่าแห่งแรกของเนปาล สร้างขึ้นภายในจุดเชื่อมโยงที่อยู่อาศัยในพื้นที่ Barandabhar บนทางหลวง

Narayanghat-Muglin เพื่ออำนวยความสะดวกในการย้ายถิ่นฐานของเสือจากอุทยานแห่งชาติ Chitwan ไปทางเหนือ-ใต้

การศึกษาจากกล้องดักถ่ายภาพได้บันทึกสัตว์ 15 สายพันธุ์ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม

(ส่วนใหญ่เป็นหมูป่าและเสือควาทั่วไป) และนก 4 สายพันธุ์ที่ใช้ทางข้าม (Poudel et al., 2020; WWF, 2019)

มีการพบเสือและสัตว์อื่น ๆ (กวางป่า เก้ง) ใช้อุโมงค์ใต้ดิน นอกช่วงเวลาสุ่มตัวอย่างของการศึกษาเหล่านี้

แนวทางใหม่ของธนาคารเพื่อการพัฒนาแห่งเอเชีย (ADB) ได้กำหนดให้มีการปกป้องสิ่งแวดล้อม

รวมถึงให้มีสิ่งก่อสร้างทางข้ามของสัตว์ป่า ในโครงการประเภท ก ทั้งหมด ซึ่งรวมถึงทางหลวงมาเฮนดรา

และทางรถไฟสายตะวันออก-ตะวันตกด้วย รูปแบบโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ทั้งสองนี้

จะวิ่งขนานกันและอยู่ในบริเวณใกล้เคียงความแนวเขตชายแดนด้านเหนือของอุทยาน Chitwan-Parsa ในส่วนของ

Narayanghat-Butwal 115 กม. ของทางหลวงมาเฮนดรา กำลังได้รับการปรับปรุงจาก 2 เลนเป็น 4 เลน

และมีกลยุทธ์ในการบรรเทาผลกระทบ ซึ่งประกอบด้วยทางลอดด้านใต้สำหรับสัตว์ป่า 112 ทาง

และสะพานลอยสัตว์ป่ากว้าง 50 ม. จำนวน 2 ทาง (Karki, 2020) ต่อเนื่องไปทางตะวันออกของ Narayanghat และเชื่อมต่อ Hetauda

และ Pathlaiya (ในส่วน 108 กม.) การปรับปรุงที่ได้รับทุนสนับสนุนจากธนาคาร ADB

จะมีกลยุทธ์ในการข้ามของสัตว์ป่าที่คล้ายคลึงกันซึ่งดำเนินการในปี 2022(Clevenger et al., 2020) กลยุทธ์การป้องกันใหม่นี้ สะท้อนถึงความมุ่งมั่นร่วมกันของรัฐบาลเนปาล และธนาคารเพื่อการพัฒนาแห่งเอเชีย (ADB) ในการพัฒนาแนวทางที่ครอบคลุมมากขึ้น ในการรักษาความหลากหลายทางชีวภาพ สำหรับสิ่งก่อสร้างทางข้ามของสัตว์ป่า กำลังมีการวางแผนสำหรับทางรถไฟสายตะวันออก-ตะวันตก ซึ่งจะวิ่งตัดกับอุทยาน Chitwan-Parsa (Karma Yanzom, ADB มะนิลา, ฟิลิปปินส์, การสื่อสารส่วนบุคคล) และสำหรับทางหลวงเมธราในอุทยานแห่งชาติ Bardia และ Banke

พื้นที่คุ้มครองของเนปาลมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการอนุรักษ์เสือและสัตว์ป่าอื่น ๆ เนื่องจากพื้นที่เหล่านี้ได้จัดเป็นแหล่งกำเนิดประชากรสัตว์ ที่พวกมันสามารถกระจายตัวและขยายพื้นที่ขนาดใหญ่ภายในและภูมิทัศน์ข้ามพรมแดน(Carter et al., 2020) อย่างไรก็ตาม เนปาลกำลังรุดหน้าสู่การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ขนาดใหญ่ และการสร้างสมดุลที่ระหว่างรูปแบบการพัฒนาและความมุ่งมั่นในการอนุรักษ์ที่ถือเป็นความท้าทาย การตรวจสอบการข้ามของสัตว์ป่าในเนปาลอย่างเข้มงวด จะทำให้ได้ข้อมูลที่สำคัญเกี่ยวกับการสายพันธุ์สัตว์ และช่วยให้เราเข้าใจการออกแบบเฉพาะที่อำนวยความสะดวกในการเคลื่อนที่ของเสือ และสัตว์สายพันธุ์อื่น ๆ ที่ได้รับผลกระทบจากโครงการ โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) การทำความเข้าใจการเคลื่อนที่ของเสือ แหล่งที่มา และพื้นที่ที่บกพร่องในระดับท้องถิ่น และระดับภูมิภาคจะต้องวางแผนป้องกันอย่างเหมาะสมสำหรับการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) อย่างต่อเนื่องไปจนถึงในอนาคต จำเป็นต้องมีการประสานงานข้ามพรมแดนระหว่างอินเดียและเนปาล เพื่อให้แน่ใจในถิ่นที่อยู่ และความเชื่อมโยงทางพันธุกรรม และความยั่งยืนในระยะยาวของเสือในภูมิทัศน์ที่มีความสำคัญระดับโลกนี้

อุปสรรค

กองทุนโลกเพื่อธรรมชาติ-เนปาลได้ให้ข้อมูลเชิงพื้นที่ ซึ่งมีส่วนในการพัฒนารายงานฉบับนี้ Tyler Creech (ศูนย์อนุรักษ์ภูมิทัศน์ขนาดใหญ่ - CCLC) ดำเนินการวิเคราะห์เชิงพื้นที่และร่างรายงาน Rob Ament (CLLC/WTI), Tony Clevenger (WTI) และ Grace Stonecipher (CLLC) ล้วนมีส่วนในรายงานเช่นกัน

บทวิเคราะห์ 3 การบรรเทาผลกระทบที่มีต่อสัตว์ป่าระหว่างการขยายทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 37 ในรัฐอัสสัม ประเทศอินเดีย

ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 37 (NH-37) ได้เชื่อมต่อเมืองอัสสัม ภาคตะวันออกเฉียงเหนือกับส่วนอื่น ๆ ของประเทศอินเดีย โดยสามารถรองรับการสัญจรของยานพาหนะได้เฉลี่ย 5,500 คันต่อวัน(Menon et al., 2017) ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 37 (NH-37) ทอดยาวไปเป็นระยะทาง 60 กม. ตามชายแดนด้านใต้ของอุทยานแห่งชาติ Kaziranga ซึ่งเป็นหนึ่งในพื้นที่คุ้มครองที่มีความหลากหลายทางชีวภาพ และมีความสำคัญมากที่สุดของอินเดีย อุทยานแห่งชาติ Kaziranga เป็นที่อยู่อาศัยของเสือเบงกอล ช้างเอเชีย และแรดอินเดีย 2 ใน 3 รวมถึงสัตว์เลื้อยคลานขนาดเล็ก สัตว์เลื้อยคลาน สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ และนกนานาชนิด อุทยานแห่งชาติ Kaziranga ตั้งอยู่ทางทิศเหนือติดกับแม่น้ำพรหมบุตร ซึ่งจะมีน้ำท่วมอุทยานทุกฤดูมรสุม (มิถุนายน-กันยายน) ครั้นเมื่อฝนเริ่มตก สัตว์จำนวนมากจะถูกบังคับให้ข้ามทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 37 (NH-37) เพื่อเข้าถึงเนินเขาที่สูงขึ้นในเขต Karbi-Anglong ทางทิศใต้ได้ ซึ่งอาจเป็นการเสี่ยงต่อการถูกชนจากยานพาหนะ พื้นที่เส้นทางการแพร่กระจายสัตว์ป่าหลายแห่ง มีการเชื่อมต่อพื้นที่ทั้งสองนี้ รวมถึงทางเดินของช้าง 4 เส้นทาง(Menon et al., 2017) และอย่างน้อยหนึ่งในทางเดินที่สัตว์เลื้อยคลานบางชนิดใช้ เช่น เสือ เสือดำ และแมวทองเอเชีย(Lalthanpuia et al., 2014)

ทางเดินหลายแห่งเหล่านี้ตั้งอยู่ระหว่างไร่ชา หมู่บ้าน ทุ่งนา และสวนไม้สักที่ติดกับทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 37 (NH-37) จะเหลือเพียงป่าธรรมชาติแคบ ๆ ให้สัตว์ใช้เป็นพื้นที่เดินเท้า (Das et al., 2007) ในบางกรณี พื้นที่เพาะปลูกเป็นส่วนหนึ่งของพื้นที่เดินเท้าของสัตว์เช่นกัน (Menon et al., 2017) ข้อมูลซากสัตว์ที่ถูกรถทับเสียชีวิตบนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 37 (NH-37) ตามอุทยานแห่งชาติ Kaziranga ยังไม่ได้รับการรวบรวมอย่างเป็นระบบ จนกระทั่งเมื่อไม่นานมานี้ แต่รายงานโดยสังเขประบุว่า มีสัตว์มากกว่า 200 ตัว เสียชีวิตทุกปี และอาจมีจำนวนมากกว่านั้นอีกมาก

มาตรการบรรเทาผลกระทบบางประการ ได้ถูกนำมาใช้เพื่อป้องกันการเสียชีวิตของสัตว์ป่า รวมทั้งป้ายจราจร เครื่องหมายจราจรบนพื้นทาง และแถบชะลอความเร็ว เพื่อชะลอความเร็วของยานพาหนะใกล้กับทางเดินของช้าง

การสร้างแรงกดดันเพิ่มเติมต่อสัตว์ป่า คือ การขยายพื้นที่ตามแผนของส่วนอุทยานแห่งชาติ Kaziranga ของทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 37 (NH-37) จาก 2 เลนเป็น 4 เลน โดยทางหลวงแผ่นดินของอินเดีย (NHAI) ภายใต้โครงการพัฒนาถนนเร่งด่วนพิเศษในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในส่วนของทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 37 (NH-37) หรือที่เรียกว่า ทางหลวงเอเชียสาย 1 เป็นส่วนหนึ่งของโครงข่ายทางหลวงเอเชียระหว่างประเทศ ซึ่งเป็นความพยายามร่วมกันในการพัฒนาทางหลวงระยะทาง 140,000 กม. ทุกทั้งทวีป ในขณะที่การพัฒนาโครงข่ายนี้ จะช่วยอำนวยความสะดวกในการเคลื่อนย้ายสินค้าและผู้คน การพัฒนาเป็นทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 37 (NH-37) มีศักยภาพที่จะส่งผลเสียต่อสัตว์ป่า 3 ประการด้วยกัน ประการที่ 1 ถนนที่ใหญ่ขึ้น จะทำให้ปริมาณการจราจรและความเร็วเพิ่มขึ้น เนื่องจากผู้ขับขี่เดินทางจากรัฐอัสสัมตะวันออกเฉียงใต้ไปยังส่วนอื่น ๆ ของอินเดีย ซึ่งเป็นการเพิ่มโอกาสที่สัตว์ป่าและยานพาหนะจะชนกัน ประการที่ 2 ปริมาณการจราจรที่สูงขึ้น อาจเป็นการกีดขวางไม่ให้สัตว์บางชนิดข้ามถนน เสมือนดักพวกมันไว้ในแหล่งที่อยู่อาศัยที่ไม่เอื้ออำนวย หรืออาจไม่เหมาะกับการอยู่อาศัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูผสมพันธุ์ ประการสุดท้าย มาตรการแก้ปัญหาในปัจจุบันบางอย่างอาจจะต้องขอมลงาน อันเนื่องมาจากความกว้างของถนนที่เพิ่มขึ้น เช่น ทางข้ามระดับบริเวณทางเดินหลักของช้างมีประสิทธิภาพน้อยลง

เมื่อมีการขยายถนน ก็มีโอกาสมากขึ้นที่จะเพิ่มมาตรการบรรเทาผลกระทบเพิ่มเติม เพื่อลดผลกระทบที่มีต่อสัตว์ป่า อย่างไรก็ตาม เพื่อให้มาตรการเหล่านี้มีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องมีข้อมูลก่อนการก่อสร้าง

ทั้งจุดชนกันระหว่างยานพาหนะของสัตว์ป่าและยานพาหนะ และจุดข้ามของสัตว์ป่าในปัจจุบัน เพื่อทำความเข้าใจว่า มาตรการบรรเทาผลกระทบประเภทใดที่จะดำเนินการได้ และดำเนินการที่ใด

เป็นเรื่องดีที่มีการรวบรวมข้อมูลทั้งของการเสียชีวิตบนท้องถนนของสัตว์ป่า และการข้ามทางของสัตว์ป่าที่มีชีวิตตามแนวอุทยานแห่งชาติ Kaziranga ของทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 37 (NH-37) ตั้งแต่ปี 2018 - 2020 โดย Aaranyak จากองค์กรพัฒนาเอกชนด้านสัตว์ป่าในเมือง ตั้งอยู่ในเมืองกัวฮาตี รัฐอัสสัม

งานนี้ได้รับทุนจากองค์การบริหารปลาและสัตว์ป่าแห่งสหรัฐฯ และดำเนินการร่วมกับสถาบันการคมนาคมตะวันตก

ในที่นี้ เราได้ใช้ข้อมูลเหล่านี้ ในการทำการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ของจุดที่มีการเสียชีวิตของสัตว์บนถนน และการข้ามถนนของสัตว์ที่มีชีวิต

เพื่อทำความเข้าใจผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการขยายขอบเขตของทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 37 (NH-37) ต่อสัตว์ป่าใกล้อุทยานแห่งชาติ Kaziranga

วิธีการ

มีการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการการเสียชีวิตบนท้องถนนของสัตว์ป่าและการข้ามทางของสัตว์ป่าที่มีชีวิต โดยการขับรถไปทั่วอุทยานแห่งชาติ Kaziranga ของทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 37 (NH-37) ทุก ๆ 2 - 4 วันระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2018 ถึง เดือนมีนาคม 2020 แบบสำรวจประกอบไปด้วย ผู้ขับที่รถจักรยานยนต์ที่ขับไปตามทางของอุทยานแห่งชาติ Kaziranga ทั้งสองทิศทาง ซึ่งเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แอปพลิเคชันอุปกรณ์เคลื่อนที่ที่เรียกว่า ROaDS ([Roadkill Observation and Data Systems], Ament et al., 2021) ซึ่งช่วยให้ผู้สำรวจสามารถเก็บบันทึกสายพันธุ์ จำนวนสัตว์ สถานะ (เสียชีวิต มีชีวิตกำลังข้ามทาง มีชีวิตอยู่ใกล้ถนน) ความเชื่อมั่นสัมพัทธ์ในสายพันธุ์ที่ระบุ ภาพถ่ายที่มีการเชื่อมต่อทางภูมิศาสตร์ และข้อมูลอื่น ๆ ทั้งหมดที่แนบมากับตำแหน่ง วันที่ และเวลาของระบบที่ใช้ระบุตำแหน่งทั่วโลกที่แม่นยำ (GPS)

เราแยกข้อมูลที่บ้านที่กิน ROaDS สัตว์แต่ละตัวในการสังเกตการณ์ จากนั้นจึงจัดประเภท การสังเกตทั้งหมดออกเป็น 3 ประเภทหลัก (1) ช่วงมรสุม (มิถุนายน-กันยายน) กับ ฤดูแล้ง (ต.ค.-พ.ค.) (2) อนุกรมวิธานสัตว์ (สัตว์กินเนื้อ สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ สัตว์เลื้อยคลาน สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม นก สัตว์เท้ากบ สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมอื่น ๆ) และ (3) สถานะของสัตว์จากการสังเกต (เสียชีวิต มีชีวิตอาศัยใกล้ถนน มีชีวิตข้าม) จากนั้นเราได้ดำเนินการจัดชุดการวิเคราะห์พื้นที่สำคัญที่ปรับให้เหมาะสมที่สุด เพื่อบริการกลุ่มการสังเกตการณ์เชิงพื้นที่ที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ("พื้นที่สำคัญ") ยาว 60 กม. ของทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 37 (NH-37) สำหรับการสังเกตที่เป็นของแต่ละหมวดหมู่ย่อยที่กล่าวข้างต้น นอกจากนี้ เรายังมองหาจุดสำคัญเพื่อสังเกตการณ์หลากหลายประเภท (เช่น การข้ามทางของสัตว์กบเท้าที่มีชีวิต) ในที่สุด เราได้วางทางเดินของช้างซ้อนทับแผนที่ที่ได้กระทำโดยองค์กรอนุรักษ์สัตว์ป่าของอินเดีย (Menon et al., 2017) บนจุดข้ามถนนหรือใกล้จุดสำคัญต่าง ๆ บนท้องถนน เพื่อตรวจสอบดูว่า ตำแหน่งทางเดินของช้างนั้น สอดคล้องกับจุดสำคัญที่ ROaDS สังเกตพบหรือไม่

ผลลัพธ์

เจ้าหน้าที่ Aaranyak รวบรวมข้อมูลสัตว์ป่า ณ อุทยานแห่งชาติ Kaziranga ไปตามทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 37 (NH-37) โดยเฉลี่ย 10 วันต่อเดือน ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2018 ถึง เดือนมีนาคม 2020 รวมศึกษารวมเป็นเวลา 162 วัน โดยใน 41 วันเป็นช่วงมรสุมและอีก 121 วันอยู่ในช่วงฤดูแล้ง มีการสังเกตสัตว์ทั้งหมด 1,423 ตัว ในช่วงระยะเวลา 17 เดือน ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2018 ถึง เดือนมีนาคม 2020 ซึ่งคิดเป็น 75 สายพันธุ์ ในจำนวนนี้มีสัตว์เสียชีวิตจำนวน 582 ตัว และมีสัตว์ที่อยู่ใกล้ถนนจำนวน 685 ตัว และสัตว์ที่กำลังข้ามถนนอย่างว่องไว จำนวน 156 ตัว (ตารางที่ 11) พบสัตว์กบเท้า (จำนวน 708 ตัว) บ่อยที่สุด รวมทั้งช้างเอเชีย 157 ตัว และแรดเขาเดียว 79 ตัว สัตว์เลื้อยคลานและสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ เป็นสัตว์ที่พบได้บ่อยที่สุดรองลงมา (303 ตัว) และเป็นสัตว์ที่พบว่ามีความหลากหลายมากที่สุด จากการสังเกตพบสัตว์ในกลุ่มนี้ทั้งหมด 15 สายพันธุ์ ตลอดระยะเวลาการศึกษาไม่พบสัตว์กินเนื้อขนาดใหญ่ เช่น เสือเบงกอล ช่วงเดือนที่พบสัตว์สูงสุด (179 ตัว) อยู่ในเดือนตุลาคม 2019 โดยศึกษามากกว่า 13 วัน ค่าเฉลี่ยต่อวันมากที่สุด (17 ตัว) เกิดขึ้นในเดือนพฤศจิกายน 2018 โดยมีสังเกตสัตว์ 34 รายการในการสังเกตการณ์เพียง 2 วัน จำนวนสัตว์ที่เสียชีวิตมากที่สุด ถูกบันทึกไว้ในช่วงฤดูร้อนและฤดูใบไม้ร่วงปี 2019 ตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงพฤศจิกายน โดยมีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 6.4 - 8 ตัว/วันที่ศึกษา การสังเกตสัตว์ข้ามถนนมีมากที่สุด เกิดขึ้นในเดือนพฤศจิกายน 2018 และสัตว์ที่อยู่ใกล้ถนนมากที่สุดสามารถพบเห็นได้ในฤดูหนาวปี 2018 - 2019 โดยมีค่าเฉลี่ยของจำนวนสัตว์ที่พบเห็นระหว่าง 5.3 - 9.7 ตัว/วันที่ศึกษา

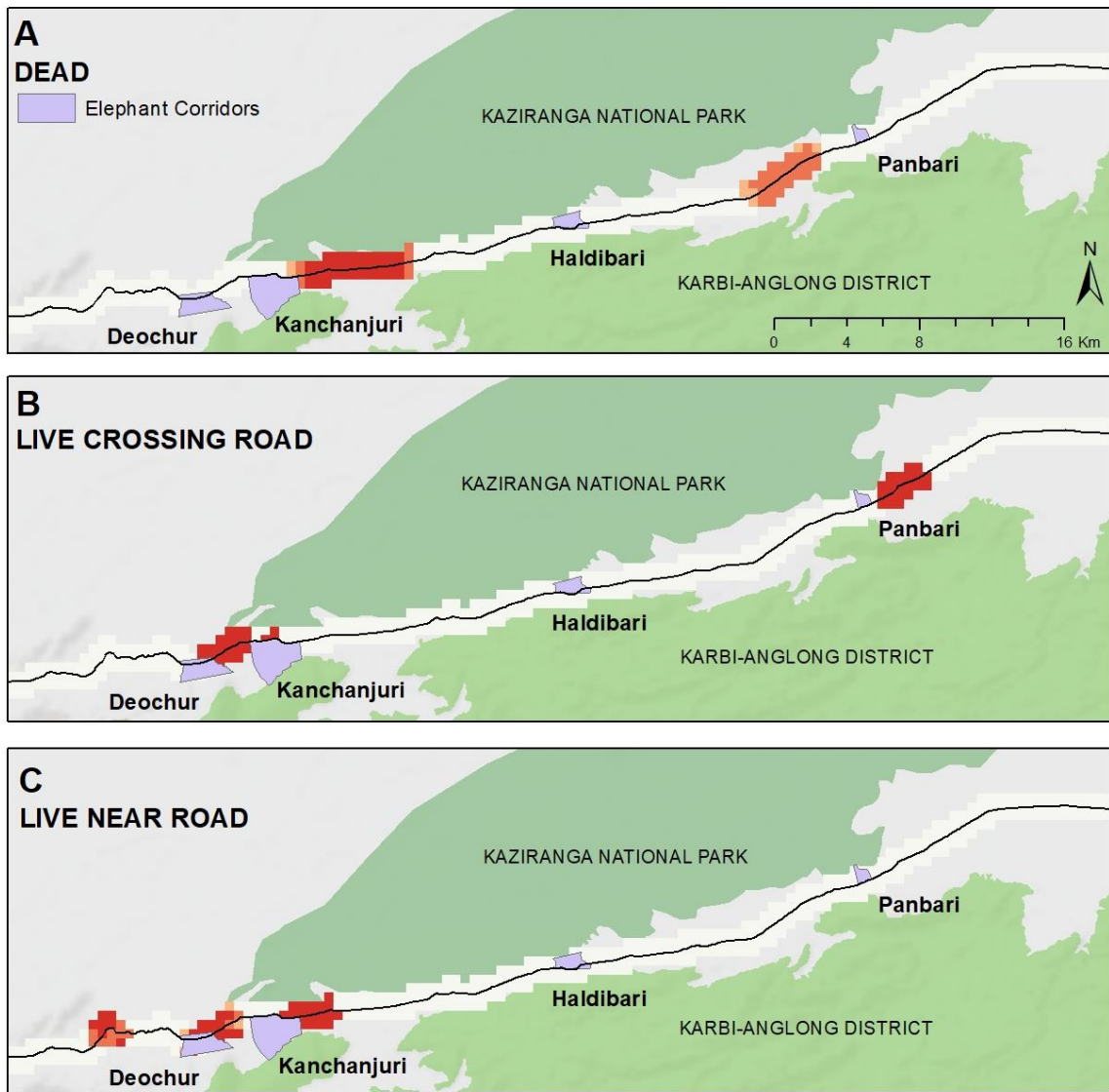
ตารางที่ 11 แสดงจำนวนสัตว์ที่พบในหมวดหมู่อนุกรมวิธานแต่ละประเภทตามสถานะ (เสียชีวิต มีชีวิตกำลังข้ามทาง มีชีวิตอยู่ใกล้ถนน) ตามระยะ 60 กม. ของทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 37 (NH-37) ที่ติดกับอุทยานแห่งชาติ KAZIRANGA ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2018 ถึง เดือนมีนาคม 2020				
	เสียชีวิต	มีชีวิตกำลังข้ามทาง	มีชีวิตอยู่ใกล้ถนน	รวมทั้งหมด
สัตว์เลื้อยคลานและสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ	330	0	0	330
นก	195	1	0	196
สัตว์กินเนื้อ	27	0	37	64
สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม	3	40	57	100
สัตว์ที่มีปีกเท้า	2	115	591	708
สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมอื่น ๆ	25	0	0	25
รวมทั้งหมด	582	156	685	1423

สถานภาพสัตว์มักเกี่ยวข้องกับโดยตรงกับกลุ่มสายพันธุ์ กล่าวคือ 100% ของสัตว์ที่เสียชีวิตเลื้อยคลานและสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำที่สังเกตพบว่าเป็นเสียชีวิต นกและสัตว์ประเภทอื่นที่ถูกจำแนกเป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมอื่น ๆ เสียชีวิต 99% อย่างไรก็ตาม พบการเสียชีวิตของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมอย่างมาก โดยพบว่าสัตว์ที่กำลังข้ามถนนหรืออาศัยอยู่ใกล้ถนน มีเป็นจำนวน 97% ในทางเดียวกัน พบว่ามีสัตว์ปีกเท้า 83% อาศัยอยู่ใกล้ถนน จำนวน 16% กำลังข้ามทาง และมีเพียง 1% เท่านั้นที่เสียชีวิต ในการศึกษาได้แยกสัตว์กินเนื้อออก โดยมีจำนวนที่เสียชีวิต 42% และมีชีวิตอยู่โดยอาศัยใกล้ถนนจำนวน 58% ไม่พบสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมในช่วงฤดูมรสุม ในขณะที่พบสัตว์เลื้อยคลานและสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำในฤดูมรสุม โดยพบเฉลี่ย 3.5 ตัวต่อวันศึกษาในช่วงมรสุม เทียบกับ 1.5 ตัวต่อวันศึกษานอกฤดูมรสุม โดยทั่วไป พบสัตว์ที่เสียชีวิตแล้วมากขึ้นในช่วงฤดูมรสุม มีจำนวนเฉลี่ย 5.3 ตัว/วันที่ศึกษา สัตว์ที่มีชีวิตเฉลี่ย 3 ตัว ในขณะที่สัตว์ที่มีชีวิต (กำลังข้ามหรืออาศัยใกล้ถนน) โดยสังเกตนอกมรสุม มีจำนวนเฉลี่ย 5.6 ตัว/วันที่ศึกษา สัตว์ที่เสียชีวิตมีจำนวน 3.9 ตัว

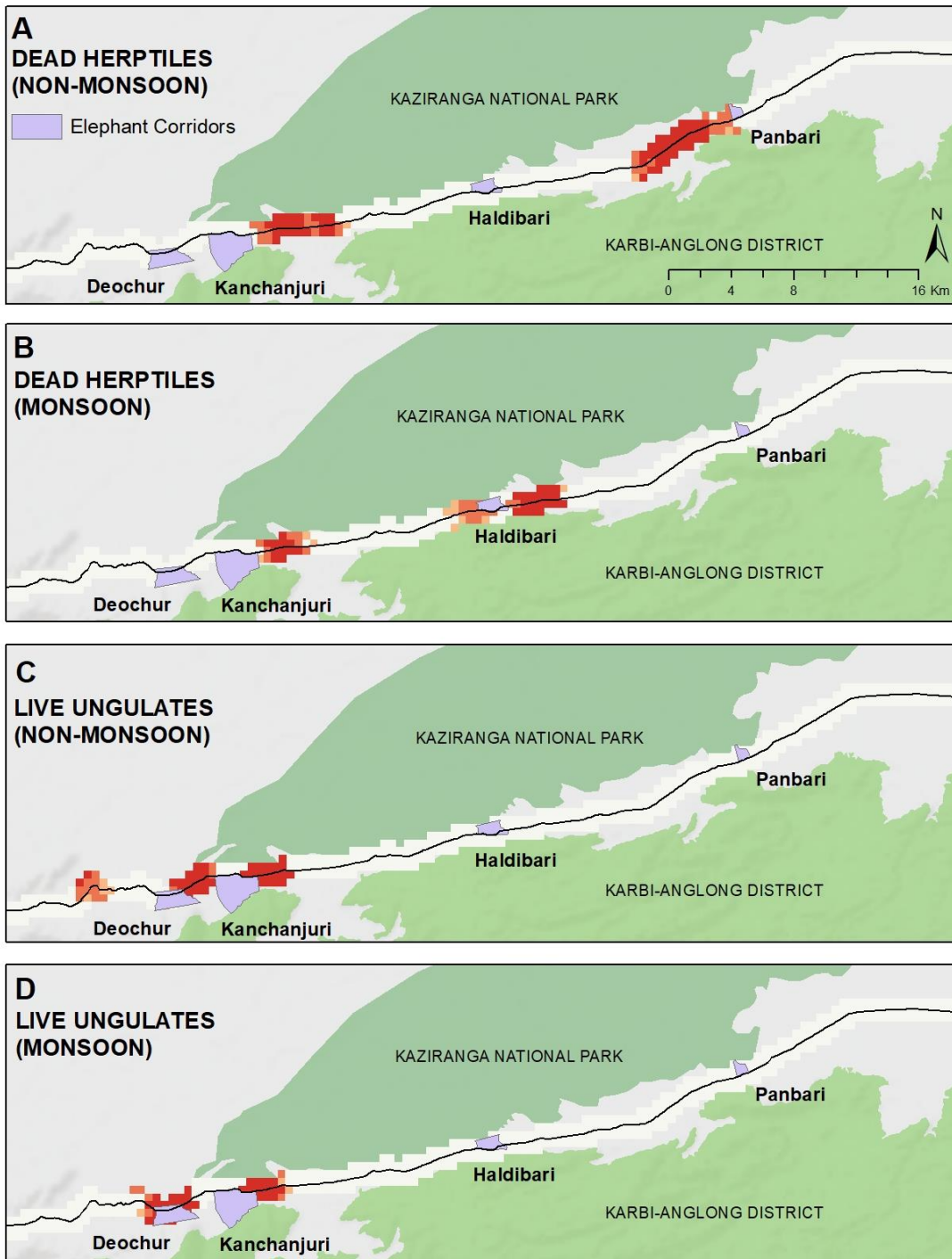
การวิเคราะห์พื้นที่หลักที่เหมาะสมที่สุด เผยให้เห็นรูปแบบเชิงพื้นที่เกี่ยวกับสถานะสัตว์ป่าตามทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 37 (NH-37) จากการสังเกตทั้งหมด สัตว์จำนวนมากที่สุดถูกบันทึกตามแนวทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 37 (NH-37) รอบด้านตะวันตกของอุทยานแห่งชาติ Kaziranga ครอบคลุมทางเดินของช้าง Kanchanjuri และ Deochur จุดสำคัญที่มีสัตว์มีชีวิตทั้งที่อาศัยใกล้ถนนและข้ามถนน ยังขนานไปกับทางเดินเหล่านี้ และพื้นที่ระหว่างกัน ด้วยจุดสำคัญสัตว์มีชีวิตข้ามไปทางทิศตะวันออกของทางเดิน Panbari ใกล้อุทยานแห่งชาติ Kaziranga ทางทิศตะวันออก พื้นที่ที่มีสัตว์มีชีวิตอยู่ในสถานที่ต่างกัน มีอัตราการเสียชีวิตสูงตลอดระยะทาง 4 กม. ไปทางทิศตะวันออกของทางเดิน Kanchanjuri และอีกช่วงหนึ่งระหว่างทางเดิน Haldibari และ ทางเดิน Panbari (ภาพที่ 13) พื้นที่หลักยังเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาลตามการเสียชีวิตของสัตว์ป่า ในขณะที่ปลายด้านตะวันตกของอุทยานแห่งชาติ Kaziranga เป็นพื้นที่ที่มีอัตราการเสียชีวิตสูงตลอดทั้งปี

มีการพบสัตว์ที่เสียชีวิตมากขึ้นทางตะวันออกของทางเดิน Haldibari ในช่วงมรสุม และทางตะวันตกของทางเดิน Panbari ในช่วงเดือนนอกมรสุม

กลุ่มสายพันธุ์ต่าง ๆ หลายกลุ่ม ยังแสดงรูปแบบการข้ามถนนและ/หรือการเสียชีวิตเชิงพื้นที่ และแบบชั่วคราวที่แตกต่างกัน (ภาพที่ 14) การสังเกตพบว่า สัตว์ที่ขนาดเล็กกว่า รวมทั้งนก สัตว์เลื้อยคลานและสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ (เสียชีวิตเกือบทุกครั้ง) ในพื้นที่ที่คล้ายคลึงกัน แต่ในฤดูกาลที่ต่างกัน สัตว์กลุ่มดังกล่าว ถูกพบอยู่ทางทิศตะวันออกของเส้นทาง Kanchanjuri ตลอดทั้งปี พร้อมกับสัตว์กินเนื้อ พบสัตว์เลื้อยคลานและสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ ทางตะวันตกของทางเดิน Panbari นอกช่วงมรสุม และนกอยู่ในตำแหน่งเดียวกันในช่วงมรสุม พบสัตว์เลื้อยคลานและสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ ทั้งสองด้านของเส้นทาง Haldibari ในช่วงฤดูมรสุม มีการสังเกตสัตว์กึ่งเท้ามีชีวิตอยู่ ไม่ว่าจะข้ามหรืออาศัยใกล้ถนนตามเส้นทาง Kanchanjuri และ Deochur ในขณะที่สังเกตได้ว่า สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่มีชีวิตอยู่ทางทิศตะวันตก สัตว์กึ่งเท้าที่ข้ามถนนส่วนใหญ่ มักจะอยู่ใกล้กับเส้นทาง Kanchanjuri และเส้นทาง Haldibari นอกฤดูมรสุม และใกล้กับเส้นทาง Deochur และ Panbari ในช่วงเดือนมรสุม การสำรวจสัตว์กินเนื้อ หรือสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมอื่น ๆ มีจำนวนไม่เพียงพอต่อการแยกหมวดหมู่ออกจากกันตามฤดูกาล



ภาพที่ 13 แสดงผลลัพธ์ของการวิเคราะห์พื้นที่หลักที่ปรับให้เหมาะสม 4 แบบ โดยที่สีแดงเข้มกว่าบ่งชี้ว่าการสังเกตที่มากกว่า และสีขาวบ่งชี้พื้นที่ที่ไม่มีจุดที่น้อยสำคัญทางสถิติ A) พื้นที่จุดสำคัญของสัตว์ที่เสียชีวิตแล้ว B) พื้นที่จุดสำคัญที่มีสัตว์มีชีวิตข้ามถนน C) พื้นที่จุดสำคัญที่เป็นแหล่งรวมสัตว์มีชีวิตใกล้ถนน รูปเปลี่ยนสีม่วงเป็นทางเดินของช้างที่ระบุโดย Menon et al.(2017)



ภาพที่ 14 แสดงผลลัพธ์ของการวิเคราะห์พื้นที่หลักที่ปรับให้เหมาะสม 4 แบบ โดยที่สีแดงเข้มกว่า บ่งชี้ว่ามีการสังเกตที่มากกว่า และสีขาวบ่งชี้ถึงพื้นที่ที่ไม่มีจุดที่มีนัยสำคัญทางสถิติ A) พื้นที่ของสัตว์เลื้อยคลานและสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำที่เสียชีวิตแล้วนอกช่วงมรสุม B) พื้นที่ของสัตว์เลื้อยคลานและสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำที่เสียชีวิตแล้วในช่วงมรสุม C) พื้นที่แหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์กินพืชที่มีชีวิต (ไกล์หรืออาศัยอยู่ทางข้ามถนน) นอกช่วงมรสุม D) พื้นที่แหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์กินพืชที่มีชีวิต (ไกล์หรืออาศัยอยู่ทางข้ามถนน) ในช่วงมรสุม

รูปเปลี่ยนสีม่วงเป็นทางเดินของช้างที่ระบุโดย Menon et al.(2017)

การอภิปราย

นับตั้งแต่ข้อเสนอเดิมที่จะขยายทางเท้าปัจจุบันของถนน มีการรายงานว่า จะสร้างสะพานลอย 3 แห่ง หรือสร้างทางยกระดับทางหลวง(Parashar, 2019) โดยสะพานลอยเหล่านี้จะทอดยาวไป 18, 11 และ 6 กม. โดยย้อนกลับมาที่ระดับพื้นของหมู่บ้านทางเข้าอุทยานแห่งชาติ Kaziranga แต่ละแห่ง โดยรวมแล้ว สะพานลอยเหล่านี้จะมีสัดส่วนมากกว่าครึ่งหนึ่งของพื้นที่การศึกษา 60 กม. สะพานลอยทางหลวง หมายถึง ขานพาหนะจะสามารถเดินทางได้เร็วขึ้นผ่านส่วนอุทยานแห่งชาติ Kaziranga ของทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 37 (NH-37) ด้วยข้อกังวลเพียงเล็กน้อยเกี่ยวกับการชนสัตว์ป่า สะพานลอย (พร้อมอุโมงค์) คือ รูปแบบการข้ามผ่านของสัตว์ป่าที่มีประสิทธิภาพ และเหมาะสมที่สุด

เนื่องจากไม่มีการบุปสรของที่อยู่อาศัยด้านล่าง(Clevenger & Huijser, 2011) อย่างไรก็ตาม มีรายงานว่า ขานพาหนะส่วนใหญ่ที่สัญจรในชุมชนในท้องถิ่น และขานพาหนะที่เข้าถึงทางเข้าอุทยานแห่งชาติ Kaziranga จะยังคงใช้ทางเดินเท้า 2 เลนของทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 37 (NH-37) ปัจจุบันอยู่ ซึ่งหมายความว่า อาจจำเป็นต้องมีการบูรณาการบรรเทาผลกระทบเพิ่มเติม เพื่อลดการเสียชีวิตของสัตว์ป่า และส่งเสริมการเชื่อมต่อของที่อยู่อาศัย

การวิเคราะห์ของเรา แสดงให้เห็นว่า การเสียชีวิตของสัตว์ป่าเป็นปัญหาสำคัญ ตามทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 37 (NH-37) ใกล้อุทยานแห่งชาติ Kaziranga และแสดงให้เห็นว่า การขยายถนนออกเป็น 4 เลน น่าจะส่งผลให้สัตว์ป่าเสียชีวิตมากขึ้น เนื่องจากการข้ามถนนให้ผ่านไปได้อันตรายมากขึ้น การรวบรวมข้อมูลทั้งการเสียชีวิตของสัตว์ป่า และสัตว์ที่มีชีวิตใกล้ถนน และสัตว์ที่ข้ามถนน เป็นการให้ข้อมูลที่สำคัญสำหรับผู้วางแผน เนื่องจากการพิจารณาตัวเลือกการบรรเทาผลกระทบต่าง ๆ

ในบริบทของการขยายถนน ข้อมูลการเสียชีวิต ระบุตำแหน่งของปัญหาบนถนนที่มีอยู่ ซึ่งน่าจะลดลง เมื่อมีเลนถนนเพิ่มมากขึ้นและมีการสัญจรทางจราจรที่เกี่ยวข้อง ทางหลวง 4 เลน ที่มีปริมาณการจราจรเพิ่มขึ้น ก็จะมีศักยภาพที่จะเพิ่มผลกระทบจากทั่วทั้งพื้นที่ศึกษา โดยลดหรือหยุดการเดินเท้าของสัตว์ป่าที่จะข้ามทางหลวงได้ ดังนั้น การระบุตำแหน่งที่สัตว์สามารถข้ามถนนได้สำเร็จ จึงมีความสำคัญเช่นเดียวกัน

เนื่องจากพื้นที่เหล่านี้จะต้องได้รับการพิจารณา ครั้นเมื่อวางแผนตำแหน่งของมาตรการลดผลกระทบด้วย(Zeller et al., 2020) แม้ว่าสะพานลอยที่สร้างขึ้นใหม่ จะช่วยอำนวยความสะดวกในการข้ามถนนที่ปลอดภัยแก่สัตว์บางชนิด

การวิเคราะห์ของเราสามารถช่วยให้นักวางแผน

ระบุความจำเป็นในการลดผลกระทบเพิ่มเติมสำหรับจุดที่สัตว์เสียชีวิตบนเส้นทางเดินเท้าในปัจจุบัน

การวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า

แม้ว่าการสังเกตการณ์สัตว์ป่าโดยทั่วไปจะกระจุกตัวอยู่บริเวณปลายด้านตะวันตกของอุทยานแห่งชาติ Kaziranga

แต่จุดเสียชีวิตนั้นอยู่ไกลออกไปทางตะวันออกมากกว่า จุดที่ถนนตัดผ่านที่ประสบความสำเร็จ ซึ่งบ่งชี้ว่า ส่วนต่าง ๆ ของถนนอาจต้องการการบรรเทาผลกระทบที่แตกต่างกัน

การวิเคราะห์ข้อมูล ยังแสดงให้เห็นถึงช่วงเวลาของปี สถานที่ และประเภทสัตว์สายพันธุ์ต่าง ๆ

ซึ่งอาจเป็นตัวขับเคลื่อนสำคัญถึงปฏิกริยาของสัตว์ที่ตอบสนองต่อถนน ปัจจุบัน ปรากฏว่ามีเพียงสายพันธุ์ที่เล็กกว่า

(สัตว์เลื้อยคลานและสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ นก สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมอื่น ๆ) เท่านั้นที่เสียชีวิต ในขณะที่สัตว์ขนาดใหญ่กว่า

ผู้ขับที่สามารถมองเห็นได้ชัดเจนกว่า พวกมันจึงสามารถข้ามถนนไปได้สำเร็จมากกว่า อย่างไรก็ตาม

เนื่องจากสายพันธุ์เหล่านี้มีขนาดเล็ก จึงมีแนวโน้มว่า จะไม่พบสัตว์เลื้อยคลานและสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ

หรือนกที่อยู่ใกล้ถนนเท่าที่ควร ในระหว่างการรวบรวมข้อมูล ซึ่งหมายความว่า

สัตว์ที่มีชีวิตในหมวดหมู่เหล่านี้ไม่ปรากฏมากนักในชุดข้อมูล อย่างไรก็ตาม

เนื่องจากสัตว์มีกระดูกสันหลังขนาดเล็กและขนาดกลางบนบก มีสัดส่วนการเสียชีวิตมากกว่า 95%

ของทั้งหมดในการศึกษานี้ ความต้องการของสายพันธุ์เหล่านี้จึงต้องเป็นส่วนหนึ่งของแบบแผนการบรรเทาผลกระทบ

ในขณะที่สะพานลอย ซึ่งตรงข้ามกับการขยาดถนน อาจป้องกันการเสียชีวิตเพิ่มเติมสำหรับสายพันธุ์ที่ใหญ่กว่า
ทางเดินของสัตว์ป่าขนาดเล็ก ท่อระบายน้ำ และสะพานข้ามชั้นเรือนยอดสำหรับสัตว์บางสายพันธุ์
ก็จำเป็นต้องลดระดับการเสียชีวิตในปัจจุบันเช่นกัน การออกแบบมาตรการการบรรเทาผลกระทบ เช่น ทางลอด
หรือท่อระบายน้ำ ควรคำนึงถึงลมมรสุม และอุทกภัยที่เกี่ยวข้อง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง
เมื่อพิจารณาจากสัดส่วนที่สูงขึ้นของสัตว์เลื้อยคลานและสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ และสัตว์ที่เสียชีวิตโดยรวมในช่วงมรสุม
โดยรวมแล้ว มรสุมมีผลกระทบน้อยกว่าที่คาดไว้ ในขณะที่มีสัตว์เสียชีวิตตามสัดส่วนที่สังเกตได้ในช่วงมรสุม
ผลกระทบนี้ส่วนใหญ่จำกัดเฉพาะนกและสัตว์เลื้อยคลานและสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ สัตว์สายพันธุ์อื่น ๆ เช่น สัตว์กึ่งเท้า
สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม และสัตว์กินเนื้อพบบ่อยขึ้นในช่วงที่เหลือนของปี

การวิเคราะห์พื้นที่หลัก ยังเผยให้เห็นว่าทางเดินของช้างที่ระบุโดย Menon et al (2017) โดยเฉพาะอย่างยิ่งเส้นทางเดิน
Deochur และเส้นทางเดิน Kanchanjuri ถูกใช้โดยสัตว์กึ่งเท้าชนิดอื่น เพื่อให้ข้ามถนนได้สำเร็จ และนี่สามารถบ่งชี้ว่า
มาตรการบรรเทาผลกระทบที่มีอยู่ เช่น แถบชะลอความเร็วที่บังคับให้ยานพาหนะชะลอความเร็วลง
ได้ผลเป็นไปตามที่ตั้งใจไว้ แม้จะมีการวางแผนสร้างสะพานลอยไว้ ก็ยังเป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องทบทวนพื้นที่เหล่านี้
เพื่อให้แน่ใจว่ามาตรการบรรเทาผลกระทบที่เหมาะสมที่สุด ได้รับการออกแบบ
และดำเนินการในการเชื่อมโยงที่อยู่อาศัยที่สำคัญเหล่านี้
โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับสัตว์สายพันธุ์ที่มีความสำคัญต่อระบบนิเวศ เช่น ช้างเอเชีย และแรดอินเดีย
การใช้เส้นทางเดินเหล่านี้ ในระดับสูง ยังแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการปกป้องพื้นที่เหล่านี้
จากแรงกดดันจากการพัฒนามนุษย์เพิ่มเติมในระยะยาวอีกด้วย การวิจัยเพิ่มเติมเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยรอบ
ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 37 (NH-37) อาจเป็นประโยชน์ในการระบุพื้นที่ข้ามถนนที่เป็นไปได้เพิ่มเติม
โดยเกี่ยวข้องกับการปกคลุมพื้นดินกับจุดสังเกตสัตว์ป่า

คุณูปการ

Bibhuti Lahkar, Jyoti Das และ Arup Kumar Das (Aaranyak)

ได้รวบรวมและให้ข้อมูลเกี่ยวกับการสังเกตสัตว์ป่าตามทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 37 (NH-37)

และมีส่วนร่วมในการจัดทำรายงานฉบับนี้ Animekh Hazarika, Ankur Nahok และ Jyotish Ranjan Deka (Aaranyak)

มีส่วนช่วยในการรวบรวมและจัดเตรียมข้อมูล Upasana Ganguly (องค์กรอนุรักษ์สัตว์ป่าของอินเดีย)

ให้ข้อมูลเชิงพื้นที่เกี่ยวกับเส้นทางเดินของช้าง Grace Stonecipher (ศูนย์อนุรักษ์ภูมิทัศน์ขนาดใหญ่ - CCLC)

ดำเนินการวิเคราะห์เชิงพื้นที่และร่างรายงาน Tyler Creech (ศูนย์อนุรักษ์ภูมิทัศน์ขนาดใหญ่ - CCLC), Rob Ament

(ศูนย์อนุรักษ์ภูมิทัศน์ขนาดใหญ่ - CCLC/สถาบันการคมนาคมตะวันตก - WTI) และ Tony Clevenger

(สถาบันการคมนาคมตะวันตก - WTI) ก็มีส่วนในรายงานเช่นกัน

บทวิเคราะห์ที่ 4 ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากถนนสายกลาง-ตะวันตก ต่อจำนวนของละมั่งในเมือง BETPAK-DALA ของคาซัคสถาน

ละมั่งไซกาเป็นสายพันธุ์เร่ร่อนที่ครอบครองทะเลทรายกึ่งแห้งแล้ง และทุ่งหญ้าที่ราบกว้างของเอเชียกลาง มันได้ถูกจัดโดยสหภาพนานาชาติเพื่อการอนุรักษ์ธรรมชาติ (IUCN) ให้อยู่ในประเภทของสัตว์ที่ใกล้สูญพันธุ์อย่างวิกฤต และประสบปัญหาจำนวนลดลงอย่างมาก ตั้งแต่ช่วงปลายทศวรรษ 1990

อันเนื่องมาจากแรงกดดันจากการรบกวนอย่างรุนแรง ความแปรปรวนของสภาพอากาศ และโรคภัยไข้เจ็บ (Milner-Gulland et al., 2001) ละมั่งไซกาอพยพถิ่นฐานตามฤดูกาล ระหว่างช่วงฤดูร้อนทางตอนเหนือ และช่วงฤดูหนาวทางตอนใต้ เพื่อตอบสนองต่ออาหาร ความลึกของหิมะ และช่วงตามฤดูกาลเหล่านี้อาจแตกต่างกันได้ถึง 1,200 กม.

การโยกย้ายถิ่นฐานภายในช่วงฤดูกาลเป็นเรื่องปกติเช่นกัน และทำให้ละมั่งไซกาสามารถหาอาหารหรือแหล่งน้ำที่ดีกว่า และหลีกเลี่ยงไฟป่า น้ำท่วม และสภาพอากาศที่รุนแรง (Bekenov et al., 1998)

คาซัคสถานมีละมั่งไซกามากกว่า 97% ของโลก ประกอบไปด้วยจำนวนประชากรละมั่งไซกาใน Betpak-Dala ทางตอนกลางของคาซัคสถาน ซึ่งมากที่สุดในปี 2015 โรคระบาดได้คร่าชีวิตฝูงละมั่งไซกาแล้วกว่า 200,000 ตัว (จัดเป็น 88% ในภูมิภาคนี้) แต่ตั้งแต่บัดนั้นมาก็มีการฟื้นตัวอย่างรวดเร็ว จนขณะนี้มียังจำนวนประมาณ 285,000 ตัว (Altyn Dala Conservation Initiative, 2021) อย่างไรก็ตาม การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)

ภายในขอบเขตของประชากรใน Betpak-Dala ในขณะนี้อาจถูกระงับหรือชะลอเพื่อการฟื้นตัว

รัฐบาลคาซัคสถานมีแผนจะสร้างถนนลาดยางเป็นระยะทาง 2,000 กม. ระหว่างเมือง Nur-Sultan และ Aktau หรือที่รู้จักในชื่อถนนสายกลาง-ตะวันตก ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของแผนการกระตุ้นเศรษฐกิจ Nurly Zhol ซึ่งมีมูลค่า 9 พันล้านเหรียญดอลลาร์สหรัฐ เพื่อเป็นการพัฒนา และปรับปรุงถนน ทางรถไฟให้ทันสมัยขึ้น

รวมไปถึงโครงสร้างพื้นฐานอื่น ๆ ด้วย ส่วนสำคัญของเส้นทางที่ได้วางแผนไว้ของถนนสายกลาง-

ตะวันตกนั้นเป็นถนนลูกรัง และมีการลาดถนน หรือกำลังดำเนินการในบางส่วนแล้ว

สิ่งที่น่าสนใจเป็นพิเศษสำหรับการอนุรักษ์ละมั่งไซกา คือระยะทาง 612 กม. ระหว่างเมือง Nur-Sultan และ Irgiz ซึ่งแบ่งช่วงของจำนวนสัตว์ใน Betpak-Dala แยกออกจากกัน พื้นที่ส่วนใหญ่นี้

ประกอบไปด้วยที่ราบกว้างใหญ่ตามธรรมชาติซึ่งไม่มีถนนตลอดเส้นทางที่ได้วางแผนไว้ แม้ว่าจะมีถนนลูกรัง หรือถนนลาดยางก็ตาม

การก่อสร้างถนนสายกลาง-ตะวันตก ที่ลาดพื้นที่ระหว่างเมือง Nur-Sultan และ Irgiz

อาจเป็นอันตรายต่อละมั่งไซกาได้หลากหลายทาง ที่สำคัญที่สุด

ถนนลาดยางจะเพิ่มอุปสรรคต่อการเดินทางของละมั่งไซกาตามฤดูกาล การศึกษาด้วยเครื่องโทรมาตรที่ผ่านมา

และหลักฐานเล็กน้อยระบุว่า ละมั่งไซกามีความอ่อนไหวสูงต่อโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) และการรบกวนแบบอื่น ๆ

ของมนุษย์ และทำให้มันหลีกเลี่ยงการข้ามถนน และทางรถไฟที่มีปริมาณการจราจรสูง

(สมาคมอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพแห่งคาซัคสถาน ปี ค.ศ. 2021 แหล่งข้อมูลที่ไม่ได้เผยแพร่)

อุปสรรคของถนนลาดยางอาจจำกัด หรือจัดการเข้าถึงพื้นที่ส่วนใหญ่ในช่วงฤดูร้อนทางเหนือของถนน

ซึ่งอาจส่งผลให้มีอาหาร และทรัพยากรอื่น ๆ ไม่เพียงพอ เป็นการเพิ่มความเสี่ยงต่อโรค

เนื่องจากความเอาใจใส่ของสัตว์ในพื้นที่ขนาดเล็กลดน้อยลง และมีโอกาสในการผสมพันธุ์ลดลง (Wingard et al., 2014b)

การเข้าถึงของมนุษย์ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งอำนวยความสะดวกผ่านทางถนนสายกลาง-ตะวันตก

อาจทำให้ละมั่งไซกาเสี่ยงถูกลักลอบล่าสัตว์มากขึ้น ในที่สุด การปรับปรุงถนนจะเพิ่มปริมาณการจราจรขึ้น

ซึ่งอาจเพิ่มอัตราการเสียชีวิตของละมั่งไซกา จากการชนกับยานพาหนะขณะพยายามข้ามถนน

ในที่นี้ จะมีการนำเสนอการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ที่ใช้ข้อมูลตำแหน่งของละมั่งไซกา เพื่อแสดงให้เห็นว่าโครงการถนนสายกลาง-ตะวันตก อาจเป็นอันตรายต่อจำนวนประชากรละมั่งใน Betpak-Dala ได้อย่างไรและที่ไหน

วิธีการ

เราใช้ข้อมูลจากเครื่องโทรมาตรจากการติดตามละมั่งไซกาด้วยปลอกคอ GPS เพื่อสำรวจรูปแบบการเคลื่อนที่และการใช้พื้นที่ในปัจจุบันว่าเกิดขึ้นได้อย่างไร และประเภทพื้นผิวของถนนปัจจุบันตามเส้นทางของถนนสายกลาง-ตะวันตก และเพื่อสรุปว่าการก่อสร้างและการปรับปรุงถนนเพิ่มเติม จะส่งผลอย่างไรกับรูปแบบเหล่านี้ เราได้รับข้อมูลเชิงพื้นที่เกี่ยวกับเส้นทางที่ได้วางแผนไว้และประเภทพื้นดินที่มีอยู่ (ถนนลาดยาง ถนนลูกรัง หรือไม่มีถนน) ของถนนสายกลาง-ตะวันตก จากเอกสารการวางแผนที่จัดทำโดยกระทรวงอุตสาหกรรม และการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของคาซัคสถาน เราได้รับข้อมูลจากเครื่องโทรมาตรว่า ละมั่งไซกา 81 ตัว ที่ติดตั้งปลอกคอ GPS ระหว่างปี 2009 - 2017 โดยเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาวิจัยที่ดำเนินการในกรอบของความคิดริเริ่มการอนุรักษ์แบบ Altyn Dala (ADCI) มีการใส่ปลอกคอให้แก่สัตว์เฉพาะกลุ่ม ได้แก่ ในเมือง Tengiz และ Torgai ซึ่งอาศัยอยู่ในช่วงย่อยที่แตกต่างกันภายในช่วงกว้างของจำนวนประชากรใน Betpak-Dala ปัจจุบันแต่ละกลุ่มมีที่อยู่อาศัยทั้งทางเหนือ และทางใต้ของถนนสายกลาง-ตะวันตก ในช่วงฤดูต่าง ๆ บางตัวถูกติดตามนานถึง 2.5 ปี โดยอาจถึงจุดที่ปลอกคอกหลุดออกจากสัตว์ได้

เราตรวจสอบผลกระทบของการลาดถนน 2 วิธีด้วยกัน ดังนี้ วิธีที่ 1 เราใช้รูปแบบการเคลื่อนไหวให้ดูเวลาเดินลุ่ม หรือ การเคลื่อนที่แบบบราวเนียน (dBMM)(Horne et al., 2007; Kranstauber et al., 2012)เพื่อทำแผนที่ช่วงที่อยู่อาศัยของแต่ละกลุ่มที่ใส่ปลอกคอ โมเดลเหล่านี้ได้ประเมินความน่าจะเป็นการใช้งานจากละมั่งไซกาทั่วทั้งภูมิภาค โดยอิงจากตำแหน่ง GPS ที่บันทึกไว้ของแต่ละตัว และเวลาที่ผ่านไประหว่างตำแหน่งที่ต่อเนื่องกัน เราคำนวณช่วงที่อยู่อาศัยเป็นการกระจาย 99% (กลุ่ม Tengiz) หรือ 99.5% (กลุ่ม Torgai) สำหรับแต่ละตัว จากนั้น จึงรวมการคัดแยกเหล่านี้จากทุกตัวภายในแต่ละกลุ่มเป็นช่วงที่อยู่อาศัยเดียว ซึ่งสะท้อนถึงการใช้พื้นที่โดยรวม จากนั้นเราคัดเส้นทางที่ได้วางแผนไว้ผ่านถนนสายกลาง-ตะวันตก ที่ช่วงพื้นที่อาศัยของแต่ละกลุ่ม และกำหนดระยะทางความยาวของแต่ละประเภทพื้นผิวถนน (ถนนลาดยาง ถนนลูกรัง หรือไม่มีถนน) ตามเส้นทางที่คัดกับช่วงที่อยู่อาศัย

วิธีที่ 2 เราตรวจสอบเส้นทางการย้ายถิ่นฐานที่สังเกตได้ของตัวที่ใส่ปลอกคอ 43 ตัว ที่ข้ามเส้นทางที่ได้วางแผนไว้ของถนนสายกลาง-ตะวันตก อย่างน้อยหนึ่งครั้งในระหว่างระยะเวลาการศึกษา เราได้กำหนดจำนวนครั้งที่แต่ละตัวข้ามเส้นทางในระหว่างระยะเวลาการศึกษา และประเภทพื้นผิวถนนที่มีอยู่ (ถนนลาดยาง ถนนลูกรัง หรือถนนที่ไม่มีถนน) ของแต่ละพื้นที่ทางข้าม มีการสรุปพื้นที่ทางข้าม โดยสมมติว่าเป็นเส้นทางการย้ายถิ่นเป็นเส้นตรงระหว่างตำแหน่งของปลอกคอ GPS ที่ต่อเนื่องกันบนฝั่งตรงข้ามของเส้นทางที่ได้วางแผนไว้ เรารวบรวมสถิติการข้ามถนนเหล่านี้ของสัตว์ทั้งหมด เพื่อสรุปพฤติกรรมการข้ามเส้นทาง

ผลลัพธ์

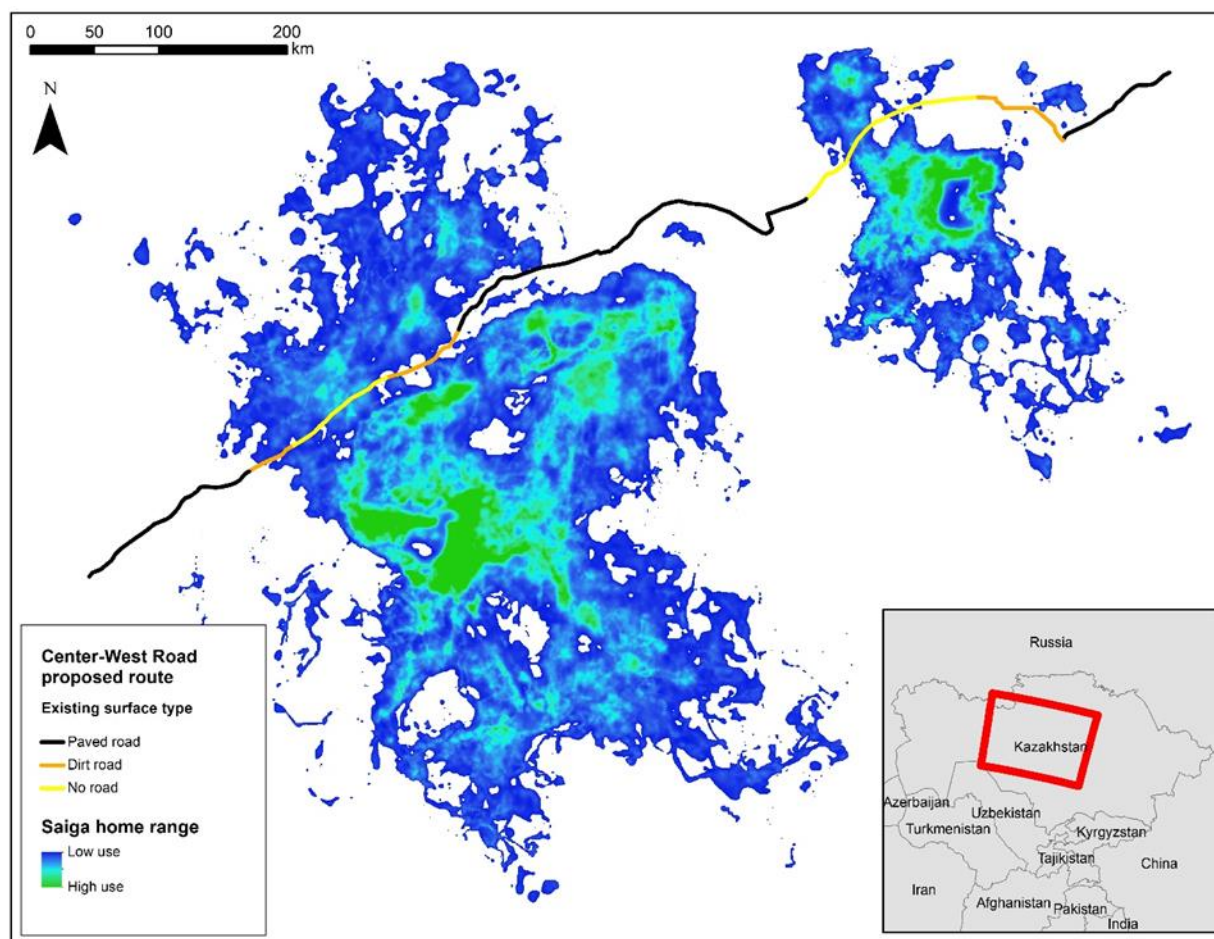
ช่วงที่อยู่อาศัยใน Tengiz และ Torgai ทั้งสองรวมถึงพื้นที่ที่ด้านใดด้านหนึ่งของเส้นทางถนนสายกลาง-ตะวันตกที่ได้วางแผนไว้ พื้นที่อยู่อาศัยใน Tengiz เป็นจำนวนประมาณ 19% และ 26% ของช่วงพื้นที่อยู่อาศัยใน Torgai อยู่ทางเหนือของเส้นทาง และอาจถูกตัดขาดจากพื้นที่ที่อยู่อาศัยขนาดใหญ่ทางตอนใต้ของเส้นทางเมื่อการก่อสร้างเสร็จสิ้น (ภาพที่ 15)

แผนที่ของช่วงที่อยู่อาศัย บอกได้ว่าการใช้พื้นที่รอบ ๆ และการย้ายถิ่นข้ามเส้นทางที่ได้วางแผนไว้นั้น มีข้อจำกัดอย่างมากจากถนนที่มีอยู่ (

ตารางที่ 12). ช่วงที่อยู่อาศัยของกลุ่ม Tengiz ทับซ้อนกับเส้นทางถนน 53 กม. ซึ่งปัจจุบันไม่มีถนน ช่วงที่อยู่อาศัยใน Torgai ทับซ้อนกับเส้นทางถนน 125 กม. ของเส้นทาง ทั้งหมดยกเว้น 4.8 กม. ซึ่งเป็นถนนลูกรังหรือไม่มีถนน ช่วงที่อยู่อาศัยของทั้ง 2 กลุ่ม ไม่ได้รวมพื้นที่เกือบทั้งหมดภายในระยะประมาณ 5 กม. ของเส้นทางที่ลาดชันไว้แล้ว (ภาพที่ 15)

ละมั่งไซกาที่มีปลอกคอ 30 ตัวจากกลุ่ม Tengiz และ 13 ตัว จากกลุ่ม Torgai ข้ามเส้นทางของถนนสายกลาง-ตะวันตก ในระหว่างระยะเวลาการศึกษา แต่ละตัวข้ามเส้นทางโดยเฉลี่ย 5.8 ครั้งในแต่ละช่วงระหว่างการศึกษา โดยบางตัวข้ามเส้นทางมากถึง 20 ครั้ง โดยรวมแล้วละมั่งไซกาที่ใส่ปลอกคอ มีการข้ามย้ายถิ่น 249 ครั้ง ตลอดเส้นทางที่ได้วางแผนไว้ โดยมีเพียง 2% ที่ข้ามถนนลาดยาง (

ตารางที่ 13). เนื่องจากเส้นทางที่วางแผนมากกว่า 2% เป็นเส้นทางลาดยางในพื้นที่ทั่วไปที่ใช้อาศัยโดยประชากร Torgai และ Tengiz (ภาพที่ 15) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ละมั่งไซกาแสดงรูปแบบการหลีกเลี่ยงการข้ามส่วนที่เป็นถนนลาดยาง แต่ละมั่งไซกาชอบข้ามเส้นทางในพื้นที่ที่มีถนนลูกรังหรือที่ยังไม่มีถนนมากกว่า



ภาพที่ 15 แสดงช่วงที่อยู่อาศัยของกลุ่ม Torgai (กลางซ้าย) และกลุ่ม Tengiz (บนขวา) ของจำนวนละมั่งใน Betpak-Dala ในภาคกลางของคาซัคสถาน
เส้นทางที่ได้วางแผนไว้ของถนนสายกลาง-ตะวันตกแบ่งช่วงที่อยู่อาศัยของทั้งสองกลุ่ม

ตารางที่ 12 แสดงการตัดผ่านของช่วงที่อยู่อาศัยของกลุ่ม Tengiz และ Torgai ของจำนวนละมั่งไซกาใน Betpak-Dala
กับเส้นทางที่ได้วางแผนไว้ในถนนสายกลาง-ตะวันตก

**ตารางที่ 12 แสดงการตัดผ่านของช่วงที่อยู่อาศัยของกลุ่ม TENGIZ และ TORGAI ของจำนวนละมั่งไซกาใน BETPAK-DALA
กับเส้นทางที่วางแผนไว้ในถนนสายกลาง-ตะวันตก**

ระยะทางความยาวของการตัดถนนกับช่วงที่อยู่อาศัย (กม.)

ประเภทพื้นผิวดอนปัจจุบัน	กลุ่ม TENGIZ	กลุ่ม TORGAI
ไม่มีถนน	53.6	75.4
ถนนลูกรัง	0	44.4
ถนนลาดยาง	0	4.8

ตารางที่ 13 แสดงจำนวนการข้ามที่สังเกตได้ของเส้นทางสายกลาง-ตะวันตกที่ได้วางแผนไว้ โดยละมั่งไซกา 43 ตัวจาก Betpak-Dala
ระหว่างช่วงการศึกษา

ตารางที่ 13 แสดงจำนวนการข้ามที่สังเกตได้ของเส้นทางสายกลาง-ตะวันตกที่ได้วางแผนไว้ โดยละมั่งไซกา 43 ตัวจาก BETPAK-DALA ระหว่างช่วงการศึกษา

ประเภทพื้นผิวถนนปัจจุบัน	จำนวนของการข้ามถนน	เปอร์เซ็นต์ของการข้ามถนน
ไม่มีถนน	203	81
ถนนลูกรัง	40	16
ถนนลาดยาง	6	2

การอภิปราย

ผลการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ของเราให้หลักฐานที่ชัดเจนว่าการเคลื่อนไหว และการใช้พื้นที่ของละมั่งไซกาใน Betpak-Dala ถูกจำกัดด้วยถนนลาดยาง ช่วงที่อยู่อาศัยของกลุ่ม Tengiz และ Torgai ครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของเส้นทางถนนสายกลาง-ตะวันตก แต่ละมั่งไซกาเกือบทั้งหมดหลีกเลี่ยงส่วนถนนลาดยางและพื้นที่ที่โดยรอบทันที ข้อมูลการเคลื่อนไหวระบุว่า ละมั่งไซกามักจะข้ามเส้นทางที่ได้วางแผนไว้ โดยผ่านถนนสายกลาง-ตะวันตก ในระหว่างการอพยพตามฤดูกาล แต่การข้ามเหล่านี้เกิดขึ้นเฉพาะในพื้นที่ที่มีถนนลูกรัง หรือพื้นที่ที่ไม่มีถนน ดังนั้น การลาดพื้นผิวทางให้สมบูรณ์ของเส้นทางที่วางแผนบนถนนสายกลาง-ตะวันตก มีแนวโน้มที่จะลดคุณภาพที่อยู่อาศัยตลอดแนวถนน และที่สำคัญกว่านั้น คือ ป้องกันไม่ให้ละมั่งไซกาเดินข้ามถนน เพื่อเข้าถึงแหล่งที่อยู่อาศัยตามฤดูกาลที่สำคัญ

มีเหตุผลที่จะคาดหวังว่า การลาดพื้นทั้งหมด โดยจะแบ่งช่วงที่อยู่อาศัยของทั้ง 2 กลุ่มออกเป็นส่วนทางเหนือและทางใต้ โดยมีการเคลื่อนย้ายที่จำกัดระหว่างทั้งสองกลุ่ม ขอบเขตของการเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นบนถนนลาดยางอาจขึ้นอยู่กับปริมาณการจราจรของรถ หากมีการจราจรสูงเพียงพอที่ถนนจะเป็นสิ่งกีดขวางอย่างสิ้นเชิง ส่วนสำคัญของที่อยู่อาศัยของละมั่งไซกาจะไม่สามารถเข้าถึงได้ และละมั่งไซกาจะมีความหนาแน่นของสูงชัน และคุณภาพของอาหารสัตว์จะแย่ลงในช่วงฤดูร้อน และจะไม่สามารถย้ายออกได้จากสภาพอากาศที่เลวร้ายในฤดูหนาว หากปริมาณการจราจรลดลง และเป็นอุปสรรคในการเคลื่อนที่เพียงบางส่วน ละมั่งไซกามีความล้มเหลวที่จะข้ามถนน ดังนั้นจึงอาจเกิดความล่าช้าในการไปถึงช่วงฤดูร้อน และอาหารสัตว์คุณภาพสูงกว่าที่มีอยู่ที่นั่น ในระยะยาว การลดทรัพยากรที่มีอยู่ของละมั่งไซกาเนื่องจากโครงการถนนสายกลาง-ตะวันตก อาจส่งผลให้ความหลากหลายทางพันธุกรรม และจำนวนลดลง ผลกระทบจากถนนเหล่านี้ ยังมีแนวโน้มที่จะได้ครอบหรือรวมผลกระทบจากภัยคุกคามอื่น ๆ ต่อละมั่งไซกา รวมถึงการรบกวน โรคติดต่อ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และสภาพอากาศที่รุนแรง(IUCN, 2018)

ผลกระทบทางชีวภาพของการลาดพื้นถนนสายกลาง-ตะวันตกไม่ได้จำกัดอยู่เพียงละมั่งไซกาเท่านั้น ส่วนถนนที่ไม่ลาดพื้นผิวของเส้นทางที่ได้วางแผนไว้ คัดกับธรรมชาติที่ราบกว้างใหญ่ที่ไม่มีใครใช้ภายใน "Turgaiskiy state nature zakaznik" (เขตรักษาพันธุ์) ซึ่งเป็นพื้นที่คุ้มครอง ณ Ramsar ตั้งแต่ปี 1976 และพื้นที่ความหลากหลายทางชีวภาพที่สำคัญ เส้นทางนี้ยังเป็นทางผ่านระหว่างกลุ่มของเส้นทางเดินระบบนิเวศ Yrgyz-Torgai-Zhylandshyk เขตอนุรักษธรรมชาติ Irgiz-Turgai และเขตอนุรักษธรรมชาติ Altyn Dala ซึ่งทั้งหมดนี้ จัดตั้งขึ้นเพื่อป้องกันการอพยพ การขยายพันธุ์ และทุ่งหญ้าในฤดูร้อนของละมั่งไซกา ละมั่งต้องการการเชื่อมต่อ โขงที่ดีในหมู่บ้านมันกันเอง การสร้างถนนลาดยางในพื้นที่เหล่านี้อาจส่งผลกระทบต่ออนุรักษสายพันธุ์อื่น ๆ

พื้นที่ชุ่มน้ำในพื้นที่นี้เป็นแหล่งผลิตของนกหายากหลายชนิด และเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของนกน้ำ 25,000 คู่ รวมถึงนกกระทุงคัลเมเชียนและเป็ดหัวขาว

กระทรวงอุตสาหกรรม

และการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของคาซัคสถานได้วางแผนให้หลีกเลี่ยงผลกระทบจากถนนสายกลาง-ตะวันตกที่มีต่อละมั่งไซกาและสัตว์ป่าอื่น ๆ โดยการติดตั้งโครงสร้างการทางเดินต่าง ๆ (เช่น สะพานลอย และทางลอด) เพื่อให้สัตว์ป่าผ่านได้อย่างปลอดภัยในการข้ามถนนลาดยาง อย่างไรก็ตาม นักชีววิทยาเชื่อว่า ละมั่งไซกาไม่น่าจะใช้สิ่งก่อสร้างเหล่านี้ และจะหลีกเลี่ยงการใช้ถนน หากถนนดังกล่าวได้เทพื้นลาดยาง และพวกมันมีโอกาที่จะประสบกับปริมาณยานพาหนะเป็นจำนวนมาก ยังไม่เป็นที่ชัดเจนว่าสิ่งก่อสร้างทางข้ามควรอยู่ที่ใดเพื่อเพิ่มโอกาสในการข้ามทางของละมั่งไซกา เนื่องจากเส้นทางอพยพที่ใช้โดยละมั่งไซกา แตกต่างกันในแต่ละกลุ่มและแต่ละปี

ความท้าทายในการบรรเทาผลกระทบที่สรุปไว้ข้างต้นสามารถแนะนำได้ว่า การกำหนดเส้นทางถนนสายกลาง-ตะวันตกใหม่ เพื่อหลีกเลี่ยงการแบ่งช่วงของประชากรใน Betpak-Dala อาจเป็นทางเลือกที่ดีที่สุดสำหรับการหลีกเลี่ยงผลกระทบร้ายแรงต่อละมั่งไซกา ADCI ได้ระบุเส้นทางอื่นที่ได้รับการพิจารณาโดยผู้วางแผนของรัฐบาลในระหว่างการศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้น ซึ่งจะลดผลกระทบที่มีต่อละมั่งไซกาให้น้อยที่สุด โดยเลี้ยวผ่านช่วงที่ละมั่งไซกาเดินในขณะที่เพิ่มความยาวของเส้นทางทั้งหมดเพียง 50 กม. เส้นทางทางเลือกนี้สามารถลดต้นทุนการก่อสร้างโดยรวมได้ เนื่องจากจะเป็นไปตามถนนที่มีอยู่แล้ว และมีการปรับปรุงแล้ว นอกจากนี้ ยังเป็นการให้ประโยชน์ทางเศรษฐกิจด้วยการเชื่อมโยงการตั้งถิ่นฐานของมนุษย์ขนาดเล็กกับชุมชนขนาดใหญ่ในภูมิภาคอีกด้วย

คุณูปการ

ข้อมูลเกี่ยวกับการย้ายถิ่นของละมั่งไซกาถูกรวบรวมไว้ในกรอบงานของ ADCI ในประเทศคาซัคสถาน Steffen Zuther และ Albert Salemgareyev มีส่วนร่วมโดยรับผิดชอบในการเก็บรวบรวม ประมวลผล และวิเคราะห์ข้อมูล Stephanie Ward เขียนรายงานในนามของ ADCI ซึ่งดำเนินการโดยสมาคมเพื่อการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพของคาซัคสถานเป็นหลัก และได้รับการสนับสนุนทางการเงิน และทางเทคนิคโดย Fauna & Flora International, สมาคมสัตววิทยาแฟรงค์เฟิร์ต และราชสมาคมเพื่อการปกป้องนกในความร่วมมือกับคณะกรรมการป่าไม้ และสัตว์ป่า ของกระทรวงนิเวศวิทยา ธรณีวิทยา และทรัพยากรธรรมชาติของคาซัคสถาน Tyler Creech (CLLC) เตรียมรายงาน Rob Ament (ศูนย์อนุรักษ์ภูมิทัศน์ขนาดใหญ่ - CCLC/สถาบันการคมนาคมตะวันตก - WTI) และ Tony Clevenger (สถาบันการคมนาคมตะวันตก - WTI) มีส่วนร่วมช่วยในรายงานเช่นกัน

บทวิเคราะห์ 5 ภัยคุกคามต่อพื้นที่ของนกที่สำคัญ จากการพัฒนาระบบสายส่งไฟฟ้าในอนาคดของประเทศไทย

สายไฟฟ้าจะขนส่งพลังงานจากศูนย์การผลิตไฟฟ้า (เช่น เขื่อนไฟฟ้าพลังน้ำ โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ และโรงผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์) ไปยังภูมิภาคที่มีการใช้พลังงาน เช่น เมืองและศูนย์กลางอุตสาหกรรม ตลอดจนสถานีไฟฟ้าย่อย ซึ่งพลังงานจะถูกป้อนเข้าสู่สายจ่ายไฟฟ้าที่ให้บริการศูนย์ขนาดเล็กของความต้องการการใช้พลังงาน โครงข่ายสายไฟฟ้าทั้งภูมิภาคสามารถส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้หลายทาง รวมถึงการสูญเสียความเสื่อมโทรม และการกระจายตัวของอินทรีย์วัตถุ การรบกวนทางเสียง และแม่เหล็กไฟฟ้า และการเสียชีวิตโดยตรงของสัตว์ป่าด้วยไฟฟ้าช็อต และการชนกัน (Biasotto & Kindel, 2018; Ferrer & Janns, 1999) การเสียชีวิตจากสายไฟฟ้า เป็นปัญหาสำคัญสำหรับนกหลายชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งนกขนาดใหญ่ที่ใช้สายไฟฟ้าเป็นที่คอนฮิลเกาะ (Chevallier et al., 2015) สัตว์ปีกมักจะถูกไฟฟ้าดูดหรือชนกับสายไฟฟ้า ได้แก่ นกอีแร้ง นกฟลามิงโก นกกระเรียน นกน้ำ นกชายฝั่ง นกนกเค้า และเหยี่ยว ซึ่งการเสียชีวิตจากสายไฟฟ้าได้รับการระบุเป็นปัจจัยในการลดลงของจำนวนประชากรนกหลายชนิดจากกลุ่มสัตว์เหล่านี้ (A. R. Jenkins et al., 2010)

ประเทศไทยเป็นแหล่งที่อยู่ของนกกลุ่มเสี่ยงเหล่านี้จำนวนมาก และไทยมีแผนมุ่งมั่นในการขยายโครงข่ายไฟฟ้าของประเทศ ดังนั้นภัยคุกคามต่อความหลากหลายทางชีวภาพจากการพัฒนาระบบสายไฟฟ้าจึงมีสูง ประเทศไทยเป็นส่วนหนึ่งของพื้นที่ทางความหลากหลายทางชีวภาพของอินโด-พม่า (Myers et al., 2000) ซึ่งเป็นหนึ่งในภูมิภาคที่มีความสำคัญทางชีวภาพมากที่สุดในโลก เป็นนกที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงเป็นอันดับที่ 17 ของทุกประเทศ โดยมีทั้งหมด 936 สายพันธุ์ นอกจากนี้ ยังมีนกที่ถูกคุกคามจำนวน 67 สายพันธุ์ ซึ่งสูงเป็นอันดับที่ 12 ในบรรดาประเทศต่าง ๆ (BLI, 2021) แต่มีการสูญเสียถิ่นที่อยู่อาศัยและถูกภัยคุกคามอื่น ๆ ต่อสายพันธุ์กลับมีเพิ่มขึ้น ระหว่างปี 1961 - 2009 พื้นที่ป่าบนดินของประเทศลดลงจาก 53% เหลือเพียง 32% (Convention on Biological Diversity, 2021) ซึ่งเป็นการสูญเสียที่อยู่อาศัยของนกและสัตว์ป่าอื่น ๆ ที่อาศัยอยู่ในป่าเป็นจำนวนมาก การสูญเสียที่อยู่อาศัยเพิ่มเติมและการเสียชีวิตโดยตรงของนก มีแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นในอนาคตอันใกล้ อันเป็นผลมาจากการก่อสร้างสายไฟฟ้าเพื่อตอบสนองความต้องการพลังงานในประเทศไทย ซึ่งคาดว่าจะเพิ่มขึ้น 78% ระหว่างปี 2017 - 2036 (IRENA, 2017)

ในที่นี้

เราทำการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ที่ง่ายเกี่ยวกับศักยภาพของสายไฟฟ้าที่ได้วางแผนไปยังพื้นที่ที่มีความสำคัญเป็นพิเศษก่อนในประเทศไทย

วิธีการ

เราวางทับเส้นเขตพื้นที่นกและความหลากหลายทางชีวภาพที่สำคัญ (IBAs) ซ้อนลงไปในเส้นทางของสายไฟฟ้าที่ได้วางแผนไว้ในประเทศไทย เขตนกและความหลากหลายทางชีวภาพที่สำคัญ (IBAs) เป็นพื้นที่ ที่ถือว่ามีความสำคัญสำหรับการดำรงชีวิตในระยะยาวของประชากรนกที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ โดยพิจารณาจากการปรากฏตัวของสายพันธุ์ที่ถูกคุกคาม การถูกจำกัดขอบเขต และอยู่ร่วมกันทั่วโลก เรามุ่งเน้นที่ความหลากหลายทางชีวภาพที่สำคัญ (IBAs) มากกว่า KBA ทั่วไป เนื่องจากเราสนใจเป็นพิเศษสำหรับผลกระทบต่อนก ซึ่งมีความอ่อนไหวสูงต่อการกระทบจากสายไฟฟ้า (ดูภาคผนวก 4) เราได้รับข้อมูลเชิงพื้นที่เกี่ยวกับเขตนกและความหลากหลายทางชีวภาพที่สำคัญ (IBAs) จากองค์กรอนุรักษ์นกสากล (BLI) (BLI, 2020)

เราไม่สามารถรับข้อมูลเชิงพื้นที่โดยตรงจากรัฐบาลเพื่อการประเมินอย่างรวดเร็วได้ ดังนั้น เราจึงแปลงเส้นทางสายไฟฟ้าที่ได้วางแผนไว้แบบดิจิทัลจากแผนที่ในแผนพัฒนาไฟฟ้าของประเทศไทยฉบับล่าสุด (Energy Policy and Planning Office, 2019) โดยใช้ข้อมูลที่ให้ไว้ในแผนปี 2018 ซึ่งเราจัดประเภทสายไฟฟ้าที่ได้วางแผนไว้แต่ละสายเป็นโครงการก่อสร้างใหม่ (กล่าวคือ สายไฟฟ้าที่ไม่เป็นไปตามเส้นทางสายไฟฟ้าที่มีอยู่) หรือการปรับปรุง (เช่น สายไฟฟ้าใหม่ที่เพิ่มจากสายไฟฟ้าเดิมที่มีอยู่) นอกจากนี้ เรายังจำแนกแต่ละโครงการเป็น โครงการที่กำลังก่อสร้าง หรือโครงการในอนาคตที่ยังไม่ได้เริ่มต้น (ตามที่ประกาศในแผนของประเทศไทยในเดือนเมษายน 2019)

เรากำหนดขอบเขตของการขยายโครงข่ายไฟฟ้าที่วางแผนไว้ โดยการคำนวณความยาวทั้งหมดของสายไฟฟ้าที่วางแผนตามประเภทโครงการ (ใหม่หรือการปรับปรุง) และตามสถานะโครงการ (อยู่ระหว่างการก่อสร้างหรือโครงการในอนาคต) เราคำนวณความยาวของสายไฟฟ้าซึ่งตัดกับเขตนกและความหลากหลายทางชีวภาพที่สำคัญ (IBAs) เพื่อวัดความเป็นไปได้ที่จะเกิดอันตรายต่อประชากรนก เนื่องจากเส้นทางการส่งกระแสไฟฟ้าบางเส้นทาง มีสายไฟฟ้านานหลายเส้น เราจึงคำนวณทั้งความยาวของเส้นทาง และความยาวของวงจร โดยส่วนหลังจะพิจารณาทั้งระยะทางความยาวเส้นทาง และจำนวนสายไฟฟ้าคู่ขนานตลอดเส้นทาง

ผลลัพธ์

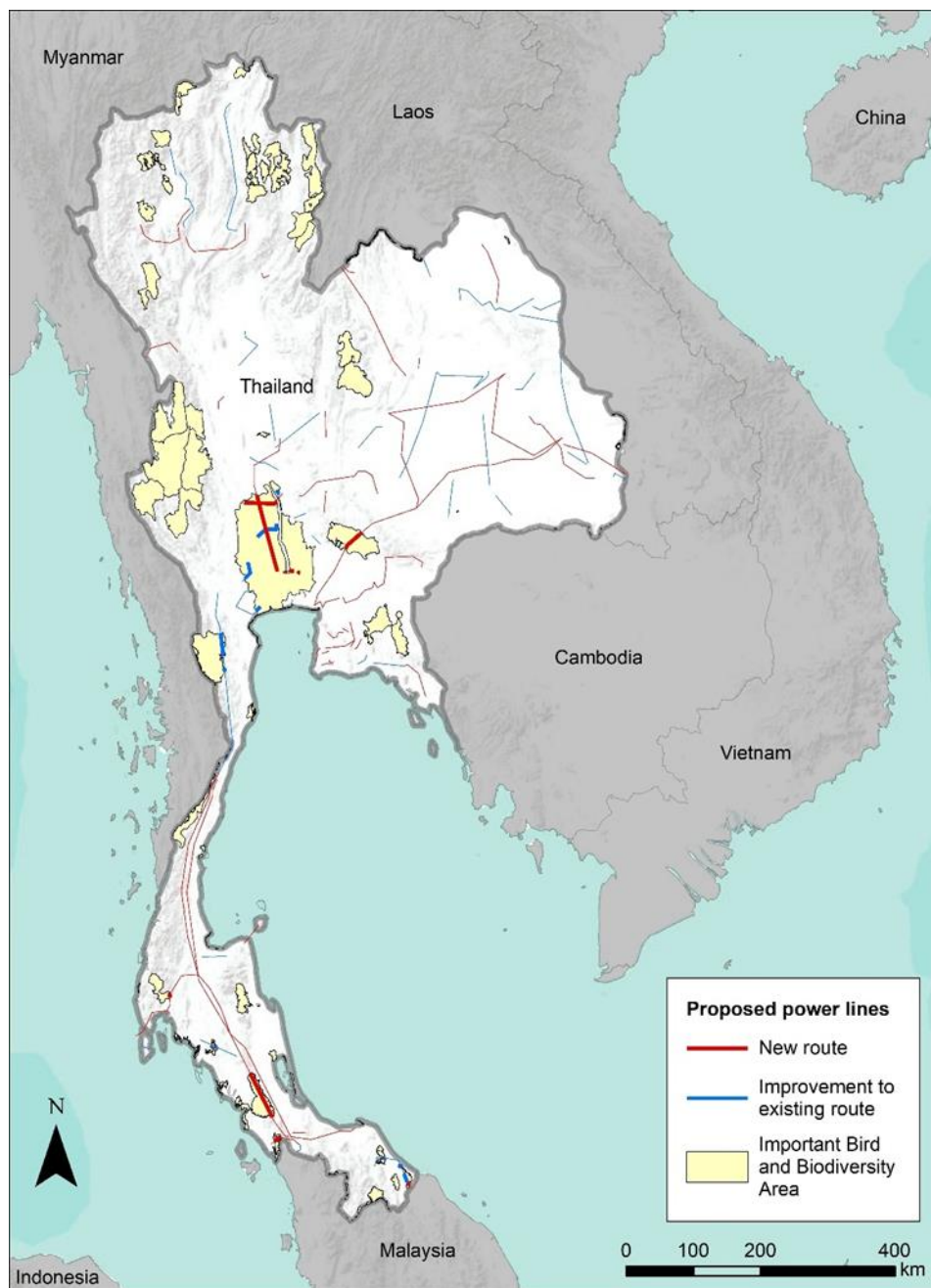
สายไฟฟ้าที่มีความยาวเส้นทางรวม 7,026 กม. และความยาววงจร 12,718 กม. จะเพิ่มเข้าไปในโครงข่ายไฟฟ้าภายในปี 2037 ภายใต้แผนพัฒนาไฟฟ้าของประเทศไทย (ตารางที่ 14, ภาพที่ 16) ความยาวที่เพิ่มขึ้นของเส้นทางที่คาดการณ์ไว้นี้ ประมาณ 65% จะประกอบด้วยสายไฟฟ้าที่สร้างขึ้นตามเส้นทางใหม่ ในขณะที่อีก 35% ที่เหลือจะประกอบด้วยสายไฟฟ้าที่เพิ่มตามเส้นทางที่มีอยู่ (อย่างเช่น การปรับปรุง) ในเดือนเมษายน ปี 2019 ความยาวเส้นทาง 73% และความยาววงจรของสายไฟฟ้า 81% นั้นอยู่ระหว่างการก่อสร้างแล้ว

สายไฟฟ้าที่ได้วางแผนไว้จะตัดผ่านเขตนกและพื้นที่ความหลากหลายทางชีวภาพที่สำคัญ (IBAs) ในประเทศไทย 9 แห่ง บูด-สุโขทัย ปัตติภูมิพระเกียรติ แก่งกระจาน เขาบรทัด เขานอร์ชชี เขาใหญ่ แอ่งกลางตอนล่าง ทะเลบัน และเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าโดนปริวรรต (ภาพที่ 16) ความยาวเส้นทางทั้งหมดของสายไฟฟ้าที่ได้วางแผนไว้ ประมาณ 468 กม. (6.7%) จะตัดผ่านเขตนกและความหลากหลายทางชีวภาพที่สำคัญ (IBAs) และสถิติเหล่านี้จะสูงขึ้นเมื่อพิจารณาความยาวของวงจร (880 กม. คิดเป็น 6.9%) เขตนกและความหลากหลายทางชีวภาพที่สำคัญ (IBAs) ที่มีสายไฟฟ้าที่วางแผนไว้ตัดผ่าน ส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในคาบสมุทรทางใต้ของประเทศไทย หรือกรุงเทพฯ และปริมณฑล แม้ว่าสายไฟฟ้าที่วางแผนบางเส้นจะตัดผ่านเขตนก และความหลากหลายทางชีวภาพที่สำคัญ (IBAs) โดยตรง แต่เส้นที่วิ่งใกล้พรมแดนของพื้นที่ IBAs นั้นพบได้โดยทั่วไปมากกว่า

ตารางที่ 14 ความยาวของ สายไฟฟ้าที่วางแผนในประเทศไทย และภายในเขตนกและความหลากหลายทางชีวภาพที่สำคัญ (IBAs)

ตารางที่ 14 ความยาวของสายไฟฟ้าที่วางแผนในประเทศไทย และภายในเขตนกและความหลากหลายทางชีวภาพที่สำคัญ (IBAs) ความยาววงจร คือ ความยาวเส้นทางคูณด้วยจำนวนสายไฟฟ้าคู่ขนานตลอดเส้นทาง			
สายไฟฟ้าทั้งหมด	สายไฟฟ้าภายในพื้นที่ที่มีความสำคัญต่อเขตนกและความหลากหลายทางชีวภาพที่สำคัญ (IBAs)		% ในพื้นที่ IBAs

ความยาวของเส้นทาง (กม.)	ใหม่	4,579	315	6.9
	การปรับปรุง	2,448	153	6.2
	แผนในอนาคต	1,902	53	2.8
	อยู่ระหว่างการก่อสร้าง	5,124	415	8.1
	ทุกประเภท	7,026	468	6.7
ความยาววงจร (กม.)	ใหม่	9,291	660	7.1
	การปรับปรุง	3,427	221	6.4
	แผนในอนาคต	2,443	72	2.9
	อยู่ระหว่างการก่อสร้าง	10,275	809	7.9
	ทุกประเภท	12,718	880	6.9



ภาพที่ 16 แสดงสายไฟฟ้าที่ได้วางแผนไว้ และเขตพื้นที่นกและความหลากหลายทางชีวภาพที่สำคัญ (IBAs) ในประเทศไทย เส้นหนาแสดงถึงส่วนของสายไฟฟ้าที่ได้วางแผนไว้ ที่จะทอดผ่านกับเขตพื้นที่นกและความหลากหลายทางชีวภาพที่สำคัญ (IBAs)

การอภิปราย

แผนการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย เรียกร้องให้มีการขยายโครงข่ายไฟฟ้าของประเทศอย่างมาก รวมถึงในพื้นที่ที่มีความสำคัญต่อการอนุรักษ์ และอนุกรมวิธานอื่น ๆ หากมีการสร้างสายส่งไฟฟ้าที่วางแผนทั้งหมด โดยจะคิดเพิ่มขึ้น 38% จากความยาวรวมของโครงข่ายไฟฟ้าแห่งชาติ ณ เดือนมีนาคม 2017 (IRENA, 2017) การขยายที่วางแผนส่วนใหญ่ จะเกี่ยวข้องกับการสร้างเส้นทางใหม่ (พร้อมกับการสร้างถนนที่เกี่ยวข้อง

การแผ้วถางพืชพรรณ การเคลื่อนย้ายหน้าดิน ฯลฯ) มากกว่าการปรับปรุงเส้นทางที่มีอยู่ ดังนั้น โอกาสที่จะรบกวนต่อที่อยู่อาศัยที่สมบูรณ์จึงมีความสำคัญมาก

เขตพื้นที่นกและความหลากหลายทางชีวภาพที่สำคัญ (IBAs) 4 แห่ง

มีศักยภาพสูงเป็นพิเศษที่จะทำอันตรายต่อจำนวนของนก

อันเนื่องมาจากขอบเขตของการพัฒนาสายไฟฟ้าที่ได้วางแผนไว้ในพื้นที่เหล่านี้ อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่

อยู่ห่างจากกรุงเทพฯ ไปทางตะวันออกเฉียงเหนือประมาณ 100 กม.

เป็นอุทยานแห่งชาติที่ใหญ่เป็นอันดับสามของประเทศไทย และยังมีพื้นที่ป่าถึง 80% เป็นส่วนหนึ่งของผืนป่าดงพญาเย็น-

เขาใหญ่ ซึ่งเป็นแหล่งมรดกโลกทางธรรมชาติ เขาใหญ่เป็นหนึ่งในสถานที่รับลมหนาวเพียงที่เป็นที่รู้จัก

ซึ่งสถานที่สำหรับนกออริโอลเงินที่ถูกคุกคามระดับโลก และเป็นที่อยู่ของนกสายพันธุ์อื่น ๆ อีกหลายชนิดที่ใกล้สูญพันธุ์

หรือเสี่ยงภัยทั่วโลก รวมถึงนกเงือกสีน้ำตาล นกเงือกใหญ่ นกอ้ายจั่ว นกกระทุง นกชุมพวง และนกโกโรโกโส (BLI, 2021a;

IUCN and UNEP, 2017) สายไฟฟ้าใหม่ที่ได้วางแผนไว้มีความยาว 34 กม. และมีวงจรยาว 68 กม.

ได้แบ่งอุทยานแห่งชาติแห่งนี้ออกเป็นสองส่วนด้วยกัน

เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาบรรทัดในคาบสมุทรทางใต้ของประเทศไทย

เป็นพื้นที่เนินเขาหินปูนที่ปกคลุมไปด้วยป่าดิบชื้น เขตนก และความหลากหลายทางชีวภาพที่สำคัญ (IBAs) นี้

ปกป้องเหยี่ยวหงอนสีน้ำตาลทองขาวที่ถูกคุกคามระดับโลก และจำนวนอีก 32 สายพันธุ์ที่ใกล้ถูกคุกคามทั่วโลก

รวมถึงนกเงือกปากขนและนกโพระดกกลางเหลือง (BLI, 2021c) สายไฟฟ้าใหม่ที่ได้วางแผนไว้ที่มีความยาวเส้นทาง 73 กม.

และวงจรยาว 146 กม. จะตัดผ่านเขตพื้นที่นกและความหลากหลายทางชีวภาพที่สำคัญ (IBAs)

นี้ใกล้กับชายแดนด้านตะวันออก

ลุ่มแม่น้ำกลางตอนของเขตพื้นที่นกและความหลากหลายทางชีวภาพที่สำคัญ (IBAs)

ประกอบด้วยลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนกลาง รวมทั้งกรุงเทพฯ พื้นที่นี้

ครั้งหนึ่งเคยถูกปกคลุมไปด้วยหนองน้ำตามธรรมชาติ แต่ได้รับการดัดแปลงเป็นพื้นที่เพาะปลูกข้าวเป็นส่วนใหญ่

และมีความหนาแน่นของประชากรมนุษย์สูง แม้ว่าจะมีพื้นที่เพียงเล็กน้อย

ที่ได้รับการคุ้มครองให้เป็นพื้นที่ปลอดการล่าสัตว์ เขตพื้นที่นกและความหลากหลายทางชีวภาพที่สำคัญนี้

ให้การป้องกันนกมากกว่า 20,000 ตัว และปกป้องนกชนิดต่าง ๆ ที่ถูกคุกคามในระดับโลก รวมทั้งนกอินทรีปีกกลาย

นกอินทรีหัวโหลขาว นกกระทุง และนกคละกรม (BLI, 2021d) สายไฟฟ้าใหม่ที่ได้วางแผนไว้มีความยาว 184 กม.

และมีสายวงจรยาว 398 กม. ภายในลุ่มแม่น้ำกลางตอนล่าง พร้อมกับการปรับปรุงความยาวเส้นทาง 85 กม.

และความยาวสายวงจร 113 กม.

อุทยานแห่งชาติแก่งกระจานตั้งอยู่ริมชายแดนพม่าทางตะวันตกเฉียงใต้ของกรุงเทพฯ

ซึ่งเป็นอุทยานแห่งชาติที่ใหญ่ที่สุดในประเทศไทย

และยังเป็นส่วนหนึ่งของป่าแก่งกระจานที่ได้รับการวางแผนเพื่อขึ้นทะเบียนให้เป็นมรดกโลกทางธรรมชาติอีกด้วย

เขตนกและความหลากหลายทางชีวภาพที่สำคัญ (IBAs) นี้ ประกอบไปด้วยป่าดิบแล้ง

และกึ่งป่าดิบชื้นที่กว้างขวางในภูมิภาคที่เป็นภูเขาของเทือกเขาตะนาวศรี

และมีจำนวนนกที่ถูกบันทึกได้มากที่สุดในพื้นที่เดียวในประเทศไทย มีนกที่ถูกคุกคามจากทั่วโลกอย่างน้อย 5 สายพันธุ์

(นกเงือกกรมช้างปากเรียบ นกกระเด็นน้อยแถบออกดำ นกเล้าหน้าผากขาว นกขมิ้นขาว และนกเดินดงดอกเทา)

ซึ่งเกิดขึ้นในแก่งกระจาน และอีก 25 ชนิดทั่วโลกที่ใกล้ถูกคุกคาม (BLI, 2021b) การปรับปรุงสายไฟฟ้าที่ได้วางแผนไว้

โดยมีความยาวเส้นทาง 40 กม. และสายวงจรยาว 80 กม. จะวิ่งผ่านเขตนกและความหลากหลายทางชีวภาพที่สำคัญนี้

ซึ่งใกล้กับชายแดนด้านตะวันออก

การพัฒนาสายไฟฟ้าในประเทศไทยยังมีศักยภาพที่จะส่งผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพที่ไม่ใช่คน
เขตนกและความหลากหลายทางชีวภาพที่สำคัญ (IBAs) ที่จะถูกคัดผ่านโดยสายไฟฟ้า
จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วยนมราชสีห์ที่ถูกคุกคามจาก IUCN จำนวนมาก เช่น ช้างเอเชีย กระต๊อ เสือ
เสือดำลายเมฆ แมวทองเอเชีย หม่าใน เต่ายักษ์เอเชีย ลิงกังหางหมู ชะนีมงกุฏ และ แม่นเอเซียตะวันออก สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม
และสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ ในบัญชีรายชื่อสัตว์ที่ถูกคุกคาม เช่น เต่ายักษ์เอเชีย ปาเตะปุมจันทบุรี และลางคกชุกรินาม
ที่อยู่ในเขตนกและความหลากหลายทางชีวภาพที่สำคัญ สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม
และค้างคาวที่อาศัยอยู่บนต้นไม้อาจมีความอ่อนไหวต่อกรณีไฟฟ้าช็อตจากสายไฟฟ้า และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม
สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมและสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ ที่อาศัยอยู่บนพื้นดินอาจประสบกับการสูญเสียแหล่งที่อยู่อาศัย
และการแยกส่วนที่เกี่ยวข้องกับการแผ้วถางพืชพันธุ์ในพื้นที่ของสายไฟฟ้า (ดูภาคผนวก 4)
การแตกหักของชั้นเรือนยอดไม้ที่เกิดจากการสร้างสายไฟฟ้า ยังอาจส่งผลกระทบต่อพื้นที่ของพรรณไม้ไปด้วย
อีกทั้งอาจสร้างความเสียหายโดยเฉพาะอย่างยิ่งต่อสัตว์หลายชนิด เช่น ชะนีที่อาศัยบนต้นไม้
ซึ่งพวกมันไม่เคยลงมาที่พื้นบนเพื่อข้ามไปยังพื้นที่อื่น กรณีไม่มีเรือนยอดไม้แล้ว

เราเลือกที่จะมุ่งเน้นไปที่ผลกระทบของสายไฟฟ้าที่มีต่อพื้นที่ IBA
เนื่องจากพื้นที่เหล่านี้มีคุณค่าต่อการอนุรักษ์และอนุกรมวิธานอื่น ๆ สูงมากและเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป อย่างไรก็ตาม
สายไฟฟ้าใหม่หรือสายไฟฟ้าที่ได้รับการปรับปรุงภายนอกพื้นที่ IBA
จะส่งผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพด้วยเช่นกัน ประเทศไทยอยู่ในเส้นทางบินเอเชียตะวันออก-ออสเตรเลีย
ซึ่งมีนกอพยพหลายล้านตัวที่เดินทางระหว่างแหล่งผสมพันธุ์ในพื้นที่อาร์กติก
และพื้นที่ที่ฤดูหนาวในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และออสเตรเลีย นกที่อพยพเข้ามาในประเทศไทย
อาจพบเห็นและได้รับบาดเจ็บจากสายไฟฟ้าใหม่ รวมทั้งที่อยู่ระหว่างจุดแวะพักซึ่งอยู่นอกพื้นที่ IBAs

มีทางออกหลากหลายในการลดผลกระทบของสายไฟฟ้าที่มีต่อนกและสัตว์ชนิดอื่น ๆ
ควรมีการเปลี่ยนเส้นทางสายไฟฟ้าอย่างเหมาะสม โดยให้หลีกเลี่ยงพื้นที่
ที่ไม่สามารถยอมรับถึงผลกระทบต่อสายพันธุ์สัตว์ได้ เช่น หลีกเลี่ยงพื้นที่คุ้มครองและแหล่งที่อยู่อาศัยที่สำคัญ
การฝังสายไฟฟ้าไว้ใต้ดินอาจเป็นวิธีที่ดีกว่า ในกรณีที่ไม่สามารถดำเนินการเปลี่ยนเส้นทางสายไฟฟ้าได้(Silva et al.,
2014) ซึ่งหากมีความจำเป็นต้องหลีกเลี่ยงการเสียชีวิตของนกจากไฟฟ้าช็อตและการชนกัน ถึงแม้ว่าจะมีค่าใช้จ่ายสูง
และยังมีผลกระทบต่อสายพันธุ์นกในระหว่างขั้นตอนการก่อสร้างก็ตาม
ในกรณีที่ไม่สามารถเปลี่ยนเส้นทางหรือฝังสายไฟฟ้าใต้ดินได้ จะมีการใช้มาตรการบรรเทาผลกระทบหลายประเภท
เพื่อลดอัตราการเสียชีวิตของนก มาตรการที่ป้องกันไม่ให้ชนเกาะบนสายไฟฟ้า (เช่น
อุปกรณ์ป้องกันนกแบบกระจกหมุนรอบ อุปกรณ์ป้องกันนกมิให้เกาะ และอุปกรณ์แบบหนามแหลมกันนก)
มาตรการที่ป้องกันการสัมผัสกับสายไฟฟ้า (เช่น ฝาครอบฉนวน และการกำหนดค่าสายไฟฟ้าใหม่)
และมาตรการที่เพิ่มการมองเห็นของสายไฟเพื่อลดการชนกัน (เช่น
ตัวเปลี่ยนเส้นทางการบินและการทำเครื่องหมายที่สายไฟฟ้า) มาตรการเหล่านี้มีประสิทธิผลแตกต่างกันออกไป
แต่บางมาตรการสามารถลดอัตราการเสียชีวิตได้มากถึง 91% (Barrientos et al., 2012; Dixon et al., 2018,
2019)และมาตรการหลายแบบก็มีต้นทุนค่อนข้างต่ำ และติดตั้งง่ายในทางเทคนิค(Mahood, 2021)
มาตรการคลี่คลายผลกระทบเพื่อลดการเสียชีวิตของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม
จากสายไฟฟ้าที่เชื่อมต่อไปตามแหล่งที่อยู่อาศัยก็มีให้เช่นกัน เช่น
โล่หีโลหะบนเสาไฟฟ้าเพื่อป้องกันไม่ให้สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมไปถึงยอดเสาได้

เส้นทางของสายไฟฟ้าใช้ในการวิเคราะห์ของเรา ประสบกับความไม่ถูกต้องเชิงพื้นที่ในระดับหนึ่ง
เนื่องจากถูกแปลงเป็นดิจิทัล จากแผนที่ระดับประเทศ

ซึ่งอาจส่งผลต่อข้อสรุปเกี่ยวกับการสร้างคัดผ่านกับพื้นที่เขตนกและความหลากหลายทางชีวภาพที่สำคัญ
ปัญหานี้รุนแรงที่สุดในพื้นที่ที่วางแผน
เส้นทางสายไฟฟ้าที่ได้วางแผนไว้ใกล้กับชายแดนของพื้นที่เขตนกและความหลากหลายทางชีวภาพที่สำคัญ
และข้อผิดพลาดเชิงพื้นที่เล็กน้อยอาจบ่งชี้ได้ว่า ไม่มีการทับซ้อนกันแต่อย่างใด
โดยเฉพาะอย่างยิ่งเส้นทางที่ได้รับการออกแบบโดยตั้งใจให้วิ่งนอกเขตพื้นที่คุ้มครอง ด้วยเหตุผลนี้
การวิเคราะห์ระดับประเทศของเราจึงเหมาะสมที่สุด ด้วยการเป็นเครื่องมือคัดกรองเบื้องต้น
และควรพิจารณาการวิเคราะห์ระดับโครงการปลีกย่อยในพื้นที่ที่การวิเคราะห์ของเราแนะนำจุดคัดกับพื้นที่เขตนกและค
วามหลากหลายทางชีวภาพที่สำคัญ อย่างไรก็ตาม เราทราบว่า สายไฟฟ้าที่อยู่ใกล้พื้นที่
แต่มีใ้ได้อยู่ในพื้นที่เขตนกและความหลากหลายทางชีวภาพที่สำคัญ
ก็มีเป็นไปได้ที่จะส่งผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพ
โดยเฉพาะอย่างยิ่งสายพันธุ์นกที่มีพฤติกรรมย้ายถิ่นฐานสูง ซึ่งมักจะย้ายถิ่นฐานข้ามพรมแดนของพื้นที่ IBA ออกไป

อุปการ

รายงานฉบับนี้ จัดทำโดย Mat Bell (WTI), Tyler Creech (CLLC), Rob Ament (CLLC/WTI), Grace Stonecipher (CLLC) และ Tony Clevenger (WTI) ชัยธัญญา ฤกษ์ (ที่ปรึกษานักชีววิทยาสัตว์ป่า ประเทศอินเดีย) และเพชร มโนปวิทย์ (ที่ปรึกษานักวิทยาศาสตร์ด้านการอนุรักษ์ของประเทศไทย) ส่วนมีส่วนร่วมในรายงานฉบับนี้เช่นกัน

บทวิเคราะห์ที่ 6 ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากถนนลาดยาง

และทางรถไฟที่วางแผนไว้ในประเทศมองโกเลียต่อลาปามองโกเลีย และ ละมั่งหางดำ

ระบบนิเวศแห่ง Gobi Steppe ทางตะวันออกเฉียงใต้ของมองโกเลีย

เป็นระบบนิเวศที่สมบูรณ์ที่สุดแห่งหนึ่งสำหรับสัตว์กินพืชที่อพยพ (Ito et al., 2013; Joly et al.,

2019)และเป็นที่อยู่อาศัยของจำนวนประชากรสัตว์ที่ใหญ่ที่สุดของ ทั้งลาปามองโกเลีย และ ละมั่งหางดำ(Buuveibaatar et al.,

2017) จำนวนประชากรลาปามองโกเลียในทางตะวันออกเฉียงใต้ของมองโกเลีย

เป็นสายพันธุ์ที่มีการเดินทางโดยมีระยะทางสะสมต่อปีสูงที่สุดสายพันธุ์หนึ่ง โดยมากถึง 6,145 กม./ปี(Joly et al., 2019) แม้ว่า

ทั้งลาปามองโกเลีย และละมั่งหางดำ จะมีการอพยพ แต่ก็ไม่จำเป็นต้องเดินทางตามเส้นทางเดียวกันในแต่ละฤดูกาล

ในทางกลับกัน การย้ายถิ่นของพวกมันเป็นแบบเรื้อรังมากกว่า โดยขึ้นอยู่กับกลิ่นคาวของอาหารสัตว์ที่มีคุณภาพ

และถูกขับเคลื่อนด้วยสภาพอากาศที่ผันผวนไปมา(Batsaikhan et al., 2014) มีการระบุว่า ละมั่งหางดำ

มีความเสี่ยงในรายชื่อสัตว์ที่ถูกคุกคาม ประเภทเกือบอยู่ในข่ายใกล้สูญพันธุ์ โดย IUCN ในขณะที่ลาปามองโกเลีย

ระบุว่าใกล้สูญคุกคาม และทั้งสองสายพันธุ์ยังได้รับการอนุรักษ์ผ่านอนุสัญญาว่าด้วยชนิดพันธุ์สัตว์อพยพ

ผลกระทบจากมนุษย์ ส่งผลต่อการลดจำนวนประชากรของทั้งสองสายพันธุ์ลงอย่างมากในประวัติศาสตร์

ทำให้ระบบนิเวศแบบ Gobi Steppe เป็นภูมิทัศน์ที่สำคัญอย่างยิ่งสำหรับการอนุรักษ์ไว้(Wingard et al., 2014a)

อย่างไรก็ตาม ความสมบูรณ์ของระบบนิเวศแบบ Gobi Steppe

ได้ถูกคุกคามโดยการขยายเครือข่าย โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ของมองโกเลีย

มีการวางแผนหรืออยู่ระหว่างการก่อสร้างทางรถไฟจำนวนมาก เพื่อเพิ่มการเข้าถึงพื้นที่ที่สกัดแร่และเชื้อเพลิงฟอสซิล

ขณะที่ถนนลาดยางใหม่ก็กำลังดำเนินไป เพื่อเชื่อมต่อศูนย์กลางประชากร

และอำนวยความสะดวกในการเคลื่อนย้ายผู้คนและสินค้า(Batsaikhan et al., 2014) เมื่อมีการสร้างโครงสร้างพื้นฐานใหม่

มักจะส่งผลกระทบต่อภูมิทัศน์ การแบ่งแยกที่อยู่อาศัยของสัตว์กินพืช และสร้างอุปสรรคต่อการเดินทาง(Ito et al., 2013)

การศึกษาที่ผ่านมาพบว่า ลาปามองโกเลียได้รับผลกระทบจากทางรถไฟโดยเฉพาะ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะมีรั้วล้อมรอบ

งานวิจัยชิ้นหนึ่งพบว่า ทางรถไฟสายทรานส์มองโกเลีย ในมองโกเลียตะวันออก

เป็นอุปสรรคอย่างมากในการเดินทางของสัตว์เท้ากีบ

โดยแยกจำนวนของลาปามองโกเลียออกจากที่อยู่อาศัยที่เหมาะสมเพิ่มเติม ซึ่งอยู่ไกลออกไปทางตะวันออก(Kaczensky et

al., 2011) ยิ่งไปกว่านั้น การจำกัดการเดินทางของสัตว์เท้ากีบในมองโกเลียตอนใต้ คือ พรมแดนระหว่างมองโกเลียและจีน

ซึ่งมีการปิดล้อมรั้วไว้เกือบทั้งหมด(Linnell et al., 2016) ในที่สุด นอกเหนือจากการแยกที่อยู่อาศัย

และการจำกัดการย้ายถิ่นของสัตว์ การเข้าถึงของมนุษย์ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งอำนวยความสะดวกโดยโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น

(LI) อาจนำไปสู่แรงกดดันเพิ่มเติมจากการรบกวน(Kaczensky et al., 2006)หรือการเพิ่มจำนวนของมนุษย์ที่สูงขึ้น

โดยทำให้สัตว์กินนมจะหลีกเลี่ยง(Batsaikhan et al., 2014)

ในที่นี้ เราทำการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ เพื่อแสดงผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่วางแผนไว้

กับช่วงพื้นที่อยู่อาศัย และการย้ายถิ่นของกลุ่มตัวอย่างที่เป็นลาปามองโกเลีย และละมั่งหางดำในมองโกเลียตอนใต้

วิธีการ

เราได้รับข้อมูลจากเครื่องโทรมาตรที่ติดตามลาปามองโกเลียจำนวน 20 ตัว และละมั่งหางดำอีก 20 ตัว

จากโครงการสมาคมอนุรักษ์สัตว์ป่าของมองโกเลีย

พร้อมด้วยข้อมูลเชิงพื้นที่เกี่ยวกับถนนลาดยางทั้งที่วางแผนไว้และที่มีอยู่แล้ว ทางรถไฟที่อยู่ในการวางแผน

ทางรถไฟอยู่ระหว่างการก่อสร้างและทางรถไฟในปัจจุบัน

สัตว์ที่ติดปลอกคอถูกจัดให้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยที่ตรวจสอบการใช้แหล่งที่อยู่อาศัยในพื้นที่ที่มีการจัดการที่ดี

น และความเข้มข้นในการพัฒนาที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้น
จึงไม่ใช่ตัวอย่างที่เป็นตัวแทนจากทั่วทั้งกลุ่มลาปามองโกเลีย หรือละมั่งหางดำ
เรานำข้อมูลที่มีบ่งบอกตำแหน่งที่เกี่ยวข้องกับจุดเริ่มต้น และจุดที่ถอดลอกคอของละมั่งออก

มีการสำรวจผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่มีอยู่และที่วางแผนไว้
ด้วยการติดลอกคอให้สัตว์เหล่านี้ ซึ่งแบ่งเป็น 2 วิธีด้วยกัน วิธีที่ 1

พิจารณาผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นต่อที่อยู่อาศัยของสัตว์กับเท้า

โดยการตรวจสอบการตัดผ่านของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) และช่วงที่อยู่อาศัย

เราเชื่อมช่วงที่อยู่อาศัยสำหรับสัตว์แต่ละชนิด โดยใช้รูปร่างประมาณความหนาแน่นของเคอร์เนล (KDE) 95% (Leonard,
2017) และคำนวณพื้นที่ช่วงที่อยู่อาศัย สำหรับลาปามองโกเลียนั้น เนื่องจากไม่มีพื้นที่ที่แน่นอนในจิน

ช่วงพื้นที่อยู่อาศัยจึงจำกัดอยู่เฉพาะพื้นที่ในมองโกเลียเท่านั้น จากนั้นเราวางข้อมูลโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)

บนพื้นที่บนรูปเหลี่ยมของพื้นที่อยู่อาศัยแต่ละอัน และคำนวณความยาวเฉลี่ยของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)

แต่ละประเภทในแต่ละช่วงของที่อยู่อาศัยสำหรับสัตว์ทั้ง 2 ชนิด เราได้สร้างการเชื่อมต่อสำหรับสัตว์แต่ละชนิด

เพื่อแสดงว่าช่วงที่อยู่อาศัยมีความทับซ้อนกันมากที่สุด และที่ซึ่งโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)

ที่วางแผนไว้อาจกีดเส้นทางของสัตว์ไม่ให้เข้าถึงบางส่วนของช่วงพื้นที่อาศัยของพวกเขา

จากนั้น เราตรวจสอบผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)

จากข้อมูลที่ได้จากการเชื่อมต่อสัตว์ที่ได้ปลอกคอ ด้วยการนับจำนวนครั้งที่สัตว์แต่ละตัวข้ามโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น

(LI) ที่มีอยู่และที่วางแผนไว้ มีการลงความเห็นเกี่ยวกับทางข้าม จากข้อมูลจากเครื่องโทรมาตรโดยสมมติว่า

เส้นทางการเดินทางเป็นเส้นตรงระหว่างจุดข้อมูลตำแหน่งที่เป็นไปอย่างต่อเนื่องกัน โดยเป็นระยะเวลาสูงสุด 8

ชั่วโมงระหว่างนั้น ในแต่ละครั้งที่เส้นทางของสัตว์แต่ละตัว ตัดผ่านกับโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)

เราจะนับเป็นจุดข้ามหนึ่งจุด นอกจากนี้เรา ยังได้สร้างแผนที่ตำแหน่งการข้ามเหล่านี้ เพื่อระบุพื้นที่ต่าง ๆ

ที่มีจำนวนการข้ามสูงเป็นพิเศษ

ผลลัพธ์

ละมั่งหางดำ

ละมั่งหางดำถูกติดตามเป็นเวลาเฉลี่ย 310 วัน จำนวน 13 ตัว มีช่วงระยะเวลาคงที่เฉลี่ยหนึ่งชั่วโมง และจำนวน 7 ตัว

เป็นระยะเวลา 30 นาที การบันทึกทั้งหมดเริ่มต้นในวันที่ 14 ค.ศ. 2018 (จำนวน 12 ตัว) หรือ 18 ค.ศ. 2018 (จำนวน 8 ตัว)

ระยะเวลาการติดตามที่สั้นที่สุดใช้เวลาเพียง 16 วัน สิ้นสุดในวันที่ 30 ค.ศ. 2018

ในขณะที่ระยะเวลาการติดตามที่ยาวที่สุดใช้เวลาถึง 485 วัน สิ้นสุดในวันที่ 2 พ.ย. 2020

ละมั่งหางดำ 20 ตัว อาศัยในพื้นที่แตกต่างกัน 2 แห่ง พื้นที่หนึ่งอยู่ทางใต้ใกล้กับชายแดนจีน

และอีกพื้นที่หนึ่งอยู่ทางตะวันออกเฉียงเหนือเล็กน้อย (ภาพที่ 17) โดยเฉลี่ย พื้นที่ถิ่นที่อยู่ของละมั่งหางดำมีเนื้อที่ 143,977

เฮกตาร์ (ha) ช่วงที่เล็กที่สุดคือ 677 เฮกตาร์ และใหญ่ที่สุดคือ 380,688 เฮกตาร์ (ตารางที่ 15)

การเปลี่ยนแปลงครั้งใหญ่ของขนาดที่อยู่อาศัยน่าจะมีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลงอย่างมากของระยะเวลาในการติดค

าม เนื่องจากสัตว์ที่ถูกติดตามเพียง 16 วันมีช่วงพื้นที่อยู่อาศัยที่เล็กที่สุด ระยะทางถนนปัจจุบันเฉลี่ย 21.5 กม.

ได้ทอดผ่านช่วงพื้นที่อยู่อาศัยแต่ละช่วง โดยมีระยะทางสูงสุด 130.5 กม. ที่ผ่านช่วงพื้นที่อาศัยของแต่ละกลุ่ม

ซึ่งทั้งหมดอยู่ในพื้นที่ทางใต้ ความหนาแน่นสูงสุดของช่วงพื้นที่อยู่อาศัย

โดยพื้นที่ที่ทับซ้อนเกิดขึ้นโดยตรงระหว่างถนนสองสายที่มีอยู่แล้ว การวางแผนถนนที่วางแผนไว้โดยเฉลี่ย 6.4

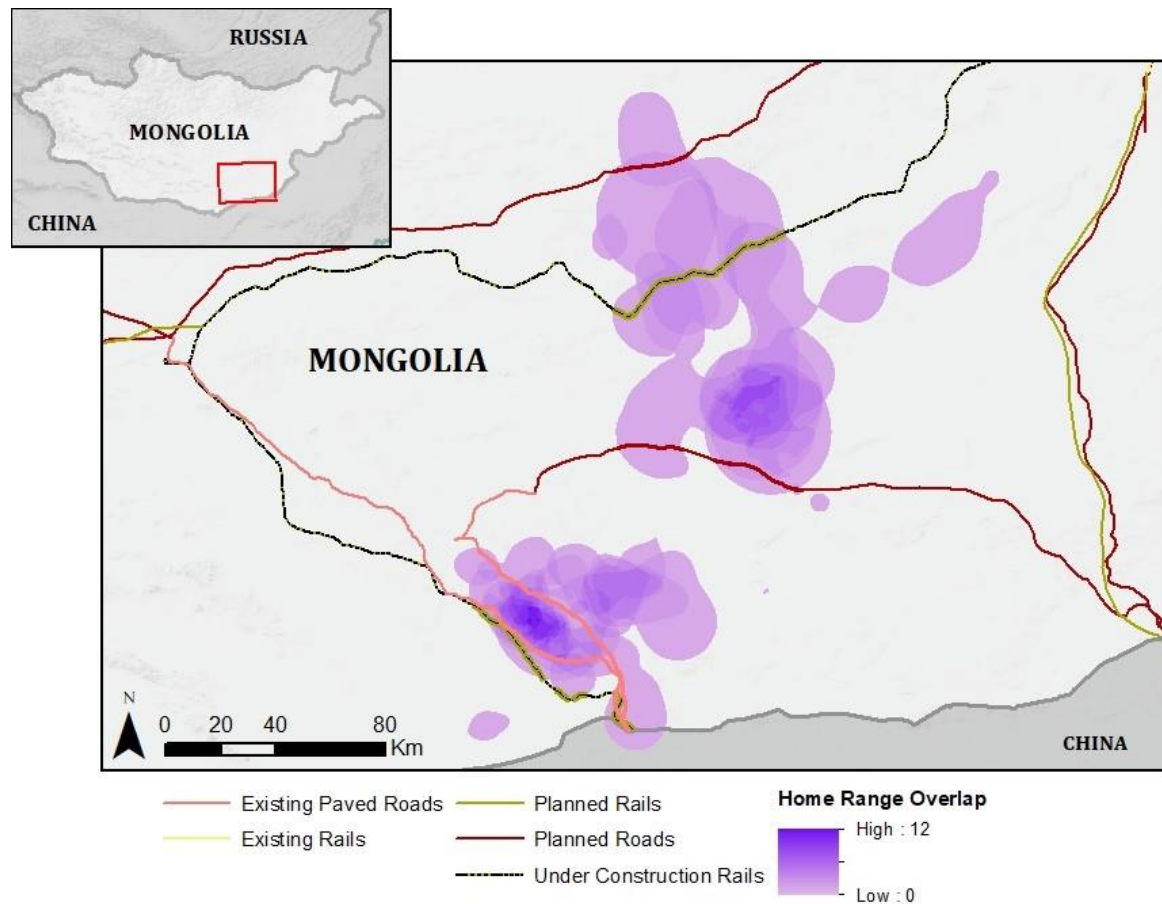
กม.ตัดผ่านกับช่วงพื้นที่อาศัยของละมั่งแต่ละแห่ง และทางรถไฟเฉลี่ย 13.43 กม.

อยู่ระหว่างการก่อสร้างในช่วงพื้นที่อยู่อาศัยของละมั่ง ไม่มีรางรถไฟที่วางแผนไว้หรือรางรถไฟปัจจุบัน
พาดผ่านทับซ้อนกับพื้นที่ของเหลาละมั่ง ช่วงที่อยู่อาศัยของละมั่งหนึ่งตัว ขยายข้ามพรมแดนไปยังประเทศจีน
เนื่องจากมีพื้นที่ปรับปรุงมากมายในประเทศจีน เราจึงเก็บข้อมูลการปรับปรุงเหล่านี้ไว้ในการวิเคราะห์ด้วย

ตารางที่ 15 โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ทับซ้อนกับพื้นที่ช่วงที่อยู่อาศัยของละมั่งหางดำ 20 ตัว แบ่งตามรูปแบบ

ตารางที่ 15 โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ทับซ้อนกับพื้นที่ช่วงที่อยู่อาศัยของละมั่งหางดำ 20 ตัว แบ่งตามรูปแบบ

ระยะทางที่ทับซ้อน						
	พื้นที่ (เฮกตาร์)	ถนนที่วางแผนสร้าง (กม.)	ทางรถไฟที่วางแผนสร้าง (กม.)	ทางรถไฟที่กำลังก่อสร้าง (กม.)	ถนนสายปัจจุบัน(กม.)	รถไฟสายปัจจุบัน (กม.)
เฉลี่ย	143,977	6.40	0	13.43	21.50	0
ขั้นต่ำ	677	0	0	0	0	0
สูงสุด	380,688	57.95	0	55.79	130.50	0



ภาพที่ 17 แสดงโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้นทับซ้อนกับช่วงที่อยู่อาศัยของละมั่งจำนวน 20 แห่ง เส้นหนา แสดงถึงโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ปัจจุบัน หรือที่วางแผนไว้ติดกับช่วงที่อยู่อาศัย

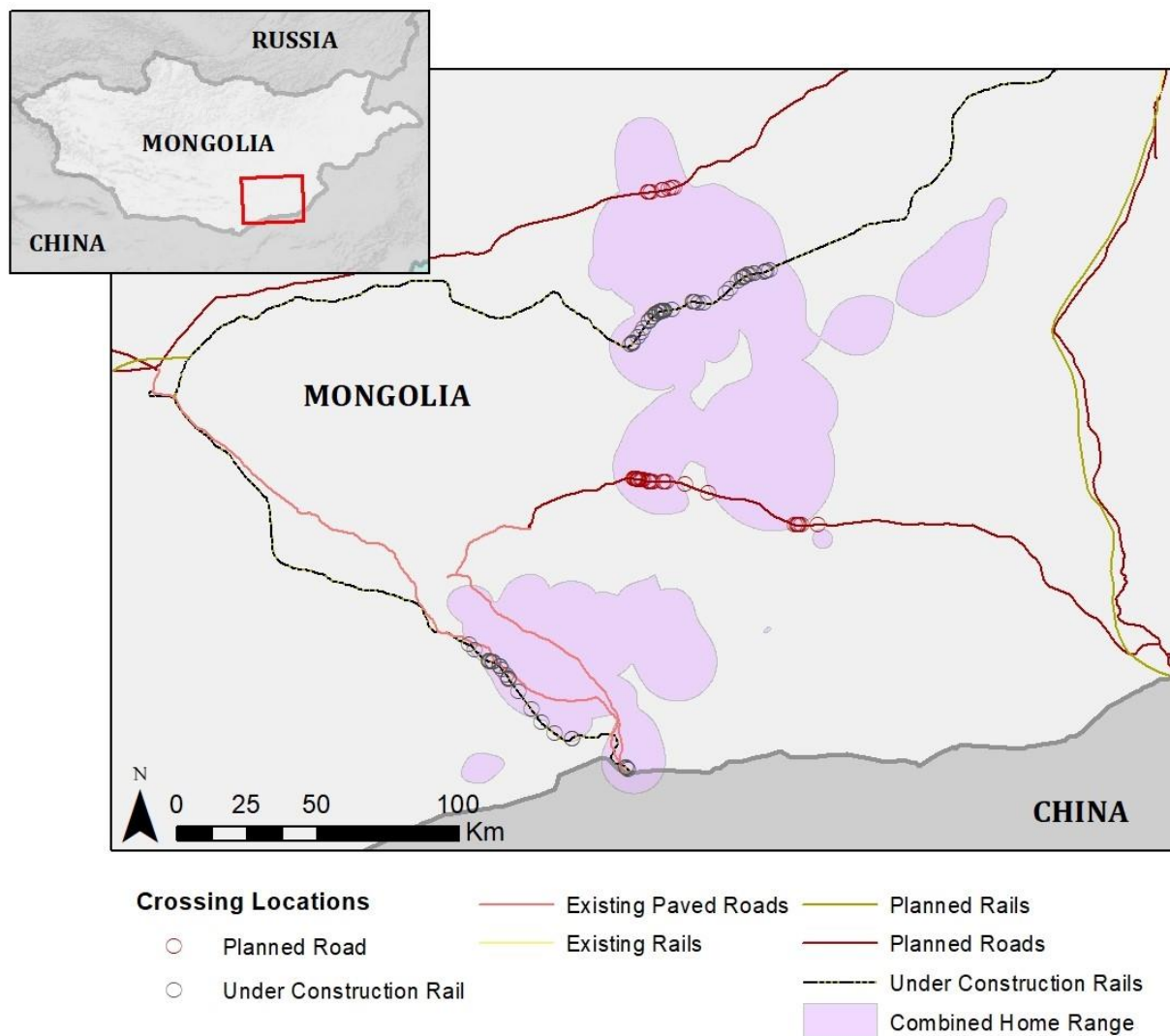
ละมั่งหางดำที่ถูกติดตามในการศึกษานี้ พวกมันได้ข้ามแนวถนนที่ได้วางแผนก่อสร้างไว้โดยเฉลี่ย 1.82 ครั้ง/ปี และไม่เคยข้ามแนวรางรถไฟที่ได้วางแผนก่อสร้างไว้เลย (ตารางที่ 16) พวกมันข้ามทางรถไฟที่กำลังก่อสร้างเฉลี่ย 3.8 ครั้ง/ปี ละมั่งไม่เคยข้ามทางรถไฟปัจจุบัน แต่พวกมันข้ามถนนสายปัจจุบันโดยเฉลี่ย 3.45 ครั้ง/ปี ละมั่งจำนวนครึ่งหนึ่งข้ามถนนที่วางแผนก่อสร้างไว้ หรือทางรถไฟที่อยู่ระหว่างก่อสร้าง อย่างน้อยหนึ่งครั้ง

จุดข้ามของละมั่งก่อนข้ามกระจุควัว ตามการวางแผนของถนนที่วางแผนไว้

และมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอมากขึ้นตามความยาวของทางรถไฟที่อยู่ระหว่างการก่อสร้าง (ภาพที่ 18)

ตารางที่ 16 อัตราการข้ามทางต่อปีตามประเภทของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ของละมั่งหางดำ 20 ตัว

อัตราการข้ามทาง (การข้ามทาง/ปี)					
	ถนนที่วางแผนก่อสร้างไว้	ทางรถไฟที่วางแผนไว้	ทางรถไฟที่วางแผนไว้ที่อยู่ระหว่างก่อสร้าง	ถนนสายปัจจุบัน	ทางรถไฟสายปัจจุบัน
เฉลี่ย	1.82	0	3.80	5.79	0
ขั้นต่ำ	0	0	0	0	0
สูงสุด	24.28	0	19.73	31.00	0



ภาพที่ 18 แสดงสถานที่ที่ละมั่งหางดำ 20 ตัวข้ามทางรถไฟและถนนที่วางแผนก่อสร้างไว้ และข้ามทางรถไฟที่อยู่ระหว่างการก่อสร้าง

ลาป่ามองโกเลีย

ลาป่ามองโกเลีย ถูกติดตามเพื่อการศึกษาโดยเฉลี่ย 623 วัน โดยมีช่วงระยะเวลาคงที่อยู่ที่ 1 ชั่วโมง การบันทึกทั้งหมดเริ่มต้นระหว่างวันที่ 23 ส.ค. 2013 ถึง 30 ส.ค. 2018 ระยะเวลาการติดตามที่สั้นที่สุดใช้เวลา 270 วัน โดยสิ้นสุดในวันที่ 26 พ.ค. 2014 และระยะเวลาการติดตามที่ยาวที่สุดใช้เวลา 727 วัน โดยสิ้นสุดในวันที่ 21 ส.ค. 2015

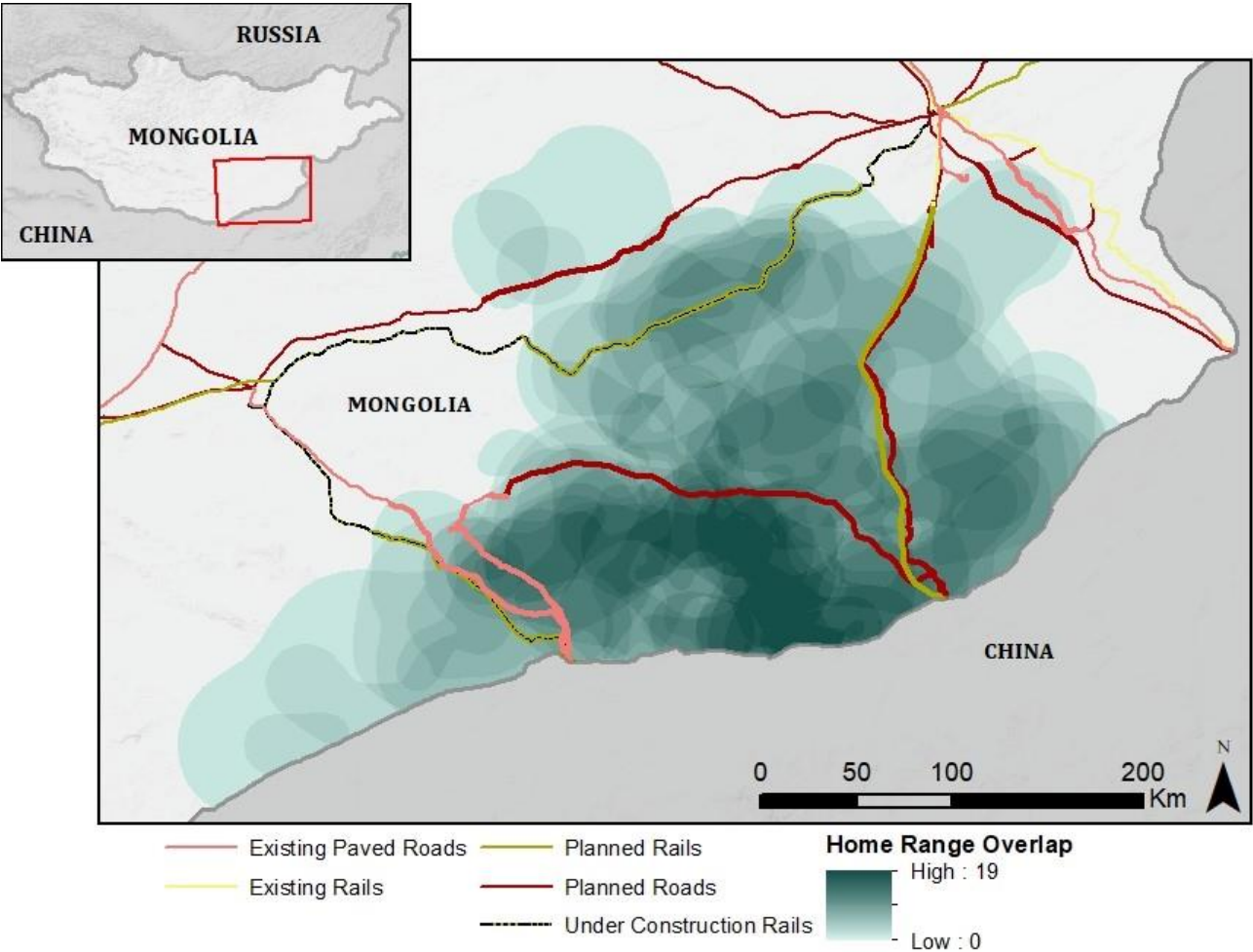
ช่วงที่อยู่อาศัยของลาป่ามองโกเลียนั้นมีพื้นที่ขนาดใหญ่กว่าของละมั่งหางดำ โดยมีขนาดเฉลี่ย 2,643,885 เฮกตาร์ (ตารางที่ 17, ภาพที่ 19) ช่วงพื้นที่อยู่อาศัยที่เล็กที่สุด คือ 328,492 เฮกตาร์ และใหญ่ที่สุด คือ 5,340,698 เฮกตาร์ มีแผนที่จะสร้างถนนใหม่โดยเฉลี่ยเกือบ 215 กม. และทางรถไฟสายใหม่ 83 กม. ผ่านช่วงที่อยู่อาศัยของลาป่ามองโกเลีย 20 แห่ง และทางรถไฟที่อยู่ระหว่างการก่อสร้างโดยเฉลี่ย 102.27 กม. โดยตัดผ่านกับพื้นที่อยู่อาศัยแต่ละช่วง โดยเฉลี่ยแล้ว มีถนนที่มีอยู่แล้ว 101.93 กม. ซึ่งตัดผ่านกับช่วงแหล่งที่อยู่ของลาป่ามองโกเลีย ในขณะที่ทางรถไฟที่มีอยู่เพียง 0.03 กม. ตัดผ่านกับช่วงพื้นที่ของลาป่ามองโกเลียเดียว ในขณะที่ช่วงที่อยู่อาศัยที่สร้างโดยอัลกอริธึม KDE

กรณีลาป่ามองโกเลียบางตัวที่เคลื่อนย้ายไปสู่ประเทศจีน พื้นที่นี้จะไม่รวมอยู่ในพื้นที่รวม เนื่องจากปัจจุบันมีรั้วตรงชายแดนและการขาดการบันทึกแก้ไขใด ๆ ในประเทศจีน

ตารางที่ 17 แสดงโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) คัดผ่านกันกับพื้นที่อาศัยของละมั่งคอพอก 20 ตัว แบ่งตามรูปแบบ

ตารางที่ 17 แสดงโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) คัดผ่านกันกับพื้นที่อาศัยของละมั่งคอพอก 20 ตัว แบ่งตามรูปแบบ

ความยาวที่ทับซ้อน						
	พื้นที่ (เฮกตาร์)	ถนนที่วางแผนสร้าง (กม.)	ทางรถไฟที่วางแผนสร้าง (กม.)	ทางรถไฟที่กำลังก่อสร้าง (กม.)	ถนนสายปัจจุบัน(กม.)	รถไฟสายปัจจุบัน (กม.)
เฉลี่ย	2,643,885	214.84	82.66	102.27	101.93	0.001
ขั้นต่ำ	328,492	20.74	0	0	0	0
สูงสุด	5,340,698	606.09	231.86	317.73	243.05	0.03



ภาพที่ 19 แสดงโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้นคัดผ่านกันช่วงที่อยู่อาศัยของลาป่ามองโกเลีย 20 ตัว เส้นหนา แสดงถึง โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ปัจจุบัน หรือที่วางแผนไว้คัดกับช่วงที่อยู่อาศัย

ลาป่าที่ถูกติดตามในการศึกษานี้ได้ข้ามแนวถนนที่วางแผนไว้โดยเฉลี่ย 23.9 ครั้ง/ปี

และการจัดตำแหน่งข้ามทางรถไฟที่วางแผนสร้างไว้โดยเฉลี่ย 10.4 ครั้ง/ปี (ตารางที่ 18)

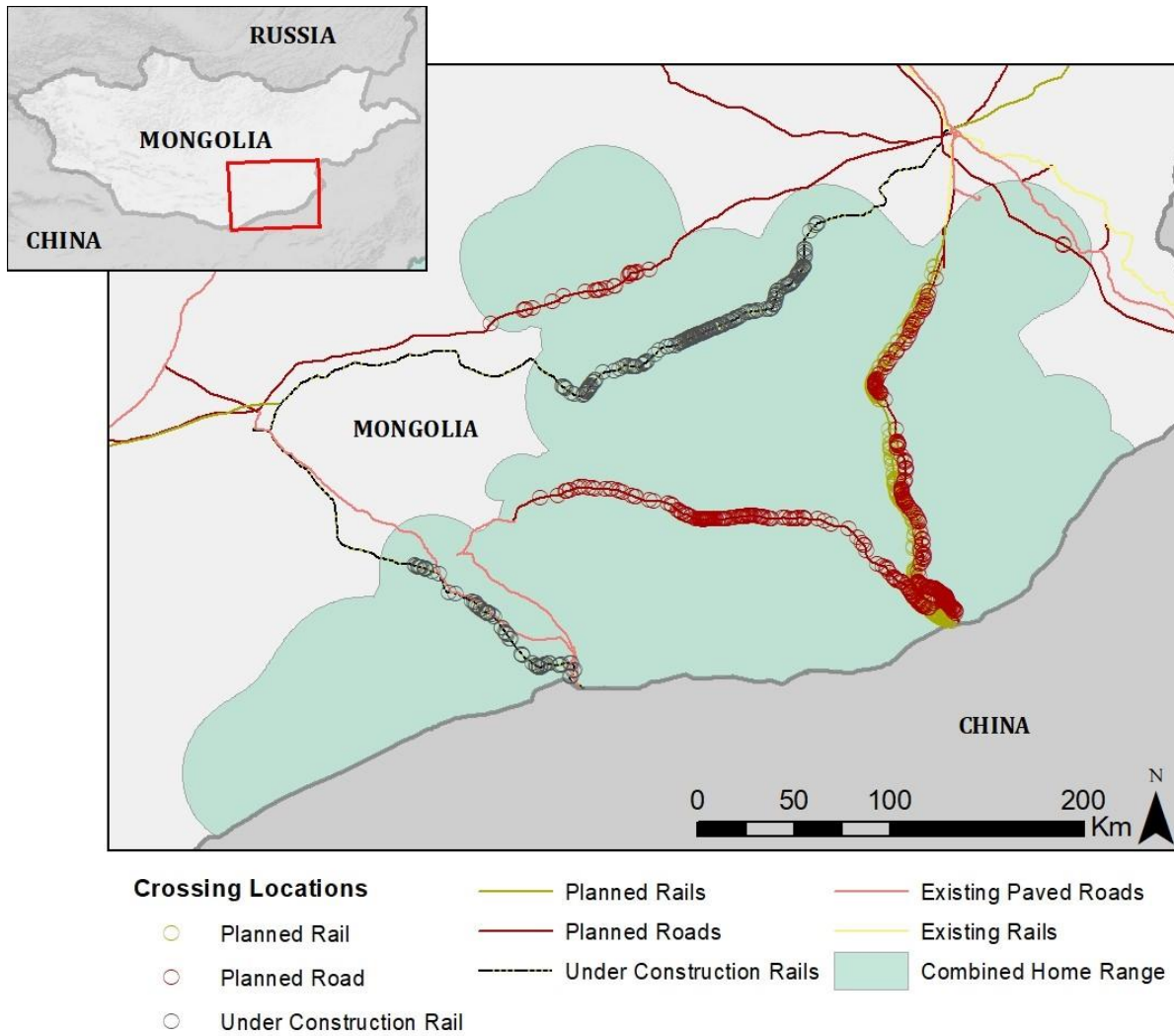
พวกมันข้ามทางรถไฟที่กำลังก่อสร้าง เฉลี่ย 8.9 ครั้งต่อปี ลาป่ามองโกเลีย ข้ามถนนลาดยางสายปัจจุบัน โดยเฉลี่ย 5.0 ครั้ง/ปี แต่พวกมันไม่เคยข้ามทางรถไฟสายปัจจุบันเลย

ลาป่าแต่ละตัวข้ามถนนสายที่วางแผนก่อสร้างไว้อย่างน้อยสองครั้ง ในระหว่างระยะเวลาการศึกษา และบางตัวข้ามถึง 101 ครั้ง ในอัตรา 76.6 ทางข้าม/ปี โดยทั่วไปทางข้ามจะกระจายไปตามความยาวทั้งหมดของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)

ที่วางแผนไว้ โดยมีบางพื้นที่ที่มีความหนาแน่นสูงกว่า (ภาพที่ 20)

ตารางที่ 18 อัตราการข้ามถนน/ปี ตามรูปแบบของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ของลาป่ามองโกเลีย 20 ตัว

อัตราการข้ามทาง (การข้ามทาง/ปี)					
	ถนนที่วางแผนก่อสร้างไว้	ทางรถไฟที่วางแผนไว้	ทางรถไฟที่วางแผนไว้ที่อยู่ระหว่างก่อสร้าง	ถนนสายปัจจุบัน	ทางรถไฟสายปัจจุบัน
เฉลี่ย	23.87	10.36	8.87	5.01	0
ขั้นต่ำ	1.29	0	0	0	0
สูงสุด	76.63	31.17	29.52	26.00	0



ภาพที่ 20 แสดงบริเวณที่ลาป่า 20 ตัวข้ามทางรถไฟ ถนนที่วางแผนไว้ และรางรถไฟที่กำลังก่อสร้าง

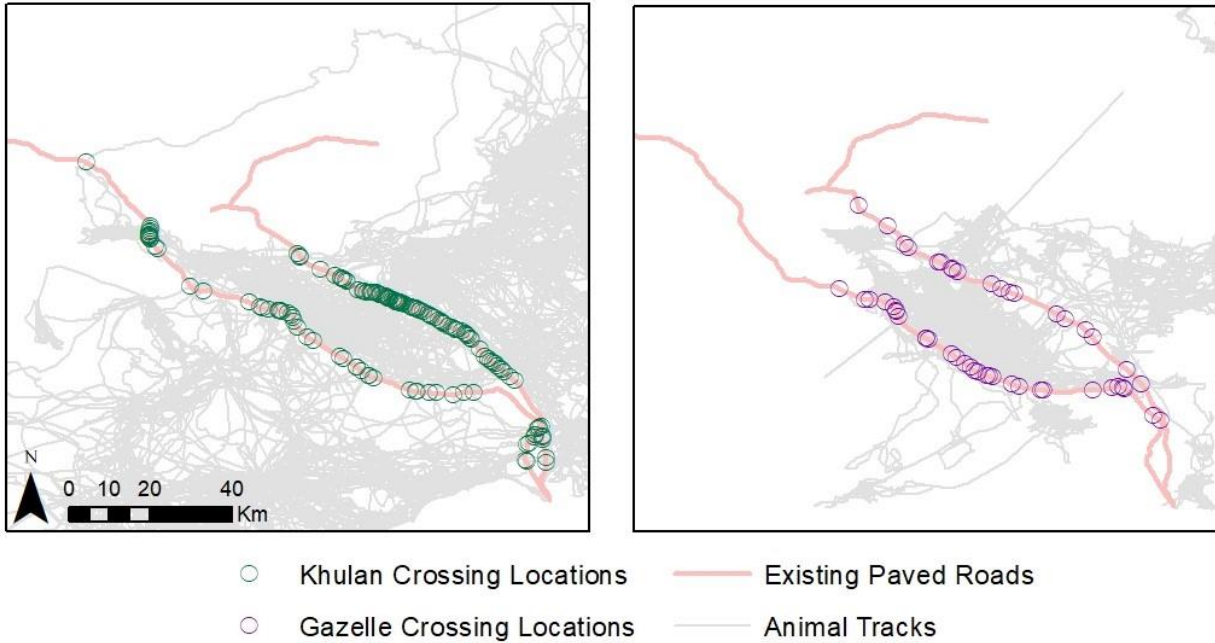
ถนนสายปัจจุบัน

สัตว์ทั้ง 2 ชนิดข้ามถนนสายปัจจุบัน ในระหว่างการศึกษาทั้งสองช่วง ลาป่าข้ามถนนปัจจุบัน 176 ครั้ง และละมั่งข้ามทั้งหมด 69 ครั้ง ในขณะที่เส้นทางการข้ามเหล่านี้

โดยทั่วไปจะกระจายออกไปตามความยาวของถนนสายปัจจุบัน จุดข้ามของลาป่ามองโกเลีย

แสดงให้เห็นจุดข้ามทางแบบกลุ่มฝูง ที่ตรงถนนด้านตะวันตก ในขณะที่ละมั่งจะอยู่ที่ตรงบริเวณถนนด้านตะวันออก (ภาพที่

21)



ภาพที่ 21 แสดงพื้นที่จุดข้ามของลาป่ามองโกเลีย และละมั่งทางด่านถนนลาดยางสายปัจจุบัน

การอภิปราย

การวิเคราะห์กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กของลาป่า และละมั่งหางดำ แสดงให้เห็นว่า จำนวนของสายพันธุ์สัตว์เหล่านี้ ในมองโกเลียตะวันออกเฉียงใต้ มีแนวโน้มที่จะได้รับผลกระทบจากโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่วางแผนไว้ การวางแผนของถนนและรางรถไฟที่วางแผนไว้หลายสาย ตัดผ่านช่วงกลางของพื้นที่อาศัยที่สังเกตได้ของละมั่งหางดำ และลาป่ามองโกเลีย ซึ่งอาจลดความสามารถในการเดินทางข้ามภูมิประเทศ เพื่อหาอาหารคุณภาพสูง โดยทั่วไปดูเหมือนว่า ทางรถไฟจะมีผลกระทบต่อทั้ง 2 สายพันธุ์ มากกว่าถนนลาดยาง เนื่องจากสัตว์แต่ละตัวที่มีปลอกคอทั้ง 2 สายพันธุ์ จะข้ามถนนลาดยางที่มีอยู่เป็นครั้งคราว แต่ไม่เคยข้ามทางรถไฟสายปัจจุบันเลย อย่างไรก็ตาม การย้ายถิ่นของละมั่งส่วนใหญ่ 20 ตัวนี้ เกิดขึ้นระหว่างถนน 2 สายปัจจุบัน ในเขตพื้นที่อาศัยทางใต้ ซึ่งบ่งชี้ว่า ถนนอาจเป็นอุปสรรคบางส่วนในการเดินทางของละมั่ง ดูเหมือนว่า ลาป่ามองโกเลียจะได้รับผลกระทบเล็กน้อยจากถนน แต่จากการตรวจสอบเส้นทางการเดินทางของแต่ละตัวพบว่า ลาป่าบางตัวใช้เวลาเดินทางนานไปกับถนนลาดยาง ซึ่งบางทีอาจมีการมองหาโอกาสที่จะข้ามถนน ผลกระทบทั้งหมดจากถนนเหล่านี้ ต่อการเดินทางของสัตว์ก็บ่งชี้ว่ามีแนวโน้มขึ้นอยู่กับปริมาณการจราจรบนท้องถนนเช่นกัน (Gagnon et al., 2007) จึงจำเป็นต้องมีการวิจัยสัตว์แต่ละตัวที่มีปลอกคอเพิ่มเติม เพื่อเป็นข้อมูลยืนยันการค้นพบนี้

จากการค้นพบก่อนหน้านี้ว่า ลาป่ามองโกเลียไม่เคยข้ามทางรถไฟทรานส์-มองโกเลียไปทางทิศตะวันออกเลย จึงดูเหมือนว่า ทางรถไฟที่วางแผนไว้ หรืออยู่ระหว่างการก่อสร้างอาจจะเป็นอุปสรรคอย่างฉับ ในการเดินทางของสัตว์ก็บ่งชี้ โดยมีสมมุติฐานว่า ทางรถไฟเหมือนเสมือนรั้วกัน ในอีกทางหนึ่ง ทางรถไฟสายใหม่จะต้องรวมถึงโครงสร้างพื้นฐานในการข้ามของสัตว์ป่า ที่มีการออกแบบ ขนาด ตำแหน่ง และความถี่ (ระยะห่าง) ที่เพียงพอเพื่อให้สัตว์ต่าง ๆ สามารถเดินทางผ่านได้ หลังจากหรือราวออก 3 ส่วนตามทางรถไฟสายทรานส์-มองโกเลีย ก็พบว่ามีลาป่ามองโกเลียเดินข้าม (Kimbrough, 2020) สำหรับลาป่ามองโกเลีย หากไม่มีมาตรการบรรเทาผลกระทบทางรถไฟหรือรั้วกัน การวางแผนของทางรถไฟที่วางแผนไว้

จะแบ่งช่วงพื้นที่อาศัยของลาป่า 20 ตัวเหล่านี้ ซึ่งแบ่งออกเป็นพื้นที่ใหม่ 4 ส่วนที่แตกต่างกัน โดยจะช่วยลดการเชื่อมต่อที่อยู่อาศัยได้อย่างมาก ตามพื้นที่ที่มีการตัดผ่านพื้นที่อยู่อาศัยกันมากที่สุด ลาป่ามองโกเลียที่สวมปลอกคอแต่ละตัว จะถูกกักอยู่ระหว่างทางรถไฟ 3 สายและรั้วชายแดน ซึ่งอาจนำไปสู่การแยกทางพันธุกรรม สำหรับละมั่งหางดำ ทางตอนเหนือช่วงที่อยู่อาศัยของสัตว์ที่ถูกสวมปลอกคอจะถูกแบ่งครึ่ง ส่วนทางตอนใต้ช่วงที่อยู่อาศัยของสัตว์แต่ละตัว จะกระจัดกระจายเพียงเล็กน้อยโดยทางรถไฟทางฝั่งตะวันตกอันไกลโพ้น แม้ว่าละมั่งจะข้ามแนวที่วางแผนไว้ถึง 28 ครั้งก็ตาม ผลที่ได้ตามการวิจัยก่อนหน้านี้ ที่ชี้ให้เห็นว่า การกระจายตัวของแหล่งที่อยู่อาศัย อาจเป็นภัยคุกคามการอยู่รอดในระยะยาวของประชากรสัตว์กินหญ้าในภูมิภาคนี้ (Huijser et al., 2013; Ito et al., 2013; UNEP/CMS, 2019)

เนื่องจากสัตว์กินพืชทั้ง 2 ชนิด เดินทางแบบเร่ร่อนไปทั่วภูมิภาคเพื่อหาอาหาร แทนที่จะเดินทางตามเส้นทางการย้ายถิ่นที่ตั้งไว้ เป็นการยากกว่าที่จะทราบว่าจะใช้มาตรการแบบใดในการบรรเทาผลกระทบ อย่างเช่น สิ่งก่อสร้างทางข้าม จากข้อมูลการศึกษาการวัดแสดงให้เห็น ทั้งลาป่าและละมั่งปัจจุบันได้ข้าม ไปตามแนวชาวของระยะทางรถไฟและถนนสายใหม่ที่วางแผนไว้แล้ว ในขณะที่มีบางพื้นที่ที่มีจำนวนในการข้ามสูงขึ้น จำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมด้วยขนาดของตัวอย่างที่เพิ่มขึ้น และตัวแทนทางภูมิศาสตร์ที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น เพื่อพิจารณาว่า จุดข้ามเหล่านี้ มีความสอดคล้องกันตลอดหลายปีที่ผ่านมาและควรเป็นเป้าหมายสำหรับการบรรเทาผลกระทบหรือไม่

นอกเหนือจาก สิ่งก่อสร้างทางข้ามแล้ว การศึกษาก่อนหน้านี้ ยังได้มีการวางแผนและให้มีการกำจัด หรือตัดแปลงรั้วตามแนวทางรถไฟ เพื่อให้สัตว์สามารถข้ามผ่านโครงสร้างพื้นฐานปัจจุบัน หรือ การจัดสรรเขตปลอดรั้วสำหรับ โครงสร้างพื้นฐานปัจจุบัน (Ito et al., 2013) เนื่องจากรั้วโดยทั่วไปแล้ว จะสร้างขึ้นเพื่อป้องกันการชนระหว่างรถไฟกับสัตว์ ซึ่งเป็นตัวเลือกที่อาจเป็นไปได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ที่คนเลี้ยงสัตว์ไม่ได้ครอบครองอยู่ (Batsaikhan et al., 2014) แม้ว่าวิธีการนี้จะไม่ได้จัดการชนกันระหว่างสัตว์กินพืชและรถไฟก็ตาม เนื่องจากความยากลำบากในการบรรเทาผลกระทบของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) สำหรับสัตว์สายพันธุ์เร่ร่อน กลยุทธ์โดยรวมที่ดีที่สุด คือ การหลีกเลี่ยง หรือการเลือกวางแนวโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่มีโอกาสน้อยที่จะส่งผลกระทบต่อสัตว์สายพันธุ์เหล่านี้ นอกจากนี้ สิ่งสำคัญ คือ ต้องมีการวางแผนในระดับภูมิภาค โดยคำนึงถึงผลกระทบสะสมของโครงการ โครงสร้างพื้นฐานทั้งที่มีอยู่และทั้งที่วางแผนไว้ (Batsaikhan et al., 2014)

สุดท้ายนี้ สิ่งสำคัญ คือ ต้องเน้นย้ำอีกครั้งว่า ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่สรุปจากการเดินทางของสัตว์ 40 ตัว ที่มีการสุ่มตัวอย่างจากสัตว์หลายหมื่นตัว อาจไม่ได้เป็นตัวแทนสะท้อนถึงผลกระทบต่อประชากรทั้งหมด ลาป่ามองโกเลีย และละมั่งหางดำในมองโกเลียตะวันออกเฉียงใต้ ครอบครองพื้นที่กว้างกว่าที่รวมอยู่ในแต่ละช่วงพื้นที่อาศัยที่แสดงด้านบน และเกือบจะมีความทับซ้อนเพิ่มเติม ระหว่างโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้และที่อยู่อาศัยของสัตว์ที่มีกินหญ้าในภูมิภาคที่น่ากังวล จากการวิเคราะห์ขั้นต้นถึงผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่วางแผนไว้คือสัตว์กินหญ้าในภูมิภาค และเน้นย้ำถึงความจำเป็นในการพิจารณาเชื่อมโยงในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ในอนาคต อย่างไรก็ตาม จำนวนสัตว์ที่ถูกกักขังจำนวนน้อย ทำให้ยากต่อการมองเห็นรูปแบบระดับประชากรสัตว์ในตำแหน่งที่ข้ามผ่าน และด้วยเหตุนี้ จึงมีการแนะนำมาตรการบรรเทาผลกระทบแบบเฉพาะ การศึกษาเพิ่มเติมของภูมิภาคนี้

สามารถให้ความกระจ่างในขอบเขตทางภูมิศาสตร์ที่สมบูรณ์ของผลกระทบจากโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่อาจเกิดขึ้นกับลาปามองโกเลียและละมั่งหางดำ และแนะนำแนวทางการตัดสินใจเกี่ยวกับสถานที่เฉพาะสำหรับมาตรการบรรเทาผลกระทบ และการดำเนินการอนุรักษ์อื่น ๆ

คุณูปการ

Buuveibaatar Bayarbaatar, Narangua Batdorj และ Kirk Olson (WCS มองโกเลีย)

ให้ข้อมูลวัดโทรมาตรของลาปามองโกเลียและละมั่งหางดำ

รวมถึงข้อมูลเชิงพื้นที่บนถนนและทางรถไฟที่วางแผนไว้และทั้งที่มีอยู่ในปัจจุบัน และตรวจสอบรายงาน

(กำลังดำเนินการ) Grace Stonecipher (ศูนย์อนุรักษ์ภูมิทัศน์ขนาดใหญ่ - CCLC) ดำเนินการวิเคราะห์เชิงพื้นที่และร่างรายงาน

Tyler Creech (CLLC) และ Rob Ament (CLLC/WTI) ผู้มีส่วนช่วยเหลือในรายงานเช่นกัน

การสังเคราะห์การวิเคราะห์อย่างละเอียด

การวิเคราะห์อย่างละเอียด 6 แบบ ในตอนที่ 2

ได้เปิดเผยบทเรียนทั่วไปหลายประการที่อาจช่วยแนะนำการวิเคราะห์ประเภทนี้ในอนาคต

การร่วมมือกับผู้เชี่ยวชาญในพื้นที่ เป็นสิ่งสำคัญสำหรับการวิเคราะห์ที่มีคุณภาพสูงและมีประโยชน์

เจ้าหน้าที่จากองค์กรพัฒนาเอกชนด้านการอนุรักษ์ ได้ให้การเข้าถึงข้อมูลทางชีววิทยาและโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น

(LI) ที่มีรายละเอียด ซึ่งไม่สามารถทำได้อย่างรวดเร็ว ที่สำคัญกว่านั้นคือ

ความเชี่ยวชาญและความเข้าใจในบริบททางชีววิทยา และสังคมการเมืองของการพัฒนา โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)

ภายในพื้นที่การศึกษาสามารถช่วยเน้นการวิเคราะห์เกี่ยวกับภัยคุกคามที่เร่งด่วน

และเกี่ยวข้องกับความเสี่ยงหลากหลายทางชีวภาพมากที่สุด

แม้แต่การประเมินอย่างรวดเร็ว โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ที่ค่อนข้างง่าย ก็ให้หลักฐานที่น่าสนใจว่า

อาจเป็นอันตรายต่อความหลากหลายทางชีวภาพหรือต่อสัตว์ป่าแต่ละชนิดจากการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)

ที่ได้วางแผนไว้ การวิเคราะห์ของเราจำนวนมาก จำเป็นต้องทำอย่างง่ายเมื่อได้รับข้อจำกัดด้านเวลาและข้อมูล

ตัวอย่างเช่น การวางแผนพื้นที่อนุรักษ์ธรรมชาติลงบนเส้นทางโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้

อาทิเช่น ทางเดินของสัตว์ป่าหรือพื้นที่คุ้มครอง ในขณะที่การวิเคราะห์โดยใช้วิธีการที่ซับซ้อนยิ่งขึ้น (เช่น

บทบทวนในส่วนที่ 3 ของภาคผนวกนี้)

สามารถให้ข้อมูลโดยละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับผลกระทบที่น่าจะเป็นไปได้ของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)

ต่อความหลากหลายทางชีวภาพ การประเมินอย่างรวดเร็วยังคงมีคุณค่า

เนื่องจากสามารถเน้นย้ำถึงภัยคุกคามที่อาจเกิดขึ้นจากโครงการโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่วางแผนได้

ในขณะที่ยังคงมีเวลาเพียงพอในการรวมการป้องกันความหลากหลายทางชีวภาพไว้ในกระบวนการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) (เช่น โดยการแนะนำเส้นทางอื่น การออกแบบมาตรการบรรเทาผลกระทบ

หรือการหยุดการก่อสร้างจนกว่าจะสามารถวิเคราะห์ผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมโดยละเอียดยิ่งขึ้น ได้)

ส่วนที่ 3 บทวิเคราะห์เชิงพื้นที่อย่างละเอียด

การวิเคราะห์พื้นที่ของผลกระทบของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่มีอยู่ ต่อความหลากหลายทางชีวภาพนั้นเป็นเรื่องธรรมดา และมีประโยชน์สำหรับการบันทึก และอธิบายการเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้ ของจำนวนประชากรสัตว์ป่า หรือแหล่งที่อยู่อาศัยที่สัตว์ป่าดำรงอยู่ การศึกษาขั้นตอนนี้

ช่วยเสริมความเข้าใจของเราเกี่ยวกับการตอบสนองสายพันธุ์: สัตว์ต่อการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) โดยได้ระบุพื้นที่ที่เป็นอันตรายต่อความหลากหลายทางชีวภาพอย่างต่อเนื่องมากที่สุด และแนะนำการดำเนินการเพื่อลดหรือหันหลังให้กลับอันตรายนี้ แต่ก็มีข้อจำกัดที่สำคัญประการหนึ่ง กล่าวคือ เนื่องจากมีการมุ่งเน้นไปที่ผลกระทบของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่มีอยู่ การศึกษาขั้นตอนนี้ จึงไม่สามารถระบุผลกระทบในการป้องกันอันตรายต่อความหลากหลายทางชีวภาพก่อนที่จะเกิดขึ้นโดยการออกแบบโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ในลักษณะที่เป็นมิตรกับสัตว์ป่า หรือหลีกเลี่ยงการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) โดยสิ้นเชิง การวิเคราะห์พื้นที่ซึ่งพิจารณาเส้นทางที่วางแผนของโครงการ โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) และการตัดผ่านพื้นที่ที่มีความสำคัญทางชีวภาพเป็นสิ่งจำเป็นในการให้ข้อมูลนี้ และการศึกษาในอนาคตเหล่านี้ยังค่อนข้างฉีกแนวอยู่

ส่วนที่ 3 ของภาคผนวกนี้ เป็นการสำรวจความพยายามปัจจุบันเพื่อประเมินภัยคุกคามโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่มีต่อความหลากหลายทางชีวภาพในเชิงรุกโดยใช้วิธีการวิเคราะห์พื้นที่

เราสรุปชุดข้อมูลการวิเคราะห์พื้นที่ที่ดีพิมพ์เมื่อเร็ว ๆ นี้

จากวารสารทางวิทยาศาสตร์และวรรณกรรมที่ได้ตีพิมพ์เผยแพร่ ที่ระบุโดยใช้การค้นหาข้อมูลอย่างไม่เป็นทางการ เรามุ่งเน้นไปที่การศึกษา 11 ตัวอย่าง

ที่ใช้การวิเคราะห์พื้นที่เพื่อสำรวจผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากโครงการสร้างถนน ทางรถไฟ หรือสายไฟฟ้าที่ได้วางแผนไว้ภายในประเทศเดียว หรือภูมิภาคที่เล็กกว่าภายในประเทศ

เราพิจารณาเฉพาะการศึกษาที่ดีพิมพ์ตั้งแต่ปี 2018 เป็นต้นไป เพื่อมุ่งเน้นไปที่โครงการ โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ยังคงมีแนวโน้มอยู่ในขั้นตอนการวางแผน หรือการก่อสร้าง

ซึ่งหมายความว่าผลการศึกษาจะยังคงมีความเกี่ยวข้องสูงต่อความพยายามในการอนุรักษ์แบบแอริคเอาเปริชบ ด้านล่างนี้ เป็นการสรุปข้อมูลโดยย่อของการศึกษาแต่ละครั้ง ตามด้วยการสังเคราะห์รูปแบบการอธิบายที่สำคัญของการศึกษา และคำแนะนำสำหรับการใช้งานและความก้าวหน้าในอนาคต

ตัวอย่างการศึกษาที่ 1 ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากถนน

และทางรถไฟที่มีต่อความหลากหลายทางชีวภาพในเกาะบอร์เนียวอินโดนีเซีย (ALAMGIR ET AL. 2019)

ตีพิมพ์ Alamgir, M. , Campbell, M. J. , Sloan, S. , Suhardiman, A. , Supriatna, J. , & Laurance, W. F. (2019) High-risk infrastructure projects pose imminent threats to forests in Indonesian Borneo. Scientific Reports, 9(1), 1-10. <https://www.nature.com/articles/s41598-018-36594-8>.

พื้นที่ศึกษา เกาะบอร์เนียว อินโดนีเซีย (กาลิมันตัน)

สัตว์สายพันธุ์ที่มีความสำคัญต่อระบบนิเวศ ไม่มี (สายพันธุ์: กลาง)

ประเภทโครงสร้างพื้นฐาน ถนนและทางรถไฟ

ภูมิหลัง เกาะบอร์เนียวได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวาง ว่าเป็นพื้นที่ช็อคนิมที่มีความหลากหลายทางชีวภาพในโลก และมีแหล่งที่อยู่อาศัยของปาเซรอนที่ไมบุนสลายที่ใหญ่ที่สุดแห่งหนึ่ง นอกจากนี้

ยังประสบกับอัตราการแผ้วถางป่าและความเสื่อมโทรมของป่าในระดับสูง เนื่องจากการขยายตัวของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) และภัยคุกคามที่เกี่ยวข้อง ซึ่งรวมถึงการตัดไม้ การขุดสวนปาล์มน้ำมัน และไฟฟ้า ภายใต้แผนแม่บทของชาวอินโดนีเซีย เพื่อการเร่งอัตราเร็ว และการขยายตัวในการพัฒนาเศรษฐกิจ (ปี 2011–2025) ส่วนของชาวอินโดนีเซียในเกาะบอร์เนียว (กาลิมันตัน) คาดว่า จะมีการก่อสร้างถนนและทางรถไฟเพิ่มขึ้นอย่างมากภายในปี 2025 ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาเศรษฐกิจกาลิมันตัน รวมถึงการอัปเกรดที่วางแผนให้เป็นทางหลวงทรานส์-กาลิมันตันกว่า 3,000 กม. และการก่อสร้างถนนสายใหม่เกือบ 2,000 กม. การขยายเครือข่ายถนนมีแนวโน้มที่จะเพิ่มการเข้าถึงของมนุษย์สู่พื้นที่ป่า และเพิ่มการเปลี่ยนแปลงของป่าต่อไป การศึกษานี้ มีการประเมินผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้คือ โครงสร้างเชิงพื้นที่ ความเชื่อมโยง และความสมบูรณ์ทางนิเวศวิทยาของป่าพื้นเมืองในกาลิมันตัน

วิธีการ ผู้เขียนได้รวบรวมข้อมูลเชิงพื้นที่เกี่ยวกับเส้นทางถนน และทางรถไฟที่ได้วางแผนไว้จากฐานข้อมูล รายงาน และการศึกษาที่หลากหลายก่อนหน้านี้ของรัฐบาล มีการใช้ภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อทำแผนที่ และจำแนกผืนป่า (เช่น ป่าแกนกลาง และชายป่า) จากนั้นจึงวางโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่กำหนด บนผืนป่าเพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงในพื้นที่ทั้งหมด และประเภทของผืนป่า มีการคำนวณระบบเมตริกของการเชื่อมต่อแนวอน ที่เรียกว่าดัชนีพื้นที่เชื่อมต่อเทียบเท่า สำหรับภูมิทัศน์ปัจจุบัน และภูมิทัศน์ที่คาดการณ์ไว้หลังจากการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) เพื่อประเมินการสูญเสียการเชื่อมต่อของภูมิประเทศ ผู้เขียนยังได้วางแผนเส้นทางโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้บนเครือข่ายพื้นที่คุ้มครองปัจจุบัน มีการจำแนกทุกส่วนของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้ ซึ่งเป็นผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่สูงมาก สูง ปานกลาง หรือต่ำ โดยพิจารณาจากจุดตัดกับพื้นที่คุ้มครอง ป่าปฐมภูมิ ป่าทุติยภูมิ และป่าพรุ

สรุป จากการศึกษาสามารถคาดการณ์ผลกระทบที่มีต่อถิ่นที่อยู่ของป่าพื้นเมืองในกาลิมันตันได้ หากโครงการถนน และทางรถไฟดำเนินไปตามที่ได้วางแผนไว้ ป่าแกนกลางประมาณ 237,000 เฮกตาร์ จะถูกแปลงเป็นป่าประเภทอื่นที่มีใช้ป่าหลัก ซึ่งจะเป็นป่าที่มีคุณภาพที่อยู่อาศัยต่ำกว่า และ 392,000 เฮกตาร์ของทางเดินในป่า "สะพาน" ที่มีอยู่ซึ่งทำหน้าที่เป็นจุดเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่ป่าแกนกลาง ก็จะได้รับผลกระทบเช่นกัน การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) จะลดการเชื่อมต่อภูมิทัศน์ลง 34% เมื่อวัดโดยระบบเมตริกที่พื้นที่เชื่อมต่อที่เทียบเท่า พื้นที่คุ้มครองปัจจุบัน 25 แห่ง จะมีถนนหรือทางรถไฟสายใหม่ตัดผ่าน ซึ่งรวมถึงอุทยานแห่งชาติ Kayan Mentarang ซึ่งเป็นหนึ่งในพื้นที่คุ้มครองที่ยังคงสภาพสมบูรณ์ทางนิเวศวิทยาที่ใหญ่ที่สุดในภูมิภาค พื้นที่คุ้มครองอีก 17 แห่งจะได้รับผลกระทบจากการปรับปรุงถนนที่มีอยู่แล้ว การวิเคราะห์ระบุ การคาดการณ์ของถนนและทางรถไฟที่ได้วางแผนไว้มากกว่า 3,300 กม. จะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่สูงมาก สูง หรือปานกลาง ผู้เขียนแนะนำว่า ไม่ควรดำเนินการในโครงการถนนและทางรถไฟที่ได้วางแผนไว้ ที่ถูกจัดว่ามีผลกระทบสูงมาก และโครงการที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ถูกจัดประเภทว่ามีผลกระทบสูง หรือปานกลาง ควรใช้มาตรการบรรเทาผลกระทบ หรือมาตรการชดเชย และการบังคับใช้กฎที่ดีขึ้นหลังการพัฒนาเข้ามาช่วยบรรเทา ผู้เขียนแนะนำ การขยายโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้ส่วนใหญ่ในกาลิมันตัน หากพิจารณาปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคมอย่างครบถ้วนแล้ว จะพบว่าไม่เกิดการใช้ทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพและคุ้มค่า

ตัวอย่างการศึกษาที่ 2 ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากถนน

และสายไฟฟ้าต่อความหลากหลายทางชีวภาพในเกาะสุมาตรา อินโดนีเซีย (SLOAN, ALAMGIR ET AL. 2019)

ตีพิมพ์ Sloan, S. , Alamgir, M. , Campbell, M. J. , Setyawati, T. , & Laurance, W. F. (2019) . Development corridors and remnant-forest conservation in Sumatra, Indonesia. Tropical Conservation Science, 12, 1-9. <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/1940082919889509>.

พื้นที่ศึกษาเกาะสุมาตรา อินโดนีเซีย

สัตว์สายพันธุ์ที่มีความสำคัญต่อระบบนิเวศ ไม่มี (สายพันธุ์กลาง)

ประเภทโครงสร้างพื้นฐาน ถนน, สายไฟฟ้า

ภูมิหลัง มีการวางแผนขยายถนนสายหลักสำหรับเกาะสุมาตรา

เนื่องจากรัฐบาลอินโดนีเซียพยายามกระตุ้นการเติบโตทางเศรษฐกิจผ่านการพัฒนาระเบียงเศรษฐกิจ

การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) บนเกาะสุมาตรา ไม่เหมือนกับการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)

ที่เกิดขึ้นในภูมิภาคประเทศที่ห่างไกล และสมบูรณ์ทางนิเวศวิทยาในภาคตะวันออกของอินโดนีเซีย

โดยที่การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) บนสุมาตรากำลังเกิดขึ้นในสภาพแวดล้อมที่ได้รับผลกระทบจากถนน

เกษตรกรรม การเก็บเกี่ยวไม้ และการขุดเหมือง ดังนั้น ความพยายามในการอนุรักษ์เกาะสุมาตรา

จึงต้องมุ่งเน้นไปที่การลดความเสียหายจากการพัฒนาที่ดินที่เสี่ยงต่อการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)

ไปสู่พื้นที่ที่เหลืออยู่ ซึ่งรอดพ้นจากคลื่นการพัฒนาในช่วงแรกไปแล้ว จุดเด่นของคลื่นลูกที่สองนี้ คือ

ทางหลวงทรานส์สุมาตรา (TSH) มีระยะทาง 2,700 กม. ซึ่งมีแนวโน้มที่จะเพิ่มแรงกดดันต่อป่าที่เหลืออยู่

ด้วยการส่งเสริมการบุกรุกทางการเกษตร การวิเคราะห์นี้ เป็นการสำรวจภัยคุกคามจากทางหลวงทรานส์สุมาตรา (TSH)

และสนับสนุนถนนสู่พื้นที่ป่าที่เหลืออยู่ 3 แห่งที่มีคุณค่าทางชีวภาพที่โดดเด่น (1) อุทยานแห่งชาติ Kerinci Seblat

ซึ่งเป็นพื้นที่ PA ที่ใหญ่เป็นอันดับ 2 ของอินโดนีเซีย และเป็นหนึ่งในมรดกโลก (2) ระบบนิเวศอุทยาน Leuser

ซึ่งเป็นที่อยู่อาศัยร่วมกันแห่งสุดท้ายที่เหลืออยู่ของช้าง เสือ แรด และอูรังอุตังที่ใกล้สูญพันธุ์ และ (3) ภูมิภาค Batang Toru

ซึ่งเป็นที่หลบภัยแห่งสุดท้ายสำหรับอูรังอุตัง Tapanuli ที่ใกล้สูญพันธุ์อย่างวิกฤต

วิธีการศึกษา การศึกษาใช้การวางทับซ้อนเชิงพื้นที่อย่างง่ายของเส้นทางทางหลวงที่ได้วางแผนไว้

ด้วยคุณลักษณะที่สนใจของการอนุรักษ์

เพื่อกำหนดตำแหน่งของความขัดแย้งที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้นและความหลากหลาย

ทางชีวภาพ ลักษณะการอนุรักษ์เหล่านี้ รวมไปถึงพื้นที่ป่าปฐมภูมิที่เหลืออยู่ซึ่งจัดทำแผนที่โดยใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียม

แหล่งที่อยู่อาศัยของอูรังอุตังทาบานูลี ภูมิภาคที่มีการอนุรักษ์เสือ และพื้นที่คุ้มครอง เช่น อุทยานแห่งชาติ

และเขตอนุรักษ์ธรรมชาติ

เส้นทางของทางหลวงประมาณจากแผนที่ที่จัดทำโดยสำนักงานบริหารของประธานาธิบดีชาวอินโดนีเซีย

สรุป TSH จะแยกอุทยานแห่งชาติ Kerinci Seblat ออกจากเขตอนุรักษ์ธรรมชาติที่อยู่ติดกัน

และมีแนวโน้มว่าจะมีการลดช่วงพื้นที่ภูมิศาสตร์ของเสือสุมาตรา เนื่องจากการหลีกเลี่ยงการสร้างถนน

เพิ่มความเสี่ยงต่อการรุกราน และลดการเชื่อมต่อกับที่อยู่อาศัย นอกจากนี้ ทางหลวงทรานส์สุมาตรา (TSH)

จะผ่านถนนด้านตะวันออกเฉียงเหนือของระบบนิเวศอุทยาน Leuser ซึ่งมีแนวโน้มว่าจะขยายตัว

และรวมการบุกรุกทางการเกษตรก่อนหน้านี้เข้าไปในป่าที่ยังคงสภาพเดิมไว้

โดยเฉพาะอย่างยิ่งพื้นที่ที่มีการปลูกปาล์มน้ำมัน ภูมิภาค Batang Toru จะตัดด้วยถนนทางหลวง

(เส้นทางสนับสนุนของทางหลวงทรานส์สุมาตรา) และด้วยสายไฟฟ้าที่เชื่อมโยงกับการพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำที่สำคัญ

ซึ่งเป็นอันตรายต่อสถานะการอนุรักษ์และคุณภาพของที่อยู่อาศัยของป่าในท้องถิ่น

และนี้อาจส่งผลกระทบต่อทางลบต่อจำนวนประชากรอูรังอุตังทาบานูลีที่ใกล้สูญพันธุ์

ซึ่งมีการลดจำนวนลงเหลือประมาณ 800 ตัว โดยแต่ละตัวอาศัยในพื้นที่ป่าที่แตกกระจายทั้งสาม ผู้เขียนแนะนำว่า

สถานะของป่าที่เหลืออยู่ควรมีการนำกฎหมายมาบังคับใช้ และกฎเกณฑ์ที่กีดกันการพัฒนาถนนในป่าแกนกลางในปัจจุบัน สมควรขยายไปสู่ป่าที่ไม่ใช่ป่าหลัก กฎระเบียบด้านสิ่งแวดล้อมที่พัฒนาขึ้น สำหรับถนนยุทธศาสตร์ระดับประเทศ (เช่น TSH) ควรนำไปใช้กับข้อเสนอการสร้างถนนในท้องถิ่นที่สอดคล้องกับถนนขนาดใหญ่เหล่านี้ ซึ่งอาจส่งผลกระทบมากมายต่อผืนป่าที่เหลืออยู่ ผู้เขียนสนับสนุนอย่างยิ่ง ให้มีการเปลี่ยนเส้นทางส่วนทางหลวงที่ได้วางแผนไว้ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อป่าที่มีลำดับความสำคัญในการอนุรักษ์สูง และสัตว์ป่าที่ใกล้สูญพันธุ์

ตัวอย่างการศึกษาที่ 3

ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากถนนต่อความหลากหลายทางชีวภาพในเกาะบอร์เนียวของมาเลเซีย (SLOAN, CAMPBELL ET AL. 2019)

ตีพิมพ์ Sloan, S. , Campbell, M. J. , Alamgir, M. , Lechner, A. M. , Engert, J. , & Laurance, W. F. (2019). Trans-national conservation and infrastructure development in the Heart of Borneo. PLOS One, 14(9), e0221947. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0221947>.

พื้นที่ศึกษา มาเลเซีย เกาะบอร์เนียว (ซาบাহ์)

สัตว์สายพันธุ์ที่มีความสำคัญต่อระบบนิเวศ ไม่มี (สายพันธุ์กลาง)

ประเภทโครงสร้างพื้นฐาน ถนน

ภูมิหลัง ความคิดริเริ่มโครงการ Heart of Borneo (HoB) ก่อตั้งขึ้นในปี 2007 เพื่อส่งเสริมความร่วมมือระหว่างประเทศมาเลเซีย อินโดนีเซีย และบรูไน เนื่องจากประเทศเหล่านี้ทำงานเพื่ออนุรักษ์เครือข่าย พื้นที่คุ้มครองข้ามพรมแดน และพื้นที่ธรรมชาติอื่น ๆ บนเกาะบอร์เนียว นับตั้งแต่จัดตั้งขึ้น ความครอบคลุมของพื้นที่ก่อสร้าง เพิ่มขึ้นกว่าเท่าตัว การเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่คุ้มครอง เพิ่มขึ้น และผลกระทบจากการบันทึกข้อมูลลดลง อย่างไรก็ตาม โครงการ Heart of Borneo (HoB) ไตรภาคี ถูกคุกคามโดยแผนการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ฝ่ายเดียว ซึ่งขับเคลื่อนโดยวาระทางเศรษฐกิจของรัฐบาลกลาง เช่น โครงการระเบียงพัฒนาแห่งชาติ ซึ่งรวมถึงแผนการขยายเครือข่ายทางหลวง Pan-Borneo ในเขตมาเลเซียบอร์เนียวอีกด้วย การขยายเส้นทางนี้ ประกอบไปด้วยถนนใหม่ที่วางแผนไว้ยาวประมาณ 1,300 กม. และการปรับปรุงถนนที่วางแผนไว้อีก 1,300 กม. และเครือข่ายที่ขยายออกไปส่วนใหญ่จะตัดกันโดยตรงหรือรอบกวนการเดินเท้าของสัตว์ระหว่างพื้นที่คุ้มครอง การศึกษานี้ ได้ตรวจสอบผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการก่อสร้างทางหลวง Pan-Borneo และการยกระดับความสมบูรณ์ทางนิเวศวิทยาของโครงการ Heart of Borneo ในซาบাহ์ โดยมุ่งเน้นที่การสูญเสียการเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่คุ้มครองและพื้นที่ป่าที่สมบูรณ์

วิธีการ ผู้เขียนซ้อนทับถนนทางหลวงที่วางแผนจากแผนโครงสร้างซาบাহ์สำหรับปี 2033 โดยมีพื้นที่คุ้มครอง และผืนป่าที่สมบูรณ์ ซึ่งทำแผนที่โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม มีการประเมินว่าพื้นที่คุ้มครองใดที่เชื่อมต่อกับทางเดินของป่าที่สมบูรณ์ จากนั้นระบุการเชื่อมต่อที่จะถูกตัดขาดโดยการพัฒนาดังกล่าวได้วางแผนไว้ มีการใช้ระบบเมตริกทฤษฎีเครือข่าย คำนวณการเชื่อมต่อ (IIC) เพื่อประเมิน (1) การเปลี่ยนแปลงที่คาดหวังในการเชื่อมต่อโดยรวมของเครือข่าย PA หากการก่อสร้าง และการปรับปรุงถนนที่วางแผนทั้งหมดจะเสร็จสิ้น และ (2) ความสำคัญเชิงสัมพัทธ์ทางเดินแต่ละแห่งที่เชื่อมโยงกับภูมิทัศน์หลังการพัฒนาทั้งหมด

ซึ่งน่าจะช่วยจัดลำดับความสำคัญของสถานที่สำหรับมาตรการบรรเทาผลกระทบเพื่ออำนวยความสะดวกในการเดินทางของสัตว์ป่า (เช่น สิ่งก่อสร้างทางข้าม)

บทสรุป การพัฒนาถนนที่ได้วางแผนไว้ จะแยกส่วนพื้นที่ป่าที่สมบูรณ์ที่ใหญ่ที่สุดในโครงการ Heart of Borneo (HoB) โดยตัดการเชื่อมต่อของพื้นที่คุ้มครอง ในซามบะห์จากพื้นที่ที่อยู่ไกลออกไปทางใต้ในโครงการ Heart of Borneo (HoB) ความเชื่อมโยงทางนิเวศวิทยาระหว่างพื้นที่คุ้มครอง 10 แห่ง ที่จะสูญหายไป

แผนการบรรเทาผลกระทบจากการพัฒนาทางหลวงในรัฐซามบะห์

เรียกร้องให้มีคู่มือโมดูลทางหลวงสำหรับสัตว์ป่าที่เกี่ยวข้องกับทางเดินในป่า แต่ผู้เขียนแสดงข้อสงสัยว่ากลยุทธ์นี้จะเพียงพอหรือไม่ ที่จะป้องกันการสูญเสียการเชื่อมต่อ หรือจะมีเงินทุนเพียงพอที่จะดำเนินการดังกล่าวหรือไม่ เพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุดจากกลยุทธ์นี้ ควรมีการกำหนดตำแหน่งของทางเดินในป่า และสะพานลอยสัตว์ป่า

โดยการสำรวจการย้ายถิ่นฐานของสัตว์ หรือความหลากหลายทางชีวภาพ

โดยไม่อิงจากความสะดวกในการก่อสร้างเหมือนในอดีต ผู้เขียนแนะนำ มาเลเซีย อินโดนีเซีย และบรูไนพัฒนาว่า

แผนแม่บทของโครงการ Heart of Borneo (HoB) จะกำหนดเครือข่ายการอนุรักษ์ที่มีความสำคัญระดับภูมิภาค ทางเดิน และเขตกันชนอย่างฉันทามติใดโรภาส ยังมีการแนะนำการบูรณาการที่ดีขึ้นของการวางแผนการอนุรักษ์ และการพัฒนา เพื่อให้ไม่ให้ความพยายามในการอนุรักษ์นั้นถูกยกเลิกไป อย่างเช่นในกรณีของทางหลวง Pan-Borneo และ HoB

ตัวอย่างการศึกษาที่ 4 ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากถนน และทางรถไฟค่อเสือในอินเดีย (PARIWAKAM ET AL. 2018)

ตีพิมพ์ Pariwakam, M. , Joshi, A., Navgire, S. , & Vaidyanathan, S. (2018) A policy framework for connectivity conservation and smart green linear infrastructure development in the Central Indian and Eastern Ghats tiger landscape. Wildlife Conservation Trust, Mumbai.
<https://www.wildlifeconservationtrust.org/wp-content/uploads/2018/11/Vol-1-Policy-Framework-CI-and-EG-Landscape-Low-Res-.pdf>.

พื้นที่ศึกษา อินเดียกลาง และเทือกเขาฆาฏตะวันตก

สัตว์สายพันธุ์ที่มีความสำคัญต่อระบบนิเวศ เสือ (*Panthera tigris*)

ประเภทโครงสร้าง ถนน, ทางรถไฟ

ภูมิหลัง ภูมิภาคของอินเดียกลางและหุบเขาฆาฏทางตะวันตก ส่งเสริมจำนวนประชากรเสือประมาณ 1 ใน 3 ของอินเดีย และรวมถึงเขตสงวนเสือ 23 แห่ง และพื้นที่คุ้มครองอื่น ๆ 46 แห่งที่มีเสืออาศัยอยู่

จำนวนประชากรเสือในภูมิภาคนี้ มีความหลากหลายทางพันธุกรรมมากที่สุดในโลก

แต่การพัฒนาอย่างรวดเร็วของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ทำให้เกิดการสูญเสียแหล่งที่อยู่อาศัย

และการกระจายตัวที่คุกคามความสมบูรณ์ในระยะยาว มีการสร้างถนนสายใหม่ขึ้นประมาณ 22 กม./วัน ในอินเดีย

ซึ่งเป็นการจำกัดการเดินทางของเสือในแหล่งที่อยู่อาศัยมากขึ้นเรื่อย ๆ และลดการขยายการสืบพันธุ์อีกด้วย

พื้นที่ทางเดินจำนวนมากที่เสือและสัตว์ป่าอื่น ๆ ใช้ในภูมิภาคนี้ยังไม่ได้รับการระบุ หรือยอมรับในวงกว้าง

ทำให้ยากต่อการประเมินผลกระทบที่มีอยู่ หรือที่อาจเกิดขึ้นจากการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)

ต่อการเชื่อมต่อ หรือใช้มาตรการบรรเทาผลกระทบที่เหมาะสมได้ จากการศึกษานี้ ช่วยแก้ไขช่องว่างของข้อมูลโดย (1)

ใช้แบบจำลองการเชื่อมต่อ เพื่อระบุทางเดินของสัตว์ป่าในกลุ่มพื้นที่คุ้มครอง และผืนป่าที่ครอบครองโดยเสือ และ (2)

การพิจารณาว่าโครงการถนน และทางรถไฟที่ได้วางแผนไว้ จะตัดผ่านทางเดินเหล่านี้

และป้องกันการเดินเท้าของเสือในพื้นที่ที่อยู่อาศัย

วิธีการ ผู้เขียนใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่เกี่ยวกับการตั้งถิ่นฐานของมนุษย์และพื้นที่ปกคลุมเพื่อประเมินการขัดขวางทางภูมิประเทศที่มีต่อการเดินทางของเสือ จากนั้นจึงใช้แบบจำลองการเชื่อมต่อเพื่อทำแผนที่เส้นทางการย้ายถิ่นที่เหมาะสมที่สุดระหว่างพื้นที่คุ้มครอง และพื้นที่ที่ทราบว่ามีเสืออาศัยอยู่ มีการตรวจสอบข้อวางแผนล่าสุดเกือบ 1,700 รายการสำหรับการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น LI (รวมถึงถนนและทางรถไฟ) ที่ส่งไปยังกระทรวงสิ่งแวดล้อม กระทรวงป่าไม้ และการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศเพื่อเป็นการเปลี่ยนที่ดินป่าไม้ และได้มีการดึงข้อมูลเชิงพื้นที่เกี่ยวกับเส้นทางโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้จากข้อวางแผนเหล่านี้ โดยการวางแผนเส้นทางเหล่านี้ ในเชิงพื้นที่บนแผนที่ของทางเดินเสือที่ได้มาจากแบบจำลองการเชื่อมต่อ พวกเขาสามารถระบุเส้นทางโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้ ที่จะตัดทางเดินของเสือ และอาจรบกวนการเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่ที่อยู่อาศัยของเสียดัง

สรุป ข้อเสนอแผนการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) เกือบ 400 ฉบับ ยังรวมไปถึงส่วนที่ผ่านหรือแบ่งครึ่งทางเดินของเสือ อย่างไรก็ตาม ข้อเสนอจำนวน 86% นี้ไม่ยอมรับข้อกำหนดสำหรับ "การสูญเสียพันธุ์สัตว์ป่า" (เช่น ถิ่นอาศัยจากสำนักงานอนุรักษ์สัตว์แห่งชาติ และคณะกรรมการเพื่อสัตว์ป่าแห่งชาติ) แม้ว่าจะมีผลกระทบต่อเสือกี่ตาม ทางเดินหลายแห่งที่ระบุในการศึกษานี้ ขยายเกินขอบเขตของพื้นที่คุ้มครอง และเขตที่อ่อนไหวต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งก่อให้เกิดข้อกำหนดสำหรับการกวาดล้างสัตว์ป่า ผู้เขียนจึงแนะนำให้ควรมีการปรับปรุงกฎระเบียบ เพื่อให้ทางเดินเสือที่ระบุในการศึกษานี้ สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการกำหนดสำหรับความต้องการในการกวาดล้างสัตว์ป่า ยังมีการแนะนำให้ใช้งบประมาณส่วนน้อยของโครงการโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ทั้งหมดในการรวมมาตรการบรรเทาผลกระทบที่เหมาะสม ในขั้นตอนการวางแผนเริ่มต้นของโครงการ ซึ่งอาจนำไปสู่การรักษาโดยรวม โดยหลีกเลี่ยงความล่าช้าของโครงการที่มีราคาแพง ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อต้องแก้ไขปรับปรุงแผนหลังจากเริ่มการก่อสร้าง เพื่อรองรับมาตรการในการบรรเทาผลกระทบ การวางแผนโครงการบนแผนที่ทางเดินของเสือในช่วงเริ่มต้นของกระบวนการวางแผน จะช่วยให้หน่วยงานต่าง ๆ สามารถคาดการณ์ และรวมต้นทุนของมาตรการบรรเทาผลกระทบเข้ากับแผนของโครงการได้ดียิ่งขึ้น

การศึกษาตัวอย่างที่ 5 ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากสายไฟฟ้าต่อนกฟลอริคานเบงกอลในกัมพูชา (MAHOOD ET AL. 2018)

ตีพิมพ์ Mahood, S. P., Silva, J. P., Dolman, P. M., & Burnside, R. J. (2018). Proposed power transmission lines in Cambodia constitute a significant new threat to the largest population of the Critically Endangered Bengal florican *Houbaropsis bengalensis*. *Oryx*, 52(1), 147-155. <https://www.cambridge.org/core/journals/oryx/article/proposed-power-transmission-lines-in-cambodia-constitute-a-significant-new-threat-to-the-largest-population-of-the-critically-endangered-bengal-florican-houbaropsis-bengalensis/363AD7029432E2FFC81726FE8568274E>

พื้นที่ศึกษากัมพูชา

สัตว์สายพันธุ์ที่มีความสำคัญต่อระบบนิเวศ นกฟลอริคานเบงกอล (*Houbaropsis bengalensis*)

ประเภทโครงสร้างพื้นฐาน สายไฟฟ้า

ภูมิหลัง นกฟลอริคานเบงกอลเป็นสัตว์สายพันธุ์ย่อยที่ใกล้สูญพันธุ์อย่างยิ่งแล้ว และเป็นอนุกรมวิธานสายพันธุ์เดียวในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งจำค้อยู่ในพื้นที่ราบลุ่ม โตนเลสาบของประเทศกัมพูชา จำนวนประชากรของนกฟลอริคานลดลงอย่างมากในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา การพัฒนาเขื่อนไฟฟ้าพลังน้ำและสายไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องในภูมิภาคนี้ อาจเป็นเหตุทำให้การลดลงนี้เกิดขึ้นอย่างรุนแรง

เนื่องจากฝูงนกฟลอริแคนและนกขนาดใหญ่อื่น ๆ มีความเสี่ยงที่จะเสียชีวิตจากการบินชนกับสายไฟฟ้า รัฐบาลกับพหุชาวแคว้นที่จะสร้างสายไฟฟ้าขนาด 230 กิโลโวลต์ ตามแนวขอบด้านเหนือของที่ราบลุ่มโดนเลสสับ ซึ่งอยู่ติดกับพื้นที่ผสมพันธุ์ 81% ของประชากรนกฟลอริแคนเบงกอล และอาจข้ามเส้นทางอพยพระหว่างพื้นที่ผสมพันธุ์ กับพื้นที่ที่ไม่ใช่แหล่งผสมพันธุ์ การศึกษานี้ ได้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการช้ำถิ้นของนกฟลอริแคน และอัตราการเสียชีวิตของพวกมัน เพื่อประเมินผลกระทบจากสายไฟฟ้าที่ได้วางแผนไว้ซึ่งอาจมีผลต่อจำนวนของนกฟลอริแคน

วิธีการ ผู้เขียนใช้เครื่องมือมาตร เพื่อใช้ติดตามเส้นทางการช้ำถิ้นของนกฟลอริแคน 17 ตัวในระยะเวลา 5 ปี อีกทั้งยังได้ดำเนินการทบทวนวรรณกรรมของการศึกษาก่อนหน้านี้ ที่เกี่ยวกับการเสียชีวิตจากสายไฟฟ้าเพื่อประเมินอัตราเฉลี่ยของการชนที่อาจเป็นไปได้/กิโลเมตรของสายไฟฟ้าใหม่ ได้มีการวางสายไฟฟ้าตามที่ได้วางแผนไว้บนเส้นทางอพยพ และพื้นที่ผสมพันธุ์ที่สังเกตได้ เพื่อกำหนดว่าพื้นที่ใดที่นกฟลอริแคนมีแนวโน้มที่จะมีอัตราการเสียชีวิตที่สูงขึ้นเนื่องจากการบินชนกับสายไฟฟ้า

ข้อสรุป นกฟลอริแคนที่ติดเครื่องส่งสัญญาณไว้ ได้ข้ามเส้นทางสายไฟฟ้าที่วางแผน 2 ครั้งในแต่ละฤดูที่ไม่ผสมพันธุ์ ซึ่งบ่งชี้ว่ามีโอกาสเสียชีวิตจากการชนกันสูงมาก บางตัวมีพื้นที่ผสมพันธุ์ตั้งอยู่ใกล้กับเส้นทางที่กำหนด ซึ่งน่าจะบินชนกับสายไฟฟ้าบ่อยกว่ามาก การศึกษาข้อมูลเผยให้เห็นอัตราเฉลี่ย 0.69 ที่พบการเสียชีวิตจากการบินชนต่อกม. กับสายไฟฟ้าต่อปีจากการศึกษาครั้งก่อน แม้ว่า มันยังไม่เป็นที่แน่นอนว่าจะใช้อัตราเหล่านี้โดยตรงกับจำนวนนกฟลอริแคนในที่ราบลุ่มโดนเลสสับ ผู้เขียนแนะนำว่า อัตราการเสียชีวิตจากการชนที่ใกล้เคียงกันในกลุ่มนี้ อาจนำไปสู่การลดของจำนวนประชากรที่มีนัยสำคัญเพียงกลุ่มเดียวของนกฟลอริแคนในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ นกที่เป็นกลุ่มเสี่ยงชนิดอื่น ๆ อาจได้รับผลกระทบเช่นกัน เช่น นกกระเรียน นกกระทุง นกกระสา และสายพันธุ์นกช้อนหอย ผู้เขียนแนะนำให้เปลี่ยนเส้นทางส่วนของสายไฟฟ้าในพื้นที่โดนเลสสับที่วางแผน ซึ่งมีแนวโน้มที่จะกลายเป็นจุดชนและติดตั้งเครื่องป้องกันการบินชนของนก หรือเครื่องหมายสายไฟฟ้า ในกรณีที่ไม่สามารถกำหนดเส้นทางติดตั้งสายไฟฟ้าใหม่ได้

ตัวอย่างการศึกษาที่ 6 ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการสร้างถนนและทางรถไฟต่อเสือควาลายเมฆในพม่า (KASZTA ET AL. 2020)

ตีพิมพ์ Kaszta, Z., Cushman, S. A., Htun, S., Naing, H., Burnham, D., & Macdonald, D. W. (2020). Simulating the impact of Belt and Road initiative and other major developments in Myanmar on an ambassador felid, the clouded leopard, *Neofelis nebulosa*. *Landscape Ecology*, 1-20. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10980-020-00976-z.pdf>.

พื้นที่ศึกษาพม่า

สัตว์สายพันธุ์ที่มีความสำคัญต่อระบบนิเวศ เสือควาลายเมฆ (*Neofelis nebulosa*)

ประเภทโครงสร้าง ถนน, ทางรถไฟ

ภูมิหลัง พมามีพื้นที่ป่าที่ปกคลุมมากที่สุดในบรรดาประเทศในเอเชียใต้ หรือเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และเป็นแหล่งความหลากหลายทางชีวภาพระดับโลก แต่กำลังประสบกับการตัดไม้ทำลายป่าอย่างรวดเร็ว ซึ่งเกี่ยวข้องกับการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ การพัฒนาการเกษตร และอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ทรัพยากรธรรมชาติอันอุดมสมบูรณ์ของพม่า และที่ตั้งทางยุทธศาสตร์ระหว่างเอเชียใต้ และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ทำให้พม่าเป็นเป้าหมายสำคัญของโครงการเส้นทางสายไหมของจีน

ซึ่งมีความพยายามในการพัฒนาทางเดินทางเศรษฐกิจ (รวมถึงโครงสร้างพื้นฐานทางถนน และทางรถไฟ) ทัวเอเชีย
โครงการโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้นขนาดใหญ่ที่วางแผนโดยเฉพาะอย่างยิ่ง 3 โครงการ ได้แก่ ทางหลวงไตรภาคีอินเดีย-
พม่า-ไทย โครงการเส้นทางสายไหม และทางรถไฟท่อนำส่ง
มีแนวโน้มที่จะก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อความหลากหลายทางชีวภาพของพม่าอย่างมีนัยสำคัญ
โดยอาจมีการเพิ่มการสูญเสียแหล่งที่อยู่อาศัย และการกระจายตัว การเสียชีวิตของสัตว์บนท้องถนน
และการเข้าถึงการลักลอบค้าสัตว์ป่า การศึกษานี้วิเคราะห์ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากสถานการณ์การพัฒนาเหล่านี้
โดยใช้สื่อควาละยเมฆ ซึ่งเป็นนักล่าระดับบนสุด และมีเสน่ห์ เป็นสิ่งมีชีวิตที่ให้ร่มเงากับชนิดพันธุ์อื่น
และยังเป็นตัวบ่งชี้ความหลากหลายทางชีวภาพของป่าไม้ในภูมิภาคอีกด้วย

วิธีการ ผู้เขียนใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่เกี่ยวกับตัวแปรด้านสิ่งแวดล้อม โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น
และการพัฒนามนุษย์เพื่อประเมินความคืบหน้าของภูมิประเทศที่มีต่อการเดินเท้าของเสือควาละยเมฆ
จากนั้นจึงเรียกใช้แบบจำลองการเชื่อมต่อเพื่อจำลองการย้ายถิ่นในพื้นที่ที่อยู่อาศัยที่เหมาะสมสำหรับเสือควาละยเมฆ
สำหรับการใช้แบบจำลองการเชื่อมต่อสำหรับภูมิประเทศก่อนและหลังการพัฒนา
ผู้เขียนสามารถประมาณการเปลี่ยนแปลงในการเชื่อมต่อกับภูมิประเทศ
สำหรับเสือควาละยเมฆที่จะเกิดขึ้นหากโครงการ โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้นที่วางแผนแต่ละโครงการเสร็จสมบูรณ์
พวกเขายังคำนวณการกระจายตัวของภูมิทัศน์ด้วยระบบเมตริก สำหรับภูมิประเทศก่อนและหลังการพัฒนา
เพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้นกับการกระจายตัวของที่อยู่อาศัยของเสือควาละยเมฆ สุดท้าย
ได้ใช้โปรแกรมจำลองพันธุกรรม เพื่อสำรวจว่าสถานการณ์การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น
สามารถจำกัดการขยายพันธุ์ของเสือควาละยเมฆได้อย่างไร และมีอิทธิพลต่อความหลากหลายทางพันธุกรรม
และขนาดประชากรอย่างไร

สรุป ทางหลวงไตรภาคีจะแยกส่วนที่อยู่อาศัยหลัก 2 แห่งที่ใหญ่ที่สุดสำหรับเสือควาละยเมฆในพม่า
และแบ่งทางเดินที่เชื่อมกันเหล่านั้นออกเป็นสองส่วน เส้นทางสายไหม จะเพิ่มการกระจายตัวเชิงภูมิประเทศได้ถึง 39%
เส้นทางท่อนำส่งจะตัดกับพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของการเคลื่อนที่สูงในบริเวณพื้นที่ที่สำคัญ
และการจำลองทางพันธุกรรมชี้ให้เห็นว่า
ความหลากหลายทางพันธุกรรมของประชากรเสือควาละยเมฆจะลดลงอย่างมาก
ผลกระทบส่วนบุคคลที่คาดการณ์ไว้ของสถานการณ์การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ทั้ง 3
ต่อขนาดประชากรเสือควาละยเมฆนั้นค่อนข้างน้อย
แต่เมื่อรวมกับผลกระทบของเขื่อนไฟฟ้าพลังน้ำแห่งใหม่และการเติบโตของเมืองในพม่า
สามารถลดขนาดจำนวนเสือควาละยเมฆได้มากถึง 25% ผลการศึกษาเกี่ยวกับเสือควาละยเมฆในระบบนิเวศป่าไม้
แสดงหลักฐานที่ชัดเจนว่า อาจมีอันตรายจากถนนและทางรถไฟสายใหม่ที่วางแผน แต่ผู้เขียนแนะนำว่า
จำเป็นต้องทำการวิเคราะห์ที่คล้ายกันสำหรับสายพันธุ์และระบบนิเวศเฉพาะ
เพื่อทำความเข้าใจผลกระทบทั้งหมดจากการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้นที่มีต่อความหลากหลายทางชีวภาพในป
ระเทศพม่า

ตัวอย่างการศึกษาที่ 7 ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการสร้างถนนต่อเสือควาหิมะในเนปาล (WWF 2018)

ตีพิมพ์ World Wildlife Fund(2018) Infrastructure assessment in snow leopard habitat of Nepal. WWF Nepal, Kathmandu.
https://wwf.panda.org/discover/knowledge_hub/?340154/Infrastructure-Assessment-in-Snow-Leopard-Habitat-of-Nepal

พื้นที่ศึกษา เนปาล

สัตว์สายพันธุ์ที่มีความสำคัญต่อระบบนิเวศ เสือควาหิมะ (*Panthera uncia*)

ประเภทโครงสร้างพื้นฐาน ถนน

ภูมิหลัง ทางตอนเหนือของเทือกเขาหิมาลัยเป็นภูมิทัศน์ที่มีความสำคัญระดับโลกในการอนุรักษ์เสือคาหมิระ ซึ่งเป็นสัตว์สายพันธุ์หลัก ที่ถือว่าเป็นตัวบ่งชี้ถึงความสมบูรณ์ของระบบนิเวศบนภูเขาสูง

เนปาลส่งเสริมจำนวนเสือคาหมิระประมาณ 7% จากทั่วโลก แต่การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)

ในประเทศก็ยังเป็นภัยคุกคามต่อเสือคาหมิระ

ความต้องการของมนุษย์ในการขยายเครือข่ายถนนตามแนวพรมแดนทางเหนือของเนปาลนั้นแข็งแกร่งมาก

และผู้กำหนดนโยบายระดับชาติมักสนับสนุนการขยายตัวนี้ เพื่อกระตุ้นการเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศ

ซึ่งเพิ่มความเชื่อมโยงกับเศรษฐกิจที่เติบโตอย่างรวดเร็วของจีน และอินเดียที่อยู่เป็นประเทศใกล้เคียงด้วย

ถนนสายเหนือ-ใต้ อย่างน้อย 13 แห่ง ที่เชื่อมกับที่ราบลุ่มของเนปาลกับจีน ได้รับการวางแผนหรืออยู่ระหว่างการก่อสร้าง

และจะตัดกับแหล่งที่อยู่อาศัยที่สำคัญของเสือคาหมิระ ถนน

และการล่าอาณานิคมของมนุษย์ที่เกี่ยวข้องตลอดเส้นทางเหล่านี้ มีแนวโน้มที่จะแบ่งภูมิประเทศ

ลดการขยายพันธุ์ในหมู่ประชากรเสือคาหมิระ และเพิ่มการเข้าถึงที่อยู่อาศัยของเสือคาหมิระโดยนักล่าสัตว์

วิธีการ ผู้เขียนได้ศึกษาการวิจัยเชิงวิชาการ นโยบาย และแผนการพัฒนาของรัฐบาล และบทความข่าว

เพื่อระบุโครงการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ในกลุ่มเสือคาหมิระ

มีการทำแผนที่ความหนาแน่นของถนนในปัจจุบันภายในแหล่งที่อยู่อาศัยของเสือคาหมิระ ในประเทศเนปาล

และเปรียบเทียบกับความหนาแน่นของถนนในอนาคตที่คาดการณ์ไว้ โดยคาดการณ์ว่าถนนสายเหนือ-ใต้

ที่กำหนดทั้งหมดจะเสร็จสมบูรณ์ พื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูง ปานกลาง และต่ำต่อเสือคาหมิระจากถนน

แยกตามจำนวนของถนน

ผู้เขียนยังประเมินการเปลี่ยนแปลงที่คาดการณ์ในเรื่องความหนาแน่นของโครงสร้างพื้นฐานอีก 5 ประเภท (เหมือง

เส้นทาง การตั้งถิ่นฐาน สนามบิน และไฟฟ้าพลังน้ำ) แต่ผู้เชี่ยวชาญได้ให้ความเห็นว่า

ถนนมีความเสี่ยงต่อเสือคาหมิระสูงกว่าโครงสร้างพื้นฐานประเภทอื่น ๆ

สรุป หากถนนสายเหนือ-ใต้ ที่กำหนดทั้งหมดแล้วเสร็จ

พื้นที่ทั้งหมดของที่อยู่อาศัยของเสือคาหมิระที่ได้รับผลกระทบจากถนนจะเพิ่มขึ้นประมาณ 3 เท่า จาก 5,725 กม. เป็น

17,775 กม.² มีการจัดประเภทของผลกระทบว่าต่ำหรือปานกลางสำหรับถนนที่มีอยู่

แต่การพัฒนาถนนเส้นใหม่จะสร้างพื้นที่ผลกระทบสูงถึง 600 กม.² และพื้นที่ผลกระทบที่สูงมากถึง 175 กม.²

ผลกระทบที่คาดการณ์ไว้ต่อเสือคาหมิระมีแนวโน้มที่จะเพิ่มความกังวลไปสู่การอนุรักษ์อีกหลายสายพันธุ์ซึ่งครอบคลุม

ที่อยู่อาศัยบนภูเขาสูงเดียวกัน รวมถึงผู้ล่าอื่น ๆ เช่น หมาป่าหิมาลัย จิ้งจอกทิเบต และสุนัขจิ้งจอกสีทอง

และสัตว์กินเนื้อจำพวกแกะสีน้ำเงิน แพะป่าหิมาลัย แกะหิมาลัย เสี่ยงผาหิมาลัย กวางผา และกวางชะมด

ผู้เขียนแนะนำ จำเป็นต้องมีการปรับปรุงการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมระหว่างการวางแผน

การรวมมาตรการบรรเทาผลกระทบระหว่างการก่อสร้าง และมาตรการติดตาม

และการปรับปรุงระหว่างการปฏิบัติงานเป็นสิ่งจำเป็น

เพื่อให้มั่นใจถึงความยั่งยืนของการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ในเนปาล

ตัวอย่างการศึกษาที่ 8 ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการสร้างถนนต่อเสือในอินเดียตอนกลาง (THATTE ET AL. 2018)

ตีพิมพ์ Thatte, P. , Joshi, A. , Vaidyanathan, S. , Landguth, E. , & Ramakrishnan, U.(2018) Maintaining tiger connectivity and minimizing extinction into the next century Insights from landscape genetics and spatially-explicit simulations. Biological Conservation, 218, 181-191.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0006320717307346>.

พื้นที่ศึกษา อินเดียกลาง

สัตว์สายพันธุ์ที่มีความสำคัญต่อระบบนิเวศ เสือโคร่ง (*Panthera tigris*)

ประเภทโครงสร้างพื้นฐาน ถนน

ภูมิหลัง อินเดียมีเสือโคร่งจำนวน 65% ของโลก และความพยายามในการอนุรักษ์ และจัดการในประเทศได้เพิ่มจำนวนประชากรเสือโคร่งขึ้น 30% ในช่วง 30 ปีที่ผ่านมา ทำให้เป็นฐานที่มั่นที่สำคัญสำหรับสายพันธุ์เสือโคร่ง อย่างไรก็ตาม เสือโคร่งของอินเดียเกิดขึ้นในพื้นที่คุ้มครอง และพื้นที่ธรรมชาติอื่น ๆ ในจำนวนเล็ก ๆ ที่อาจไม่สามารถดำรงชีวิตได้ เว้นแต่จะมีการเชื่อมโยงกันอย่างเพียงพอเพื่อเกิดการขยายพันธุ์ได้ต่อไป ด้วยเศรษฐกิจที่เติบโตอย่างรวดเร็ว และจำนวนประชากรมนุษย์ที่คาดว่าจะเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าภายในปี 2050 อินเดียจึงกำลังประสบกับความต้องการที่แข็งแกร่งสำหรับการเชื่อมต่อเส้นทางไม่ว่าจะเป็น ทางถนนและทางรถไฟที่ดีขึ้นระหว่างเมืองต่าง ๆ การขยาย และยกระดับเครือข่ายของการขนส่งในอินเดีย มีแนวโน้มที่จะทำลายการเชื่อมโยงในหมู่ประชากรเสือโคร่ง การศึกษานี้ค้นพบว่า การเปลี่ยนแปลงในการเชื่อมต่อภูมิประเทศภายใต้สถานการณ์ของการพัฒนาถนนในอนาคต สามารถลดความหลากหลายทางพันธุกรรมและเพิ่มโอกาสในการสูญพันธุ์ของจำนวนประชากรเสือโคร่งได้อย่างไร

วิธีการ ผู้เขียนรวบรวมข้อมูลทางพันธุกรรมจากเสือโคร่ง 116 ตัว ทั่วอินเดียตอนกลาง และใช้วิธีการทางพันธุกรรม เพื่อประเมินผลกระทบของตัวแปรภูมิประเทศ รวมถึงความรุนแรงของการจราจรบนถนน การตั้งถิ่นฐานของมนุษย์ และการใช้ที่ดิน ต่อการกระจายตัวของเสือโคร่ง จากนั้นจึงใช้โปรแกรมจำลองพันธุกรรมเพื่อสร้างแบบจำลองการผสมพันธุ์ และการกระจายตัวของเสือโคร่งทั่วภูมิประเทศในช่วง 100 ปี ภายใต้การพัฒนาที่หลากหลายในอนาคต และเพื่อบันทึกการเปลี่ยนแปลงที่คาดการณ์ในด้านความหลากหลายทางพันธุกรรม และความน่าจะเป็นเรื่องการสูญพันธุ์ของประชากรเสือโคร่งในแต่ละสถานการณ์ สถานการณ์การพัฒนาที่พิจารณาในการวิเคราะห์นั้นรวมถึงการขยายถนนทางหลวงแผ่นดิน 2 สาย (NH6 และ NH7) ให้กว้างขึ้น จะเป็นอุปสรรคต่อการแพร่กระจายของเสือโคร่ง เว้นแต่จะมีการสร้างสิ่งกีดขวางทางข้ามของสัตว์ป่าด้วย

สรุป จากตัวอย่าง มีการแนะนำการขยาย ถนน NH7 โดยไม่มีสิ่งกีดขวางทางข้ามของสัตว์ป่า จะเพิ่มความแตกต่างทางพันธุกรรมระหว่าง เขตอนุรักษ์เสือกัมहा และ เขตอนุรักษ์เสือเพนซ์ ในด้านใดด้านหนึ่งด้วยปัจจัยสี่ การขยายถนน NH6 โดยไม่มีสิ่งกีดขวางทางข้าม จะเพิ่มความแตกต่างทางพันธุกรรม ระหว่างจำนวนประชากร ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า Nagzira และ Nawegaon ในด้านใดด้านหนึ่ง ได้ถึง 65 เท่า ผู้เขียนแนะนำว่า ในกรณีที่ไม่สามารถกำหนดเส้นทางถนนสายใหม่ เพื่อลดอุปสรรคในการกระจายตัวของเสือโคร่ง การคิดสร้างโครงสร้างเพื่อบรรเทาผลกระทบ เช่น สะพานลอย หรือทางลอดของสัตว์ป่า ก่อนการก่อสร้าง หรือขยายถนน แผนพัฒนาในอินเดียต้องมุ่งเน้นไปที่การอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ และความเชื่อมโยงของภูมิทัศน์สำหรับสัตว์ป่า เช่นเดียวกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน และการศึกษาแบบจำลองเช่นนี้ สามารถช่วยให้ประชากรสัตว์ระดับตัวคนที่อาจเสี่ยงต่อผลกระทบของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) และรูปแบบอื่น ๆ ของการพัฒนาได้

ตัวอย่างการศึกษาที่ 9 ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการสร้างถนน และทางรถไฟ ที่มีต่อเสือลายเมฆในเกาะบอร์เนียวของมาเลเซีย (KASZTA ET AL. 2019)

ตีพิมพ์ Kaszta, Z., Cushman, S. A., Hearn, A. J., Burnham, D., Macdonald, E. A., Goossens, B., Nathan, S. K. S. S. และ Macdonald, D. W. (2019) Integrating Sunda clouded leopard (*Neofelis diardi*) conservation into development and restoration planning in Sabah (Borneo). *Biological Conservation*, 235, 63-76. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0006320718309480>.

พื้นที่ศึกษา ซาบาห์ (มาเลเซีย บอร์เนียว)

สัตว์สายพันธุ์ที่มีความสำคัญต่อระบบนิเวศ เสือควายลายเมฆซุนดา (*Neofelis diardi*)

ประเภทโครงสร้าง ถนน, ทางรถไฟ

ภูมิหลัง เสือควายลายเมฆซุนดา เป็นสัตว์นักล่าบนบกที่อาศัยอยู่ได้สูงสุดในเกาะบอร์เนียว และมีความแตกต่างทางพันธุกรรมจากเสือควายลายเมฆในแผ่นดินใหญ่เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ในฐานะที่เป็นสายพันธุ์ที่ใกล้สูญพันธุ์ที่มีการแพร่กระจายแบบจำกัดแหล่งที่อยู่อาศัย เสือควายลายเมฆอาจเป็นสิ่งมีชีวิตที่ร่วมเผ่ากับชนิดพันธุ์อื่นที่ต้องพึ่งพาป่า และเป็นตัวบ่งชี้ความสมบูรณ์ของระบบนิเวศในรัฐซาบาห์ ประเทศมาเลเซีย ประชากรเสือควายลายเมฆในซาบาห์ลดลงเหลือประมาณ 750 ตัว เนื่องจากมีการตัดไม้ทำลายป่าอย่างรวดเร็ว และการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ในภูมิภาคนี้ และมีการคุกคามที่ทำให้ที่อยู่อาศัยของมันกระจัดกระจายออกไป ลดการขยายพันธุ์ และเพิ่มอัตราการเสียชีวิต การศึกษานี้ใช้เทคนิคการสร้างแบบจำลองที่หลากหลาย เพื่อสำรวจผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น จากการพัฒนาถนน และทางรถไฟ ต่อเสือควายลายเมฆ และป่าซึ่งเป็นที่อยู่อาศัยของพวกมันทั่วซาบาห์

วิธีการ ผู้เขียนได้รวบรวมข้อมูลเชิงพื้นที่เกี่ยวกับการพัฒนาถนน และทางรถไฟ ที่วางแผนจากแผนโครงสร้างซาบาห์ในปี 2033 ซึ่งรวมถึงส่วนทางหลวง 4 เลนใหม่ 16 สาย ส่วนที่จะปรับปรุงใหม่เป็นทางหลวง 15 สาย และส่วนทางรถไฟใหม่ 10 สาย โดยใช้ข้อมูลเครื่องโทรมาตรด้วย GPS กับเสือควายลายเมฆ เพื่อประเมินความแข็งแกร่งของภูมิประเทศต่อการย้ายถิ่นของเสือควาย โดยพิจารณาจากหน้าที่ของพื้นที่ที่ครอบครอง ลักษณะป่าไม้ และถนน ได้ใช้แบบจำลองการเชื่อมต่อ เพื่อจำลองการเดินทางระหว่างพื้นที่ที่อยู่อาศัยที่เหมาะสมสำหรับเสือควายลายเมฆ สมมติว่าการกำหนดค่าภูมิประเทศก่อนการพัฒนาในปัจจุบัน หรือสถานการณ์ที่การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้นที่กำหนดนั้นเสร็จสมบูรณ์ จากนั้นจึงเปรียบเทียบผลลัพธ์ของก่อนและหลังการพัฒนาโครงสร้างเหล่านี้ และสถานการณ์เพื่อประเมินผลกระทบต่อเสือควายลายเมฆ ผู้เขียนได้ใช้ระบบเมตริกในการคำนวณการกระจายตัวของภูมิประเทศก่อนและหลังการพัฒนา เพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้น กับการกระจายตัวของที่อยู่อาศัยของเสือควาย ที่ท้ายที่สุด ผู้เขียนใช้โปรแกรมจำลองพันธุกรรม เพื่อสำรวจว่าสถานการณ์การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) สามารถจำกัดการขยายพันธุ์เสือควาย และมีอิทธิพลต่อความหลากหลายทางพันธุกรรม และขนาดของประชากรเสือควายได้อย่างไร โดยใช้วิธีการที่รวมเอาผลกระทบโดยตรงต่อการเสียชีวิตจากการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) (เช่น การเสียชีวิตบนท้องถนน) รวมทั้งผลกระทบจากการเชื่อมต่อโครงสร้าง สำหรับการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่มีผลกระทบอย่างมาก ยังสามารถคาดการณ์ถึงผลกระทบต่อเสือควายได้ด้วย หากการพัฒนาเหล่านี้ถูกเปลี่ยนเส้นทางเพื่อลดผลกระทบต่อความเหมาะสมของที่อยู่อาศัยของเสือควายอย่างยั่งยืน

สรุป ถนนใหม่ 2 สาย การปรับปรุงถนน 1 สายและทางรถไฟใหม่ 1 สาย คาดว่าจะส่งผลกระทบต่อในทางลบอย่างมีนัยสำคัญต่อการเดินทางของเสือควายลายเมฆ และเพิ่มการกระจายตัวของภูมิประเทศอย่างมาก โดยคาดการณ์ว่า การเชื่อมต่อที่คาดการณ์ไว้ต่อการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ทั้งหมดจะลดลง 23% การจำลองทางพันธุกรรม คาดการณ์การลดลงของจำนวนเสือควายลายเมฆ (มากถึง 63%)

ทั่วทั้งรัฐภายใต้สถานการณ์การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่สัมพันธ์กับสถานการณ์พื้นฐาน รวมถึงการสูญพันธุ์ของประชากรย่อยบางส่วน และการสูญเสียความหลากหลายทางพันธุกรรมอย่างมาก การปรับแนวของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ให้รายการให้กระจายมากที่สุด จะปรับปรุงการเชื่อมต่อได้ 3% แต่จะไม่เปลี่ยนแปลงความหลากหลายทางพันธุกรรมหรือขนาดของประชากรสัตว์ ผู้เขียนเน้นว่า การวิเคราะห์จำนวนการเสียชีวิตโดยตรงที่เพิ่มขึ้นเชื่อมโยงกับโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ไม่ใช่แค่การลดการเชื่อมโยงเท่านั้น แต่ยังเพื่อทำความเข้าใจผลกระทบทั้งหมดของการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ต่อประชากรสัตว์ป่าอีกด้วย ยังมีการตั้งข้อสังเกตอีกว่า แบบจำลองการคาดการณ์ผลกระทบต่อเสือควาหลาเมฆ ควรได้รับการพิจารณาให้เป็นอนุรักษนิยม เพราะไม่ได้มีการคำนึงถึงการเพิ่มขึ้นของการรบกวนจากมนุษย์ การรบกวน การเปลี่ยนแปลงที่ดิน และการก่อสร้างถนนขนาดเล็กที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาทางหลวง และทางรถไฟ

ตัวอย่างการศึกษาที่ 10 ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการสร้างถนน ที่มีต่อความหลากหลายทางชีวภาพในลาว (DANYO ET AL. 2018)

ตีพิมพ์ Danyo, S., Dasgupta, S., & Wheeler, D. (2018). Potential forest lost and biodiversity risks from road improvement in Lao PDR. Policy Research Working Paper 8569. Development Research Group, Development Economics and the Environment and Natural Resources Global Practice, World Bank Group. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30321?locale-attribute=en>.

พื้นที่ศึกษา ลาว

สัตว์สายพันธุ์ที่มีความสำคัญต่อระบบนิเวศ ไม่มี (สายพันธุ์กลาง)

ประเภทโครงสร้างพื้นฐาน ถนน

ภูมิหลัง การขนส่งผู้โดยสาร และสินค้าส่วนใหญ่ในลาวจะให้บริการทางถนน แต่มีเพียง 16% ของโครงข่ายถนนในประเทศเท่านั้นที่มีการลาดยาง การปรับปรุงคุณภาพถนนจะช่วยลดต้นทุนการขนส่งและเพิ่มความสามารถในการทำกำไรของการผลิตทางการเกษตรในลาว แต่จะเพิ่มการทำลายป่าเพื่อพัฒนาการเกษตรในเส้นทางที่สร้างผลกำไรใหม่ที่ห้อมล้อมไปด้วยถนนที่ได้รับการปรับปรุง การแผ้วถางทำลายป่านี้ อาจเป็นอันตรายต่อความหลากหลายทางชีวภาพของประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับสัตว์สายพันธุ์ที่อาศัยในที่อยู่อาศัยของป่าที่ไม่เป็นอันตราย ผู้กำหนดนโยบายจะได้รับประโยชน์จากข้อมูลที่ชัดเจนในพื้นที่เกี่ยวกับผลกระทบทางชีวภาพของการปรับปรุงถนนที่อาจเกิดขึ้น เพื่อทำการตัดสินใจที่ดีขึ้นเกี่ยวกับสถานที่ และวิธีดำเนินการ ในการพัฒนาเศรษฐกิจไปพร้อมกับรักษาความหลากหลายทางชีวภาพ การศึกษานี้เป็นการสำรวจการแลกเปลี่ยนระหว่างผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจ และการสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงโครงข่ายถนนทั่วประเทศของลาว

วิธีการ การศึกษานี้ใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่เกี่ยวกับโครงข่ายถนนที่มีอยู่ของลาว และรูปแบบการคำนวณของป่าในอดีต เพื่อจำลองว่า อัตราการทำลายป่าได้รับอิทธิพลอย่างไรจากประเภทของถนนและความใกล้ชิดกับป่า สถานะการคุ้มครองทางกฎหมาย ลักษณะทางเศรษฐกิจและลักษณะภูมิทัศน์ ผู้เขียนจึงใช้แบบจำลองนี้ในการคาดการณ์จำนวน และตำแหน่งของการคำนวณของป่าในอนาคตที่จะเกิดขึ้น หากถนนสายตรง และสายต่อไปทั้งหมดในโครงข่ายถนนของลาวได้รับการปรับปรุงใหม่ให้เป็นถนนสายหลักในที่สุด ยังมีทำแผนที่ค่าความหลากหลายทางชีวภาพทั่วประเทศ โดยใช้ดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพแบบผสมที่รวมข้อมูลเกี่ยวกับสถานะทางชีวนิเวศ

ความหนาแน่นของชนิดพันธุ์ ถิ่นกำเนิด และความเสี่ยงในการสูญพันธุ์ และข้อมูลที่แก้ไขสำหรับการทำลายของป่าที่ผ่านมา สุดท้ายนี้ ผู้เขียนได้ค้นคว้าความหลากหลายทางชีวภาพที่ปรับแล้ว ด้วยการเพิ่มข้อมูลผลการพื้นที่ป่าไม้ในการพยากรณ์แล้วลงป่า ด้วยแบบโมเดลภายใต้สถานการณ์จำลอง การกระจัดถนนที่สมบูรณ์ เพื่อระบุพื้นที่ที่คาดว่าจะสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพสูง

สรุป รูปแบบทางเศรษฐกิจ ระบุได้ว่า ถนนสายทุติยภูมินำไปสู่การทำลายขนาดของป่ามากกว่า ถนนระดับตติยภูมิ และถนนสายปฐมภูมินำไปสู่การทำลายขนาดของป่าที่มากขึ้น การปรับปรุงถนนสายทุติยภูมิ และตติยภูมิของลาว คาดการณ์ว่าจะทำให้พื้นที่ป่าโล่งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคเหนือของประเทศ ซึ่งเปอร์เซ็นต์ของการทำป่าไม้จะเพิ่มขึ้นถึง 14% ในพื้นที่ขนาด 500 เมตรกิลเซล ผลกระทบของความหลากหลายทางชีวภาพจากการทำลายป่า จากการกระจัดถนนถูกคาดการณ์ว่าจะมีจำนวนมาก และกระจายไปทั่วประเทศ ผลการศึกษานี้ สามารถช่วยเหลือได้โดยตรงในการลงทุนยกระดับถนนสู่การขนส่ง ซึ่งความเสี่ยงต่อความหลากหลายทางชีวภาพจะลดลง ในขณะที่ยังเน้นย้ำถึงพื้นที่ที่จำเป็นต้องมีมาตรการปกป้องที่ดินอันเข้มงวดมากขึ้น เพื่อหลีกเลี่ยงการสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพที่สำคัญ มีการตั้งข้อสังเกตว่า วิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์ ยังสามารถนำมาใช้ในการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของการปรับปรุงถนน ในระดับพื้นที่ที่เล็กกว่า (เช่น การวิเคราะห์ระดับโครงการ) หรือผลกระทบของถนนสายใหม่ที่ได้ออกแบบไว้ซึ่งยังไม่เกิดขึ้น

ตัวอย่างการศึกษาที่ 11

ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการสร้างถนนและทางรถไฟต่อความหลากหลายทางชีวภาพในเขตอนุรักษ์เทไร (TAL) ประเทศเนปาล (SHARMA ET AL. 2018)

ตีพิมพ์ Sharma, R. , Rimal, B. , Stork, N. , Baral, H. , & Dhakal, M. (2018) Spatial assessment of the potential impact of infrastructure development on biodiversity conservation in Lowland Nepal. ISPRS International Journal of Geo-Information, 7(9), 365. <https://www.mdpi.com/2220-9964/7/9/365>.

พื้นที่ศึกษา พื้นที่เทไร อาร์ล ประเทศเนปาล

สัตว์สายพันธุ์ที่มีความสำคัญต่อระบบนิเวศ ไม่มี (สายพันธุ์กลาง)

ประเภทโครงสร้าง ถนน, ทางรถไฟ

ภูมิหลัง เนปาลเป็นผู้นำในด้านการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพระดับโลก และได้รับการยอมรับในด้านการอนุรักษ์สายพันธุ์ที่ประสบความสำเร็จ ซึ่งต้องการระบบนิเวศขนาดใหญ่ที่ไม่มีบุปสลาย เขตอนุรักษ์เทไร (TAL) ข้ามพรมแดนตามแนวชายแดนเนปาล-อินเดีย ซึ่งเป็นภูมิประเทศที่สำคัญอย่างยิ่งสำหรับการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ เนื่องจากมีที่อยู่อาศัยที่สำคัญสำหรับสัตว์ป่าที่ใกล้สูญพันธุ์หลายชนิด รวมทั้งสัตว์ขนาดใหญ่ เช่น เสือ ช้าง และแรด เขตอนุรักษ์เทไร (TAL) ยังเป็นภูมิประเทศที่ให้ผลผลิตทางการเกษตรด้วยความหนาแน่นของประชากรมนุษย์สูงในบางพื้นที่ และมีแผนยุทธศาสตร์ของรัฐบาลเนปาลวางแผนการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ใหม่ในพื้นที่อีกด้วย แผนดังกล่าวประกอบด้วยทางหลวงไปรษณีย์และรถไฟสายตะวันออก-ตะวันตกที่แล่นตามเขตอนุรักษ์เทไร (TAL) และผ่านพื้นที่คุ้มครองหลายแห่ง ซึ่งอาจคุกคามความหลากหลายทางชีวภาพของภูมิภาค หากไม่ได้ออกแบบมาอย่างเหมาะสมเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การศึกษานี้

ได้คาดการณ์และทำแผนที่ผลกระทบของการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้ในเขตอนุรักษ์เทไร (TAL) อันส่งผลต่อความหลากหลายทางชีวภาพ โดยใช้การเปลี่ยนแปลงของคุณภาพที่อยู่อาศัยเป็นตัวแทนผลกระทบต่อสายพันธุ์และประชากรสัตว์

วิธีการ ผู้เขียนได้ข้อมูลเชิงพื้นที่มาจากหน่วยงานของรัฐ ซึ่งเกี่ยวกับถนนและทางรถไฟที่มีอยู่และที่ได้วางแผนไว้ และได้มีการใช้โปรแกรม InVEST จำลองคุณภาพที่อยู่อาศัย

เพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงคุณภาพที่อยู่อาศัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาถนน และทางรถไฟ (รวมถึงการตั้งถิ่นฐานของมนุษย์และเกษตรกรรม) ซึ่งทำหน้าที่เป็นความเหมาะสมของที่อยู่อาศัย และลักษณะของภัยคุกคามจากการพัฒนาเหล่านี้ ข้อมูลจากรัฐบาล และผู้เชี่ยวชาญ จากองค์กรพัฒนาเอกชน (NGOs) เกี่ยวกับความหลากหลายทางชีวภาพและแบบจำลองทางนิเวศวิทยา ได้มีการรวมไว้ในกระบวนการนี้

การเปลี่ยนแปลงที่อยู่อาศัย ถูกจำลองภายใต้สถานการณ์การป้องกันแหล่งที่อยู่อาศัย 3 แบบ ซึ่งถือว่าการเข้าถึงของมนุษย์ในระดับต่าง ๆ (และส่งผลให้เกิดภัยคุกคามจากมนุษย์ เช่น การรบกวน การลักลอบตัดไม้ และการแพร่กระจายสายพันธุ์) ไปยังพื้นที่ที่คุ้มครองที่มีอยู่และเขตกันชนโดยรอบ

ผู้เขียนจัดหมวดหมู่ลำดับคุณภาพของแหล่งที่อยู่อาศัยในเขตอนุรักษ์เทไร (TAL) ออกเป็นระดับที่ต่ำมาก ต่ำ ปานกลาง ดี และดีเยี่ยม และคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงในการกระจายเชิงพื้นที่ของคุณภาพที่อยู่อาศัยเหล่านี้ ซึ่งเป็นผลมาจากการพัฒนา

สรุป โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้จะตัดกันและลดระดับลง

ทำให้ที่อยู่อาศัยคุณภาพสูงในเขตอนุรักษ์เทไร (TAL) ลดลง โดยไม่คำนึงถึงระดับการป้องกัน

ทำให้ระดับคุณภาพของแหล่งที่อยู่อาศัยลดลงถึง 12% ของพื้นที่ที่จัดอยู่ในประเภทคุณภาพสูงในปัจจุบัน ขอบเขต

และขนาดของการสูญเสียคุณภาพที่อยู่อาศัยขึ้นอยู่กับระดับการป้องกันที่พื้นที่คุ้มครอง และเขตกันชนที่มี

แม้จะอยู่ภายใต้ระดับการป้องกันในปัจจุบัน แบบจำลองการคาดการณ์คุณภาพที่อยู่อาศัยที่ลดลงในบางพื้นที่ที่คุ้มครอง

เช่น อุทยานแห่งชาติ Suklaphanta อุทยานแห่งชาติ Chitwan และพื้นที่คุ้มครอง Blackbuck การพัฒนาถนนและทางรถไฟ

สามารถลดคุณภาพที่อยู่อาศัยได้ถึง 40% ในพื้นที่ภายในหรือใกล้อุทยานแห่งชาติทั้ง 3 แห่ง ผู้เขียนแนะนำว่า

พื้นที่สำคัญที่คาดการณ์การสูญเสียแหล่งที่อยู่อาศัยจากการศึกษานี้ สามารถนำไปใช้โดยตรง

เพื่อชี้แนะให้เกิดความพยายามในการอนุรักษ์พื้นที่เสี่ยงโดยเฉพาะ

ผลลัพธ์ยังสามารถใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการพัฒนาการประเมินสิ่งแวดล้อมเชิงกลยุทธ์

สำหรับการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้นในอนาคตในเขตอนุรักษ์เทไร (TAL) ซึ่งจะมีขอบเขตเชิงพื้นที่

และเวลาที่กว้างขึ้นกว่าการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่ดำเนินการตามธรรมเนียมสำหรับโครงการ โครงสร้างพื้นฐาน

เชิงเส้น (LI) แต่มันจะไม่เพียงพอสำหรับการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)

อย่างเต็มรูปแบบ

การวิเคราะห์การศึกษาตัวอย่าง

ข้อมูลด้านล่าง เป็นการให้ภาพรวมโดยย่อของลักษณะสำคัญของการศึกษาแบบละเอียดในปัจจุบัน และแนะนำว่า

การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ในอนาคต สามารถสร้างจากการศึกษาเหล่านี้ได้อย่างไร

เพื่อเติมเต็มช่องว่างที่มีอยู่เพื่อความเข้าใจเกี่ยวกับผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นของโครงการ โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้นที่ได้วางแผนไว้ในเอเซีย

ความหลากหลายทางการศึกษา

ข้อมูลที่เราได้ศึกษามาทั้งหมด มาจากเอเชียใต้ (อินเดีย เนปาล) หรือเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (กัมพูชา อินโดนีเซีย ลาว มาเลเซีย พม่า) การศึกษาประมาณครึ่งหนึ่งเป็นการวิเคราะห์สายพันธุ์ที่เป็นกลาง ซึ่งไม่ได้เน้นที่สายพันธุ์ใดเป็นพิเศษ และส่วนที่เหลือเน้นที่สัตว์ตระกูลแมวขนาดใหญ่ (เสือ เสือควายลายเมฆ เสือควายหิมะ)

ขกเว้นการศึกษาหนึ่งที่เน้นที่สายพันธุ์นก (Bengal florican) เกือบทุกการศึกษา มีการพิจารณาผลกระทบของถนน

ในขณะที่ครึ่งหนึ่งของการศึกษาพิจารณาผลกระทบจากทางรถไฟ

และมีเพียงหนึ่งการศึกษาเท่านั้นที่พิจารณาผลกระทบจากสายไฟฟ้า ประมาณ 2 ใน 3

ของการศึกษาได้รับการตีพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์ที่มีคณะผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ

ในขณะที่อีกส่วนได้รับการเผยแพร่เป็นเอกสารหรือรายงาน ผู้เขียนร่วมจากสถาบันการศึกษา

และองค์กรพัฒนาเอกชนด้านสิ่งแวดล้อม ต่างก็มีส่วนร่วมในการศึกษาประมาณ 2 ใน 3

ในขณะที่เจ้าหน้าที่หน่วยงานของรัฐร่วมเขียนประมาณ 1 ใน 3 ของการศึกษาทั้งหมด

และเจ้าหน้าที่ธนาคารเพื่อการพัฒนาพหุภาคีมีส่วนร่วมในการศึกษาค้างครึ่งหนึ่ง

ลักษณะเฉพาะของการศึกษาคู่ภาพสูงปัจจุบัน ได้แนะนำว่า ตัวแทนมาตรฐานที่มีความละเอียด

การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ในอนาคตของผลกระทบโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)

สามารถปรับปรุงได้โดยการขยายความครอบคลุมทางภูมิศาสตร์ภายในเอเชีย

และเฉพาะอย่างยิ่งในเอเชียตะวันออกเฉียงและเอเชียกลาง

โดยการขยายความครอบคลุมของอนุกรมวิธานเพื่อรวมการศึกษาของสัตว์สายพันธุ์ที่มีความสำคัญต่อระบบนิเวศมาก

ขึ้น นอกเหนือจากสัตว์กินเนื้อเลี้ยงลูกด้วยนมขนาดใหญ่ (เช่น นก สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่บริโภคพืชเป็นอาหาร

สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม) การมุ่งเน้นไปที่รูปแบบโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) อื่น ๆ ที่มีใช้ถนน โดยเฉพาะสายไฟฟ้า

และที่เกี่ยวข้องกับบุคคลเหล่านี้ให้มากยิ่งขึ้น เช่น เจ้าหน้าที่จากหน่วยงานของรัฐ

และธนาคารเพื่อการพัฒนาพหุภาคีโดยตรง ผู้ซึ่งอาจมีความรับผิดชอบส่วนใหญ่ในการอนุมัติ วางแผน

และให้ทุนสนับสนุนโครงการ โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)

ที่มีแนวโน้มว่าจะส่งผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพ

ผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพ

การศึกษาส่วนใหญ่พิจารณาผลกระทบของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)

ต่อความหลากหลายทางชีวภาพโดยการกำหนดลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่คาดการณ์ไว้ในสภาพแวดล้อมที่เกิดขึ้นกับ

สัตว์ป่า ผลกระทบที่ได้รับการพิจารณาบ่อยที่สุด คือ การกระจายตัวของภูมิประเทศ หรือในทางกลับกันคือ

การสูญเสียการเชื่อมต่อ ซึ่งการศึกษาเกือบ 2 ใน 3 มีการมุ่งเน้นประเด็นนี้

ประมาณครึ่งหนึ่งของการศึกษาได้มีการพิจารณาถึงผลกระทบของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)

ที่ได้วางแผนไว้คือปริมาณ หรือคุณภาพที่อยู่อาศัยในภูมิประเทศ โดยกำหนดแหล่งที่อยู่อาศัยสำหรับสัตว์แต่ละชนิด

หรือสำหรับชุมชนทางชีววิทยาโดยทั่วไป

การศึกษาการตอบสนองระดับประชากรของสัตว์ป่าต่อโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (เช่น

การเปลี่ยนแปลงของจำนวนประชากร อัตราการเสียชีวิต ความหลากหลายทางพันธุกรรม

หรือความเสี่ยงของการสูญพันธุ์) พบได้้น้อยกว่าปกติ

ซึ่งน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของการศึกษาจะพิจารณาการตอบสนองของสัตว์ป่าเหล่านี้ อย่างน้อยหนึ่งหรือมากกว่า

แม้ว่าผลกระทบต่อองค์ประกอบและสิ่งก่อสร้างของภูมิประเทศจากโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้

มักจะง่ายต่อการวัดและคาดการณ์

แต่การศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการตอบสนองของสัตว์ป่าที่คาดหวังต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิประเทศ

ที่เกิดจากการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้นนั้น

จำเป็นต้องเข้าใจถึงภัยคุกคามที่เกิดขึ้นต่อความหลากหลายทางชีวภาพ

ข้อมูลโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น

ข้อมูลเชิงพื้นที่เกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ใช้ในการศึกษาอย่างละเอียดนั้น ได้มาจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ

หลายแหล่งด้วยกัน เอกสารการวางแผนของรัฐบาลเป็นแหล่งข้อมูลที่มีมากที่สุด แต่กระนั้น

ผู้เขียนยังอาศัยฐานข้อมูลของรัฐบาล และองค์กรพัฒนาเอกชน บทความข่าว

และใช้แอปพลิเคชันรวบรวมข้อมูลเชิงพื้นที่เกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้นด้วย

รายละเอียดและความแม่นยำเชิงพื้นที่ของข้อมูลโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น ดูเหมือนจะแตกต่างกันอย่างมาก

การศึกษาบางงานระบุว่า ต้องแปลงข้อมูลจากแผนที่โดยประมาณของเส้นทางโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้นที่ได้วางแผนไว้

ในเอกสารของรัฐบาล ซึ่งสามารถทำให้เกิดข้อผิดพลาดเชิงพื้นที่

และอาจจำกัดศักยภาพในการวิเคราะห์อย่างละเอียดได้

ความพยายามของหน่วยงานรัฐบาล และผู้ให้ทุนโครงการ โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (เช่น

ธนาคารเพื่อการพัฒนาพหุภาคี) เพื่อปรับปรุงการเข้าถึงสาธารณะ

และคุณภาพของข้อมูลเชิงพื้นที่บน โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้นที่ได้วางแผนไว้

จะช่วยให้การศึกษาผลกระทบด้านความหลากหลายทางชีวภาพที่อาจเกิดขึ้นจากการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น

นั้นง่ายขึ้น เร็วขึ้น และแม่นยำยิ่งขึ้น ตามหลักการแล้ว

เส้นทางโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้นที่วางแผนจะได้มาอย่างง่ายผ่านฐานข้อมูลออนไลน์ หรือคำขอข้อมูลอย่างง่าย

ซึ่งจะมีให้ในรูปแบบข้อมูลเชิงพื้นที่ (เช่น ไฟล์ GIS) เพื่อเพิ่มความแม่นยำสูงสุด จะมีให้ในช่วงต้นของกระบวนการวางแผน

เพื่อให้มีเวลาเพียงพอสำหรับการศึกษาที่จะดำเนินการ ก่อนที่จะเริ่มการออกแบบและการก่อสร้าง

และจะมีข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับลักษณะของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้นที่ได้วางแผนไว้ (เช่น จำนวนช่องจราจร ผิวถนน

มี/ไม่มีรั้ว แรงดันไฟฟ้าของสายไฟฟ้า มาตราวัดแรงดันไฟ)

เพื่อให้ประเมินผลกระทบของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้นได้ละเอียดยิ่งขึ้น

ข้อมูลทางชีวภาพ

มีการใช้ประเภทข้อมูลทางชีวภาพที่หลากหลาย

เพื่อประเมินผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น แผนที่พื้นที่คุ้มครองที่กำหนด เขตป่าสงวน

และหน่วยงานบริหารอื่น ๆ ที่ได้รับการจัดการเพื่อการอนุรักษ์ ถูกใช้ในการศึกษาประมาณกึ่งหนึ่ง

เพื่อระบุพื้นที่โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้นที่ได้วางแผนไว้ อาจเป็นอันตรายต่อความหลากหลายทางชีวภาพ

ข้อมูลที่ได้รับจากระยะไกลเกี่ยวกับพื้นที่ปกคลุม และลักษณะพืชพรรณ ได้ถูกใช้บ่อยครั้งเพื่อระบุตำแหน่งภายใน

และภายนอกพื้นที่คุ้มครองที่กำหนด ซึ่งมีแนวโน้มที่จะส่งเสริมความหลากหลายทางชีวภาพในระดับสูง

และอาจเสี่ยงต่อการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น เช่น ป่าที่อุดมสมบูรณ์ พื้นที่ชุ่มน้ำ หรือพื้นที่ชายฝั่ง

การศึกษาจำนวนมาก ยังต้องอาศัยข้อมูลเชิงพื้นที่ สำหรับตัวแปรภูมิประเทศด้านสิ่งแวดล้อม และมานุษยวิทยาอื่น ๆ

(เช่น พื้นที่ปกคลุม ภูมิประเทศ และการพัฒนามนุษย์) เพื่อสรุปคุณภาพที่อยู่อาศัย

หรือความต้านทานต่อการรบกวนของสัตว์

การศึกษาหลายชิ้น ใช้ข้อมูลเชิงประจักษ์ เกี่ยวกับการเกิด หรือการย้ายถิ่นของสัตว์ป่า

เพื่อประเมินผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจาก โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น

นักวิจัยใช้ข้อมูลจากเครื่องโทรมาตรติดตามนกฟลอริแดนเบงกอลที่ถูกคิดอุปกรณ์ติดตาม

เพื่อบันทึกเส้นทางการย้ายถิ่นฐานปัจจุบันในกัมพูชา และข้อมูลจากจีพีเอสที่ถูกติดตั้งบนปลอกคอของเสือดำลายเมฆ

เพื่อพัฒนารูปแบบการเชื่อมต่อสำหรับมาเลเซียที่เกาะบอร์เนียว ข้อมูลการดักจับของกิ้งกือ

ถูกนำมาใช้เพื่อจำลองความเหมาะสมของที่อยู่อาศัย
และพัฒนาแบบจำลองการเชื่อมต่อสำหรับเสือคาบลาเมฆในประเทศพม่า
ตัวอย่างทางพันธุกรรมที่ถูกเก็บรวบรวมจากเสือในอินเดีย
ถูกนำมาใช้เพื่อสรุปการด้านทานของภูมิประเทศต่อการย้ายถิ่นและทำแผนที่ทางเดินของสัตว์ป่า
เวลาและค่าใช้จ่ายที่จำเป็น สำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนาม เช่น รูปภาพจากกล้องที่ดักจับ
ตำแหน่งจากเครื่องโทรมาตร และตัวอย่างทางพันธุกรรมอาจมีเป็นจำนวนมาก แต่ข้อมูลเหล่านี้
ช่วยให้สามารถวิเคราะห์ผลกระทบของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่อาจเกิดขึ้นได้อย่างละเอียดชัดเจน
และเฉพาะสายพันธุ์ ซึ่งเป็นความพยายามอันคุ้มค่ากับ หากแม้แต่ทรัพยากรนั้นน้อยอำนวย
เงินทุนสำหรับก่อร่างการรวบรวมข้อมูลสัตว์ป่าที่เริ่มต้น โดยเร็วที่สุดในกระบวนการวางแผนอาจนำไปสู่การวิเคราะห์ที่มี
ประสิทธิภาพมากขึ้น เรื่องผลกระทบของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ดังที่เกิดขึ้นในการศึกษาเหล่านี้

แม้ว่าจะไม่รวมอยู่ในการศึกษาใด ๆ ที่เราได้ศึกษา แต่ข้อมูลเกี่ยวกับรูปแบบการเสียชีวิตของสัตว์ป่าในปัจจุบัน (เช่น
การเสียชีวิตฉับพลัน) และพฤติกรรมการข้ามทางของสัตว์ป่าตามถนน และทางรถไฟสายปัจจุบัน
ยังสามารถแสดงการวิเคราะห์ในอนาคตของผลกระทบจากการปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (เช่น
การลาดพื้นถนนหรือการขยายถนน เป็นต้น) ข้อมูลเหล่านี้สามารถใช้เพื่อทำแผนที่ส่วน โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)
ปัจจุบันที่มีอัตราการเสียชีวิตของสัตว์ป่าสูง
ซึ่งควรรวมมาตรการบรรเทาผลกระทบเพื่อป้องกันการปะทะกันของสัตว์ป่าไว้ในการออกแบบการอัปเดตโครงการ
ตลอดจนพื้นที่ปัจจุบันของทางข้ามผ่านที่สัตว์ป่าใช้บ่อยครั้ง
ซึ่งควรรักษาความเชื่อมโยงโดยการติดตั้งสิ่งก่อสร้างทางข้ามของสัตว์ป่า เช่น
ทางลอดและสะพานลอยระหว่างการขยายพื้นที่โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)

วิธีการวิเคราะห์

ประมาณกึ่งหนึ่งของการศึกษา ใช้การซ้อนทับเชิงพื้นที่อย่างง่ายบนเส้นทางโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้นที่ได้วางแผนไว้
ด้วยลักษณะที่สนใจในการอนุรักษ์ (เช่น พื้นที่คุ้มครอง ผืนป่าที่สมบูรณ์ พื้นที่หลักด้านความหลากหลายทางชีวภาพ
ที่อยู่อาศัยที่สำคัญ ทางเดินของสัตว์ป่า) เพื่อระบุพื้นที่ที่อาจขัดแย้งกัน แนวทางนี้มักจะนำมาใช้ได้
โดยมีข้อกำหนดด้านข้อมูลน้อยที่สุด และเป็นขั้นตอนแรกที่มีประโยชน์สำหรับการเน้นย้ำสถานที่
ที่อาจส่งผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อความหลากหลายทางชีวภาพจากการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น

การศึกษาอื่น ด้วยวิธีการเชิงปริมาณและข้อมูลที่เข้มข้นมากขึ้น
นำไปสู่คาดการณ์ผลกระทบที่เฉพาะเจาะจงมากขึ้นต่อความหลากหลายทางชีวภาพ ตัวอย่างเช่น
การศึกษาหลายชิ้น ใช้การกระจายตัวของภูมิประเทศ
หรือการวัดความเชื่อมโยงเพื่อคาดการณ์ว่าการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ที่ครอบคลุม
หรือผลกระทบของสิ่งกีดขวางที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้นที่ได้วางแผนไว้
จะส่งผลกระทบต่อสภาพในการเดินทางสัตว์ป่าทั่วทั้งภูมิประเทศอย่างไร การศึกษาอื่น ๆ ใช้ข้อมูลเกี่ยวกับการเกิดของสัตว์
การเดินเท้า หรือพันธุกรรมของสัตว์ เพื่อพัฒนาแบบจำลองการเชื่อมต่อเฉพาะสายพันธุ์
เพื่อทำนายรูปแบบการเคลื่อนที่ทั่วทั้งภูมิประเทศ เป็นหน้าที่ของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น
และตัวแปรด้านสิ่งแวดล้อมและมานุษยวิทยาอื่น ๆ โดยการสร้างแบบจำลอง
และเปรียบเทียบการเชื่อมต่อสำหรับสถานการณ์การพัฒนาก่อนและหลัง โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น
การศึกษาเหล่านี้คาดการณ์การเปลี่ยนแปลงในรูปแบบเชิงพื้นที่
และปริมาณการเดินเท้าของสัตว์ที่น่าจะเป็นผลมาจากการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น
การจำลองทางพันธุกรรมถูกนำมาใช้ในการศึกษาหลายชิ้น
เพื่อคาดการณ์ว่าการเปลี่ยนแปลงในการเชื่อมต่อภูมิประเทศ และการเสียชีวิตโดยตรง (เช่น

การชนกันของสัตว์ป่ากับยานพาหนะ) ที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้นที่กำหนด
จะส่งผลกระทบต่อความหลากหลายทางพันธุกรรม ความอุดมสมบูรณ์ของประชากรสัตว์
และความเสี่ยงในการสูญพันธุ์ของประชากรสัตว์ป่า

การศึกษาที่ครอบคลุมที่สุดในการตรวจสอบของเรา ได้รวมวิธีการเชิงปริมาณหลายวิธี
เพื่อคาดการณ์ผลกระทบจากความหลากหลายทางชีวภาพหลายประเภท ดังเช่น Kaszta et al (2019)
ใช้แบบจำลองการเชื่อมต่อ การจำลองทางพันธุกรรม และตัววัดการกระจายตัวของภูมิประเทศ
เพื่อสำรวจการเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้นในโครงสร้างภูมิทัศน์ และการเชื่อมต่อ ความหลากหลายทางพันธุกรรม
และความอุดมสมบูรณ์ของเสือควาลายเมฆในเกาะบอร์เนียวของมาเลเซีย การศึกษาที่ครอบคลุมเช่นนี้
ต้องใช้ข้อมูลความเชี่ยวชาญ เวลา และทรัพยากรจำนวนมากในการดำเนินการ
แต่สามารถให้ภาพที่มีรายละเอียดมากขึ้นของผลกระทบของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้นที่อาจเกิดขึ้นได้
มากกว่าวิธีการที่ง่ายกว่า เช่น การตัดผ่านเชิงพื้นที่

คำแนะนำและบทสรุป

คำแนะนำและข้อสรุปทั่วไปหลายประการในการศึกษาที่เราได้แสดงไว้ ดังนี้ ประการที่ 1 ผู้เขียนที่ได้ศึกษา
เน้นถึงความสำคัญของการปรับปรุง
การประสานงานระหว่างหน่วยงานที่รับผิดชอบด้านการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น
และหน่วยงานที่รับผิดชอบด้านการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพภายในประเทศหรือภูมิภาค ในบางกรณี
แผนการพัฒนาและการอนุรักษ์ ดูเหมือนจะดำเนินการข้ามวัตถุประสงค์
และการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ของผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพภายใต้สถานการณ์การพัฒนาทางเลือกอาจ
ช่วยลดช่องว่างดังกล่าวได้ ประการที่ 2
การพิจารณาล่วงหน้าถึงผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นต่อความหลากหลายทางชีวภาพในระหว่างขั้นตอนการวางแผนโครงสร้าง
พื้นฐานเชิงเส้น ซึ่งเปิดใช้งานโดยการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ที่เป็นสิ่งสำคัญสำหรับการหลีกเลี่ยง หรือการลดอันตราย
ผลการศึกษางานระบุว่า การปรึกษาก่อนกำหนดสามารถลดต้นทุนโดยรวมของโครงการได้
เนื่องจากการออกแบบโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้นใหม่ หรือการติดตั้งโครงสร้างบรรเทาผลกระทบ
เพื่อปกป้องความหลากหลายทางชีวภาพนั้นมีราคาแพงกว่า
หลังจากการวางแผนหรือการก่อสร้างในเบื้องต้นเสร็จสิ้นลงแล้ว ประการที่ 3 การศึกษาจำนวนมากเน้นว่า
ผลกระทบทุกข้อมุมของการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น อาจขยายไปไกลกว่าทางกายภาพของการก่อสร้าง
แต่ก็ไม่ได้ถูกบันทึกไว้อย่างดีในการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ส่วนใหญ่ ตัวอย่างเช่น
การก่อสร้างถนนสายใหม่อาจนำไปสู่การลักลอบล่าสัตว์ที่เพิ่มขึ้น
และการตัดไม้อย่างผิดกฎหมายในภูมิภาคโดยรอบ
โดยทำให้มนุษย์เข้าถึงพื้นที่ห่างไกลและเข้าถึงสภาพสมบูรณ์ทางนิเวศวิทยาได้ง่ายขึ้น ท้ายที่สุด
แม้ว่าการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ที่จำนวนมากจะเน้นที่ผลกระทบของการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้นต่อสัตว์สายพันธุ์ที่มีความ
สำคัญต่อระบบนิเวศ ผู้เขียนมักตั้งข้อสังเกตว่า ผลกระทบที่คาดการณ์ไว้โดยการวิเคราะห์
จะไม่จำกัดเฉพาะสายพันธุ์ แต่กล่าวถึงสายพันธุ์อื่น ๆ
ในพื้นที่ศึกษาจะได้รับผลกระทบที่คล้ายคลึงกันจากการพัฒนาของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้นด้วยเช่นกัน

ฉันทวน

Tyler Creech (CLLC) ผู้ทำการตรวจสอบการศึกษาตัวอย่าง Rob Ament (CLLC/WTI), Tony Clevenger (WTI) และ Grace Stonecipher
(CLLC) ผู้แก้ไขบทวิจารณ์

การค้นพบที่สำคัญ

มีประเด็นทั่วไปมากมาย เกิดขึ้นจาก 3 ส่วนของการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ของเรา

ข้อมูลต่อไปนี้สะท้อนถึงการค้นพบที่สำคัญที่สุด

1. การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ในปัจจุบันถูกจำกัดด้วยความพร้อมใช้งานที่จำกัดและข้อมูลที่ด้อยคุณภาพ โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้ ข้อมูลเชิงพื้นที่บนเส้นทางของโครงการ โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น โดยทั่วไปไม่ได้มีการรวบรวมอย่างเป็นระบบในฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ และข้อมูลนี้มักจะถูกนำมารวมกันโดยการหาโอกาสโดยนักวิจัย และผู้มีส่วนได้ส่วนเสียอื่น ๆ โดยใช้เอกสารการวางแผน และรายงานสื่อ ซึ่งอาจนำไปสู่ตำแหน่งเส้นทางที่ไม่ถูกต้อง รายละเอียดโครงการที่ล้าสมัย และการละเว้น โครงการโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) โดยไม่ได้ตั้งใจจากการวิเคราะห์เชิงพื้นที่นี้
2. การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ทั้งโดยประมาณและแบบละเอียดมีบทบาทสำคัญ ในการกำหนดลักษณะภัยคุกคามต่อความหลากหลายทางชีวภาพจากโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น และการออกแบบ และจัดลำดับความสำคัญของการป้องกันผลกระทบ การศึกษาโดยประมาณ สามารถระบุการเลือกพื้นที่ซึ่งมีความสำคัญในระดับทวีป หรือระดับภูมิภาคเพื่อพยายามหลีกเลี่ยง หรือลดอันตรายต่อชุมชนทางชีววิทยาให้น้อยที่สุด การศึกษามาตราส่วนอย่างละเอียด เป็นการให้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นของโครงการ โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น ในแต่ละสายพันธุ์หรือพื้นที่ที่อยู่ต่อความกังวลที่มีความละเอียดเพียงพอที่จะระบุการวางแผนโครงการ และการบรรเทาผลกระทบ หรือกลยุทธ์การชดเชย และการนำไปปฏิบัติได้
3. ผลกระทบของสายไฟฟ้าที่มีต่อความหลากหลายทางชีวภาพนั้นได้รับการศึกษาน้อยกว่า เมื่อเทียบกับผลกระทบด้านลบของถนน และทางรถไฟ และมีการวิเคราะห์เชิงพื้นที่เพียงเล็กน้อยของการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้นที่ได้พิจารณาสายไฟฟ้า อย่างไรก็ตาม มีการวางแผนการพัฒนาสายส่งไฟฟ้าอย่างกว้างขวางทั่วเอเชีย และส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ซึ่งมีความหลากหลายทางชีวภาพสูงหรือใกล้กับพื้นที่คุ้มครอง
4. วิธีการเชิงพื้นที่สำหรับการประมาณผลกระทบของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้ มีความหลากหลายด้วยกัน วิธีการจะแตกต่างกันไปตามขนาดพื้นที่ (ขอบเขตและความละเอียด) วิธีการวิเคราะห์ องค์ประกอบความหลากหลายทางชีวภาพที่พิจารณา (เช่น ประชากร สายพันธุ์ และระบบนิเวศ) และประเภทของผลกระทบของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้นที่พิจารณา (เช่น ความเสื่อมโทรมของแหล่งที่อยู่อาศัย การกระจายตัวของภูมิประเทศ และความอุดมสมบูรณ์ของประชากรสัตว์ที่ลดลง) ไม่มีแนวทางใดที่ดีที่สุด แต่วิธีการนี้ มีบริบทที่เฉพาะเจาะจง และถูกจำกัดโดยความพร้อมใช้งาน และคุณภาพของข้อมูลด้านความหลากหลายทางชีวภาพและข้อมูลโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)
5. การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ที่เป็นสายพันธุ์กลางของผลกระทบของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้นที่อาจเกิดขึ้นนั้นเป็นเรื่องปกติ และอาจจำเป็น เมื่อพิจารณาขอบเขตเชิงพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่มาก เมื่อผลกระทบต่อชุมชนทางนิเวศวิทยาในวงกว้างเป็นที่สนใจหลัก หรือเมื่อไม่มีข้อมูลทางชีววิทยาสำหรับสายพันธุ์ที่ไม่มีข้อกังวลใด ๆ ด้านการอนุรักษ์ อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์เฉพาะสายพันธุ์ สามารถให้ค่าประมาณโดยตรงของการตอบสนองของสัตว์ป่าต่อการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้นได้มาก

กว่า (เช่น การเปลี่ยนแปลงของจำนวนประชากร การกระจายทางภูมิศาสตร์ หรือความเสี่ยงในการสูญพันธุ์) ที่อาจจะพึงใจกว้างแผนและสาธารณชนมากกว่าการวิเคราะห์ที่ตีความเป็นสายพันธุ์กลาง

6. ผลกระทบสะสม และผลกระทบรอง อาจไม่ได้รับการพิจารณาอย่างเพียงพอในการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ ผลกระทบสะสม คือ ผลกระทบที่เพิ่มขึ้นของโครงการโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้ เมื่อรวมเข้ากับการพัฒนาในอดีต ปัจจุบัน และอนาคตอื่น ๆ (เช่น ถนนหลายสายที่มีอยู่ในภูมิภาคหนึ่ง) ผลกระทบรอง คือ ผลกระทบทางอ้อมของภัยคุกคามอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นจากการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) เช่น การตัดไม้ที่ผิดกฎหมาย และการรุกล้ำที่เกิดขึ้นในพื้นที่ห่างไกลที่เข้าถึงได้โดยถนนสายใหม่ การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ที่ค่อนข้างน้อยจะพิจารณาผลกระทบสะสม และผลกระทบรองอย่างชัดเจน ซึ่งอาจเป็นเรื่องยากที่จะระบุจำนวนได้ แต่ผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพนั้นอาจมีนัยสำคัญ
7. การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ที่ได้มีการตรวจสอบโดยคณะผู้เชี่ยวชาญในปัจจุบัน เน้นไปที่เอเชียใต้ และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งเป็นที่เข้าใจได้ เนื่องจากภูมิภาคเหล่านี้มีแนวโน้มที่จะได้รับผลกระทบจากโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้นที่รุนแรงที่สุด เนื่องจากการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้นที่รวดเร็ว และมีค่าความหลากหลายทางชีวภาพสูง อย่างไรก็ตาม จุดเน้นทางภูมิศาสตร์ที่แคบของการวิเคราะห์เชิงพื้นที่นี้ จำกัดความเข้าใจของเราเกี่ยวกับผลกระทบของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่อาจเกิดขึ้นต่อความหลากหลายทางชีวภาพในภูมิภาคอื่น ๆ ของเอเชีย โดยที่สายพันธุ์ ที่อยู่อาศัย และกระบวนการทางนิเวศวิทยาที่ถูกคุกคามอาจแตกต่างกัน (เช่น การหยุดชะงักของเส้นทางอพยพทางไกลที่ใช้โดยสัตว์ที่มีถิ่นที่อยู่ที่กว้างใหญ่ของเอเชียกลาง)
8. การวิเคราะห์ปัจจุบันในระดับโลก หรือระดับทวีป ได้มุ่งเน้นไปที่โครงการโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่เกี่ยวข้องกับโครงการเส้นทางสายไหมของจีนเป็นส่วนใหญ่ อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์โดยประมาณของเราชี้ให้เห็นว่าโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้ซึ่งได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการพัฒนาเศรษฐกิจระดับภูมิภาคอื่น ๆ (เช่น SASEC, CAREC, ASEAN) อย่างน้อยก็แพร่หลายเช่นเดียวกับโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้รับทุนโครงการเส้นทางสายไหม (BRI) ภายในเอเชีย มีการพิจารณาผลกระทบของโครงการที่ไม่ใช่โครงการเส้นทางสายไหม (BRI) ต่อความหลากหลายทางชีวภาพในเอเชียจะมีจำนวนมาก และในหลายประเทศจะมีผลกระทบสะสมของโครงการเส้นทางสายไหม (BRI)
9. ผลกระทบจากการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) คาดว่าจะเกิดขึ้นทั่วเอเชีย แต่ในป่าเขตร้อนและกึ่งเขตร้อนของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และเอเชียใต้จะได้รับผลกระทบอย่างรุนแรงเป็นพิเศษ ระบบนิเวศระดับสูง (เช่น ป่าฝน เขตอนุรักษ์เทไร อาร์ค เกาะบอร์เนียว และเกาะสุมาตรา) ถูกคุกคามโดยโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้ แต่ก็ยังมีระบบนิเวศที่ยังเป็นที่รู้จักจำนวนมากที่มีคุณค่าความหลากหลายทางชีวภาพสูงเช่นเดียวกัน เพียงแค่การรับรู้ของสาธารณชนน้อยกว่า ตัวอย่างเช่น หลายพื้นที่ในลุ่มน้ำโขงมีความหลากหลายทางชีวภาพที่โดดเด่น และมีโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ได้วางแผนไว้อย่างหนาแน่น

คำแนะนำ

เรานำเสนอคำแนะนำต่อไปนี้

เพื่อปรับปรุงการวิเคราะห์เชิงพื้นที่จากข้อมูลที่มีต่อความหลากหลายทางชีวภาพจากการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้ การนำคำแนะนำเหล่านี้ไปใช้ จะช่วยเพิ่มความแม่นยำ ความครอบคลุม และในท้ายที่สุดประสิทธิภาพของการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ เพื่อจัดทำแผนงานและ โครงการของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) และปกป้องความหลากหลายทางชีวภาพได้

- 1. สถาบันการเงิน ความร่วมมือด้าน โครงสร้างพื้นฐานระดับภูมิภาค และรัฐบาล ควรวุฒิสถรพยากร เพื่อสร้างและรักษาฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ของ โครงการ โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้**

การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ที่เป็นสายพันธุ์กลางของผลกระทบของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น ที่อาจเกิดขึ้นนั้นเป็นเรื่องปกติ และอาจจำเป็นเมื่อพิจารณาขอบเขตเชิงพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่มาก เมื่อผลกระทบต่อชุมชนทางนิเวศวิทยาในวงกว้างเป็นที่สนใจหลัก หรือเมื่อไม่มีข้อมูลทางชีววิทยาสำหรับสายพันธุ์ที่ไม่มีข้อกังวลด้านการอนุรักษ์

ฐานข้อมูลรวบรวมตำแหน่งเส้นทางในรูปแบบข้อมูลเชิงพื้นที่ และรวบรวมข้อมูลให้มากเกี่ยวกับคุณลักษณะ โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (เช่น ความกว้างและประเภทพื้นผิวถนน มาตรการทางรถไฟ และแรงดันไฟฟ้าของสายไฟฟ้า) ให้มากที่สุด

ฐานข้อมูลควรได้รับการปรับปรุงอย่างสม่ำเสมอ เมื่อแผนโครงการมีการเปลี่ยนแปลง ควรจะเข้าถึงได้โดยง่ายต่อสาธารณะ และควรมีข้อมูลข้อมูลอภิพันธุโดยละเอียด
- 2. การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ที่ควร ได้รับการดำเนินการ โดยเร็วที่สุด เพื่อสามารถออกแบบการป้องกันได้**

แม้ว่าเราพบตัวอย่างการศึกษาที่เป็นแบบอย่าง เพื่อพยากรณ์ผลกระทบของโครงการ โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้นที่ได้วางแผนไว้ โดยใช้การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ แต่การศึกษาผลกระทบของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) เกือบทั้งหมด จะมีการดำเนินการย้อนหลัง และบันทึกความเสียหายที่มีต่อความหลากหลายทางชีวภาพที่เกิดขึ้นแล้วแทน

การศึกษาในอนาคตที่ดำเนินการในช่วงแรกของการวางแผน และการออกแบบโครงการ โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ให้ข้อมูลที่สามารถนำไปสู่การหลีกเลี่ยง การลดปริมาณ (เช่น การกำหนดเส้นทางใหม่) หรือการดำเนินการตามมาตรการบรรเทาผลกระทบ หรือมาตรการชดเชยสำหรับโครงการที่อาจเป็นอันตรายต่อความหลากหลายทางชีวภาพ
- 3. นักวางแผน ผู้สนับสนุน และนักพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)**

ควรร่วมมือกับผู้เชี่ยวชาญทางชีววิทยาจากสถาบันการศึกษา องค์กรพัฒนาเอกชน และหน่วยงานด้านสัตว์ป่า เพื่อระบุโอกาสที่โครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI)

อาจทำอันตรายต่อความหลากหลายทางชีวภาพและควรทำการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ด้วย

การคัดการเชื่อมต่อนักเกิดขึ้น ระหว่างผู้ที่มีความเชี่ยวชาญในการออกแบบและสร้างโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) กับผู้ที่มีความเชี่ยวชาญในการประเมินผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพ ซึ่งจำกัดความสามารถในการใช้การป้องกันที่มีประสิทธิภาพ ความร่วมมือระหว่าง 2 กลุ่มนี้ ตั้งแต่เริ่มแผนพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น จะนำไปสู่ผลลัพธ์ที่ดีขึ้น ในด้านความหลากหลายทางชีวภาพ และอาจช่วยประหยัดเวลา และประหยัดงบประมาณได้
- 4. ควรให้ความสำคัญศึกษาในเรื่องสายไฟฟ้า ในการวิเคราะห์เชิงพื้นที่มากขึ้น**

ควรมีการพิจารณาศึกษาประเด็นสายไฟฟ้ามากขึ้น

เนื่องจากเป็นสัดส่วนที่สำคัญของการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่ได้วางแผนไว้ในเอเชีย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง รูปแบบโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) อื่น ๆ ที่ไม่ครอบคลุมในรายงานนี้ เช่น คลอง รั้วกั้น และท่อนำส่ง อาจส่งผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพด้วยเช่นกัน ซึ่งควรมีพิจารณาในการวิเคราะห์เชิงพื้นที่

5. *การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ที่ขอบเขตทางภูมิศาสตร์และขอบเขตอนุฐานวิกรมควรได้รับการขยายผล*
การวิเคราะห์เชิงพื้นที่โดยเน้นที่ภูมิภาคอื่น ๆ นอกเหนือจากเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และอนุกรมวิธานอื่น ๆ ที่ไม่ใช่สัตว์เลื้อยคลานด้วยขนาดใหญ่ว่า จำเป็นต่อการขยายความเข้าใจของเราเกี่ยวกับผลกระทบของโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ที่อาจเกิดขึ้นในเอเชียและวิธีที่ดีที่สุดในการประเมินผลกระทบเหล่านั้น
6. *แหล่งที่มาของโครงการโครงสร้างพื้นฐานเชิงเส้น (LI) ทั้งหมดควรวิเคราะห์เชิงพื้นที่ขนาดใหญ่ร่วมกัน*
เพื่อประเมินผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพ
นี้รวมถึงโครงการที่ได้รับทุนจากโครงการริเริ่มเพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจระหว่างประเทศอื่น ๆ (เช่น SASEC, CAREC, ASEAN) และโครงการที่ได้รับทุนในระดับชาติ หรือระดับภูมิภาค ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพในเอเชีย เช่นเดียวกับโครงการเส้นทางสายไหม

แหล่งอ้างอิง

- ADB. (2017). *Unlocking the Potential of Railways: A Railway Strategy for CAREC, 2017-2030*. Asian Development Bank. <https://www.adb.org/documents/railway-strategy-carec-2017-2030>
- ADB. (2018a). *ADB-Supported Road Development to Help Spur Growth in Mongolia* [News Release]. Asian Development Bank. <https://www.adb.org/news/adb-supported-road-development-help-spur-growth-mongolia>
- ADB. (2018b). *Country Operations Business Plan: Nepal 2019-2021*. Asian Development Bank.
- ADB. (2018c). *GMS Transport Sector Strategy 2030: Toward a Seamless, Efficient, Reliable, and Sustainable GMS Transport System*. Asian Development Bank. <https://www.adb.org/documents/gms-transport-sector-strategy-2030>
- ADB. (2020a). *CAREC Transport Strategy 2030*. Asian Development Bank. <https://www.adb.org/documents/carec-transport-strategy-2030>
- ADB. (2020b). *South Asia Subregional Economic Cooperation Operational Plan 2016-2025 Update*. Asian Development Bank. <https://www.adb.org/documents/sasec-operational-plan-2016-2025>
- Alamgir, M., Campbell, M. J., Sloan, S., Suhardiman, A., Supriatna, J., & Laurance, W. F. (2019). High-risk infrastructure projects pose imminent threats to forests in Indonesian Borneo. *Scientific Reports*, 9(1), 140. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-36594-8>
- Altyn Dala Conservation Initiative. (2021). *The Saiga Aerial Census in Kazakhstan: 2021 Results*. Association for the Conservation of Biodiversity of Kazakhstan. <http://www.acbk.kz/article/default/view?id=548>
- Ament, R., Bell, M., & Wittie, M. (2021). *Federal lands wildlife-vehicle collision data coordination project, Phase 3*. [Final Report]. National Center for Rural Road Safety. <http://ruralsafetycenter.org/>
- Aryal, A., Brunton, D., Pandit, R., Shrestha, T. K., Lord, J., Koirala, R. K., Thapa, Y. B., Adhikari, B., Ji, W., & Raubenheimer, D. (2012). Biological Diversity and Management Regimes of the Northern Barandabhar Forest Corridor: An Essential Habitat for Ecological Connectivity in Nepal. *Tropical Conservation Science*, 5(1), 38–49. <https://doi.org/10.1177/194008291200500105>
- ASEAN. (2019). *Enhancing ASEAN Connectivity: Initial Pipeline of ASEAN Infrastructure Projects*. World Bank Group, Australia Aid, and Association of Southeast Asian Nations. https://asean.org/?static_post=enhancing-asean-connectivity-initial-pipeline-asean-infrastructure-project
- Barrientos, R., Ponce, C., Palacín, C., Martín, C. A., Martín, B., & Alonso, J. C. (2012). Wire Marking Results in a Small but Significant Reduction in Avian Mortality at Power Lines: A BACI Designed Study. *PLOS ONE*, 7(3), e32569. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0032569>
- Batsaikhan, N., Buuveibaatar, B., Chimed, B., Enkhtuya, O., Galbrakh, D., Ganbaatar, O., Lkhagvasuren, B., Nandintsetseg, D., Berger, J., Calabrese, J. M., Edwards, A. E., Fagan, W. F., Fuller, T. K., Heiner, M., Ito, T. Y., Kaczensky, P., Leimgruber, P., Lushchekina, A., Milner-Gulland, E. J., ... Whitten, T. (2014). Conserving the World's Finest Grassland Amidst Ambitious National Development. *Conservation Biology*, 28(6), 1736–1739. <https://doi.org/10.1111/cobi.12297>
- Bayandonoi, G., Lkhagvajav, P., Alexander, J. S., Durbach, I., Borchers, D., Munkhtsog, B., Munkhtogtokh, O., Chimeddorj, B., Sergelen, E., & Koustubh, S. (2021). *Nationwide Snow Leopard Population Assessment of Mongolia: Key Findings* [Summary Report]. World Wide Fund for Nature.
- Bekenov, A. B., Grachev, I. A., & Milner-Gulland, E. J. (1998). The ecology and management of the Saiga antelope in Kazakhstan. *Mammal Review*, 28(1), 1–52. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2907.1998.281024.x>
- Belote, R. T., Faurby, S., Brennan, A., Carter, N. H., Dietz, M. S., Hahn, B., McShea, W. J., & Gage, J. (2020). Mammal species composition reveals new insights into Earth's remaining wilderness. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 18(7), 376–383. <https://doi.org/10.1002/fee.2192>

- Benítez-López, A., Alkemade, R., & Verweij, P. A. (2010). The impacts of roads and other infrastructure on mammal and bird populations: A meta-analysis. *Biological Conservation*, 143(6), 1307–1316. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.02.009>
- Beyer, H. L., Venter, O., Grantham, H. S., & Watson, J. E. M. (2020). Substantial losses in ecoregion intactness highlight urgency of globally coordinated action. *Conservation Letters*, 13(2), e12692. <https://doi.org/10.1111/conl.12692>
- Biasotto, L. D., & Kindel, A. (2018). Power lines and impacts on biodiversity: A systematic review. *Environmental Impact Assessment Review*, 71, 110–119. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2018.04.010>
- Biswas, S., Bhatt, S., Sarkar, D., Talukdar, G., Pandav, B., & Mondol, S. (2020). Assessing tiger corridor functionality with landscape genetics and modelling across Terai-Arc Landscape, India [BioRxiv preprint]. <https://doi.org/10.1101/2020.10.24.353789>
- BLI. (2020). *Digital boundaries of Important Bird and Biodiversity Areas from the World Database of Key Biodiversity Areas. March 2020 version.* BirdLife International. <http://datazone.birdlife.org/site/requestgis>
- BLI. (2021). *Country profile: Thailand.* <http://datazone.birdlife.org/country/thailand>
- BLI. (2021a). *Important Bird Area factsheet: Khao Yai.* BirdLife International. <http://datazone.birdlife.org/site/factsheet/khao-yai-iba-thailand>
- BLI. (2021b). *Important Bird Areas factsheet: Kaeng Krachan.* BirdLife International. <http://datazone.birdlife.org/site/factsheet/kaeng-krachan-iba-thailand>
- BLI. (2021c). *Important Bird Areas factsheet: Khao Banthad.* BirdLife International. <http://datazone.birdlife.org/site/factsheet/khao-banthad-iba-thailand>
- BLI. (2021d). *Important Bird Areas factsheet: Lower Central Basin.* BirdLife International. <http://datazone.birdlife.org/site/factsheet/lower-central-basin-iba-thailand>
- Brauneder, K. M., Montes, C., Blyth, S., Bennun, L., Butchart, S. H. M., Hoffmann, M., Burgess, N. D., Cuttelod, A., Jones, M. I., Kapos, V., Pilgrim, J., Tolley, M. J., Underwood, E. C., Weatherdon, L. V., & Brooks, S. E. (2018). Global screening for Critical Habitat in the terrestrial realm. *PLOS ONE*, 13(3), e0193102–e0193102. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0193102>
- Brooks, T. M., Mittermeier, R. A., Da Fonseca, G. A. B., Gerlach, J., Hoffmann, M., Lamoreux, J. F., Mittermeier, C. G., Pilgrim, J. D., & Rodrigues, A. S. L. (2006). Global biodiversity conservation priorities. *Science*, 313(5783), 58–61. <https://doi.org/10.1126/science.1127609>
- Buuveibaatar, B., Strindberg, S., Kaczensky, P., Payne, J., Chimeddorj, B., Naranbaatar, G., Amarsaikhan, S., Dashnyam, B., Munkhzul, T., Purevsuren, T., Hosack, D. A., & Fuller, T. K. (2017). Mongolian Gobi supports the world's largest populations of khulan *Equus hemionus* and goitered gazelles *Gazella subgutturosa*. *Oryx*, 51(4), 639–647. <https://doi.org/10.1017/S0030605316000417>
- Carter, N., Killion, A., Easter, T., Brandt, J., & Ford, A. (2020). Road development in Asia: Assessing the range-wide risks to tigers. *Science Advances*, 6(18), eaaz9619. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aaz9619>
- CASA-I000. (2018). *Map of the CASA-I000 Project.* CASA-I000. <http://www.casa-I000.org/>
- Chakravarty, M. (2021, February 1). India's budget targets infrastructure to boost economy. *Argus Media*. <https://www.argusmedia.com/en/news/2182527-indias-budget-targets-infrastructure-to-boost-economy>
- Chanchani, P., Lamichhane, B. R., Malla, S., Maurya, K., Bista, A., Warriar, R., Nair, S., Almeida, M., Ravi, R., Sharma, R., Dhakal, M., Yadav, S. P., Thapa, M., Jnawali, S., Pradhan, N., Subedi, N., Thapa, G., Yadav, H., Jhala, Y., ... Borah, J. (2014). *Tigers of the Transboundary Terai Arc Landscape: Status, distribution and movement in the Terai of India and Nepal.* National Tiger Conservation Authority, Government of India, and Department of National Park and Wildlife Conservation, Government of Nepal.
- Chevallier, C., Hernández-Matías, A., Real, J., Vincent-Martin, N., Ravayrol, A., & Besnard, A. (2015). Retrofitting of power lines effectively reduces mortality by electrocution in large birds: An

- example with the endangered Bonelli's eagle. *Journal of Applied Ecology*, 52(6), 1465–1473. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12476>
- Clevenger, A., de la Cueva, P., Sharma, B., Grilo, C., Webb, T., Lama, H., Sharma, D., & Shrestha, H. (2020). *Smart infrastructure planning and design to protect natural habitats and biodiversity: Interim Report*. Prepared by ESSA Technologies Ltd. for the Asian Development Bank (ADB).
- Clevenger, A. P., & Huijser, M. P. (2011). *Wildlife Crossing Structure Handbook: Design and Evaluation in North America* (Final Report FHWA-CFL/TD-11-003). Federal Highway Administration: Planning, Environment, and Realty.
- Convention on Biological Diversity. (2021). *Country Profiles: Thailand*. <https://www.cbd.int/countries/profile/?country=th>
- Danyo, S., Dasgupta, S., & Wheeler, D. (2018). *Potential forest lost and biodiversity risks from road improvement in Lao PDR* (Research Working Paper No. 8569). World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30321>
- Das, A., Ahmed, M. F., Lahkar, B., & Sarma, P. (2007). A preliminary report on reptilian mortality on road due to vehicular movements near Kaziranga National Park, Assam, India. *CASE REPORT ZOOS' PRINT JOURNAL*, 22, 2742–2744. <https://doi.org/10.11609/joTT.ZPJ.1541.2742-4>
- Diener, A. C., & Batjav, B. (2019). Axial Development in Mongolia: Intended and unintended effects of new roads. *Mobilities*, 14(6), 778–794. <https://doi.org/10.1080/17450101.2019.1643163>
- Dinerstein, E., Vynne, C., Sala, E., Joshi, A. R., Fernando, S., Lovejoy, T. E., Mayorga, J., Olson, D., Asner, G. P., Baillie, J. E. M., Burgess, N. D., Burkart, K., Noss, R. F., Zhang, Y. P., Baccini, A., Birch, T., Hahn, N., Joppa, L. N., & Wikramanayake, E. (2019). A Global Deal For Nature: Guiding principles, milestones, and targets. *Science Advances*, 5(4), eaaw2869. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aaw2869>
- Dixon, A., Bold, B., Tsolmonjav, P., Galtbalt, B., & Batbayar, N. (2018). Efficacy of a mitigation method to reduce raptor electrocution at an electricity distribution line in Mongolia. *Conservation Evidence*, 15, 50–53.
- Dixon, A., Rahman, M. L., Galtbalt, B., Bold, B., Davaasuren, B., Batbayar, N., & Sugarsaikhan, B. (2019). Mitigation techniques to reduce avian electrocution rates. *Wildlife Society Bulletin*, 43(3), 476–483. <https://doi.org/10.1002/wsb.990>
- DNPWC. (2016). *Tiger Conservation Action Plan for Nepal (2016-2020)*. Department of National Parks and Wildlife Conservation.
- DNPWC, & DoFSC. (2018). *Status of Tigers and Prey in Nepal*. Ministry of Forests and Environment.
- Dormann, C. F., Elith, J., Bacher, S., Buchmann, C., Carl, G., Carré, G., Marquéz, J. R. G., Gruber, B., Lafourcade, B., Leitão, P. J., Münkemüller, T., McClean, C., Osborne, P. E., Reineking, B., Schröder, B., Skidmore, A. K., Zurell, D., & Lautenbach, S. (2013). Collinearity: A review of methods to deal with it and a simulation study evaluating their performance. *Ecography*, 36(1), 27–46. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2012.07348.x>
- Energy Policy and Planning Office. (2019). *Thailand Power Development Plan 2018-2037*. Thailand Ministry of Energy.
- Farooq, H., Azevedo, J., Belluardo, F., Nanvonamuquitxo, C., Bennett, D., Moat, J., Soares, A., Faurby, S., & Antonelli, A. (2020). WEGE: A new metric for ranking locations for biodiversity conservation. *Diversity and Distributions*, 26(11), 1456–1466. <https://doi.org/10.1111/ddi.13148>
- Ferrer, M., & Janns, G. (1999). *Birds and power lines*. Quercus.
- Foggin, J. M., Lechner, A. M., Emslie-Smith, M., Hughes, A. C., Sternberg, T., & Dossani, R. (2021). Belt and Road Initiative in Central Asia: Anticipating socioecological challenges from large-scale infrastructure in a global biodiversity hotspot. *Conservation Letters*, n/a(n/a), e12819. <https://doi.org/10.1111/conl.12819>
- Gagnon, J. W., Schweinsburg, R. E., & Dodd, N. L. (2007). *Effects of Roadway Traffic on Wild Ungulates: A Review of the Literature and Case Study of Elk in Arizona*. <https://escholarship.org/uc/item/9ms8f1k6>

- GMS. (2018). *GMS Regional Power Trade—Illustration*. Greater Mekong Subregion. <https://www.greatermekong.org/gms-regional-power-trade-illustration>
- GMS. (2020). *GMS Railways—Status*. Greater Mekong Subregion. <https://www.greatermekong.org/gms-railways-status>
- Government of Mongolia. (2016). *Mongolia Sustainable Development Vision 2030*. Secretariat of the State Great Hural.
- Hillebrand, H. (2004). On the generality of the latitudinal diversity gradient. *American Naturalist*, 163(2), 192–211. <https://doi.org/10.1086/381004>
- Horne, J. S., Garton, E. O., Krone, S. M., & Lewis, J. S. (2007). Analyzing animal movements using Brownian bridges. *Ecology*. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/06-0957.1/full>
- Hughes, A. C. (2019). Understanding and minimizing environmental impacts of the Belt and Road Initiative. *Conservation Biology*, 33(4), 883–894. <https://doi.org/10.1111/cobi.13317>
- Hughes, A. C., Lechner, A. M., Chitov, A., Horstmann, A., Hinsley, A., Tritto, A., Chariton, A., Li, B. V., Ganapin, D., Simonov, E., Morton, K., Toktomushev, K., Foggin, M., Tan-Mullins, M., Orr, M. C., Griffiths, R., Nash, R., Perkin, S., Glémet, R., ... Yu, D. W. (2020). Horizon scan of the Belt and Road Initiative. *Trends in Ecology & Evolution*, 35(7), 583–593. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2020.02.005>
- Huijser, M., Clevenger, A., McGowen, P., Ament, R., & Begley, J. (2013). *Oyu Tolgoi Roads and Wildlife Mitigation Report*. Western Transportation Institute.
- IBEF. (2021a). *Indian Railways Industry Analysis*. India Brand Equity Foundation Website. <https://www.ibef.org/industry/railways-presentation>
- IBEF. (2021b). *Power Sector in India*. India Brand Equity Foundation Website. <https://www.ibef.org/industry/power-sector-india.aspx>
- IEA. (2019). *Establishing multilateral power trade in ASEAN* (p. 131). International Energy Agency. https://asean.org/storage/2020/02/Establishing_Multilateral_Power_Trade_in_ASEAN.pdf
- IRENA. (2017). *Renewable Energy Outlook: Thailand*. International Renewable Energy Agency.
- Ito, T. Y., Lhagvasuren, B., Tsunekawa, A., Shinoda, M., Takatsuki, S., Buuveibaatar, B., & Chimeddorj, B. (2013). Fragmentation of the Habitat of Wild Ungulates by Anthropogenic Barriers in Mongolia. *PLOS ONE*, 8(2), e56995. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0056995>
- IUCN. (2016). *A Global Standard for the Identification of Key Biodiversity Areas, version 1.0*. IUCN.
- IUCN. (2018). *Saiga tatarica*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2018*. IUCN SSC Antelope Specialist Group. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2018-2.RLTS.T19832A50194357.en>
- IUCN and UNEP. (2017). *Dong Phrayayen-khao Yai Forest Complex*. World Heritage Datasheets. <http://world-heritage-datasheets.unep-wcmc.org/datasheet/output/site/dong-phayayen-khao-yai-forest-complex/>
- Jackson, R., & Wangchuk, R. (2001). Linking Snow Leopard Conservation and People-Wildlife Conflict Resolution: Grassroots Measures to Protect the Endangered Snow Leopard from Herder Retribution. *Endangered Species Update*, 18(4), 138–141.
- Jacobson, S. L., Bliss-Ketchum, L. L., Rivera, C. E. de, & Smith, W. P. (2016). A behavior-based framework for assessing barrier effects to wildlife from vehicle traffic volume. *Ecosphere*, 7(4), e01345. <https://doi.org/10.1002/ecs2.1345>
- Jenkins, A. R., Smallie, J. J., & Diamond, M. (2010). Avian collisions with power lines: A global review of causes and mitigation with a South African perspective. *Bird Conservation International*, 20(3), 263–278. <https://doi.org/10.1017/S0959270910000122>
- Jenkins, C. N., & Pimm, S. L. (2013). Global patterns of terrestrial vertebrate diversity and conservation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(28), E2602–E2610.
- Joly, K., Gurarie, E., Sorum, M. S., Kaczensky, P., Cameron, M. D., Jakes, A. F., Borg, B. L., Nandintsetseg, D., Hopcraft, J. G. C., Buuveibaatar, B., Jones, P. F., Mueller, T., Walzer, C., Olson, K. A., Payne, J. C., Yadamsuren, A., & Hebblewhite, M. (2019). Longest terrestrial migrations and movements around the world. *Scientific Reports*, 9(1), 15333. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-51884-5>

- Kaczensky, P., Kuehn, R., Lhagvasuren, B., Pietsch, S., Yang, W., & Walzer, C. (2011). Connectivity of the Asiatic wild ass population in the Mongolian Gobi. *Biological Conservation*, 144(2), 920–929. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.12.013>
- Kaczensky, P., Sheehy, D., Johnson, D. E., Walzer, C., Davaa, L., & Sheehy, C. (2006). Room to roam? The threat to khulan (Wild Ass) from human intrusion. *Mongolia Discussion Papers, East Asia and Pacific Environment and Social Development Department*, 1–69.
- Karki, J. (2020). *Biodiversity baseline assessment and mitigation strategy, Narayanghat-Butwal Road Project, Nepal* (p. 110). Report submitted to Nepal Department of Roads, Project Directorate (Asian Development Bank).
- Kasza, Z., Cushman, S. A., Hearn, A. J., Burnham, D., Macdonald, E. A., Goossens, B., Nathan, S. K. S. S., & Macdonald, D. W. (2019). Integrating Sunda clouded leopard (*Neofelis diardi*) conservation into development and restoration planning in Sabah (Borneo). *Biological Conservation*, 235, 63–76. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.04.001>
- Kasza, Z., Cushman, S. A., Htun, S., Naing, H., Burnham, D., & Macdonald, D. W. (2020). Simulating the impact of Belt and Road initiative and other major developments in Myanmar on an ambassador felid, the clouded leopard, *Neofelis nebulosa*. *Landscape Ecology*, 35(3), 727–746. <https://doi.org/10.1007/s10980-020-00976-z>
- Kennedy, C. M., Oakleaf, J. R., Theobald, D. M., Baruch-Mordo, S., & Kiesecker, J. (2019). Managing the middle: A shift in conservation priorities based on the global human modification gradient. *Global Change Biology*, 25(3), 811–826. <https://doi.org/10.1111/gcb.14549>
- Kimbrough, L. (2020). Animal crossing: A wild ass makes history. *Mongabay Environmental News*. <https://news.mongabay.com/2020/06/animal-crossing-a-wild-ass-makes-history/>
- Kranstauber, B., Kays, R., LaPoint, S. D., Wikelski, M., & Safi, K. (2012). A dynamic Brownian bridge movement model to estimate utilization distributions for heterogeneous animal movement. *Journal of Animal Ecology*, 81(4), 738–746. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2012.01955.x>
- Kukkala, A. S., & Moilanen, A. (2013). Core concepts of spatial prioritisation in systematic conservation planning. *Biological Reviews*, 88(2), 443–464. <https://doi.org/10.1111/brv.12008>
- Lalthanpuia, Dey, S., Sharma, T., Sarma, P., Deka, J., Bora, P., & Borah, J. (2014). Camera-trap record of felid species from Kanchanjuri wildlife corridor, Assam, India. *CatNews*, 60, 28–30.
- Lechner, A. M., Chan, F. K. S., & Campos-Arceiz, A. (2018). Biodiversity conservation should be a core value of China's Belt and Road Initiative. *Nature Ecology & Evolution*, 2(3), 408–409. <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0452-8>
- Leonard, J. (2017). *Analyzing Wildlife Telemetry Data in R*. https://www.ckwri.tamuk.edu/sites/default/files/publication/pdfs/2017/leonard_analyzing_wildlife_telemetry_data_in_r.pdf
- Linnell, J. D. C., Trouwborst, A., Boitani, L., Kaczensky, P., Huber, D., Reljic, S., Kusak, J., Majic, A., Skrbinsek, T., Potocnik, H., Hayward, M. W., Milner-Gulland, E. J., Buuveibaatar, B., Olson, K. A., Badamjav, L., Bischof, R., Zuther, S., & Breitenmoser, U. (2016). Border Security Fencing and Wildlife: The End of the Transboundary Paradigm in Eurasia? *PLOS Biology*, 14(6), e1002483. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1002483>
- Locke, H. (2014). Nature needs half: A necessary and hopeful new agenda for protected areas. *Nature New South Wales*, 58(3), 7–17.
- Mahood, S. P. (2021). *Avian power line mortality in the Northern Tonle Sap Protected Landscape (NTSPL), June 2019 – January 2021*. Wildlife Conservation Society Cambodia Program.
- Mahood, S. P., Silva, J. P., Dolman, P. M., & Burnside, R. J. (2018). Proposed power transmission lines in Cambodia constitute a significant new threat to the largest population of the Critically Endangered Bengal florican *Houbaropsis bengalensis*. *Oryx*, 52(1), 147–155. <https://doi.org/10.1017/S0030605316000739>
- Mano, S., Ovgor, B., Samadov, Z., Pudlik, M., Julch, V., Sokolov, D., & Yoon, J. (2014). *Gobitec and the Asian Super Grid for Renewable Energies in Northeast Asia* (p. 114). Energy Charter Secretariat,

- Energy Economics Institute of the Republic of Korea, Energy Systems Institute of the Russian Federation, Ministry of Energy of Mongolia, and Japan Renewable Energy Foundation.
- McInturff, A., Xu, W., Wilkinson, C. E., Dejid, N., & Brashares, J. S. (2020). Fence Ecology: Frameworks for Understanding the Ecological Effects of Fences. *BioScience*, 70(11), 971–985. <https://doi.org/10.1093/biosci/biaa103>
- Menon, V., Tiwari, S. K., Ramkumar, K., Kyarong, S., Ganguly, U., & Sukumar, R. (2017). *Right of Passage: Elephant Corridors of India [2nd Edition]* (Conservation Reference Series No. 3). Wildlife Trust of India.
- Milner-Gulland, E. J., Kholodova, M. V., Bekenov, A., Bukreeva, O. M., Grachev, I. A., Amgalan, L., & Lushchekina, A. A. (2001). Dramatic declines in saiga antelope populations. *Oryx*, 35(4).
- Morgan, P., Plummer, M., & Wignaraja, G. (2015). *Regional Transport Infrastructure: Mapping Projects to Bridge South Asia and Southeast Asia* (ADB Brief No. 43; p. 11). Asian Development Bank and Asian Development Bank Institute. <http://www.adb.org/sites/default/files/publication/159083/adbi-connecting-south-asia-southeast-asia.pdf>
- Myers, N., Mittermeyer, R. A., Mittermeyer, C. G., Da Fonseca, G. A. B., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), 853–858. <https://doi.org/10.1038/35002501>
- NEFEJ. (2020). *Impacts of Infrastructures on Environment and Biodiversity in Terai, Nepal*. Nepal Forum for Environmental Journalists.
- Newbold, T., Hudson, L. N., Arnell, A. P., Contu, S., De Palma, A., Ferrier, S., Hill, S. L. L., Hoskins, A. J., Lysenko, I., Phillips, H. R. P., Burton, V. J., Chng, C. W. T., Emerson, S., Gao, D., Hale, G. P., Hutton, J., Jung, M., Sanchez-Ortiz, K., Simmons, B. I., ... Purvis, A. (2016). Has land use pushed terrestrial biodiversity beyond the planetary boundary? A global assessment. *Science*, 353(6296), 291–288. <https://doi.org/10.1126/science.aaf2201>
- Ng, L. S., Campos-Arceiz, A., Sloan, S., Hughes, A. C., Tiang, D. C. F., Li, B. V., & Lechner, A. M. (2020). The scale of biodiversity impacts of the Belt and Road Initiative in Southeast Asia. *Biological Conservation*, 248, 108691. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108691>
- Olson, D. M., & Dinerstein, E. (2002). The global 200: Priority ecoregions for global conservation. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 89(2), 199–224. <https://doi.org/10.2307/3298564>
- Olson, D. M., Dinerstein, E., Wikramanayake, E. D., Burgess, N. D., Powell, G. V. N., Underwood, E. C., D'Amico, J. A., Itoua, I., Strand, H. E., Morrison, J. C., Loucks, C. J., Allnutt, T. F., Ricketts, T. H., Kura, Y., Lamoreux, J. F., Wettengel, W. W., Hedao, P., & Kassem, K. R. (2001). Terrestrial ecoregions of the world: A new map of life on Earth. *BioScience*, 51(11), 933–938. <https://doi.org/10.1641/0006-3568>
- Parashar, U. (2019, September 8). Longest flyover to protect wildlife at Kaziranga planned. *Hindustan Times*. <https://www.hindustantimes.com/india-news/longest-flyover-to-protect-wildlife-at-kaziranga-planned/story-QgE7k99jT1zP7LAfjRIexM.html>
- Pariwakam, M., Joshi, A., Navgire, S., & Vaidyanathan, S. (2018). *A Policy Framework for Connectivity Conservation and Smart Green Linear Infrastructure Development in the Central Indian and Eastern Ghats Tiger Landscape*. Wildlife Conservation Trust.
- Popp, J. N., & Boyle, S. P. (2017). Railway ecology: Underrepresented in science? *Basic and Applied Ecology*, 19, 84–93. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2016.11.006>
- Potapov, P., Hansen, M. C., Laestadius, L., Turubanova, S., Yaroshenko, A., Thies, C., Smith, W., Zhuravleva, I., Komarova, A., Minnemeyer, S., & Esipova, E. (2017). The last frontiers of wilderness: Tracking loss of intact forest landscapes from 2000 to 2013. *Science Advances*, 3(1), e1600821–e1600821. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1600821>
- Poudel, S., Devkota, B. P., Lamichhane, B. R., Bhattarai, S., Dahal, P., & Lamichhane, A. (2020). Usage of Man-Made Underpass by Wildlife: A Case Study of Narayanghat-Muglin Road Section. *Forestry: Journal of Institute of Forestry, Nepal*, 17, 184–195. <https://doi.org/10.3126/forestry.v17i0.33635>

- Pouzols, F. M., Toivonen, T., Di Minin, E., Kukkala, A. S., Kullberg, P., Kuusterä, J., Lehtomäki, J., Tenkanen, H., Verburg, P. H., & Moilanen, A. (2014). Global protected area expansion is compromised by projected land-use and parochialism. *Nature*, 516(7531), 383–386. <https://doi.org/10.1038/nature14032>
- Reed, T., & Trubetskoy, A. (2019). *Assessing the Value of Market Access from Belt and Road Projects* (Policy Research Working Paper No. 8815; p. 81). World Bank Group. <http://documents1.worldbank.org/curated/en/333001554988427234/pdf/Assessing-the-Value-of-Market-Access-from-Belt-and-Road-Projects.pdf>
- Sanchez-Ortiz, K., Gonzalez, R. E., De Palma, A., Newbold, T., Hill, S. L. L., Tylanakis, J. M., Borger, L., Lysenko, I., & Purvis, A. (2019). Land-use and related pressures have reduced biotic integrity more on islands than on mainlands. *BioRxiv*. <https://doi.org/10.1101/576546>
- Sharma, R., Rimal, B., Stork, N., Baral, H., & Dhakal, M. (2018). Spatial Assessment of the Potential Impact of Infrastructure Development on Biodiversity Conservation in Lowland Nepal. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7(9), 365. <https://doi.org/10.3390/ijgi7090365>
- Silva, J. P., Palmeirim, J. M., Alcazar, R., Correia, R., Delgado, A., & Moreira, F. (2014). A spatially explicit approach to assess the collision risk between birds and overhead power lines: A case study with the little bustard. *Biological Conservation*, 170, 256–263. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.12.026>
- Sloan, S., Alamgir, M., Campbell, M. J., Setyawati, T., & Laurance, W. F. (2019). Development Corridors and Remnant-Forest Conservation in Sumatra, Indonesia. *Tropical Conservation Science*, 12, 1940082919889509. <https://doi.org/10.1177/1940082919889509>
- Sloan, S., Campbell, M. J., Alamgir, M., Lechner, A. M., Engert, J., & Laurance, W. F. (2019). Trans-national conservation and infrastructure development in the Heart of Borneo. *PLOS ONE*, 14(9), e0221947. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0221947>
- Snow Leopard Network. (2014). *Snow Leopard Survival Strategy, Revised 2014 Version*. Snow Leopard Network.
- Stimson Center. (2021). *Mekong Infrastructure Tracker*. Stimson Center. <https://www.stimson.org/project/mekong-infrastructure/>
- Thapa, K., Wikramanayake, E., Malla, S., Acharya, K. P., Lamichhane, B. R., Subedi, N., Pokharel, C. P., Thapa, G. J., Dhakal, M., Bista, A., Borah, J., Gupta, M., Maurya, K. K., Gurung, G. S., Jnawali, S. R., Pradhan, N. M. B., Bhata, S. R., Koirala, S., Ghose, D., & Vattakaven, J. (2017). Tigers in the Terai: Strong evidence for meta-population dynamics contributing to tiger recovery and conservation in the Terai Arc Landscape. *PLOS ONE*, 12(6), e0177548. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0177548>
- Thatte, P., Joshi, A., Vaidyanathan, S., Landguth, E., & Ramakrishnan, U. (2018). Maintaining tiger connectivity and minimizing extinction into the next century: Insights from landscape genetics and spatially-explicit simulations. *Biological Conservation*, 218, 181–191. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.12.022>
- UNEP/CMS. (2019). *Central Asian Mammals Migration and Linear Infrastructure Atlas* (CMS Technical Series No. 41). Convention on Migratory Species.
- UNEP-WCMC, & IUCN. (2021). *Protected Planet: The World Database on Protected Areas*. UNEP-WCMC and IUCN. www.protectedplanet.net
- UNESCAP. (2019a). *Asian Highway Route Map* [Map]. United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific. <https://www.unescap.org/resources/asian-highway-route-map>
- UNESCAP. (2019b). *Trans-Asian Railway Network Map* [Map]. United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific. <https://www.unescap.org/resources/trans-asian-railway-network-map>
- Wang, O. (2021, February 26). China sets 15-year transport expansion plan as it seeks to double size of economy by 2035. *South China Morning Post*. <https://www.scmp.com/economy/china-economy/article/3123151/china-sets-15-year-transport-expansion-plan-it-seeks-double>

- Wilson, E. (2016). *Half-earth: Our planet's fight for life*. Norton & Company.
<https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=gftlCQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT7&dq=half+earth&ots=VdLt8vyn5O&sig=dPm0PoswfT9OQpKZNBQs3Sgt5lg>
- Wingard, J., & Zahler, P. (2006). *Silent Steppe: The Illegal Wildlife Trade Crisis in Mongolia* (Mongolia Discussion Papers, East Asia and Pacific Environment and Social Development Department). World Bank.
- Wingard, J., Zahler, P., Victurine, R., Bayasgalan, O., & Buuveibaatar, B. (2014a). *Guidelines for Addressing the Impact of Linear Infrastructure on Large Migratory Mammals in Central Asia*. UNEP/CMS Secretariat, Wildlife Conservation Society.
- Wingard, J., Zahler, P., Victurine, R., Bayasgalan, O., & Buuveibaatar, B. (2014b). *Guidelines for Addressing the Impact of Linear Infrastructure on Migratory Large Mammals in Central Asia* [Technical Report]. Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals.
- Wolf, M., & Ale, S. (2009). Signs at the top: Habitat features influencing snow leopard *Uncia uncia* activity in Sagarmatha National Park, Nepal. *Journal of Mammalogy*, 90(3), 604–611.
- WWF. (2015). *Snow leopard Species Action Plan 2015-2020*. World Wide Fund for Nature.
- WWF. (2018). *Infrastructure assessment in snow leopard habitat of Nepal*. WWF Nepal.
https://wwf.panda.org/discover/knowledge_hub/?340154/Infrastructure-Assessment-in-Snow-Leopard-Habitat-of-Nepal
- WWF. (2019). *Use and Effectiveness of Wildlife Crossings in Nepal: Results for the Wildlife Underpasses Built along Narayanghat-Mugling Road in Barandabhar Corridor Forest*. WWF Nepal.
- Zeller, K. A., Wattles, D. W., & Destefano, S. (2020). Evaluating methods for identifying large mammal road crossing locations: Black bears as a case study. *Landscape Ecology*, 35(8), 1799–1808.
<https://doi.org/10.1007/s10980-020-01057-x>