

Đề xuất bộ tiêu chí và xác định các mức độ suy thoái ao, đầm nước ngọt: trường hợp nghiên cứu điển hình tại tỉnh Ninh Bình

Nguyễn Nguyên Hằng¹, Bùi Thế Đồi^{2*}, Mai Trọng Luân¹, Đỗ Quý Mạnh¹, Nguyễn Tuấn Dương³

¹Viện Sinh thái và Bảo vệ công trình

²Trường Đại học Lâm nghiệp

³Trường Đại học Nông Lâm Bắc Giang

Proposing a set of criteria and determining the levels of degradation of freshwater ponds: a case study in Ninh Binh province

Nguyen Nguyen Hang¹, Bui The Doi^{2*}, Mai Trong Luan¹, Do Quy Manh¹, Nguyen Tuan Duong³

¹Institute of Ecology and Works Protection

²Vietnam National University of Forestry

³Bac Giang Agriculture and Forestry University

*Corresponding author: doiht@vnuf.edu.vn

<https://doi.org/10.55250/jo.vnuf.14.7.2025.089-097>

TÓM TẮT

Tỉnh Ninh Bình có nhiều ao, đầm nhỏ, có tiềm năng lớn cho phát triển kinh tế. Tuy nhiên, việc quản lý và khai thác chưa hợp lý đã dẫn đến tình trạng suy thoái đáng kể về môi trường, giảm khả năng sản xuất. Bài báo này đề xuất bộ tiêu chí và xác định mức độ suy thoái của hệ thống ao, đầm nhỏ (diện tích 0,5 - 1 ha) tại tỉnh Ninh Bình bằng việc kết hợp các phương pháp thu thập số liệu thực địa, tổng hợp thông tin, tham vấn chuyên gia và áp dụng phương pháp phân tích thứ bậc (AHP) để xác định trọng số các tiêu chí. Kết quả trọng số các tiêu chí như sau: mất cân bằng sinh thái có trọng số lớn nhất (0,4641); suy thoái môi trường đất, suy thoái môi trường nước có trọng số bằng nhau (0,2017); sự xuất hiện của sinh vật ngoại lai xâm hại và có nguy cơ xâm hại là 0,0888; phân mảnh của ao, đầm và ô nhiễm rác thải là 0,0436. Thang điểm E để phân loại mức độ suy thoái ao, đầm từ “Không bị suy thoái” ($3,5 \leq E \leq 4,567$) đến “Suy thoái cực kỳ nghiêm trọng” ($0,0 \leq E < 2,5$). Kết quả 46/50 ao, đầm đang bị suy thoái với suy thoái nhẹ (18 ao, đầm), suy thoái trung bình (15 ao, đầm); 13 ao, đầm suy thoái nghiêm trọng và cực kỳ nghiêm trọng. Đây là cơ sở khoa học quan trọng cho công tác quản lý tài nguyên, đề xuất biện pháp phục hồi và định hướng khai thác bền vững ao, đầm, góp phần phát triển kinh tế hiệu quả cho tỉnh Ninh Bình.

ABSTRACT

Ninh Binh province had a large number of small ponds with significant potential for economic development. However, improper management and unsustainable exploitation had led to considerable environmental degradation and reduced production capacity. This study aimed to propose a set of criteria and assess the degradation level of small pond systems in Ninh Binh province by integrating field-based primary data collection, information synthesis, expert consultation, and the Analytic Hierarchy Process (AHP) to determine the weighting of each criterion. The research results proposed a set of criteria and determined the weights of the criteria as follows: Ecological balance was 0.4641; soil environmental degradation, water environmental degradation were both equal to 0.2017; the presence of invasive and potentially invasive alien species was 0.0888; fragmentation of ponds and waste pollution was 0.0436. The total E score classified the level of pond degradation in the study area as follows: $3.5 \leq E \leq 4.567$. Based on the E-index classification, degradation levels range from “Not degraded” ($3.5 \leq E \leq 4.567$) to “Extremely

Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 10/10/2025

Ngày phản biện: 12/11/2025

Ngày quyết định đăng: 03/12/2025

Từ khóa:

Ao đầm nước ngọt, bộ tiêu chí, mức độ suy thoái, phương pháp phân tích thứ bậc AHP, tỉnh Ninh Bình.

Keywords:

Freshwater ponds, a set of criteria, degradation levels, Analytic Hierarchy Process (AHP) method, Ninh Binh province

severe degradation" ($0.0 \leq E < 2.5$). From the calculation results, it showed that 46/50 ponds degraded. Of which, 18 ponds were slightly degraded; 15 ponds were moderately degraded; 13 ponds were severely degraded and extremely severely degraded. The set of criteria and degradation assessment serve as a vital scientific basis for resource management, ecosystem restoration, and the sustainable exploitation of pond systems, contributing to Ninh Binh's long-term and efficient economic development.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ninh Bình là một tỉnh có nhiều khu đất ngập nước như sông, ao, hồ, đầm đến các vùng đất ngập nước ven biển. Bên cạnh các khu đất ngập nước quan trọng như Khu bảo tồn thiên nhiên đất ngập nước Vân Long, các hồ và sông quan trọng như hồ Yên Quang, hồ Đồng Thái, hồ Đá Lải, hồ Đồng Chương, hồ Yên Thắng, sông Đáy, sông Hoàng Long, sông Vạc... tỉnh Ninh Bình có một số lượng đáng kể ao, đầm có diện tích nhỏ. Tuy nhiên, nhiều ao, đầm nước ngọt có diện tích nhỏ chưa được quan tâm nghiên cứu, bảo vệ cũng như sử dụng hợp lý, đặc biệt là các ao, đầm có diện tích từ 0,5 - 1 ha. Trong khi đó, những vùng đất ngập nước này lại rất dễ bị tổn thương bởi các yếu tố từ tự nhiên và con người như biến đổi khí hậu, chuyển đổi mục đích sử dụng, xây dựng cơ sở hạ tầng, khai thác quá mức. Quan sát trực tiếp nhiều ao, đầm cho thấy đang bị ô nhiễm do rác thải, nước thải, không đảm bảo được chức năng sinh thái như điều hòa, cảnh quan. Nếu những khu vực này không được phục hồi, bảo vệ thì sẽ ảnh hưởng đến các thủy vực khác cũng như gây ảnh hưởng đến môi trường sinh sống của người dân. Do đó, yêu cầu đặt ra là phục hồi, bảo vệ các thủy vực này và sử dụng hợp lý chúng, góp phần phát triển bền vững sinh kế người dân. Điều này tăng tính chủ động cũng như tự nguyện của người dân trong việc bảo tồn đa dạng sinh học, bảo vệ hệ sinh thái.

Để có thể triển khai các giải pháp phục hồi và định hướng sử dụng hiệu quả các ao, đầm nước ngọt diện tích từ 0,5 - 1 ha, yêu cầu đặt ra là phải xác định được các mức độ suy thoái của các ao, đầm nước ngọt tại khu vực nghiên cứu. Đây là cơ sở để phân loại mức độ suy thoái, là một trong các dữ liệu đầu vào để có thể đề xuất được giải pháp phù hợp, hiệu quả.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng, phạm vi nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện tại 50 ao, đầm nước ngọt, diện tích từ 0,5 - 1 ha thuộc địa bàn tỉnh Ninh Bình.

Công tác khảo sát thực địa, thu thập vật mẫu thực vật bậc cao có mạch, động vật nổi, động vật đáy được thực hiện trong 1 đợt, từ 19/3/2024 đến 02/4/2024. Rà soát, thu mẫu bổ sung từ 23/10/2024 đến 26/10/2024.

Thu mẫu môi trường đất, nước được thực hiện trong 1 đợt (23/10/2024 - 26/10/2024)

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp thu thập, tổng hợp, hồi cứu tài liệu

Thu thập, tổng hợp, phân tích, đánh giá các tài liệu từ các nghiên cứu trước, kế thừa có chọn lọc những tài liệu này về nghiên cứu và đánh giá các mức độ suy thoái của hệ sinh thái đất ngập nước.

2.2.2. Phương pháp tham vấn chuyên gia

Phương pháp này huy động được kinh nghiệm và hiểu biết của nhóm chuyên gia liên ngành về lĩnh vực nghiên cứu. Phương pháp này được thực hiện thông qua các buổi trao đổi và hội thảo về chuyên môn nhằm mục đích đánh giá mức độ suy thoái của các hệ sinh thái đất ngập nước, tập trung vào hệ sinh thái ao, đầm nước ngọt.

2.2.3. Phương pháp thu thập các nhân tố môi trường ao, đầm

Phương pháp quan trắc đánh giá chất lượng đất ao, đầm

Lấy 50 mẫu đất. Các chỉ tiêu phân tích As, Hg, Cr, hóa chất bảo vệ thực vật phospho hữu cơ. Phương pháp lấy mẫu, xử lý, phân tích, số hiệu tiêu chuẩn theo QCVN 03:2023/BTNMT. Quy chuẩn Quốc gia về chất lượng đất. Mẫu đất được phân tích tại Viện Khoa học Công nghệ

năng lượng và Môi trường, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam theo phương pháp thử US EPA Method.

Phương pháp quan trắc đánh giá chất lượng nước mặt ao, đầm

Lấy 50 mẫu nước. Các chỉ tiêu đo đạc tại hiện trường gồm nhiệt độ, pH, DO và các chỉ tiêu phân tích trong phòng thí nghiệm gồm BOD₅, COD, tổng các bon hữu cơ (TOC), tổng chất rắn lơ lửng (TSS), tổng phospho, tổng Nito, coliform. Phương pháp lấy mẫu, phân tích, số hiệu tiêu chuẩn theo QCVN 08:2023/BTNMT. Quy chuẩn Quốc gia về chất lượng nước mặt. Mẫu nước được phân tích tại Viện Khoa học Công nghệ năng lượng và Môi trường, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam theo phương pháp thử TCVN 6001 - 1:2021, SMEWW, TCVN 6202:2008, TCVN 6634:2000.

Phương pháp nghiên cứu thực vật có mạch

Thu thập vật mẫu thực vật bậc cao có mạch trên cơ sở phương pháp của tác giả Nguyễn Nghĩa Thìn (1997, 2007) [1, 2]. Thu tổng số 250 mẫu thực vật bậc cao có mạch. Các tài liệu chính dùng trong quá trình xác định tên khoa học theo các tác giả Nguyễn Tiến Bân (1997, 2003, 2005) [3-5], Phạm Hoàng Hộ (1999, 2000, 2003) [6-8], Brummitt và Powell (1992) [9]...

Phương pháp nghiên cứu động vật nổi

Thu thập vật mẫu động vật nổi theo các phương pháp được sử dụng trong các nghiên cứu động vật không xương sống nước ngọt của các tác giả Đặng Ngọc Thanh (1974) [10], Nguyễn Xuân Quỳnh (1995) [11]. Mẫu động vật nổi được thu bằng lưới chuyên dụng. Việc giám định mẫu dựa vào tài liệu định loại của Đặng Ngọc Thanh và cộng sự (1980) [12]; Idris (1983) [13]...

Mẫu định lượng động vật nổi được đếm bằng buồng đếm Bogorov cải tiến dưới kính hiển vi, sau đó tính mật độ theo đơn vị: cá thể/m³.

Phương pháp nghiên cứu động vật đáy

Thu thập vật mẫu động vật đáy theo các phương pháp được sử dụng trong các nghiên cứu động vật không xương sống nước ngọt của

các tác giả Đặng Ngọc Thanh (1974) [10], Nguyễn Xuân Quỳnh (1995) [11], Nguyễn Xuân Quỳnh và cộng sự (2004) [14]. Mẫu động vật đáy được định loại tại phòng thí nghiệm theo từng nhóm taxon dựa vào những tài liệu định loại chuyên ngành của Đặng Ngọc Thanh và cộng sự (1980) [12]; Nguyễn Xuân Quỳnh (2001) [15], Đặng Ngọc Thanh và Hồ Thanh Hải (2012) [16]; Yeo và cộng sự (1999) [17]; Cai và Shokita (2006) [18]; Cai và cộng sự (2007) [19]; Klotz và cộng sự (2007) [20]; Wowor và cộng sự (2004) [21]...

Mẫu định lượng động vật đáy được đếm trực tiếp bằng mắt thường hoặc kính lúp, sau đó tính mật độ theo đơn vị: cá thể/m².

2.2.4. Phương pháp phân tích thứ bậc AHP

Phương pháp phân tích thứ bậc AHP (Analytic Hierarchy Process) là một trong những phương pháp ra quyết định đa điều kiện (Multiple Criteria decision Making). AHP là một phương pháp định lượng, dùng để đánh giá các phương án và chọn một phương án thỏa mãn các tiêu chí cho trước [22].

Các bước thực hiện phân tích AHP

Bước 1. Xây dựng cấu trúc thứ bậc của bài toán: Xác định mục tiêu (Goal), các tiêu chí đánh giá (Criteria) và các phương án lựa chọn (Alternative)

Bước 2. Tính toán trọng số của từng tiêu chí (criteria). Tính toán quy trình thứ *i* theo tổng thể yêu cầu *m* lần được giá trị *D_i* theo công thức:

$$D_i = \prod_{j=1}^n (a_{ij})^{1/n}$$

Trong đó: *n* là bậc quy trình đánh giá.

Bước 3: Tiến hành xử lý quy nạp, để tìm ra được các trọng số của chỉ tiêu đánh giá theo công thức:

$$W_i = \frac{D_i}{\sum_{i=1}^n D_i}$$

Trong đó: *n* là bậc quy trình đánh giá.

Bước 4: Xác định giá trị đặc trưng cao nhất của quy trình $\lambda_{\max}$ theo công thức:

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^n a_{ij} \times w_j \right) \times \frac{1}{w_i}$$

Bước 5: Tính toán chỉ tiêu kiểm nghiệm CI:

$$CI = (\lambda_{\max} - 1) / (n - 1)$$

Trong đó: CI càng nhỏ thể hiện quá trình kiểm nghiệm càng chính xác.

Bước 6: Tính toán giá trị tỷ lệ CR:

$$CR = CI / RI$$

Trong đó: RI là cơ số bình quân của các chỉ tiêu.

Bảng 1. Biểu có số RI bình quân của các chỉ tiêu

Số bậc quy trình	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0	0	0,52	0,89	1,12	1,26	1,36	1,41	1,45

Nếu $CR < 0,1$ thì kết quả phù hợp, đánh giá có độ tin cậy cao.

Tổng hợp đánh giá các tiêu chí về mức độ suy thoái của hệ sinh thái theo công thức:

$$E = \sum_{i=1}^n Q_i P_i$$

Trong đó:

E: là kết quả đánh giá mức độ suy thoái;

Q_i : là trọng số đánh giá của tiêu chí i;

P_i : là điểm số đánh giá của tiêu chí i;

n: là số lượng tiêu chí đánh giá.

2.2.5. Phương pháp xử lý số liệu

Các số liệu được tính toán, xử lý và được thể hiện qua bảng biểu. Sử dụng phần mềm Microsoft Office Excel® v.2010 của hãng Microsoft® Corporation và Primer® v.6 của hãng Primer - E™ Ltd, UK để xử lý số liệu với dữ liệu được chuyển đổi về Log(X+1) [17].

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Xây dựng thang phân loại các mức độ suy thoái ao, đầm nước ngọt tại khu vực nghiên cứu

Trên cơ sở định nghĩa suy thoái đất ngập nước là quá trình diện tích đất ngập nước, cấu trúc và chức năng bị suy thoái dưới tác động của các hoạt động tự nhiên và/hoặc con người, kết hợp kết quả tổng quan tài liệu, đề xuất tiêu chí để đánh giá phân loại mức độ suy thoái ao, đầm nước ngọt (diện tích 0,5 - 1 ha) tại khu vực

nghiên cứu như sau:

Suy thoái môi trường đất

Suy thoái môi trường đất được xem xét các chỉ tiêu phân tích As, Hg, Cr, hóa chất bảo vệ thực vật phospho hữu cơ với giá trị giới hạn tối đa hàm lượng trong đất ao, đầm chủ yếu phục vụ cho hoạt động nông nghiệp, nuôi trồng thủy sản, do đó giá trị giới hạn tối đa hàm lượng trong đất được xét theo Loại 1 trong QCVN 03:2023/BTNMT. Mỗi một chỉ tiêu không vượt quá giá trị tối đa đối với Loại 1 được đánh giá 1 điểm.

Suy thoái môi trường nước

Tương tự như suy thoái môi trường đất, suy thoái môi trường nước được xem xét các chỉ tiêu phân tích pH, DO và các chỉ tiêu phân tích trong phòng thí nghiệm gồm BOD₅, COD, tổng carbon hữu cơ (TOC), tổng chất rắn lơ lửng (TSS), tổng phospho, tổng Nito, coliform. Mỗi một chỉ tiêu không vượt quá giá trị tối đa đối với Mức B trong QCVN 08:2023/BTNMT được đánh giá 0,5 điểm.

Mất cân bằng sinh thái

Cân bằng sinh thái (Ecological balance) là trạng thái ổn định trong một hệ sinh thái, nơi các sinh vật và môi trường tự nhiên tương tác hài hòa với nhau. Do đó, đề xuất đánh giá điểm về mất cân bằng sinh thái như Bảng 2.

Bảng 2. Thang điểm đánh giá cho tiêu chí mất cân bằng sinh thái tại khu vực nghiên cứu

TT	Tiêu chí	Điểm
1	Cấu trúc quần xã và đa dạng sinh học (0,3525)	
1.1	Thực vật bậc cao có mạch (thủy sinh và ven bờ)	1-5
1.2	Động vật nổi, động vật đáy	1-5
2	Hiện tượng phú dưỡng và tảo nở hoa (0,3130)	1-5
3	Tích tụ bùn đáy hữu cơ (0,2043)	1-5
4	Hiện tượng bất thường về hệ sinh thái (0,1302)	1-5

Theo phương pháp AHP, $n = 4$, $\lambda_{\max} = 4,2102$. Chỉ số nhất quán: $CI = 0,0800$. $CR = CI/RI = 0,0800/0,89 = 0,0899$ (Chỉ số RI tra theo Bảng 2).

Chỉ số $CR = 0,0899 < 0,1$ thì phù hợp và đánh giá có độ tin cậy cao. Do đó, nghiên cứu có thể sử dụng trọng số các tiêu chí để đánh giá lựa chọn cho tiêu chí mất cân bằng sinh thái tại khu vực nghiên cứu.

Số điểm về cân bằng sinh thái = điểm (điểm trung bình) các tiêu chí * trọng số - mức độ quan trọng từng tiêu chí.

Sự xuất hiện của sinh vật ngoại lai xâm hại và có nguy cơ xâm hại

Theo Điều 3, Luật Đa dạng sinh học số 20/2008/QH12 ngày 13/11/2008, loài ngoại lai

xâm hại là loài ngoại lai lấn chiếm nơi sinh sống hoặc gây hại đối với các loài sinh vật bản địa, làm mất cân bằng sinh thái tại nơi chúng xuất hiện và phát triển. Chính vì vậy, việc những ao, đầm xuất hiện các loài ngoại lai xâm hại, sẽ gây suy thoái hệ sinh thái.

Tiêu chí xác định loài ngoại lai xâm hại được căn cứ theo Thông tư số 35/2018/TT-BTNMT ngày 28/12/2018 của Bộ Tài nguyên và Môi trường quy định tiêu chí xác định và ban hành danh mục loài ngoại lai xâm hại. Tổng số ghi nhận 6 loài ngoại lai xâm hại và 1 loài ngoại lai có nguy cơ xâm hại. Đề xuất đánh giá điểm về loài ngoại lai xâm hại, có nguy cơ xâm hại như Bảng 3.

Bảng 3. Thang điểm đánh giá cho tiêu chí loài ngoại lai xâm hại, loài ngoại lai có nguy cơ xâm hại tại khu vực nghiên cứu

Số loài	Điểm
Không ghi nhận loài ngoại lai xâm hại, có nguy cơ xâm hại	5
Ghi nhận 1 loài ngoại lai xâm hại, có nguy cơ xâm hại	4
Ghi nhận 2 loài ngoại lai xâm hại, có nguy cơ xâm hại	3
Ghi nhận 3 loài ngoại lai xâm hại, có nguy cơ xâm hại	2
Ghi nhận 4 loài ngoại lai xâm hại, có nguy cơ xâm hại	1
Ghi nhận từ 5 loài ngoại lai xâm hại, có nguy cơ xâm hại trở lên	0

Phân mảnh của ao, đầm và ô nhiễm rác thải:

Một số ao, đầm khảo sát có hiện tượng phân mảnh như đắp bờ, ngăn ao, đầm thành nhiều ao, đầm nhỏ, chuyển đổi một phần diện tích ao, đầm sang cấy lúa 1 vụ. Ao, đầm không ghi nhận hiện tượng trên được đánh giá 1 điểm.

Tương tự như vậy, một số ao, đầm khảo sát có hiện tượng xả rác thải sinh hoạt, nông nghiệp. Mặc dù thời điểm hiện tại, nhiều rác thải chưa phân hủy nên chưa tác động nhiều đến môi trường nước. Nhưng về lâu dài, việc phân hủy rác thải gây ô nhiễm môi trường và ảnh hưởng đến cảnh quan khu vực. Đây cũng là một trong những nguyên nhân gây suy thoái ao, đầm nước ngọt. Ao, đầm không ghi nhận hiện tượng trên được đánh giá 1 điểm.

3.2. Kết quả xác định trọng số của các tiêu chí theo phương pháp AHP

Xác định mục tiêu (Goal): Xác định mức độ suy thoái ao, đầm nước ngọt (diện tích 0,5 - 1 ha).

Các tiêu chí đánh giá (Criteria): 5 tiêu chí đã được xác định ở trên (1) Suy thoái môi trường đất (2) Suy thoái môi trường nước (3) Mất cân bằng sinh thái (4) Sinh vật ngoại lai xâm hại, có nguy cơ xâm hại (5) Phân mảnh của ao, đầm và ô nhiễm rác thải.

Các phương án lựa chọn (Alternative): Các vị trí thu mẫu. Cụ thể là 50 ao, đầm nước ngọt diện tích 0,5 - 1 ha tại tỉnh Ninh Bình.

Căn cứ ý kiến chuyên gia so sánh, đánh giá mức độ quan trọng giữa các tiêu chí theo từng cặp theo thang điểm đánh giá của Saaty và Vargas (2012) [23] như Bảng 4.

Bảng 4. Căn cứ đánh giá mức độ quan trọng giữa các tiêu chí A và B

Mức độ	Định nghĩa	Giải thích
1	Quan trọng bằng nhau	2 yếu tố A và B đóng góp như nhau
3	Quan trọng có sự trội hơn một ít	Yếu tố A được chọn lựa, quan tâm hơn yếu tố B trong sự đóng góp
5	Quan trọng nhiều hơn	Yếu tố A đóng góp nhiều hơn B
7	Rất quan trọng, dễ nhận thấy sự khác biệt ảnh hưởng	Yếu tố A đóng góp hơn B rất nhiều, thể hiện rõ ràng cho trường hợp cụ thể
9	Cực kỳ quan trọng, lấn át hoàn toàn	Sự quan trọng hơn hẳn ở trên mức có thể, gần như triệt tiêu
2, 4, 6, 8	Mức trung gian giữa các mức trên	Cần sự thỏa hiện giữa hai mức độ, nhận định

Nguồn: Saaty và Vargas (2012) [23].

Từ Bảng 4, ta có ma trận so sánh 5 tiêu chí trên như Bảng 5.

Bảng 5. Ma trận so sánh các cặp tiêu chí

Tiêu chí	Suy thoái MTĐ	Suy thoái MTN	Mất cân bằng sinh thái	SVXH	ONRT
Suy thoái môi trường đất (MTĐ)	1	1	0,3333	3	5
Suy thoái môi trường nước (MTN)	1	1	0,3333	3	5
Mất cân bằng sinh thái	3	3	1	5	7
Sinh vật ngoại lai xâm hại, có nguy cơ xâm hại (SVXH)	0,3333	0,3333	0,2000	1	3
Phân mảnh của ao, đầm và ô nhiễm rác thải (ONRT)	0,2000	0,2000	0,1429	0,3333	1
Tổng	5,5333	5,5333	2,0095	12,3333	21,0000

Chuẩn hóa ma trận so sánh và tính trọng số như Bảng 6.

Bảng 6. Chuẩn hóa ma trận so sánh và tính trọng số

Tiêu chí	Suy thoái MTĐ	Suy thoái MTN	Mất cân bằng sinh thái	SVXH	ONRT	Trọng số
Suy thoái MTĐ	0,1807	0,1807	0,1659	0,2432	0,2381	0,2017
Suy thoái MTN	0,1807	0,1807	0,1659	0,2432	0,2381	0,2017
Mất cân bằng sinh thái	0,5422	0,5422	0,4976	0,4054	0,3333	0,4641
Sự xuất hiện của SVXH	0,0602	0,0602	0,0995	0,0811	0,1429	0,0888
ONRT	0,0361	0,0361	0,0711	0,0270	0,0476	0,0436

Tính tỷ số nhất quán CR thể hiện ở Bảng 7.

Bảng 7. Tính tỷ số nhất quán CR

Tiêu chí	Suy thoái MTĐ	Suy thoái MTN	Mất cân bằng sinh thái	SVXH	ONRT	Tổng trọng số	Trọng số các tiêu chí	Tỷ số nhất quán CR
Suy thoái MTĐ	0,2017	0,2017	0,1547	0,2664	0,2180	1,0426	0,2017	5,1681
Suy thoái MTN	0,2017	0,2017	0,1547	0,2664	0,2180	1,0426	0,2017	5,1681
Mất cân bằng sinh thái	0,6052	0,6052	0,4641	0,4439	0,3052	2,4237	0,4641	5,2219
Sự xuất hiện của SVXH	0,0672	0,0672	0,0928	0,0888	0,1308	0,4469	0,0888	5,0335
ONRT	0,0403	0,0403	0,0663	0,0296	0,0436	0,2202	0,0436	5,0499

Tính giá trị riêng lớn nhất của ma trận so sánh:

$$\lambda_{\max} = (5,1681 + 5,1681 + 5,2219 + 5,0335 + 5,0499)/5 = 5,1283$$

Chỉ số nhất quán:

$$CI = (\lambda_{\max} - n)/(n-1) = (5,1283 - 5)/(5-1) = 0,0321$$

$CR = CI/RI = 0,0321/1,12 = 0,0286$ (Chỉ số RI tra theo Bảng 1).

Chỉ số $CR = 0,0286 < 0,1$ thì phù hợp và đánh giá có độ tin cậy cao. Do đó, nghiên cứu có thể sử dụng trọng số các tiêu chí để đánh giá lựa chọn (Bảng 8).

Bảng 8. Trọng số các tiêu chí về đánh giá mức độ suy thoái hệ sinh thái ao, đầm nước ngọt khu vực nghiên cứu

Tiêu chí	Trọng số các tiêu chí (Qi)	Xếp hạng
Suy thoái MTĐ	0,4641	1
Suy thoái MTN	0,2017	2
Mất cân bằng sinh thái	0,2017	2
Sự xuất hiện của SVXH	0,0888	4
ONRT	0,0436	5

Kết quả tính toán theo phương pháp AHP cho thấy tiêu chí mất cân bằng sinh thái có trọng số cao nhất 0,4641. Kết quả này phản ánh đúng vai trò nền tảng của tính toàn vẹn sinh thái (ecological integrity). Việc giữ trọng số cao nhất cho tiêu chí này hoàn toàn hợp lý, bởi mọi biểu hiện suy giảm chất lượng nước, đất, phân rã bùn đáy, hoặc xuất hiện dịch bệnh đều bắt nguồn từ mất cân bằng chức năng hệ sinh thái.

3.3. Đánh giá hiện trạng ao, đầm nước ngọt (diện tích 0,5 - 1 ha) tại khu vực nghiên cứu

Căn cứ vào bộ tiêu chí trên, trọng số đã được tính toán, tổng điểm về đánh giá mức độ suy thoái hệ sinh thái của các ao, đầm được tính theo công thức:

$$E = \sum_{i=1}^n Q_i P_i$$

Trong đó:

E: là kết quả đánh giá;

Qi: là trọng số đánh giá của tiêu chí i đối với suy thoái hệ sinh thái;

Pi: là điểm số đánh giá của tiêu chí i;

N: là số lượng tiêu chí đánh giá (n=5).

Kết quả đánh giá mức độ suy thoái các ao, đầm nước ngọt tỉnh Ninh Bình cho thấy phần lớn các ao, đầm khu vực nghiên cứu đều đang bị suy thoái ở các mức độ khác nhau, với 46/50 ao, đầm bị suy thoái. Cụ thể suy thoái nhẹ là 18 ao, đầm; suy thoái trung bình là 15 ao, đầm; suy thoái nghiêm trọng là 10 ao, đầm và suy thoái

cực kỳ nghiêm trọng là 3 ao, đầm. Mức độ suy thoái của ao, đầm là một trong các dữ liệu cơ sở đầu vào để đánh giá tiềm năng sử dụng và đề xuất giải pháp sử dụng hợp lý ao, đầm nước ngọt bị suy thoái (diện tích 0,5 - 1 ha) tại khu vực nghiên cứu. Cụ thể:

Đối với các ao, đầm không bị suy thoái: Hệ sinh thái ao, đầm nước ngọt ổn định về cấu trúc và chức năng, chức năng sinh thái tốt, có thể phát triển và sử dụng hợp lý.

Đối với ao, đầm bị suy thoái nhẹ: Chức năng đất ngập nước giảm, tính ổn định về mặt cấu trúc giảm. Do đó, cần tạo điều kiện thích hợp để ao, đầm dần phục hồi như ngắt nguồn thải, dẫn nước sạch pha loãng ô nhiễm và có thể sử dụng ở mức độ vừa phải trong điều kiện thích hợp.

Đối với ao, đầm bị suy thoái trung bình: Hệ sinh thái ao, đầm bị tổn hại ở một mức độ nào đó và khả năng phục hồi trước những xáo trộn bên ngoài giảm dần. Do đó cần áp dụng các giải pháp phục hồi như ngắt nguồn thải, dẫn nước sạch pha loãng và áp dụng các phương pháp xử lý nước ao, đầm trước khi đưa vào sử dụng.

Đối với ao, đầm bị suy thoái nghiêm trọng: Hệ sinh thái ao, đầm đã khó có thể tự phục hồi, cần áp dụng các biện pháp kỹ thuật sinh thái và các biện pháp khác để thúc đẩy quá trình phục hồi dần dần của hệ sinh thái ao, đầm trước khi đi vào sử dụng.

Đối với ao, đầm bị suy thoái cực kỳ nghiêm trọng: Sự suy thoái ao, đầm nghiêm trọng, hệ sinh thái bị phá hoại nghiêm trọng, môi trường bị suy thoái, mất chức năng sinh thái, khó có thể khôi phục lại diện mạo và chức năng sinh

thái ban đầu. Đối với ao, đầm này cần áp dụng các biện pháp kỹ thuật đặc thù, thậm chí tạo lập một hệ sinh thái nhân tạo hoàn toàn mới (nạo vét, xử lý ô nhiễm nước triệt để) trước khi sử dụng trong nông nghiệp, nuôi trồng thủy sản.

Bảng 9. Phân loại mức độ suy thoái ao, đầm nước ngọt tại tỉnh Ninh Bình

Tổng điểm E	Mức độ suy thoái	Đặc điểm suy thoái
$3,5 \leq E \leq 4,567$	Không bị suy thoái	Hệ sinh thái ao, đầm nước ngọt ổn định về cấu trúc và chức năng, chức năng sinh thái tốt, có thể phát triển và sử dụng hợp lý.
$3,1 \leq E < 3,5$	Suy thoái nhẹ	Diện tích đất ngập nước ao, đầm có thể bị thu hẹp, thực vật không sinh trưởng, phát triển tốt, chức năng đất ngập nước giảm, tính ổn định về mặt cấu trúc giảm. Trong điều kiện thích hợp, ao, đầm sẽ dần phục hồi, có thể phát triển và sử dụng ở mức độ vừa phải.
$2,9 \leq E < 3,1$	Suy thoái trung bình	Diện tích đất ngập nước ao, đầm có thể đã bị thu hẹp hay phân mảnh đáng kể và tác động của hoạt động của con người đã tăng lên. Hệ sinh thái ao, đầm bị tổn hại ở một mức độ nào đó và khả năng phục hồi trước những xáo trộn bên ngoài giảm dần. Sinh vật ngoại lai có thể xuất hiện và bước đầu xâm chiếm môi trường sống của các loài bản địa của hệ sinh thái.
$2,5 \leq E < 2,9$	Suy thoái nghiêm trọng	Hệ sinh thái ao, đầm đã khó có thể tự phục hồi, cần phải đầu tư rất nhiều tiền, thông qua các biện pháp kỹ thuật sinh thái và các biện pháp khác để thúc đẩy quá trình phục hồi dần dần của hệ sinh thái ao, đầm. Sinh vật ngoại lai có thể xuất hiện và đã xâm chiếm, tác động tiêu cực đến các loài bản địa của hệ sinh thái.
$0,0 \leq E < 2,5$	Suy thoái cực kỳ nghiêm trọng	Sự suy thoái ao, đầm nghiêm trọng, môi trường bị suy thoái, mất chức năng sinh thái, khó có thể khôi phục lại diện mạo và chức năng sinh thái ban đầu.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã đề xuất được bộ tiêu chí đánh giá mức độ suy thoái của hệ sinh thái ao, đầm nước ngọt quy mô nhỏ (0,5 - 1 ha) trên địa bàn tỉnh Ninh Bình, đồng thời xác định được trọng số của các tiêu chí thông qua phương pháp phân tích thứ bậc (AHP) với độ tin cậy cao ($CR = 0,0286 < 0,1$). Kết quả cho thấy tiêu chí mất cân bằng sinh thái có mức độ quan trọng lớn nhất, phản ánh vai trò then chốt của thành phần sinh học trong việc duy trì cấu trúc và chức năng sinh thái của ao, đầm. Bốn nhóm tiêu chí còn lại, gồm suy thoái môi trường đất, nước; sự xuất hiện của sinh vật ngoại lai xâm hại và có nguy cơ xâm hại; phân mảnh của ao,

đầm và ô nhiễm rác thải, theo thứ tự mức độ quan trọng, có mối liên hệ chặt chẽ và cùng góp phần vào xu thế suy thoái chung.

Kết quả đánh giá cho thấy phần lớn các ao, đầm khu vực nghiên cứu đều đang bị suy thoái với các mức khác nhau, với 46/50 ao, đầm bị suy thoái. Cụ thể suy thoái nhẹ là 18 ao, đầm; suy thoái trung bình là 15 ao, đầm; suy thoái nghiêm trọng là 10 ao, đầm và suy thoái cực kỳ nghiêm trọng là 3 ao, đầm. Điều này phản ánh sức ép ngày càng tăng từ nước thải, rác thải sinh hoạt, sản xuất nông nghiệp, sinh vật ngoại lai xâm hại và các hoạt động sinh kế của con người lên hệ sinh thái ao, đầm.

Bộ tiêu chí và mức độ suy thoái được xác

định là cơ sở khoa học quan trọng cho công tác quản lý tài nguyên, đề xuất biện pháp phục hồi và định hướng khai thác bền vững hệ thống ao, đầm, góp phần phát triển kinh tế hiệu quả cho tỉnh Ninh Bình trong thời gian tới.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này nhận được sự tài trợ kinh phí từ đề tài: "*Nghiên cứu phục hồi hệ sinh thái thủy vực nước ngọt (ao, đầm) bị suy thoái nhằm sử dụng hợp lý cho phát triển bền vững kinh tế quy mô nhỏ tỉnh Ninh Bình*", số hợp đồng 20/ĐT - KHCN 2024 do Viện Sinh thái và Bảo vệ công trình là cơ quan chủ trì. Nhóm tác giả xin trân trọng cảm ơn sự hỗ trợ quý báu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Nghĩa Thìn (1997). Cẩm nang nghiên cứu đa dạng sinh vật. Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội.
- [2]. Nguyễn Nghĩa Thìn (2007). Các phương pháp nghiên cứu thực vật. Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Hà Nội, Hà Nội.
- [3]. Nguyễn Tiến Bân (1997). Cẩm nang tra cứu và nhận biết các họ thực vật hạt kín ở Việt Nam. Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội.
- [4]. Nguyễn Tiến Bân (Chủ biên) (2003). Danh lục các loài thực vật Việt Nam (Tập II). Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội.
- [5]. Nguyễn Tiến Bân (Chủ biên) (2005). Danh lục các loài thực vật Việt Nam (Tập III). Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội.
- [6]. Phạm Hoàng Hộ (1999). Cây cỏ Việt Nam (Quyển 1). Nhà xuất bản Trẻ, Hồ Chí Minh.
- [7]. Phạm Hoàng Hộ (2000). Cây cỏ Việt Nam (Quyển 3). Nhà xuất bản Trẻ, Hồ Chí Minh.
- [8]. Phạm Hoàng Hộ (2003). Cây cỏ Việt Nam (Quyển 2). Nhà xuất bản Trẻ, Hồ Chí Minh.
- [9]. C. E. Brummitt R.K. & Powell (1992). Authors of Plant Names, Kew Royal Botanic Gardens. https://press.uchicago.edu/ucp/books/publisher/pu3431467_3431468.html.
- [10]. Đặng Ngọc Thanh (1974). Thủy sinh học đại cương. NXB Đại học và Trung học chuyên nghiệp, Hà Nội.
- [11]. Nguyễn Xuân Quỳnh (1995). Nghiên cứu về động vật không xương sống trong các thủy vực có nước thải vùng Hà Nội. Luận án Phó tiến sĩ Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội.
- [12]. Đặng Ngọc Thanh, Thái Trần Bái & Phạm Văn Miên (1980). Định loại động vật không xương sống nước ngọt Bắc Việt Nam. NXB Khoa học và Kỹ thuật.
- [13]. Idris (1983). Freshwater Zooplankton of Malaysia (Crustacea: Cladocera) Penerbit Universiti Pertanian Malaysia. Penerbit Universiti Pertanian Malaysia, Serdang, Selangor, Malaysia. 153.
- [14]. Nguyễn Xuân Quỳnh, Clive Pinder & Steve Tilling (2004). Giám sát sinh học môi trường nước ngọt bằng động vật không xương sống cỡ lớn. NXB Đại học Quốc gia Hà Nội.
- [15]. Nguyễn Xuân Quỳnh, Clive Pinder & Steve Tilling (2001). Khóa định loại các nhóm động vật không xương sống nước ngọt thường gặp ở Việt Nam. NXB Đại học Quốc gia Hà Nội.
- [16]. Đặng Ngọc Thanh & Hồ Thanh Hải (2012). Tôm, cua nước ngọt Việt Nam (Palaemonidae, Atyidae, Parathelphusidae, Potamidae). NXB Khoa học Tự nhiên và Công nghệ.
- [17]. Darren Yeo & Nguyen Quynh (1999). Description of a new species of Somanniathelphusa (Decapoda, Brachyura, Parathelphusidae) from Vietnam. Crustaceana. 72: 339-349.
- [18]. Yixiong Cai & Shigemitsu Shokita (2006). Report on a collection of freshwater shrimps (Crustacea: Decapoda: Caridea) from the Philippines, with descriptions of four new species. The Raffles Bulletin of Zoology. 54: 245-270.
- [19]. Yixiong Cai, Peter Ng & Satish Choy (2007). Freshwater shrimps of the family Atyidae (Crustacea: Decapoda: Caridea) from Peninsular Malaysia and Singapore. The Raffles Bulletin of Zoology. 55: 277-309.
- [20]. Werner Klotz, A. Karge & Kristina von Rintelen (2007). A Redescription Of Two Atyid Shrimps (Decapoda: Caridina) From Central Sulawesi, Indonesia. Zootaxa. 1466(1): 1-10.
- [21]. Daisy Wowor, Yixiong Cai & Peter Ng (2004). Crustacea: Decapoda, Caridea. Freshwater Invertebrates of the Malaysian Region. Malaysian Academy of Sciences. 337-357.
- [22]. Thomas Saaty & Luis Vargas (2001). Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process. Springer.
- [23]. Saaty T. L. & Vargas L.G (2012). Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process, Second Edition. Springer Science+Business Media New York. 343.