

05

แบบแผนปริภูมิเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการ บริการระบบนิเวศของเมืองชายฝั่งจังหวัดกระบี่ LANDSCAPE SPATIAL PATTERN FOR ENHANCING ECOSYSTEM SERVICES OF KRABI CITY

อลิษา สหวัชรินทร์^{a,✉} เพ็ญใจ สมพงษ์ชัยกุล^b และ ดนัย ทายตะคุ^c

^aสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

^bภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

^cภาควิชาภูมิสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Alisa Sahavacharina^{a,✉} Penjai Sompongchaiyakulb and Danai Thaitakoooc

^aInterdisciplinary Program in Environmental Science, Graduate School, Chulalongkorn University

^bDepartment of Marine Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University

^cDepartment of Landscape Architecture, Faculty of Architecture, Chulalongkorn University

✉ alisa_landtect@hotmail.com

วันที่รับ (received) 20 พ.ย.2562 วันที่แก้ไขเสร็จ (revised) 30 ม.ค. 2563 วันที่ตอบรับ (accepted) 4 ก.พ. 2562

บทคัดย่อ

การประเมินศักยภาพการบริการระบบนิเวศ จากรูปแบบโครงสร้างภูมิทัศน์เมืองกระบี่ เป็นการศึกษาคูณภาพสิ่งแวดล้อมเมืองชายฝั่งโดยใช้หลักการภูมินิเวศวิทยา มาวิเคราะห์แบบแผนปริภูมิของเมืองชายฝั่ง มุ่งศึกษาความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของเมืองและพื้นที่บริบทรอบเมือง โดยแบบแผนปริภูมิเป็นแบบจำลองภูมิทัศน์ที่ง่ายต่อความเข้าใจเพิ่มประสิทธิภาพในการสื่อสาร การวิเคราะห์และวางแผนระบบนิเวศชายฝั่งที่มีความซับซ้อนอย่างยิ่ง โดยแยกองค์ประกอบทางภูมิทัศน์มาอธิบายด้วยตัวแทน คือ 3 องค์ประกอบสำคัญได้แก่ ระบบน้ำ ระบบสังคมพืช และระบบเมือง เริ่มด้วยการแปลภาพถ่ายดาวเทียม การวิเคราะห์โครงสร้างภูมิทัศน์ ศักยภาพและข้อจำกัดของการบริการระบบนิเวศ นำเสนอและประเมินผังภูมินิเวศ 4 รูปแบบ ได้แก่ พัฒนาผืนระบบนิเวศ พัฒนาทางเชื่อมนิเวศ พัฒนาเป็นโครงข่าย และพัฒนาแบบองค์รวม ที่จะสามารถประยุกต์ใช้กับภูมิภาคเมืองชายฝั่ง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบริการระบบนิเวศ ภูมิภาคเมืองชายฝั่ง ช่วยบรรเทาความรุนแรงของภัยธรรมชาติ ลดความขัดแย้งจากการใช้ประโยชน์พื้นที่ และรับมือกับความไม่แน่นอนของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

คำสำคัญ : การบริการระบบนิเวศ แบบแผนปริภูมิเมืองชายฝั่ง ผังภูมินิเวศ

Abstract

Assessing the potential of ecosystem services from the landscape structure of the Krabi urban region is a study of environmental quality, using ecological principles to analyze the spatial pattern of the coastal city. The research objective is to study spatial interrelation between city and their surroundings. Landscape spatial pattern is an easy-to-understand format of communication efficiency for the analysis and planning of the complex coastal ecosystem. The research method is interpreted satellite imagery by separating the landscape elements described by the 3 key elements: water system, vegetation system, and built-up system. Then, analyzing the landscape structure, potentials and constrains of ecosystem services, and presenting 4 ecological landscape patterns: ecological patches, ecological corridor, ecological network, and ecological matrix. Each alternative can be applied to the coastal city region to enhance the ecosystem services. So, coastal city can mitigate the severity of natural disasters, reduce the conflict of spatial utilization and cope with the uncertainty of climate change.

Keywords : Ecosystem services, Spatial pattern, Urban region, Coastal city, Landscape ecological plan

บทนำ

กระบี่เป็นเมืองชายฝั่งมีศูนย์กลางตั้งอยู่บริเวณปากแม่น้ำกระบี่ ตัวเมืองล้อมรอบด้วยผืนป่าชายเลนขนาดใหญ่ ริมฝั่งทะเลอันดามัน พื้นที่เมืองและระบบนิเวศพื้นที่ชุ่มน้ำชายฝั่งโดยรอบเมืองอยู่ในพื้นที่ที่ได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีความสำคัญระดับนานาชาติ ในช่วง 2 ศตวรรษที่ผ่านมา เมืองกระบี่เติบโตอย่างรวดเร็วจากการส่งเสริมการท่องเที่ยว และทำให้ป่าชายเลนและระบบนิเวศชายฝั่งถูกคุกคามจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน โดยที่จังหวัดกระบี่มีแนวโน้มการท่องเที่ยวสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในปี พ.ศ. 2556 มีรายได้จากการท่องเที่ยวมากกว่า 60,000 ล้านบาท ในปี พ.ศ. 2561 รายได้รวมเพิ่มเท่าตัวเป็น 120,000 ล้านบาท หรือเป็นอันดับ 4 ของประเทศ อีกทั้งเมืองกระบี่เป็นเมืองขนาดกลางที่ถูกระบุในยุทธศาสตร์ชาติให้เป็นเป้าหมายในการพัฒนาในช่วงปีที่ 16 - 20 (พ.ศ. 2575 - 2580) ซึ่งหากการพัฒนาที่ดำเนินต่อไปโดยขาดการวิเคราะห์และวางแผนโดยคำนึงถึงสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจและสังคมตามแนวทางการพัฒนาที่ยั่งยืนแล้ว อาจทำให้ระบบนิเวศชายฝั่งบริเวณปากแม่น้ำกระบี่นี้ถูกทำลายลงจนไม่สามารถฟื้นฟูกลับมาได้ และมีผลต่อเนื่องถึงการบริการระบบนิเวศชายฝั่งอันดามันในระดับภูมิภาคต่อไป

การบริการระบบนิเวศ (ecosystem services) คือประโยชน์ที่มนุษย์ได้จากระบบนิเวศทั้งประโยชน์ทางตรงและประโยชน์ทางอ้อม เป็นแนวคิดที่พัฒนาโดยนักเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อม เพื่อประเมินประโยชน์ของสิ่งแวดล้อมให้สามารถเปรียบเทียบคุณค่าของทรัพยากรที่สูญเสียไปเป็นมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ได้ ในการประเมินระบบนิเวศแห่งสหัสวรรษ (millennium ecosystem assessment) ได้นิยามการบริการระบบนิเวศโดยแบ่งออกเป็น 4 ประเภท คือ 1) บริการด้านการเป็นแหล่งผลิต (provisioning services) หมายถึง การให้บริการวัตถุดิบในการผลิต เช่น น้ำสะอาด แร่ธาตุ แหล่งอาหาร ไม้ เชื้อเพลิง และวัตถุดิบอื่น ๆ เป็นต้น 2) บริการด้านการควบคุม (regulating services) หมายถึง การควบคุมปรากฏการณ์และกระบวนการทางธรรมชาติของระบบนิเวศ เช่น การควบคุมสภาพภูมิอากาศ การป้องกันกักตุนคาร์บอน การป้องกันน้ำท่วม และการป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน เป็นต้น 3) บริการด้านการสนับสนุน (supporting services) หมายถึง กระบวนการทางธรรมชาติที่สนับสนุนบริการอื่น ๆ เช่น เป็นแหล่งธาตุอาหาร เป็นจุดเริ่มต้นของห่วงโซ่อาหาร และเป็นแหล่งที่อยู่ของสัตว์วัยอ่อน เป็นต้น และ 4) บริการด้านวัฒนธรรม (cultural services) หมายถึง ประโยชน์ทางนามธรรมที่ช่วยดำรงคุณค่าทางสังคมและวัฒนธรรม เช่น ประเพณี การพักผ่อนหย่อนใจ ความเพลิดเพลินจากความงามของธรรมชาติ เป็นต้น ซึ่งการบริการทั้ง 4 ด้าน เชื่อมโยงถึงความเป็นอยู่ที่ดีของมนุษย์ (human well-being)

ปัจจุบันหลักการประเมินประสิทธิภาพสิ่งแวดล้อมโดยการบริการระบบนิเวศ (Millennium Ecosystem Assessment, 2005) เป็นที่ยอมรับและมีการศึกษาอย่างแพร่หลาย เช่น การบริการระบบนิเวศของพื้นที่ป่า พื้นที่เกษตร พื้นที่ชุ่มน้ำ ป่าชายเลน แนวปะการัง เป็นต้น แต่ส่วนใหญ่เป็นการประเมินระบบนิเวศบนบก (Bueren, Bohemen, & Visscher, 2012) และระบบนิเวศทางทะเล (Mega, 2016; Nagelkerken, 2009) มีเพียงส่วนน้อยที่ศึกษาระบบนิเวศชายฝั่ง (Molnar, Clarke-Murray, Whitworth & Tam, 2009) ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด และการคุกคามต่อสภาพแวดล้อมชายฝั่งจะเพิ่มความรุนแรงมากขึ้นเนื่องจากการเจริญเติบโตของอุตสาหกรรมและการขยายตัวของเมืองชายฝั่งที่ไม่ได้มีการวางแผนและจัดการผ่านแนวทางการพัฒนาที่ยั่งยืน

การบริการระบบนิเวศทางธรรมชาติมีมากมายและล้วนมีประโยชน์ต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม การขยายตัวของเมืองจากการเพิ่มขึ้นของประชากรคนเมือง และความต้องการใช้ประโยชน์พื้นที่ของมนุษย์ โดยเฉพาะเมืองชายฝั่งได้ทำลายทรัพยากรอันมีคุณค่า ขยายเมืองเข้าไปแทนที่ระบบนิเวศทางธรรมชาติ และลด

ประสิทธิภาพการบริการระบบนิเวศของพื้นที่สูง (Nordenson, Nordenson & Chapman, 2018) แต่ในพื้นที่เมืองยังคงมีพื้นที่ว่างที่แทรกอยู่ในเนื้อเมืองอย่างเปล่าประโยชน์ หากสามารถนำพื้นที่เหล่านั้นมาพัฒนาตามศักยภาพของภูมิทัศน์ในการพัฒนารูปแบบของระบบนิเวศในเมือง (urban ecosystem) จะลดความขัดแย้งเชิงพื้นที่ระหว่างเมืองและระบบนิเวศทางธรรมชาติอื่น ๆ ให้เมืองสามารถเจริญเติบโตอย่างมีคุณภาพพร้อมกับสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ได้อย่างยั่งยืน

การประเมินศักยภาพการบริการระบบนิเวศจากรูปแบบโครงสร้างภูมิทัศน์เป็นการศึกษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมโดยใช้หลักการภูมินิเวศวิทยา (landscape ecology) มาวิเคราะห์แบบแผนปริภูมิ (spatial pattern) ของพื้นที่เมืองและบริบทเมืองชายฝั่ง ซึ่งภูมินิเวศวิทยา เป็นการศึกษาความสัมพันธ์เชิงระบบจากข้อมูลการสำรวจระยะไกล ในเชิงพื้นที่และเชิงเวลา (spatial and temporal) จาก 3 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ โครงสร้าง บทบาทหน้าที่ และการเปลี่ยนแปลง โดยมีลักษณะโครงสร้างของแบบแผนปริภูมิ ประกอบด้วย ผืนหรือหย่อมนิเวศ (patch) ทางเชื่อมนิเวศ (corridor) โครงข่ายนิเวศ (network) และ บริบทนิเวศ (matrix) โดยมีคุณลักษณะทางกายภาพ (characteristics) ที่แตกต่างกันในแง่ลักษณะองค์ประกอบภูมิทัศน์ (composition) และคุณลักษณะทางกายภาพขององค์ประกอบ (configuration) ได้แก่ จำนวน ขนาด รูปร่าง ตำแหน่งที่ตั้ง ซึ่งคุณลักษณะทางกายภาพของแบบแผนปริภูมิมีผลต่อบทบาทหน้าที่ และการบริการระบบนิเวศ (Forman & Godron, 1986)

แบบแผนปริภูมิแต่ละรูปแบบมีบทบาทหน้าที่ คุณลักษณะทางกายภาพแตกต่างกัน ผืนนิเวศ มีบทบาทหน้าที่ในการเป็นที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิต มีคุณลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างด้วย ขนาด รูปร่าง ตำแหน่งที่ตั้ง ทิศทางการจัดวางระยะห่างระหว่างกัน และความแตกต่างกับบริบท ทางเชื่อมนิเวศ มีบทบาทหน้าที่เป็นที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิต เป็นเส้นทางส่งต่อ เคลื่อนย้าย เป็นตัวปิดกั้น คัดกรอง เป็นแหล่งรวบรวม และกระจายต่อ (Forman & Godron, 1984) มีคุณลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างด้วยขนาด ความกว้าง ลักษณะทางกายภาพ และความต่อเนื่อง โครงข่ายนิเวศ มีบทบาทหน้าที่ในการเป็นเส้นทางเคลื่อนย้ายของสิ่งมีชีวิต เชื่อมโยงระบบ เป็นที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งควบคุมการไหลเวียนสสาร พลังงาน มีคุณลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างด้วยขนาด ความกว้าง ลักษณะทางกายภาพ ความต่อเนื่อง และระบบโครงข่าย และบริบทนิเวศ มีบทบาทหน้าที่ในการเป็นที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งควบคุมการไหลเวียนสสาร พลังงานในระบบ เชื่อมโยงภาพรวมของทั้งพื้นที่ มีคุณลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างด้วยขนาด การกระจายตัว ความหนาแน่น ความแตกกระจาย ความโดดเดี่ยว และความต่อเนื่อง

ในงานนี้มุ่งศึกษาความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของเมืองและพื้นที่ที่บริบทรอบเมือง หรือภูมิภาคเมือง (urban region) ที่ประกอบไปด้วยเขตเมืองหลักที่อยู่เป็นศูนย์กลาง เขตพื้นที่ชานเมืองที่เป็นเมืองขยายออก รอบ ๆ พื้นที่เขตเมือง และพื้นที่สีเขียวลักษณะเป็นวงแหวนโดยรอบเมือง ซึ่งอาจเป็นพื้นที่เกษตรกรรมหรือพื้นที่ธรรมชาติมีลักษณะไม่เป็นเนื้อเดียวกัน (mosaic) และมีกลุ่มชุมชนย่อย ๆ กระจายตัวอยู่ พื้นที่สีเขียวที่ปกคลุมด้วยพืช และพื้นที่ที่ปกคลุมด้วยน้ำ มีบทบาทหน้าที่หลายประการที่สำคัญต่อการดำรงอยู่ของระบบนิเวศและคุณภาพชีวิตมนุษย์ ซึ่งพื้นที่เหล่านี้จะสามารถจำแนกและวิเคราะห์คุณลักษณะได้จากการแปลภาพถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายดาวเทียม บริบททางธรรมชาติที่แตกต่างกันระหว่างบกและทะเลเป็นทั้งข้อจำกัดในการขยายเมือง และเป็นศักยภาพในการบริการระบบนิเวศจากความหลากหลายของทรัพยากร เมืองและภูมิภาคเมืองชายฝั่งจะคงอยู่ได้อย่างยั่งยืนต้องประกอบไปด้วยเมืองและระบบภูมิทัศน์โดยรอบเมือง ที่มีบทบาทหน้าที่ในการบริการระบบนิเวศที่เชื่อมโยงประโยชน์ซึ่งกันและกัน

การเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมกับประสิทธิภาพการบริการระบบนิเวศชายฝั่ง

การเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมโดยกิจกรรมมนุษย์ เป็นการเปลี่ยนแปลงลักษณะการใช้ที่ดินในเชิงการใช้ประโยชน์และในเชิงโครงสร้าง เป็นการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบภูมิทัศน์บริเวณชายฝั่งทะเลที่ประกอบด้วยระบบนิเวศที่หลากหลายครอบคลุมทั้งแหล่งที่อยู่อาศัยบนบกและทางทะเล ได้แก่ เนินทราย ป่าชายหาด พื้นที่ชุ่มน้ำชายฝั่ง ป่าชายเลน หาดโคลน หาดหิน ปากแม่น้ำ ชะวากทะเล อ่าว รวมทั้ง แหล่งหญ้าทะเล และปะการัง เป็นการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ธรรมชาติให้เป็นพื้นที่ประเภทอื่น ๆ จากการตัดถางทำลายพืชพันธุ์ปกคลุมดิน การทำลายพื้นที่แหล่งน้ำและพื้นที่ชุ่มน้ำ การขยายตัวของพื้นที่ลาดเชิงและสิ่งก่อสร้าง

การบริการระบบนิเวศชายฝั่งโดยรวมทั้ง 4 ด้าน ลดลงอย่างมากจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและการขยายตัวของเมือง (ตารางที่ 1) ป่าชายเลน และพื้นที่ชุ่มน้ำชายฝั่งถูกทำลายอย่างรวดเร็ว บางส่วนถูกเปลี่ยนเป็นแหล่งเก็บน้ำจืดที่ตัดความเชื่อมต่อกับทะเล พื้นที่ชุ่มน้ำเทียม หรือกลายสภาพเป็นพื้นที่บึงจากภัยคุกคามที่เพิ่มขึ้นของกิจกรรมมนุษย์ พื้นที่ชุ่มน้ำส่วนใหญ่ถูกระบายน้ำออกและถูกถมให้กลายเป็นพื้นที่สำหรับเกษตร อุตสาหกรรม หรือแม้แต่ที่อยู่อาศัย นอกจากการคุกคามจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินแล้ว พื้นที่ชุ่มน้ำชายฝั่งยังมีความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลด้วยการสูญเสียป่าชายเลนและพื้นที่ชุ่มน้ำชายฝั่ง มีผลต่อเนื่องมากมายต่อสภาพแวดล้อมชายฝั่ง เนื่องจากป่าชายเลนและพื้นที่ชุ่มน้ำชายฝั่งเป็นหนึ่งในระบบนิเวศที่เป็นแหล่งสะสมคาร์บอนมากที่สุด

การสูญเสียระบบนิเวศชายฝั่งมีผลต่อความสามารถในการสลายกำลังคลื่นซัดฝั่ง เพิ่มอัตราการพัดพาของตะกอนชายฝั่ง ลดเสถียรภาพและความมั่นคงของแนวชายฝั่ง (Hauser et al., 2017) เพิ่มความเสียหายที่เกิดจากพายุ (Barbier, 2015; Rao, Ghermandi, Portela & Wang, 2015) และสินไหม (Tanaka & Onai, 2017) อีกทั้งโครงสร้างอาคารสูงบนพื้นที่ชายฝั่งไปเปลี่ยนแปลงทิศทางและความแรงของลมตามธรรมชาติ (Hernández-Cordero, Hernández-Calvento & Espino, 2017)

การลดลงของพื้นที่ชุ่มน้ำชายฝั่งสร้างผลกระทบโดยตรงคือการสูญเสียพืชพันธุ์พื้นถิ่นและความหลากหลายทางชีวภาพ การที่พืชพันธุ์ทางธรรมชาติถูกทำลายเป็นการทำลายแหล่งที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตและเป็นการตัดขาดระบบนิเวศที่เคยเชื่อมต่อกัน และทำให้ความหลากหลายของชนิดพันธุ์พื้นถิ่นลดลงเนื่องจากป่าโกงกางและพื้นที่ชุ่มน้ำชายฝั่งมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งในการเป็นแหล่งเพาะพันธุ์และอนุบาลสัตว์ทะเล และเป็นแหล่งที่อาศัยสำหรับนกอพยพ และแหล่งที่อยู่ของชนิดพันธุ์พื้นถิ่น

พื้นที่บริเวณชายฝั่งทั่วโลกถูกปกคลุมด้วยพื้นผิวลาดเชิงและพื้นที่เมือง ผลของการพัฒนามีบทบาทสำคัญในการทำให้เกิดน้ำท่วม (Barbedo, Miguez, Van der Horst & Marins, 2014) พื้นที่ที่ปูด้วยวัสดุที่น้ำซึมผ่านลงไปได้ไม่ได้ เช่น พื้นผิวยางมะตอย คอนกรีต อิฐ หิน รวมทั้งหลังคาสิ่งก่อสร้าง กระบวนการก่อสร้างบดอัดดินจนแน่นและปิดกั้นการไหลของน้ำลงดิน ทำให้น้ำฝนและน้ำผิวดินไม่สามารถแทรกซึมและลงไปได้ น้ำบาดาลตามวัฏจักรน้ำตามธรรมชาติได้ ความสามารถในการรับน้ำของแม่น้ำลำคลองไม่สามารถรับมือกับความรุนแรงและปริมาณของน้ำผิวดินที่เพิ่มปริมาณมากขึ้นได้โดยเฉพาะในช่วงเวลาพายุฝนตกหนัก ซึ่งเป็นการเพิ่มความรุนแรงและความถี่ของการเกิดอุทกภัย น้ำที่ไหลลงบนพื้นผิวเมืองจะพัดพามลพิษที่ตกค้างในเขตเมืองลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ผ่านเครือข่ายแม่น้ำ ทะเลสาบ และพื้นที่ชุ่มน้ำ ก่อนไหลลงสู่ทะเล การปนเปื้อนมลพิษของน้ำผิวดินนี้มีผลกระทบมากมายต่อทั้งสัตว์น้ำ พืชพันธุ์ รวมถึงผู้คนด้วย การศึกษาระบบนิเวศแหล่งน้ำระบุว่าหากในลุ่มน้ำมีพื้นที่ลาดเชิงมากกว่าร้อยละ 10 ของพื้นที่ คุณภาพของแหล่งน้ำและระบบนิเวศในลุ่มน้ำนั้นจะเสื่อมโทรมอย่างรุนแรง (Beach, 2002) พื้นที่เมืองหนาแน่นที่ถูกปกคลุมด้วยพื้นที่ลาดเชิงเหล่านี้ ในช่วงกลางวันจะสะสมความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์และปลดปล่อยความร้อนออกสู่บรรยากาศเมืองในเวลากลาง

คืน หรือเรียกว่าปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเมือง ที่ทำให้ความต้องการการใช้พลังงานในเมืองเพิ่มมากขึ้น (Utz, Hilderbrand & Raesly, 2010) นอกจากนี้ น้ำผิวดินที่มีอุณหภูมิสูงขึ้นจากความร้อนที่สะสมในพื้นที่ผิวดิน จะทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในแหล่งน้ำลดลง มีผลต่อคุณภาพของน้ำในแหล่งน้ำและต่อเนื่องถึงสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ (Elmore & Kaushal, 2008) พื้นที่ผิวดาดแข็งยังไปปิดกั้นการไหลเวียนอากาศในดิน ทำให้รากต้นไม้ขาดอากาศ ต้นไม้ใหญ่ในเมืองจึงไม่สามารถให้ร่มเงาหรือช่วยลดอุณหภูมิในเมืองได้ การขยายตัวของเขตเมืองออกพื้นที่ชนเมืองไปแทนที่พื้นที่เกษตรกรรมที่เป็นแหล่งผลิตอาหาร ข้อนทับลงบนพื้นที่สีเขียว ทำลายโครงข่ายการไหลของทางน้ำ ลดผลผลิตของระบบนิเวศและรบกวนการหมุนเวียนคาร์บอนในสิ่งแวดล้อม อีกทั้งปริมาณไนโตรเจนในสิ่งแวดล้อมเพิ่มมากขึ้นถึงร้อยละ 33 - 55 จากกิจกรรมการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยมนุษย์ (Howarth, 2008) และสารอาหารส่วนใหญ่เหล่านี้จะถูกชะออกปากแม่น้ำลงสู่สภาพแวดล้อมทางทะเล

การพัฒนาเมืองชายฝั่งทำลายพืชพันธุ์ริมน้ำ ทำให้ชีวมวลและความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนลดลง การพัฒนาเมืองได้เข้าไปแทนที่ทั้งระบบนิเวศธรรมชาติ เช่น ป่าชายเลน ระบบนิเวศสันทรายและชายหาด (Hauser *et al.*, 2017) และระบบนิเวศที่ถูกมนุษย์ปรับเปลี่ยนไปแล้ว เช่น พื้นที่เกษตรกรรม และเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และแม้แต่พื้นที่สีเขียวในเมือง

ตารางที่ 1 : การบริการระบบนิเวศชายฝั่ง ก่อนและหลัง “การเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดิน”

การบริการ	ระบบนิเวศดั้งเดิม	ระบบนิเวศหลังการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดิน
PROVISIONING SERVICES		
แหล่งอาหาร น้ำ	ระบบนิเวศชายฝั่งหลากหลาย	พืชพันธุ์ทางธรรมชาติและพื้นที่เกษตรกรรมถูกทำลายเป็นการทำลายแหล่งที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิต คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำลดลง
REGULATING SERVICES		
บรรยากาศและลม	พืชปกคลุมดินชะลอความรุนแรงของลมและบรรเทาความร้อนที่พื้นผิว	ทิศทางและความเร็วของคลื่นลมชายฝั่งเปลี่ยนแปลงมีผลต่อเสถียรภาพของแนวชายฝั่ง และเพิ่มอัตราการพัดพาของตะกอนชายฝั่ง เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเมือง อาคารสูงบนพื้นที่ชายฝั่งเปลี่ยนแปลงทิศทางและความรุนแรงของลม และรูปแบบฝน
น้ำ	พืชปกคลุมดินช่วยบรรเทาผลกระทบจากน้ำท่วม ชะลอการไหลของน้ำ การควบคุมปริมาณสารอาหารและตะกอนในลุ่มน้ำ	การเปลี่ยนแปลงระบบอุทกวิทยา ความถี่ในการเกิดน้ำท่วมเพิ่มขึ้น คุณภาพน้ำลดลง พื้นที่ลาดเชิงปิดกั้นการไหลของน้ำลงดิน ทำให้น้ำฝนและน้ำผิวดินไม่สามารถแทรกซึมและลงใต้ดิน น้ำบาดาลตามวัฏจักรน้ำตามธรรมชาติได้ ความสามารถในการรับน้ำของแม่น้ำลำคลอง และความเสี่ยงที่สูงขึ้นจากมลพิษ น้ำเสีย ยะปนเปื้อนในแหล่งน้ำ ผิวดินที่มีอุณหภูมิสูงขึ้นจากความร้อนที่สะสมบนพื้นผิวดิน จะทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในแหล่งน้ำลดลง
การพังทลายของชายฝั่ง	ชายฝั่งทะเลและตลิ่งรับน้ำมีเสถียรภาพจากพืชคลุมดิน	ความสามารถในการสลายกำลังคลื่นซัดฝั่ง ลดความมั่นคงของแนวชายฝั่ง และเพิ่มความเสียหายที่เกิดจากพายุ และสึนามิ
ดิน	คุณภาพดีมีการไหลเวียนน้ำและอากาศ	ปิดกั้นการไหลเวียนอากาศและน้ำในดิน ทำให้รากต้นไม้ขาดอากาศ

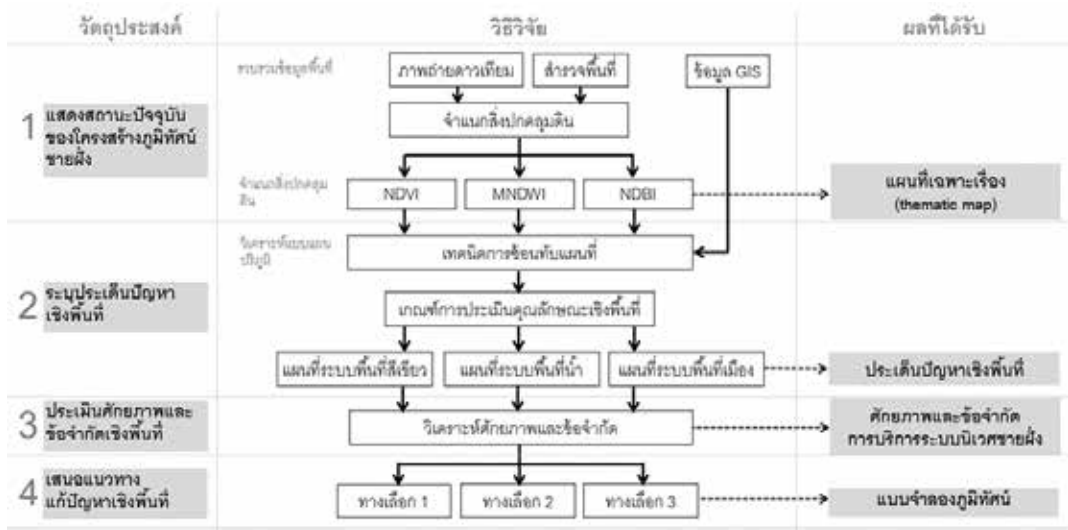
สิ่งมีชีวิต	แหล่งที่อยู่ แหล่งอาหาร เพาะพันธุ์อนุบาล ของสัตว์พื้นถิ่นและอพยพ	สูญเสียแหล่งเพาะพันธุ์และอนุบาลสัตว์ทะเล และเป็นแหล่งที่อาศัยสำหรับนกอพยพ และแหล่งที่อยู่ของชนิดพันธุ์พื้นถิ่น ความหลากหลายของชนิดพันธุ์พื้นถิ่นลดลง
ภัยธรรมชาติ	พืชปกคลุมดิน บรรเทาผลกระทบจากภัยธรรมชาติ	ความเสี่ยงที่สูงขึ้นจากปัญหาการกัดเซาะชายฝั่ง น้ำท่วม และน้ำเค็มรุกล้ำ
SUPPORTING SERVICES		
วัฏจักรสารอาหาร	พื้นที่ชุ่มน้ำชายฝั่ง เป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอน กรองสารอาหารส่วนเกิน	สูญเสียความสามารถในการกักเก็บคาร์บอน ลดความสามารถในการสะสมธาตุอาหารในระบบ
CULTURAL SERVICES		
นันทนาการ การท่องเที่ยว วิถีชีวิตชุมชน	เป็นแหล่งสำคัญในการดำรงชีวิตของชุมชนชายฝั่ง	วัฒนธรรมและเศรษฐกิจดั้งเดิมถูกเปลี่ยนแปลงรูปแบบไป และจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพและคุณภาพชีวิตของมนุษย์

การขยายของพื้นที่และกิจกรรมในเมืองเพิ่มการปล่อยก๊าซคาร์บอนออกสู่บรรยากาศ เมืองชายฝั่งทะเลหลายแห่งมีความเสี่ยงที่สูงขึ้นจากปัญหาการกัดเซาะชายฝั่ง น้ำท่วม และน้ำเค็มรุกล้ำ อุณหภูมิพื้นผิวเมืองที่สูงขึ้นไปเปลี่ยนแปลงรูปแบบฝน แสงสว่าง และเสียงรบกวนจากเมืองชายฝั่งไปรบกวนสิ่งมีชีวิต นอกจากนี้การเพิ่มขึ้นของประชากรมนุษย์จะส่งผลให้ความต้องการการใช้น้ำ อาหาร และที่ดิน ที่เพิ่มขึ้นไปเร่งภาวะการขาดแคลนน้ำจืดนำไปสู่ปัญหาความขัดแย้งด้านทรัพยากร ซึ่งเมื่อปริมาณน้ำจืดที่ไหลลงทะเลลดลง มีผลกระทบต่อการทำงานของระบบนิเวศน้ำจืดปากแม่น้ำ ภัยคุกคามเหล่านี้ทำให้วัฒนธรรมและเศรษฐกิจดั้งเดิมถูกเปลี่ยนแปลงรูปแบบไป และจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพและคุณภาพชีวิตของมนุษย์

การวิเคราะห์แบบแผนปฏิภูมิของภูมิภาคเมืองกระบี่

ขอบเขตพื้นที่ภูมิภาคเมืองกระบี่ ประกอบด้วยพื้นที่เขตเมืองกระบี่และบริบท โดยขอบเขตเชิงพื้นที่อ้างอิงขอบเขตอำเภอเมืองกระบี่ พื้นที่ 595.7 ตารางกิโลเมตร และอำเภอเหนือคลอง พื้นที่ 414.8 ตารางกิโลเมตร ขนาดพื้นที่ศึกษารวม 1,010.5 ตารางกิโลเมตร

กรอบแนวคิดงานวิจัย (ภาพที่ 1) การศึกษาแบบแผนปฏิภูมิจากการจำแนกสิ่งปกคลุมดินด้วยภาพถ่ายดาวเทียม มาวิเคราะห์โครงสร้างภูมิทัศน์ในพื้นที่ศึกษา เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบริการระบบนิเวศของเมืองชายฝั่ง โดยมีวัตถุประสงค์และลำดับการศึกษา 4 ขั้นตอน คือ 1) แสดงสถานะปัจจุบันของโครงสร้างภูมิทัศน์ชายฝั่ง 2) ระบุประเด็นปัญหาเชิงพื้นที่ 3) ประเมินศักยภาพและข้อจำกัดเชิงพื้นที่ และ 4) เสนอแนวทางแก้ปัญหาเชิงพื้นที่



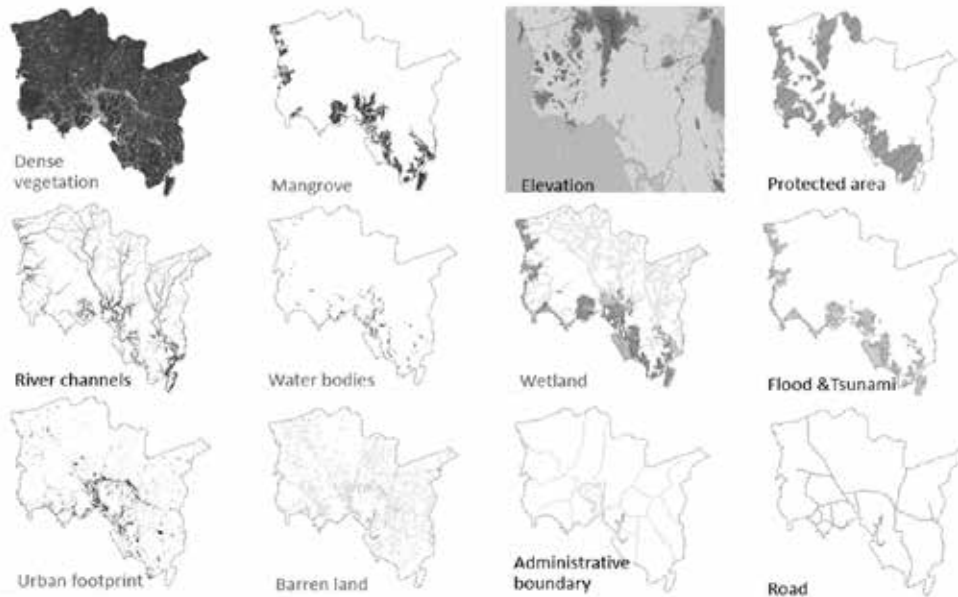
ภาพที่ 1 : กรอบแนวคิดงานวิจัย

โดยเริ่มจากนำเข้าข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 OLI, TIRS ตำแหน่งระวาง path 129/row 54 เลือกช่วงเวลาที่ไม่มีเมฆปกคลุมน้อยที่สุด คือช่วงกลางฤดูร้อน ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมีนาคม โดยมีรายละเอียดข้อมูลภาพ ณ วันที่ 4 มีนาคม พ.ศ. 2562 ปริมาณเมฆปกคลุมร้อยละ 6.15 แปลความภาพด้วยเครื่องมือ raster calculation ด้วยโปรแกรม ArcGIS Pro จำแนกลักษณะทางกายภาพของสิ่งปกคลุมดินโดยไม่กำกับดูแล (unsupervised classification method) เป็นการจำแนกข้อมูลเชิงภาพด้วยการจัดกลุ่มเชิงสถิติโดยอาศัยลักษณะเชิงคลื่นที่เหมือนกันมาใช้ในการแบ่งกลุ่มพื้นที่ชายฝั่ง 3 ประเภท (ภาพที่ 2) ได้แก่

1) พื้นที่ปกคลุมด้วยพืช แปลภาพด้วยดัชนีพืช (Normalized Difference Vegetation Index : NDVI) จะได้ข้อมูลพื้นที่ปกคลุมด้วยพืช ได้แก่ ป่าบก ป่าชายเลน พื้นที่เกษตรกรรม เป็นต้น

2) พื้นที่ปกคลุมด้วยน้ำ แปลภาพด้วยดัชนีน้ำและความชื้น แบบ MNDWI (Modified Normalized Difference Water Index) (Xu, 2007) ซึ่งพัฒนามาจาก NDWI (Normalized Difference Water Index) ทำให้ความต่างระหว่างค่าดัชนีพื้นที่น้ำและเมืองชัดเจนยิ่งขึ้น จะได้ข้อมูลพื้นที่ปกคลุมด้วยน้ำผิวดิน รวมถึงแม่น้ำ คลอง บึง อ่างเก็บน้ำ บ่อกักกักน้ำ ชุมเมือง พื้นที่ชุ่มน้ำ และป่าชายเลน เป็นต้น

3) พื้นที่ปกคลุมด้วยสิ่งก่อสร้างและเมือง แปลภาพด้วยดัชนีสิ่งก่อสร้าง (Normalized Difference Built Index : NDBI) จะได้ข้อมูลพื้นที่ปกคลุมด้วยเมือง ได้แก่ อาคาร บ้านพักอาศัย พาณิชยกรรม อุตสาหกรรม ถนน และสิ่งก่อสร้างอื่น ๆ รวมถึงพื้นที่ดินเปล่า



ภาพที่ 2 : แผนที่เฉพาะเรื่อง (thematic map) ที่ได้จากการแปลภาพถ่ายดาวเทียม และข้อมูล GIS

ตัดเฉพาะส่วนพื้นที่ศึกษานำมาเปรียบเทียบส่วนข้อมูลจากการลงสำรวจภาคสนามและข้อมูลอ้างอิง เพื่อสอบทานความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม จากนั้นนำผลการจำแนกสิ่งปกคลุมดินมาเปรียบเทียบกับข้อมูลจุดตรวจสอบความถูกต้องในรูปแบบของเมทริกซ์ความคลาดเคลื่อน (confusion matrix) คำนวณความถูกต้องแม่นยำโดยรวม (overall accuracy) และสัมประสิทธิ์แคปปา (kappa coefficient) เลือกจุดตรวจสอบแบบสุ่ม จำนวน 500 จุด ที่คัดเลือกผ่านการสุ่มตัวอย่างแบบสุ่ม (Jensen, 2015) เทียบกับการแปลผลภาพถ่ายดาวเทียมด้วยสายตา (Colby & Keating, 2010; Jia et al., 2014) จาก สี่ ผิวนิเวศ 5 รูปร่าง และองค์ประกอบ ของสิ่งปกคลุมดิน ที่ความละเอียดหน้าจอ 1 : 5,000 การจำแนกมีความถูกต้องแม่นยำโดยรวม (overall accuracy) เท่ากับ 0.96 ซึ่งแสดงถึงความถูกต้องระดับสูงมาก และสัมประสิทธิ์แคปปา เท่ากับ 0.92 (ตารางที่ 2) แสดงความสอดคล้องของผลการจำแนกกับจุดตรวจสอบ ระดับสูงมาก

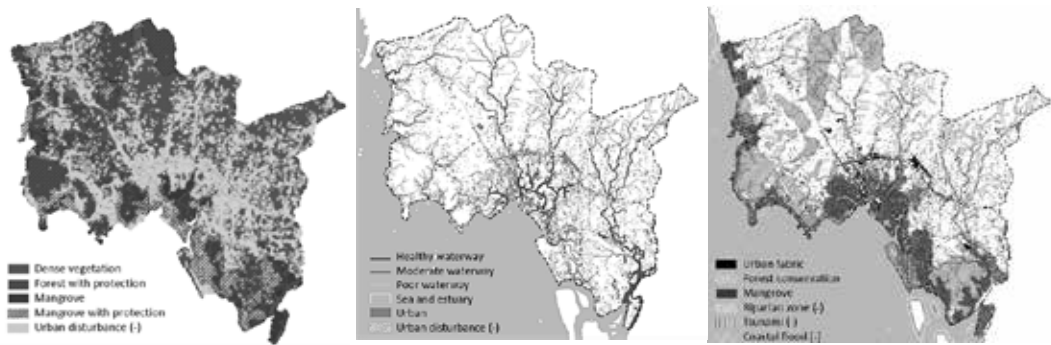
ตารางที่ 2 : เมทริกซ์ความคลาดเคลื่อน ข้อมูลจากการจำแนกเทียบกับข้อมูลอ้างอิงของจุดตรวจสอบ จำนวน 500 จุด

	ข้อมูลอ้างอิง							user's accuracy
		ป่า/ พืชหนาแน่น	ป่าชายเลน	ที่ดินเปล่า	เมือง	แหล่งน้ำ	รวม	
ข้อมูลจากการจำแนก	ป่า/ พืชหนาแน่น	339	1	3	1	1	345	98.26
	ป่าชายเลน	0	48	0	0	1	49	97.96
	ที่ดินเปล่า	5	0	37	0	0	42	88.10
	เมือง	1	0	4	30	1	36	83.33
	แหล่งน้ำ	0	0	0	1	27	28	96.43
	รวม	345	49	44	32	30	500	
	producer's accuracy	98.26	97.96	84.09	93.75	90.00		

นำแผนที่ที่ได้มาวิเคราะห์รูปแบบโครงสร้างภูมิทัศน์พื้นที่ธรรมชาติและเมืองชายฝั่งภูมิภาคเมืองกระบี่ โดยแยกวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 3 ประเด็น คือระบบพื้นที่สีเขียว ระบบพื้นที่น้ำ และระบบพื้นที่เมือง เป็นการเตรียมชุดข้อมูลพื้นที่ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญในการเสนอแนะแบบจำลองการพัฒนาในอนาคต การนำชุดข้อมูลทั้ง 3 ระบบมาวิเคราะห์โดยการซ้อนทับ (overlay method) ระหว่างชั้นข้อมูลที่ได้จากการจำแนกภาพถ่ายดาวเทียม และจากข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System : GIS) (ภาพที่ 3) เพื่อหาความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ ที่ทำให้สามารถแสดงสถานะปัจจุบันของโครงสร้างภูมิทัศน์ชายฝั่ง และระบุประเด็นปัญหาเชิงพื้นที่จากการประเมินคุณลักษณะทางกายภาพขององค์ประกอบภูมิทัศน์ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 : เกณฑ์การประเมินคุณลักษณะทางกายภาพขององค์ประกอบภูมิทัศน์ (พื้นที่สีเขียว พื้นที่น้ำ และพื้นที่เมือง)

	คุณลักษณะเชิงบวก	คุณลักษณะเชิงลบ
ระบบพื้นที่สีเขียว		
ขนาด และรูปร่าง	ใหญ่ มีความกว้าง (+)	แตกกระจายเป็นผืนเล็ก ๆ หรือแคบยาว (-)
ลักษณะผืนป่า	ในผืนพื้นที่ไม่มีการรบกวนหรือเปลี่ยนแปลง สิ่งปกคลุมดินภายในผืนพื้นที่ ยังคงมีพืชปกคลุม (+)	มีรูหรือหอยมการรบกวนภายในผืนพื้นที่ ที่ไม่มีพืชปกคลุม (-)
ความเชื่อมต่อ	อยู่ใกล้กันหรือเชื่อมต่อกันเป็นผืนขนาดใหญ่ (+)	อยู่ห่างจากผืนพื้นที่ที่มีลักษณะเดียวกัน (-)
ลักษณะพื้นที่ขอบ	ผืนพื้นที่ติดกับพื้นที่ป่าอื่น หรือทางน้ำ (+)	ผืนพื้นที่ติดกับพื้นที่เกษตร พื้นดินเปล่า และพื้นที่เมือง (-)
เขตการจัดการ	อยู่ในเขตพื้นที่อนุรักษ์ (+)	อยู่นอกเขตพื้นที่อนุรักษ์ (-)
ระบบพื้นที่น้ำ		
ความยาวของทางน้ำ	เส้นทางน้ำยาว (+)	เส้นทางน้ำสั้น (0)
ความเชื่อมต่อ	มีการเชื่อมต่ออย่างต่อเนื่อง ไม่ถูกตัดขาดด้วยโครงสร้างหรือเมือง (+)	ทางน้ำที่ถูกตัดขาด หรือถูกบับโดยสิ่งก่อสร้างหรือเมือง (-)
ลักษณะพื้นที่ขอบน้ำ	ทางน้ำที่ติดกับพื้นที่ธรรมชาติและป่าชายเลน (+)	ทางน้ำที่ติดกับพื้นที่เกษตร พื้นดินเปล่า และพื้นที่เมือง (-)
ระบบพื้นที่เมือง		
ขนาด และรูปร่าง	พัฒนาโดยมีศูนย์กลางชัดเจน (+)	พัฒนาแบบไม่มีศูนย์กลาง แคบยาวตามแนวถนน กระจุกกระจายเป็นผืนขนาดเล็ก (-)
ความหนาแน่น	มีความหนาแน่น (+)	ไม่หนาแน่น มีพื้นที่ว่างแทรกอยู่ในเนื้อเมือง (-)
ความเชื่อมต่อ	มีการเชื่อมต่ออย่างต่อเนื่อง (+)	ไม่เชื่อมต่อกับผืนเมืองข้างเคียง (-)
เขตภัยพิบัติ	อยู่นอกเขตความเสี่ยงต่อการเกิดภัยธรรมชาติ พายุ คลื่นซัดฝั่ง สึนามิ น้ำท่วม (+)	อยู่ในเขตความเสี่ยงต่อการเกิดภัยธรรมชาติ พายุ คลื่นซัดฝั่ง สึนามิ น้ำท่วม (-)
สิ่งอำนวยความสะดวก และเขตการจัดการ	อยู่ในระยะรัศมีของการบริการขั้นพื้นฐาน ระบบสาธารณูปการ หรืออยู่ในเขตเทศบาลเมือง (+)	ไม่มี และอยู่ห่างจากการบริการขั้นพื้นฐาน ระบบสาธารณูปการ หรืออยู่นอกเขตเทศบาลเมือง (-)



ภาพที่ 3 : ผลการประเมินคุณลักษณะเชิงพื้นที่ของระบบพื้นที่สีเขียว ระบบพื้นที่น้ำ และระบบพื้นที่เมือง

การซ้อนทับแผนที่เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์และประเมินคุณลักษณะทางกายภาพขององค์ประกอบภูมิทัศน์ เป็นประโยชน์ในการประเมินความรุนแรงของปัญหาในปัจจุบันและการวางแผนเพื่ออนาคตในการกำหนดมาตรการแก้ปัญหา และพื้นที่ที่มีศักยภาพในการพัฒนา ที่จะนำไปสู่การเสนอแนะแบบจำลองเพื่อการวางแผนภูมิทัศน์เพื่อความยั่งยืนของพื้นที่ป่าและเมืองชายฝั่งต่อไป

ปัญหาเชิงพื้นที่

จากการศึกษาแบบแผนปริภูมิของระบบนิเวศในพื้นที่ภูมิภาคเมืองกระบี่ โดยการซ้อนทับแผนที่เฉพาะเรื่องและประกอบกับเกณฑ์ประเมินคุณลักษณะเชิงพื้นที่โดยหลักภูมินิเวศวิทยา สามารถสรุปเป็นปัญหาสำคัญเชิงปริภูมิ ได้แก่

1. การสูญเสียหรือลดลงของถิ่นอาศัย

จากการแปลภาพถ่ายดาวเทียมพบว่า ปี พ.ศ. 2562 พื้นที่ชายฝั่งทะเลส่วนใหญ่รอบเมืองกระบี่เป็นพื้นที่เกษตร สวนยางพารา และปาล์มน้ำมัน ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบภูมิทัศน์ จากพื้นที่ที่มีพืชพันธุ์พื้นถิ่นหลากหลายชนิด ถูกแทนที่ด้วยพืชเกษตรเชิงเดี่ยว 736 ตารางกิโลเมตร ถูกแทนที่ด้วยพื้นที่เมืองขนาด 63 ตารางกิโลเมตร จากพื้นที่ที่มีพืชปกคลุม เปลี่ยนเป็นพื้นที่ลาดแข็งและสิ่งก่อสร้าง แหล่งที่อยู่อาศัยตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตลดลง ทั้งป่าเขาหินปูน พื้นที่ชุ่มน้ำชายฝั่ง (ป่าชายเลน หาดเลน ป่าพรุ ป่าพุ บึงน้ำ) สันทรายและชายหาด หาดหิน ปากแม่น้ำ รวมทั้ง แหล่งหญ้าทะเล และแนวปะการัง ที่ได้รับผลกระทบจากกิจกรรมบนฝั่ง

2. การแตกกระจายของผืนระบบนิเวศ

ผืนป่าชายเลนบริเวณปากแม่น้ำ ถูกเมืองกระบี่ตัดออกจากกันเป็นสองผืนทางฝั่งซ้ายของเมืองบริเวณปากคลองจิหลาดและฝั่งขวาของเมืองบริเวณปากคลองปากน้ำกระบี่ การแตกกระจายของผืนป่าชายเลน ทั้งที่เกิดจากการตัดผ่านโดยเส้นทางคมนาคม การพัฒนาเมือง หรือการรบกวนจากธรรมชาติ ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของขนาดพื้นที่ป่าที่เริ่มจากบริเวณขอบป่า หรือทำให้ผืนป่าเป็นรูหรือเป็นแผลภายในผืนป่า เมื่อการรบกวนพื้นที่ขยายออกจากเส้นทาง ทำให้ระยะห่างระหว่างผืนห่างออกมากขึ้น และผืนป่าหุดเล็กลงลดจำนวนผืนลง ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าหรือพื้นที่ธรรมชาติที่เคยเชื่อมติดต่อกันเป็นผืนนิเวศขนาดใหญ่ ที่ถูกรบกวนจนแตกกระจายเป็นหย่อมป่า ที่อยู่ท่ามกลางภูมิทัศน์รูปแบบอื่น ๆ การลดลงของขนาด

ผืนป่ายังเป็นการเพิ่มพื้นที่ขอบป่า (edge) รอยต่อกับพื้นที่อื่น ๆ ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อการรบกวนจากปัจจัยคุกคามจากโดยรอบ และผืนป่าอาจถูกทำลายไปในที่สุด

3. เมืองแนวเส้นวงทางไหลของน้ำ

แบบแผนภูมิของเมืองกระบี่ มีรูปแบบเมืองชายฝั่งส่วนใหญ่พัฒนาจากชุมชนริมฝั่งแม่น้ำ บริเวณปากแม่น้ำกระบี่ ต่อมาเมื่อมีการพัฒนาถนนทางหลวงหมายเลข 4 (เพชรเกษม) ที่เชื่อมภูมิภาคภาคใต้ฝั่งอันดามัน ตำแหน่งการขยายตัวของเมืองจึงเปลี่ยนแปลงจากเมืองหลักที่ตั้งอยู่บริเวณปากแม่น้ำ เปลี่ยนเป็นขยายตัวตามแนวเส้นทางคมนาคมเป็นรูปแบบเมืองแบบเส้น ซึ่งถนนเพชรเกษมนี้เป็นสาธารณูปโภคหลักที่ชี้นำการพัฒนาในภูมิภาคนี้ แนวถนนที่วางตัวแนวเหนือใต้ทิศทางเดียวกับแนวชายฝั่ง และแนวทิวเขา เมื่อเมืองพัฒนาตามแนวถนนและขยายตัวหนาแน่นขึ้น จึงเป็นการพัฒนาในทิศทางตัดขวางการไหลของทางน้ำจากภูเขาสู่ทะเล และตัดขวางระหว่างระบบนิเวศทางบกและระบบนิเวศทางทะเล

4. การรบกวนบริเวณขอบผืนป่าชายเลน

ในเขตภูมิภาคเมืองกระบี่มีการตั้งถิ่นฐานของชุมชนชาวเลที่หาเลี้ยงชีพด้วยการทำประมงมาแต่อดีต กลุ่มของชุมชนชาวเลมักอยู่ติดทะเล หรือกับทางน้ำที่ออกสู่ทะเล จึงปรากฏการตั้งชุมชนอยู่ติดขอบป่าชายเลน ชุมชนเหล่านี้ส่วนมากสืบทอดอาชีพประมงชายฝั่ง มีการถือครองที่ดินแปลงขนาดเล็ก เฉพาะสำหรับใช้สร้างที่อยู่อาศัยและเพาะปลูกพืชอาหาร ปรากฏเป็นชุมชนชายฝั่งขนาดเล็กอยู่ใกล้ป่าชายเลนหรือโครงข่ายคูคลอง เมื่อขยายครอบครัวยิ่งขึ้นและวิถีชีวิตเปลี่ยนไปตามสังคมเศรษฐกิจทุนนิยม ลูกหลานมีความต้องการที่ดินเพื่อสร้างที่อยู่อาศัย พื้นที่ทำกิน เกษตรกรรม ประมง ก็มักขยายพื้นที่รุกล้ำเข้าไปในพื้นที่ป่าชายเลนมากขึ้นเรื่อย ๆ ปัจจุบันจึงมีผืนพื้นที่ถูกรบกวนโดยมนุษย์ (disturbance patch) ขนาดเล็ก ๆ แทรกอยู่ในผืนป่าชายเลน ใกล้ขอบป่าหรือขอบชายน้ำ โดยส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ แม้ว่ารัฐบาลได้มีมาตรการในการควบคุมและจำกัดการทำนาเกลือรวมทั้งยกเลิกการให้สัมปทานในพื้นที่ป่าชายเลนตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 แต่ขอบเขตป่าชายเลนที่ติดกับฝั่งพื้นที่บก ยังเป็นขอบเขตส่วนที่มีความเสี่ยงสูงจากการถูกรบกวนด้วยการบุกรุกทำนาเกลือ และการกระจายของเมือง

5. ระบบนิเวศชายฝั่งถูกบีบให้แคบลง

ระบบนิเวศชายฝั่งที่สำคัญ ได้แก่ หาดทราย ป่าชายหาด ป่าชายเลน หาดเลน พื้นที่ชุ่มน้ำชายฝั่งจะถูกกดดันจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินทางฝั่งบก การพัฒนาเมือง และโครงสร้างชายฝั่ง เช่น กำแพงกันคลื่น เขื่อนสลายกำลังคลื่นนอกฝั่ง เขื่อนกันปากน้ำ ท่าเรือขนาดใหญ่ การถมทะเลและการสร้างเกาะเทียม เป็นต้น ประกอบกับการที่ระดับน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จะทำให้ระบบนิเวศชายฝั่งถูกบีบให้แคบลง เนื่องจากการพัฒนาพื้นที่เมืองและการเปลี่ยนแปลงฐานชายฝั่งในลักษณะต่าง ๆ โดยเฉพาะสิ่งก่อสร้างบริเวณชายฝั่งเป็นตัวกั้นขวาง เป็นอุปสรรค ลดความสามารถในการเคลื่อนย้ายถิ่นของระบบนิเวศขึ้นฝั่ง (landward migration) (Enwright, Griffith & Osland, 2016) ระบบนิเวศชายฝั่งจึงมีความเสี่ยงที่จะถูกทำลายและสูญเสียไปอย่างถาวร

6. การอยู่อย่างโดดเดี่ยวของป่าเขาหินปูน

บริเวณชายฝั่งอันดามันมีเขาหินปูน (limestone outcrops) กระจายอยู่หลายพื้นที่ทั่วภูมิภาค ลักษณะเป็นเขาโดด ยอดแหลมคม มีถ้ำ บนเขาหินปูนมีป่าลัดใบ ที่มีพรรณไม้ขนาดเล็กมีลักษณะแคระแกร็น เนื่องจากปริมาณธาตุอาหารที่จำกัด และต้องทนทานต่อแรงลม พายุชายฝั่ง เขาหินปูนเป็นแหล่งอาศัยและหลบภัยของนกและสัตว์เลื้อยคลานขนาดเล็กหลายชนิด เนื่องจากมีซอกหินและถ้ำที่สามารถเป็นพื้นที่หลบหนีและทำรังได้ดี หรือเป็นที่อพยพมาแวะพักของนกอพยพ

ในภูมิภาคเมืองกระบี่มีเขาหินปูนกระจายอยู่ซึ่งยังคงมีระบบนิเวศที่สมบูรณ์เนื่องจากความชันของภูเขาที่ยากต่อการใช้ประโยชน์ จึงคงเหลืออยู่โดยถูกล้อมรอบด้วยเมืองและพื้นที่เกษตร คงเหลือเป็นลักษณะเกาะ เช่น เขาควง เขาไผ่ไทย เขาช่องพลี เขาคลองแห้ง เขาอ่าวน้ำเมา เขาช่องอ้ายหมี่ เขาหนองเต่า เขาในช่อง เขานาตั้น เขาอ่าวปากหมาก เป็นต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเขากอง และเขาหน้าแดง ทางตอนเหนือของเมืองกระบี่ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของทิวเขาพนมเบญจา แต่ถูกพื้นที่เกษตรแบ่งแยกออกจากผืนป่าจนมีลักษณะเป็นเกาะ โดยผลกระทบของพื้นที่ธรรมชาติที่ถูกตัดขาดออกจากกัน (patch isolation) ในลักษณะเหลือเป็นเกาะ จากทฤษฎีทางชีวภูมิศาสตร์ของเกาะ (island biogeography theory) อธิบายความสัมพันธ์และผลกระทบของสิ่งมีชีวิตจากการที่ผืนดินที่อยู่อาศัยไม่เชื่อมต่อกับผืนดินที่อยู่อื่นๆ ทำให้จำนวนชนิดพันธุ์ลดลง ชนิดพันธุ์เฉพาะถิ่นสูญหายและถูกแทนที่ด้วยชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่มีความสามารถในการปรับตัวสูงกว่า

7. การรุกรานลำน้ำ

เมืองกระบี่และเมืองชายฝั่งหลายที่มีการก่อสร้างเมืองและขยายเมืองขวางทางไหลของน้ำจากที่สูงลงสู่ทะเล มีการก่อสร้างเขื่อนกั้นลำน้ำ และการก่อสร้างหรือเปลี่ยนแปลงรูกลำเส้นทางน้ำ โดยภูมิภาคเมืองกระบี่พบว่ามีการรูกลำคลองและแพรงในพื้นที่ป่าชายเลน เพื่อสร้างท่าเรือขนาดใหญ่มีการก่อสร้างบ้านเรือนรูกลำแนวลำน้ำ และพบมีการก่อสร้างกระชังเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ รูกลำลำน้ำ ประกอบด้วย กระชังเลี้ยงปลา หอย และสาหร่าย มีการถมพื้นที่ตลิ่งลำน้ำและก่อเป็นกำแพงริมคลอง ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้น้ำไหลไม่สะดวก เอ่อล้นตลิ่งท่วมบ้านเรือนประชาชน นอกจากการรูกลำของภาคเอกชนแล้ว โครงการภาครัฐก็เป็นอีกส่วนสำคัญที่เร่งให้เกิดการรูกลำลำน้ำ

หลายโครงการที่เป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาเมือง ลำน้ำบางส่วนจะถูกถมและทำให้แห้งโดยเฉพาะลำน้ำสาขาขนาดเล็ก ทางน้ำธรรมชาติในเมืองมากมายได้รับการพัฒนาเป็นทางน้ำประดิษฐ์ และก่อสร้างตลิ่งแบบตาดแข็ง เพื่อเพิ่มความจุลำน้ำรองรับน้ำท่วม แต่โครงสร้างในลำน้ำเหล่านี้กลับทำให้น้ำแคบลง การเปลี่ยนแปลงทางน้ำรูปแบบอื่น ๆ เช่น การขุดลอกคลอง การรื้อทำลายคันคลองตามธรรมชาติ และปรับรูปแบบตลิ่ง

8. การลดลงของพื้นที่รับน้ำ หนองน้ำ และซิมน้ำ

จังหวัดกระบี่มีภูมิอากาศแบบมรสุมเขตร้อน ซึ่งได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ทำให้มีฝนตกชุกตลอดปี ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยตลอดปีประมาณ 2,174.4 มิลลิเมตร ฝนตกเฉลี่ย 153 วัน เดือนที่มีฝนตกมากที่สุดคือเดือนกันยายน มีฝนเฉลี่ย 330.3 มิลลิเมตร โดยในภูมิภาคเมืองชายฝั่งอันดามันนี้มีปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่รับน้ำฝน 34.69 ลิตร/วินาที/ตารางกิโลเมตร รวมเป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยทั้งปี 23,396 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งปริมาณน้ำฝนเหล่านี้ส่วนหนึ่งถูกกักเก็บไว้ในพืช และแหล่งน้ำ บางส่วนซึมลงใต้ดิน และส่วนที่เหลือจะไหลเป็นน้ำท่าลงสู่ทางน้ำออกสู่ทะเล

ที่ตั้งเมืองที่อยู่บนที่ราบต่ำใกล้ชายฝั่งและปากแม่น้ำ และการพัฒนาถนนและเมืองขวางทางน้ำ รวมถึงการเพิ่มขึ้นของพื้นที่เมืองหรือพื้นที่ไม่ซิมน้ำ พื้นที่ที่เคยมีความสามารถในการซิมน้ำและกักเก็บความชื้นถูกปกคลุมด้วยพื้นผิวตาดแข็งและพื้นที่เมือง พื้นที่ที่ปูด้วยวัสดุที่น้ำซึมผ่านลงไปไม่ได้ เช่น พื้นผิวยางมะตอย คอนกรีต อิฐ หิน รวมทั้งหลังคาสิ่งก่อสร้าง กระบวนการก่อสร้างบดอัดดินจนแน่นและปิดกั้นการไหลของน้ำลงดิน ทำให้น้ำฝนและน้ำผิวดินไม่สามารถแทรกซึมและลงไปได้ น้ำบาดาลตามวัฏจักรน้ำตามธรรมชาติได้ ความสามารถในการรับน้ำของแม่น้ำลำคลองไม่สามารถรับมือกับความเร็วและปริมาณของน้ำผิวดินที่เพิ่มปริมาณมากขึ้นได้ โดยเฉพาะในช่วงเวลาพายุฝนตกหนัก ซึ่งเป็นการเพิ่มความรุนแรงและความถี่ของการเกิดอุทกภัย น้ำที่ไหลลงบนพื้นผิวเมืองที่สะสมความร้อนและสิ่งปนเปื้อน จะถูกพัดพาชะล้างสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ผ่าน

เครือข่ายแม่น้ำ ทะเลสาบ และพื้นที่ชุ่มน้ำ ก่อนไหลลงสู่ทะเล การปนเปื้อนมลพิษของน้ำผิวดินนี้มีผลกระทบมากมายต่อทั้งสัตว์น้ำ พืชพันธุ์ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในแหล่งน้ำลดลง มีผลต่อคุณภาพของน้ำในแหล่งน้ำและต่อเนื่องถึงสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ พื้นผิวดาดแข็งยังไปปิดกั้นการไหลเวียนอากาศในดิน ทำให้รากต้นไม้ขาดอากาศ ต้นไม้ใหญ่ในเมืองจึงไม่สามารถให้ร่มเงาหรือช่วยลดอุณหภูมิในเมืองลงได้

ศักยภาพและข้อจำกัดการบริการระบบนิเวศชายฝั่งของภูมิทัศน์เมือง

วิเคราะห์ศักยภาพและข้อจำกัดของภูมิทัศน์จากระบบพื้นที่ปกคลุมดินทั้ง 3 ระบบ ได้แก่ ระบบพื้นที่ที่ปกคลุมด้วยน้ำ พืชพันธุ์ และเมือง นำมาอธิบายด้วยความสัมพันธ์ระหว่างภูมิทัศน์กับการบริการระบบนิเวศ

1. การบริการจากระบบภูมิทัศน์น้ำ

ระบบภูมิทัศน์น้ำผิวดินเป็นภูมิทัศน์ที่เป็นผลเชิงประจักษ์จากการทำงานของความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ ได้แก่ ภูมิอากาศ ลักษณะสัณฐานของพื้นที่ ความลาดชัน และคุณสมบัติดิน ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ปกคลุมด้วยน้ำ คือทางไหลของน้ำ แหล่งน้ำ และพื้นที่ชุ่มน้ำ ที่สามารถกักเก็บน้ำผิวดินไว้ได้ อาจมีน้ำตลอดทั้งปีหรือบางช่วงเวลา ทั้งที่มีพืชขึ้นปกคลุมและไม่มี ทั้งที่เป็นธรรมชาติและมนุษย์สร้างขึ้น รวมถึงพื้นที่ตลิ่ง และขอบน้ำ

พื้นที่น้ำธรรมชาติ คือแหล่งน้ำที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและแหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้นแต่มีลักษณะตลิ่งขอบน้ำใกล้เคียงธรรมชาติ ประกอบไปด้วย ลำน้ำที่เป็นทางไหลของน้ำ ได้แก่ แม่น้ำ คลอง ลำน้ำสาขา แพรก และร่องน้ำ แหล่งน้ำที่เป็นพื้นที่กักเก็บน้ำ ได้แก่ บึง หนอง บ่อน้ำ ชุมเหมือง นาทุ่ง พื้นที่ชุ่มน้ำเป็นพื้นที่ลุ่มมีน้ำขัง อาจมีพืชปกคลุมหรือไม่ก็ได้ ได้แก่ ป่าชายเลน พรุ ป่าบึง เป็นต้น

พื้นที่น้ำในเมืองอาจเป็นบางส่วนของทางน้ำ แหล่งน้ำ หรือพื้นที่ชุ่มน้ำ รวมพื้นที่ตลิ่งและขอบน้ำที่ไหลผ่านหรืออยู่ในเขตเมืองและชานเมือง ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น คลอง คู ร่องน้ำ บ่อ บึง เป็นต้น

การบริการระบบนิเวศของพื้นที่แหล่งน้ำ ด้านการเป็นแหล่งผลิต เป็นแหล่งน้ำใช้สำหรับอุปโภคบริโภค และการเกษตร นาทุ่งเป็นแหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์เพื่อเป็นอาหาร ด้านการควบคุม ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำและทางน้ำที่มีประสิทธิภาพ ลดเสี่ยงน้ำจากต้นน้ำไหลออกสู่ทะเล บางส่วนกักเก็บเพิ่มความชื้นให้กับระบบนิเวศ (Bi, Wang & Lu, 2011; Hong et al., 2010) พื้นที่ชุ่มน้ำ พื้นที่หนองน้ำ ช่วยลดความถี่และความรุนแรงของการเกิดน้ำท่วม (Laurance et al., 2012) พื้นที่ตลิ่งและขอบน้ำธรรมชาติที่มีพืชปกคลุม ช่วยกรองตะกอน มลพิษ และสารอาหารส่วนเกินจากน้ำเสียเมืองและการเกษตร ทำให้คุณภาพน้ำดีขึ้น (Hauser et al., 2017) ป่าชายเลนและพื้นที่ชุ่มน้ำชายฝั่ง มีความสามารถในการสลายกำลังคลื่นซัดฝั่ง (Barbier, 2015; Chee, Othman, Sim, Mat Adam & Firth, 2017; Hong et al., 2010) เพิ่มความมั่นคงของแนวชายฝั่ง ช่วยบรรเทาความเสียหายที่เกิดจากพายุ คลื่นลม ภัยธรรมชาติ และสึนามิ บรรเทาผลกระทบจากน้ำท่วม (Barbedo et al., 2014) และชะลอการไหลของน้ำ (Laurance et al., 2012) ด้านการสนับสนุน แหล่งน้ำไหลและน้ำนิ่งเป็นระบบนิเวศที่เป็นแหล่งที่อยู่ของสิ่งมีชีวิต ป่าชายเลนและพื้นที่ชุ่มน้ำชายฝั่งมีความสำคัญอย่างยิ่งในการเป็นแหล่งเพาะพันธุ์และอนุบาลสัตว์ทะเล และเป็นแหล่งที่อาศัยสำหรับนกอพยพ (Hong et al., 2010; Waltham & Sheaves, 2015) และแหล่งที่อยู่ของชนิดพันธุ์พื้นถิ่น (Laurance et al., 2012) จึงเป็นระบบนิเวศที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง การเป็นพื้นที่ลุ่มต่ำ ทำใหทางน้ำและพื้นที่ชุ่มน้ำเหล่านี้เป็นแหล่งที่ตะกอนและสารอาหารมาสะสม มีความสามารถในการกักเก็บคาร์บอน และสะสมธาตุอาหารสูง (Lee, 2016; Lee et al., 2014) ควบคุมปริมาณสารอาหารและตะกอนในลุ่มน้ำให้อยู่ในระดับที่สมดุล (Leigh et al., 2013) ด้านวัฒนธรรม แหล่ง

น้ำและพื้นที่ชุ่มน้ำ เป็นแหล่งเรียนรู้ธรรมชาติและการท่องเที่ยว เช่น ทำปอมคลองสองน้ำ เป็นต้น ก่อให้เกิดกิจกรรมการท่องเที่ยวสร้างรายได้ให้กับชุมชน เช่น พายเรือคายัค นั่งเรือชมทัศนียภาพ

ข้อจำกัดสำคัญที่เป็นอุปสรรคในระบบนิเวศน้ำ คือสิ่งก่อสร้างที่กั้นขวางการไหลในระบบน้ำ ตัวอย่างเช่น ระบบคันกันน้ำ เชื่อนกันคลื่น เป็นสิ่งที่สร้างขึ้นเพื่อปกป้องเมืองชายฝั่งทะเลจากน้ำท่วม และการกัดเซาะชายฝั่ง แต่จากเหตุการณ์น้ำท่วมและภัยพิบัติในอดีต แสดงให้เห็นถึงความล้มเหลวของโครงสร้างแข็งเหล่านี้ที่นอกจากไม่สามารถป้องกันตลิ่งและชายฝั่งจากคลื่นลมได้แล้ว ยังเป็นการขวางการไหลของน้ำลงทะเล และยิ่งทำให้เกิดความเสียหายรุนแรงยิ่งขึ้น (Nordenson et al., 2018) โครงสร้างเหล่านี้ยังไปทำลายระบบนิเวศชายน้ำ กั้นขวางการเชื่อมต่อสิ่งมีชีวิตอีกด้วย

2. การบริการของระบบภูมินิเวศพืชพันธุ์

ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ปกคลุมด้วยพืช คือมีพืชพันธุ์นานาชนิดทั้งไม้ยืนต้นและไม้คลุมดิน เจริญเติบโตเป็นผืนระบบนิเวศ พื้นที่ลักษณะนี้แสงแดด น้ำฝน และปัจจัยทางกายภาพอื่น ๆ ไม่กระทบถึงดินโดยตรง แต่ถูกผ่านการกรองทางธรรมชาติด้วยพุ่มใบที่หนาที่บของกลุ่มพืช พื้นที่ปกคลุมด้วยพืชหรือพื้นที่สีเขียว โดยทั่วไปแบ่งตามความเข้มข้นของการใช้งานโดยมนุษย์ซึ่งเป็นแนวทางการแบ่งเดียวกันกับอัตราการเปลี่ยนแปลงโดยมนุษย์ กล่าวคือ พื้นที่ธรรมชาติหรือพื้นที่ที่มนุษย์ยังไม่เข้าไปเปลี่ยนแปลง พื้นที่เกษตรหรือพื้นที่ที่มนุษย์เข้าไปเปลี่ยนแปลงบางส่วน และพื้นที่สีเขียวในเมืองหรือพื้นที่ที่มนุษย์เข้าไปเปลี่ยนแปลงระบบอย่างสิ้นเชิง

พื้นที่ปกคลุมด้วยพืชธรรมชาติ ได้แก่ ป่าดิบ ป่าเบญจพรรณ ป่าเขาหินปูน ป่าชายเลน และป่าชายหาด พื้นที่เกษตร เป็นการใช้ประโยชน์พื้นที่จากลักษณะดินและสัณฐานเดิมของพื้นที่ แต่ปรับเปลี่ยนชนิดพืชที่ปกคลุมดินจากพืชที่มีความหลากหลายเป็นพืชเชิงเดี่ยว พื้นที่สีเขียวในเมือง หมายถึง สวนสาธารณะ สนามกอล์ฟ สวนในสถานที่ราชการ สนามกีฬา พื้นที่กิจกรรมสาธารณะที่ยังไม่ถูกคาดแจ้งพื้นที่ พื้นที่ดินเปล่าที่ไม่มีพืชปกคลุม รวมถึงพื้นที่สีเขียวที่ไม่มีการใช้งานในเขตเมืองและชานเมือง ซึ่งล้วนมีศักยภาพในการพัฒนาเพื่อประโยชน์ต่อระบบธรรมชาติและต่อการใช้งานกิจกรรมมนุษย์โดยไม่ขัดแย้งกัน

การบริการระบบนิเวศของพื้นที่สีเขียวนั้นมีมากมาย ด้านการเป็นแหล่งผลิต ป่าธรรมชาติเป็นแหล่งอาหาร ไม้ใช้สอย เชื้อเพลิง และยารักษาโรคของชุมชนมาแต่เดิม คนในพื้นที่ดั้งเดิมดำรงชีวิตด้วยการหาของป่า ในปัจจุบันแม้พื้นที่เกษตรส่วนใหญ่ในจังหวัดกระบี่จะปลูกเพื่อเกษตรอุตสาหกรรม และมีเพียงร้อยละ 1 ของพื้นที่เกษตรทั้งหมดที่ปลูกพืชผัก ข้าว และพืชอาหาร แต่ระบบนิเวศในพื้นที่เกษตรก็ยังทำหน้าที่เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิต การใช้ประโยชน์จากไม้ป่าชายเลน สร้างที่อยู่อาศัย ทำเชื้อเพลิง เผาถ่าน เครื่องมือประมง สร้างท่าเรือ เพื่อใช้สอยตามวิถีของชุมชน เนื่องจากฐานครอบครัวยากจน กำลังพอไม่ที่จะสามารถซื้อวัสดุอื่นที่มีขายในท้องตลาด และชุมชนบางส่วนมีการลักลอบตัดไม้ป่าชายเลนจำหน่ายเพื่อหารายได้เลี้ยงครอบครัว ด้านการควบคุม ต้นไม้ใหญ่ให้ร่มเงา บรรเทาความร้อนจากแสงแดดที่ตกกระทบพื้นผิวดินโดยตรง เป็นที่พึ่งพิงต่อสิ่งมีชีวิต สังคมปราชญ์ความขึ้นในดิน พืชชายฝั่งสามารถบรรเทาความรุนแรงของภัยธรรมชาติ ที่เกิดพายุ คลื่นและลมจากชายฝั่ง รากและพุ่มใบพืชที่ปกคลุมชายหาด ช่วยยึดและเพิ่มการสะสมตัวของตะกอนทรายชายหาด (Hernández-Cordero et al., 2017) เสริมความมั่นคงและเสถียรภาพของเนินทรายและหาดทรายชายฝั่ง (Santana-Cordero, Bürgi, Hersperger, Hernández-Calvento & Monteiro-Quintana, 2017) ด้านการสนับสนุน ป่าเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิต และความหลากหลายทางชีวภาพ โดยเฉพาะชนิดพันธุ์พืชและสัตว์พื้นถิ่น ป่าและสังคมพืชชายฝั่งมีความหลากหลายทางชีวภาพของสายพันธุ์พื้นถิ่น ที่ปรับตัวจนมีลักษณะในการทนทานต่อแรงลม ความเค็มได้ดี ป่าดิบและป่าชายเลนเป็นระบบนิเวศที่เป็นแหล่งสะสม

คาร์บอนที่มีประสิทธิภาพสูง (Friess, Richards & Phang, 2016) ด้านวัฒนธรรม ป่าชายเลน ระบบนิเวศชายฝั่งที่มีสังคมพืชสมบูรณ์ สร้างสุนทรียภาพทางการมองเห็น และส่งเสริมให้เกิดกิจกรรมการท่องเที่ยว (Felix, Marenzi, Polette & Netto, 2016)

3. การบริการของระบบนิเวศเมือง

ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ปกคลุมเมือง คือพื้นที่ที่มีสิ่งก่อสร้างปกคลุมที่ดินส่วนใหญ่ ประกอบด้วยอาคารบ้านเรือน อาคารพาณิชย์ กรมโรงงานอุตสาหกรรม รวมถึงสิ่งก่อสร้างอื่นๆ ปกคลุมสร้างบนดิน ได้แก่ ถนน ท่าเรือ พื้นที่ลาดเชิง ลานจอดรถ เป็นต้น

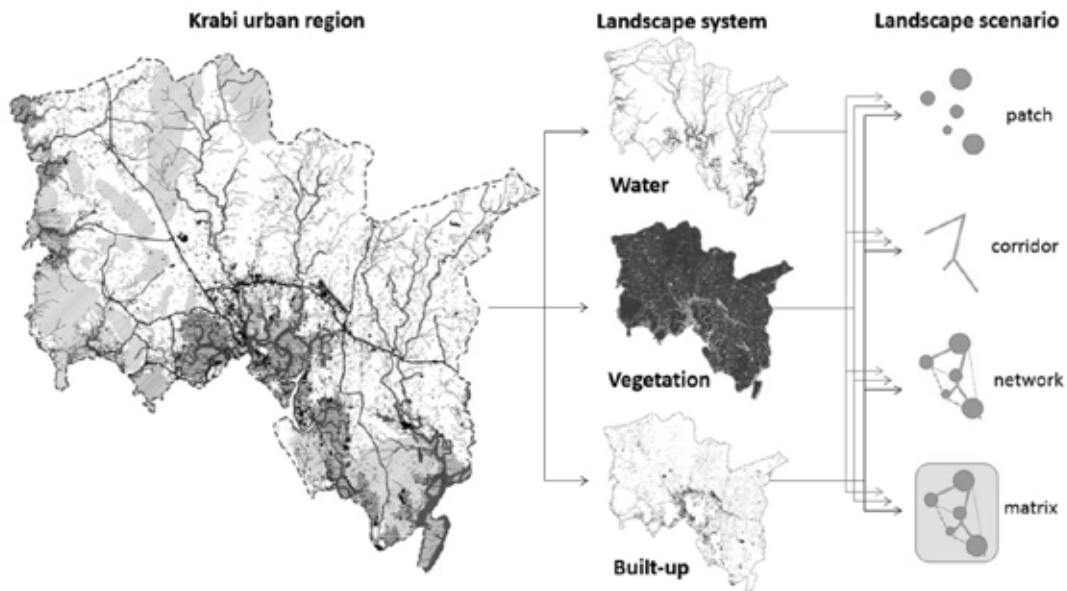
การบริการระบบนิเวศของพื้นที่เมือง ด้านการเป็นแหล่งผลิต สามารถเป็นแหล่งผลิตและแปรรูปอาหาร น้ำ รวมทั้งสินค้าต่างๆ ให้กับภาคธุรกิจของมนุษย์ ด้านการควบคุม ปรับสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับการอยู่อาศัยของมนุษย์ ควบคุมคุณภาพอากาศ กรองมลพิษ ฝุ่น คาร์บอน ในอากาศ เมืองมีผลต่อการไหล ปริมาณ และรูปแบบการระบายน้ำ กลไกการหมุนเวียนอากาศ ด้านการสนับสนุน เมืองเป็นที่อยู่อาศัยหลักของประชากรส่วนใหญ่ ด้านวัฒนธรรม เป็นแหล่งประวัติศาสตร์ สังคม วัฒนธรรม แหล่งประวัติศาสตร์ ประกอบไปด้วยสิ่งอำนวยความสะดวก เป็นพื้นที่นันทนาการ และมีคุณค่าทางเศรษฐกิจ

เมืองมีศักยภาพในการพัฒนาให้เกิดการบริการระบบนิเวศที่จะส่งเสริมและยกระดับคุณภาพชีวิตของมนุษย์รวมถึงการให้บริการด้านอื่น ๆ ผ่านองค์ประกอบทางภูมิทัศน์ในระบบนิเวศเมือง โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านการควบคุม จากการทำงานของพื้นที่สีเขียว ต้นไม้และพืชหลากหลายที่ปกคลุมดิน รองลงมาเป็นการสนับสนุน ด้านวัฒนธรรม และด้านการเป็นแหล่งผลิต ตามลำดับ (Haase et al., 2014) แต่การวางแผนเมืองในปัจจุบัน นอกจากจะต้องแก้ปัญหาและรองรับความต้องการของปัจจุบันแล้ว ยังมีความท้าทายของการพัฒนาเมืองที่ต้องตอบโจทย์ในอนาคต คือการเป็นเมืองน่าอยู่ เมืองที่คนทุกกลุ่มเข้าถึงได้ ส่งเสริมให้ผู้อยู่อาศัยมีสุขภาพดี มีระบบและสิ่งอำนวยความสะดวกที่มีประสิทธิภาพ ส่งเสริมความหลากหลาย ดึงดูดธุรกิจใหม่ และมีสุนทรียภาพ (Nordenson et al., 2018)

ทางเลือกในการเพิ่มประสิทธิภาพการบริการระบบนิเวศ

พื้นที่ชายฝั่งถูกกดดันจากหลากหลายปัจจัย หากการพัฒนาเมืองชายฝั่งยังดำเนินไปโดยไม่คำนึงถึงผลกระทบที่จะเกิดขึ้นในอนาคต แนวโน้มความรุนแรงของปัญหาจะเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นการพัฒนาเมืองชายฝั่งเพื่อมุ่งสู่เป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนนั้น จึงต้องมีการวางแผนอย่างเป็นระบบ เพื่อแก้ปัญหาเชิงพื้นที่ที่เกิดจากการรบกวนของมนุษย์ ป้องกันและบรรเทาผลกระทบทางลบจากความไม่แน่นอนที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต รวมทั้งเพิ่มขีดความสามารถในการรับมือ โดยใช้กระบวนการวางแผนผังภูมินิเวศและประเมินทางเลือก

แบบแผนปริภูมิเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของสิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศของเมืองชายฝั่งจังหวัดกระบี่ ด้วยการทำงานของระบบภูมิทัศน์ 3 ระบบ ได้แก่ ระบบน้ำ ระบบพื้นที่สีเขียว และระบบเมือง ในรูปแบบโครงสร้างพื้นฐานทางภูมิทัศน์ โดยแต่ละระบบมีทางเลือกในการพัฒนา 4 แบบแผน ได้แก่ พัฒนาผืนระบบนิเวศ (ecological patch) พัฒนาทางเชื่อมนิเวศ (ecological corridor) พัฒนาเป็นโครงข่าย (ecological network) และพัฒนาแบบองค์รวม (ecological matrix) (ภาพที่ 4) โดยแต่ละรูปแบบมีบทบาทหน้าที่ คุณลักษณะทางกายภาพแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 4



ภาพที่ 4 : ขั้นตอนวิเคราะห์โครงสร้างระบบภูมิทัศน์ภูมิภาคเมืองกระบี่ เป็น 3 ระบบ ได้แก่ ระบบน้ำ ระบบพื้นที่สีเขียว และระบบเมือง และทางเลือกในการพัฒนาทั้ง 4 แบบแผน

แบบแผนปฏิรูปพัฒนาแบบองค์รวม มีประสิทธิภาพในการทำงานของสิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศสูงสุด และเป็นรูปแบบที่มีความซับซ้อนสูงสุด แต่อย่างไรก็ตามในการนำไปใช้ในพื้นที่ อาจประยุกต์ใช้ในลักษณะลำดับขั้น โดยเริ่มจากพัฒนาผืนระบบนิเวศ หาพื้นที่ในเมืองที่มีศักยภาพ รวมทั้งการอนุรักษ์ผืนระบบนิเวศ เช่น ผืนป่า ผืนป่าชายเลน แล้วพัฒนาทางเชื่อมนิเวศในลักษณะเส้นทางหรือเส้นลำน้ำ เส้นทางเชื่อมป่า จากนั้นพัฒนาเป็นโครงข่ายเชื่อมทั้งผืนและเส้นเข้าด้วยกัน ซ่อมแซมฟื้นฟูระบบนิเวศที่เสื่อมโทรมไปแล้ว ให้มีรูปแบบโครงสร้างใกล้เคียงของเดิมให้มากที่สุด ต่อเชื่อมผืนระบบนิเวศที่ถูกรบกวนจนแตกกระจายออกจากกัน ให้กลับมาเชื่อมต่อกันด้วยแนวเชื่อมต่อนิเวศ เดิมผืนระบบนิเวศที่กำลังจะถูกทำลายโดนเจาะกลายเป็นรูหรือโดนทำลายเป็นเส้น ให้กลับมาเต็มผืน และสุดท้ายพัฒนาแบบองค์รวม พื้นประโยชน์จากทุกพื้นที่ในเมือง ให้กลับมามีบทบาทหน้าที่ในระบบนิเวศ สร้างความต่อเนื่องเป็นโครงข่ายที่ระบบนิเวศนอกและในเมืองสามารถเชื่อมโยงกันเป็นระบบเดียวกันได้

					
	No action	Ecological patch	Ecological corridor	Ecological network	Ecological matrix
คุณลักษณะทางกายภาพ	ไม่มี	ขนาด รูปร่าง ตำแหน่งที่ตั้ง ที่ศึกษาการพิจารณาและหาความสัมพันธ์ และความแตกต่างกับบริบท	ขนาด ความกว้าง รูปแบบ และความต่อเนื่อง	ขนาด ความกว้าง รูปแบบ ความต่อเนื่อง และระบบโครงข่าย	ขนาด การกระจายตัว ความหนาแน่น ความแตกต่าง ความโดดเด่น และความต่อเนื่อง
บทบาทหน้าที่	ไม่มี	เป็นที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิต เป็นแหล่งผลิต แหล่งน้ำ	เป็นที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิต เป็นเส้นทางเชื่อมต่อ เคลื่อนย้าย เป็นตัวกักเก็บ คัดกรอง เป็นแหล่งรวบรวม และกระจายต่อ	เป็นที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิต เป็นเส้นทางเคลื่อนย้ายของสิ่งมีชีวิต เชื่อมโยงระบบ รวมที่ควบคุมการไหลเวียน สาร พลังงาน	เป็นที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งควบคุมการไหลเวียน สาร พลังงานในระบบ เชื่อมโยงภาพรวมของทั้งพื้นที่
การบริหารระบบนิเวศ	ต่ำ	ปานกลาง	ปานกลาง	สูง	สูงมาก

ตารางที่ 4 : เปรียบเทียบคุณลักษณะทางกายภาพ บทบาทหน้าที่ และการบริการระบบนิเวศของ 4 แบบแผนปฏิภูมิ

1. ระบบภูมินิเวศน้ำ

พื้นที่แหล่งน้ำและขอบน้ำในเมืองมีศักยภาพในการพัฒนาให้เกิดการบริการระบบนิเวศของโครงข่ายพื้นที่น้ำ จากการพัฒนาเป็นแหล่งผลิตอาหารในเมือง จากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เป็นแหล่งกักเก็บน้ำจัดไว้ใช้เพื่อการอุปโภคบริโภค การเก็บรักษาและพัฒนากระบวนนิเวศขอบน้ำช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการกรองตะกอน มลพิษ และสารอาหารส่วนเกินจากน้ำเสียเมืองและการเกษตร (Elmore & Kaushal, 2008) พื้นที่ลุ่มริมฝั่งลำน้ำ พื้นที่หนองน้ำในเมือง เพิ่มอัตราการซึมน้ำ ช่วยชะลอการไหลของน้ำ ลดปริมาณน้ำผิวดิน พื้นที่ชุ่มน้ำและระบบนิเวศขอบน้ำยังเป็นแหล่งที่อยู่อาศัย แหล่งวางไข่ อนุบาลตัวอ่อนของสิ่งมีชีวิต พื้นที่แหล่งน้ำในเมืองยังมีศักยภาพในการพัฒนาเพื่อการนันทนาการ การท่องเที่ยว และการศึกษาสิ่งแวดล้อม

การพัฒนาพื้นที่แหล่งน้ำในเมือง (wetland patch) มีได้หลากหลายรูปแบบ ทั้งพื้นที่ชุ่มน้ำในเมือง (urban wetland, wetland park) พื้นที่หนองน้ำ (detention area) บ่อหนองน้ำ (retention pond) สวนรับน้ำฝน (rain garden) เป็นต้น ปัจจุบันในเขตเทศบาลเมืองกระบี่ มีพื้นที่บ่อบำบัดน้ำเสียในพื้นที่โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลเมืองกระบี่ พื้นที่บ่อกักตุนที่รูกำลังขยายขอบของป่าชายเลน ที่มีศักยภาพในการนำมาฟื้นฟูระบบนิเวศ พื้นที่ป่าชายเลนนอกเขตอนุรักษ์ ที่ควรรักษาสภาพความเป็นป่าชายเลนไว้ รวมถึงพื้นที่ว่างและพื้นที่สีเขียวในเขตเมือง ให้เป็นพื้นที่สีเขียวที่สามารถหนองน้ำ เพิ่มการซึมน้ำไปเติมน้ำใต้ดิน

การพัฒนาทางเชื่อมน้ำ (wetland corridor) ในอำเภอเมืองและอำเภอเหนือคลอง จังหวัดกระบี่ มีลักษณะเป็นลุ่มน้ำขนาดเล็ก มีต้นน้ำจากเทือกเขาทางฝั่งตะวันออกของพื้นที่และไหลลงทะเลทางฝั่งตะวันตกของพื้นที่ ประกอบไปด้วย ลุ่มน้ำหลัก 3 ลุ่มน้ำ คือลุ่มน้ำกระบี่ ที่ไหลออกทะเลที่เมืองกระบี่และป่าชายเลนปากแม่น้ำกระบี่ ลุ่มน้ำคลองเก่าและคลองยวน และ ลุ่มน้ำคลองเพลาและคลองบางฝั่ง นอกจากนั้นยังมีลำน้ำสายสั้น ๆ อีกมากมายได้แก่ คลองไคร คลองไหนหนั่ง คลองปาหลี่ คลองในสระ คลองม่วง คลองสน คลองจิหลาด คลองตลิ่งชัน คลองย่านสะบ้า ซึ่งโครงข่ายของลำน้ำบางส่วนถูกตัดหรือซบตันด้วยถนน ส่วนโครงสร้างสะพานข้ามลำน้ำบีบลำน้ำให้แคบลง บางส่วนของลำน้ำธรรมชาติถูกแทนที่ด้วยท่อหรืออุโมงค์น้ำ ลำน้ำในเขตเมืองหนาแน่นถูกรุกจากสิ่งก่อสร้าง มีผลต่อความกว้าง ลักษณะและคุณสมบัติของตลิ่ง

โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณที่พื้นเมืองมีความหนาแน่นสูงตอนบนของเขตเทศบาลเมืองกระบี่ ที่ขึ้นทับคลองกระบี่ใหญ่ ลดประสิทธิภาพการไหลของน้ำในลำน้ำ ควรพิจารณาหรือถอนสิ่งก่อสร้างขวางทางน้ำ กำหนดพื้นที่ถอยร่น และพื้นที่ธรรมชาติริมฝั่งสองข้างลำน้ำไว้

ลักษณะทางเชื่อมต่อระบบน้ำที่ยั่งยืน ที่จะสามารถเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของพืชและสัตว์ ส่งเสริมคุณภาพน้ำ ชายฝั่งลำน้ำ ควรมีพื้นที่ที่ประกอบด้วยสังคมพืชที่หลากหลาย โดยความกว้างของพื้นที่ริมชายฝั่งนั้นขึ้นอยู่กับบทบาทหน้าที่ของพื้นที่ริมน้ำต่อระบบนิเวศ ความกว้างของพื้นที่ชายน้ำที่ 5 - 30 เมตร ช่วยรักษาคุณภาพน้ำ รักษาอุณหภูมิ กรองตะกอน ลดปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแทสเซียม และจุลินทรีย์จากน้ำผิวดินก่อนไหลสู่ลำน้ำได้ ความกว้างของพื้นที่ชายน้ำระหว่าง 10 - 20 เมตร ช่วยรักษาเสถียรภาพของตลิ่ง ความกว้างของพื้นที่ชายน้ำอย่างน้อย 30 เมตร เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง ปลา สัตว์เลื้อยคลาน และสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำได้ ความกว้างอย่างน้อย 50 เมตร สำหรับสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม และอย่างน้อย 60 - 100 เมตร สำหรับแหล่งวางไข่ และหาอาหารของนก (Fischer & Fischenich, 2000) ขนาดพื้นที่ชายน้ำความกว้าง 20 - 150 เมตร ช่วยหนองและกักเก็บน้ำ ลดการเกิดน้ำท่วมได้ อย่างไรก็ตามขนาดความกว้างยิ่งมากยิ่งมีประสิทธิภาพของการบริการระบบนิเวศ นอกจากความกว้างแล้ว ยังควรคำนึงถึงความลาดชัน และควรรักษาให้มีความต่อเนื่องตลอดทั้งลำน้ำ และตลอดทั้งสองฝั่งลำน้ำ เลือกใช้พืชพันธุ์พื้นถิ่นและจำกดมิให้เกิดการนำพืชและสัตว์ต่างถิ่นเข้ามาในพื้นที่

การพัฒนาโครงข่ายน้ำ (wetland network) เช่น โครงสร้างพื้นฐานระบบน้ำ (blue infrastructure) โดยเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของลำน้ำให้สามารถรองรับน้ำได้มากขึ้น ในขณะเดียวกันก็ปรับเปลี่ยนพื้นที่ริมน้ำให้สามารถรองรับน้ำส่วนเกินจากลำน้ำ และพื้นที่เดียวกันนั้นในบางฤดูกาลก็สามารถใช้ประโยชน์ด้านการเกษตร นันทนาการ และส่งเสริมระบบนิเวศ ตามศักยภาพและบริบทของพื้นที่ และสามารถพัฒนาเมืองเกิดเป็นย่านใหม่เพื่อรองรับการขยายตัวของเมือง ซึ่งผลของการพัฒนามูลค่ามหาศาลนี้ สร้างให้เกิดย่านที่อยู่อาศัย ย่านธุรกิจ และแหล่งท่องเที่ยวใหม่ ที่สามารถยกระดับคุณภาพชีวิตทางสังคม และเพิ่มประสิทธิภาพของเมืองให้ทนทานและยืดหยุ่น พร้อมรับมือกับสังคมและสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง

การพัฒนาเมืองน้ำ (wetland matrix) โดยชุมชนประมงมักมีกลุ่มของชุมชนอยู่ติดทะเล หรือกันทางน้ำที่ออกสู่ทะเล มีลักษณะชุมชนเป็นกลุ่มหมู่บ้านขนาดเล็ก ปลูกเรือนโดยใช้ไม้ในพื้นที่รูปแบบเรือนเครื่องผูก มักเลือกตั้งถิ่นฐานในพื้นที่ริมคลองและแพรง โดยปลูกเรือนเกาะตัวเป็นแนวยาวตามปากแม่น้ำ โดยเว้นระยะถอยร่นจากชายฝั่งทะเล เพื่อเก็บรักษาแนวป่าชายเลน เป็นแนวป้องกันคลื่นลมและพายุในฤดูมรสุม มีท่าเรือชุมชนเพื่อจอดเรือหลบลมพายุ รวมทั้งมีการวางกลุ่มเรือนสอดแทรกตามป่าชายเลน เพื่อให้มีเงาแก่ตัวเรือน โดยเรือนส่วนใหญ่มีการยกเสาสูงเหนือระดับน้ำทะเลสูงสุด เมื่อขยายครอบครัวใหญ่ขึ้นบางชุมชนอยู่กันแออัด ลูกหลานมีความต้องการที่ดินเพื่อสร้างที่อยู่อาศัย พื้นที่ทำกิน เกษตรกรรม ประมง ก็มักขยายพื้นที่รุกล้ำเข้าไปในพื้นที่ป่าชายเลน ซึ่งปัจจุบันรูปแบบการอยู่อาศัยกับน้ำและธรรมชาติ ถูกแทนที่ด้วยวิถีชีวิตแบบคนเมืองบก จึงทำให้พื้นที่ดั้งเดิมไม่สอดคล้องกับรูปแบบการอยู่อาศัยในปัจจุบัน

รวมทั้งการพัฒนาธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ หมู่บ้าน ที่พัก โรงแรม ที่เกิดขึ้นมากมายในบริเวณพื้นที่ใกล้ชายฝั่ง ควรคำนึงถึงรูปแบบการวางผังและการก่อสร้างที่ลดผลกระทบต่อระบบนิเวศ และสามารถปรับตัวยืดหยุ่นต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศบริเวณชายฝั่งได้ดี

2. ระบบนิเวศพืชพันธุ์

พื้นที่ว่างในเมืองมีศักยภาพในการพัฒนาให้เกิดการบริการระบบนิเวศของโครงข่ายพื้นที่สีเขียวในเมือง จากการพัฒนาเป็นพื้นที่เกษตรในเมืองเพื่อผลิตอาหารให้คนท้องถิ่น ต้นไม้ใหญ่ให้ร่มเงา บรรเทาความร้อนจากปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเมือง การคายระเหยยังช่วยเพิ่มความชื้นและการไหลเวียนอากาศในเมือง

พื้นที่สีเขียวและพืชช่วยหนองน้ำและเพิ่มความสามารถในการซึมน้ำให้กับพื้นที่ โดยเฉพาะพื้นที่เมืองที่มีสัดส่วนพื้นที่ที่ซึมน้ำน้อย สังคมพืชในเมืองเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยให้กับสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศเมือง และยังเป็นแหล่งแวะพักของนกอพยพ พืชยังช่วยดูดซับคาร์บอนและมลพิษในอากาศ การพัฒนาพื้นที่สีเขียว พื้นที่สาธารณะ เพิ่มกิจกรรมนันทนาการและการท่องเที่ยว พื้นที่ทางสังคมที่ผู้คนมาพักผ่อน ทำกิจกรรม รวมตัวกันตามเทศกาล ประเพณี

การพัฒนาพื้นที่สีเขียวในเมือง (vegetation patch) ในพื้นที่เมืองกระบี่ มีป่าเขาหินปูนแทรกตัวอยู่ในเนื้อเมือง ซึ่งยังคงมีสังคมพืชและสัตว์ที่เป็นเอกลักษณ์ เขาหินปูนลักษณะเป็นเขาโดด ยอดแหลมคม มีเว้าหินและถ้ำ บนเขาหินปูนมักปรากฏป่าผลัดใบที่มีพรรณไม้ขนาดเล็กขึ้นอยู่ พืชบนเขาหินปูนมีลักษณะแคระแกร็นจากปริมาณดิน อินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารที่จำกัด รวมทั้งต้องทนทานต่อแรงลมและพายุชายฝั่ง เขาหินปูนเป็นแหล่งอาศัย สว่างรัง วางไข่ หลบภัย และเป็นแหล่งที่นกอพยพหลายชนิดมาแวะพัก รวมทั้งสัตว์เลื้อยคลานด้วยขนาดเล็ก เช่น ค้างคาว กระรอก ลิง เป็นต้น นอกจากป่าเขาหินปูน ก็ยังมีผืนป่าชายเลนขนาดเล็ก ๆ ที่คงเหลือจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็น remnant patch ซึ่งหากไม่มีการจัดการพื้นที่เหล่านี้จะเสื่อมสภาพป่า และเปลี่ยนสภาพเป็นพื้นที่เสื่อมคุณค่าทางนิเวศไป รวมทั้งพื้นที่ว่างและพื้นที่สีเขียวในเขตเมือง ที่มีศักยภาพในการเป็นระบบนิเวศในเมือง แหล่งอาหารและแวะพักของสิ่งมีชีวิตได้ นอกจากพื้นที่ห้วยมป้าแล้ว ยังมีพื้นที่สีเขียวอื่น ๆ ที่มีศักยภาพในการพัฒนาเพื่อส่งเสริมการทำงานของระบบนิเวศ เช่น สุสานทุ่งไหลง สวนสาธารณะธารา สวนเจ้าฟ้า ให้มีบทบาทเชิงนิเวศเพิ่มขึ้น ในการเป็นที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิต พื้นที่ที่ซึมน้ำ พื้นที่ผลิตอาหาร เป็นต้น

การพัฒนาทางเชื่อมต่อสีเขียว (vegetation corridor) ในเขตเทศบาลเมืองกระบี่ มีพื้นที่สาธารณะ ได้แก่ สวนสาธารณะธารา ต่อเนื่องกับสวนเจ้าฟ้า ซึ่งมีลักษณะเป็นพื้นที่สาธารณะริมแม่น้ำกระบี่ พื้นที่สุสานหอยริมชายฝั่งแหลมโพธิ์ซึ่งมีศักยภาพจะพัฒนาให้ต่อเนื่องเป็นทางเชื่อมต่อสีเขียว เพื่อเชื่อมต่อระหว่างผืนป่าที่ถูกแบ่งแยกให้ห่างกัน หรือระหว่างผืนระบบนิเวศชายฝั่ง เพื่อให้สัตว์ป่าสามารถเคลื่อนย้ายไปมาระหว่างผืนป่าได้ ลดความเสี่ยงความขัดแย้งของการใช้พื้นที่ระหว่างสัตว์ป่ากับกิจกรรมการสัญจรของมนุษย์ จากการพัฒนาพื้นที่สีเขียวในเขตเมือง ให้เชื่อมโยงเป็นวงสีเขียวรอบเมือง ร่วมกับการพัฒนาพื้นที่แนวชายฝั่งทางเดินหรือริมฝั่งแม่น้ำ พัฒนาให้เป็นพื้นที่เพื่อการนันทนาการและระบบนิเวศ รวมทั้งการพัฒนาพื้นที่กันชน เป็นรูปแบบการพัฒนาเส้นสีเขียว เพื่อป้องกันการรบกวนพื้นที่ที่มีคุณค่าทางนิเวศสูง ทั้งพื้นที่กันชนรอบพื้นที่อนุรักษ์ พื้นที่กันชนระหว่างพื้นที่เกษตรกรรมและห้วยมป้า พื้นที่กันชนระหว่างพื้นที่เกษตรกรรมและแม่น้ำลำธาร และพื้นที่กันชนระหว่างพื้นที่ธรรมชาติและพื้นที่เมือง

การพัฒนาโครงข่ายสีเขียว (vegetation network) จากเส้นทางที่เป็นระบบสาธารณูปโภค ที่มีโครงข่ายการครอบคลุมพื้นที่อยู่ในเขตเมืองอยู่แล้ว เช่น แนวโครงข่ายถนน ทางเท้า พื้นที่ใต้แนวเสาไฟฟ้า แนวระบบทางและท่อระบายน้ำ ที่รวมถึงระบบระบายน้ำผิวดิน ระบบคู คลอง เป็นต้น

การพัฒนาเมืองสีเขียว (vegetation matrix) เช่น แนวคิดเมืองสีเขียว (green city, garden city) คือการพัฒนาเมืองแบบยังคงรักษาและเพิ่มพื้นที่สีเขียวในเมืองให้มากที่สุด แม้มีการพัฒนาย่านอุตสาหกรรมและพาณิชยกรรมควบคู่กัน เปลี่ยนจากเมืองเสื่อมโทรมเป็นเมืองที่เต็มไปด้วยต้นไม้ใหญ่และสวนสาธารณะ เปลี่ยนพื้นที่เล็ก ๆ ในเมืองเพื่อเป็นแหล่งที่อยู่อาศัย แหล่งอาหาร และแหล่งแวะพักสำหรับผึ้งและแมลงตัวเล็ก ได้มีอาหารและผสมพันธุ์พืชในเมือง

3. ระบบภูมิเวกเมือง

พื้นที่ในเมืองทั้งที่เป็นพื้นที่ว่างและพื้นที่เสื่อมโทรม (brown field) เช่น พื้นที่ทิ้งขยะ พื้นที่โรงงานอุตสาหกรรมหรืออาคารที่ไม่มีการใช้งาน หรือมีสภาพเสื่อมโทรม ล้วนมีศักยภาพในการพัฒนาให้เกิดการบริการระบบนิเวศของระบบนิเวศเมืองได้

การพัฒนาสิ่งก่อสร้างในเมือง (urban ecological patch) ในเขตพื้นที่เมืองประกอบไปด้วยอาคารและสิ่งก่อสร้างมากมาย ทั้งอาคารที่ทำการของรัฐ สถาบันการศึกษา อาคารที่พักอาศัย โรงแรม หรือบ้านเรือน โดยเฉพาะอาคารและสิ่งก่อสร้างที่กำลังจะสร้างขึ้นใหม่ ล้วนมีศักยภาพในการพัฒนาตามแนวทางอาคารเขียว (green building) หรืออาคารตามแนวคิดอื่น ๆ เช่น อาคารอัจฉริยะ (smart building) เป็นต้น อีกรูปแบบของสิ่งก่อสร้างที่สามารถปรับตัวและอยู่ร่วมกับสิ่งแวดล้อมที่มีพลวัตคือสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น (vernacular architecture) เช่น บ้านยกพื้น และบ้านเรือนแพ ในที่ลุ่ม หรือการสร้างด้วยวัสดุพื้นถิ่น เป็นต้น

การพัฒนาทางเชื่อมเมือง (urban ecological corridor) จากการฟื้นฟูโครงสร้างระบบสาธารณูปโภคเดิมที่เสื่อมสภาพหรือไม่มีการใช้งานแล้ว ปรับเป็นพื้นที่สาธารณะ ซึ่งมีประโยชน์ต่อเศรษฐกิจ และช่วยเพิ่มความหลากหลายทางชีวภาพให้กับเมือง ช่วยซึมซับน้ำฝน ลดอุณหภูมิ และลดการใช้พลังงานของเมือง

การพัฒนาโครงข่ายเมือง (urban ecological network) และโครงสร้างพื้นฐานภูมิทัศน์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการพัฒนาเมืองโดยการเพิ่มประสิทธิภาพโครงข่ายการสัญจรสาธารณะ ลดการใช้รถยนต์ส่วนตัว และลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิง มุ่งการพัฒนาแบบสัญจรสาธารณะ และการใช้ประโยชน์พื้นที่รอบสถานีขนส่งมวลชน ที่เชื่อมต่อการสัญจรทางเท้าและทางจักรยาน รวมทั้งพื้นที่ริมชายฝั่ง ที่มีความเสี่ยงต่อภัยพิบัติทางทะเล พายุ น้ำท่วม และคลื่นซัดฝั่ง ที่ควรกันพื้นที่ไว้เป็นพื้นที่ป้องกันชายฝั่ง โดยใช้ฐานของพื้นที่และระบบนิเวศเป็นเกราะป้องกันและบรรเทาภัยพิบัติ จัดสรรพื้นที่สาธารณะที่คนเมืองสามารถเข้าถึงได้ในระยะเดินไม่เกิน 400 เมตร

การพัฒนาเมืองเชิงนิเวศ (urban ecological matrix) เมืองที่มีการผสมผสานระบบนิเวศเข้าไปในการออกแบบเมือง บริหารจัดการเมือง และสร้างรูปแบบการใช้ชีวิตของคน การพัฒนาเมืองโดยคำนึงถึง สมดุลระหว่างเมืองและสิ่งแวดล้อม เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเมืองเพื่อลดผลกระทบทั้งทางด้านน้ำ มลพิษ พลังงาน พืช และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ รวมทั้งความอยู่และคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นของชุมชน ร่วมกับแนวคิดเมืองปรับตัว (resilient city) หรือเมืองที่มีความยืดหยุ่นสูง มีความสามารถในการรับมือและสามารถปรับตัวได้อย่างรวดเร็ว จากการเปลี่ยนแปลงโดยมนุษย์และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ แนวคิด biophilic design การออกแบบให้เข้ากับธรรมชาติ หรือการออกแบบเพื่อสิ่งแวดล้อม โดยสอดคล้องวิถีชีวิตของคนในเมืองเชื่อมโยงให้เป็นส่วนหนึ่งของธรรมชาติ โดยมองธรรมชาติเป็นศูนย์กลางของสถาปัตยกรรม สร้างความยั่งยืนของเมืองเพื่อเตรียมรับมือปัญหาสิ่งแวดล้อมในอนาคต

สรุปและข้อเสนอแนะ

การนำแบบแผนปริภูมิมาใช้ในการวิเคราะห์และวางแผนระบบนิเวศชายฝั่งโดย 3 ระบบภูมิทัศน์ที่สำคัญ ได้แก่ น้ำ-พืช-เมือง เป็นการจำลองเมืองและระบบนิเวศชายฝั่งที่มีความซับซ้อน มานำเสนอในรูปแบบที่ง่ายต่อความเข้าใจ เพิ่มประสิทธิภาพในการสื่อสาร และสามารถประยุกต์ใช้กับการพัฒนาภูมิภาคเมืองชายฝั่งอื่น ๆ ได้ โดยเริ่มจากการจำแนกสิ่งปกคลุมดินด้วยการแปลภาพถ่ายดาวเทียม นำแผนที่เฉพาะเรื่อง ระบบน้ำ-พืช-เมือง ที่ได้มาวิเคราะห์โครงสร้างภูมิทัศน์ ซ้อนทับแผนที่เฉพาะเรื่องเพื่อระบุประเด็นปัญหาเชิงพื้นที่ พร้อมกับการวิเคราะห์ศักยภาพและข้อจำกัดของการบริการระบบนิเวศ และนำระบบภูมิทัศน์ น้ำ-พืช-เมือง มาพัฒนาผังภูมินิเวศทางเลือก 4 รูปแบบ ได้แก่ พัฒนาผืนระบบนิเวศ พัฒนาทางเชื่อมนิเวศ พัฒนาเป็นโครงข่าย และพัฒนาแบบองค์รวม ได้เป็นผังภูมินิเวศทางเลือกที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการบริการระบบนิเวศสำหรับพัฒนาเมืองและพื้นที่รอบเมืองชายฝั่ง สำหรับนำไปเป็นแนวทางพัฒนาให้เหมาะสมกับบริบทพื้นที่บริบททางสังคมและเศรษฐกิจ ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- Barbedo, J., Miguez, M., Van der Horst, D., & Marins, M. (2014). Enhancing ecosystem services for flood mitigation: A conservation strategy for peri-urban landscapes?. *Ecology and Society*, 19(2), 54.
- Barbier, E. B. (2015). Valuing the storm protection service of estuarine and coastal ecosystems. *Ecosystem Services*, 11, 32-38.
- Beach, D. (2002). *Coastal sprawl: The effects of urban design on aquatic ecosystems in the United States*. Arlington, Virginia: Pew Oceans Commission.
- Bi, X., Wang, B., & Lu, Q. (2011). Fragmentation effects of oil wells and roads on the Yellow River Delta, North China. *Ocean and Coastal Management*, 54(3), 256-264.
- Bueren, E. V., Bohemen, H. V., & Visscher, H. (2012). *Sustainable Urban Environments: An Ecosystem Approach*. London: Springer Dordrecht Heidelberg.
- Chee, S. Y., Othman, A. G., Sim, Y. K., Mat Adam, A. N., & Firth, L. B. (2017). Land reclamation and artificial islands: Walking the tightrope between development and conservation. *Global Ecology and Conservation*, 12, 80-95.
- Colby, J. D., & Keating, P. L. (2010). Land cover classification using Landsat TM imagery in the tropical highlands: The influence of anisotropic reflectance. *International Journal of Remote Sensing*, 19(8), 1479-1500.
- Elmore, A. J., & Kaushal, S. S. (2008). Disappearing headwaters: Patterns of stream burial due to urbanization. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 6(6), 308-312.
- Enwright, N. M., Griffith, K. T., & Osland, M. J. (2016). Barriers to and opportunities for landward migration of coastal wetlands with sea-level rise. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 14(6), 307-316.
- Felix, G., Marenzi, R. C., Polette, M., & Netto, S. A. (2016). Landscape Visual Quality and Meiofauna Biodiversity on Sandy Beaches. *Environmental Management*, 58(4), 682-693.
- Fischer, R. A., & Fischenich, J. C. (2000). *Design recommendations for riparian corridors and vegetated buffer strips*. Vicksburg: Army engineer waterway experiment station vicksburg ms engineer research and development center.
- Forman, R. T., & Godron, M. (1984). Landscape ecology principles and landscape function. In *Proceedings, 1st seminar, International Association of Landscape Ecology*. Denmark: Roskilde University Centre.
- Forman, R. T., & Godron, M. (1986). *Landscape Ecology*. New York: John Wiley.
- Friess, D. A., Richards, D. R., & Phang, V. X. H. (2016). Mangrove forests store high densities of carbon across the tropical urban landscape of Singapore. *Urban Ecosystems*, 19(2), 795-810.
- Haase, D., Larondelle, N., Andersson, E., Artmann, M., Borgstrom, S., Breuste, J., ... Kabisch, N. (2014). A quantitative review of urban ecosystem service assessments: concepts, models, and implementation. *Ambio*, 43(4), 413-433.

- Hauser, L. T., Nguyen, V. G., Nguyen, B. A., Dade, E., Nguyen, H. M., Nguyen, T. T. Q., ... Pham, H. V. (2017). Uncovering the spatio-temporal dynamics of land cover change and fragmentation of mangroves in the Ca Mau peninsula, Vietnam using multi-temporal SPOT satellite imagery (2004–2013). *Applied Geography*, 86, 197-207.
- Hernández-Cordero, A. I., Hernández-Calvento, L., & Espino, E. P. C. (2017). Vegetation changes as an indicator of impact from tourist development in an arid transgressive coastal dune field. *Land Use Policy*, 64, 479-491.
- Hong, S. K., Koh, C. H., Harris, R. R., Kim, J. E., Lee, J. S., & Ihm, B. S. (2010). Land use in Korean tidal wetlands: Impacts and management strategies. *Environmental Management*, 45(5), 1014-1026.
- Howarth, R. W. (2008). Coastal nitrogen pollution: A review of sources and trends globally and regionally. *Harmful Algae*, 8(1), 14-20.
- Jensen, J. R. (2015). *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*. New Jersey: Prentice Hall Press.
- Jia, K., Wei, X., Gu, X., Yao, Y., Xie, X., & Li, B. (2014). Land cover classification using Landsat 8 Operational Land Imager data in Beijing, China. *Geocarto International*, 29(8), 941-951.
- Laurance, S. G. W., Baider, C., Vincent Florens, F. B., Ramrekha, S., Sevathian, J. C., & Hammond, D. S. (2012). Drivers of wetland disturbance and biodiversity impacts on a tropical oceanic island. *Biological Conservation*, 149(1), 136-142.
- Lee, S. Y. (2016). From blue to black: Anthropogenic forcing of carbon and nitrogen influx to mangrove-lined estuaries in the South China Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 109(2), 682-690.
- Lee, S. Y., Primavera, J. H., Dahdouh-Guebas, F., McKee, K., Bosire, J. O., Cannicci, S., ... Mendelssohn, I. (2014). Ecological role and services of tropical mangrove ecosystems: A reassessment. *Global Ecology and Biogeography*, 23(7), 726-743.
- Leigh, C., Burford, M. A., Connolly, R. M., Olley, J. M., Saeck, E., Sheldon, F., ... Bunn, S. (2013). Science to support management of receiving waters in an event-driven ecosystem: From land to river to sea. *Water (Switzerland)*, 5(2), 780-797.
- Mega, V. P. (2016). *Conscious Coastal Cities*. New York: Springer Cham Heidelberg.
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystem and human well-being a framework for assessment*. Washington DC: Island Press.
- Molnar, M., Clarke-Murray, C., Whitworth, J., & Tam, J. (2009). *Marine and Coastal Ecosystem Services: A report on ecosystem services in the Pacific North Coast Integrated Management Area (Pncima) on the British Columbia coast*. Vancouver: David Suzuki Foundation.
- Nagelkerken, I. (2009). *Ecological Connectivity among Tropical Coastal Ecosystems*. London: Springer Dordrecht Heidelberg.
- Nordenson, C. S., Nordenson, G., & Chapman, J. (2018). *Structures of Coastal Resilience*. Washington DC: Island Press.

- Rao, N. S., Ghermandi, A., Portela, R., & Wang, X. (2015). Global values of coastal ecosystem services: A spatial economic analysis of shoreline protection values. *Ecosystem Services*, 11, 95-105.
- Santana-Cordero, A. M., Bürgi, M., Hersperger, A. M., Hernández-Calvento, L., & Monteiro-Quintana, M. L. (2017). A century of change in coastal sedimentary landscapes in the Canary Islands (Spain) — Change, processes, and driving forces. *Land Use Policy*, 68, 107-116.
- Tanaka, N., & Onai, A. (2017). Mitigation of destructive fluid force on buildings due to trapping of floating debris by coastal forest during the Great East Japan tsunami. *Landscape and Ecological Engineering*, 13(1), 131-144.
- Utz, R. M., Hilderbrand, R. H., & Raesly, R. L. (2010). Regional differences in patterns of fish species loss with changing land use. *Biological Conservation*, 143(3), 688-699.
- Waltham, N. J., & Sheaves, M. (2015). Expanding coastal urban and industrial seascape in the Great Barrier Reef World Heritage Area: Critical need for coordinated planning and policy. *Marine Policy*, 57, 78-84.
- Xu, H. (2007). Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 27(14), 3025-3033.