นิเวศวิทยาของการออกแบบแนวเชื่อมต่อสำหรับสัตว์ป่า : แนวความคิดในเบื้องต้นสำหรับประเทศไทย

ECOLOGY OF WILDLIFE CORRIDOR DESIGN : initial concepts for Thailand

นันทชัย พงศ์พัฒนานุรักษ์[1/*] และ ประทีป ด้วงแค[2/]

Nantachai Pongpattananurak[1/*] & Prateep Duengkae[2/]

ABSTRACT

Corridors have been adopted worldwide and now serve as a crucial tool for wildlife conservation planning by reducing the effects of habitat fragmentation. During the past several decades wildlife habitat in Thailand has become increasingly fragmented, potentially resulting in inbreeding and resource limitations for many species. As a result, research scientists and land managers are paying serious attention to the idea of using corridors for wildlife conservation in Thailand. However, the concept of using corridors for landscape linkage in Thailand requires further development, and in order to use corridors to conserve wildlife in Thailand careful planning and additional in-country research will be necessary. In this paper we review and provide some ecological background to the question of how to design a corridor for wildlife. We first introduce the process of forest fragmentation and its effects on animal movement patterns. Next, we discuss the broader conservation goals of corridor establishment and specific reasons for using corridors. We present different perspectives on the advantages and disadvantages of using corridors to preserve ecological functions in complex landscapes. Finally, we illustrate the step-by-step conceptual process of finding a potential wildlife corridor and provide some practical thoughts and recommendations on how to set up a wildlife corridor in Thailand as a guideline for more in-depth studies in the near future.

Keywords: ***corridor design, wildlife corridor, forest fragmentation, functional corridor, landscape connectivity***

[1/*] ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ E-mail : fforncp@ku.ac.th

[2/] ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คำนำ

การรักษาไว้ซึ่งความหลากหลายทั้งในระดับพันธุกรรม ชนิด และระบบนิเวศ ถือได้ว่าเป็นเป้าหมายสูงสุดสำหรับงานด้านการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ(SCBD, 2001) สำหรับประเทศไทยนั้นได้มีการจัดกลุ่มป่า(forest complex) เพื่อการจัดการพื้นที่คุ้มครองโดย กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ได้กำหนดให้มีกลุ่มป่าจำนวนทั้งสิ้น 19 กลุ่มป่า (สำนักเลขานุการคณะกรรมการพิจารณาการดำเนินงานเกี่ยวกับความหลากหลายทางชีวภาพด้านป่าไม้, 2542) โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อให้การจัดการพื้นที่คุ้มครองของประเทศ เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น จากการกำหนดโครงข่ายพื้นที่คุ้มครองดังกล่าวถือได้ว่าเป็นการเริ่มต้นการจัดการพื้นที่คุ้มครองแบบองค์รวม เพื่อให้บรรลุเป้าหมายของการจัดการเชิงระบบนิเวศ (ecosystem management) ของพื้นที่คุ้มครองในประเทศไทย อย่างไรก็ตามการจัดการกลุ่มป่าเพื่อให้ขบวนการทางนิเวศมีการเชื่อมต่อกันระหว่างผืนป่าต่าง ๆ ยังคงเป็นความท้าทายที่จะต้องทำให้สัมฤทธิ์ผลในอนาคตอันใกล้ การออกแบบแนวเชื่อมต่อสำหรับสัตว์ป่า (wildlife corridor design) เป็นเครื่องมือสำคัญอย่างหนึ่งที่จะช่วยให้ระบบนิเวศป่าไม้มีกระบวนการที่สมบูรณ์ การเคลื่อนย้ายของสัตว์ป่าจากพื้นที่แห่งหนึ่งไปยังพื้นที่อีกแห่งหนึ่งนั้นมิได้เป็นเพียงแค่การส่งเสริมให้มีการแพร่กระจายพันธุ์ของสัตว์ป่าเท่านั้น แต่พืชพรรณที่เป็นอาหารสัตว์ป่าก็จะมีโอกาสแพร่พันธุ์ผ่านไปยังพื้นที่ป่าที่ห่างไกลออกไปด้วยเช่นกัน อย่างไรก็ตามการออกแบบแนวเชื่อมต่อถือได้ว่าเป็นสิ่งที่ค่อนข้างใหม่ต่อนักวิจัยและนักจัดการพื้นที่คุ้มครองของประเทศไทย ดังนั้นบทความนี้จึงมีเป้าหมายหลักเพื่อนำเสนอแนวความคิดพื้นฐานด้านการจัดทำแนวเชื่อมต่อสำหรับสัตว์ป่า เพื่อให้ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการบริหาร จัดการพื้นที่ และตลอดจนผู้ที่สนใจด้านนี้ เกิดความรู้ความเข้าใจไปในทิศทางเดียวกัน ตลอดจนสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบแนวเชื่อมต่อสำหรับสัตว์ป่าอย่างมีประสิทธิภาพจนก่อให้เกิดประโยชน์โดยรวมต่อประเทศต่อไป

การแตกกระจายของผืนป่า (Forest Fragmentation)

ช่วงครึ่งศตวรรษที่ผ่านมานั้นประมาณครึ่งหนึ่งของพื้นที่ระบบนิเวศบนบกของโลกได้มีการสูญเสียพื้นที่ป่าไม้และเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างถาวร สาเหตุดังกล่าวนี้จัดได้ว่าเป็นภัยคุกคามหลักต่อความดำรงคงอยู่ของความหลากหลายทางชีวภาพ (SCBD, 2001) การเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่ป่าไม้จนกลายเป็นการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอื่น ๆ อาทิเช่น พื้นที่เพื่อการเพาะปลูกและปศุสัตว์ พื้นที่เพื่อการอุตสาหกรรม แหล่งน้ำถาวรขนาดใหญ่ ตลอดจนพื้นที่เพื่อการอยู่อาศัยของมนุษย์ ถือได้ว่าเป็นปัญหาสำคัญต่อการสูญเสียถิ่นที่อาศัยของพรรณพืชและสัตว์ป่าที่สามารถพบเห็นได้ในประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกในปัจจุบัน การสูญเสียถิ่นที่อาศัย (habitat loss) ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของขนาดพื้นที่ป่าหรือพื้นที่ธรรมชาติที่อดีตเคยเป็นพื้นที่ใหญ่ต่อเนื่องเป็นผืนเดียวกัน กลับกลายเป็นผืนป่าที่มีการแตกกระจาย (fragmentation) เกิดเป็น

หย่อมป่า (patches) ที่มีขนาดใหญ่บ้าง เล็กบ้างกระจายตัวอยู่ท่ามกลางสภาพพื้นที่โดยรอบที่มีการพัฒนาจากกิจกรรมของมนุษย์ (matrix) ผลจากการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อรูปแบบของภูมิภาพ (landscape pattern) ของระบบนิเวศโดยรวม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ธรรมชาติและการเพิ่มขึ้นของระยะห่างระหว่างหย่อมป่า Bennett (2003) ได้ชี้ให้เห็นถึงกระบวนการการเกิดการแตกกระจายของผืนป่าว่าเป็นพลวัตรการเปลี่ยนแปลงของรูปแบบถิ่นที่อาศัยตามระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป การแตกกระจายของผืนป่าเป็นคำที่ใช้ในการอธิบายถึงภาวะของการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่ที่ถูกปกคลุมด้วยพืชพรรณจากการทำลายที่ยังไม่สมบูรณ์ก่อให้เกิดการเหลือหย่อมพื้นที่พืชพรรณขนาดเล็ก ๆ ที่ถูกแบ่งแยกออกจากกัน ฉะนั้น **การแตกกระจายของผืนป่าจึงมีความหมายถึง การเปลี่ยนแปลงของถิ่นที่อาศัยที่อดีตเคยต่อเนื่องเป็นผืนเดียวกัน กลายเป็นหย่อมที่อาศัยที่มีความผันแปรทั้งทางด้านขนาดและรูปลักษณ์ทางภูมิประเทศ (landscape configuration)** สำหรับศึกษาผลกระทบที่เกิดจากการแตกกระจายของถิ่นที่อาศัยต่อความหลากหลายทางชีวภาพเพิ่มเติมได้จากงานของ Fahrig (2003)

เมื่อพิจารณาการลดลงของพื้นที่โดยรวมของถิ่นที่อาศัยของสัตว์ป่า โดยทั่วไปแล้วพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินของมนุษย์อย่างเข้มข้นมักเป็นพื้นที่ที่เคยมีความเหมาะสมต่อการอยู่อาศัยของสัตว์ป่าในอดีตด้วยเช่นเดียวกันกับพื้นที่ที่มีสภาพภูมิประเทศเป็นพื้นที่ราบลุ่ม หรือหุบเขาขนาดใหญ่ ที่มีความลาดชันไม่มาก และมักไม่ไกลจากแหล่งน้ำ มักจะถูกบุกรุกและยึดครองโดยชุมชนที่อยู่ใกล้เคียงกันพื้นที่ป่าไม้ การลดลงของขนาดหย่อมป่าที่เหมาะสมต่อการเป็นถิ่นที่อาศัยของสัตว์ป่า และการเพิ่มพื้นที่บริเวณขอบป่า (edge) ที่อยู่ต่อเนื่องกับพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอื่น ๆ โดยรอบ พบว่าในระยะยาวแล้วพื้นที่หย่อมป่าที่เหลือมีแนวโน้มจะลดขนาดลงอีก และอาจหายไปในที่สุด การเปลี่ยนแปลงทางด้านองค์ประกอบทางด้านนิเวศของถิ่นที่อาศัย เกิดจากความกดดันจากการใช้ประโยชน์ที่ดินรูปแบบต่าง ๆ ที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ การบุกรุกดังกล่าวมิได้เกิดโดยบังเอิญ แต่เป็นความตั้งใจของมนุษย์ที่ต้องการเปลี่ยนสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน เช่นการเลือกพื้นที่การเกษตรกรรมที่มีความอุดมสมบูรณ์ของดินสูง ทำให้เกิดพื้นที่เกษตรกรรมใกล้เคียงกับพื้นที่หย่อมป่า อีกทั้งเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของหย่อมป่าเนื่องจากแรงกดดันจากการใช้ประโยชน์ของมนุษย์โดยรอบพื้นที่ พบว่าหย่อมป่าที่มีรูปร่างไม่สม่ำเสมอย่อมมีเส้นรอบรูปยาวกว่าหย่อมป่าที่มีรูปร่างกลมหรือสี่เหลี่ยม และพื้นที่หย่อมป่าดังกล่าวมักมีความเสี่ยงต่อการคุกคามสูงขึ้นเนื่องจากความขัดแย้งระหว่าหย่อมป่าและพื้นที่ขอบโดยรอบ (edge contrast) มีมากขึ้นตามช่วงเวลาที่ผ่านไป (Forman, 1995; Bennett, 2003; Fahrig, 2003)

จากผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการแตกกระจายของผืนป่า หย่อมป่าที่กระจัดกระจายตัวอยู่ทั่วไปมักมีความใกล้เคียงกันของหย่อมป่า (proximity) ในระดับที่แตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ และยังผันแปรไปตามแรงกดดันจากความต้องการการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยรอบของชุมชน เมื่อหย่อมป่าที่เหมาะสมต่อถิ่นที่อาศัยของพืชพรรณหรือสัตว์ป่าอยู่ห่างกันมากขึ้น (และ/หรือ) หย่อมป่า

เหล่านั้นมีขนาดเล็กลง ประชากรของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่มักมีอัตราเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์เร็วยิ่งขึ้น ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีชีวภูมิภาคของเกาะ (island biogeography theory) ที่เสนอโดย McArthur &Willis (1967) และทฤษฎีการเกิดประชากรย่อย (metapopulation) ที่เสนอโดย Levins (1969) ภายหลังจากการเกิดหย่อมป่า สิ่งมีชีวิตโดยเฉพาะอย่างยิ่งสัตว์ป่าไม่สามารถเคลื่อนที่ไปมาอย่างอิสระระหว่างถิ่นที่อาศัยได้เช่นในอดีต ประชากรสิ่งมีชีวิตมีแนวโน้มถูกกักให้อาศัยอยู่ในเฉพาะหย่อมป่านั้น ๆ ก่อให้เกิดปัญหาการผสมเลือดชิด (inbreeding) หรือการผสมพันธุ์ภายในประชากรที่มีลักษณะทางพันธุกรรมที่ใกล้เคียงกัน เป็นเหตุให้พันธุกรรมของประชากรย่อยนั้น ๆ ขาดความหลากหลายและอ่อนแอและมีจำนวนลดลงในที่สุด (สามารถศึกษาผลกระทบของการเกิดการแตกกระจายของผืนป่าได้เพิ่มเติมจาก Saunders *et al.* (1991)) จากทฤษฎีทั้งสองดังกล่าวนี้เองที่เป็นแรงขับเคลื่อนสำคัญที่ทำให้นักวิจัยทางด้านการอนุรักษ์ความหลากหลากทางชีวภาพ(conservation biology) หันมาให้ความสนใจในการออกแบบและจัดทำทางเชื่อมต่อระหว่างหย่อมป่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งนักวิจัยส่วนใหญ่ให้น้ำหนักไปกับการออกแบบทางเชื่อมต่อสำหรับสัตว์ป่าที่อยู่ในภาวะเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์มากกว่าสิ่งมีชีวิตประเภทอื่น ๆ ดังตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้แก่ Beier (1993); Laurance & Laurance (1999); Meegan & Maehr (2002) ทั้งนี้เนื่องจากสัตว์ป่ามีการเคลื่อนที่ไม่อยู่นิ่งกับที่ทำให้ผลกระทบของการแตกกระจายของหย่อมป่าที่มีผลต่อสัตว์ป่าสามารถถูกสังเกตได้ชัดเจนมากกว่า Harris & Scheck (1991) ได้สรุปถึงเหตุผลและความจำเป็นของสิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะสัตว์ป่าในกลุ่มสัตว์ที่มีกระดูกสันหลังที่ต้องมีการเคลื่อนที่ไปมาระหว่างถิ่นที่อาศัยต่าง ๆ ดังรายละเอียดในตารางที่ 1

จากความต้องการของสิ่งมีชีวิตในการเคลื่อนที่หาแหล่งถิ่นที่อาศัยในระบบนิเวศบนพื้นดินนั้น พบว่าสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ โดยเฉพาะสัตว์ป่าที่เป็นสิ่งมีชีวิตที่สร้างอาหารเองไม่ได้ แต่มีความสามารถในการเคลื่อนที่สูงเพื่อเสาะแสวงหาอาหาร ได้แสดงให้เห็นว่าประสบปัญหาในการเคลื่อนที่อย่างเห็นได้ชัด ในสภาวการณ์ปัจจุบัน สัตว์ป่าเลี้ยงลูกด้วยนมขนาดกลางถึงขนาดใหญ่มักถูกจำกัดให้หากินอยู่ในพื้นที่ที่มีขนาดเล็ก โดยทั่วไปพื้นที่หย่อมป่าขนาดเล็กดังกล่าวไม่สามารถตอบสนองความต้องการขั้นพื้นฐานต่อการดำรงชีวิต (basic needs) ของประชากรของสัตว์ป่าเหล่านั้นได้ ฉะนั้นจึงถือได้ว่าสภาพการแตกกระจายของผืนป่าที่พบในปัจจุบันเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการเคลื่อนที่ของสัตว์ป่าในธรรมชาติ และจัดเป็นภัยคุกคามที่สำคัญมากที่สุดอย่างหนึ่งต่อความหลากหลายทางชีวภาพทั้งสามระดับของทั้งประเทศไทยเองและประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก

การเกิดการแตกกระจายของผืนป่า (Fragmentation Process)

ตามการศึกษาของ Bennett (2003) พบว่าการเกิดการแตกกระจายของผืนป่าประกอบไปด้วยสามองค์ประกอบสำคัญ ได้แก่

1) การเกิดการสูญเสียถิ่นที่อาศัย (habitat loss) ได้แก่การลดลงของขนาดพื้นที่ถิ่นที่อาศัยภายหลังจากเกิดการแบ่งแยกพื้นที่และการทำลายพื้นที่บางส่วนออกไป (habitat reduction)

2) การเพิ่มระดับของความโดดเดี่ยวของถิ่นที่อาศัย โดยการเพิ่มขึ้นของระยะทางระหว่างหย่อมป่าที่เหลืออยู่ ขณะที่การใช้ประโยชน์พื้นที่ดินประเภทอื่น ๆ เกิดขึ้นมาแทนที่ระหว่างหย่อมป่า (habitat isolation)

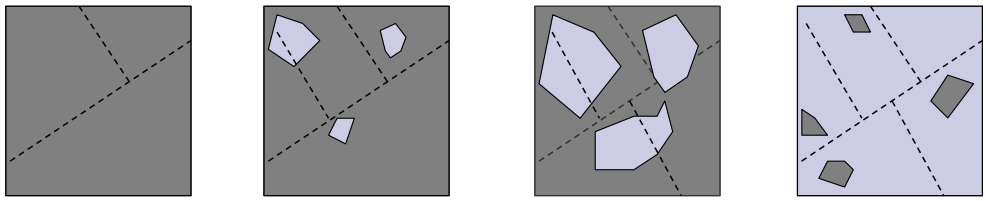
ตารางที่ 1 เหตุผลและความจำเป็นที่สิ่งมีชีวิตจำเป็นต้องเคลื่อนที่ โดยความผันแปรของการเคลื่อนที่มีตั้งแต่การเคลื่อนที่บ่อยครั้งมากแต่เป็นการเคลื่อนที่ในระยะทางที่ไม่มากนัก ไปจนกระทั่งถึงการเคลื่อนที่ไม่บ่อยครั้งนักแต่การเคลื่อนที่มีระยะทางไกลมาก

เหตุผลของการเคลื่อนที่	**ช่วงเวลา**	**ระยะทาง**
1 เสาะแสวงหาแหล่งอาหารที่กระจายตัวอยู่ในหย่อมป่าต่าง ๆ	รอบวัน	กม. to 10s กม.
2 ใช้แหล่งทรัพยากรที่มีอยู่บางช่วงเวลา	รอบวัน/รอบเดือน	ม. ถึง กม.
3 ใช้สภาพแวดล้อมเฉพาะที่ในบางช่วงฤดูกาล	การย้ายถิ่นตามฤดูกาล	กม. – 100's กม.
4 เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยในช่วงชีวิตที่ต่างกัน	ตามฤดูกาล	100's กม.
5 กลับมาเพื่อสืบพันธุ์ ให้ลูก	รอบปี	1000's กม.
6 อพยพเพื่อตั้งถิ่นฐานในสภาพแวดล้อมใหม่	-	ท้องถิ่น - 100's กม.
7 ขยายพื้นที่การแพร่กระจาย	-	100's กม.
8 หาที่อยู่ใหม่ตามการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ	ทศวรรษ	กม. - 100's กม.
9 การอพยพระหว่างเกาะหรือทวีป	ทศวรรษ	กม. - 100's กม.

ที่มา: Harris &Scheck (1991)

3) การแตกกระจายของกลุ่มป่า ถือได้ว่ามีผลกระทบต่อระบบนิเวศทั้งในระดับท้องถิ่น (local landscape) และระดับภูมิภาค (regional landscape) อีกทั้งยังส่งผลกระทบต่อทั้งในระดับโครงสร้าง (structure) และหน้าที่ (function) ด้วย

สำหรับกระบวนการเกิดการแตกกระจายของผืนป่ามีขบวนการเกิดดังภาพที่ 1 ซึ่ง Hunter (2002) ได้สรุปขั้นตอนการเกิดการแตกกระจายของหย่อมป่าเป็นขั้นตอนต่าง ๆ ได้ดังต่อไปนี้



1 **2** **3** **4**

ภาพที่ 1. กระบวนการเกิดการแตกกระจายของผืนป่า (Fragmentation) 1) Dissection การเริ่มต้นการเกิดการกระจัดกระจายของหย่อมป่าโดยมีทางคมนาคมตัดผ่าน 2) Perforation กิจกรรมมนุษย์ทำลายพื้นที่ธรรมชาติเป็นพื้นที่ขนาดเล็ก ๆ เหมือนเป็นการเจาะรูไปบนพื้นที่ธรรมชาติ 3) Fragmentation การขยายพื้นที่เขตเมืองและพื้นที่การเกษตรเป็นไปอย่างรวดเร็วทำให้พื้นทีธรรมชาติเริ่มแยกห่างจากกันและเกิดเป็นหย่อมป่าขนาดใหญ่ 4) Attrition การขยายพื้นที่ทำกินทำให้พื้นที่หย่อมป่าขนาดใหญ่เปลี่ยนแปลงไปเป็นหย่อมป่าขนาดเล็ก (ดัดแปลงจาก Hunter, 2002)

1) การตัดผ่าน (dissection) ขั้นแรกของการเริ่มต้นการเกิดการแตกกระจายของหย่อมป่า ต้องมีการพัฒนาเส้นทางคมนาคมประเภทต่าง ๆ ได้แก่ ถนน ทางเกวียน ทางเดินเท้า หรือทางรถไฟ เป็นการเพิ่มความสามารถในการเข้าถึงพื้นที่ได้ของมนุษย์ กล่าวได้ว่าการเข้ามาของเส้นทางคมนาคมเป็นจุดเริ่มต้นของการเกิดการสูญเสียถิ่นที่อาศัย

2) การเป็นรูทะลุของผืนป่า (perforation) กิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์เป็นตัวการทำลายพื้นที่ธรรมชาติ โดยการทำลายได้เริ่มจากพื้นที่ขนาดเล็ก ๆ เสมือนเป็นการเจาะรูทะลุไปบนพื้นที่ธรรมชาติ อัตราการสูญเสียถิ่นที่อาศัยจะเร็วหรือช้าผันแปรไปตามระดับความเข้มข้นของกิจกรรมของมนุษย์

3) การแตกกระจายของผืนป่า (fragmentation) เมื่อมีการตั้งถิ่นฐานของมนุษย์ การขยายพื้นที่เขตเมืองและพื้นที่เกษตรกรรมเป็นไปอย่างรวดเร็วทำให้พื้นทีธรรมชาติเริ่มแยกตัวห่างออกจากกัน และท้ายที่สุดเกิดเป็นหย่อมป่าขนาดใหญ่ อย่างไรก็ตามพื้นที่ส่วนใหญ่ที่อยู่โดยรอบ (matrix) ยังคงมีสภาพเป็นป่าธรรมชาติอยู่

4) การลดจำนวนพื้นที่ป่า (attrition) เวลาผ่านไปไม่กี่รุ่นของมนุษย์ การขยายพื้นที่ทำกินทำให้พื้นที่หย่อมป่าขนาดใหญ่เปลี่ยนแปลงไปเป็นหย่อมป่าขนาดเล็ก ขณะที่พื้นที่โดยรอบมีการเปลี่ยนสภาพไปเป็นพื้นที่การใช้ประโยชน์ของมนุษย์ประเภทอื่น ๆ มากยิ่งขึ้น เช่น พื้นที่เพื่อการเกษตรกรรม ปศุสัตว์ และ เขตเมือง เป็นต้น กล่าวคือพื้นที่ป่าธรรมชาติส่วนใหญ่ในที่สุดแล้วถูกพัฒนากลายเป็นพื้นที่สำหรับการอยู่อาศัยและประกอบกิจกรรมต่าง ๆ สำหรับมนุษย์นั่นเอง

เป้าหมายของแนวเชื่อมต่อระหว่างผืนป่า (Goal of Corridors)

ก่อนที่จะกล่าวถึงการออกแบบแนวเชื่อมต่อระหว่างผืนป่า มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องต้องเข้าใจถึงบทบาทและหน้าที่ของทางเชื่อมที่มีต่อระบบนิเวศ หน้าที่หลักของแนวเชื่อมคือการส่งเสริม (enhance) ให้เกิดความสามารถในการเชื่อมต่อ (connectivity) กันของสิ่งมีชีวิตระหว่างหย่อมป่าที่กระจัดกระจายอยู่ทั่วไป กล่าวคือเป็นการส่งเสริมหรือช่วยเหลือให้เกิดการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต(โดยเฉพาะสัตว์ป่า) สามารถเคลื่อนย้ายไปมาระหว่างหย่อมถิ่นที่อาศัยที่มีระยะทางห่างจากกันได้ การส่งเสริมให้เกิดมีความเชื่อมต่อกันระหว่างหย่อมป่าต่าง ๆ นั้นจะช่วยให้สิ่งมีชีวิตมีโอกาสแลกเปลี่ยนพันธุกรรมระหว่างประชากรที่แตกต่างกันมากขึ้น เปิดโอกาสการตั้งถิ่นฐานของประชากรสิ่งมีชีวิตในพื้นที่แห่งใหม่ รวมถึงการเพิ่มโอกาสในการเสาะแสวงหาปัจจัยสำคัญหลักในการดำรงชีวิต (keystone resources) ได้มากขึ้น การจัดการพื้นที่คุ้มครองในลักษณะของกลุ่มป่า โดยการส่งเสริมให้มีการเชื่อมต่อระหว่างผืนป่าต่าง ๆ ถือได้ว่าเป็นหนึ่งในกลยุทธ์หลักสำคัญในการจัดการวางแผนการจัดการพื้นที่คุ้มครองแบบเป็นระบบ (systematic conservation planning) (Margules &Pressey, 2000) ข้อดีของการจัดให้มีทางเชื่อมต่อระหว่างหย่อมป่าสรุปได้ดังต่อไปนี้ (Forman, 1995; Haddad *et al.*, 2003)

1. เพิ่มอัตราการอพยพเข้าสู่พื้นที่คุ้มครองโดยช่วยให้เกิดการ

ก) เพิ่มหรือรักษาความหลากหลายของชนิด

ข) เพิ่มขนาดของประชากรแต่ละชนิดและช่วยลดโอกาสการสูญพันธุ์ เกิดการตั้งถิ่นฐานใหม่ของบางประชากรในระดับท้องถิ่นซึ่งได้สูญพันธุ์ไปก่อนในอดีตแล้ว

ค) ป้องกันไม่ให้เกิดความกดดันภายในประชากรจนเกิดการผสมพันธุ์ในสายเลือดที่ใกล้ชิดกัน และขณะเดียวกันเป็นการดำรงไว้ซึ่งความหลากหลายทางพันธุกรรมภายในประชากร

2. เพิ่มพื้นที่ในการเสาะแสวงหาอาหาร เป็นการช่วยให้ชนิดที่เคยอยู่ในถิ่นที่อาศัยที่ไม่เหมาะได้ผ่านไปยังที่ที่มีความเหมาะสมกว่า

3. ทำหน้าที่เป็นพื้นที่คุ้มภัย (cover) สำหรับชนิด ในขณะที่มีการเคลื่อนที่ระหว่างหย่อมป่า

4. ก่อให้เกิดความหลากหลายของถิ่นที่อาศัยเพื่อช่วยให้สิ่งมีชีวิตในแต่ละช่วงชีวิตสามารถเลือกใช้ถิ่นที่อาศัยที่เหมาะสมในพื้นที่ และช่วงเวลาที่ต้องการตามวงจรชีวิตของสัตว์ชนิดนั้น

5. จัดหาพื้นที่ที่เป็นทางเลือกสำหรับหลบภัยของสิ่งมีชีวิตในช่วงที่เผชิญกับการรบกวนที่มีความรุนแรงมาก เช่น ภัยจากไฟป่า หรือน้ำท่วม เป็นต้น

6. เกิดทางสีเขียว (greenway or green belt) ช่วยจำกัดการเติบโตของเขตเมืองที่ไม่หยุดยั้งทางอ้อม ส่งเสริมให้เกิดโอกาสทางนันทนาการ และช่วยพัฒนาทิวทัศน์ให้เกิดความร่มรื่น เป็นการเพิ่มคุณค่าทางอ้อมให้กับพื้นที่

7. ส่งเสริมให้มีการดูแลคุณภาพแหล่งน้ำและการจัดการแหล่งน้ำที่ดีขึ้น (กรณีของการใช้ลำน้ำเป็นทางเชื่อมต่อ)

สำหรับสมมติฐานหลักในการออกแบบแนวเชื่อมต่อนั้น Hilty *et al.* (2006) ได้เสนอแนะไว้ว่าจำเป็นที่จะต้องคำนึงถึงเป้าหมายในการอนุรักษ์ ด้านใดด้านหนึ่ง หรือทุก ๆ ด้านดังต่อไปนี้

1) เป้าหมายตามความหลากหลายทางชีวภาพ

- ระดับรายตัวของสัตว์ป่า (individual of a species)
- ระดับประชากร (deme of a species)
- ระดับชนิดพันธุ์ (species)
- ระดับสังคม (community)
- ระดับภูมิภาพ (landscape)

2) เป้าหมายตามระดับมาตราส่วนเชิงพื้นที่ของการเชื่อมต่อ (spatial scale of linkage)

- ระดับท้องถิ่น เช่น ทางลอด หรือทางข้ามของสัตว์ป่าเป็นทางเชื่อม
- ระดับภูมิภาค เช่น การใช้แนวแม่น้ำหรือลำน้ำเป็นทางเชื่อม
- ระดับทวีป หรือการข้ามไปยังอีกทวีป เช่นการใช้แนวเทือกเขาเป็นทางเชื่อม

3) เป้าหมายตามศักยภาพเฉพาะในการใช้ประโยชน์

- เพื่อการเคลื่อนที่ในรอบวัน (daily movement) เช่น การเสาะแสวงหาอาหารรายวัน
- เพื่อการเคลื่อนที่ตามฤดูกาล (seasonal movement) เช่น การอพยพเปลี่ยนถิ่นที่อาศัย
- เพื่อการขยายการกระจาย (dispersal) เช่น เพื่อแลกเปลี่ยนพันธุกรรม การค้นหาคู่ผสมพันธุ์
- เพื่อเป็นถิ่นที่อาศัย (habitat) เช่น แนวเชื่อมต่อที่มีความกว้างมาก
- เพื่อให้แน่ใจว่าชนิดนั้นยังคงอยู่สืบไป (long-term species persistence) เช่น การปรับตัวให้เข้ากับภาวะโลกร้อน

ความหมายและแนวคิดของ “แนวเชื่อมต่อ (Definitions and Concepts of Corridor)”

แม้ว่าคำว่า “**ทางเชื่อมต่อหรือแนวเชื่อมต่อ (corridor)**” จะมีการใช้กันอย่างมากในหลากหลายสาขาวิชา แต่นักวิจัยทางด้านการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพที่มีผลงานตีพิมพ์ในวารสารวิจัยระดับนานาชาติโดยส่วนใหญ่ได้ให้คำจำกัดความของคำว่า “ทางเชื่อม” ที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน ตัวอย่างเช่น

Corridor: “narrow strips of land which differ from the matrix on either side or maybe isolated strips, but are usually attached to a patch of somewhat similar vegetation” (Forman & Gordon, 1986)

Corridor: “a linear landscape element that provides for movement between habitat patches, but not necessarily reproduction. Thus, not all life history requirements of a species may be met in a corridor” (Rosenberg *et al.*, 1997).

Corridor: “a swath of land that is best expected to serve movement needs of an individual species after the remaining matrix has been converted to other uses” (Beier *et al.*, 2005).

จากคำจำกัดความดังกล่าว ในบทความนี้จึงขอให้คำจำกัดความของคำว่าแนวเชื่อมต่อไว้ว่า “**ทางเชื่อมต่อหมายถึง พื้นที่ขนาดเล็กโดยมากมักมีรูปร่างเป็นแถบยาวช่วยทำหน้าที่ตอบสนองความต้องการของชนิดเฉพาะนั้น ๆ ที่ต้องการเคลื่อนที่ระหว่างหย่อมป่าที่แตกต่างกันได้ โดยแนวเชื่อมต่อมักมีพืชพรรณใกล้เคียงกับถิ่นที่อาศัยหลักที่อยู่ใกล้เคียง**” เห็นได้ว่าคำจำกัดความดังกล่าวนี้ได้เน้นย้ำถึงความสำคัญของความสามารถในการเคลื่อนที่ของชนิดจากหย่อมถิ่นที่อาศัยแห่งหนึ่งผ่านแนวเชื่อมต่อไปยังหย่อมถิ่นที่อาศัยที่อยู่ไกลออกไป โดยแนวเชื่อมต่อนี้อาจเป็นที่ต้องการของชนิดเฉพาะในบางช่วงเวลาหนึ่งหรือทุกช่วงเวลาของวงจรชีวิต ขณะที่ความหมายของคำว่า “ถิ่นที่อาศัย (habitat) หมายถึงบริเวณพื้นที่ที่มีความเหมาะสมทั้งในแง่ของการสนับสนุนปัจจัยพื้นฐานต่าง ๆ ในการดำรงชีวิต เช่น แหล่งอาหาร แหล่งหลบภัย แหล่งน้ำ และอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เอื้ออำนวยให้ชนิดพันธุ์สามรถรอดจากการตายและสืบพันธุ์ออกลูกหลานต่อไปได้”

จากคำจำกัดความทั้งหมดดังกล่าว พบว่าแนวเชื่อมต่อมีแง่มุมที่สำคัญสองประการ ได้แก่

1) มุมมองทางด้านโครงสร้าง (structural perspective) เป็นการพิจารณาแนวเชื่อมต่อโดยเน้นไปที่ลักษณะหรือ รูปลักษณ์ภายนอกที่ทำการเชื่อมต่อ เช่น ความยาว ความแคบ ความกว้าง หรือความโค้ง ของทางเชื่อมต่อ หรืออีกนัยหนึ่งคือการพิจารณาถึงการมีการเชื่อมต่อทางด้านโครงสร้างเท่านั้น (structural connectedness)

2) มุมมองทางด้านหน้าที่ (functional perspective) เป็นการพิจารณาทางเชื่อมต่อในฐานะของความสามารถที่ทำให้มีการเชื่อมต่อกันได้ (connectivity) โดยความสามารถในการเชื่อมต่อนั้นเป็นสิ่งที่บอกได้ว่าพืชหรือสัตว์สามารถเคลื่อนย้ายผ่านระหว่างหย่อมป่าหรือหมู่เกาะไปได้ด้วยความยากง่ายเพียงใด (Hess &Fischer 2001)

ดังนั้นเพื่อให้การออกแบบทางเชื่อมต่อเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ นักวิจัยและนักจัดการพื้นที่จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องพิจารณาถึงความสามารถในการเคลื่อนที่ของชนิดของสิ่งมีชีวิตชนิดนั้น ๆ ที่จะผ่านไปตามทางเชื่อมต่อที่ได้ออกแบบไว้ **สิ่งมีชีวิตต่างชนิดกันย่อมมีความสามารถในการเคลื่อนที่ที่แตกต่างกัน จึงมีความจำเป็นที่จะต้องออกแบบทางเชื่อมต่อให้เหมาะสมกับพฤติกรรมของชนิดนั้น ๆ อย่างเฉพาะเจาะจง** Bennett (2003) ยังได้ย้ำให้เห็นถึงความสำคัญของการส่งเสริมให้เกิดความสมารถในการเชื่อมต่อกันทางด้านหน้าที่ (functional connectivity) มากกว่าที่จะมุ่งเน้นการเชื่อมต่อเฉพาะทางด้านกายภาพเท่านั้น (physical connectivity) และยังให้ร่วมพิจารณาถึงคุณภาพและสภาพแวดล้อมของแนวเชื่อมต่อที่ชนิดนั้น ๆ จะสามารถผ่านไปได้หรือไม่ **ดังนั้นอาจจะกล่าวได้ว่าการเข้าใจถึงองค์ประกอบทางด้านพฤติกรรม(นิเวศวิทยา)อย่างแท้จริงของแต่ละชนิดที่เป็นเป้าหมายในการอนุรักษ์ นั้นเป็นสิ่งสำคัญอันแรกสุดที่จะรับประกันถึงความสำเร็จของการใช้แนวเชื่อมต่อระหว่างผืนป่าเพื่อการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ**

หน้าที่ทางด้านนิเวศวิทยาของแนวเชื่อมต่อ (Ecological Function of Corridor)

บทบาทของแนวเชื่อมต่อที่เห็นได้ชัดเจนที่สุดนั้นคือการส่งเสริมให้สิ่งมีชีวิตสามารถกระจายและเคลื่อนตัวไปตามหย่อมที่อาศัยที่อยู่ห่างไกลออกไปได้ อย่างไรก็ตาม Forman &Gordon (1986) ได้กล่าวถึงบทบาทหน้าที่ทางด้านนิเวศวิทยาของแนวเชื่อมต่อซึ่งมีอยู่หลายประการดังต่อไปนี้ (ภาพที่ 2) ได้แก่

1) การเป็นถิ่นที่อาศัย (habitat)

2) การเป็นทางเชื่อมผ่าน (conduit)

3) การเป็นตัวกรอง (filter)

4) การเป็นตัวขัดขวาง (barrier)

5) การเป็นแหล่งผลิต (source)

6) การเป็นแหล่งกำจัด (sink)

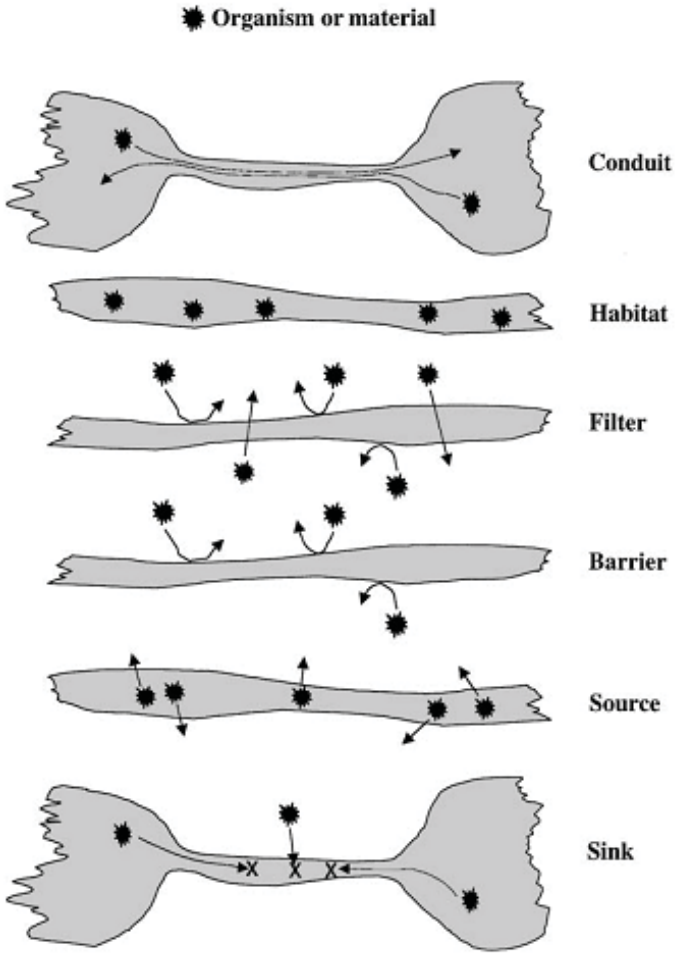
นอกจากนี้ Hess & Fischer (2001) ได้เน้นย้ำให้เห็นถึงบทบาทของทางเชื่อมต่อที่มีความสำคัญ 2 ด้าน ที่นักจัดการพื้นที่คุ้มครองต้องการ ได้แก่

1) เป็นบทบาทของแนวเชื่อมต่อที่ทำหน้าที่ช่วยเหลือการเคลื่อนที่ของชนิดเพียงอย่างเดียว (conduit function)

2) เป็นบทบาทของทางเชื่อมต่อที่ช่วยเหลือชนิดในแง่การเป็นแหล่งอาหารและแหล่งสืบพันธุ์ด้วย (habitat function) โดยจะเรียกกลุ่มของสัตว์ป่าเหล่านี้ว่าเป็นผู้อาศัยในทางเชื่อมต่อ (corridor dwellers) ซึ่งชนิดเหล่านี้อาจมีความสามารถในการเคลื่อนที่ต่ำ จำเป็นต้องใช้เวลาหลายชั่วอายุเพื่อการขยาย(และ/หรือ) ย้ายถิ่นฐานออกไปจากถิ่นที่อาศัยดั้งเดิม ในบางสถานการณ์แนวเชื่อมต่อที่มีความกว้างมาก ๆ อาจช่วยให้สังคมแห่งชีวิตและระบบนิเวศสามารถอยู่ได้อย่างมั่นคง สัตว์ป่าและพืชพรรณที่เป็นอาหารของสัตว์ป่าสามารถเคลื่อนที่ไปมาระหว่างพื้นที่คุ้มครองที่มีขนาดใหญ่ได้ในช่วงหลายชั่วอายุของสิ่งมีชีวิต ทางเชื่อมต่อที่มีคุณลักษณะเช่นนี้รู้จักกันในนาม "**landscape linkage**" โดยที่ Bennett (2003) ได้ให้แนวคิดของการออกแบบทางเชื่อมต่อเพื่อส่งเสริมให้ชนิดสามารถเคลื่อนที่ไปมาระหว่างหย่อมที่อาศัยได้ในระดับภูมิภาค

ในทางตรงกันข้าม บทบาทการเป็นตัวกรองและตัวขัดขวางของทางเชื่อมต่อเป็นการพิจารณาบทบาทของบริเวณพื้นที่ด้านนอกที่มีแนวเชื่อมต่อขั้นกลาง พื้นที่ที่อยู่ตรงข้ามกันของสองฝั่งทางเชื่อมถูกแบ่งแยกออกจากกัน ฉะนั้นแนวทางเชื่อมต่อทำหน้าที่เสมือนเป็นอุปสรรคไม่ให้สิ่งมีชีวิตบางประเภทข้ามผ่านไปมาได้โดยง่าย อาจมีการยอมให้สิ่งมีชีวิตบางประเภทหรือสิ่งมีชีวิตที่มีบางคุณลักษณะที่เฉพาะสามารถข้ามผ่านไปได้เท่านั้น หรืออาจไม่ยอมให้สิ่งมีชีวิตใด ๆ ผ่านไปเลยก็ได้ ตัวอย่างเช่นการใช้ลำน้ำเป็นแนวเชื่อมต่อระหว่างทะเลสาบสองแห่งอาจทำให้สัตว์บกขนาดเล็กไม่สามารถข้ามผ่านไปได้ เป็นต้น

ขณะที่บทบาทในแง่ของการเป็นแหล่งผลิตและแหล่งกำจัดสิ่งมีชีวิตนั้นเป็นสิ่งที่ไม่ค่อยได้รับความสนใจนักต่อการพิจารณาการออกแบบแนวเชื่อมต่อ เนื่องจากบทบาททางของแนวเชื่อมต่อที่มีอิทธิพลต่อด้านนี้มีไม่ชัดเจนมากนัก แหล่งผลิตเป็นการอธิบายถึงถิ่นที่อาศัยที่มีภาวการณ์การส่งเสริมการเพิ่มของประชากรมากกว่าภาวการณ์ในการลดจำนวนของประชากร โดยที่แหล่งกำจัดหมายถึงถิ่นที่อาศัยที่มักพบภาวการณ์ที่ลดลงของประชากรมากกว่าภาวการณ์เพิ่มของประชากร

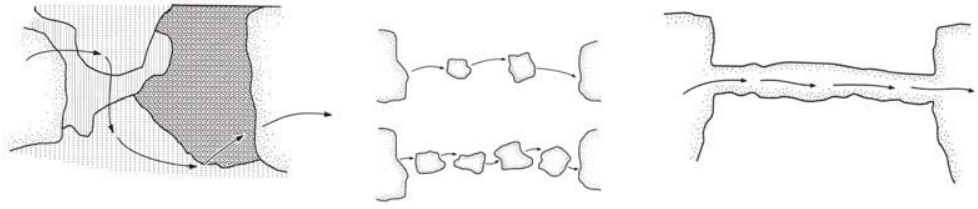


ภาพที่ 2. หน้าที่ของแนวเชื่อมต่อ ทางเชื่อมผ่าน (conduit) สิ่งมีชีวิตผ่านจากแห่งหนึ่งไปอีกแห่งหนึ่งได้ แต่ไม่สามารถอาศัยในแนวเชื่อมต่อ; ถิ่นที่อาศัย (habitat) สิ่งมีชีวิตสามารถอยู่รอดและผลิตลูกหลานได้ในแนวเชื่อมต่อ; ตัวกรอง (fileter) มีบางพวกของสิ่งมีชีวิตเท่านั้นที่จะสามารถผ่านแนวเชื่อมต่อไปได้; ตัวขัดขวาง (barrier) สิ่งมีชีวิตไม่สามารถข้ามผ่านไปได้; แหล่งผลิต (source) สิ่งมีชีวิตกระจายออกจากแนวเชื่อมต่อ; แหล่งกำจัด (sink) สิ่งมีชีวิตที่เข้ามาในแนวเชื่อมต่อแล้วถูกทำลาย (ที่มา: Hess &Fischer, 2001)

ความสามารถในการเชื่อมถึงกันของพื้นที่กับการอนุรักษ์สัตว์ป่า (Landscape Connectivity and Wildlife Conservation)

Tischendorf &Fahrig (2000) ได้อธิบายความหมายของคำว่า landscape connectivity ไว้ว่า **"คือความสามารถของพื้นที่ที่สามารถส่งเสริมหรือขัดขวางการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตที่ผ่านไปมาระหว่างหย่อมป่าที่ที่เหมาะสมต่อการเป็นถิ่นที่อาศัยและการสืบต่อพันธุ์"** สัตว์ป่าในเขตร้อนเช่นประเทศไทยโดยมากมักเป็นสัตว์ป่าที่มีความต้องการปัจจัยในการดำรงชีวิตที่ค่อนข้างเฉพาะเจาะจง (specialist) และมักไม่สามารถปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมที่ถูกเปลี่ยนแปลงไปเพื่อกิจกรรมของมนุษย์ สัตว์ป่าเหล่านี้มีการตอบสนองต่อการเลือกใช้ถิ่นที่อาศัยแตกต่างกันไปตามระดับความเหมาะสมของถิ่นที่อาศัยนั้น ๆ เนื่องจากมีสัตว์ป่าต่างตัว (และ/หรือ) ต่างชนิดกันมีระดับความทนทาน (amplitude of tolerance) ที่ไม่เท่ากัน หรืออาจกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของถิ่นที่อาศัยของสัตว์ป่ามีอิทธิพลอย่างยิ่งต่อการรับรู้ของสัตว์ป่าและความทนทานที่ไม่เท่ากันของสัตว์ป่าแต่ละชนิดส่งผลทำให้ความสามารถในการเคลื่อนที่ไปตามหย่อมป่าที่เหลืออยู่นั้นไม่เท่ากันในแต่ละชนิด บางชนิดมีการปรับตัวได้ดีกับสภาพแวดล้อมใหม่ที่เปลี่ยนไปจากเดิม ทำให้มีความสามารถในการเสาะหาหย่อมป่าที่มีความอุดมสมบูรณ์กว่าได้ไม่ยากนัก ขณะที่สัตว์ป่าอีกหลากหลายชนิด โดยเฉพาะชนิดที่มีสถานภาพถูกคุกคามส่วนใหญ่มักพบว่าด้อยความสามารถ หรือไม่มีความสามารถเลยในการปรับตัวให้เข้ากับถิ่นที่อยู่อาศัยที่เปลี่ยนสภาพไปจากเดิมได้ ทำให้สัตว์ป่าเหล่านั้นไม่สามารถเดินทางผ่านพื้นที่ข้างเคียงที่มีกิจกรรมมนุษย์รบกวนอย่างรุนแรงและต่อเนื่องได้ ในกรณีนี้พบว่าการรักษาไว้ซึ่งรูปแบบการกระจายของหย่อมป่า รวมถึงการจัดเรียงตัวของหย่อมป่า มีผลต่อกระทบโดยตรงต่อระดับของความสามรถในการเชื่อมต่อกันของภูมิภาพโดยรวม

Bennett (2003) ได้เสนอแนวทางในการสร้างทางเชื่อมต่อสำหรับสัตว์ป่า โดยสามารถกระทำได้สองแนวทางหลัก รายละเอียดตามภาพที่ 3 ได้แก่



1 **2** **3**

ภาพที่ 3. ความสามารถในการเชื่อต่อกันภายในพื้นที่ (landscape connectivity) สามารถกระทำได้สองแนวทาง 1) โดยการจัดการทั้งพื้นที่โมเสกเพื่อส่งเสริมให้เกิดการเคลื่อนที่ 2) และ 3) โดยการรักษาหย่อมถิ่นที่อาศัยที่กำหนดเพื่อช่วยเหลือให้เกิดการเคลื่อนที่ผ่านพื้นที่ที่ไม่เอื้ออำนวยต่อการดำรงชีพต่อสัตว์ป่า รูปแบบของถิ่นที่อาศัยอาจเป็นลักษณะแบบที่ 2) เรียกว่า stepping stones ที่มีขนาดพื้นที่ที่แตกต่างกัน หรือ 3) เรียกว่า habitat corridor ที่เป็นการจัดหาแนวเชื่อมต่อแบบต่อเนื่องเป็นผืนถิ่นที่อาศัยเดียวกัน (ที่มา: Bennett, 2003)

1) การจัดการทั้งพื้นที่ถิ่นที่อาศัยแบบโมเสก (landscape or habitat mosaic) (ภาพที่ 3-1) เป็นการจัดการถิ่นที่อยู่อาศัยทั้งพื้นที่ที่มีสภาพทางด้านนิเวศวิทยาไม่สม่ำเสมอกัน เช่นถิ่นที่อาศัยประกอบไปด้วยสังคมพืชหลากหลายประเภท มีระดับความสูงและสภาพภูมิประเทศแตกต่างกัน หรือมีสภาพสังคมพืชคลุมดินที่หลากหลาย โดยสัตว์ป่ารับรู้ถึงถิ่นที่อาศัยว่าเป็นถิ่นที่อาศัยผืนใหญ่ต่อเนื่องกัน แต่ความเข้มข้นในการใช้ประโยชน์สังคมพืชแต่ละประเภทมีความแตกต่างกันไปตามอุปนิสัยและพฤติกรรมของสัตว์ชนิดนั้น ๆ โดยสภาพของสังคมพืชหรือการใช้ประโยชน์ที่ดินที่หลากหลายดังกล่าวไม่เป็นอุปสรรคแต่อย่างใดต่อการดำรงชีวิตของสัตว์ อาจกล่าวได้ว่าการจัดให้มีแนวเชื่อมต่อกันโดยใช้ทั้งผืนป่าที่มีลักษณะดังกล่าวสามารถตอบสนองต่อมาตรการในการอนุรักษ์ได้ทั้งในระดับพันธุกรรม ชนิด และขบวนการทางนิเวศของป่าไม้ เนื่องจากแนวเชื่อมต่อมีความหลากหลายทางระบบนิเวศ และมักเป็นแนวเชื่อมต่อที่มีความกว้างมาก

2) การสร้างแนวเชื่อมต่อขนาดเล็ก แนวเชื่อมลักษณะนี้เหมาะสมกับชนิดสัตว์ป่าที่รับรู้ว่าตนเองกำลังตกอยู่ในหย่อมป่าที่กระจัดกระจายทั่วไปในภูมิภาพ สภาพถิ่นที่อาศัยที่เหมาะสมมีขนาดค่อนข้างจำกัด โดยเฉพาะในหย่อมพื้นที่อาศัยขนาดเล็ก ดังนั้นการช่วยจัดหาทางเชื่อมต่อระหว่างหย่อมป่าเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ในการจัดการพื้นที่คุ้มครอง โดยรูปแบบของทางเชื่อมมักเป็นแบบ stepping stone (ภาพที่ 3-2) หมายถึง หย่อมถิ่นที่อาศัยขนาดเล็กจำนวนตั้งแต่หนึ่งหย่อมขึ้นไป โดยหย่อมป่าเหล่านี้มีการจัดเรียงตัวอย่างเหมาะสม และเอื้ออำนวยต่อการเคลื่อนที่ของสัตว์ป่า หรืออาจเป็นแถบถิ่นที่อาศัยที่เป็นพื้นที่เล็ก ๆ (habitat corridor) (ภาพที่ 3-3) หมายถึง หย่อมถิ่นที่อาศัยขนาดเล็กที่มีลักษณะเป็นแถบทางยาวที่ต่อเนื่องกันระหว่างหย่อมป่าขนาดใหญ่ ทางเชื่อมดังกล่าวจำเป็นต้องมีความกว้างของแถบในระดับหนึ่งที่สามารถเกื้อหนุนให้สัตว์ป่าเคลื่อนที่ผ่านไปมาได้ระหว่างผืนป่า

ทางเชื่อมต่อระหว่างถิ่นที่อาศัยของสัตว์ป่าอาจแบ่งแยกได้ตามลักษณะของการเกิดทางเชื่อมที่อาจมีอยู่แล้วอยู่ในสภาพธรรมชาติ หรือเป็นแนวทางเชื่อมที่ถูกตั้งใจทำให้เกิดขึ้น Hilty *et al.* (2006) อธิบายให้เห็นว่าแนวเชื่อมต่อที่พบเห็นในปัจจุบัน มีเพียงสองประเภทหลัก ได้แก่

1) ทางเชื่อมที่ไม่ได้มาจากการวางแผน (unplanned corridor) คือแนวเชื่อมต่อตามธรรมชาติหรืออาจมาจากการสร้างของมนุษย์โดยที่ไม่ตั้งใจ โดยแนวเชื่อมต่อดังกล่าวได้เป็นส่วนหนึ่งของระบบนิเวศอยู่แล้ว แนวเชื่อมต่อประเภทนี้มิได้มีวัตถุประสงค์เพื่อการช่วยเหลือการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตแต่อย่างใด แต่ในทางพฤตินัย สิ่งมีชีวิตมีการเคลื่อนที่ไปมาผ่านตามทางเชื่อมนี้อยู่แล้ว ทางเชื่อมประเภทนี้ได้แก่ แนวรั้ว แนวกันลม ต้นไม้ตามหัวไร่ปลายนา พืชพรรณที่ปลูกไว้สองฝากถนน และแนวคลองขุดเพื่อการระบายน้ำ พื้นที่ที่กล่าวมานี้มักมีสังคมพืชปกคลุมอยู่ในระดับหนึ่ง โดยที่สัตว์ป่าสามารถใช้เป็นที่หลบภัยและเป็นแนวเชื่อมต่อเพื่อเสาะแสวงหาถิ่นที่อาศัยแห่งใหม่ต่อไป กรณีแนวเชื่อมต่อของสองฝั่งถนนเป็นแนวเชื่อมต่อที่สัตว์ป่ามีการใช้อยู่เป็นประจำ มัก

เป็นถนนที่มีกิจกรรมของมนุษย์ไม่มากนัก อาจเป็นถนนสายรองหรือเป็นถนนที่ใช้สัญจรของประชาชนในท้องถิ่นมากกว่าที่จะเป็นถนนสายหลักที่เชื่อมต่อระหว่างเมืองใหญ่ สัตว์ป่าที่พบว่ามีการแนวเชื่อมต่อตามสองฟากถนนมักเป็นชนิดพันธุ์ที่ปรับตัวได้ดี (generalist) มีความทนทานสูงต่อสภาพพื้นที่ที่เปลี่ยนไปจากธรรมชาติเดิม สามารถใช้ประโยชน์บริเวณพื้นที่ที่ถูกรบกวนจากกิจกรรมมนุษย์ได้ และไม่มีความเฉพาะเจาะจงในการเลือกใช้ปัจจัยแวดล้อมที่พิเศษบางอย่าง อย่างไรก็ตามสัตว์ป่าที่ใช้ทางเชื่อมเหล่านี้อาจประสบอุบัติเหตุจากรถที่ผ่านไปมาได้ง่าย (Forman *et al.*, 2003) ขณะที่พื้นที่หัวไร่ปลายนา พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ทำปศุสัตว์ แนวกั้นรั้ว แนวกันลม แนวคูคลองระบายน้ำที่ไม่ได้มีการจัดการการใช้ประโยชน์อย่างเข้มข้น มักพบว่ามีสัตว์ป่าขนาดเล็กใช้เป็นพื้นที่ในการย้ายไปหาถิ่นที่อาศัย หรือหาอาหาร สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมขนาดเล็ก นกขนาดเล็กที่หากินใต้เรือนยอด สัตว์เลื้อยคลานและสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก โดยกลุ่มสัตว์ทั้งหมดดังกล่าวเป็นกลุ่ม generalist ที่มีศักยภาพในการใช้ทางเชื่อมประเภทนี้

2) ทางเชื่อมที่มาจากการวางแผน (planed corridor) เป็นทางเชื่อมที่ถูกออกแบบมาเพื่อวัตถุประสงค์หลักสำหรับการเชื่อมต่อระหว่างถิ่นที่อาศัยของสัตว์ป่าดังที่ได้กล่าวแล้วข้างต้น อย่างไรก็ตามพบว่าปัจจุบันในหลายประเทศได้มีการจัดทำแนวพื้นที่สีเขียวขึ้นเพื่อตอบสนองวัตถุประสงค์ที่หลากหลาย โดยเฉพาะเพื่อการนันทนาการสำหรับประชากรที่อยู่ในเขตชานเมืองและเขตเมือง รวมถึงมีวัตถุประสงค์รองเพื่อให้เป็นแนวเชื่อมต่อของสัตว์ป่าด้วย สามารถศึกษารายละเอียดของการออกแบบพื้นที่สีเขียวเพิ่มเติมใน Linehan *et al*. (1995); Schiller &Horn (1997); Jongman &Pungetti (2004); Hellmund &Smith (2006)

ความกว้างของแนวเชื่อมต่อ (Corridor Width)

การออกแบบแนวเชื่อมต่อจำเป็นต้องคำนึงถึงคุณภาพของแนวเชื่อมต่อว่ามีความเหมาะสมต่อการช่วยเหลือการเคลื่อนที่ของสัตว์ป่าว่ามีมากน้อยเพียงใด แนวเชื่อมต่อที่มีประสิทธิภาพจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีส่วนพื้นที่แกนกลางของถิ่นที่อาศัย (core area) ภายในแนวเชื่อมต่อในระดับหนึ่ง กล่าวคือแนวเชื่อมต่อที่มีความกว้างยิ่งมาก ยิ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการเคลื่อนที่และส่งเสริมให้ชนิดที่หลากหลายสามารถใช้แนวเชื่อมต่อได้ อย่างไรก็ตามแรงกดดันจากพื้นที่ที่ไม่ใช่ป่าไม้ ที่อยู่โดยรอบมักเป็นอุปสรรคหลักที่สำคัญต่อการจัดการแนวเชื่อมต่อให้มีความกว้างในระดับที่เหมาะสม การวิจัยเพื่อให้ทราบถึงขนาดแนวเชื่อมต่อที่เหมาะสมต่อสัตว์ป่าแต่ละชนิดเป็นหัวข้อที่มีการวิจัยอย่างกว้างขวางโดยเฉพาะในทวีปอเมริกาเหนือ อย่างไรก็ตามงานวิจัยส่วนใหญ่ก็ยังมิได้ตอบคำถามหลักที่ว่าความกว้างของทางเชื่อมควรจะมีขนาดเท่าใดเพื่อให้สัตว์ป่ากลุ่มเป้าหมายสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ความมีประสิทธิภาพของทางเชื่อมมักผันแปรไปตามความยาวของแนวเชื่อม ความต่อเนื่องของถิ่นที่อาศัย และคุณภาพของถิ่นที่อาศัย

Bentrup (2008) ได้อธิบายความสัมพันธ์โดยทั่วไปของความกว้างของแนวเชื่อมต่อกับประสิทธิภาพในการเคลื่อนที่ของสัตว์ไว้ว่า

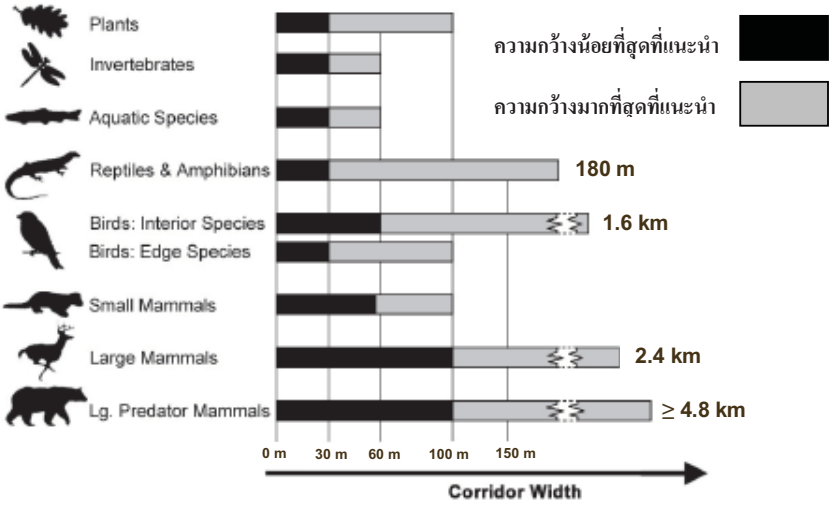
1) ชนิดที่มีขนาดใหญ่จำเป็นต้องใช้แนวเชื่อมต่อที่มีความกว้างมากขึ้น เพื่อช่วยเหลือการเคลื่อนที่และการเป็นถิ่นที่อาศัยชั่วคราว

2) ความยาวของแนวเชื่อมต่อที่มากขึ้นทำให้จำเป็นต้องกำหนดให้ความกว้างของแนวเชื่อมที่เหมาะสมมีขนาดมากขึ้นเช่นกัน แนวเชื่อมต่อที่มีระยะสั้นกว่า มีความเป็นไปได้ที่ช่วยให้ระดับความต่อเนื่องของพื้นที่มีมากกว่า

3) แนวเชื่อมต่อจำเป็นที่จะต้องมีขนาดกว้างขึ้นเมื่อพื้นที่ส่วนใหญ่ถูกยึดครองด้วยมนุษย์

4) หากวางแผนให้แนวเชื่อมต่อมีการใช้ประโยชน์ระยะยาวนานนับทศวรรษหรือศตวรรษควรออกแบบให้แนวเชื่อมต่อมีความกว้างมากขึ้น

Bentrup (2008) ยังได้แนะนำความกว้างของแนวเชื่อมต่อที่เหมาะสมสำหรับสัตว์ป่าแต่ละประเภทดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4. ควากว้างของแนวเชื่อมต่อระหว่างผืนป่าที่เหมาะสมสำหรับสัตว์ประเภทต่าง ๆ ความกว้างของแนวเชื่อมต่อผันแปรไปตามขนาดตัวของสัตว์แต่ละประเภท (ที่มา: Bentrup, 2008)

ความสำคัญของมาตราส่วนเชิงพื้นที่และเวลา (Importance of Spatial and Temporal Scale)

การพิจารณาออกแบบแนวเชื่อมต่อจำเป็นต้องคำนึงถึงขอบเขตพื้นที่ที่นักจัดการให้ความสนใจทั้งหมด (extent) รวมถึงมาตราส่วนเชิงพื้นที่และเวลา (spatial and temporal scale) เป้าหมายการจัดการที่ดีจำเป็นต้องกำหนดขอบเขตพื้นที่คุ้มครองให้เด่นชัดและเป็นไปตามเป้าหมายของการอนุรักษ์ ควรต้องกำหนดให้พื้นที่เป้าอนุรักษ์มีขนาดใหญ่เพียงพอที่จะทำให้ขบวนการทางนิเวศ

ภายในภูมิภาพนั้นเกิดขึ้นได้อย่างมีเอกภาพและสามารถดำรงไว้ได้ซึ่งความหลากหลายทางชีวภาพทั้งสามระดับ อย่างไรก็ตามพื้นที่เป้าอนุรักษ์นั้นไม่ควรจะใหญ่เกินไปจนไม่สามารถดำเนินมาตรการด้านการอนุรักษ์ได้ในเชิงปฏิบัติได้อย่างเป็นรูปธรรม การคำนึงถึงมาตราส่วนเชิงพื้นที่เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในสาขานิเวศวิทยาภูมิภาพ (landscape ecology) เนื่องจากสิ่งมีชีวิตชนิดที่แตกต่างกันรับรู้ถึงความละเอียดเชิงพื้นที่ (spatial resolution) ได้แตกต่างกัน ตัวอย่างเช่นสัตว์ขนาดเล็ก เช่นแมลงมีการรับรู้ในขอบเขตพื้นที่ที่ใช้ในการดำรงชีวิตขนาดเล็กกว่า และความรับรู้ความละเอียดในเชิงพื้นที่มีความละเอียด (fine spatial resolution)มากกว่าสัตว์ที่มีขนาดใหญ่กว่าหรือมีความสามารถในการเคลื่อนที่ได้ดีกว่า แต่ขณะเดียวกัน การรับรู้ดังกล่าวมักถูกชดเชยโดยขอบเขตของพื้นที่ที่มีขนาดเล็ก (small spatial extent) ในทางตรงกันข้าม สัตว์ที่มีขนาดใหญ่หรือสัตว์ที่มีความสามารถในการเคลื่อนที่ได้สูงจำเป็นต้องใช้พื้นที่หากินขนาดใหญ่ ส่งผลให้เกิดการรับรู้ถึงความละเอียดเชิงพื้นที่มีความหยาบ (coarse spatial resolution) มากกว่าสัตว์ที่มีพื้นที่หากินขนาดเล็กหรือความสามารถในการเคลื่อนที่ไม่มากนัก หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง การรับรู้ขนาดหนึ่งหน่วยพื้นที่ของสิ่งมีชีวิตต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีขนาดไม่เท่ากันนั่นเอง นอกจากนั้นแล้วมาตราส่วนเชิงเวลายังมีอิทธิพลสำคัญต่อการออกแบบทางเชื่อมต่อด้วย สัตว์ป่าบางชนิดมีการเคลื่อนย้ายเป็นระยะทางไกลในรอบวันเพื่อการหาอาหาร เช่น ค้างคาวกินผลไม้และนกเงือกที่มีขนาดใหญ่ ขณะที่สัตว์ป่าบางชนิดจำเป็นต้องเคลื่อนย้ายเปลี่ยนพื้นที่หากินเป็นระยะทางไกลตามรอบฤดูกาล เช่น ช้าง กระทิง และวัวแดง การออกแบบทางเชื่อมต่อจำเป็นต้องตอบสนองต่อมาตราส่วนเชิงเวลาของชนิดพันธุ์ที่เป็นเป้าอนุรักษ์ด้วยเช่นกัน

แนวคิดในการออกแบบแนวเชื่อมต่อสำหรับสัตว์ป่า (Concept of Wildlife Corridor Design)

การออกแบบทางเชื่อมต่อสำหรับสัตว์ป่าที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้เป็นกรอบแนวคิดพื้นฐานที่ได้ประยุกต์มาจากวิธีการของ Beier *et al.* (2005) ที่ปรากฏอยู่ในเอกสารประกอบโปรแกรมสำเร็จรูป Corridor Designer Toolbox Version 2 ขั้นตอนในการออกแบบแนวเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่คุ้มครองของประเทศไทยควรมีแนวทางดังต่อไปนี้

1. กำหนดพื้นที่ที่ต้องการนำมาวิเคราะห์เพื่อการหาแนวเชื่อมต่อ ทำการระบุพื้นที่เป้าหมายที่ต้องการให้มีแนวเชื่อมต่อ เรียกว่า “wildland block” โดยพื้นที่ดังกล่าวอาจมีขนาดเล็กหรือใหญ่กว่าพื้นที่คุ้มครองก็ได้ วัตถุประสงค์ของการกำหนด wildland blocks เพื่อเป็นพื้นที่ถิ่นที่อาศัยหลักในวิเคราะห์หาแนวทางเชื่อมต่อที่เหมาะสมระหว่าง wildland blocks ที่ต้องการให้สัตว์ป่าเคลื่อนย้ายไปมาระหว่างกัน (*wildland block หมายถึง พื้นที่ขนาดใหญ่ที่อยู่ภายใต้ความดูแลของภาครัฐ โดยคาดการณ์แล้วว่าพื้นที่ดังกล่าวจะอยู่ในสภาพที่เป็นธรรมชาติที่เหมาะสมต่อการอยู่อาศัยของสัตว์ป่าต่อไปอีกอย่างน้อยอีก 50 ปี เป็นพื้นที่ที่ต้องการให้มีแนวเชื่อมต่อเชื่อมระหว่างกัน*

คุณค่าในการอนุรักษ์จะลดน้อยลงทันทีหากไม่มีการเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่ดังกล่าว wildland block อาจรวมเอาพื้นที่ที่เป็นของเอกชนที่ได้กำหนดวัตถุประสงค์ไว้เพื่อการอนุรักษ์)

2. ทำการคัดเลือกชนิดพันธุ์สัตว์ป่าที่เป็นเป้าอนุรักษ์ (focal species) เป็นขั้นตอนที่จะต้องระดมความคิดเห็นจากนักวิทยาศาสตร์ นักวิจัย ผู้เชี่ยวชาญ ร่วมกับนักจัดการพื้นที่คุ้มครองที่มีส่วนเกี่ยวข้อง โดยการใช้ความรู้และประสบการณ์ของกลุ่มคนเหล่านั้นที่มีต่อพื้นที่คุ้มครอง เพื่อช่วยกำหนดชนิดที่มีความต้องการแนวเชื่อมต่อระหว่างผืนป่า โดยทั่วไปมีเกณฑ์ในการคัดเลือกชนิดพันธุ์จากแนวทางต่าง ๆ ได้แก่

1) เป็นชนิดที่หากขาดหายไปแล้วจะไปกระทบต่อการอยู่รอดของชนิดพันธุ์อื่น ๆ (umbrella species)

2) ชนิดที่มีคุณค่าต่อสังคมและวัฒนธรรม สามารถใช้เป็นสัญลักษณ์ในการอนุรักษ์ (flagship species)

3) ชนิดที่เป็นตัวแทนที่มีความสำคัญต่อระบบนิเวศของภูมิภาคนั้น ๆ (ecological important species)

4) ชนิดที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านอุปสรรคที่เกิดกิจกรรมของมนุษย์ (barrier-sensitive species) เป็นต้น

3. การจัดทำแบบจำลองเพื่อเป็นตัวแทนในการคาดคะเนพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการอยู่อาศัยของสัตว์ป่าที่ได้รับการคัดเลือก โดยจากความจริงที่ว่าความเหมาะสมของถิ่นที่อาศัยของสัตว์ป่าสามารถอธิบายได้โดยฟังก์ชันดังต่อไปนี้

→ความเหมาะสมของถิ่นที่อาศัย = *f* (สภาพการใช้ที่ดิน, สภาพทางภูมิประเทศ, ระยะห่างจากแหล่งน้ำ, การรบกวนจากกิจกรรมมนุษย์, ลักษณะของดินหรือธรณีวิทยา, ปัจจัยที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ)

โดยการจัดทำแบบจำลองดังกล่าวอาจเป็นสมการถ่วงน้ำหนักเพื่อหาความเหมาะสมของถิ่นที่อาศัยของสัตว์ป่าโดยการประยุกต์สมการมัชฌิมเรขาคณิต (geometric mean) เพื่อการคาดการณ์ถิ่นที่อาศัยของสัตว์ป่า หรือที่มีประสิทธิภาพยิ่งไปกว่านั้น หากปรากฏว่ามีข้อมูลการแพร่กระจายของสัตว์ป่าอยู่ สามารถประยุกต์ใช้แบบจำลองทางสถิติต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นสมการถดถอยโลจิสติก(binary logistic regression) สำหรับข้อมูลที่มีทั้งการปรากฏ (presence) และการไม่ปรากฏของสัตว์ป่า (absence) หรือแนวคิดการสร้างแบบจำลองการแพร่กระจายของสัตว์ป่าโดยใช้เพียงข้อมูลการปรากฏของสัตว์ป่าเท่านั้น(presence-only model) เช่นการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์สถิติหลายตัวแปร (multivariate statistics) มาเพื่อช่วยศึกษาการตอบสนองของความต้องการเชิงนิเวศของปัจจัยแวดล้อมต่าง ๆ ที่มีผลต่อการปรากฏของสัตว์ป่า (ecological-niche factor analysis, ENFA) (Hirzel *et al.*, 2002) และวิธีการประยุกต์ใช้หลักการของ maximum entropy (maxent) (Shannon, 1948; Jaynes, 1957) โดยโปรแกรมสำเร็จรูปที่เป็นที่ยอมรับอย่างแพร่หลายในหมู่นักวิจัย

ทางด้านสัตว์ป่ามากที่สุดคือโปรแกรม MaxEnt (Phillips *et al.*, 2006) **และต้องควรคำนึงถึงวัตถุประสงค์หลักของการจัดทำแบบจำลองถิ่นที่อาศัยสัตว์ป่าก็เพื่อช่วยเป็นข้อมูลพื้นฐานในการหาเส้นทางที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นทางเชื่อมต่อระหว่าง wildland blocks เนื่องจากเส้นทางเชื่อมต่อที่เหมาะสมต่อก็เคลื่อนที่ของสัตว์ป่าจำเป็นต้องเป็นบริเวณที่ที่มีความเหมาะสมต่อการอยู่อาศัยของสัตว์ป่าในระดับหนึ่งด้วยเช่นกัน** การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อการจัดทำแผนที่แสดงสภาพถิ่นที่อาศัยของสัตว์ป่า และการจัดทำแบบจำลองถิ่นที่อาศัยของสัตว์ป่าต้องให้ครอบคลุมทั้งพื้นที่ส่วนที่เป็น matrix ที่อยู่โดยรอบ wildland blocks

4. ทำการสำรวจภายใน wildland blocks ที่กำหนด เพื่อให้แน่ใจว่าประชากรของสัตว์ป่าที่เป็นตัวแทนนั้นยังปรากฏอยู่ในพื้นที่เหล่านั้น และแนวเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่ดังกล่าวที่จะกำหนดขึ้นในอนาคตจะเป็นพื้นที่ที่มีความเป็นไปได้ที่สัตว์ป่าเหล่านั้นจะสามารถใช้ประโยชน์ได้ การสำรวจการปรากฏของประชากรสัตว์ป่าดังกล่าวกระทำได้โดยจากการรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิที่ได้จากการสำรวจสัตว์ป่าภาคสนามและข้อมูลทุติยภูมิที่ได้จากการสอบถามเจ้าหน้าที่ที่มีประสบการณ์ในพื้นที่โดยตรง

5. การหาทางเชื่อมต่อที่เหมาะสมโดยใช้เทคนิค least-cost modeling (Adriaensen *et al.*, 2003) เทคนิคนี้จำเป็นต้องใช้แผนที่การคาดคะเนถิ่นที่อาศัยของสัตว์ป่าแต่ละชนิด ที่ได้จากขั้นตอนที่ 3 เพื่อนำมาใช้กำหนดเส้นทางเชื่อมที่เหมาะสม หลักตรรกที่นำมาใช้ในการหาเส้นทางเชื่อมมีรายละเอียดโดยสังเขปดังนี้

1) กำหนด wildland blocks ที่ต้องการเป็นจุดต้นทางหรือจุดหมายปลายทางของทางเชื่อมต่อ โดยมากจะพิจารณาคัดเลือกจากหย่อมป่าที่อยู่ภายใน wildland blocks จุดเริ่มต้นหรือจุดสิ้นสุดนี้เรียกว่า “terminus”

2) พิจารณาแผนที่ถิ่นที่อาศัยของสัตว์ป่าเสมือนเป็นความสามารถของพื้นที่ที่จะยอมให้สัตว์ป่าผ่านไปได้ (permeability) โดยที่ least-cost model จะทำหน้าที่หาเส้นทางที่เหมาะสมระหว่าง terminus โดยการหาเส้นทางที่มีต้นทุนน้อยที่สุดจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสิ้นสุด (อาจกล่าวได้ว่า ความสามารถของพื้นที่ที่จะยอมให้สัตว์ผ่านไป + ความต้านทางของพื้นที่ที่ไม่ยอมให้สัตว์ป่าผ่านไป = 100) ฉะนั้นพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการอยู่อาศัยของสัตว์ป่าอย่างสมบูรณ์แบบจะมีค่าการยอมให้ผ่านเท่ากับ 100 และมีอุปสรรคเท่ากับ 0

6. ทำการออกแบบเส้นทางเชื่อมโยงของสัตว์ป่า (linkage design) โดยการรวมเอาทางเชื่อมต่อของสัตว์ป่าเป้าอนุรักษ์ทั้งหมดมาผนวกรวมกัน (union) เพื่อกำหนดเป็นทางเชื่อมโยงในระดับภูมิภาพสำหรับสัตว์ป่าที่เป็นกลุ่มเป้าหมายของพื้นที่คุ้มครองนั้น ๆ

การจัดทำแนวเชื่อมต่อของสัตว์ป่าในประเทศไทย (Wildlife Corridor in Thailand)

แนวคิดการจัดทำแนวเชื่อมต่อสำหรับสัตว์ป่ายังคงเป็นคำถามในหมู่ผู้ที่เกี่ยวข้องว่ามีความเป็นไปได้มากน้อยเพียงใดในการกำหนดแนวเชื่อมต่อระหว่างผืนป่าของประเทศไทย เนื่องจากแนวคิดด้านการทำแนวเชื่อมต่อของสัตว์ป่าได้ถือกำเนิดมาจากประเทศในแถบทวีปอเมริกาเหนือโดยเฉพาะในประเทศแคนนาดา และอเมริกา และได้แพร่หลายไปในหลายประเทศที่มีระดับของพื้นที่สันโดษที่ค่อนข้างสูง กอปรกับประชากรที่ปรากฏอยู่ในพื้นที่สันโดษมีระดับต่ำ ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่แตกต่างจากประเทศไทยโดยสิ้นเชิง เนื่องจากสภาพพื้นที่ป่าของธรรมชาติมีระดับของการเป็นพื้นที่สันโดษน้อย (พื้นที่ธรรมชาติส่วนใหญ่โดยทั่วไปมีโอกาสในการเข้าถึงได้ไม่ยากนัก) และพื้นที่ต่าง ๆ โดยเฉพาะนอกพื้นที่คุ้มครองมักมีการตั้งถิ่นฐานของชุมชนที่หนาแน่น และพื้นที่ป่าธรรมชาติของรัฐที่อยู่นอกพื้นที่คุ้มครองถูกบุกรุกอย่างรุนแรง และมักเกิดการถือครองครองที่ดินที่ไม่ถูกต้องตามกฎหมาย รวมถึงเครือข่ายของเส้นทางคมนาคมของประเทศไทยที่มีอย่างหนาแน่นทั้งประเทศ จากการวิเคราะห์ข้อมูลในปัจจุบันของประเทศไทย โดยแบ่งพื้นที่ประเทศเป็น ตารางกริด ขนาด 90 X 90 เมตร ทั้งหมดจำนวนทั้งหมด 63,057,612 กริด (ไม่รวมพื้นที่แหล่งน้ำ) พบว่ามีระยะห่างจากถนน โดยมีค่าพิสัยอยู่ระหว่าง 0 ถึง 66,097 เมตร โดยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 677 เมตร และมีค่าควอนไทล์ ที่ 25% 50% และ 75% มีค่าเท่ากับ 259 778 และ2,074 เมตร ตามลำดับ (ภาพที่ 5) จากค่าสถิติดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าเครือข่ายเส้นทางถนนที่ปรากฏอยู่ทั่วไปในทุกภูมิภาคของประเทศและพื้นที่ประเทศไทย 3 ใน 4 ส่วน(ร้อยละ 75) ห่างจากถนนแค่เพียง 2 กิโลเมตรเท่านั้น นอกจากนี้ยังมีถนนอีกหลายเส้นทางที่ตัดผ่านเข้าไปในพื้นที่ป่าอนุรักษ์และสร้างผลเสียหายแก่สัตว์ป่าเป็นจำนวนมาก(ไสวและกัลยาณี, 2544) จากเหตุผลดังกล่าวมานี้จัดได้ว่าเป็นอุปสรรคสำคัญหลักต่อการจัดทำแนวเชื่อมต่อระหว่างผืนป่าโดยตรงสำหรับสัตว์ป่าที่เคลื่อนที่บนพื้นดิน(terrestrial animal) ทำให้บางพื้นที่แม้ว่าผืนป่าหรือหย่อมถิ่นที่อาศัยอาจจะอยู่ห่างกันไม่มาก แต่เป็นการยากที่จะจัดให้มีแนวเชื่อมต่อได้ในทางปฏิบัติ การออกแบบแนวเชื่อมต่อสำหรับสัตว์ป่าของประเทศไทยอาจจำเป็นต้องออกแบบเพื่อให้สัตว์ป่าสามารถข้ามหรือลอดเส้นทางคมนาคมที่เป็นอุปสรรค ซึ่งการสร้างทางลอดหรือทางข้ามดังกล่าวนับได้ว่าเป็นปัญหาที่สำคัญยิ่ง เนื่องจากต้องมีการก่อสร้างในพื้นที่ธรรมชาติ และมีต้นทุนสูง ฉะนั้นแนวทางในการกำหนดแนวเชื่อมต่อระหว่างผืนป่าของประเทศไทยอาจเกิดขึ้นได้ยากในพื้นที่คุ้มครองส่วนใหญ่ของประเทศ อย่างไรก็ตาม ผู้ศึกษาเห็นว่าประเทศไทยยังคงมีความจำเป็นในการศึกษาความเป็นไปได้เพื่อการค้นหาและการออกแบบแนวเชื่อมต่อระหว่างผืนป่าหรือระหว่างพื้นที่คุ้มครอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับชนิดสัตว์ป่ามีสถานภาพถูกคุกคามและมีแนวโน้มเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ เพื่อให้เป็นกรอบแนวคิดในการจัดทำแนวเชื่อมต่อดังกล่าวให้เกิดประสิทธิภาพ และทันต่อสถานการณ์ปัจจุบันที่สัตว์ป่าโดยทั่วไปอยู่ภายใต้การถูกคุกคามจากกิจกรรมของมนุษย์ ดังนั้นจึงมีความเห็นว่าควรกำหนดแนวทางการการศึกษาใน

เชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อค้นหาศักยภาพของแนวเชื่อมต่อและการออกแบบแนวเชื่อมต่ออย่างเหมาะสม และขอเสนอแนะแนวทางการศึกษาไว้เป็นสังเขปดังนี้คือ

1) ต้องเร่งค้นหาผืนป่าที่มีศักยภาพเป็นแนวเชื่อมต่อสำหรับสัตว์ป่าประเภท landscape mosaic ที่ยังคงเหลืออยู่ในสภาพธรรมชาติของประเทศไทย ถือเป็นเรื่องที่จำเป็นเร่งด่วนที่สุด ก่อนที่สภาพแนวเชื่อมต่อดังกล่าวอาจถูกเปลี่ยนแปลงจากสังคมพืชคลุมดินเดิมไปเป็นประเภทการใช้ที่ดินอื่น ๆ ที่ไม่เหมาะสมต่อการเคลื่อนที่ของสัตว์ป่า โดยการออกแบบแนวเชื่อมต่อดังกล่าวมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมให้สัตว์ป่ามีการเคลื่อนที่ระหว่างกลุ่มป่า เพื่อเป้าหมายให้เกิดการสร้างความเชื่อมต่อระหว่างผืนป่าทั้งในระดับท้องถิ่น เช่นตัวอย่างการศึกษาของ (Belinda Stewart-Cox, ติดต่อส่วนตัว) ที่ได้ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของแนวเชื่อมต่อสำหรับช้างป่า ระหว่างผืนป่าของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสลักพระ และในระดับภูมิภาคของประเทศไทย เช่นการศึกษาความเป็นไปได้ในการจัดทำแนวเชื่อมต่อ ระหว่างกลุ่มป่าตะวันตกและกลุ่มป่าแก่งกระจาน (สมาคมอนุรักษ์สัตว์ป่า, 2552) นอกจากนี้ยังมีแนวคิดที่จะทำแนวเชื่อมต่อในหลายๆกลุ่มป่าอาทิ ระหว่างกลุ่มป่าแม่ปิง-อมก๋อยกับกลุ่มป่าตะวันตก กลุ่มป่าแก่งกระจานกับกลุ่มป่าชุมพร และระหว่างกลุ่มป่าชุมพรกับกลุ่มป่าคลองแสงเขาสกเป็นต้น แต่เป็นที่น่าสังเกตว่าบางครั้งแม้ว่าภายในกลุ่มพื้นที่คุ้มครองที่มีขอบเขตเชื่อมต่อกัน หรือใกล้เคียงกันมาก เสมือนว่าเป็นผืนป่าต่อเนื่องขนาดใหญ่ แต่พบว่าสัตว์ป่ายังอาจประสบปัญหาในการเคลื่อนที่หากินไปตามแหล่งที่อาศัยที่มีความเหมาะสมที่กระจายตัวอยู่ทั่วไปในผืนป่าขนาดใหญ่ เนื่องจากไม่อาจเคลื่อนที่ผ่านอุปสรรคสำคัญที่มนุษย์ได้สร้างไว้ เช่นการจัดทำแนวเชื่อมต่อระหว่างผืนป่าระหว่างอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่และทับลาน และอีกสถานการณ์หนึ่งที่เกิดกับประชากรของสัตว์ป่าขนาดใหญ่ เช่นช้างป่า ที่กระจายอยู่ในกลุ่มป่าตะวันตก สัตว์ป่าดังกล่าวดูเหมือนว่าอาศัยอยู่ในถิ่นที่อาศัยที่มีขนาดใหญ่และต่อเนื่อง แต่ความเป็นจริงแล้วเมื่อพิจารณาถึงสภาพถิ่นที่อาศัยที่เหมาะสม พบว่ากลุ่มป่าตะวันตกถูกแบ่งแยกออกเป็นหย่อมถิ่นที่อาศัยขนาดย่อย 2 ผืนหลัก เนื่องจากการตัดผ่านของทางหลวงสาย 323 (ทองผาภูมิ-สังขละบุรี) ได้แก่หย่อมถิ่นที่อาศัยที่อยู่ทางตะวันออกของทางหลวง (เป็นหย่อมถิ่นที่อาศัยใหญ่ที่รวมพื้นที่ของอุทยานแห่งชาติคลองลาน เขตรักษาพันธ์สัตว์ป่าอุ้มผาง อุทยานแห่งชาติแม่วงก์ เขตรักษาพันธ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง เขตรักษาพันธ์สัตว์ทุ่งใหญ่นเรศวร อุทยานแห่งชาติเขื่อนศรีนครินทร์ และอุทยานแห่งชาติลำคลองงู) และ หย่อมถิ่นที่อาศัยทางตะวันตกของทางหลวง (อุทยานแห่งชาติทองผาภูมิและไทรโยค) โดยหย่อมถิ่นที่อาศัยทั้งสองส่วนถือได้ว่าอยู่ในผืนป่าที่ต่อเนื่องกัน แต่ในทางปฏิบัติสัตว์ป่าทางฝั่งตะวันออกต้องเคลื่อนผ่านอุทยานแห่งชาติเขาแหลมเพื่อผ่านไปยังหย่อมถิ่นที่อาศัยในอุทยานแห่ชาติทองผาภูมิและไทรโยค แต่ในสภาพความเป็นจริงทางหลวงสายดังกล่าว(และ/หรือ)แหล่งน้ำถาวรของเขื่อนที่อยู่ภายในอุทยานแห่งชาติเขาแหลม จัดได้ว่าเป็นอุปสรรคที่ขัดขวางความต่อเนื่องของภูมิภาพของผืนป่าตะวันตกโดยรวม การศึกษาการจัดทำแนวเชื่อมต่อเพื่อส่งเสริมให้เกิดการเคลื่อนที่ของสัตว์ป่าในบริเวณดังกล่าวถือได้ว่ามีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อเป็นการส่งเสริมให้

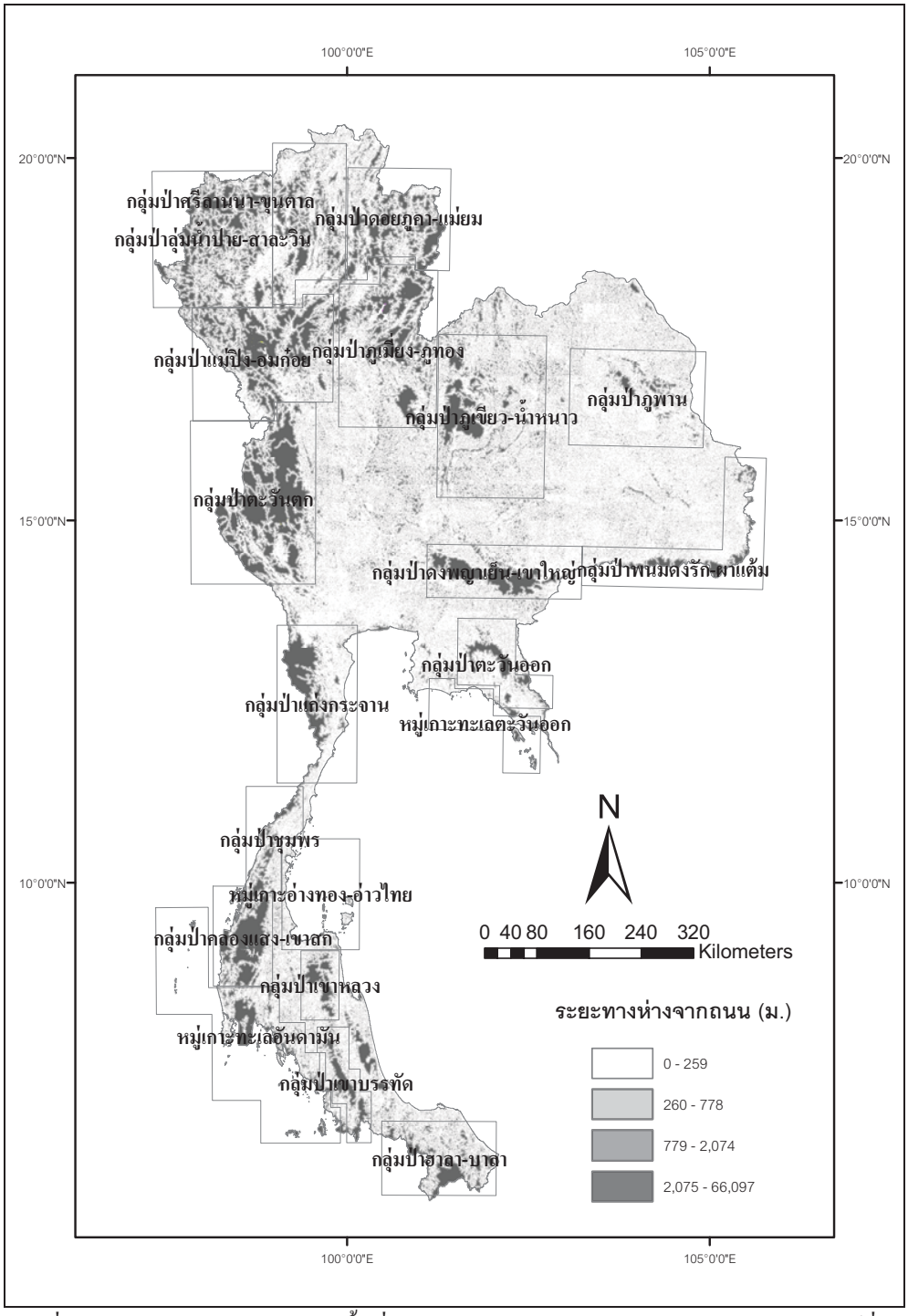
เกิดการเคลื่อนที่ของสัตว์ป่าภายในกลุ่มป่าเอง รวมถึงการช่วยให้เกิดการเคลื่อนที่ของสัตว์ป่าจากกลุ่มป่าตะวันตกไปยังกลุ่มป่าแก่งกระจานที่อยู่ทางใต้ได้อีกด้วย

2) พร้อมกันนั้น สำหรับหย่อมถิ่นที่อาศัยของสัตว์ป่าที่กระจัดกระจายอยู่ทั่วไป ให้ทำการค้นหาแนวเชื่อมต่อที่มีศักยภาพทั้งภายในและระหว่างรายพื้นที่คุ้มครองต่าง ๆ ที่ปรากฏว่ามีประชากรของสัตว์ป่าได้ถูกแบ่งแยกออกจากกัน เนื่องจากอาศัยในหย่อมถิ่นที่อาศัยที่อยู่ห่างจากกันไม่มากนัก ถือเป็นเรื่องเร่งด่วนที่จะต้องกระทำไปควบคู่กัน

3) ทำการค้นหาแนวเชื่อมต่อที่มีความสำคัญต่อการเป็นแนวเชื่อมต่อของผืนป่าระหว่างพื้นที่คุ้มครองของประเทศไทยและพื้นที่คุ้มครองของประเทศเพื่อนบ้านที่ปรากฏเป็นพื้นที่ต่อเนื่องกัน (trans boundary) เพื่อเป้าหมายการเกิดแนวเชื่อมต่อระหว่างกันเป็นเครือข่ายพื้นที่คุ้มครองที่มีความสำคัญในระดับนานาชาติในที่สุด เช่นการศึกษาแนวเชื่อมต่อระหว่างผืนป่าของกลุ่มป่าพนมดงรัก-ผาแต้มและผืนป่าของพื้นที่คุ้มครองในประเทศลาวที่อยู่ข้างเคียง (Trisurat, 2009)

4) การศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์แนวความคิดของเส้นทางสีเขียว โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับพื้นที่สองข้างทางของลำน้ำสายต่าง ๆ ที่ทอดยาวผ่านไปตามเมืองต่าง ๆ ทั่วประเทศไทย เพื่อประโยชน์ทั้งทางด้านรองรับกิจกรรมนันทนาการกลางแจ้งของประชาชนในท้องถิ่น และเป็นการส่งเสริมการเคลื่อนที่ของสัตว์ป่าขนาดเล็กประเภทต่าง ๆ เช่น สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมขนาดเล็ก นก สัตว์เลื้อยคลาน ตลอดจนสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก และสัตว์น้ำ

ความเหมาะสมของการเลือกประเภทแนวเชื่อมต่อ ประเภทของทางลอดหรือทางข้ามตลอดจนความกว้าง ความยาว ของแนวเชื่อมต่อสำหรับสัตว์ป่าของประเทศไทย จำเป็นต้องมีการวางแผนศึกษาและติดตามตรวจสอบในระยะยาวต่อไป ท้ายที่สุดนี้ สิ่งที่ต้องพึงระลึกไว้เสมอสำหรับการจัดทำแนวเชื่อมต่อสำหรับสัตว์ป่าคือ ความสำเร็จของแนวเชื่อมต่อดังกล่าวไม่มีหลักประกันใด ๆ ว่าจะประสบความสำเร็จเมื่อใด การจัดทำแนวเชื่อมต่อสำหรับสัตว์ป่าจำเป็นต้องใช้ความอดทน และหลีกเลี่ยงมิได้ที่ต้องกระทำควบคู่ไปกับการจัดการสัตว์ป่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสัตว์ป่าในระดับประชากรและการจัดการถิ่นที่อาศัยนั้น ๆ ควบคู่กันไป เพื่อให้บรรลุผลเป้าหมายในการเชื่อมต่อประชากรสัตว์ป่าระหว่างหย่อมถิ่นที่อาศัยที่กระจัดกระจายอยู่ในภูมิภาพต่าง ๆ ของประเทศไทยในระดับหนึ่ง เพื่อการคงไว้ซึ่งความหลากหลายของชนิดของสัตว์ป่าชนิดต่าง ๆ ที่เป็นเป้าอนุรักษ์ได้อย่างยั่งยืนสืบต่อไป



ภาพที่ 5. ระยะทางห่างจากถนนของพื้นที่ประเทศไทยโดยภาพรวม จำแนกตามค่าควอนไทล์ที่ร้อยละ 25 50 และ 75 สะท้อนให้เห็นอุปสรรคที่สำคัญต่อการจัดทำแนวเชื่อมต่อระหว่างผืนป่าของประเทศไทย

เอกสารอ้างอิง

สำนักเลขานุการคณะกรรมการพิจารณาการดำเนินงานเกี่ยวกับความหลากหลายทางชีวภาพด้านป่าไม้ 2542. **กลุ่มป่าที่สำคัญในประเทศไทย: Forest Complexes in Thailand**. สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ, กรมป่าไม้. กรุงเทพฯ.

สมาคมอนุรักษ์สัตว์ป่า.2552. **สถานภาพสัตว์ป่าและแนวทางการฟื้นฟูแนวเชื่อมต่อป่าเทือกเขาตะนาวศรี**. สมาคมอนุรักษ์สัตว์ป่า-ประเทศไทย, นนทบุรี .

ไสว วังหายา และกัลยาณี บุญเกิด. 2544. สัตว์มีกระดูกสันหลังที่ถูกรถชนตายในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน, น.58-71 *ใน* **ผลงานวิจัย และรายงานความก้าวหน้างานวิจัยประจำปี 2550** , กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพรรณพืช, กรุงเทพฯ.

Adriaensen, F., J. P. Chardon, G. De Blust, E. Swinnen, S. Villalba, H. Gulinck &E. Matthysen. 2003. The application of 'least-cost' modeling as a functional landscape model. **Landscape and Urban Planning** 64 : 233-247.

Beier, P. 1993. Determining minimum habitat areas and habitat corridors for cougars. **Conservation Biology** 7 : 94-108.

Beier, P., D. Majka &J. Jenness. 2005. **An online document: Conceptual Steps for Designing Wildlife Corridors**. Available sources : http://corridordesign.org/dl/docs/ConceptualStepsForDesigningCorridors.pdf

Bennett, A.F. 2003. Linkages in the Landscape: **The Role of Corridors and Connectivity in Wildlife Conservation**. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.

Bentrup, G. 2008. **Conservation bufers: design guidelines for bufers, corridors, and greenways**. Gen. Tech. Rep. SRS-109. Asheville, NC:Department of Agriculture, Fores Service, Southern Research Station.

D. A. Saunders, R. J. Hobbs &C. R. Margules. 1991. Biological consequence of ecosystem fragmentation: a review. **Conservation Biology** 5: 18-32.

Fahrig, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. **Annu. Rev. Evol. Syst**. 34: 487-515.

Forman, R. T. T. 1995. **Lands Mosaics: The ecology of landscapes and regions**. Cambridge University Press, Cambridge.

Forman, R. T. T. &M. Gordon. 1986. **Landscape Ecology**. John Wiley and Sons. New York.

Haddad, N. M., D. R. Bowne, A. Cunningham, B. J. Danielson, and D. J. Levey, S. Sargent and T. Spira. 2003. Corridor Use By Diverse Taxa. **Ecology** 84 : 609-615.

Harris, L. D. &J. Scheck. 1991. From implication to application: the dispersal corridor principle applied to the conservation of biological diversity, 189-220 *In* Saunders, D. A. &R. J. Hobbs. (Eds.), **Nature Conservation 2: The Role of Corridors**. Surrey Beaty and Sones, Chipping Norton, Australia.

Hellmund, P. C. &D. S. Smith. 2006. **Designing Greenways**. Island Press. Washington D.C. .

Hess, G. R. &R. A. Fischer. 2001. Communicating clearly about conservation corridors. **Landscape and Urban Planning** 55 : 195-208.

Hilty, J. A., W. Z. Lindicker Jr. &A. M. Merenlender. 2006. **Corridor Ecology: The Science and Practice of Linking Landscape for Biodiversity Conservation**. Island Press, Washington, D.C. .

Hirzel A.H., Hausser J., Chessel D. & Perrin N. 2002. Ecological-niche factor analysis: How to compute habitat- suitability maps without absence data?. **Ecology** 83 : 2027-2036.

Hunter, M. L., Jr. 2002. **Fundamentals of Conservation Biology 2nd**. Blackwell Science, Inc. Massachusetts.

Jaynes, E.T., 1957. Information theory and statistical mechanics. **Phys. Rev.** 106: 620–630.

Jongman, R. & G. Pungetti. 2004. **Ecological Networks and Greenways: Concepts, Design, Implementation**. Cambridge University Press. Cambridge, UK.

Laurance, S. G. &W. F. Laurance. 1999. Tropical wildlife corridors: use of linear rainforest remnants by arboreal mammals. **Biological Conservation** 9 : 231-239.

Levins, R. 1969. Some demographic and genetic consequences of environmental heterogeneity for biological control. **Bull. Entomol. Soc. Am.** 15 : 237–240.

Linehan, J., M. Gross &J. Finn. 1995. Greenway planning: developing a landscape ecological network approach. **Landscape and Urban Planning** 33: 179-193.

Margules, C. R. &R. L. Pressey 2000. Systematic conservation planning. **Nature** 405 : 243-253.

McArthur, R. H. &E. O. Willis. 1967. **The Theory of Island Biogeography**. Princeton University Press. Princeton. NJ.

Meegan, R. P. &D. S. Maehr. 2002. Landscape conservation and regional planning for the florida pather. **Southeastern Naturalist** 1 : 217-232.

Phillips, S. J., R. P. Anderson &R. E. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. **Ecological Modelling** 190 : 231-259.

Rosenberg, D. K., B. R. Noon &E. C. Meslow. 1997. Biological Corridor: Form, Function, and Efficacy. **Bioscience** 47: 677-687.

Schiller, A &S. P. Horn 1997. Wildlife conservation in urban greenway of the mid-southeastern United State. **Urban Ecosystems** 1 : 103-116

Secretariat of theConvention on Biological Diversity (SCBD). 2001. **Global Biodiversity Outlook** 1. Montreal.

Shannon, C. E. 1948. Amathematical theory of communication. **Bell. Syst. Tech. J.** 27 : 379–423, 623–656.

Tischendorf, L. & L. Fahrig. 2000. How should we measure landscape connectivity?. **Landscape Ecology** 15 : 633-641.

Trisurat, Y., 2009. Application of Geo-informatics to Transboundary Biodiversity Conservation across Thailand, Lao PDR, and Cambodia. **The Journal of Terrestrial Observation** 1 : 17-29