ISSN 0866-7608

TẠP CHÍ KHOA HỌC TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG

TRƯỜNG ĐẠI HỌC TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG HÀ NỘI

HANOI UNIVERSITY OF NATURAL RESOURCES AND ENVIRONMENT

Số 53

Tháng 12/2024

TẠP CHÍ
KHOA HỌC TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG
(Journal of Science on Natural Resources and Environment)

TỔNG BIÊN TẬP
PGS.TS. Lê Thị Trinh

PHÓ TỔNG BIÊN TẬP
TS. Nguyễn Bá Dũng

ỦY VIÊN HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP

1. PGS.TS. Hoàng Anh Huy
2. GS.TS. Huỳnh Thị Lan Hương
3. PGS.TS. Nguyễn Ngọc Thanh
4. PGS.TS. Phạm Quý Nhân
5. PGS.TS. Trần Duy Kiều
6. PGS.TS. Hoàng Ngọc Quang
7. PGS.TS. Nguyễn Thế Hưng
8. TS. Phạm Anh Tuấn
9. PGS.TS. Nguyễn Hoàn
10. TS. Nguyễn Hồng Lân
11. PGS.TS. Nguyễn Thị Hồng Hạnh
12. PGS.TS. Phí Trường Thành
13. TS. Lê Xuân Hùng
14. PGS.TS. Nguyễn Viết Lành
15. TS. Lê Phú Hưng
16. TS. Bùi Đắc Thuyết
17. PGS.TS. Phạm Văn Cự
18. GS.TS. Mai Trọng Nhuận
19. GS.TS. Phan Tuấn Nghĩa
20. GS.TS. Trần Thục
21. GS.TS. Trần Đức Viên
22. GS.TS. Trần Thọ Đạt

Trị sự - Tổng hợp
ThS. Nguyễn Đức Mạnh

Giấy phép xuất bản
Số: 367/GP-BTTTT - Bộ Thông tin và Truyền thông cấp ngày 29 tháng 9 năm 2023
In tại: Công ty TNHH In và Thương mại Châu Anh

Tòa soạn - Trị sự
Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội
Đ/c: 41 A Phú Diễn, phường Phú Diễn,
quận Bắc Từ Liêm, Hà Nội
Điện thoại: 84-24-37645798, Fax: 84-24-38370597
Email: tapchikhtnmt@hunre.edu.vn

ISSN 0866 - 7608

MỤC LỤC
Số 53 * 2024

NGHIÊN CỨU

1. **Vũ Văn Lân, Vũ Minh Cát, Bùi Du Dương:** Đánh giá khả năng sử dụng dữ liệu mưa vệ tinh để mô phỏng dòng chảy bằng mô hình thủy văn HYPE, áp dụng cho lưu vực sông Sê San 3
2. **Trịnh Kim Yến, Trần Văn Tuấn:** Nghiên cứu xử lý bùn thải sinh học từ hệ thống xử lý nước thải cơ sở giết mổ gia súc thành sinh khối nuôi giun quế (Perionyx Excavatus) 13
3. **Hoàng Thị Phương Thảo, Nguyễn Thị Khuy, Phạm Thị Mai, Phạm Thị Thu Hiền:** Đánh giá kết quả thực hiện một số quyền sử dụng đất của hộ gia đình, cá nhân tại huyện Văn Lâm, tỉnh Hưng Yên 22
4. **Bùi Thị Thanh Thủy:** Nghiên cứu đánh giá sự biến động về khối lượng chất thải nguy hại phát sinh từ các khu công nghiệp trên địa bàn tỉnh Nam Định và đề xuất các biện pháp nâng cao hiệu quả quản lý 34
5. **Đỗ Thị Bính:** Nghiên cứu tính toán xác định lượng mưa tháng ứng với kịch bản biến đổi khí hậu trên lưu vực Sông Ba 40
6. **Phạm Văn Tùng, Trịnh Lê Hùng, Nguyễn Văn Hưởng:** Mô hình hóa xu hướng phát triển lớp phủ/sử dụng đất khu vực đô thị sử dụng dữ liệu viễn thám và trí tuệ nhân tạo 46
7. **Nguyễn Thị Linh Giang, Đỗ Thị Hiền, Nguyễn Khánh Linh, Lại Thị Ngọc Huyền:** Đánh giá diễn biến chất lượng nước theo chỉ số WQI tại lưu vực Sông Nhuệ - Đáy đoạn chảy qua tỉnh Hà Nam giai đoạn 2021 - 2023 59
8. **Nguyễn Thị Thảo, Hoàng Thị Phương Thảo:** Đánh giá kết quả thực hiện kế hoạch sử dụng đất huyện Nho Quan, tỉnh Ninh Bình năm 2023 69
9. **Huỳnh Thị Lan Hương, Đặng Quang Thịnh, Nguyễn Văn Đại, Nguyễn Đình Hoàng:** Tài nguyên nước trong bối cảnh biến đổi khí hậu: Tác động, nỗ lực, thiếu hụt và các giải pháp ứng phó 77
10. **Dương Thị Loan, Cao Thị Hòa, Trần Như Khánh, Nguyễn Mai Anh:** Thực trạng quản lý nước sạch và vệ sinh môi trường của một số trường học tại Lào Cai năm 2023 95
11. **Nguyễn Khắc Thành, Hoàng Tiểu Yến:** Đánh giá sự tuân thủ các quy định pháp luật về bảo vệ môi trường của Công ty Cổ phần Địa chất mỏ - TKV, phường Cẩm Thành, thành phố Cẩm Phả, tỉnh Quảng Ninh 106
12. **Nguyễn Khánh Linh, Keomany Nirattixay:** Nghiên cứu đề xuất bài học kinh nghiệm về chính sách pháp luật quản lý chất thải rắn sinh hoạt của Việt Nam áp dụng cho Lào 115
13. **Nguyễn Thị Hải, Đinh Phùng Bảo, Lê Xuân Khánh, Nguyễn Thế Long, Đỗ Thị Phương Linh:** Ứng dụng mô hình MIKE 21/3 FM Couple mô phỏng sóng và mực nước vùng ven biển tỉnh Quảng Bình 133
14. **Trần Duy Kiều, Lê Quốc Huy, Trần Thị Tú:** Nghiên cứu chế độ thủy động lực vùng cửa Sông Gianh, tỉnh Quảng Bình 140
15. **Nguyễn Thị Thu Nhạn:** Nghiên cứu tổng quan kiến thức về các nhân tố chính ảnh hưởng đến sự sinh trưởng và tỷ lệ sống của các loài cây gỗ được trồng dưới tán rừng 149
16. **Nguyễn Thị Hải Yến:** Đánh giá thực trạng biến động giá đất ở trên địa bàn thành phố Phúc Yên, tỉnh Vĩnh Phúc 159
17. **Nguyễn Thị Cúc, Vũ Thị Phương Thảo, Phan Thị Mai Hoa:** Ứng dụng GIS, viễn thám và phương pháp phân tích đa chỉ tiêu đánh giá và phân vùng nhạy cảm sinh thái thành phố Hạ Long, tỉnh Quảng Ninh 174
18. **Bùi Thị Cẩm Ngọc, Đặng Thu Hằng, Bùi Thị Then, Đỗ Khánh Linh:** Ứng dụng công nghệ thông tin hỗ trợ công tác kê khai đăng ký đất đai, quản lý hồ sơ địa chính xã Ngũ Hiệp, huyện Thanh Trì, thành phố Hà Nội 186
19. **Lê Thị Thu Hiền, Lê Thị Hạnh, Nguyễn Phước Hiền:** Đánh giá các nhân tố tác động và đề xuất giải pháp phát triển khu du lịch sinh thái đất ngập nước huyện Cần Giờ, TP. Hồ Chí Minh 198
20. **Bùi Tiến Trịnh:** Giải pháp nâng cao hiệu quả công tác giảng dạy các học phần giáo dục quốc phòng và an ninh tại trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội 211

ỨNG DỤNG GIS, VIỄN THÁM VÀ PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH ĐA CHỈ TIÊU ĐÁNH GIÁ VÀ PHÂN VÙNG NHẠY CẢM SINH THÁI THÀNH PHỐ HẠ LONG, TỈNH QUẢNG NINH

Nguyễn Thị Cúc*, Vũ Thị Phương Thảo, Phan Thị Mai Hoa
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Tóm tắt

Trong bối cảnh các hoạt động phát triển kinh tế đang tạo ra sức ép lớn đến môi trường sinh thái, kết quả công tác đánh giá, phân vùng nhạy cảm sinh thái là cơ sở quan trọng để điều chỉnh hoạt động của con người hướng tới mục tiêu sử dụng bền vững tài nguyên thiên nhiên và dịch vụ sinh thái. Nghiên cứu này sử dụng GIS, ảnh Landsat 8 và phương pháp phân tích đa chỉ tiêu AHP đánh giá tính nhạy cảm sinh thái của thành phố Hạ Long thông qua hai nhóm yếu tố tác động: (i) Nhóm yếu tố môi trường tự nhiên gồm độ cao, độ dốc, thảm thực vật (ii) Nhóm yếu tố con người gồm hoạt động sử dụng đất, giao thông, khai thác khoáng sản, mật độ dân số. Mỗi yếu tố được thể hiện không gian trên bản đồ theo 5 mức độ nhạy cảm sinh thái tương ứng. Bản đồ phân vùng nhạy cảm sinh thái tổng hợp được xây dựng dựa trên bản đồ chồng ghép các trọng số thành phần. Kết quả nghiên cứu đã xác định được 9 ha diện tích có mức độ nhạy cảm sinh thái cực kỳ cao (0,01 %) là các khu vực khai thác mỏ gần rừng; 13.535 ha diện tích có mức độ nhạy cảm sinh thái cao (8,87 %), tập trung chủ yếu ở các vùng khai thác mỏ và rừng; 90.339 ha diện tích có mức độ nhạy cảm trung bình (59,18 %), diện tích còn lại là vùng ít nhạy cảm và không nhạy cảm (31,941 %). Kết quả nghiên cứu là cơ sở đề xuất giải pháp cân bằng giữa phát triển kinh tế và bảo vệ môi trường nhằm vươn tới mục tiêu sử dụng bền vững tài nguyên thiên nhiên.

Từ khóa: AHP, Ảnh Landsat 8, Bản đồ phân vùng, Mức độ nhạy cảm sinh thái, Thành phố Hạ Long.

Abstract

Application of GIS, remote sensing and multi-critical analysis method for assessment and zoning eco-sensitive zones in Ha Long city, Quang Ninh province

In the context of economic development activities that are creating great pressure on the ecological environment, the results of ecologically sensitive assessment and zoning are an important basis for adjusting human activities towards sustainable use of natural resources and ecological services This study uses GIS, Landsat 8 images and the AHP multi-criteria analysis method to evaluate the ecological sensitivity of Ha Long city through two groups of impact factors: (i) Natural environmental factors group including altitude, slope, vegetation (ii) Human factors group includes land use activities, transportation, mineral exploitation, and population density. Each factor is represented spatially on the map according to 5 corresponding levels of ecological sensitivity. The synthetic ecologically sensitive zoning map is built based on an overlay map of component weights. Research results have identified 9.0 hectares of area with extremely high ecological sensitivity (0.01 %) which are mining areas near

forests; 13,535 hectares of the area have a high level of ecological sensitivity (8.87 %), concentrated mainly in mining areas and forests; 90,339 hectares of the area have medium sensitivity level (59.18 %), the remaining area is less sensitive and non-sensitive area (31.941 %). The research results are the basis for proposing solutions to balance economic development and environmental protection to reach the goal of sustainable use of natural resources.

Keywords: AHP; Landsat 8 image; Zoning map; Ecological sensitivity level; Ha Long city.

Nhận bài: 17/10/2024; Phản biện xong: 27/10/2024; Chấp nhận đăng: 20/12/2024

***Tác giả liên hệ, Email:** nguyencuc.humg@gmail.com

DOI: https://doi.org/10.63064/khtnmt.2024.631

1. Đặt vấn đề

Nhạy cảm sinh thái là phản ứng của hệ sinh thái trước sự thay đổi môi trường do tác động của hệ thống tự nhiên như môi trường (đất, nước, không khí), địa hình, lớp phủ và hoạt động của con người [16]. Nghiên cứu phân vùng nhạy cảm sinh thái có ý nghĩa quan trọng trong xây dựng quy hoạch phát triển kinh tế, giúp quá trình phát triển kinh tế được bền vững do môi trường được khoanh vùng bảo vệ. Chính vì ý nghĩa quan trọng này mà các nghiên cứu phân loại khu vực sinh thái với những mức độ nhạy cảm sinh thái khác nhau đã được tiến hành từ nhiều năm trước. Châu Âu là một trong những khu vực đi đầu thế giới về phân vùng sinh thái môi trường. Nghiên cứu của Kosmas và cộng sự (1999) sử dụng phương pháp phân tích đa chỉ tiêu AHP kết hợp GIS đánh giá mức độ nhạy cảm môi trường thông qua độ thoái hóa đất và sử dụng đất ở khu vực Địa Trung Hải (MEDALUS) dựa trên 4 chỉ số là thổ nhưỡng, khí hậu, thảm thực vật và biện pháp quản lý. Các khu vực được chia thành 3 cấp: Rất dễ tổn thương, dễ tổn thương và có nguy cơ bị tổn thương [5]. Một nghiên cứu khác của Yilmaz và cộng sự (2020) sử dụng hệ thống thông tin địa lý và phương pháp phân tích thứ bậc AHP để phân vùng nhạy cảm sinh thái tại Denizli của Thổ Nhĩ Kỳ. Các chỉ tiêu sử dụng để đánh giá mức độ nhạy cảm sinh thái bao gồm: Địa hình, độ dốc, địa mạo, hệ thống giao thông, diện tích dân cư, thảm thực vật và độ che phủ đất. Kết quả nghiên cứu là bản đồ phân vùng mức độ nhạy cảm sinh thái theo 5 mức: Không nhạy cảm, nhạy cảm trung bình thấp, nhạy cảm trung bình, nhạy cảm cao và nhạy cảm rất cao [16]. Ở Châu Á, các tác giả Qiang Niu (2018), Xiaoyan Dai (2011), Yuping (2024) sử dụng GIS, viễn thám và phương pháp phân tích đa chỉ tiêu đánh giá độ nhạy sinh thái dựa trên các tiêu chí địa hình, địa mạo, độ dốc, mặt nước, chỉ số thực vật chuẩn hóa, mức độ phong phú loài và nguy cơ lũ lụt. Kết quả nghiên cứu là bản đồ phân vùng mức độ nhạy cảm sinh thái theo 5 mức: Không nhạy cảm, nhạy cảm trung bình thấp, nhạy cảm trung bình, nhạy cảm cao và nhạy cảm rất cao [10, 14, 16]. Bên cạnh đó, Leman và cộng sự (2016), đã thực hiện đánh giá vùng nhạy cảm môi trường cho quy hoạch sử dụng đất ở Langkawi, Malaysia. Nghiên cứu cũng sử dụng phương pháp phân tích đa chỉ tiêu và GIS đánh giá mức độ nhạy cảm về môi trường. Bộ chỉ số được sử

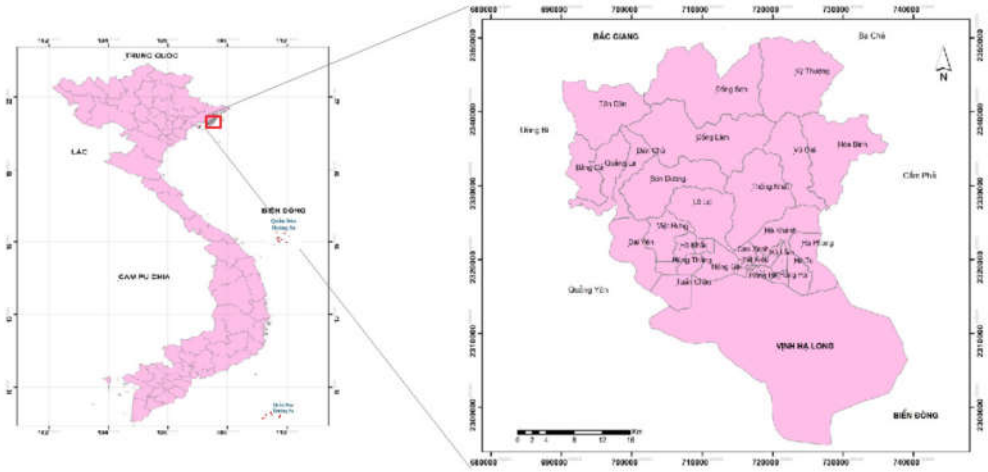
dụng trong nghiên cứu bao gồm các chỉ thị về rủi ro thiên tai (độ dốc, thảm thực vật, lượng mưa, địa chấn,…), chỉ thị về giá trị di sản và chỉ thị về hỗ trợ sự sống (nguồn nước). Nghiên cứu phân loại mức độ nhạy cảm môi trường thành bốn mức độ: Độ nhạy cao, trung bình, thấp và phi nhạy cảm [7].

Ở Việt Nam, phân vùng nhạy cảm sinh thái chủ yếu được đánh giá cho khu vực biển, đảo khi có sự cố tràn dầu. Các nghiên cứu của các tác giả khác nhau đã sử dụng chỉ số nhạy cảm môi trường ESI để phân vùng nhạy cảm môi trường cho từng khu vực khi sự cố tràn dầu xảy ra ở các khu vực của Việt Nam [7, 8, 11, 12]. Huỳnh Công Lực (2017) sử dụng GIS và phương pháp phân tích thứ bậc (AHP) kết hợp phân tích tổ hợp trọng số tuyến tính (WLC) đã xây dựng bản đồ nhạy cảm môi trường huyện Côn Đảo [5]. Kết quả các nghiên cứu trên cho thấy tính hiệu quả và tin cậy của việc sử dụng công nghệ GIS và phương pháp phân tích đa chỉ tiêu trong đánh giá, phân vùng nhạy cảm sinh thái. Độ nhạy cảm sinh thái được đánh giá là liên quan chặt chẽ tới các yếu tố tự nhiên (địa hình, địa mạo, độ dốc, lớp phủ,…) và hoạt động của con người (hệ thống giao thông, dân cư,…)

Thành phố Hạ Long nằm ở trung tâm của tỉnh Quảng Ninh, có địa hình đa dạng gồm vùng đồi núi cao ở phía Đông, Đông Bắc và thấp dần về phía Nam là vùng ven biển, hải đảo với hệ sinh thái rừng và biển phong phú, đa dạng. Với vị trí địa lý thuận lợi cùng sự phong phú về tài nguyên thiên nhiên, thành phố Hạ Long đã trở thành trung tâm phát triển kinh tế của tỉnh Quảng Ninh và là điểm đến du lịch hấp dẫn của nhiều du khách. Điều này đang tạo nên áp lực lớn lên môi trường sinh thái của thành phố Hạ Long, đặc biệt là những khu vực có tính nhạy cảm sinh thái cao như hệ sinh thái rừng ngập mặn, vùng ven biển hay các di sản thiên nhiên. Vì vậy, phát triển kinh tế bền vững đảm bảo gìn giữ được cảnh quan môi trường, đặc biệt là di sản thiên nhiên Vịnh Hạ Long là hết sức cần thiết và cần được quan tâm đúng mức. Nghiên cứu phân vùng nhạy cảm sinh thái thành phố Hạ Long là thông tin hữu dụng cho nhà quản lý thiết lập các hệ thống cảnh báo sớm về an toàn sinh thái và là dữ liệu quan trọng trong xây dựng quy hoạch phát triển kinh tế của thành phố Hạ Long.

2. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Khu vực nghiên cứu



Hình 1: Vị trí khu vực nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu là thành phố Hạ Long, tỉnh Quảng Ninh có địa hình đa dạng gồm vùng đồi núi cao ở phía Đông, Đông Bắc và thấp dần về phía Nam là vùng ven biển, hải đảo với 1969 hòn đảo lớn nhỏ có hệ sinh thái rừng và biển phong phú, đa dạng (Hình 1).

2.2. Dữ liệu nghiên cứu

- Ảnh Landsat 8 - LC08_L2SP_126045_20231207_20231209_02_T1 được thu thập trên trang web https://earthexplorer.usgs.gov của The United States Geological Survey (USGS, 2023) để có dữ liệu về lớp phủ thực vật khu vực nghiên cứu. Dữ liệu về độ cao, độ dốc khu vực nghiên cứu là AP_18811_FBD_F0400_RT2 DEM được thu từ https://search.asf.alaska.edu (Alos Pansar, 2011). Các dữ liệu về sử dụng đất năm 2023, dữ liệu về khu vực khai thác khoáng sản được thu thập từ Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Quảng Ninh dưới dạng bản đồ của phần mềm Mapinfor.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

a. Phương pháp AHP

Phương pháp AHP được sử dụng để xác định trọng số cho từng chỉ tiêu đánh giá theo ý kiến của các chuyên gia thuộc lĩnh vực môi trường. Điểm đánh giá của chuyên gia được cho theo thang điểm do Saaty đề xuất năm 1990 [10]. Điểm đánh giá từ 1 cho đến 9 điểm trong đó 1 - Có tầm quan trọng như nhau; 3- Quan trọng ít; 5- Quan trọng nhiều; 7- Quan trọng hơn rất nhiều; 9- Đặc biệt quan trọng hơn; các điểm số chẵn là khoảng trung gian giữa các mức độ trên.

Trọng số thể hiện mức độ quan trọng của từng chỉ tiêu được xác định theo công thức:

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^{n} \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^{n} a_{ij}}}{n} \quad (1)$$

trong đó: a_{ij}: Là điểm đánh giá theo ý kiến của chuyên gia; n: Số chỉ tiêu đánh giá

Bản đồ phân vùng nhạy cảm sinh thái được xây dựng trên cơ sở chồng xếp các bản đồ đơn tiêu chí theo trọng số như sau:

$$W_i = w_i * u_i \quad (2)$$

trong đó: w_i: Là trọng số của mỗi tiêu chí xác định theo phương pháp AHP; u_i là trọng số có giá trị từ 1 đến 5 tương ứng với 1- không nhạy cảm, 2- ít nhạy cảm, 3- nhạy cảm trung bình, 4- nhạy cảm cao và 5- cực kỳ nhạy cảm của từng tiêu chí.

Xác định tỷ lệ nhất quán (CR): Chỉ số nhất quán được sử dụng để đánh giá tính nhất quán giữa các ý kiến chuyên gia.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3)$$

trong đó: *CI* là Chỉ số nhất quán (Consistency Index); *RI* là Chỉ số ngẫu nhiên (Random Index)

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (4)$$

trong đó: là giá trị đặc trưng của ma trận; n là số chỉ tiêu

Giá trị RI ứng với từng số lượng chỉ tiêu

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49

Tỷ lệ nhất quán CR 0,1 là chấp nhận được, nếu CR > 0,1 thì cần phải điều chỉnh sự không đồng nhất của các chuyên gia bằng cách thay đổi giá trị mức độ quan trọng giữa các cặp chỉ tiêu.

b. Phương pháp viễn thám

Phương pháp phân tích ảnh viễn thám được áp dụng nhằm xác định các yếu tố (tiêu chí) ảnh hưởng đến tính nhạy

cảm sinh thái, gồm độ cao, độ dốc và chỉ số NDVI. Cụ thể, dữ liệu ảnh viễn thám sử dụng trong nghiên cứu này bao gồm ảnh Landsat 8, ký hiệu LC08_L2SP_126045_20231207_20231209_02_T1 và LC08_L2SP_126046_20231207_20231209_02_T1 và Dem AP_18811_FBD_F0400_RT2 DEM. Đối với ảnh Landsat 8 có độ phân giải 30 × 30 m, Dem được chuyển đổi từ hệ tọa độ địa lý sang hệ tọa độ UTM và độ phân giải 30 × 30 m bằng phần mềm ArcGIS 10.8 để tương đồng với các dữ liệu còn lại.

c. Phương pháp chồng xếp bản đồ

Phương pháp chồng xếp bản đồ được áp dụng để chồng xếp các bản đồ đơn tiêu chí theo trọng số đã được xác định bằng phương pháp phân tích thứ bậc AHP để thành lập được bản đồ phân vùng nhạy cảm sinh thái tại khu vực nghiên cứu. Các bản đồ đơn tiêu chí có dữ liệu dạng vector như bản đồ khoảng cách gần đường giao thông chính; Bản đồ gần khu vực khai thác khoáng sản; bản đồ mật độ dân số và bản đồ sử dụng đất được chuyển đổi sang dữ liệu raster có độ phân giải là 30 × 30 m đồng bộ với các dữ liệu bản đồ còn lại bằng phần mềm ArcGIS 10.8.

3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

3.1. Các tiêu chí đánh giá sự nhạy cảm sinh thái

Các nghiên cứu của các tác giả Lương Văn Đức (2018), Huang (2017), Leman (2015), Qiang Niu (2018), Yilmaz (2020) đã chứng minh mức độ nhạy cảm sinh thái phụ thuộc vào các yếu tố tự nhiên như độ cao, độ dốc, mục đích sử dụng đất, mật độ dân số, tai biến nhiên nhiên, hệ thống giao thông, mặt nước và thảm thực vật [1, 2, 6, 9, 15]. Bên cạnh đó, nhận thấy Hạ Long là thành phố du lịch nhưng đồng thời cũng là khu vực có hoạt động khai thác khoáng sản phát triển mạnh mẽ. Hiện nay có 22/33 xã phường của thành phố Hạ Long có hoạt động khai thác khoáng sản, trong đó có 18 xã/phường khai thác than đá đã gây tác động không nhỏ đến môi trường sinh thái địa phương. Vì vậy, trong nghiên cứu này, ngoài các tiêu chí phổ biến dùng trong đánh giá tính nhạy cảm sinh thái như các nghiên cứu có trước, tiêu chí liên quan đến diện tích khu vực khai thác khoáng sản là hoạt động phát triển kinh tế đặc thù của thành phố Hạ Long đã được bổ sung. Như vậy, 7 tiêu chí đánh giá độ nhạy sinh thái khu vực thành phố Hạ Long bao gồm: Độ cao, độ dốc, chỉ số lớp phủ thực vật (NDVI), khoảng cách gần đường giao thông chính, khoảng cách gần khu vực khai thác khoáng sản, sử dụng đất và mật độ dân số. Bảng 1 phân ngưỡng các tiêu chí đánh giá nhạy cảm sinh thái.

** Độ cao*

Thành phố Hạ Long có độ cao dao động lớn từ 0 - 1.065 m so với mực nước biển, mức độ phân cắt địa chất lớn dẫn đến sự phân hóa các loài thực vật ở các độ cao khác nhau. Càng lên cao thì các loài thực vật nhạy cảm càng tăng, dẫn tới khả năng phục hồi sinh thái trước sự biến đổi môi trường ở các khu vực có địa hình cao kém hơn so với ở khu vực địa hình thấp. Tùy thuộc vào mức độ biến động về độ cao trong vùng nghiên cứu sẽ có mức phân ngưỡng khác nhau tương ứng với 5 mức độ nhạy cảm sinh thái. Trong nghiên cứu này, cách phân ngưỡng nhạy cảm sinh thái của tác giả Xiaoyan Dai (2012) đã được áp dụng cho vùng nghiên cứu [14]. Theo đó, khu vực có độ cao từ 0 - 50 m tương ứng với vùng không nhạy

cảm; Khu vực có độ cao từ 50 - 200 m tương ứng với vùng nhạy cảm sinh thái ở mức thấp; Khu vực có độ cao từ 200 - 500 m tương ứng với vùng nhạy cảm sinh thái ở mức trung bình; Khu vực có độ cao từ 500 - 800 m tương ứng với vùng nhạy cảm sinh thái cao và khu vực có độ cao trên 800 được đánh giá là khu vực cực kỳ nhạy cảm.

** Độ dốc*

Chỉ tiêu độ dốc liên quan chặt chẽ tới nguy cơ xảy ra tai biến, đặc biệt là trượt lở. Trong cùng điều kiện như nhau, khu vực có độ dốc càng lớn thì nguy cơ xảy ra tai biến như trượt lở, lũ quét, xói mòn càng cao. Do vậy, mức độ nhạy cảm sinh thái sẽ tỷ lệ thuận với độ dốc. Trong nghiên cứu này, khu vực có độ dốc từ 0 - 5° tương ứng với vùng không nhạy cảm; Khu vực có độ cao từ 5 - 15° tương ứng với vùng nhạy cảm sinh thái ở mức thấp; Khu vực có độ cao từ 15 - 25° tương ứng với vùng nhạy cảm sinh thái ở mức trung bình; Khu vực có độ dốc từ 25 - 35° tương ứng với vùng nhạy cảm sinh thái cao và khu vực có độ dốc trên 25° được đánh giá là khu vực cực kỳ nhạy cảm.

** Khoảng cách với đường giao thông chính*

Những khu vực gần đường giao thông chính thường được quan tâm đầu tư phát triển để phù hợp với cảnh quan chung, vì vậy ở khu vực này thường có độ nhạy sinh thái thấp [15]. Tại Hạ Long, có các tuyến đường lớn chính là QL18, QL279, đường tỉnh 337 và tuyến đường cao tốc Hải Phòng - Hạ Long - Vân Đồn - Móng Cái. Vì vậy, khu vực càng xa hệ thống giao thông chính càng có tính nhạy cảm sinh thái cao. Trong nghiên cứu này, khu vực có khoảng cách <1 km so với đường chính tương ứng với vùng không nhạy cảm; Khu vực có khoảng cách từ 1 - 2 km so với đường chính, tương ứng với vùng nhạy cảm sinh thái ở mức thấp; Khu vực có khoảng cách từ 2 - 3 km so với đường chính tương ứng với vùng nhạy cảm sinh thái ở mức trung bình; Khu vực có khoảng cách từ 4 - 5 km so với đường chính tương ứng với vùng nhạy cảm sinh thái cao và khu vực có khoảng cách >5 km so với đường chính được đánh giá là khu vực cực kỳ nhạy cảm.

**Khoảng cách với khu vực khai thác khoáng sản*

Thành phố Hạ Long tập trung các mỏ than có quy mô lớn của tỉnh Quảng Ninh như Hà Tu, Hà Lầm, Hòn Gai, Núi Béo. Khai thác khoáng sản phá hủy thảm thực vật, thay đổi địa hình và tác động lớn đến môi trường tự nhiên, đặc biệt là môi trường khí. Theo kết quả nghiên cứu của Dương Thị Huyền Trang và cộng sự, 2022 [13], không khí tại thành phố Hạ Long bị ô nhiễm chủ yếu bởi TSP, ở nhiều vị trí trạm quan trắc, nồng độ TSP lên tới 550 μ/m^3 vượt QCVN 05:2022/BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về chất lượng môi trường không khí xung quanh (giới hạn 300 μ/m^3). Nguyên nhân chính phát sinh TSP là do hoạt động công nghiệp, trong đó, chủ yếu là hoạt động khai thác than. Vì vậy, vùng càng gần khu vực khai thác thì mức độ nhạy cảm sinh thái càng cao. Trong nghiên cứu này, khu vực cách mỏ khoáng sản <0,5 km tương ứng với vùng cực kỳ nhạy cảm; Khu vực cách mỏ khai thác khoáng sản từ 0,5 - 1 km, tương ứng với vùng nhạy cảm sinh thái ở mức cao; Khu vực cách mỏ khoáng sản từ 1 - 2 km tương ứng với vùng nhạy cảm sinh thái ở

mức trung bình; Khu vực có khoảng cách từ 2 - 3 km tương ứng với vùng nhạy cảm sinh thái cao và khu vực có khoảng cách >3 km so với mỏ khoáng sản được đánh giá là khu vực không nhạy cảm.

*Sử dụng đất

Đất sử dụng cho các mục đích khác nhau có tính nhạy cảm sinh thái khác nhau. Trong đó, đất trống và đất chưa sử dụng được đánh giá không nhạy cảm với sự thay đổi môi trường, đất canh tác nông nghiệp được đánh giá ít nhạy cảm; Đất ở, đất du lịch và đất công nghiệp được đánh giá là nhạy cảm mức trung bình; Đất rừng và mặt nước được đánh giá là nhạy cảm ở mức cao và mặt nước sử dụng cho mục đích nuôi trồng thủy sản và sinh hoạt được đánh giá là cực kỳ nhạy cảm [2].

Bảng 1. Bảng phân ngưỡng các tiêu chí đánh giá nhạy cảm sinh thái

Chỉ tiêu đánh giá	Không nhạy cảm	Nhạy cảm nhẹ	Nhạy cảm trung bình	Nhạy cảm cao	Cực kỳ nhạy cảm
Độ cao (m)	0 - 50	50 - 200	200 - 500	500 - 800	>800
Độ dốc (°)	0 - 5	5 - 15	15 - 25	25-35	>35
Khoảng cách đến khu vực khai thác khoáng sản (km)	>3	2 - 3	1 - 2	0,5 - 1	0 - 0,5
Khoảng cách đến hệ thống giao thông chính (km)	0 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	>4
Sử dụng đất	Đất trống, đất chưa sử dụng	Đất nông nghiệp	Đất ở, đất công nghiệp, du lịch	Đất rừng, mặt nước biển, nước tưới tiêu	Mặt nước sử dụng sinh hoạt, nước nuôi trồng thủy sản
Chỉ số NDVI	<0,02	0,02 - 0,2	0,2 - 0,3	0,3 - 0,5	>0,5
Mật độ dân số	200	500	1.000	5.000	>5.000

*Chỉ số thực vật NDVI

Chỉ số thực vật phản ánh tỷ lệ đất được che phủ bởi thảm thực vật. Theo Xiaoyan (2011) thảm thực vật ảnh hưởng đến tính dễ tổn thương của môi trường sinh thái. Theo đó, độ nhạy sinh thái sẽ tăng khi thảm thực vật tăng lên [14]. Chỉ số NDVI được xác định theo công thức:

$$\text{NDVI} = \frac{NIR-RED}{NIR+RED} \quad (5)$$

trong đó, RED: Kênh đỏ có giá trị bức xạ của bước sóng nhìn thấy, sử dụng bước sóng 0,6 - 0,7 µm; NIR: Là giá trị bức xạ của bước sóng cận hồng ngoại sử dụng bước sóng 0,75 - 1,5 µm.

Đối với ảnh Landsat 8, NIR tương ứng với giá trị của Band 5 và RED tương ứng giá trị của Band 4.

Giá trị chỉ số NDVI dao động từ 0 đến 1, càng tiến dần về 1 thì độ độ che phủ thực vật càng cao và ngược lại. Trong nghiên cứu này, khu vực có chỉ số NDVI < 0,02 tương ứng với vùng không nhạy cảm sinh thái, chỉ số NDVI từ 0,02 đến 0,2 tương ứng với vùng có mức nhạy cảm nhẹ; Khu vực có chỉ số NDVI từ 0,2 đến 0,3 tương ứng với mức nhạy cảm trung bình; Khu vực có chỉ số NDVI từ 0,3 - 0,5 tương ứng với mức nhạy cảm cao và khu vực cực kỳ nhạy cảm tương ứng với chỉ số NDVI >0,5 [9].

* *Mật độ dân cư*

Khu vực có mật độ dân cư càng cao sẽ có hoạt động kinh tế phát triển càng mạnh, mức độ tác động đến hệ sinh thái càng lớn. Mật độ dân số cao cũng là nguyên nhân làm suy thoái môi trường và suy giảm tính đa dạng sinh học [4]. Do đó, độ nhạy sinh thái của một khu vực sẽ tăng dần khi mật độ dân số tăng. Trong nghiên cứu này, căn

cứ vào mật độ dân cư đối với khu vực đô thị, khu vực có mật độ dân cư <200 người/km^2 tương ứng với vùng không nhạy cảm; Khu vực có mật độ dân cư từ 200 đến 500 người/km^2 tương ứng vùng nhạy sinh thái nhẹ; Khu vực có mật độ dân cư từ 500 đến 1.000 người/km^2 tương ứng với vùng có tính nhạy sinh thái trung bình; Khu vực có mật độ dân cư từ 1.000 đến 5.000 người/km^2 tương ứng với vùng có tính nhạy sinh thái cao và khu vực cực kỳ nhạy cảm có mật độ dân cư trên 5.000 người/km^2.

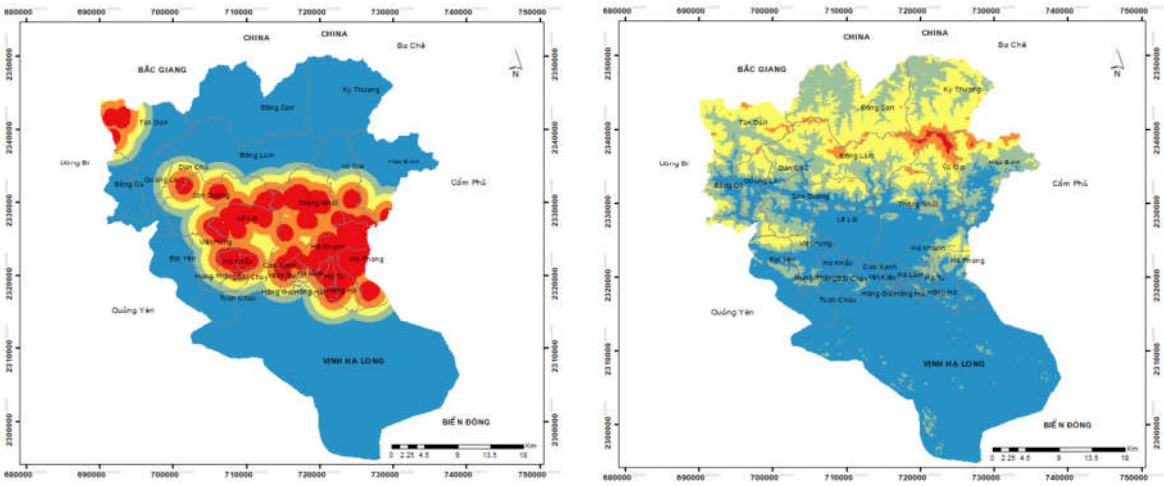
3.2. Trọng số các tiêu chí đánh giá mức độ nhạy cảm sinh thái

Trọng số các chỉ tiêu đánh giá tính nhạy cảm sinh thái được thực hiện bằng phân tích AHP. Đối tượng tham vấn là các chuyên gia thuộc lĩnh vực môi trường và khai thác mỏ. Thang điểm đánh giá giữa các cặp tiêu chí là 1 - 3 - 5 - 7 - 9 tương ứng với quan trọng như nhau, quan trọng ít hơn, quan trọng nhiều hơn, quan trọng hơn rất nhiều và đặc biệt quan trọng hơn. Kết quả đánh giá theo ý kiến chuyên gia và trọng số của từng chỉ tiêu được tổng hợp ở Bảng 2.

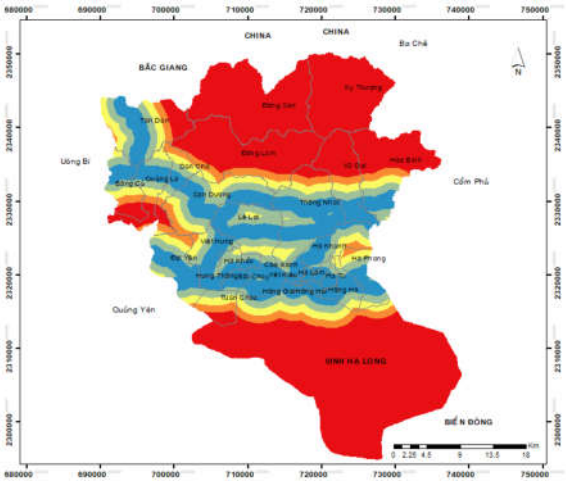
Bảng 2. Ma trận trọng số các tiêu chí đánh giá theo phương pháp AHP

	Độ cao	Độ dốc	Khoảng cách đến hệ thống giao thông chính	Khoảng cách đến khu vực khai thác khoáng sản	Sử dụng đất	Chỉ số thực vật (NDVI)	Mật độ dân số	Trọng số (W_i)
Độ cao	1	1/5	5	1/3	1/5	1/5	3	0,08
Độ dốc		1	7	1/3	1/3	1/5	3	0,13
Khoảng cách đến hệ thống giao thông chính			1	1/7	1/7	1/5	1/3	0,02
Khoảng cách đến khu vực khai thác khoáng sản				1	1/3	5	3	0,21
Sử dụng đất					1	5	5	0,33
Chỉ số thực vật (NDVI)						1	1/3	0,14
Mật độ dân số							1	0,08

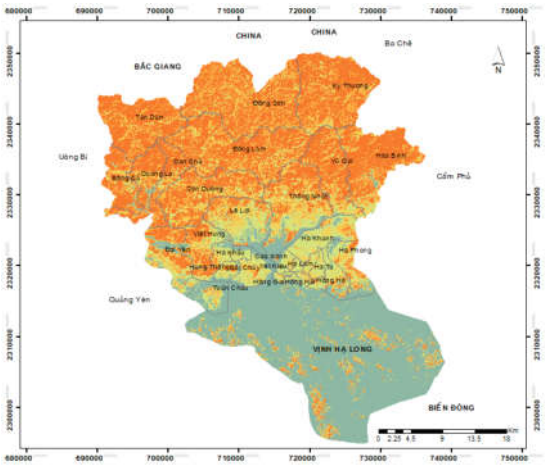
Hình 2 là Bản đồ phân vùng mức độ nhạy cảm sinh thái theo các tiêu chí đánh giá trong khi Bản đồ phân vùng nhạy cảm sinh thái tổng hợp được xây dựng trên cơ sở chồng xếp các bản đồ đơn tiêu chí theo trọng số được thể hiện ở Hình 3 và Bảng 3.



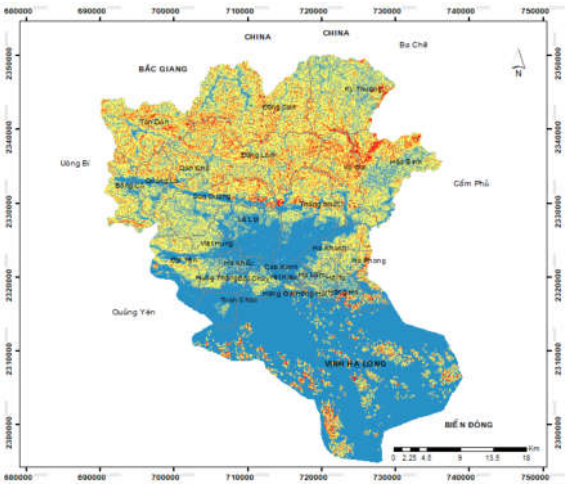
(a) *(b)*



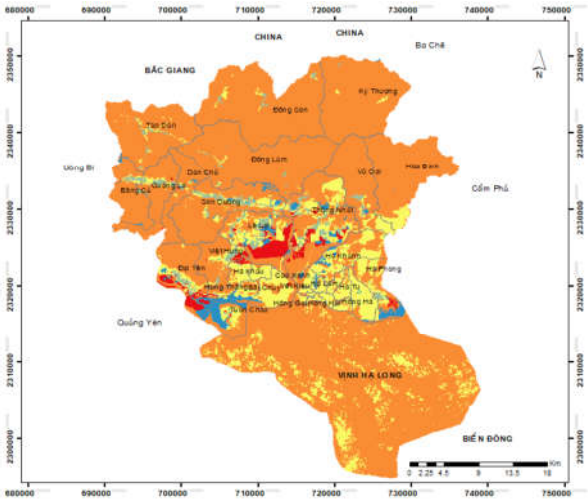
(c)



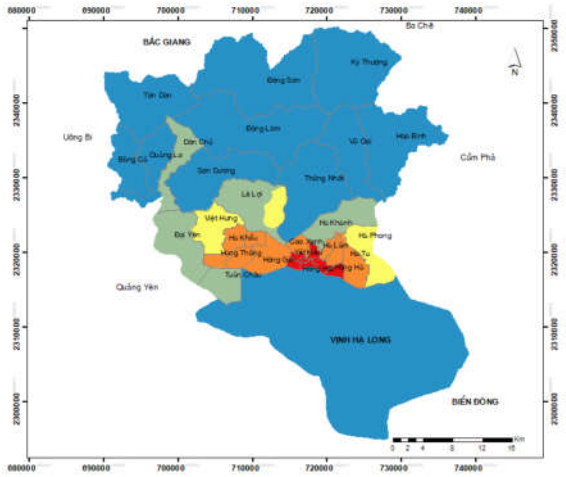
(d)



(e)



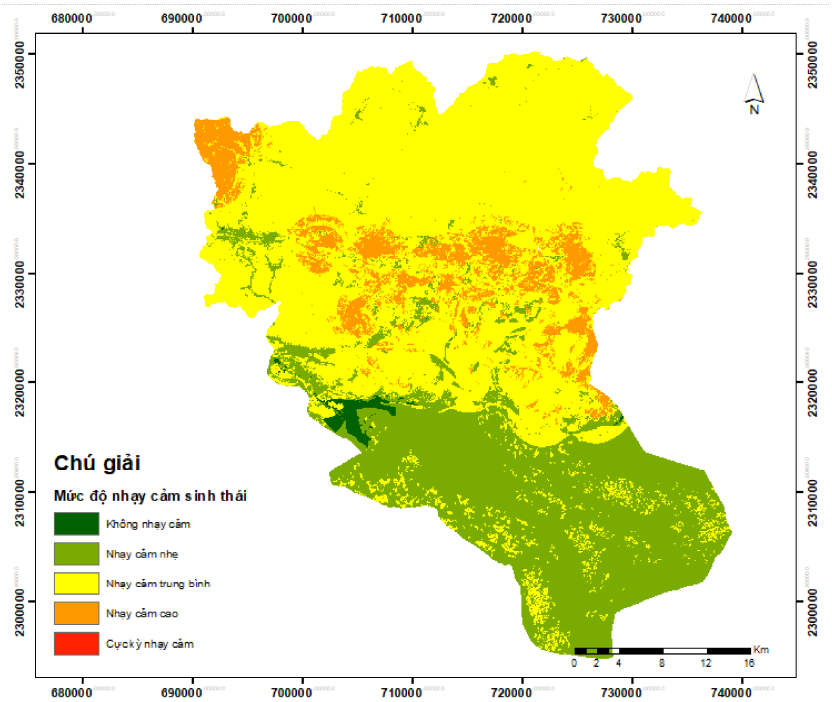
(f)



(g)

(a): Khoảng cách đến khu vực khai thác khoáng sản; (b): Độ cao; (c): Khoảng cách đến hệ thống đường giao thông chính; (d): Chỉ số NDVI; (e): Độ dốc; (f): Sử dụng đất; (g): Mật độ dân số

Hình 2: Bản đồ phân vùng mức độ nhạy cảm sinh thái theo các tiêu chí



Hình 3: Bản đồ phân vùng nhạy cảm sinh thái khu vực thành phố Hạ Long, tỉnh Quảng Ninh

Bảng 3. Kết quả phân vùng mức độ nhạy cảm sinh thái thành phố Hạ Long, Quảng Ninh

Mức độ nhạy cảm sinh thái	Diện tích (ha)	(%)	Mức độ nhạy cảm sinh thái	Diện tích (ha)	(%)
Không nhạy cảm	1,199	0,79	Nhạy cảm cao	13,535	8,87
Nhạy cảm nhẹ	47,575	31,16	Cực kỳ nhạy cảm	9,0	0,01
Nhạy cảm trung bình	90,339	59,18			

Từ kết quả đánh giá phân vùng nhạy cảm sinh thái thành phố Hạ Long cho thấy, khu vực nhạy cảm cao (13.535 ha) tập trung ở vùng có hoạt động khai thác khoáng sản như Hà Lầm, Hà Tu, Thống Nhất, Hà Phong, Sơn Dương, Tân Dân. Khu vực có độ nhạy sinh thái trung bình (90.339 ha) chủ yếu là rừng và đất phát triển du lịch bao gồm các đảo ngoài vịnh. Diện tích mặt nước biển vùng vịnh có tính nhạy cảm sinh thái thấp (47.575 ha). Các khu vực đất trống và đất chưa sử dụng ít nhạy cảm hoặc ít bị ảnh hưởng bởi sự thay đổi của môi trường tự nhiên và các tác động của phát triển kinh tế. Kết quả phân vùng nhạy cảm sinh thái thành phố Hạ Long cho thấy đối với các vùng có tính nhạy cảm sinh thái cao như Hà Tu, Hà Lầm, Thống Nhất, Sơn Dương cần tăng cường các biện pháp kiểm soát chặt chẽ về chất lượng môi trường, thường xuyên lấy mẫu định kỳ đánh giá nhanh chất lượng môi trường, tiến hành các nghiên cứu đánh giá phạm vi ảnh hưởng của hoạt động khai thác khoáng sản tới môi trường xung quanh cũng như cần phải thiết lập vành đai bảo vệ an toàn cho vịnh Hạ Long; Với các vùng được đánh giá ở mức nhạy cảm sinh thái trung bình như các khu vực Hòa Bình, Kỳ Thượng, Đồng Sơn, Đồng Lâm,… là nơi tập trung nhiều diện tích rừng trồng và rừng sản xuất, rừng phòng hộ, là những khu vực có mật độ dân cư thấp, kinh tế kém phát triển hơn. Vì vậy, cần đầu tư phát triển kinh tế để cải thiện đời sống nhân dân, tuy nhiên quy hoạch

phát triển kinh tế cần đảm bảo duy trì hệ sinh thái chung của vùng, đặc biệt là khu vực đất dốc để hạn chế mất đất và mất rừng trên diện rộng. Với khu vực có độ nhạy cảm sinh thái thấp chủ yếu là vùng đất trống và đất chưa sử dụng nằm trong quần thể di tích vịnh Hạ Long, cần được bảo vệ do đó hoạt động phát triển kinh tế khu vực này cần đảm bảo phù hợp với quy định về bảo vệ di sản.

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu cho thấy, thành phố Hạ Long thuộc khu vực có độ nhạy sinh thái trung bình. Các khu vực có độ nhạy sinh thái cao tập trung chủ yếu ở các vùng có rừng và khai thác khoáng sản như Hà Lầm, Hà Tu, Thống Nhất, Hà Phong, Sơn Dương,... chiếm 8,87 %; Các khu vực có độ nhạy sinh thái trung bình chiếm 59,18 %, tập trung ở các vùng núi, nơi có địa hình bị chia cắt, độ che phủ rừng lớn. Diện tích mặt nước biển của Vịnh Hạ Long có độ nhạy sinh thái thấp. Bản đồ phân vùng nhạy cảm sinh thái là cơ sở quan trọng cần được tích hợp trong quá trình xây dựng quy hoạch phát triển kinh tế và bảo vệ môi trường của thành phố Hạ Long. Độ nhạy sinh thái của thành phố sẽ thay đổi theo tác động môi trường và các hoạt động phát triển kinh tế của thành phố, đặc biệt là khai thác khoáng sản và phát triển du lịch. Do đó, cần xem xét các giải pháp phát triển kinh tế phù hợp đối với các khu vực được đánh giá có độ nhạy sinh thái cao.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Lương Văn Đức (2018). *Tiếp cận nghiên cứu vùng nhạy cảm môi trường phục vụ công tác quy hoạch và đánh giá môi trường.* Tạp chí Khoa học *và Công nghệ*, Số 64(02): 97 - 101.

[2]. Huang, S., Nan, L., (2017). *Urban ecological sensitivity evaluation of Anshun, China*. International Journal of Environmental Science and Development, 8(9), 630 - 634.

[3]. Kosmas. C., Kirkby M., N. Geeson (1999). *The Medalus project Mediterranean desertification and land use*. Project ENV4 CT 95 0119. European Environment and Climate research program.

[4] Kemal Ersayin, Sermin Tagil (2017). *Ecological sensitivity and risk assessment in the Kizilirmak Delta*. Fresenius Environmental Bulletin, (26), 6508 - 6516.

[5]. Huỳnh Công Lực, Lê Tiến Đạt (2017). *Xây dựng bản đồ nhạy cảm môi trường huyện Côn Đảo.* Kỷ yếu kỷ niệm 35 năm thành lập Trường Đại học Công nghiệp thực phẩm TP. Hồ Chí Minh (1982 - 2017).

[6]. Nazren Leman, Mohammad Firuz Ramli, Rd Puteri Khairani Khirotdin (2015). *GIS-based integrated evaluation of environmentally sensitive areas (ESAs) for land use planning in Langkawi, Malaysia*. http: www.elsevier.com/locate/ecolind.

[7]. Đinh Bá Phú, Thái Cẩm Tú, Lương Kim Ngân (2017). *Xây dựng bản đồ nhạy cảm môi trường và bổ sung kế hoạch ứng phó sự cố tràn dầu tỉnh Thanh Hóa*. Tạp chí Dầu khí, Số 11, tr. 58-64.

[8]. Nguyễn Văn Phước, Nguyễn Thị Thu Hiền (2019). *Bản đồ nhạy cảm môi trường khu vực từ Bà Rịa Vũng Tàu đến Cần Giờ TP. Hồ Chí Minh*. Tạp chí Môi trường, Chuyên đề II, tr.47 - 53.

[9]. Qiang Niu, Li Yu, Qiao Jie, Xian Li (2018). *An urban eco-environmental sensitive areas assessment method based on variable weights combination.* Environment, Development, and Sustainability (2020) 22:2069 - 2085.

[10]. Saaty, T. L., (1990). *How to make a decision: The analytic hierarchy process.* European Journal of Operational Research, 48(1), 9 - 26.

[11]. Nguyễn Ngọc Sơn, Đinh Thị Nguyệt Minh, Lương Kim Ngân (2015). *Bản*

đồ nhạy cảm môi trường và phân vùng ưu tiên dãy ven bờ biển tỉnh Thái Bình đối với sự cố tràn dầu. Tạp chí Dầu khí, Số 8, tr. 58 - 64.

[12]. Lê Việt Thắng (2021). *Xây dựng bản đồ nhạy cảm môi trường đối với sự cố tràn dầu vên biển tỉnh Bình Định*. Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Số 49.

[13]. Dương Thị Huyền Trang, Đỗ Hữu Tuấn (2022). *Đánh giá chất lượng không khí tại Thành phố Hạ Long, tỉnh Quảng Ninh giai đoạn 2016 - 2019*. Tạp chí Khí tượng Thủy văn, Số 736(1), tr 1 - 13.

[14]. Xiaoyan Dai, Zhou Li, Shouyi Lin, Wencheng Xu (2012). *Assessment and zoning of eco-environmental sensitivity for a typical developing province in China*. Stoch Environ Res Risk Assess 26:1095 - 1107.

[15]. Yilmaz F. C., Zengin M. và Tekin Cure C., (2020). *Determination of ecologically sensitive areas in Denizli province using geographic information systems (GIS) and analytical hierarchy process (AHP)*. Environment Monitoring Assessment, pp. 192:589

[16]. Yuping Tang, Shu Mengrong, Wu Yuanjing, Xuan Yang (2024). *Ecological sensitivity evaluation and spatial pattern analysis of Minjiang estuary National Wetland Park based on GIS*. Journal of Resources and Ecology, Vol. 15.