

นิพนธ์ต้นฉบับ

การจัดลำดับความสำคัญของกลุ่มป่าทางบกในประเทศไทยโดยใช้ดัชนีภูมิภาพ
Prioritizing Forest Complexes of Thailand Using Landscape Metrics

นันทชัย พงศ์พัฒนานุรักษ์*

Nantachai Pongpattananurak*

คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand
*Corresponding Author, E-mail: fforncp@ku.ac.th

รับต้นฉบับ 21 มกราคม 2557

รับลงพิมพ์ 24 กุมภาพันธ์ 2557

ABSTRACT

Conservation planning and protected area management at a regional landscape level require indepth understanding of landscape structure and adequate spatial information support. They can potentially be served as tools to support land managers' decision making. This study focused on investigating of landscape composition and configuration of the 17 terrestrial forest complexes of Thailand using nine landscape metrics based on various vegetation and land cover types classified in 2000. The measured landscapes of different forest complexes were compared and prioritized based on the average scores of the metrics. The study revealed that the forest complexes was prioritized and classified into four categories including 1) the most important forest complex (Western) 2) an important forest complex (Mae Ping-Om Koi, Lum Num Pai-Salawin, Phu Meang-Phu Thong, Phu Khiew-Nam Naew, Dong Phayayen-KhaoYai, Doi Phuka-Mae Yom, Sri Lanna-Khun Tan and Khaeng Krachan 3) a relatively important forest complex (Eastern, Klong Saaeng-Khao Sok, Phu Parn and Phanom Dongrak-Pha Tam and 4) the least important forest complex (Khao Luang, Chumporn, Hala-Bala and Khao Bantad). The prioritization of Thailand forest complexes with respect to landscape structure can potentially facilitateland managers to understand insightful issues of biological conservation at a regional landscape. Improving efficiency of allocating budget and manpower according to this prioritization will also benefit conservation planning of Thailand in a long run.

Keywords: protected areas, forest complexes, prioritization, landscape metrics

บทคัดย่อ

การวางแผนการอนุรักษ์และการจัดการพื้นที่คุ้มครองในระดับภูมิภาคของประเทศไทยจำเป็นต้องมีความเข้าใจในเชิงลึกเกี่ยวกับโครงสร้างทางด้านภูมิภาพของพื้นที่ รวมถึงการได้รับการสนับสนุนข้อมูลเชิงพื้นที่อย่างเพียงพอเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการตัดสินใจให้แก่ผู้จัดการ การศึกษานี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อการประเมินองค์ประกอบและรูปลักษณะเชิงปริมาณของกลุ่มป่าทางบกจำนวน 17 แห่งของประเทศไทยโดยใช้ดัชนีภูมิภาพจำนวน 9 ตัวชี้วัด และนำผลที่ได้มาใช้ลำดับความสำคัญของกลุ่มป่าทางบก การประเมินโครงสร้างทางภูมิภาพได้กระทำบนพื้นฐานของสภาพสังคมพืชคลุมดินที่ได้มาจากแผนที่สภาพการใช้ที่ดินและป่าไม้ปี พ.ศ. 2543 การจัดลำดับความสำคัญของกลุ่มป่าดำเนินการโดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของดัชนีภูมิภาพทั้ง 9 ตัว จากการศึกษาพบว่ากลุ่มป่าที่มีความสำคัญในแง่การเป็นกลุ่มป่าที่สามารถรักษาความหลากหลายของประเภทสังคมพืชหรือระบบนิเวศป่าไม้จำแนกได้เป็น 4 ระดับคือ กลุ่มป่าที่สำคัญยิ่ง ได้แก่ กลุ่มป่าตะวันตก กลุ่มป่าที่มีความสำคัญมาก ได้แก่ กลุ่มป่าแม่ปิง-อมก๋อย กลุ่มป่าลำน้ำปาย-สาละวิน กลุ่มป่าภูเมี่ยง-ภูทอง กลุ่มป่าภูเขียว-น้ำหนาว กลุ่มป่าดงพญาเย็น-เขาใหญ กลุ่มป่าดอยภูคา-แม่มม กลุ่มป่าศรีลานนา-ขุนตาล และกลุ่มป่าแก่งกระจาน กลุ่มป่าที่มีความสำคัญปานกลาง ได้แก่ กลุ่มป่าตะวันออก กลุ่มป่าคลองแสง-เขาสก กลุ่มป่าภูพาน และกลุ่มป่าพนมดงรัก-ผาแต้ม และกลุ่มป่าที่มีความสำคัญน้อย ได้แก่ กลุ่มป่าเขาหลวง กลุ่มป่าชุมพร กลุ่มป่าฮาลา-บาลา และกลุ่มป่าเขาบรรทัด จากผลการจัดลำดับความสำคัญของกลุ่มป่าตามโครงสร้างเชิงภูมิภาพของสภาพสังคมพืชคลุมดินทำให้เข้าใจถึงปัญหาและอุปสรรคต่อการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ และสามารถช่วยในการจัดสรรงบประมาณและอัตราค่าสิ่งให้เกิดประสิทธิผลมากขึ้นในอนาคต

คำสำคัญ: พื้นที่คุ้มครอง กลุ่มป่า การลำดับความสำคัญ ดัชนีภูมิภาพ

คำนำ

จากการที่ประเทศไทยมีจำนวนพื้นที่คุ้มครองอยู่เป็นจำนวนมาก และกระจายอยู่ทั่วทุกภูมิภาคของประเทศทำให้ในปัจจุบันมีการแบ่งพื้นที่คุ้มครองออกเป็นกลุ่มป่าทางบก (terrestrial forest complexes) ต่างๆ จำนวน 17 แห่งโดยมีเป้าหมายเพื่อการจัดการพื้นที่คุ้มครองในภาพรวมของประเทศไทย (สำนักเลขาธิการคณะกรรมการพิจารณาการดำเนินงานเกี่ยวกับความหลากหลายทางชีวภาพด้านป่าไม้, 2542) อย่างไรก็ตามการจัดการที่มีประสิทธิภาพจำเป็นต้องมีข้อมูลเชิงลึกของพื้นที่คุ้มครองด้านต่างๆ เพื่อนำมากำหนดลำดับความสำคัญของพื้นที่คุ้มครองและมาตรการในการจัดการที่เกี่ยวข้อง (Margules and Pressey, 2000; Leitão and Ahern, 2002) ปัจจุบันพบว่าการใช้ดัชนีภูมิภาพ (landscape matrix) เพื่อนำมาเป็นเครื่องมือใน

การประเมินคุณค่าระบบนิเวศของพื้นที่คุ้มครองเป็นไปอย่างแพร่หลายเช่นการศึกษาของ Hierl *et al.*, (2008), Sundell-Turne and Rodewald (2008) และ Ribeiro *et al.*, (2009) เป็นต้น อย่างไรก็ตามพบว่าการประเมินคุณค่าความสำคัญในระดับภาพรวมทางด้านภูมิภาพ (landscape) ของกลุ่มป่าในประเทศไทยโดยใช้ดัชนีภูมิภาพยังมีได้มีการศึกษาแต่อย่างใด ฉะนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อการจัดลำดับความสำคัญของกลุ่มพื้นที่คุ้มครองทางบกของประเทศไทย และศึกษาถึงลักษณะทางสภาพภูมิประเทศโดยทั่วไปของกลุ่มป่าต่างๆ การจัดลำดับความสำคัญของกลุ่มป่ากระทำบนพื้นฐานของการพิจารณาโครงสร้าง (structure) ทางภูมิภาพของสภาพสังคมพืชคลุมดินซึ่งเป็นการให้ความสำคัญต่อกลุ่มป่าต่างๆ ในฐานะสังคมแห่งชีวิตและระบบนิเวศที่ปรากฏอยู่ภายในพื้นที่ป่าแต่ละแห่ง โดยทั่วไปพื้นที่

ป่าที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงและมีคุณค่าต่อการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพมักเป็นสังคมแห่งชีวิตที่มีความหลากหลายของสังคมพืชคลุมดินสูง ปรากฏจำนวนหย่อมป่า (forest patch) ต่อขนาดพื้นที่น้อย สัดส่วนพื้นที่ป่ามีขนาดใหญ่ ขนาดหย่อมป่าโดยเฉลี่ยมีขนาดใหญ่และมีการแผ่ขยายของหย่อมป่าไปอย่างกว้างขวาง มีรูปร่างของหย่อมป่าที่ไม่ซับซ้อน หากเป็นหย่อมป่าที่กระจัดกระจายแล้ว หย่อมป่าดังกล่าวไม่ควรกระจายตัวห่างไกลกันเกินไปนัก และพื้นที่ที่เกิดความขัดแย้งกันระหว่างขอบป่าและพื้นที่อื่นๆ ควรมีน้อยที่สุด (Fabrig, 2003; Leitão *et al.*, 2006) หลักเกณฑ์ดังกล่าวได้ถูกนำมาใช้เพื่อประเมินลำดับความสำคัญของกลุ่มป่า โดยผลการศึกษาสามารถนำไปใช้เป็นเกณฑ์ร่วมพิจารณาการวางแผนการจัดการกลุ่มพื้นที่คุ้มครองทางบกของประเทศไทยให้เกิดความยั่งยืนสืบไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมข้อมูล

การวิเคราะห์หาค่าดัชนีภูมิภาพได้อาศัยข้อมูลเชิงพื้นที่ของสภาพการใช้ที่ดินและป่าไม้ปี พ.ศ. 2543 ซึ่งจัดทำโดยกรมป่าไม้ทำการเปลี่ยนข้อมูลดังกล่าวให้เป็น

ข้อมูลแบบแรสเตอร์ (raster) โดยมีขนาดจุดภาพ (pixel size) 90 เมตร × 90 เมตร จากประเภทสภาพการใช้ที่ดินและสังคมพืชคลุมดินจากเดิม 24 ประเภท ทำการจัดจำแนกข้อมูลใหม่ (reclassification) เพื่อให้ได้ข้อมูล 1) สภาพสังคมพืชคลุมดิน 21 ประเภท (LC21) ประกอบด้วย ป่าดิบชื้น ป่าดิบแล้ง ป่าดิบเขา ป่าสนเขา ป่าพรุ ป่าชายเลน ป่าเบญจ-ป่าทาม ป่าชายหาด ป่าผสมผลัดใบ ป่าเต็งรัง ป่าไผ่ สวนป่าสัก สวนป่ายูคาลิปตัส ป่าทดแทน รุ้นสอง พื้นที่เกษตรกรรม เขตเมือง ทุ่งหญ้า แหล่งน้ำถาวร ไร่ร้าง พื้นที่หินโผล่และพื้นที่อื่นๆ และ 2) สภาพสังคมพืชคลุมดิน 5 ประเภท (LC5) ประกอบด้วย ป่าไม้ พื้นที่เกษตรกรรม เขตเมือง แหล่งน้ำถาวร และพื้นที่อื่นๆ จากนั้นทำการเลือกเอาเฉพาะสภาพสังคมพืชคลุมดินของ LC21 และ LC5 เฉพาะในขอบเขตของข้อมูลเชิงพื้นที่ของกลุ่มป่าทางบกของประเทศไทย จำนวน 17 แห่ง (สำนักเลขาธิการคณะกรรมการพิจารณาการดำเนินงานเกี่ยวกับความหลากหลายทางชีวภาพด้านป่าไม้, 2542) (Figure 1) การจัดเตรียมข้อมูลเชิงพื้นที่ของสภาพสังคมพืชคลุมดินทั้งสองชุดกระทำโดยใช้โปรแกรม ArcGIS 8.3 (Environmental Systems Research Institute [ESRI], 2002)

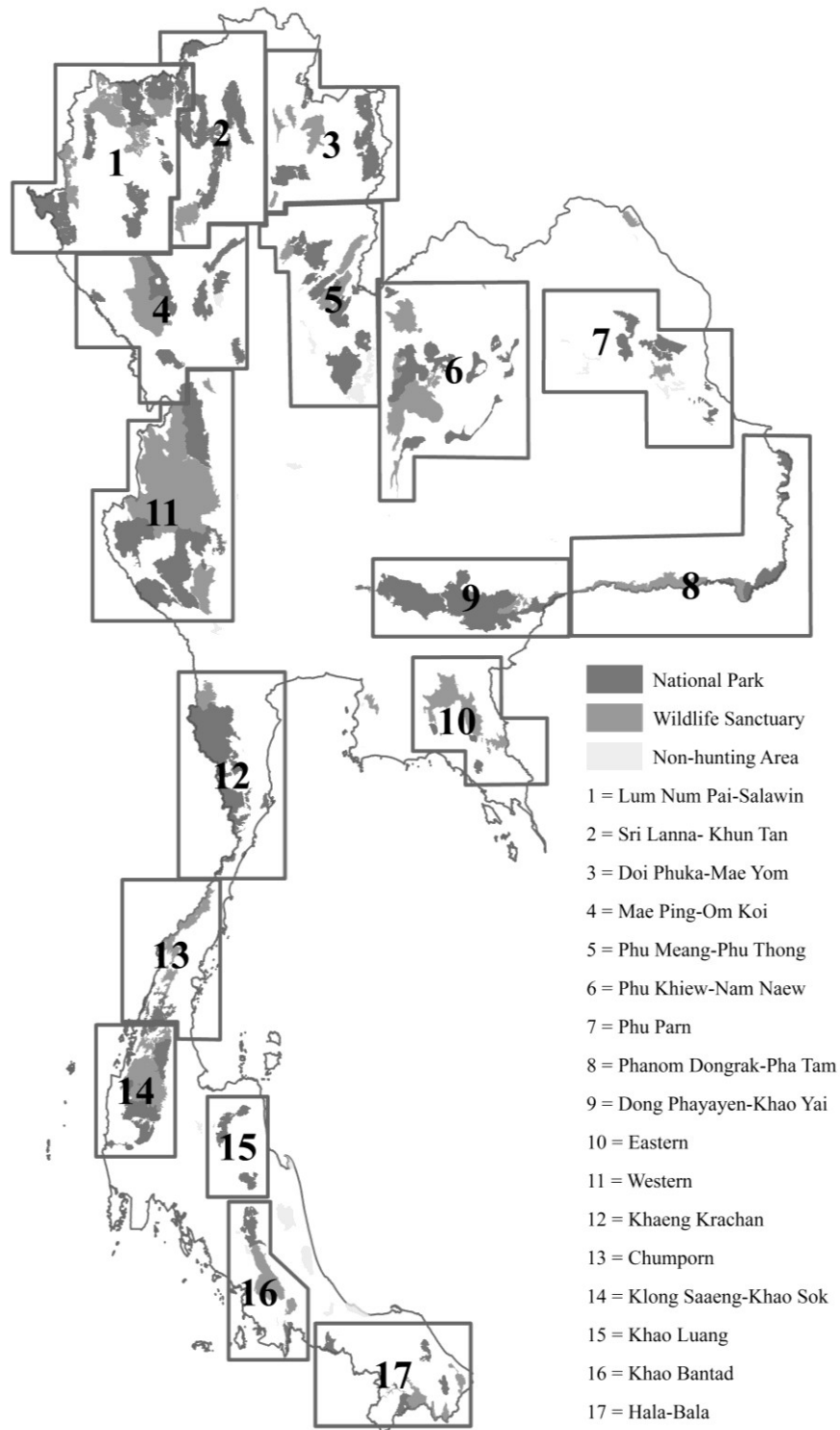


Figure 1 Terrestrial forest complexes of Thailand.

ดัชนีภูมิภาพที่ใช้ในการศึกษา

การศึกษาการจัดลำดับความสำคัญของกลุ่มป่าได้ประยุกต์ใช้ดัชนีที่สามารถประเมินโครงสร้างเชิงภูมิภาพทั้งในแง่ขององค์ประกอบ (composition) และรูปลักษณะ (configuration) (Turner *et al.*, 2001; Leitão *et al.*, 2006) ของหย่อมพื้นที่ของสังคมพืชคลุมดินที่ปรากฏในกลุ่มป่าต่างๆ ค่าดัชนีภูมิภาพคำนวณจากโปรแกรม FragStats Version 3.3 (McGarigal *et al.*, 2002) โดยคำนวณจากดัชนีภูมิภาพ 9 ตัวชี้วัด ดังต่อไปนี้

สัดส่วนของประเภทพื้นที่ (Class Area Proportion; CAP) เป็นดัชนีภูมิภาพทางด้านองค์ประกอบที่อธิบายถึงสัดส่วนของประเภทพื้นที่ประเภทใดๆ ที่ประกอบกันเป็นพื้นที่ภูมิภาพที่ให้ความสนใจ สามารถคำนวณค่า CAP ในระดับกลุ่มชั้นเมตริก (class-level metric) ได้โดย

$$CAP_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{A} \times 100$$

โดยที่ CAP_i คือ ร้อยละของพื้นที่ประเภทที่ i^{th} ของประเภทสังคมพืชคลุมดินใดๆ, a_{ij} คือ พื้นที่ (ตารางเมตร) ของหย่อมพื้นที่ j ใดๆ ที่อยู่ในประเภทสังคมพืชคลุมดิน i และ A คือขนาดพื้นที่ทั้งหมด (ตารางเมตร)

ความหนาแน่นของหย่อมพื้นที่ (Patch Density; PD) เป็นค่าที่สะท้อนให้เห็นถึงรูปลักษณะเชิงภูมิภาพของพื้นที่ พิจารณาจากจำนวนหย่อมพื้นที่ของสังคมพืชคลุมดินหรือประเภทการใช้ที่ดินที่ให้ความสนใจปรากฏอยู่ในพื้นที่โดยตรง คำนวณให้อยู่ในค่าของความหนาแน่นของหย่อมพื้นที่ต่อขนาดพื้นที่หนึ่งหน่วย การคำนวณค่า PD ในระดับกลุ่มชั้นเมตริกสามารถกระทำได้ดังนี้

$$PD_i = \frac{\sum_{j=1}^n PN_{ij}}{A}$$

โดยที่ PD_i คือ ความหนาแน่นของหย่อมสังคมพืชคลุมดินที่ i^{th} , PN_{ij} คือ จำนวนหย่อมพื้นที่ของสภาพสังคมพืชคลุมดินประเภท i ที่ปรากฏทั้งหมดในพื้นที่ที่

ผู้ศึกษาให้ความสนใจ A (ตารางเมตร) ในภูมิภาพใดๆ ที่มีจำนวนหย่อมป่าหรือความหนาแน่นของหย่อมป่ามีค่ามากย่อมมีแนวโน้มเกิดการกระจายของพื้นที่เป็นหย่อมพื้นที่เล็กๆ (fragmentation) ในระดับที่สูงกว่าในภูมิภาพที่ปรากฏจำนวนหย่อมป่าหรือความหนาแน่นของหย่อมป่าที่มีค่าน้อยกว่า

ดัชนีความหลากหลายทางภูมิภาพ (Shannon's Diversity Index; SHDI) จัดเป็นดัชนีภูมิภาพที่อธิบายทางด้านองค์ประกอบของพื้นที่ เป็นการประเมินคุณค่าในแง่องค์ประกอบของระบบนิเวศซึ่งเป็นเมตริกในระดับภูมิภาพ (landscape-level metric) ที่ปรากฏในกลุ่มป่าที่มีความหลากหลายของสภาพสังคมพืชคลุมดินมากน้อยอย่างไร กลุ่มป่าที่มีประเภทของสังคมพืชคลุมดินหลากหลายมากกว่าย่อมมีแนวโน้มที่จะมีความสำคัญในแง่การอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพที่มากกว่ากลุ่มป่าที่มีประเภทของสังคมพืชคลุมดินที่น้อย SHDI ให้ความสำคัญกับทั้งประเภทสังคมพืชคลุมดินหรือระบบนิเวศต่างๆ ที่ปรากฏ และขนาดพื้นที่ของแต่ละระบบนิเวศนั้นๆ ครอบคลุม ทำการคำนวณได้โดย

$$SHDI = - \sum_{i=1}^m P_i \times \ln P_i$$

โดยที่ P_i คือ สัดส่วนของพื้นที่ที่ระบบนิเวศนั้นๆ ปรากฏอยู่ในพื้นที่ทั้งหมด ดัชนีนี้เป็นดัชนีเดียวกันกับ Shannon's Diversity Index ที่ใช้ในการประเมินความหลากหลายทางชีวภาพของพื้นที่ ทั้งนี้ค่าดัชนีมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับศูนย์ ค่าดัชนีเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของจำนวนประเภทสังคมพืชและสัดส่วนของพื้นที่ที่ปรากฏในผืนป่านั้นๆ

ค่าเฉลี่ยของขนาดหย่อมพื้นที่ (Mean Patch Size; AREA-MN) เป็นการหาขนาดค่าเฉลี่ยของหย่อมพื้นที่ของสภาพสังคมพืชคลุมดินเฉพาะที่เราให้ความสนใจ โดยการนำเอาผลรวมของทุกหย่อมพื้นที่ของสภาพสังคมพืชคลุมดินประเภทที่ i^{th} หารด้วยจำนวนหย่อมพื้นที่ของสภาพสังคมพืชคลุมดินประเภทที่ i^{th}

หรืออีกทางหนึ่งสามารถคำนวณ โดยการคูณด้วยค่าถ่วงน้ำหนักของขนาดหย่อมพื้นที่แทนที่จะเป็นการหารด้วยจำนวนหย่อมพื้นที่ดังกล่าว โดยเรียกค่าที่ได้ว่า “ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของขนาดหย่อมพื้นที่ (Area-weighted Mean; AREA – AM)” ทำการคำนวณ AREA – AM ในระดับกลุ่มชั้นเมทริกได้โดยสูตรดังต่อไปนี้

$$AREA - AM_i = \sum_{j=1}^n \left[a_{ij} \left(\frac{a_{ij}}{\sum_{j=1}^n a_{ij}} \right) \right]$$

โดยที่ AREA - AM_i คือ ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของขนาดหย่อมพื้นที่ของสภาพสังคมพืชกลุ่มดินประเภทที่ ith, a_{ij} คือ ขนาดของหย่อมพื้นที่ที่ j (ตารางเมตร) ใดๆ ที่อยู่ในประเภทสังคมพืชกลุ่มดินที่ i จากสูตรดังกล่าวพบว่าค่า AREA – AM ให้ความสำคัญกับขนาดหย่อมพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่มากกว่าหย่อมพื้นที่ที่มีขนาดเล็กกว่าจากการคูณด้วยค่าถ่วงน้ำหนักนั่นเอง

รัศมีของใจเรชัน (Radius of Gyration; GYRATE) เป็นค่าดัชนีทางด้านรูปลักษณะที่บอกคุณลักษณะของหย่อมพื้นที่ในแง่ของการขยายของพื้นที่ตามระยะทาง (extension) ว่าสามารถแผ่กระจายออกไปกว้างไกลเพียงไร หย่อมพื้นที่ที่แผ่ออกไปเป็นพื้นที่ที่กว้างไกลกว่าย่อมมีค่า GYRATE มากกว่า ค่าดัชนีนี้เป็นการคำนวณค่าเฉลี่ยระหว่างจุดกึ่งกลางของหย่อมพื้นที่ (patch centroid) และจุดกึ่งกลางของเซลล์ทุกเซลล์ที่เป็นสมาชิกของหย่อมป่านั้นๆ การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้ใช้ดัชนีตัวแทนในระดับกลุ่มชั้นเมทริกในรูปแบบของค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักดังต่อไปนี้

$$GYRATE - AM_i = \sum_{j=1}^n \left[\sum_{r=1}^z \frac{h_{ijr}}{z} \left(\frac{a_{ij}}{\sum_{j=1}^n a_{ij}} \right) \right]$$

โดยที่ GYRATE – AM_i คือ ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของรัศมีใจเรชัน ของการใช้ที่ดินประเภทที่ ith, h_{ijr} คือ ระยะทาง (เมตร) รัศมีวงกลมในการค้นหาหาระหว่างเซลล์ ij ไปถึงเซลล์ r, z คือ สมาชิกของจำนวนเซลล์ที่ปรากฏในหย่อมพื้นที่

ij และ a_{ij} คือ ขนาดของหย่อมพื้นที่ที่ j (ตารางเมตร) ใดๆ ที่อยู่ในประเภทการใช้ที่ดินที่ i หากหย่อมป่าใดมีค่า GYRATE – AM มาก หมายความว่าหย่อมป่าดังกล่าวมีแนวโน้มการแผ่ขยายออกไปในภูมิภาคที่เป็นอาณาเขตกว้างไกล และมีระดับความต่อเนื่องของต้นป่าที่มากกว่า ในการศึกษานี้ใช้ระยะทาง h_{ijr} เท่ากับ 6,000 เมตร โดยค่าที่ได้ดังกล่าวเป็นตัวแทนระยะทางการเคลื่อนที่ในรอบวันของช้างป่า (รองลาก, 2546)

รูปร่างหย่อมพื้นที่ (SHAPE) เป็นดัชนีที่ใช้ให้เห็นถึงความซับซ้อนเชิงเรขาคณิตของตัวหย่อมพื้นที่สะท้อนถึงโครงสร้างทางด้านรูปลักษณะของพื้นที่ การที่พื้นที่ใดที่มีความซับซ้อนของรูปร่างของหย่อมพื้นที่มากย่อมบ่งบอกถึงว่าพื้นที่ดังกล่าวมีโอกาสที่จะเกิดปฏิสัมพันธ์กับพื้นที่ที่อยู่รอบด้านได้มากกว่า แนวโน้มการเกิดผลกระทบจากขอบพื้นที่ (edge effect) ย่อมสูงมากกว่า การประเมินค่าทางด้านรูปร่างของหย่อมพื้นที่ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้ใช้ค่าในระดับกลุ่มชั้นเมทริกโดยใช้ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของขนาดหย่อมพื้นที่ (SHAPE – AM) โดยคำนวณได้ดังต่อไปนี้

$$SHAPE - AM_i = \sum_{j=1}^n \left[\frac{P_{ij}}{\min P_{ij}} \left(\frac{a_{ij}}{\sum_{j=1}^n a_{ij}} \right) \right]$$

โดยที่ SHAPE – AM_i คือ ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของรูปร่างของการใช้ที่ดินประเภทที่ ith, P_{ij} คือ เส้นรอบรูปของหย่อมพื้นที่ที่ j (เมตร) ที่อยู่ในประเภทการใช้ที่ดินที่ i และ min P_{ij} หมายถึง ขนาดเส้นรอบรูปที่น้อยที่สุดของพื้นที่ใดๆ ที่มีขนาดเท่ากับหย่อมพื้นที่ j และ a_{ij} คือ ขนาดของหย่อมพื้นที่ที่ j (ตารางเมตร) ใดๆ ที่อยู่ในประเภทการใช้ที่ดินที่ i ระบบนิเวศป่าไม้ที่มีรูปร่างไม่สม่ำเสมอมากกว่าย่อมสะท้อนให้เห็นโอกาสที่จะเกิดผลกระทบจากขอบป่ามากกว่า และมีพื้นที่แกนกลาง (core area) น้อยกว่า

ระยะทางที่ใกล้ที่สุดระหว่างหย่อมพื้นที่ (Euclidean Nearest Neighbor Distance; ENN) เป็น

ดัชนีทางด้านรูปลักษณะที่ใช้ค่าระยะขจัดที่น้อยที่สุดระหว่างห่อมพื้นที่ที่ให้ความสนใจมาเป็นตัวชี้วัดถึงการแยกตัวออกไปหรือการโคดเคี้ยวของห่อมพื้นที่ การศึกษานี้ได้หาค่าดัชนี ENN ในระดับกลุ่มชั้นเมทริกของสภาพสังคมพืชคลุมดินป่าไม้โดยการใช้ค่าเฉลี่ยจากค่าถ่วงน้ำหนักของขนาดห่อมพื้นที่ (ENN - AM) คำนวณได้จาก

$$ENN - AM_i = \sum_{j=1}^n \left[h_{ij} \left(\frac{a_{ij}}{\sum_{j=1}^n a_{ij}} \right) \right]$$

โดยที่ ENN - AM_i คือ ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักระยะทางที่ใกล้ที่สุดของการใช้ที่ดินประเภทที่ ith, h_{ij} คือ ระยะทางขจัด (เมตร) ระหว่างห่อมพื้นที่ j กับห่อมพื้นที่อื่นๆ ของประเภทการใช้ที่ดิน i และ a_{ij} คือ ขนาดของห่อมพื้นที่ที่ j (ตารางเมตร) ค่า ENN เป็นดัชนีที่มีหน่วยเท่ากับระยะทาง (เมตร) ค่าที่มากแสดงให้เห็นถึงพื้นที่ดังกล่าวประกอบไปด้วยห่อมพื้นที่ที่มีการกระจายระหว่างกันเป็นระยะทางที่ไกล มีแนวโน้มว่าการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตระหว่างห่อมพื้นที่อาจกระทำได้อย่างยากลำบาก

ความอยู่ใกล้เคียงกัน (Proximity; PROX)

เป็นดัชนีทางด้านรูปลักษณะของพื้นที่ที่แสดงให้เห็นว่าห่อมพื้นที่ที่ให้ความสนใจมีความใกล้เคียงหรือห่างจากห่อมพื้นที่ที่เป็นประเภทเดียวกัน โดยมีได้วัดระยะทางระหว่างห่อมพื้นที่โดยตรงดังที่ใช้ในดัชนี ENN หากแต่ PROX ได้อธิบายถึงสถานะความใกล้เคียงกันโดยใช้ข้อมูลทั้งทางด้านขนาดและระยะทางระหว่างห่อมพื้นที่มาช่วยกัน เป็นการบอกถึงการจัดเรียงตัวเชิงพื้นที่ (spatial arrangement) ของห่อมพื้นที่ โดยการกำหนดระยะทางของรัศมีในการค้นหา (searching radius) จากห่อมพื้นที่ที่ให้ความสนใจ (focal patch) รัศมีการค้นหาดังกล่าวที่กำหนดโดยผู้ใช้จะทำการค้นหาห่อมพื้นที่ที่เป็นประเภทเดียวกันที่อยู่ในระยะทางค้นหาว่าปรากฏอยู่ในระดับมากน้อยเพียงใด เช่นเดียวกับดัชนีส่วนใหญ่ที่ใช้ในการศึกษานี้ ค่า PROX ที่ใช้

เป็นเมทริกในระดับกลุ่มชั้นโดยหาค่าเฉลี่ยจากค่าถ่วงน้ำหนักของขนาดห่อมพื้นที่ (PROX - AM) ค่าของ PROX - AM ในระดับกลุ่มชั้นเมทริกสามารถแสดงเป็นสมการได้คือ

$$PROX - AM_i = \sum_{j=1}^n \left[\left(\sum_{i=1}^n \frac{a_{ijs}}{h_{ijs}^2} \right) \left(\frac{a_{ij}}{\sum_{j=1}^n a_{ij}} \right) \right]$$

โดยที่ PROX - AM_i คือ ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของความใกล้เคียงของการใช้ที่ดินประเภทที่ ith, h_{ijs} คือ ระยะทาง (เมตร) ของรัศมีการค้นหาจากห่อมพื้นที่ที่ ij ถึงห่อมพื้นที่ที่ sth และ a_{ij} คือ ขนาดของห่อมพื้นที่ที่ j (ตารางเมตร) ค่า PROX เป็นดัชนีที่ไม่มีหน่วย โดยค่าที่มากขึ้นให้เห็นถึงว่ามีห่อมพื้นที่ที่ให้ความสนใจมีอยู่จำนวนมากและในเวลาเดียวกันก็มีระยะทางระหว่างห่อมพื้นที่ดังกล่าวที่น้อยด้วย การศึกษาครั้งนี้ได้ใช้รัศมีในการค้นหาเท่ากับ 6,000 เมตร โดยค่าที่ได้ดังกล่าวเป็นตัวแทนระยะทางการเคลื่อนที่ในรอบวันของสัตว์ป่าขนาดใหญ่ เช่น ช้างป่า (รองลาก, 2546)

ความแตกต่างของขอบห่อมพื้นที่ (Edge Contrast; ECON) เป็นดัชนีที่ประเมินถึงระดับความแตกต่างระหว่างห่อมพื้นที่ที่มีสังคมพืชคลุมดินหรือประเภทการใช้ที่ดินที่แตกต่างกันอยู่ติดต่อกัน หากมีค่ามากแสดงให้เห็นถึงความขัดแย้งที่เกิดขึ้นในระดับสูงระหว่างห่อมพื้นที่ที่ให้ความสนใจและห่อมพื้นที่ที่อยู่ติดกัน โดยรอบ ECON มีหน่วยเป็นค่าร้อยละที่แสดงถึงความแตกต่าง การศึกษานี้ได้ให้ความสำคัญกับการหาค่าความแตกต่างของขอบห่อมพื้นที่ในระดับกลุ่มชั้นเมทริกที่เป็นป่าไม้กับห่อมพื้นที่ประเภทการใช้ที่ดินที่เฉพาะเจาะจง ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรมพื้นที่เขตเมืองแหล่งน้ำถาวร และพื้นที่อื่นๆ โดยการเฉลี่ยตามค่าถ่วงน้ำหนักของขนาดห่อมพื้นที่ (ECON - AM_i) สามารถคำนวณดังสูตรดังต่อไปนี้

$$ECON - AM_i = \sum_{j=1}^n \left[\left[\sum_{k=1}^{m'} \frac{(p_{ik} \cdot d_{ik})}{P_{ij}} \right] \left(\frac{a_{ij}}{\sum_{j=1}^n a_{ij}} \right) \right] \times 100$$

โดยที่ $ECON - AM_i$ คือ ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักความต่างของหย่อมพื้นที่ของการใช้ที่ดินประเภทที่ i^{th} , P_{ij} คือ เส้นรอบรูปทั้งหมด (เมตร) ของหย่อมพื้นที่ ij , d_{ik} คือ สัดส่วนความแตกต่างระหว่างประเภทการใช้ที่ดินที่ i และประเภทการใช้ที่ดินประเภทอื่นๆ ที่พบในพื้นที่ศึกษา และ a_{ij} คือ ขนาดของหย่อมพื้นที่ที่ j (ตารางเมตร) ใดๆ ที่อยู่ในประเภทการใช้ที่ดินที่ i หากพบว่าหย่อมป่าใดมีค่า $ECON - AM$ มาก หมายถึง หย่อมป่าที่ให้ความสนใจมีความแตกต่างระหว่างหย่อมป่าที่อยู่ติดกันมาก โดยอาจเป็นสาเหตุในแง่ของการเป็นอุปสรรคต่อการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในหย่อมป่านั้น หรืออาจมีโอกาสถูกคุกคามจากปัจจัยคุกคามอื่นๆ ที่อยู่ในประเภทหย่อมป่าอื่นๆ ที่อยู่ติดกัน

การศึกษานี้ได้ใช้ LC5 เพื่อนำมาใช้คำนวณ $ECON - AM_i$ ของสภาพสังคมพืชกลุ่มดินที่เป็นป่าไม้

และประเภทการใช้ที่ดินอื่นๆ โดยกำหนดค่า d_{ik} ระหว่างประเภทการใช้ที่ดิน ได้แก่ ป่าไม้และเกษตรกรรมมีค่า 0.9 ป่าไม้และเขตเมืองมีค่า 1.0 ป่าไม้และแหล่งน้ำมีค่า 1.0 ป่าไม้และพื้นที่อื่นๆ มีค่า 0.9 เกษตรกรรมและเขตเมืองมีค่า 0.4 เกษตรกรรมและแหล่งน้ำมีค่า 1.0 เกษตรกรรมและพื้นที่อื่นๆ มีค่า 0.8 เขตเมืองและแหล่งน้ำมีค่า 1.0 เขตเมืองและพื้นที่อื่นๆ มีค่า 0.5 และแหล่งน้ำและพื้นที่อื่นๆ มีค่า 1.0 (ตัวอย่างความหมายของค่า d_{ik} ระหว่างป่าไม้และแหล่งน้ำเท่ากับ 1 หมายถึงเป็นการกำหนดให้หย่อมพื้นที่ที่เป็นป่าไม้กับหย่อมพื้นที่ที่เป็นแหล่งน้ำมีความแตกต่างกันมากที่สุดคือร้อยละ 100 เป็นต้น) รายละเอียดของดัชนีภูมิภาพและข้อมูลสภาพสังคมพืชกลุ่มดินที่ใช้ในการศึกษาได้แสดงรายละเอียดดัง Table 1

Table 1 Landscape Metrics accounting for landscape structures of the forest complexes.

Landscape metric	Code	Type	Land cover data	Class of interest
Class Area Proportion	CAP	Class level	LC5	Forest
Patch density	PD	Class level	LC5	Forest
Shannon's diversity index	SHDI	Landscape level	LC21	All forest types
Area weighted mean	AREA-AM	Class level	LC5	Forest
Radius of Gyration	GYRATE-AM	Class level	LC5	Forest
Shape weighted mean	SHAPE-AM	Class level	LC5	Forest
Proximity weighted mean	PROX-AM	Class level	LC5	Forest
Euclidean nearest neighbor distance weighted mean	ENN-AM	Class level	LC5	Forest
Edge contrast	ECON-AM	Class level	LC5	Forest

การจัดลำดับความสำคัญของกลุ่มพื้นที่คุ้มครอง

เนื่องจากค่าดัชนีเชิงภูมิภาพตามสภาพสิ่งปกคลุมดินที่คำนวณได้มีหน่วยที่แตกต่างกัน จึงไม่สามารถจัดลำดับความสำคัญของกลุ่มป่าจากค่าดัชนีภูมิภาพโดยตรง จำเป็นต้องเปลี่ยนค่าดังกล่าวให้อยู่ในค่าร้อยละเชิงเปรียบเทียบ

กรณีที่ค่าดัชนีพื้นที่ภูมิภาพที่มียิ่งมาก ยิ่งดี ค่าดัชนีพื้นที่ภูมิภาพที่มีค่ามากหมายถึงการส่งเสริมให้ระบบนิเวศของกลุ่มป่าทำหน้าที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

มากกว่า ตัวอย่างดัชนีในกลุ่มนี้ได้แก่ CAP, SHDI, AREA - AM, PROX - AM ค่าดังกล่าว Malczewski (1999) เรียกว่า "benefit criterion" สามารถคำนวณได้โดย

$$x'_i = \frac{x_i - \min(x_i)}{\max(x_i) - \min(x_i)} \times 100$$

โดยที่ x'_i คือ ค่าดัชนีภูมิภาพของกลุ่มป่าใดๆ ที่ได้ทำการปรับค่าเชิงเปรียบเทียบ มีค่าอยู่ระหว่าง 0-100, x_i คือค่าดัชนีภูมิภาพใดๆ ที่มีหน่วยเดิม, $\min(x_i)$ และ

$\max(x_i)$ คือ ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของดัชนีภูมิภาพระหว่างกลุ่มป่าใดๆ

กรณีที่ค่าดัชนีภูมิภาพที่มีค่าขี้น้อยยิ่งดี หมายถึงระบบนิเวศจะมีการทำหน้าที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สะท้อนจากค่าที่น้อยของค่าดัชนีภูมิภาพ ตัวอย่างดัชนีในกลุ่มนี้ได้แก่ PD, SHAPE-AM, ENN-AM และ ECON เป็นต้น ค่าในลักษณะดังกล่าวเรียกว่า “cost criterion” (Malczewski, 1999) ทำการปรับค่าได้ตามสูตร

$$x'_i = \frac{\max(x_i) - x_i}{\max(x_i) - \min(x_i)} \times 100$$

โดยค่าดัชนีภูมิภาพที่ได้จากการปรับค่าแล้วด้วยวิธีการทั้งสองค่าที่ให้ค่ามาก (เข้าใกล้ 100) บ่งบอกเป็นนัยว่ากลุ่มป่านั้นมีลำดับความสำคัญในแง่ของการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพได้ดีกว่าและมีความสำคัญในแง่การมีระบบนิเวศทางธรรมชาติที่มีโครงสร้างและหน้าที่ที่มีประสิทธิภาพมากกว่ากลุ่มป่าที่มีดัชนีภูมิภาพที่น้อยกว่า ในท้ายที่สุดค่าดัชนีภูมิภาพที่ได้จะถูกนำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อเป็นดัชนีเชิงเปรียบเทียบในการจัดลำดับความสำคัญของกลุ่มป่าทั้งในแง่ของสังคมพืชคลุมดิน

ผลและวิจารณ์

สภาพโดยทั่วไปของกลุ่มพื้นที่คุ้มครองในประเทศไทย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2543 แบบแรสเตอร์ ขนาดจุดภาพ 90 เมตร \times 90 เมตร ที่ได้จากการศึกษาพบว่าพื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2543 มีพื้นที่ประมาณร้อยละ 33.33 (172,507.57 ตารางกิโลเมตร) และพื้นที่ที่ไม่ใช่ป่าไม้ประมาณร้อยละ 66.67 (345,106.58 ตารางกิโลเมตร) ของพื้นที่ประเทศ ปัจจุบันประเทศไทยมีการประกาศพื้นที่ทางธรรมชาติให้เป็นพื้นที่คุ้มครอง (protected area) ประเภทต่างๆ แล้วเป็นพื้นที่ประมาณร้อยละ 21.55 (111,521.43 ตารางกิโลเมตร) ของเนื้อที่ประเทศในบรรดาพื้นที่คุ้มครองทั้งหมด กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช ได้

ทำการจัดแบ่งกลุ่มพื้นที่คุ้มครองเป็นกลุ่มป่าทางบก (terrestrial forest complex) จำนวน 17 แห่ง และกลุ่มพื้นที่คุ้มครองทางทะเล (marine forest complex) จำนวน 3 แห่ง รวมพื้นที่คุ้มครองทั้งหมดเป็นร้อยละ 62.57 ของพื้นที่ป่าไม้ของประเทศ โดยกลุ่มป่าทางบกจำนวน 17 แห่ง มีเนื้อที่รวม 105,705.54 ตารางกิโลเมตร และกลุ่มพื้นที่คุ้มครองทางทะเลมีพื้นที่รวม 2,233.16 ตารางกิโลเมตร กลุ่มพื้นที่คุ้มครองทั้ง 20 แห่ง คิดเป็นพื้นที่ร้อยละ 20.85 ของพื้นที่ประเทศไทย

กลุ่มป่าทางบกของประเทศไทยมีจำนวนรวมทั้งสิ้น 17 กลุ่มป่า กระจายตัวอยู่ทั่วประเทศ โดยส่วนใหญ่มักพบอยู่ตามบริเวณที่เป็นพื้นที่ที่เทือกเขาสูง กลุ่มป่าทางบกส่วนใหญ่มีรูปร่างที่ไม่สม่ำเสมอ ในบรรดากลุ่มพื้นที่คุ้มครองทางบกทั้งหมด กลุ่มพื้นที่คุ้มครองที่มีขนาดใหญ่ที่สุดได้แก่ กลุ่มป่าตะวันตก (18,983 ตารางกิโลเมตร) และกลุ่มป่าที่มีขนาดเล็กที่สุดได้แก่ กลุ่มป่าเขาหลวง (1,924 ตารางกิโลเมตร) จากแรงบีบคั้นทางการใช้ที่ดินของมนุษย์ในช่วงหลายทศวรรษที่ผ่านมา ทำให้ภาพรวมเชิงภูมิภาพของประเทศไทยปรากฏพื้นที่เกษตรกรรมเป็นส่วนใหญ่ (matrix) ของประเทศ และพื้นที่คุ้มครองต่างๆ ปรากฏเป็นหย่อมป่า (forest patch) กระจายตัวอยู่ตามภูมิภาคต่างๆ ด้วยเหตุดังกล่าวได้ส่งผลโดยตรงต่อลักษณะทางภูมิภาพของหย่อมป่าที่เหลืออยู่ของประเทศไทยอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ และก่อให้เกิดความผันแปรด้านโครงสร้างของหย่อมป่า เช่น ด้านขนาด รูปร่างและระยะทางระหว่างหย่อมป่า โดยทั่วไปสภาพภูมิประเทศของหย่อมป่าที่เหลืออยู่มักเป็นพื้นที่ที่อยู่สูงเกินกว่า 100 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง และโดยมากเป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง ในพื้นที่ที่มีความลาดชันต่ำมักเป็นพื้นที่หุบเขาหรือสันเขา

สภาพสังคมพืชคลุมดิน

การพิจารณาสังคมพืชคลุมดินของพื้นที่คุ้มครองของประเทศไทยจากแผนที่สภาพการใช้ที่ดิน ปี พ.ศ. 2543 ของกรมป่าไม้ ซึ่งเป็นการจัดทำแผนที่

การใช้ที่ดินที่อธิบายรายละเอียดในส่วนของแต่ละประเภทป่าไม้ที่พบในประเทศอย่างเป็นทางการเป็นข้อมูลเดียวเท่านั้นในปัจจุบัน ฉะนั้นประเภทสังคมพืชคลุมดินจากการศึกษาในครั้งนี้ได้จึงอ้างอิงข้อมูลดังกล่าวเพื่อวิเคราะห์สภาพสังคมพืชคลุมดินของประเทศไทยเฉพาะภายในพื้นที่คุ้มครองของประเทศไทยทั้งหมดพบว่าปรากฏพื้นที่ป่าไม้ทั้งสิ้นร้อยละ 87.78 และที่ไม่ใช่พื้นที่ป่าร้อยละ 12.22 ของพื้นที่คุ้มครองทั้งหมด แบ่งเป็น พื้นที่เกษตรกรรม (ร้อยละ 10.17) แหล่งน้ำถาวร (ร้อยละ 1.84) พื้นที่อื่นๆ (ร้อยละ 0.20) และพื้นที่เขตเมือง (ร้อยละ 0.01)

สังคมพืชคลุมดินตามธรรมชาติที่สำคัญที่ปรากฏในพื้นที่คุ้มครองของประเทศไทย ได้แก่ ป่าผสมผลัดใบ (ร้อยละ 42.71 ของพื้นที่คุ้มครองทั้งหมด) ป่าดิบแล้ง (ร้อยละ 15.67) ป่าดิบชื้น (ร้อยละ 10.05) ป่าดิบเขา (ร้อยละ 9.16) ป่าเต็งรัง (ร้อยละ 5.20) ป่าไผ่ (ร้อยละ 0.84) ป่าชายเลน (ร้อยละ 0.50) ป่าสนเขา (ร้อยละ 0.21) ป่าชายหาด (ร้อยละ 0.06) และป่าบุ่ง-ป่าทาม (ร้อยละ 0.001) เห็นได้ว่าสังคมพืชคลุมดินในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นสังคมป่าผสมผลัดใบหรือป่าเบญจพรรณ การปรากฏของสังคมพืชประเภทอื่นๆ จะเป็นลักษณะแบบโมเสค (mosaic) แทรกกระจุกกระจายไปตามผืนป่าผสมผลัดใบ การปรากฏของสังคมพืชประเภทอื่นๆ มีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับความผันแปรของปัจจัยแวดล้อมในระดับภูมิภาค ได้แก่ สภาพภูมิอากาศ (ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และความชื้น) และปัจจัยแวดล้อมในระดับท้องถิ่น ได้แก่ สภาพภูมิประเทศ ความสูงจากระดับน้ำทะเล ความตื้นลึกของดิน ความอุดมสมบูรณ์ของดิน และความชื้นในดิน เป็นต้น

กลุ่มพื้นที่คุ้มครองที่มีพื้นที่ป่าไม้มากที่สุด ห้าอันดับได้แก่ กลุ่มป่าตะวันตก (ร้อยละ 16.18 ของพื้นที่คุ้มครองทั้งหมด) กลุ่มป่าดำน้ำป่า-สาละวิน (ร้อยละ 10.08) กลุ่มป่าภูเมียง-ภูทอง (ร้อยละ 7.83) กลุ่มป่าศรีลานนา-ขุนตาล (ร้อยละ 7.45) และกลุ่มป่าแม่ปิง-อมก๋อย (ร้อยละ 6.82) กลุ่มพื้นที่คุ้มครองห้าอันดับแรกที่มีพื้นที่ป่าไม้ไม่ผลัดใบ (ประกอบไปด้วย ป่าดิบชื้น ป่าดิบแล้ง ป่าดิบเขา ป่าสนเขา ป่าพรุ ป่าชายเลน ป่าบุ่ง-ป่าทาม และ ป่าชายหาด) มากที่สุดได้แก่ กลุ่มป่าตะวันตก (ร้อยละ 5.35 ของพื้นที่คุ้มครองทั้งหมด) กลุ่มป่าคลองแสง-เขาสก (ร้อยละ 3.97) กลุ่มป่าดงพญาเย็น-เขาใหญ่ (ร้อยละ 4.81) กลุ่มป่าภูเขื่อน้ำหนาว (ร้อยละ 2.52) และกลุ่มป่าดำน้ำป่าและสาละวิน (ร้อยละ 2.10) ขณะที่กลุ่มพื้นที่คุ้มครองห้าอันดับแรกที่มีพื้นที่ป่าไม้ผลัดใบ (ประกอบไปด้วย ป่าผสมผลัดใบ ป่าไผ่ และป่าเต็งรัง) มากที่สุดได้แก่ กลุ่มป่าตะวันตก (ร้อยละ 10.33 ของพื้นที่คุ้มครองทั้งหมด) กลุ่มป่าดำน้ำป่า-สาละวิน (ร้อยละ 7.70) กลุ่มป่าศรีลานนา-ขุนตาล (ร้อยละ 5.89) กลุ่มป่าภูเมียง-ภูทอง (ร้อยละ 5.66) และกลุ่มป่าแม่ปิง-อมก๋อย (ร้อยละ 5.35) ตามลำดับ

การจัดลำดับความสำคัญของกลุ่มป่า

การจัดลำดับความสำคัญเฉพาะกลุ่มป่าทางบกของประเทศไทยตาม โครงสร้างเชิงภูมิภาพของสภาพสิ่งปกคลุมดินที่ปรากฏอยู่ในกลุ่มป่าพบว่าค่าดัชนีที่แตกต่างกันให้ค่าที่มีรายละเอียดทางด้านโครงสร้างทางภูมิภาพที่แตกต่างกันในแง่มุมต่างๆ ของกลุ่มป่าทั้ง 17 แห่ง รายละเอียดค่าดัชนีภูมิภาพที่สัมพันธ์กับกลุ่มป่าต่างๆ แสดงอยู่ใน Table 2

Table 2 Measured landscape metrics of the 17 terrestrial forest complexes.

Forest complex	CAP (%)	PD (# patches /100 km ²)	SHDI	AREA-AM (km ²)	GYRATE-AM (m)	SHAPE-AM	PROX-AM (m)	ENN-AM (m)	ECON-AM (%)
Lum Num Pai-Salawin	95.03	1.63	1.11	6247.43	45090.71	18.43	3465.11	195.25	47.08
Sri Lanna-Khun Tan	93.69	2.41	1.19	3254.12	37164.01	13.39	14745.31	354.43	49.30
Doi PhuKa-Mae Yom	94.83	2.09	1.17	1567.37	22216.10	8.12	8189.16	293.94	45.35
Mae Ping-Om Koi	96.55	1.50	1.31	2303.09	26240.05	7.18	22544.16	519.47	44.04
Phu Meang-Phu Thong	94.44	2.34	1.40	1465.70	19322.80	7.87	14004.77	217.88	49.30
Phu Khiew-Nam Naew	87.63	1.75	1.61	2232.03	20022.00	5.69	9368.56	341.47	47.93
Phu Parn	83.64	6.18	1.57	482.24	11286.33	5.86	1967.21	434.20	57.63
Phanom Dongrak-Pha Tam	80.25	9.12	1.26	881.03	19751.31	6.09	966.66	182.64	56.60
Dong Phayayen-Khao Yai	87.39	2.12	1.05	5236.45	44838.66	7.46	2792.69	181.47	61.28
Eastern	91.93	1.64	0.99	1379.10	18953.69	5.07	2274.68	768.79	46.75
Western	96.84	2.20	1.42	11649.74	48265.61	8.21	52641.41	181.02	57.32
Khaeng Krachan	93.68	2.05	1.12	2890.75	23321.25	6.74	230.75	236.06	50.27
Chumporn	76.53	6.91	1.06	557.13	16179.20	11.03	911.30	180.73	61.86
Klong Saaeng-Khao Sok	90.95	5.48	0.69	2727.11	22374.56	11.07	25929.06	184.99	71.38
Khao Luang	82.22	4.11	0.55	648.84	12307.03	5.94	1263.08	201.92	70.71
Khao Bantad	73.29	3.72	0.68	920.62	18552.70	7.46	3547.29	233.54	76.62
Hala-Bala	75.08	8.95	1.06	295.29	7623.36	4.34	368.30	249.66	57.25

CAP ค่าเฉลี่ยของสัดส่วนพื้นที่ป่าไม้ที่ปรากฏในแต่ละกลุ่มป่าทางบกทั้ง 17 แห่งมีค่าร้อยละ 87.88 (SD = 7.93) พบว่ากลุ่มป่าทางภาคตะวันตกและภาคเหนือส่วนใหญ่เป็นกลุ่มป่าที่ยังคงมีสัดส่วนพื้นที่ป่าไม้ในระดับสูง เช่น กลุ่มป่าตะวันตก กลุ่มป่าแม่ปิง-อมก๋อย กลุ่มป่าสาละวิน กลุ่มป่าดอยภูคา-แม่ข่ม กลุ่มป่าภูเมี่ยง-ภูทอง และกลุ่มป่าศรีลานนา-ขุนตาลมีสัดส่วนพื้นที่ป่ามากกว่าร้อยละ 90 ขณะที่กลุ่มป่าในภาคใต้และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น กลุ่มป่าเขาบรรทัดกลุ่มป่าฮาลา-บาลา กลุ่มป่าเขาหลวง กลุ่มป่าชุมพร กลุ่มป่าพนมดงรัก-ผาแต้ม และกลุ่มป่าภูพานมีสัดส่วนของพื้นที่ป่าที่น้อยกว่าค่าเฉลี่ยอย่างชัดเจน พบว่าสัดส่วนของพื้นที่ป่าที่หายไปเกือบทั้งหมดเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม

PD จำนวนหย่อมป่าต่อพื้นที่ของแต่ละกลุ่มป่าหรือความหนาแน่นของหย่อมป่าแสดงให้เห็นว่ากลุ่มป่าที่ปรากฏในแต่ละพื้นที่คุ้มครองมีแนวโน้มการเกิดการกระจายกระจายของหย่อมป่ามากน้อยเพียงไร กลุ่มป่าทั้ง 17 แห่งมีค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นหย่อมป่า 3.78 หย่อมป่า/100 ตารางกิโลเมตร (SD = 2.59) โดยทั่วไปพบว่ากลุ่มป่าทางภาคใต้และภาคอีสานมีความหนาแน่นของหย่อมป่ามากกว่ากลุ่มป่าในภูมิภาคอื่นๆ ของประเทศ (>3 หย่อมป่า/100 ตารางกิโลเมตร) กลุ่มป่าพนมดงรัก-ผาแต้มมีความหนาแน่นของหย่อมป่ามากที่สุด (9.12 หย่อมป่า/100 ตารางกิโลเมตร) โดยกลุ่มป่าฮาลา-บาลา กลุ่มป่าชุมพร กลุ่มป่าภูพาน กลุ่มป่าคลองแสง-เขาสก มีค่าความหนาแน่นมากกว่า 5 หย่อมป่า/100 ตารางกิโลเมตร ขณะที่กลุ่มป่าทางภาคเหนือทั้งหมดมีค่าความหนาแน่นน้อยกว่า 2.5 หย่อมป่า/100 ตารางกิโลเมตร

SHDI กลุ่มป่าทั้ง 17 แห่งมีค่าเฉลี่ย SHDI 1.13 (SD = 0.30) กลุ่มป่าที่มีความหลากหลายของสังคมพืชคลุมดินมากที่สุดห้าอันดับแรก ได้แก่ กลุ่มป่าภูเขื่อน้ำหนาว (1.61) กลุ่มป่าภูพาน (1.57) กลุ่มป่าตะวันตก

(1.42) กลุ่มป่าภูเมี่ยงภูทอง (1.40) และกลุ่มป่าแม่ปิงอมก๋อย (1.31) ขณะที่กลุ่มป่าที่มีความหลากหลายของสังคมพืชน้อยปรากฏอยู่ในภาคใต้และภาคตะวันออกเฉียงใต้แก่กลุ่มป่าเขาหลวง (0.55) กลุ่มป่าเขาบรรทัด (0.68) กลุ่มป่าคลองแสงเขาสก (0.69) และกลุ่มป่าตะวันออกเฉียง (0.99) สังเกตได้ว่ากลุ่มป่าที่มีค่า SHDI สูงเป็นกลุ่มป่าที่ประกอบไปด้วยประเภทป่าที่หลากหลายทั้งป่าผลัดใบ ป่าไม่ผลัดใบ และป่าที่อยู่ตามเขาสูง ขณะที่กลุ่มป่าที่มีค่า SHDI ต่ำเป็นกลุ่มป่าในภาคใต้ที่ประกอบไปด้วยป่าดิบชื้นเป็นหลัก

AREA-AM ค่าเฉลี่ยขนาดหย่อมป่าของกลุ่มพื้นที่คุ้มครองทางบกทั้ง 17 แห่งมีค่าเฉลี่ย 34.29 ตารางกิโลเมตร (SD = 18.87) พบว่ากลุ่มป่าที่มีหย่อมป่าขนาดใหญ่โดยเฉลี่ยห้าอันดับแรก ได้แก่ กลุ่มป่าแม่ปิง-อมก๋อย (64.84 ตารางกิโลเมตร) กลุ่มป่าลำน้ำปาย-สาละวิน (58.28 ตารางกิโลเมตร) กลุ่มป่าตะวันออก (55.99 ตารางกิโลเมตร) กลุ่มป่าภูเขื่อน้ำหนาว (49.99 ตารางกิโลเมตร) และกลุ่มป่าแก่งกระจาน (45.68 ตารางกิโลเมตร) ตามลำดับ และกลุ่มป่าที่มีขนาดหย่อมป่าเฉลี่ยขนาดเล็กมักเป็นพื้นที่กลุ่มป่าที่มีขนาดจำกัดเช่นกัน เช่น กลุ่มป่าฮาลา-บาลา (8.40 ตารางกิโลเมตร) กลุ่มป่าพนมดงรัก-ผาแต้ม (8.81 ตารางกิโลเมตร) กลุ่มป่าชุมพร (11.11 ตารางกิโลเมตร) กลุ่มป่าภูพาน (13.54 ตารางกิโลเมตร) เป็นต้น อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาจาก AREA-AM พบว่าค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของขนาดหย่อมพื้นที่แสดงให้เห็นว่ากลุ่มป่าทั้ง 17 แห่งมีค่าเฉลี่ย 2631.64 ตารางกิโลเมตร (SD = 122.20) กลุ่มป่าตะวันตกมีขนาดหย่อมป่าเฉลี่ยขนาดใหญ่ที่สุดโดยมีค่าต่างจากกลุ่มป่าลำน้ำปาย-สาละวินที่เป็นลำดับที่สองอยู่ถึงร้อยละ 46 และกลุ่มป่าที่มีค่า AREA-AM รองลงไปได้แก่กลุ่มป่าดงพญาเย็น-เขาใหญ่ กลุ่มป่าศรีลานนา-ขุนตาล และกลุ่มป่าแก่งกระจาน ตามลำดับ โดยกลุ่มป่าที่มีค่า AREA-AM น้อยที่สุดห้าอันดับแรก ได้แก่ กลุ่มป่าฮาลา-บาลา กลุ่มป่าภูพาน กลุ่มป่าชุมพร กลุ่มป่าเขาหลวง และกลุ่มป่าพนมดงรัก-ผาแต้ม ตามลำดับ

GYRATE-AM กลุ่มป่าทั้ง 17 แห่งมีค่าเฉลี่ย GYRATE-AM 24,324 เมตร (SD = 12,220) กลุ่มป่าที่มีขอบเขตของพื้นที่ป่าแผ่ออกไปเป็นพื้นที่กว้างไกลมากที่สุดห้าอันดับแรกได้แก่ กลุ่มป่าตะวันตก (48,266 เมตร) กลุ่มป่าลำน้ำปาย-สาละวิน (45,091 เมตร) กลุ่มป่าดงพญาเย็น-เขาใหญ่ (44,839 เมตร) กลุ่มป่าศรีลานนา-ขุนตาล (3,7164 เมตร) และกลุ่มป่าแม่ปึงอมก้อย (26,240 เมตร) ตามลำดับ ขณะที่กลุ่มป่าที่มีค่า GYRATE-AM น้อยที่สุดห้าอันดับแรกได้แก่ กลุ่มป่าฮาลา-บาลา (7,623 เมตร) กลุ่มป่าภูพาน (11,286 เมตร) กลุ่มป่าเขาหลวง (12,307 เมตร) กลุ่มป่าชุมพร (16,179 เมตร) และกลุ่มป่าเขาบรทัด (18,553 เมตร)

SHAPE-AM ค่าเฉลี่ยทางด้านรูปร่างของหย่อมป่าทั้ง 17 กลุ่มป่าคือ 8.23 (SD = 3.52) โดยกลุ่มป่าที่ค่าดัชนีทางด้านรูปร่างที่ดีที่สุด (ค่าเข้าใกล้ 0) ได้แก่ กลุ่มป่าฮาลา-บาลา (4.34) กลุ่มป่าตะวันออก (5.07) กลุ่มป่าภูเขียว-น้ำหนาว (5.69) กลุ่มป่าภูพาน (5.86) และกลุ่มป่าเขาหลวง (5.94) ตามลำดับ ขณะที่กลุ่มป่าที่มีค่า SHAPE-AM มากที่สุดห้าอันดับแรกได้แก่ กลุ่มป่าลำน้ำปาย-สาละวิน (18.43) กลุ่มป่าศรีลานนา-ขุนตาล (13.39) กลุ่มป่าคลองแสง-เขาสก (11.07) กลุ่มป่าชุมพร (11.03) และกลุ่มป่าตะวันตก (8.21) ตามลำดับ

PROX-AM ค่าเฉลี่ยของดัชนีดังกล่าวมีค่า 9,718 (SD = 13,600) กลุ่มพื้นที่คุ้มครองที่ปรากฏค่าดังกล่าวมากที่สุดห้าอันดับแรกได้แก่ กลุ่มป่าตะวันตก (52,641) กลุ่มป่าคลองแสง-เขาสก (25,929) กลุ่มป่าแม่ปึง-อมก้อย (22,544) กลุ่มป่าศรีลานนา-ขุนตาล (14,745) และกลุ่มป่าภูเมียง-ภูทอง (14,004) ตามลำดับ และกลุ่มป่าที่มีค่า PROX-AM น้อยที่สุดห้าอันดับแรกได้แก่ กลุ่มป่าแก่งกระจาน (231) กลุ่มป่าฮาลา-บาลา (368) กลุ่มป่าชุมพร (911) กลุ่มป่าพนมดงรัก-ผาแต้ม (967) และกลุ่มป่าเขาหลวง (1,263) ตามลำดับ

ENN-AM ระยะทางเฉลี่ยที่ใกล้ที่สุดของหย่อมป่าที่ปรากฏอยู่ในพื้นที่กลุ่มป่าทั้ง 17 แห่งมีค่าเฉลี่ย 456

เมตร (SD = 233) กลุ่มป่าที่มีระยะทางเฉลี่ยระหว่างหย่อมป่ามากที่สุดห้าอันดับแรก ได้แก่ กลุ่มป่าภูพาน (960 เมตร) กลุ่มป่าภูเขียว-น้ำหนาว (879 เมตร) กลุ่มป่าแก่งกระจาน (806 เมตร) กลุ่มป่าตะวันออก (707 เมตร) และกลุ่มป่าฮาลา-บาลา (502 เมตร) กลุ่มป่าที่มีแนวโน้มน้อยที่สุดห้าอันดับแรกได้แก่ กลุ่มป่าชุมพร (227 เมตร) กลุ่มป่าพนมดงรัก-ผาแต้ม (267 เมตร) กลุ่มป่าลำน้ำปาย-สาละวิน (270 เมตร) กลุ่มป่าภูเมียง-ภูทอง (292 เมตร) และกลุ่มป่าตะวันตก (299 เมตร) ตามลำดับ เมื่อพิจารณาจากค่า ENN-AM ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักระยะทางระหว่างหย่อมป่าที่ใกล้ที่สุดหากมีค่าระยะทางมากแสดงให้เห็นว่ากลุ่มป่านั้นมีแนวโน้มน้อยที่ประกอบไปด้วยหย่อมป่าที่แยกตัวโดดเดี่ยวออกไปจากหย่อมป่าอื่นๆ ค่า ENN-AM ของทั้ง 17 กลุ่มป่ามีค่าเฉลี่ย 292 เมตร (SD = 156) พบว่ากลุ่มป่าที่มีแนวโน้มน้อยว่าหย่อมป่ามีการแยกตัวออกไปสูงสุดได้แก่ กลุ่มป่าตะวันออกและรองลงไปได้แก่กลุ่มป่าแม่ปึง-อมก้อย กลุ่มป่าภูพาน กลุ่มป่าศรีลานนา-ขุนตาล และกลุ่มป่าภูเขียว-น้ำหนาว ตามลำดับ ขณะที่กลุ่มป่าที่มีการกระจายตัวใกล้ชิดกันมากที่สุดได้แก่ กลุ่มป่าชุมพร กลุ่มป่าตะวันตก กลุ่มป่าดงพญาเย็น-เขาใหญ่ กลุ่มป่าพนมดงรัก-ผาแต้ม และกลุ่มป่าคลองแสง-เขาสก ตามลำดับ

ECON-AM ค่าดัชนีความแตกต่างระหว่างหย่อมป่าและขอบของหย่อมป่าของกลุ่มป่าทั้ง 17 แห่งมีความผันแปรแตกต่างกันไม่มากนัก มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 55.92 (SD = ร้อยละ 9.86) กลุ่มป่าที่ปรากฏค่า ECON-AM สูงส่วนใหญ่พบอยู่ทางภาคใต้และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยกลุ่มป่าห้าอันดับแรกที่มีค่าความขัดแย้งสูงสุดได้แก่ กลุ่มป่าเขาบรทัด กลุ่มป่าคลองแสง-เขาสก กลุ่มป่าเขาหลวง กลุ่มป่าชุมพร และกลุ่มป่าดงพญาเย็น-เขาใหญ่ ตามลำดับ ขณะที่กลุ่มป่าที่มีค่าความขัดแย้งน้อยที่สุดห้าอันดับแรกได้แก่ กลุ่มป่าแม่ปึง-อมก้อย กลุ่มป่าดอยภูคา-แม่ยม กลุ่มป่าตะวันออก กลุ่มป่าลุ่ม

น้ำป่าย-สาละวิน และกลุ่มป่าภูเขาเขียว-น้ำหนาวตามลำดับ เห็นได้ว่าค่าของ ECON-AM และ CAP มีความสัมพันธ์ในเชิงตรงกันข้ามกัน

จากค่าดัชนีภูมิภาพทั้งหมด 9 ตัว ทำการแปลงค่าให้อยู่ในรูปของร้อยละเชิงเปรียบเทียบและทำการหาค่าคะแนนเฉลี่ยจากค่าดัชนีภูมิภาพทั้งหมดเพื่อนำไปจัดลำดับความสำคัญของกลุ่มป่าทางบกของประเทศไทย (Figure 2) พบว่าเมื่อพิจารณาทางด้านความสำคัญของโครงสร้างสังคมพืชคลุมดินแล้ว กลุ่มป่าที่มีความสำคัญอย่างยิ่งมากกว่ากลุ่มป่าอื่นๆ คือ กลุ่มป่าตะวันตก (89.45) ขณะที่กลุ่มป่าที่มีลำดับความสำคัญมากได้แก่ กลุ่มป่า

แม่ปิง-อมก๋อย (66.53) กลุ่มป่าลำน้ำป่าย-สาละวิน (64.66) กลุ่มป่าภูเมียง-ภูทอง (64.16) กลุ่มป่าภูเขาเขียว-น้ำหนาว (63.72) กลุ่มป่าดงพญาเย็น-เขาใหญ่ (62.56) กลุ่มป่าดอยภูคา-แม่ม่ม (61.52) กลุ่มป่าศรีลานนา-ขุนตาล (61.18) กลุ่มป่าแก่งกระจาน (60.96) ตามลำดับ กลุ่มป่าที่มีความสำคัญปานกลาง ได้แก่ กลุ่มป่าตะวันออก (49.57) กลุ่มป่าคลองแสง-เขาสก (46.51) กลุ่มป่าภูพาน (44.54) กลุ่มป่าพนมดงรัก-ผาแต้ม (42.37) ตามลำดับและกลุ่มป่าที่มีความสำคัญน้อย ได้แก่ กลุ่มป่าเขาหลวง (35.84) กลุ่มป่าชุมพร (34.83) กลุ่มป่าฮาตา-บาลา (34.19) และกลุ่มป่าเขาบรรทัด (32.18) ตามลำดับ

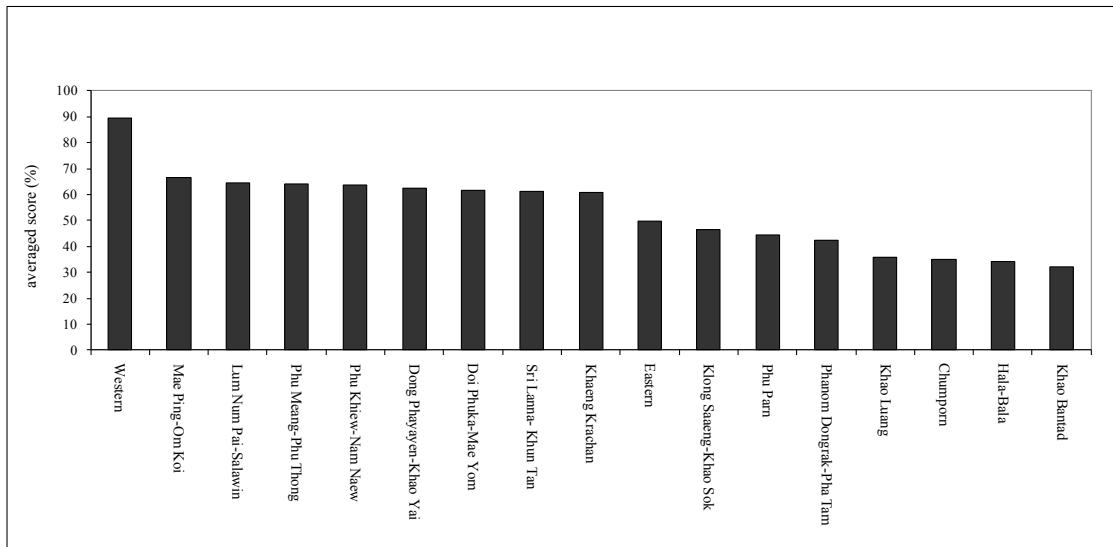


Figure 2 The prioritization of importance among the 17 terrestrial forest complexes.

สังเกตได้ว่าดัชนีภูมิภาพที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ มีค่าผันแปรไปตามลักษณะโครงสร้างของห่อมสังคมพืชคลุมดินที่ให้ความสนใจ ซึ่งกลุ่มป่าต่างๆ อาจมีค่าดัชนีภูมิภาพบางตัวมีค่ามากและในเวลาเดียวกันดัชนีภูมิภาพบางปัจจัยอาจมีค่าน้อย เช่นกลุ่มป่าภูเขาเขียว-น้ำหนาวเป็นกลุ่มป่าที่มีความหลากหลายของระบบนิเวศสูง แต่พื้นที่กลับมีระดับการแตกกระจายเป็นห่อมป่าสูง (ค่า SHDI สูง ขณะที่ค่า AREA-AM และ PROX-AM ต่ำ) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Neel *et al.*

(2004) และ Cushman *et al.* (2008) และที่พบว่า มีความจำเป็นในต้องใช้ดัชนีภูมิภาพจำนวนหลายตัวเพื่ออธิบายความผันแปรของโครงสร้างทางภูมิภาพ อย่างไรก็ตามบางดัชนีภูมิภาพนั้นอาจอธิบายถึงคุณลักษณะเชิงพื้นที่ของห่อมพื้นที่ซ้ำซ้อนกัน (redundancy) ฉะนั้นการเลือกใช้ดัชนีภูมิภาพควรกระทำด้วยความเข้าใจถึงพื้นฐานของดัชนีอย่างแท้จริง

สรุป

1. การศึกษานี้ได้ทำการจัดลำดับความสำคัญของกลุ่มป่าโดยใช้ค่าดัชนีภูมิภาพประเภทต่างๆ เพื่อศึกษาโครงสร้างทางด้านภูมิภาพตามสภาพสังคมพืชคลุมดินอันเป็นเครื่องมือเชิงปริมาณเพื่อช่วยในการตัดสินใจ การประยุกต์ใช้ดัชนีภูมิภาพจำนวนหลายตัวเป็นสิ่งที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ เนื่องจากไม่มีดัชนีเฉพาะหนึ่งๆ ที่สามารถบอกรายละเอียดของโครงสร้างเชิงพื้นที่ได้อย่างสมบูรณ์ทุกด้าน ด้วยเหตุนี้จึงมีความจำเป็นต้องใช้ดัชนีที่หลากหลายมาช่วยในการตัดสินใจ เช่น GYRATE มีค่ามากบ่งบอกถึงกลุ่มป่านั้นๆ มีการแผ่ขยายอาณาเขตไปอย่างกว้างขวาง แต่ไม่ได้หมายความว่ากลุ่มป่าดังกล่าวจะประกอบไปด้วยหย่อมป่าที่มีขนาดใหญ่ด้วย หรือมีรูปร่างที่เหมาะสมต่อการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ จำเป็นต้องพิจารณาดัชนีภูมิภาพประเภทอื่นๆ ร่วมไปพร้อมๆ กัน

2. จากผลการจัดลำดับความสำคัญโดยใช้เกณฑ์ทางด้านสังคมพืชคลุมดิน พบว่ากลุ่มป่าตะวันตกจัดเป็นกลุ่มป่าที่มีความสำคัญที่สุดเนื่องจากเป็นกลุ่มป่าที่มีพื้นที่ป่าต่อเนื่องเป็นผืนขนาดใหญ่และมีความหลากหลายของสภาพสังคมพืชสูง โดยทั่วไปกลุ่มป่าที่อยู่ทางภาคใต้และภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีลำดับความสำคัญที่น้อยกว่ากลุ่มป่าที่อยู่ในภาคเหนือและภาคตะวันตกอย่างชัดเจน เนื่องจากมีจำนวนหย่อมป่าจำนวนมาก และมักมีขนาดเล็กและเวดล้อมไปด้วยพื้นที่เกษตรกรรม

3. การจัดลำดับความสำคัญของกลุ่มป่าในครั้งนี้มีข้อจำกัดบางประการ เนื่องจากการศึกษานี้ยังมิได้มีการให้ความสำคัญของกลุ่มป่าในฐานะการเป็นถิ่นที่อาศัยของสัตว์ป่า สังคมพืชที่หายากหรือกำลังหมดไปจากประเทศไทย และมีได้พิจารณาถึงพื้นที่อนุรักษ์ของประเทศเพื่อนบ้านที่อยู่ติดกัน จึงเห็นได้ว่าการจัดลำดับความสำคัญของกลุ่มป่าในครั้งนี้เหมาะสมต่อการพิจารณาการจัดการพื้นที่คุ้มครองทางธรรมชาติเฉพาะ

ในแง่การอนุรักษ์ความหลากหลายของระบบนิเวศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการอนุรักษ์พืชพรรณต่างๆ ที่ปรากฏในระบบนิเวศป่าไม้ต่างๆ ของประเทศไทยเท่านั้น การศึกษาการจัดลำดับความสำคัญของกลุ่มป่าในแง่ของการเป็นถิ่นที่อาศัยของสัตว์ป่าหรือการเป็นสังคมพืชที่หายากจึงควรมีการดำเนินการต่อไป

4. ในทางกลับกันลำดับความสำคัญของกลุ่มป่าเป็นภาพสะท้อนถึงภัยคุกคามที่กำลังปรากฏอยู่ในกลุ่มป่าต่างๆ ในปัจจุบัน ในทางการจัดการพื้นที่คุ้มครองสามารถนำค่าดัชนีต่างๆ แต่ละปัจเจกมาเป็นเครื่องมือในการระบุปัญหาและกำหนดมาตรการในการตัดสินใจเพื่อแก้ปัญหาที่ปรากฏ รวมถึงการกำหนดแผนการจัดการเชิงภูมิภาพ (landscape planning) ในพื้นที่กลุ่มป่าแต่ละแห่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- รองลาภ สุขมาสรวง. 2546. นิเวศวิทยาและประชากรของช้างป่าในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง. *วารสารสัตว์ป่าเมืองไทย*. 11(1): 13-36.
- สำนักเลขาธิการคณะกรรมการพิจารณาการดำเนินงานเกี่ยวกับความหลากหลายทางชีวภาพด้านป่าไม้. 2542. *กลุ่มป่าที่สำคัญในประเทศไทย: Forest Complexes in Thailand*. สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและกรมป่าไม้. กรุงเทพฯ.
- Cushman, S. A., K. McGarigal, M. C. Neel. 2008. Parsimony in Landscape Metrics: Strength, Universality, and Consistency. *Ecological Indicators*. 8: 691-703.
- ESRI. 2002. *ArcGIS Desktop: Release 8.3*. Environmental Systems Research Institute, Inc., Redlands, CA.
- Fahrig, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 34:487-515.
- Hierl L. A., J. Franklin, D. H. Deutschman, H. M. Regan and B. S. Johnson. 2008. Assessing

- and Prioritizing Ecological Communities for Monitoring in a Regional Habitat Conservation Plan. **Environmental Management**. 42: 165-179.
- Leitão A. B. and J. Ahern. 2002. Applying Landscape Ecological Concepts and Metrics in Sustainable Landscape Planning. *Landscape and Urban Planning* vol 59, 65-93.
- Leitão A. B., Miller, J., Ahern, J. and K. McGarigal. 2006. **MEASURING LANDSCAPES: A Planner's Handbook**. Island Press, Washington, DC. 245 pp.
- Malczewski, J. 1999. **GIS and Multicriteria Decision Analysis**. John Wiley & Sons, Inc. NY.
- Margules, C. R. and R. L. Pressey. 2000. Systematic conservation planning. *Nature*. 405: 243-253.
- McGarigal, K., S. A. Cushman, M. C. Neel, and E. Ene. 2002. **FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps**. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. Available at the following web site: <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>, May 15, 2010.
- Neel, M. C., K McGarigal and S. A. Cushman. 2004. Behavior of Class-level Landscape metrics across gradients of class aggregation and area. **Landscape Ecology**. 19: 435-455.
- Ribeiro, M. C., J. P. Metzger, A. C. Martensen, F. J. Ponzoni and M. M. Hirota. 2009. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**. 142: 1141-1153.
- Sundell-Turner, N. M. and A. D. Rodewald. 2008. A Comparison of Landscape Metrics for Conservation Planning. **Landscape and Urban Planning**. 86 (3-4): 219-225.
- Turner, T. G., R. H. Gardner and R. V. O'Neill. 2001. **Landscape Ecology in Theory and Practice: Pattern and Process**. Springer-Verlag Inc., New York.
-