

BỘ GIÁO DỤC
VÀ ĐÀO TẠO

BỘ NÔNG NGHIỆP
VÀ PHÁT TRIỂN NÔNG THÔN

VIỆN NGHIÊN CỨU HẢI SẢN

NGUYỄN VIỆT NGHĨA

**ĐÁNH GIÁ NGUỒN LỢI CÁ NỎI NHỎ VÀ CÁC
RỦI RO SINH THÁI CỦA MỘT SỐ NGHỀ KHAI
THÁC CHỦ YẾU Ở VÙNG BIỂN VỊNH BẮC BỘ,
VIỆT NAM**

LUẬN ÁN TIẾN SĨ

HẢI PHÒNG, NĂM 2020

BỘ GIÁO DỤC
VÀ ĐÀO TẠO

BỘ NÔNG NGHIỆP
VÀ PHÁT TRIỂN NÔNG THÔN

VIỆN NGHIÊN CỨU HẢI SẢN

NGUYỄN VIỆT NGHĨA

**ĐÁNH GIÁ NGUỒN LỢI CÁ NỎI NHỎ VÀ CÁC
RỦI RO SINH THÁI CỦA MỘT SỐ NGHỀ KHAI
THÁC CHỦ YẾU Ở VÙNG BIỂN VỊNH BẮC BỘ,
VIỆT NAM**

**Chuyên ngành: Thủy sinh vật học
Mã số: 94201018**

LUẬN ÁN TIẾN SĨ

**Người hướng dẫn khoa học:
GS.TS. Đỗ Công Thung**

HẢI PHÒNG, NĂM 2020

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan luận án tiến sĩ “Đánh giá nguồn lợi cá nổi nhỏ và các rủi ro sinh thái của một số nghề khai thác chủ yếu ở vùng biển vịnh Bắc Bộ Việt Nam” là công trình nghiên cứu độc lập của riêng tôi. Các nội dung nghiên cứu, phân tích, đánh giá do chính tôi thực hiện.

Các số liệu sử dụng trong luận án có nguồn gốc rõ ràng, đã được Viện Nghiên cứu Hải sản cho phép sử dụng. Cá nhân tôi là chủ nhiệm của đề tài “Nghiên cứu trữ lượng và khả năng khai thác nguồn lợi cá nổi nhỏ ở biển Việt Nam”, dự án “Điều tra tổng thể hiện trạng và biến động nguồn lợi hải sản ở biển Việt Nam”; là thành viên chính thực hiện các dự án: “Điều tra thu thập số liệu nghề cá phục vụ dự báo ngư trường khai thác hải sản”, “Chương trình giám sát hoạt động nghề cá tại Việt Nam - Movimar”; “Đánh giá nguồn lợi sinh vật biển Việt Nam”. Tất cả những tham khảo, kế thừa với mục đích so sánh, phân tích và thảo luận đều được trích dẫn đầy đủ, đúng quy định.

Toàn bộ nội dung, kết quả nghiên cứu trong luận án do cá nhân tôi tìm ra và được phản ánh trung thực, khách quan, tin cậy và đã được chính tôi công bố trên các tạp chí khoa học chuyên ngành.

Nghiên cứu sinh

Nguyễn Viết Nghĩa

LỜI CẢM ƠN

Để hoàn thành Luận án Tiến sĩ, tôi đã nhận được sự giúp đỡ, hướng dẫn tận tình của thầy hướng dẫn khoa học GS.TS. Đỗ Công Thung và PSG.TS. Đỗ Văn Khương. Tôi xin bày tỏ lời cảm ơn chân thành và sâu sắc vì sự giúp đỡ quý báu đó. Bên cạnh đó, tôi xin được tri ân cố GS.TSKH. Vũ Trung Tạng, người đã khích lệ, truyền cảm hứng nghiên cứu khoa học cho tôi.

Tôi xin chân thành cảm ơn Ban lãnh đạo, Hội đồng Khoa học và Đào tạo của Viện nghiên cứu Hải sản đã tạo điều kiện giúp đỡ tôi trong quá trình học tập, nghiên cứu. Xin cảm ơn các thành viên tham gia thực hiện các đề tài, dự án: “Nghiên cứu trữ lượng và khả năng khai thác nguồn lợi cá nòi nhỏ ở biển Việt Nam”, dự án “Điều tra tổng thể hiện trạng và biến động nguồn lợi hải sản ở biển Việt Nam”; dự án “Điều tra thu thập số liệu nghề cá phục vụ dự báo ngư trường khai thác hải sản”, dự án “Đánh giá nguồn lợi sinh vật biển Việt Nam” đã cung cấp những số liệu quý giá để tôi thực hiện các nội dung nghiên cứu của Luận án.

Tôi cũng xin được bày tỏ lời cảm ơn đến TS. Reidar Toresen, TS. Kaare Hansen, Viện Nghiên cứu Biển Bergen, Na Uy và các đồng nghiệp tại Viện Nghiên cứu Hải sản đã có những góp ý quý báu để tôi hoàn thiện Luận án.

Cuối cùng, tôi xin được cảm ơn những tình cảm, sự quan tâm, chia sẻ, động viên của gia đình đã tiếp thêm ý chí và nghị lực để tôi hoàn thành Luận án.

Hải Phòng, ngày tháng năm 2020

Nghiên cứu sinh

Nguyễn Viết Nghĩa

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN	i
LỜI CẢM ƠN	ii
MỤC LỤC	iii
DANH MỤC CHỮ VIẾT TẮT TRONG LUẬN ÁN.....	vi
DANH MỤC CÁC BẢNG	viii
DANH MỤC CÁC HÌNH	x
TÓM TẮT NHỮNG ĐÓNG GÓP MỚI CỦA LUẬN ÁN	xiii
PHẦN MỞ ĐẦU	1
1. Đặt vấn đề	1
2. Mục tiêu nghiên cứu.....	3
2.1. Mục tiêu chung	3
2.2. Mục tiêu cụ thể	3
3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu.....	3
3.1. Đối tượng nghiên cứu	3
3.2. Phạm vi nghiên cứu	4
4. Nội dung nghiên cứu	5
5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của luận án	5
1. CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU.....	8
1. Điều kiện tự nhiên vùng biển vịnh Bắc Bộ	8
2. Tình hình nghiên cứu ngoài nước	9
2.1. Nghiên cứu nguồn lợi cá nổi nhỏ bằng phương pháp thủy âm.....	9
2.2. Nghiên cứu sinh thái học của các loài cá nổi nhỏ.....	14
2.3. Nghiên cứu đánh giá rủi ro sinh thái đối với nghề cá.....	16
3. Tình hình nghiên cứu trong nước.....	22
3.1. Nghiên cứu về nguồn lợi cá nổi nhỏ	22
3.1.1. Khái quát lịch sử nghiên cứu qua các giai đoạn	22
3.1.2. Nghiên cứu về thành phần loài	25
3.1.3. Nghiên cứu nguồn lợi cá nổi nhỏ bằng phương pháp thủy âm.....	25
3.1.4. Nghiên cứu về phân bố của cá nổi nhỏ.....	28
3.1.5. Nghiên cứu về đặc điểm sinh học các loài nổi nhỏ	29
3.2. Nghiên cứu sinh thái học các loài cá nổi nhỏ	32
3.3. Nghiên cứu đánh giá rủi ro sinh thái của các nghề khai thác hải sản	33
4. Luận giải định hướng nghiên cứu của luận án	34
4.1. Về lựa chọn đối tượng, vùng biển nghiên cứu.....	34
4.2. Về đánh giá nguồn lợi cá nổi nhỏ	34
4.3. Về sinh thái học nguồn lợi cá nổi nhỏ	35
4.4. Về tiếp cận sinh thái trong quản lý nghề cá.....	35
2. CHƯƠNG 2. TÀI LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU.....	37

1. Tài liệu nghiên cứu.....	37
2. Tiếp cận nghiên cứu	38
3. Phương pháp nghiên cứu.....	38
3.1. Thiết kế nghiên cứu	38
3.1.1. Thiết kế điều tra thủy âm kết hợp đánh lưới kiểm tra tín hiệu	39
3.1.2. Thiết kế điều tra bằng lưới kéo đáy	40
3.1.3. Thiết kế điều tra các yếu tố môi trường, hải dương học.....	41
3.2. Nghiên cứu đánh giá nguồn lợi cá nổi nhỏ	42
3.2.1. Thực hiện điều tra.....	42
3.2.2. Phân tích và xử lý số liệu.....	42
3.3. Nghiên cứu tương quan giữa các yếu tố môi trường và cá nổi nhỏ	46
3.4. Đa dạng loài của quần xã cá nổi nhỏ	48
3.5. Nghiên cứu sự quần tụ đàn của quần xã các loài cá nổi nhỏ	48
3.6. Đánh giá hiện trạng và biến động nghề khai thác cá nổi nhỏ	50
3.7. Nghiên cứu đánh giá rủi ro sinh thái của nghề khai thác cá nổi nhỏ	52
3. CHƯƠNG 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN.....	59
1. Nguồn lợi cá nổi nhỏ.....	59
1.1. Thành phần loài	59
1.2. Tần suất xuất hiện	60
1.3. Cấu trúc thành phần sản lượng	62
1.4. Biến động độ phong phú tương đối	67
1.5. Đặc điểm phân bố của cá nổi nhỏ	68
1.6. Biến động trữ lượng nguồn lợi cá nổi nhỏ.....	71
2. Ảnh hưởng của các yếu tố môi trường đến phân bố cá nổi nhỏ.....	72
2.1. Đặc điểm các yếu tố môi trường, hải dương học	72
2.2. Độ phong phú tương đối (NASC; m ² /nmi ²) của cá nổi nhỏ.....	73
2.3. Phân bố của các loài cá nổi nhỏ liên quan đến các yếu tố hải dương	77
2.4. Tương quan giữa các yếu tố hải dương và phân bố cá nổi nhỏ	82
3. Đặc điểm quần xã cá nổi nhỏ	92
3.1. Chỉ số đa dạng sinh học quần xã cá nổi nhỏ.....	92
3.2. Sự tụ hợp loài ‘species assemblages’ của quần xã cá nổi nhỏ	94
4. Hiện trạng các nghề khai thác cá nổi nhỏ	100
4.1. Cơ cấu đội tàu và cường lực khai thác.....	100
4.2. Năng suất khai thác.....	101
4.3. Ngư trường khai thác	103
4.4. Sản lượng khai thác	105
5. Rủi ro sinh thái của nghề khai thác cá nổi nhỏ	107
5.1. Phân tích các nguy cơ gây rủi ro sinh thái và các yếu tố sinh thái	107
5.2. Các nhóm loài đánh giá rủi ro sinh thái	116
5.3. Phân tích SICA (cấp độ 1)	118

5.4. Phân tích PSA (cấp độ 2).....	124
6. Thảo luận chung.....	127
6.1. Biến động trữ lượng nguồn lợi cá nổi nhỏ ở vịnh Bắc Bộ.....	127
6.2. Biến động về phân bố cá nổi nhỏ ở vịnh Bắc Bộ.....	129
6.3. Tương quan cá nổi nhỏ và các yếu tố môi trường	129
6.4. Ứng dụng mô hình GAM để dự báo ngư trường khai thác cá nổi nhỏ	130
6.4. Đánh giá rủi ro sinh thái và quản lý nghề cá dựa vào hệ sinh thái	131
4. CHƯƠNG 4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ.....	134
1. Kết luận	134
2. Đề xuất, kiến nghị	135
5. TÀI LIỆU THAM KHẢO	136
6. PHỤ LỤC.....	i

DANH MỤC CHỮ VIẾT TẮT TRONG LUẬN ÁN

CHỮ VIẾT TẮT	GIẢI THÍCH NỘI DUNG
ERAEF	Đánh giá Rủi ro sinh thái của Nghề cá (Ecological Risk Assessment for the Effects of Fishing)
EBFM	Quản lý Nghề cá dựa vào Hệ sinh thái (Ecosystem Based Fisheries Management)
FAO	Tổ chức Nông lương Liên hợp Quốc (The Food and Agriculture Organization)
MSC	Hội đồng Quản lý Biển (Marine Stewardship Council)
AFMA	Cục Quản lý Nghề cá Úc (Australian Fisheries Management Agency)
RIMF	Viện Nghiên cứu Hải sản (Research Institute for Marine Fisheries)
IMR	Viện Nghiên cứu Biển Bergen (Institute of Marine Research)
SICA	Phân tích phạm vi, cường độ và hậu quả (Scale, Intensity and Consequence Analysis)
PSA	Phân tích năng suất sinh học, độ nhạy cảm (Productivity, Susceptibility Analysis)
CA	Phân tích nhóm (Cluster Analysis)
PCA	Phân tích Thành phần chính (Principal Component Analysis)
NASC	Nautical Area Scattering Coefficient (m^2/nmi^2)
GLM	Mô hình Hồi quy tổng quát (Generalized Linear Model)
GAM	Mô hình Hồi quy tổng quát bổ sung (Generalized Additive Model)
TEP	Loài nguy cấp (Threatened, Endangered, Protected)
VBB	Vịnh Bắc Bộ

CHỮ VIẾT TẮT	GIẢI THÍCH NỘI DUNG
ALMRV	Dự án Đánh giá Nguồn lợi Sinh vật Biển Việt Nam
SST	Nhiệt độ nước biển tầng mặt (Sea Surface Temperature)
SSHa	Độ cao Dị thường mực nước biển (Sea Surface Height Anomaly)
CHR	Chlorophyll <i>a</i>
VEL	Dòng chảy địa chuyển (Velocity)
CPUE	Năng suất khai thác (đơn vị tính đối với lưới kéo đáy là kg/h)
NPUE	Độ phong phú tương đối (đơn vị tính đối với lưới kéo đáy là cá thể/h)

DANH MỤC CÁC BẢNG

Bảng 1-1. Kết quả nghiên cứu, đánh giá trữ lượng nguồn lợi cá nổi nhỏ ở vùng biển vịnh Bắc Bộ qua các giai đoạn từ năm 1976 đến năm 2007.....	27
Bảng 2-1. Nguồn tài liệu, số liệu sử dụng trong các nội dung nghiên cứu của luận án	37
Bảng 2-2: Hệ số phản hồi âm của các loài đại diện cho các nhóm loài sử dụng trong đánh giá trữ lượng nguồn lợi cá nổi nhỏ ở vùng biển vịnh Bắc Bộ.....	44
Bảng 2-3: Các yếu tố hải dương học sử dụng trong mô hình GAM's.....	47
Bảng 2-4: Các biến sử dụng trong nghiên cứu về tập tính tụ hợp các loài trong quần xã cá nổi nhỏ ở vịnh Bắc Bộ.....	50
Bảng 2-5. Các tác động rủi ro sinh thái của nghề cá đối với các yếu tố sinh thái (loài khai thác chính; loài khai thác không chủ ý; loài nguy cấp; môi trường sống; quần xã)	53
Bảng 2-6. Các yếu tố tác động chính trong phân tích SICA đánh giá rủi ro sinh thái của nghề cá (Scale - phạm vi không gian, thời gian; Intensity - cường độ; Consequence - hệ quả).	54
Bảng 2-7. Thang điểm các tác động chính trong phân tích SICA đánh giá rủi ro sinh thái của nghề cá (Scale - phạm vi không gian, thời gian; Intensity - cường độ; Consequence - hệ quả).	55
Bảng 2-8. Thang điểm cho các thuộc tính sức sản xuất (Productivity attribute) của các loài sử dụng trong phương pháp phân tích PSA đánh giá rủi ro sinh thái của nghề cá.....	56
Bảng 2-9. Thang điểm cho các thuộc tính độ nhạy cảm (Susceptibility attribute) của các loài sử dụng trong phương pháp phân tích PSA đánh giá rủi ro sinh thái của nghề cá.....	57
Bảng 3-1: Thống kê số lượng họ, giống, loài cá nổi nhỏ bắt gặp trong các chuyến điều tra ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn từ năm 1996 đến năm 2017.....	59
Bảng 3-2. Độ phong phú tương đối (CPUA – kg/km ²) của cá nổi nhỏ trong các chuyến điều tra bằng lưới kéo đáy ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 1996 – 2017.....	67
Bảng 3-3. Trữ lượng nguồn lợi (x1.000 tấn) các nhóm cá nổi nhỏ ở vùng biển vịnh Bắc Bộ ước tính bằng phương pháp thủy âm, giai đoạn từ năm 2003 đến năm 2017.	72
Bảng 3-4. Đặc điểm các yếu tố môi trường, hải dương học thu thập được trong các chuyến điều tra ở vùng biển vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 2012-2017.....	73
Bảng 3-5: Độ phong phú tương đối trung bình (NASC; m ² /nmi ²) của các loài cá nổi nhỏ trong các chuyến điều tra thủy âm ở vùng biển vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 2012-2017.	74
Bảng 3-6: Mô hình GAMs tương quan giữa độ phong phú tương đối (sA) của cá nổi nhỏ và các yếu tố hải dương học ở vùng biển vịnh Bắc Bộ.....	84
Bảng 3-7. Chỉ số đa dạng sinh học loài của quần xã cá nổi nhỏ ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn từ năm 1996 đến năm 2017.....	92
Bảng 3-8: Sản lượng khai thác (tấn) của các nghề khai thác cá nổi nhỏ (lưới vây, chụp và vỏ mảnh) ở vùng biển vịnh Bắc Bộ (tháng 7/2014 - 6/2016).	106
Bảng 3-9. Kết quả phân tích định tính xác định các hoạt động có nguy cơ gây rủi ro sinh thái của nghề lưới vây ở vịnh Bắc Bộ.....	107

Bảng 3-10. Kết quả phân tích định tính xác định các hoạt động có nguy cơ gây rủi ro sinh thái của nghề chụp ở vịnh Bắc Bộ.....	112
Bảng 3-11. Bảng tổng hợp kết quả phân tích SICA đánh giá rủi ro sinh thái của nghề lưới vây ở vịnh Bắc Bộ (Nguy cơ thấp: $SC < 3$; Nguy cơ cao: $SC = 3$ hoặc $SC > 3$).	120
Bảng 3-12. Bảng tổng hợp kết quả phân tích SICA đánh giá rủi ro sinh thái của nghề chụp ở vịnh Bắc Bộ (Nguy cơ thấp: $SC < 3$; Nguy cơ cao: $SC = 3$ hoặc $SC > 3$).	122
Bảng 3-13. Bảng tổng hợp kết quả phân tích PSA đánh giá rủi ro sinh thái của nghề lưới vây đối với các yếu tố sinh thái ở vịnh Bắc Bộ.	125
Bảng 3-13. Bảng tổng hợp kết quả phân tích PSA đánh giá rủi ro sinh thái của nghề chụp đối với các yếu tố sinh thái ở vịnh Bắc Bộ.	126

DANH MỤC CÁC HÌNH

Hình 1-1: Hệ thống thiết bị thủy âm: (a) Hệ thống thiết bị thủy âm EK-60 sử dụng trong điều tra đánh giá nguồn lợi; (b) Chùm sóng âm phát ra từ đầu dò thủy âm.	11
Hình 1-2. Chương trình khung đánh giá rủi ro sinh thái của Cơ quan Bảo vệ Môi trường Mỹ: (a) Quy trình phân tích, đánh giá rủi ro sinh thái; (b) Các bước, cấp độ đánh giá rủi ro sinh thái (vẽ lại từ US/EPA, 1998) [80].	17
Hình 1-3. Mô hình tiếp cận tổng quát đánh giá rủi ro sinh thái của nghề cá (vẽ lại từ Hobday <i>et al.</i> , 2007) [95].	18
Hình 1-4. Phân tích, đánh giá rủi ro sinh thái của nghề cá: (a) SICA; (b) PSA (vẽ lại từ Cotter & Lart, 2011) [74].	19
Hình 1-5. Kết quả phân tích PSA của nghề lưới vây ở vùng biển phía Nam Úc: (a) nhóm loài chính; (b) nhóm loài đánh bắt không chủ ý; (c) nhóm loài nguy cấp, cần bảo vệ (TEP).	20
Hình 1-6. Khái quát giai đoạn lịch sử các chương trình điều tra, nghiên cứu nguồn lợi hải sản, bao gồm cả cá nổi nhỏ ở vùng biển vịnh Bắc Bộ.	22
Hình 1-7. Sơ đồ trạm điều tra, nghiên cứu ở vịnh Bắc Bộ: (a) giai đoạn 1961-1962; (b) giai đoạn 1981-1985; (c) hợp tác với SEAFDEC/MFRDMD, 1998-1999 [4, 44, 90, 91].	23
Hình 1-8. Phân bố các bãi cá (bên trái) và trữ lượng của các ngư trường trọng điểm (bên phải) ở vùng biển vịnh Bắc Bộ [46].	29
Hình 1-9. Mức độ rủi ro sinh thái của các loài khai thác thứ cấp đối nghề câu cá ngư đại dương, câu vàng ở bên trái và câu tay ở bên phải [19].	33
Hình 2-1: Sơ đồ thiết kế điều tra thủy âm ở vịnh Bắc Bộ: (a) Đề tài Cá nổi nhỏ, giai đoạn 2003-2004; (b) Dự án I-9, giai đoạn 2012-2017.	39
Hình 2-2: Sơ đồ thiết kế trạm đánh lưới kéo đáy ở vịnh Bắc Bộ: (a) Các chuyến điều tra bằng lưới kéo đáy; (b) Các chuyến điều tra bằng thủy âm kết hợp lưới kéo.	41
Hình 2-3: Sơ đồ phương pháp tiếp cận đánh giá trữ lượng nguồn lợi cá nổi nhỏ ở vịnh Bắc Bộ (vẽ lại từ Nguyễn Viết Nghĩa và Vũ Việt Hà, 2016) [35].	43
Hình 2-4: Phân tích tín hiệu thủy âm: (a) Phần mềm Large Scale Survey System [106]; (b) Đáp tuyến tần số của một số loài cá nổi nhỏ [35].	44
Hình 2-5: Sơ đồ phương pháp phân tích sự tụ hợp loài trong quần xã cá nổi nhỏ ở vịnh Bắc Bộ (vẽ lại từ Frelat <i>et al.</i> , 2018) [85].	49
Hình 2-6. Mô hình tiếp cận tổng quát đánh giá rủi ro sinh thái của nghề cá ‘ERAEF’ (được vẽ lại từ Smith <i>et al.</i> , 2007) [150].	52
Hình 3-1: Biến động số lượng các loài cá nổi nhỏ bắt gặp trong các chuyến điều tra ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn từ năm 1996 đến năm 2017.	60
Hình 3-2. Tần suất xuất hiện của các loài cá nổi nhỏ trong các chuyến điều tra ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn từ năm 1996 đến năm 2017.	61
Hình 3-3. Tỷ lệ sản lượng các loài cá nổi nhỏ chiếm ưu thế (>1,0% tổng sản lượng cá nổi nhỏ) trong một số chuyến điều tra bằng lưới kéo đáy ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 1996-2017.	63
Hình 3-4. Tỷ lệ sản lượng các loài cá nổi nhỏ chiếm ưu thế (>1,0% tổng sản lượng cá nổi nhỏ) trong một số chuyến điều tra bằng lưới kéo đáy ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 1996-2017.	66

Hình 3-5. Biến động độ phong phú tương đối (CPUA – kg/km ² ; NPUA – cá thể/km ²) của cá nổi nhỏ trong các chuyến điều tra bằng lưới kéo đáy ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 1996 – 2017.....	68
Hình 3-6. Phân bố nguồn lợi cá nổi nhỏ ở vịnh Bắc Bộ giai đoạn 2003 – 2004 (mùa gió Đông Bắc 2003 và mùa gió Tây Nam 2004).	69
Hình 3-7. Phân bố nguồn lợi cá nổi nhỏ ở vịnh Bắc Bộ giai đoạn 2012 – 2017 (mùa gió Tây Nam 2012; mùa gió Đông Bắc 2012 và mùa gió Tây Nam 2017).	70
Hình 3-8: Phân bố tần suất giá trị NASC (m ² /nmi ²) của các loài cá nổi nhỏ trong các chuyến điều tra thủy âm ở vùng biển vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 2012-2017.....	75
Hình 3-9. Mối liên hệ giữa một số yếu tố môi trường (nhiệt độ tầng mặt, độ sâu) và độ phong phú (NASC; m ² /nmi ²) của nhóm cá cơm ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 2012-2017.	78
Hình 3-10. Mối liên hệ giữa một số yếu tố môi trường (nhiệt độ tầng mặt, độ sâu) và độ phong phú (NASC; m ² /nmi ²) của nhóm cá khế ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 2012-2017.	78
Hình 3-11. Mối liên hệ giữa một số yếu tố môi trường (nhiệt độ tầng mặt, độ sâu) và độ phong phú (NASC; m ² /nmi ²) của nhóm cá trích ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 2012-2017.	79
Hình 3-12. Mối liên hệ giữa một số yếu tố môi trường (nhiệt độ tầng mặt, độ sâu) và độ phong phú (NASC; m ² /nmi ²) của nhóm cá bạc má ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 2012-2017.	80
Hình 3-13. Mối liên hệ giữa một số yếu tố môi trường (nhiệt độ tầng mặt, độ sâu) và độ phong phú (NASC; m ² /nmi ²) của nhóm cá nục ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 2012-2017.	81
Hình 3-14. Mối liên hệ giữa một số yếu tố môi trường (nhiệt độ tầng mặt, độ sâu) và độ phong phú (NASC; m ² /nmi ²) của nhóm cá ngân ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 2012-2017.	82
Hình 3-15. Mô hình hồi quy tổng quát bổ sung (GAM) mô tả tương quan giữa các yếu tố môi trường, hải dương học và phân bố của nhóm cá cơm ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 2012-2017.	86
Hình 3-16. Mô hình hồi quy tổng quát bổ sung (GAM) mô tả tương quan giữa các yếu tố môi trường, hải dương học và phân bố của nhóm cá khế ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 2012-2017.	87
Hình 3-17. Mô hình hồi quy tổng quát bổ sung (GAM) mô tả tương quan giữa các yếu tố môi trường, hải dương học và phân bố của nhóm cá trích ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 2012-2017.	88
Hình 3-18. Mô hình hồi quy tổng quát bổ sung (GAM) mô tả tương quan giữa các yếu tố môi trường, hải dương học và phân bố của nhóm cá bạc má, cá thu ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 2012-2017.....	89
Hình 3-19. Mô hình hồi quy tổng quát bổ sung (GAM) mô tả tương quan giữa các yếu tố môi trường, hải dương học và phân bố của nhóm cá nục ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 2012-2017.	90
Hình 3-20. Mô hình hồi quy tổng quát bổ sung (GAM) mô tả tương quan giữa các yếu tố môi trường, hải dương học và phân bố của nhóm cá ngân, cá tráo ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 2012-2017.....	91

Hình 3-21. Phân bố chỉ số đa dạng sinh học loài của quần xã cá nổi nhỏ: (a) Số lượng loài; (b) Shannon Weiner; (c) Gini-Simpson; (d) Eveness.	93
Hình 3-22. Kết quả mô hình phân tích nhóm ‘Cluster Analysis’ của quần xã cá nổi nhỏ ở vùng biển vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 2012 – 2017: (a) Các nhóm các loài cá nổi nhỏ; (b) Ảnh hưởng của các yếu tố môi trường đến sự phân tách các nhóm loài.....	95
Hình 3-23. Sự tụ hợp loài của quần xã cá nổi nhỏ ở vùng biển vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 2012 – 2017: (a) Mô hình phân tích thành phần chính ‘PCA’; (b, c) Phân bố không gian của thành phần chính thứ nhất ‘PC1’; (d, e) Phân bố không gian của thành phần chính thứ hai ‘PC2’ theo mật độ và các yếu tố môi trường;	97
Hình 3-24. Mô hình phân tích thành phần chính ‘PCA’ đánh giá biến động cấu trúc nhóm quần xã cá nổi nhỏ theo thời gian ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 2012 – 2017.	98
Hình 3-25. Mô hình phân tích thành phần chính ‘PCA’ đánh giá biến động cấu trúc nhóm quần xã cá nổi nhỏ theo các đặc trưng sinh học loài ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 2012 – 2017.	99
Hình 3-26: Cơ cấu đội tàu của các nghề khai thác cá nổi nhỏ (nghề lưới vây, chụp, vó mảnh) ở vùng biển vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 2015-2016.	101
Hình 3-27: Biến động năng suất khai thác của các nghề khai thác cá nổi nhỏ (vây ánh sáng, vây tự do, chụp, vó mảnh) ở vùng biển vịnh Bắc Bộ, giai đoạn từ tháng 7/2014 đến tháng 6/2016.....	102
Hình 3-28: Ngư trường khai thác chủ yếu của nghề lưới vây ở vùng biển vịnh Bắc Bộ.	103
Hình 3-29: Ngư trường khai thác chủ yếu của nghề chụp ở vùng biển vịnh Bắc Bộ.	104
Hình 3-30: Thành phần sản lượng những loài khai thác chính của nghề lưới vây và nghề chụp ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn từ tháng 7/2014 đến tháng 6/2016.....	117
Hình 3-31. Kết quả phân tích SICA đánh giá rủi ro sinh thái của nghề lưới vây đối với các yếu tố sinh thái ở vịnh Bắc Bộ.	119
Hình 3-32. Kết quả phân tích SICA đánh giá rủi ro sinh thái của nghề chụp đối với các yếu tố sinh thái ở vịnh Bắc Bộ.....	122
Hình 3-33. Kết quả phân tích PSA đánh giá rủi ro sinh thái của nghề lưới vây đối với các yếu tố sinh thái ở vịnh Bắc Bộ (chấm màu xanh: rủi ro thấp; chấm màu cam: rủi ro trung bình).....	126
Hình 3-34. Kết quả phân tích PSA đánh giá rủi ro sinh thái của nghề chụp đối với các yếu tố sinh thái ở vịnh Bắc Bộ (chấm màu xanh: rủi ro thấp; chấm màu cam: rủi ro trung bình).....	127
Hình 3-35. Biến động trữ lượng nguồn lợi cá nổi nhỏ ở vùng biển vịnh Bắc Bộ qua các thời kỳ (từ năm 1973 đến năm 2017) [2, 6, 31, 121].	127
Hình 3-36. Biến động trữ lượng cá nổi nhỏ ở vùng biển vịnh Bắc Bộ tương ứng với các chu kỳ ENSO (El Niño và La Niña), giai đoạn 2003-2017.	128
Hình 3-37. So sánh sự phân bố của cá nổi nhỏ mùa gió Đông Bắc ở vịnh Bắc Bộ qua các thời kỳ: (a) giai đoạn 1974-1976 [46]; (b) năm 2003; (c) năm 2012.	129
Hình 3-38. Mối liên hệ giữa mô hình ‘Impact Model’ với các cấp độ đánh giá của mô hình đánh giá rủi ro sinh thái (ERAEF).	132

TÓM TẮT NHỮNG ĐÓNG GÓP MỚI CỦA LUẬN ÁN

Luận án nghiên cứu được thực hiện một cách hệ thống và khá toàn diện về cá nôi nhỏ, bao gồm: nghiên cứu đánh giá nguồn lợi, đặc điểm sinh thái học quần xã, rủi ro sinh thái của các nghề khai thác cá nôi nhỏ. Một số nội dung, phương pháp nghiên cứu lần đầu tiên được thực hiện ở Việt Nam là những đóng góp mới của luận án cả về phương diện học thuật và thực tiễn trong lĩnh vực nguồn lợi hải sản, nghề cá biển.

Những đóng góp mới của luận án được thể hiện ở các điểm sau:

(1) Ứng dụng phương pháp '*Hồi quy tổng quát bổ sung*' để nghiên cứu tương quan giữa các yếu tố môi trường, hải dương, thủy sinh vật đến phân bố của cá nôi nhỏ. Các mô hình tương quan là tiền đề cho việc phát triển các mô hình dự báo ngư trường khai thác cá nôi nhỏ.

(2) Nghiên cứu đặc điểm tụ hợp loài '*species assemblages*' và tác động của các yếu tố môi trường, đặc trưng sinh học loài đến sự tụ hợp loài trong quần xã cá nôi nhỏ. Kết quả nghiên cứu này là cơ sở khoa học quan trọng cho việc phân vùng sinh thái phục vụ quản lý nghề cá dựa trên tiếp cận hệ sinh thái.

(3) Biến động về trữ lượng, mật độ, phân bố và cấu trúc quần xã các loài cá nôi nhỏ theo chu kỳ khá rõ rệt và liên quan chặt chẽ với chu kỳ El Niño và La Niña. Kết quả nghiên cứu này là cơ sở để định hướng các hoạt động khai thác thích ứng với sự biến đổi khí hậu.

(4) Nghiên cứu đánh giá rủi ro sinh thái của các nghề khai thác cá nôi nhỏ được thực hiện là cơ sở khoa học cho việc trong việc xây dựng định hướng quản lý nghề cá tiếp cận hệ sinh thái.

PHẦN MỞ ĐẦU

1. Đặt vấn đề

Việt Nam có vùng biển rộng lớn với diện tích trên 1 triệu km², đường bờ biển dài khoảng 3.260 km với hơn 3.000 hòn đảo lớn nhỏ nằm dọc chiều dài bờ biển từ Bắc đến Nam. Đến nay, ở biển Việt Nam đã phát hiện được khoảng 12.000 loài sinh vật trong hơn 20 kiểu hệ sinh thái điển hình [1].

Nghề cá biển Việt Nam có vị trí quan trọng trong nền kinh tế quốc dân. Những năm gần đây, tổng sản lượng khai thác hải sản sản liên tục gia tăng (năm 2000 đạt 1,66 triệu tấn; năm 2005 là 1,98 triệu tấn; năm 2010 đạt 2,22 triệu tấn; năm 2015 đạt 2,87 triệu tấn và năm 2019 là 3,58 triệu tấn). Kim ngạch xuất khẩu thủy sản cũng liên tục tăng (năm 2000 chỉ đạt 1,48 tỷ đô-la; năm 2005 tăng lên 2,74 tỷ đô-la; năm 2010 đạt 5,02 tỷ đô-la; năm 2015 là 6,72 tỷ đô-la và năm 2019 đạt 8,54 tỷ đô-la) [49-53]. Sản xuất thủy sản đã cung cấp gần 40% tổng lượng đạm động vật tiêu thụ toàn quốc và sử dụng khoảng 4% lực lượng lao động [1].

Cá nổi nhỏ là các loài cá có kích thước nhỏ, chủ yếu ăn phù du sinh vật sống chủ yếu ở tầng nước phía trên, thường ở tầng nước phía trên của thềm lục địa và không vượt quá 200 m [79]. Cá nổi nhỏ đóng vai trò rất quan trọng đối với nguồn lợi hải sản ở biển Việt Nam nói chung và đặc biệt ở vùng biển vịnh Bắc Bộ. Kết quả nghiên cứu nguồn lợi hải sản ở vùng biển Thuận Hải - Minh Hải cho thấy cá nổi nhỏ đóng vai trò rất quan trọng, chiếm tới 80,0% tổng sản lượng khai thác cá biển [28]; trữ lượng cá nổi chiếm 54,4% tổng trữ lượng cá biển [4]. Kết quả đánh giá trữ lượng nguồn lợi hải sản bằng lưới kéo đáy cho thấy, cá nổi chiếm khoảng 52,7% tổng trữ lượng hải sản ở biển Việt Nam (vịnh Bắc Bộ chiếm 33,0%; Đông Nam Bộ chiếm 52,9% và Tây Nam Bộ chiếm 38,0%) [43]. Kết quả nghiên cứu tổng hợp nguồn lợi hải sản bằng lưới kéo đáy và thủy âm đã xác định tỷ lệ cá nổi nhỏ ở biển Việt Nam chiếm trung bình khoảng 63,0% tổng trữ lượng cá biển (trong đó, vịnh Bắc Bộ chiếm 83,3%, Miền Trung chiếm 89,0%, Đông Nam Bộ chiếm 42,9%, Tây Nam Bộ chiếm 62% và các gò nổi chiếm 100,0%) [8]. Nghiên cứu đánh giá nguồn lợi cá nổi nhỏ bằng phương pháp thủy âm, giai đoạn 2003-

2005, đã xác định tổng trữ lượng trung bình của cá nổi nhỏ ở biển Việt Nam là 2,74 triệu tấn (vịnh Bắc Bộ: 433.000 tấn; Trung Bộ: 595.000 tấn; Đông Nam Bộ: 771.000 tấn và Tây Nam Bộ: 945.000 tấn) [31].

Nhiều nghiên cứu về nguồn lợi cá nổi nhỏ ở biển Việt Nam đã được thực hiện, trong đó chủ yếu về đánh giá trữ lượng, phân bố của cá nổi nhỏ; đặc trưng sinh học sinh trưởng, sinh sản của một số loài cá nổi nhỏ. Gần đây, một số tác giả cũng bắt đầu nghiên cứu về mối quan hệ giữa một số yếu tố hải dương đến sự phân bố của các loài cá nổi nhỏ [21]. Kết quả nghiên cứu này đã bổ sung các cơ sở khoa học về sinh thái cá nổi nhỏ. Tuy nhiên, các nghiên cứu về đặc điểm sinh thái học quần xã cá nổi nhỏ ở Việt Nam còn khá hạn chế.

Cá nổi nhỏ đang chịu sự tác động mạnh mẽ của các hoạt động khai thác hải sản. Các hoạt động của nghề cá biển đang trực tiếp hoặc gián tiếp tạo ra những rủi ro sinh thái đối với nhóm nguồn lợi cá nổi nhỏ. Tuy nhiên, hiện chưa có nghiên cứu nào đánh giá về các rủi ro sinh thái của các loại nghề khai thác cá nổi nhỏ ở Việt Nam nói chung và vịnh Bắc Bộ nói riêng.

Quản lý nghề cá theo tiếp cận sinh thái đang được hình thành, phát triển và ứng dụng rộng rãi ở nhiều nước trên thế giới. Các nhà khoa học đã phát triển nhiều phương pháp nhằm đánh giá những tác động đến nguồn lợi và hệ sinh thái của hoạt động nghề cá. Nghề cá Việt Nam cũng đang vấp phải những vấn đề bất cập như nhiều quốc gia khác trên thế giới và khu vực. Nghề khai thác hải sản ở Việt Nam đa phần là nghề cá qui mô nhỏ hoạt động chủ yếu ở vùng nước ven bờ. Sự gia tăng áp lực khai thác ở vùng nước ven bờ đã dẫn đến sự giảm sút nghiêm trọng nguồn lợi. Việc áp dụng thí điểm các mô hình quản lý nghề cá theo hướng tiếp cận hệ sinh thái đã và đang được triển khai ở một số địa phương. Tuy nhiên, cơ sở khoa học cho việc triển khai mô hình quản lý nghề cá tiếp cận hệ sinh thái còn khá hạn chế, đặc biệt đối với các nghề khai thác cá nổi nhỏ.

Như vậy, đối tượng cá nổi nhỏ mặc dù đã được nghiên cứu tương đối nhiều, nhưng vẫn còn một số tồn tại, hạn chế: (1) Xu thế biến động nguồn lợi còn chưa được phân tích một cách đồng bộ và hệ thống; (2) Thiếu các cơ sở khoa học về

sinh thái cá nổi nhỏ, đặc biệt là ảnh hưởng của các yếu tố môi trường đến phân bố nguồn lợi, các đặc trưng quần xã cá nổi nhỏ; (3) Chưa có đánh giá về rủi ro sinh thái của các nghề khai thác cá nổi nhỏ.

Đề tài nghiên cứu “*Đánh giá nguồn lợi cá nổi nhỏ và các rủi ro sinh thái của một số nghề khai thác chủ yếu ở vùng biển vịnh Bắc Bộ, Việt Nam*” được thực hiện nhằm cung cấp các cơ sở khoa học quan trọng cho việc đề xuất các chính sách quản lý các nghề cá khai thác cá nổi nhỏ ở vùng biển vịnh Bắc Bộ.

2. Mục tiêu nghiên cứu

2.1. Mục tiêu chung

Có được các luận cứ khoa học về nguồn lợi, môi trường và nghề khai thác cá nổi nhỏ ở vịnh Bắc Bộ một cách hệ thống, gồm: đặc điểm cấu trúc thành phần loài, độ phong phú, phân bố, trữ lượng; đặc điểm sinh thái học, tác động của các yếu tố môi trường đến phân bố và sự tụ hợp loài trong quần xã cá nổi nhỏ; các rủi ro do sinh thái của nghề khai thác cá nổi nhỏ làm cơ sở cho việc quản lý, phát triển bền vững nguồn lợi và nghề cá.

2.2. Mục tiêu cụ thể

(1) Đánh giá được các đặc điểm cấu trúc thành phần loài, độ phong phú tương đối, phân bố, trữ lượng nguồn lợi cá nổi nhỏ ở vịnh Bắc Bộ;

(2) Đánh giá được các đặc điểm sinh thái học nguồn lợi cá nổi nhỏ ở vịnh Bắc Bộ, gồm: các chỉ số đa dạng sinh học, sự tụ hợp loài của quần xã, ảnh hưởng của các yếu tố môi trường đến cấu trúc quần xã và sự phân bố của cá làm cơ sở cho việc định hướng quản lý nghề cá dựa trên tiếp cận hệ sinh thái và phát triển các mô hình dự báo ngư trường khai thác cá nổi nhỏ;

(3) Đánh giá được các rủi ro do sinh thái của các nghề khai thác cá nổi nhỏ ở vịnh Bắc Bộ làm cơ sở cho các tiếp cận quản lý nghề cá dựa vào hệ sinh thái.

3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

3.1. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu của luận án là các loài cá nổi nhỏ, các yếu tố môi trường, sinh thái và nghề khai thác cá nổi nhỏ ở vùng biển vịnh Bắc Bộ, như sau:

(1) Các loài cá nổi nhỏ: Các loài cá nổi nhỏ ở vùng biển vịnh Bắc Bộ, là đối tượng nghiên cứu của luận án được phân chia thành 7 nhóm loài chính, gồm: cá nục, cá trích, cá khế, cá cơm, cá bạc má, cá ngân, cá nổi nhỏ khác;

(2) Các yếu tố môi trường, sinh thái: nhiệt độ nước biển, độ muối, chlorophyll a, dòng chảy, độ cao mực biển, độ sâu.

(3) Nghề khai thác cá nổi nhỏ: Các nghề khai thác hải sản chủ yếu ở vịnh Bắc Bộ gồm: nghề lưới kéo đáy, lưới rê, câu, lưới vây, vó, mảnh, chụp. Trong đó, nghề lưới vây, vó, mảnh và nghề chụp có đối tượng khai thác chính là cá nổi nhỏ; các nghề còn lại (lưới kéo đáy, lưới rê, câu) cá nổi nhỏ chỉ là đối tượng khai thác thứ yếu. Nghề lưới vây và nghề chụp có quy mô đội tàu khá lớn, phạm vi hoạt động rộng khắp vịnh Bắc Bộ. Trong khi đó, nghề vó và nghề mảnh có quy mô khá nhỏ, chỉ tập trung chủ yếu ở Thanh Hoá và Nghệ An. Do đó, trong khuôn khổ của luận án, nghề lưới vây và nghề chụp khai thác cá nổi nhỏ được lựa chọn là đối tượng nghiên cứu.

3.2. Phạm vi nghiên cứu

Về không gian, phạm vi nghiên cứu của luận án là vùng biển vịnh Bắc Bộ thuộc đặc quyền kinh tế của Việt Nam, được giới hạn về phía Đông bởi ranh giới phân định vịnh Bắc Bộ, được xác định trong “Hiệp định giữa nước Cộng hoà xã hội chủ nghĩa Việt Nam và nước Cộng hoà nhân dân Trung Hoa về phân định lãnh hải, vùng đặc quyền kinh tế và thềm lục địa của hai nước trong vịnh Bắc Bộ”. Trong đó, giới hạn vùng biển về phía đông là đường phân định, được xác định bởi đường thẳng nối 21 điểm; giới hạn về phía nam là đường thẳng nối giữa mũi Oanh Ca, đảo Hải Nam, Trung Quốc và đảo Côn Cỏ Việt Nam [159]. Vùng biển này nằm trong vùng địa lý cận nhiệt đới gió mùa, với 2 mùa chính là mùa Tây Nam và mùa Đông Bắc. Vịnh Bắc Bộ là vùng biển nửa kín “semi-closed”, được thông với Biển Đông ở khu vực cửa vịnh Bắc Bộ, có độ sâu không lớn (nhỏ hơn 100m).

Về thời gian, luận án sử dụng các số liệu của các đề tài, dự án của Viện

Nghiên cứu Hải sản, thu thập được trong giai đoạn từ năm 1996 đến 2017.

4. Nội dung nghiên cứu

Nội dung 1: Nghiên cứu đặc điểm thành phần loài, độ phong phú tương đối, phân bố và trữ lượng nguồn lợi cá nổi nhỏ ở vùng biển vịnh Bắc Bộ.

(1) Đánh giá biến động cấu trúc thành phần loài, thành phần sản lượng, năng suất khai thác, phân bố của cá nổi nhỏ;

(2) Đánh giá trữ lượng nguồn lợi nhóm cá nổi nhỏ chủ yếu (cá nục, cá trích, cá khế, cá cơm, cá bạc má, cá ngán);

Nội dung 2: Nghiên cứu một số đặc điểm sinh thái học nguồn lợi cá nổi nhỏ ở vùng biển vịnh Bắc Bộ

(1) Nghiên cứu tương quan giữa một số yếu tố môi trường, hải dương học và phân bố cá nổi nhỏ;

(2) Nghiên cứu đa dạng sinh học loài của quần xã cá nổi nhỏ;

(3) Nghiên cứu sự tụ hợp loài và ảnh hưởng của các yếu tố môi trường, sinh thái đến sự tụ hợp loài của quần xã cá nổi nhỏ.

Nội dung 3: Nghiên cứu, đánh giá rủi ro sinh thái của nghề khai thác cá nổi nhỏ chủ yếu (nghề lưới vây và nghề chụp) ở vùng biển vịnh Bắc Bộ

(1) Nghiên cứu đặc điểm hoạt động của nghề lưới vây và nghề chụp khai thác cá nổi nhỏ;

(2) Đánh giá rủi ro sinh thái của nghề khai thác cá nổi nhỏ chủ yếu (nghề lưới vây và nghề chụp).

5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của luận án

Luận án được thực hiện với tiếp cận khá hệ thống, tương đối toàn diện về nguồn lợi cá nổi nhỏ, tác động của các yếu tố môi trường, sinh thái và hoạt động nghề cá. Kết quả nghiên cứu của luận án có ý nghĩa quan trọng đối với khoa học và thực tiễn quản lý, sản xuất. Cụ thể như sau:

(1) Kết quả của luận án bổ sung các cơ sở khoa học về nguồn lợi cá nổi nhỏ,

hải dương học và nghề cá phục vụ quản lý nghề cá bền vững

Kết quả đánh giá về hiện trạng, biến động nguồn lợi cá nổi nhỏ (thành phần loài, thành phần sản lượng, năng suất khai thác, trữ lượng, phân bố,...) là những cơ sở quan trọng cho việc quản lý, phát triển bền vững nguồn lợi, nghề cá. Các kết quả nghiên cứu tác động của các yếu tố môi trường đến với phân bố của cá nổi nhỏ; các đặc điểm sinh thái học quần xã cá nổi nhỏ; đánh giá rủi ro sinh thái sẽ cung cấp các thông tin quan trọng cho việc phân vùng sinh thái phục vụ quản lý và đề xuất các giải pháp giảm thiểu rủi ro của các nghề khai thác cá nổi nhỏ ở vịnh Bắc Bộ.

(2) Luận án góp phần phát triển các luận cứ khoa học, phương pháp tiếp cận sinh thái trong quản lý nghề cá ở Việt Nam

Tiếp cận sinh thái trong quản lý nghề cá cần các thông tin quan trọng về phân vùng sinh thái các đối tượng, ảnh hưởng qua lại của các yếu tố sinh thái cũng như các tác động của con người mà ở đây là hoạt động khai thác với các nhóm nguồn lợi. Kết quả của luận án góp phần hoàn thiện về phương pháp luận tiếp cận hệ sinh thái trong quản lý nghề cá. Các phương pháp phân tích SICA, PSA đánh giá rủi ro sinh thái của các nghề khai thác cá nổi nhỏ trong luận án là những khâu quan trọng nhất trong việc đánh giá, cấp phép chứng chỉ sinh thái MSC. Đây là nhãn sinh thái rất có giá trị đối với rất nhiều thị trường xuất khẩu cho các nghề cá do Hội đồng Quản lý Biển đánh giá và cấp chứng nhận. Các nghiên cứu của luận án góp phần quan trọng trong việc xây dựng định hướng quản lý nghề cá bền vững đáp ứng yêu cầu nhãn an toàn sinh thái.

(3) Kết quả nghiên cứu của luận án góp phần phát triển các mô hình dự báo ngư trường khai thác cá nổi nhỏ ở biển Việt Nam

Các nghiên cứu trước đây đã chỉ ra rằng, ở vùng biển cận nhiệt đới như vùng biển Việt Nam, đặc biệt là vùng biển vịnh Bắc Bộ, không tồn tại yếu tố sinh thái trội trong tương quan giữa các yếu tố cá - môi trường. Luận án lần nữa khẳng định hướng tiếp cận sử dụng mô hình đa biến là phù hợp trong việc phát triển các mô hình dự báo ngư trường khai thác. Việc sử dụng mô hình “Hồi quy tổng quát bỏ

sung” - GAM trong luận án là một tiếp cận phù hợp trong việc xây dựng các mô hình tương quan giữa phân bố cá nòi nhỏ và các yếu tố môi trường, hải dương học, thủy sinh vật. Về bản chất, mô hình GAM mô hình hồi quy bội, bao gồm tập hợp các hàm số của các biến môi trường. Tuy nhiên, trong đó sự tương quan của các biến khá linh hoạt (có thể tuyến tính hoặc phi tuyến tính). Điều này rất phù hợp với bản chất sinh học, sinh thái học của các loài sinh vật. Sự khác biệt giữa mô hình GAM giữa các loài khác nhau, giữa các chuyên điều tra thể hiện bản chất khác biệt về sự thích ứng sinh thái của các loài cá nòi nhỏ và sự tác động của yếu tố mùa vụ. Đây là cơ sở khoa học quan trọng trong việc định hướng xây dựng mô hình dự báo ngư trường khai thác cho từng loài, cho từng mùa vụ cụ thể.

(4) Luận án cùng với bộ số liệu, bộ mã chương trình phần mềm phân tích sẽ là những tư liệu để có thể tham khảo, phục vụ hữu ích cho công tác nghiên cứu, giảng dạy và học tập trong các lĩnh vực có liên quan.

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU

1. Điều kiện tự nhiên vùng biển vịnh Bắc Bộ

Vịnh Bắc Bộ là vùng biển nằm ở phía Bắc của Biển Đông, có vị trí địa lý nằm trong khoảng $17^{\circ}00' - 21^{\circ}40'N$ và $105^{\circ}40' - 109^{\circ}40'E$, từ Quảng Ninh đến Quảng Trị, với tổng diện tích 126.250 km^2 , trong đó diện tích vùng đặc quyền kinh tế của Việt Nam ở vịnh Bắc Bộ là 67.203 km^2 .

- *Độ sâu và địa hình đáy*: Vịnh Bắc Bộ là vùng biển nông (độ sâu trung bình khoảng 50m; lớn nhất là 107m). Đáy vịnh tương đối bằng phẳng và thoải dần về phía Đông Nam. Độ dốc của đáy vịnh khoảng $2^{\circ} - 5^{\circ}$, trong phần phía Bắc và phía Tây vịnh có độ dốc nhỏ, phía Đông và phía Nam độ dốc lớn hơn [42].

- *Trầm tích*: Bề mặt đáy biển của vịnh Bắc Bộ có 6 loại hình cơ bản, gồm: đáy sỏi, cát lớn và cát trung, cát nhỏ, bột lớn, bùn trộn sét và bùn sét. Phần lớn diện tích đáy biển có trầm tích dạng cát bùn, cát và bùn cát. Ở khu vực ven bờ phía Tây và khu vực giữa vịnh, chất đáy chủ yếu ở dạng bùn và bùn cát [1, 42].

- *Khí hậu*: Vịnh Bắc Bộ với đặc trưng của vùng nhiệt đới gió mùa, với 2 mùa rõ rệt: mùa gió Đông Bắc và mùa gió Tây Nam. Số lượng cơn bão hoạt động trung bình khoảng 3,5 cơn bão/năm. Mỗi năm, vịnh Bắc Bộ thường đón nhận khoảng 30 đợt gió mùa Đông Bắc mang theo không khí lạnh [42].

- *Chế độ thủy triều*: Vịnh Bắc Bộ có chế độ thủy triều mang tính nhật triều là chủ yếu. Tính chất nhật triều có xu hướng giảm dần từ phía Bắc xuống phía Nam. Vùng biển từ Quảng Ninh đến Hà Tĩnh thuộc chế độ nhật triều không đều với biên độ triều khá lớn. Khu vực từ Quảng Bình đến Quảng Trị thuộc chế độ bán nhật triều không đều, biên độ thủy triều nhỏ, thường đạt 0,8-1,7m [45].

- *Lượng mưa*: Lượng mưa trung bình hàng năm ở vịnh Bắc Bộ là 1.077mm. Mưa lớn vào các tháng 7-9 và mưa ít vào các tháng 12-2. Vùng khơi vịnh Bắc Bộ, tổng lượng mưa trong năm vào khoảng 1.500-1.800mm, số ngày mưa cả năm từ 100-120 ngày. Mùa mưa bắt đầu từ tháng 6 và kết thúc vào tháng 9 với tổng lượng mưa khoảng 1.000-1.500mm [42].

- *Bão, áp thấp nhiệt đới*: Mùa bão từ tháng 5 đến tháng 11, tập trung vào tháng 7, 8, 9. Vùng biển vịnh Bắc Bộ chịu ảnh hưởng của bão và áp thấp nhiệt đới hình thành từ biển Đông và Thái Bình Dương.

- *Gió mùa*: Vịnh Bắc Bộ chịu ảnh hưởng khá mạnh của các đợt gió mùa Đông Bắc kéo dài từ tháng 10 đến tháng 3 năm sau, mỗi đợt gió mùa thường kéo dài từ 5-7 ngày, gây ra biển động, sóng lớn.

- *Dòng chảy và các hoàn lưu*: Hoàn lưu lớp mặt vịnh Bắc Bộ là luôn tồn tại dòng chảy dọc bờ phía Tây hướng xuống phía Nam ra ngoài cửa vịnh và nhập vào hoàn lưu chung của Biển Đông. Tại khu vực cửa vịnh thường tồn tại xoáy nhỏ ngược chiều kim đồng hồ. Hải lưu của vịnh Bắc Bộ chủ yếu là do gió sinh ra, hướng hải lưu thường song song với tuyến bờ, ngoài ra còn trực tiếp chịu ảnh hưởng bởi hướng chảy của hải lưu ở Biển Đông, tốc độ và hướng của hải lưu biến động theo mùa rất rõ ràng. Thời kỳ gió mùa Đông Bắc hướng chảy chủ yếu là Nam Tây Nam; thời kỳ gió mùa Tây Nam hướng chảy chủ yếu là Đông Bắc, hướng chảy khá ổn định và tốc độ khá thấp [45].

- *Nhiệt độ nước biển*: Mùa xuân, nhiệt độ nước trong toàn vịnh dao động trong khoảng từ 20,00C đến 25,5 °C ở lớp bề mặt và xấp xỉ 19,0 °C đến 23,0 °C ở tầng đáy. Trên tầng mặt, nhiệt độ phân bố theo xu thế tăng từ phía Bắc xuống phía Nam, từ bờ ra khơi và tạo thành dải front rõ nét từ khơi vùng biển Thanh Hoá đến phía Đông đảo Bạch Long Vĩ. Trong khi đó nhiệt độ phân bố ở tầng đáy khu vực bắc vĩ tuyến 18030'N chủ yếu có xu thế tăng từ Bắc xuống Nam [45].

- *Độ muối nước biển*: Mùa xuân, phân bố độ muối ở tầng mặt và tầng đáy ít có sự khác biệt; dao động trong khoảng 29,0 – 32,0‰ ở vùng ven bờ, 32,5 – 34,0‰ ở vùng ngoài khơi [45].

2. Tình hình nghiên cứu ngoài nước

2.1. Nghiên cứu nguồn lợi cá nổi nhỏ bằng phương pháp thủy âm

Cho đến nay, nhiều phương pháp đã được sử dụng để đánh giá nguồn lợi cá nổi nhỏ, gồm các phương pháp trực tiếp và gián tiếp. Phương pháp gián tiếp dựa trên mô hình biến động chủng quần theo tiếp cận mô hình tổng quát (Holistic)

hoặc mô hình giải tích (Analytic). Phương pháp trực tiếp sử dụng tàu điều tra để đánh giá nguồn lợi cá nổi nhỏ, như: phương pháp diện tích quét lưới sử dụng lưới kéo đáy (thường áp dụng ở các vùng biển nông, ven bờ) và phương pháp thủy âm.

Từ những những năm đầu của thế kỷ XX, các nghiên cứu về thủy âm đã sử dụng các tín hiệu âm để mô tả các đàn cá [104]. Sund (1935) đã sử dụng thủy âm kết hợp với lưới kéo trên tàu Johan Hjort để quan sát các đàn cá trích [155].

* Về phương pháp thủy âm

(1) *Phương trình cơ bản sóng âm*: Phương trình sóng âm cơ bản, trong đó EL là cường độ sóng âm phản hồi; SL là cường độ sóng âm truyền đi; TS là hệ số phản hồi âm; B(θ) là cường độ sóng âm ở góc θ ; TL là sóng âm bị mất đi trong quá trình dẫn truyền được mô tả như sau:

$$EL = SL - 2TL + TS + 2B(\theta)$$

(2) *Cường độ trường sóng âm*: Khi một sóng âm được phát ra và truyền đi trong nước sẽ bị hấp thụ bởi môi trường nước, cường độ trường sóng âm phụ thuộc vào khoảng cách nguồn sóng phát ra theo phương trình sau (I là cường độ sóng âm; I_1 là cường độ sóng âm ở điểm phát ra nguồn sóng; r là khoảng cách tính từ điểm phát ra sóng âm):

$$I = \frac{I_1}{r^2}$$

(3) *Cường độ âm phản hồi*: Sóng âm phát ra và được truyền đi theo phương truyền sóng âm, khi gặp vật cản tất cả các tín hiệu bắt gặp trên phương truyền sóng âm, nằm trong góc quét của chùm sóng sẽ được phản hồi lại, được mô tả theo phương trình (I_r là cường độ sóng âm tại khoảng cách r, I_0 là cường độ sóng âm khi phát ra từ đầu dò, được tính từ điểm cách bề mặt đầu dò 1 m; n là số lượng tín hiệu bắt gặp trên phương truyền sóng âm, nằm trong góc quét sóng âm):

$$I_r = I_0 \cdot n \cdot \sigma \cdot \frac{10^{-2\alpha \cdot r}}{r^4} \cdot b^2(\theta, \varphi)$$

(4) *Phương trình tích phân âm*: Phương trình mô tả mật độ phân bố của các

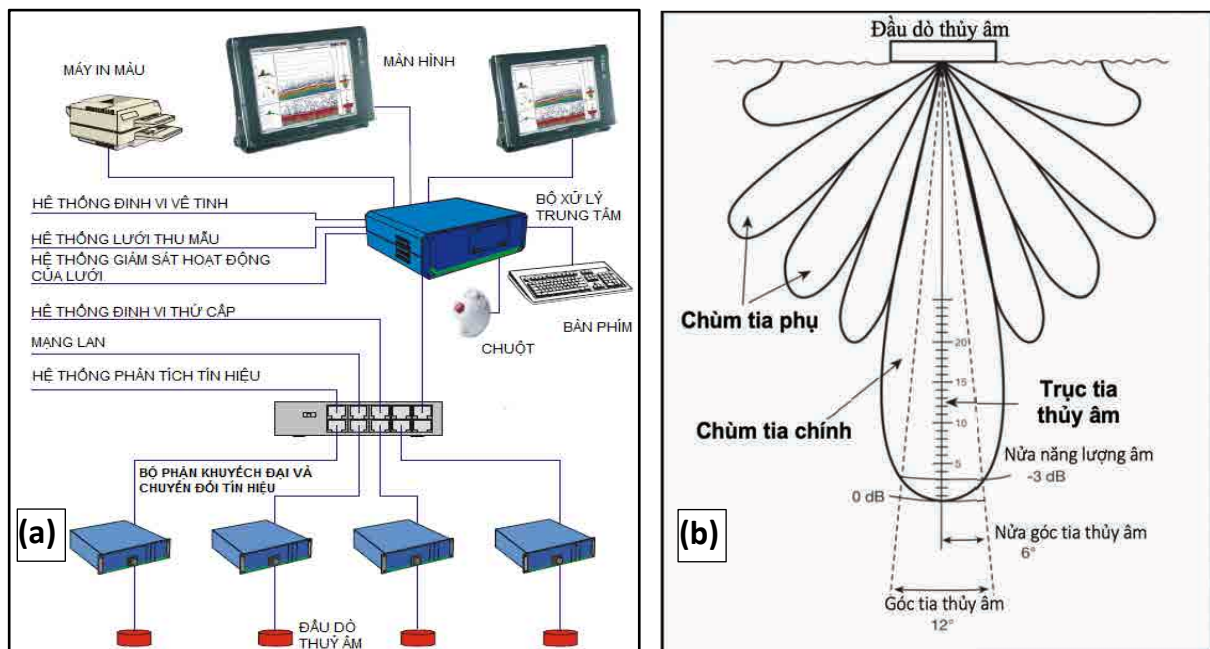
tín hiệu trên một đơn vị diện tích khi chùm sóng âm quét qua khối nước (ρ_A là tích phân âm; S_A là diện tích âm phản hồi; σ là tiết diện âm phản hồi).

$$\rho_A = \frac{S_A}{\sigma}$$

(5) *Hệ số phản hồi âm (Target Strength, TS)*: Hệ số phản hồi âm là đại lượng biểu diễn tỷ lệ của cường độ tín hiệu sóng âm đo được tại khoảng cách 1 thước Anh (yard) của trực tín hiệu âm (I_r) và cường độ tín hiệu sóng âm phản hồi (I_i), được biểu thị bằng decibel. Tương quan giữa hệ số phản hồi âm và chiều dài của cá được xem là chìa khoá trong việc đánh giá trữ lượng nguồn lợi. Hệ số phản hồi âm được biểu thị bằng hàm số sau:

$$TS = 10 \log \frac{I_r}{I_i}$$

(6) *Hệ thống thiết bị thủy âm*: Hệ thống thiết bị thủy âm có 5 thành phần chính, gồm: đầu dò thủy âm, bộ chuyển đổi tín hiệu, bộ xử lý trung tâm, hệ thống mạng LAN, các thiết bị ngoại vi (Hình 1-1).



Hình 1-1: Hệ thống thiết bị thủy âm: (a) Hệ thống thiết bị thủy âm EK-60 sử dụng trong điều tra đánh giá nguồn lợi; (b) Chùm sóng âm phát ra từ đầu dò thủy âm.

*** Nghiên cứu nguồn lợi hải sản bằng phương pháp thủy âm:**

Phương pháp thủy âm bắt đầu được sử dụng để đánh giá độ phong phú tương đối của cá từ những năm 1950, dựa vào việc đếm các tín hiệu âm riêng rẽ [165] hoặc đo biên độ của các âm phản hồi [140]. Các nghiên cứu đã chỉ ra nguyên tắc cơ bản để ước tính độ phong phú tương đối của cá là dựa vào tích hợp cường độ âm phản hồi các tín hiệu âm [163]. Trong những năm của thập kỷ 60 -70 của thế kỷ XX, các thiết bị thủy âm là thiết bị ‘analog’ và các bản đồ tích phân âm được ghi lại trên băng giấy. Việc phân tích các tín hiệu thủy âm được thực hiện thủ công bằng việc đếm các tín hiệu, mật độ tín hiệu trên băng giấy. Những năm đầu thập kỷ 80 của thế kỷ XX, cùng với sự phát triển của công nghệ kỹ thuật số và máy tính, các dữ liệu thủy âm được số hoá và phân tích bằng các phần mềm chuyên dụng [82, 83, 98, 106, 113, 128, 133, 148]. Ngày nay, phương pháp thủy âm được ứng dụng rộng rãi ở nhiều nước trên thế giới để đánh giá nguồn lợi hải sản.

Các chương trình điều tra nguồn lợi bằng thủy âm ở Biển Bắc (North Sea) đã được Hội đồng Quốc tế về Khảo sát Biển (ICES) thực hiện thống nhất với sự tham gia của nhiều quốc gia: Đan Mạch, Na Uy, Đức, Thụy Điển, Phần Lan, Hà Lan, Nga, Anh,... Các đối tượng chủ yếu là cá trích *Clupea harengus*, cá trứng *Mallotus villosus*, cá tuyết xanh *Micromesistius poutassou*, cá tuyết *Gadus morhua*, cá trích cơm *Sprattus sprattus*, cá thu *Scomber scombrus* [162].

“Chương trình Dr. Fridtjorf Nensen” (1975-1993) của Tổ chức Nông lương Liên hợp quốc đã thực hiện nhiều chuyến điều tra thủy âm đánh giá nguồn lợi cá nổi bằng tàu Dr. Fridtjorf Nensen ở các vùng biển [144].

Ở vùng biển Ả-Rập và các vịnh lân cận, bao gồm Pakistan, Iran, Oman, Yemen, Somalia và Djibouti, các chuyến điều tra đã sử dụng tàu Dr. Fridtjorf Nensen với thiết bị thủy âm EK-500 để thực hiện các chuyến điều tra vào các năm 1975-1979, 1981, 1983 và 1984. Kết quả điều tra đã ước tính được trữ lượng cá nổi ở các vùng biển, gồm: Somalia (245.000 tấn); Pakistan (600.000 tấn); Oman (1,4 triệu tấn); Yemen (265.000 tấn) [144].

Ở vùng biển phía Đông Ấn Độ Dương và Biển Đông, các chuyến điều tra thủy âm vào các năm 1978-1980, 1983 đã thực hiện ở nhiều quốc gia, gồm Sri

Lanka, Bangladesh, Myanmar, Thailand, Malaysia, Indonesia và Maldives. Kết quả điều tra đã cung cấp các thông tin đánh giá về trữ lượng cá nổi nhỏ, phục vụ quản lý nghề cá của các quốc gia và khu vực. Trữ lượng cá nổi ước tính cho vùng biển của Sri Lanka là 150.000 tấn; Bangladesh 130.000 tấn; Myanmar 683.000 tấn; vùng biển phía Tây Thái Lan 73.000 tấn; vùng biển phía Tây Malaysia 183.000 tấn; vùng biển phía Đông Malaysia 200.000 tấn [144].

Chương trình Dr. Fridtjorf Nensen cũng đã thực hiện nhiều chuyên điều tra sử dụng tàu Dr. Fridtjorf Nensen và thiết bị thủy âm EK-500 ở các vùng biển: Tây Nam Ấn Độ Dương (Kenya, Tanzania, Mozambique, Seychelles và Madagascar) vào các năm 1977-1978, 1980, 1982-1983, 1990; Biển Đỏ và Địa Trung Hải (Ethiopia, Egypt, Tunisia và Algeria) vào năm 1981; Biển Đại Tây Dương phía Tây Bắc Châu Phi (Morocco, Mauritania, Senegal, Gambia, Guinea- Bissau, Guinea, Sierra Leone, Liberia, Côte d'Ivoire, Ghana, Togo, Benin, Nigeria, Cameroun, Equatorial Guinea, São Tomé e Príncipe và Cape Verde Islands) vào các năm 1981-1982, 1986, 1992; Biển Đại Tây Dương vùng phía Tây Nam Châu Phi (Gabon, Congo, Angola và Namibia) vào các năm 1985-1986, 1989-1993; Biển Thái Bình Dương thuộc các nước Trung Mỹ (Colombia, Panama, Costa Rica, Nicaragua, El Salvador, Guatemala và Mexico) vào năm 1987; Biển Caribbean phía Bắc Nam Mỹ (Suriname, Guyana, Trinidad & Tobago, Venezuela và Colombia) vào năm 1988. Các nghiên cứu này đã đạt được nhiều thành tựu nổi bật cả về phương pháp luận, xây dựng các cơ sở khoa học cho việc quản lý bền vững nguồn lợi và phát triển công nghệ thủy âm trong đánh giá nguồn lợi cá nổi nhỏ [144].

Nhật Bản là nước ở Châu Á tiên phong trong việc ứng dụng thủy âm trong nghiên cứu nguồn lợi cá nổi nhỏ [61, 158]. Các chuyên điều tra đã sử dụng thiết bị thủy âm do hãng FURUNO phát triển qua nhiều thế hệ (FQ-50, FQ-60, FQ-70, FQ-80). Phương pháp thủy âm được ứng dụng để đánh giá nguồn lợi các loài cá nổi, mực đại dương ở vùng biển Nhật Bản [61, 158]. Nghiên cứu đánh giá nguồn lợi và phân bố của cá trích *Sardinops melanostictus* ở vùng biển phía Nam

Kyushu, Nhật Bản đã thực hiện các chuyến điều tra vào năm 1990-1992, sử dụng thiết bị thủy âm FQ-50, FQ-71 với tần số 50 kHz, được lắp đặt trên các tàu nghiên cứu Tansei Maru và Hakuho Maru [61]. Nghiên cứu ở vùng biển East China Sea và Yellow Sea, sử dụng thiết bị thủy âm FQ-70 để đánh giá trữ lượng nguồn lợi cá cơm *Engraulis japonicus*. Kết quả đã ước tính trữ lượng cá cơm là 1,96 triệu tấn ở vùng biển nghiên cứu [125]. Các nghiên cứu đánh giá biến động trữ lượng cá trích *Sardinops melanostictus* ở vùng biển phía Tây và Tây Nam Kyushu với thiết bị thủy âm FQ-70. Kết quả nghiên cứu đã ước tính trữ lượng của cá trích ở vùng biển nghiên cứu giảm sút nghiêm trọng từ 12,15 triệu tấn vào năm 1990, và 0,11 triệu tấn vào năm 1994 [127]. Năm 1997-2001, nghiên cứu sử dụng thủy âm ở tần số 38 kHz để nghiên cứu biến động trữ lượng và phân bố của các nhóm cá nổi, gồm: cá cơm *Engraulis japonicus*, cá trích *Etrumeus teres*, cá sòng Nhật *Trachurus japonicus*, cá thu Nhật *Scomber japonicus* ở vùng biển Đông Trung Hoa [126].

Ở Hàn Quốc, các nghiên cứu thủy âm đánh giá nguồn lợi được bắt đầu từ những năm 1990, với các chuyến điều tra sử dụng thiết bị dò cá, tần số 50kHz để đánh giá nguồn lợi cá đáy ở vùng biển Đông Nam đảo Jeju [107]. Phương pháp thủy âm sau đó được ứng dụng rộng rãi ở Hàn Quốc để đánh giá trữ lượng của nhiều loài cá nổi, cá rạn, cá cơm, sứa [100, 101, 103, 108, 109].

Ở Đông Nam Á, các nghiên cứu về nguồn lợi cá biển bằng phương pháp thủy âm còn chưa nhiều. Một số nghiên cứu ứng dụng thủy âm để đánh giá biến động nguồn lợi cá nổi nhỏ ở vùng biển Banda, Malaysia đã được thực hiện [114]. Các nghiên cứu về hệ số phản hồi âm của một số loài cá tráo *Selar boops*, cá róc *Alepes djedaba*, cá sòng gió *Megalaspis cordyla* và cá nục sò *Decapterus maruadsi* ở Malaysia cũng đã được thực hiện [153, 154].

Như vậy, cùng với sự phát triển của công nghệ và thiết bị thủy âm, phương pháp này hiện đã và đang được ứng dụng rộng rãi trên thế giới trong nghiên cứu đánh giá nguồn lợi cá nổi nhỏ và các nhóm nguồn lợi hải sản khác.

2.2. Nghiên cứu sinh thái học của các loài cá nổi nhỏ

Trên thế giới, nhiều công trình nghiên cứu đã được thực hiện về tương quan giữa các yếu tố môi trường và phân bố của cá. Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng, phân bố của cá nhỏ khá nhạy cảm và có mối liên hệ chặt chẽ với sự biến đổi của các yếu tố môi trường biển [110].

Kết quả nghiên cứu về cá trích ở Biển Bắc đã chỉ ra sự tương quan chặt chẽ giữa phân bố của cá trích và các yếu tố hải dương, mật độ sinh vật phù du [116]. Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy có sự tương quan giữa nhiệt độ tầng mặt với phân bố của cá trích ở Biển Bắc [117], với phân bố cá cơm ở vùng biển ven bờ Chi-Lê [67].

Kết quả nghiên cứu của Toresen & Østvedt (2000) đã cho thấy có sự ảnh hưởng của biến đổi các yếu tố khí hậu, đặc biệt là yếu tố nhiệt độ, đến sự biến động của cá trích ở vùng biển Na-Uy [161]. Nghiên cứu của Toresen (2001) cũng đã đánh giá được mức độ ảnh hưởng của các yếu tố môi trường như: nhiệt độ nước biển, độ muối, chlorophyll *a*, động vật phù du đến phân bố và độ phong phú của cá trích ở vùng biển phía Bắc Atlantic và vùng biển Na Uy [160].

Phân bố và cấu trúc của các đàn cá có sự ảnh hưởng rất lớn của các yếu tố môi trường tự nhiên. Marta và cộng sự đã sử dụng các số liệu thủy âm của các chuyến điều tra ở eo biển Sicily, Địa Trung Hải để đánh giá sự ảnh hưởng của hình thái đáy biển đến cấu trúc của các đàn cá [75]. Katara và cộng sự (2011) đã sử dụng mô hình hồi quy tổng quát bổ sung (GAM) để đánh giá tương quan giữa các yếu tố môi trường và sản lượng khai thác của cá cơm, cá trích ở vùng biển phía Đông Địa Trung Hải [102]. Kết quả nghiên cứu đã cho thấy yếu tố nhiệt độ nước biển tầng mặt là yếu tố quan trọng nhất ảnh hưởng đến cá cơm và cá trích ở vùng biển này. Một số nghiên cứu sử dụng mô hình GAM để đánh giá tác động của nhiệt độ, chlorophyll *a* đến sự biến động của cá trích ở Al-Hoceima, phía Nam biển Alboran [62].

Sunye & Servain (2002) đã nghiên cứu xây dựng mô hình tương quan tuyến tính đa biến giữa các yếu tố khí tượng, hải dương học đến sản lượng khai thác cá trích ở Brazil. Kết quả nghiên cứu cho thấy có sự tương quan giữa sản lượng khai

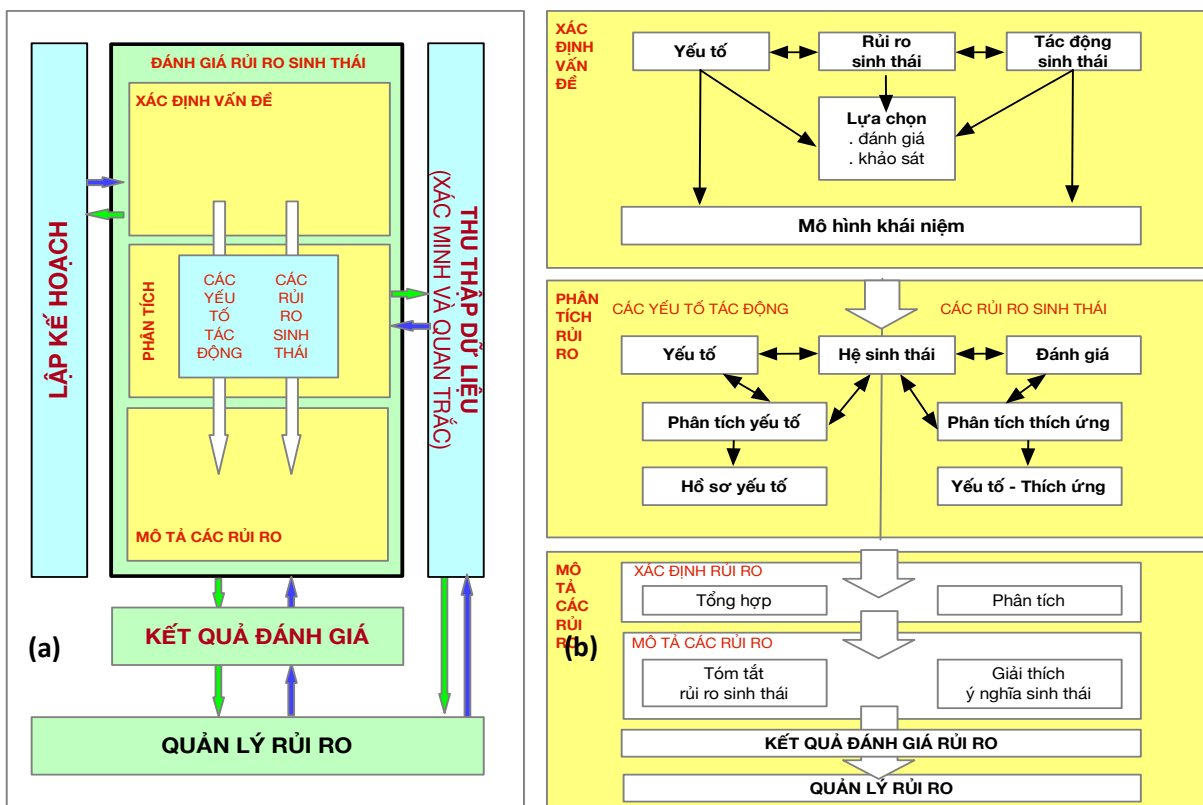
thác cá trích với các yếu tố độ ẩm không khí, mây, lượng mưa ở vùng biển Rio de Janeiro; và các yếu tố độ muối, nhiệt độ nước biển, mức độ bốc hơi ở vùng biển Santa Catarina [156].

Ở Indonesia, một số nghiên cứu đã sử dụng các mô hình thống kê để đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố hải dương đến phân bố của cá. Kết quả nghiên cứu ở vùng biển Spermonde cho thấy có sự tương quan chặt chẽ giữa nhiệt độ, chlorophyll *a* và năng suất khai thác cá bạc má *Rastrelliger kanagurta*; năng suất cao nhất bắt gặp ở nơi có nhiệt độ tầng mặt là $30,75 \pm 0,21^{\circ}\text{C}$ và chlorophyll *a* là $0,31 \pm 0,10 \text{ mg/m}^3$ [124]. Nghiên cứu cũng đã chỉ ra rằng ảnh hưởng của nhiệt độ nước biển và chlorophyll *a* đến phân bố cá cơm ở vịnh Bone, phía Nam biển Sulawesi là khá rõ rệt [145]. Mô hình tương quan ($\hat{Y} = -40,426 + 2,024 \text{ temp} + 42,722 \text{ chl-a}$) đã được áp dụng để dự báo ngư trường khai thác của cá bạc má *Rastrelliger kanagurta* ở vùng biển Spermonde [124].

2.3. Nghiên cứu đánh giá rủi ro sinh thái đối với nghề cá

Đánh giá rủi ro sinh thái (ERA) đã được thực hiện từ năm 1993, sau đó được phát triển các nguyên tắc, quy trình đánh giá và được ứng dụng rộng rãi ở nhiều nơi trên thế giới [157]. Chương trình khung đánh giá rủi ro sinh thái đã được Cơ quan Bảo vệ Môi trường Mỹ (US/EPA) xây dựng và thông qua năm 1998, trong đó chủ yếu áp dụng vào việc đánh giá ô nhiễm môi trường (Hình 1-2) [80].

Cùng với sự phát triển nhanh của nghề cá, các tác động của nghề cá đối với nguồn lợi hải sản, môi trường sống và hệ sinh thái đã và đang trở nên nghiêm trọng, mang tính toàn cầu. Gần đây, theo định hướng tiếp cận sinh thái đối với nghề cá, mô hình quản lý nghề cá dựa vào hệ sinh thái (EBFM) được phát triển và ứng dụng rộng rãi ở nhiều nước trên thế giới, như Úc, Mỹ, Nhật Bản,... [89, 111, 135]. Thực tiễn ứng dụng mô hình EBFM đã vấp phải khá nhiều vướng mắc do thiếu thông tin, dữ liệu, đặc biệt là các thông tin về rủi ro sinh thái của các hoạt động nghề cá. Với mô hình tiếp cận này, vấn đề hết sức quan trọng là phải đánh giá được mức độ rủi ro sinh thái của các hoạt động khai thác hải sản nhằm hỗ trợ cho việc thực hiện EBFM [81, 97].



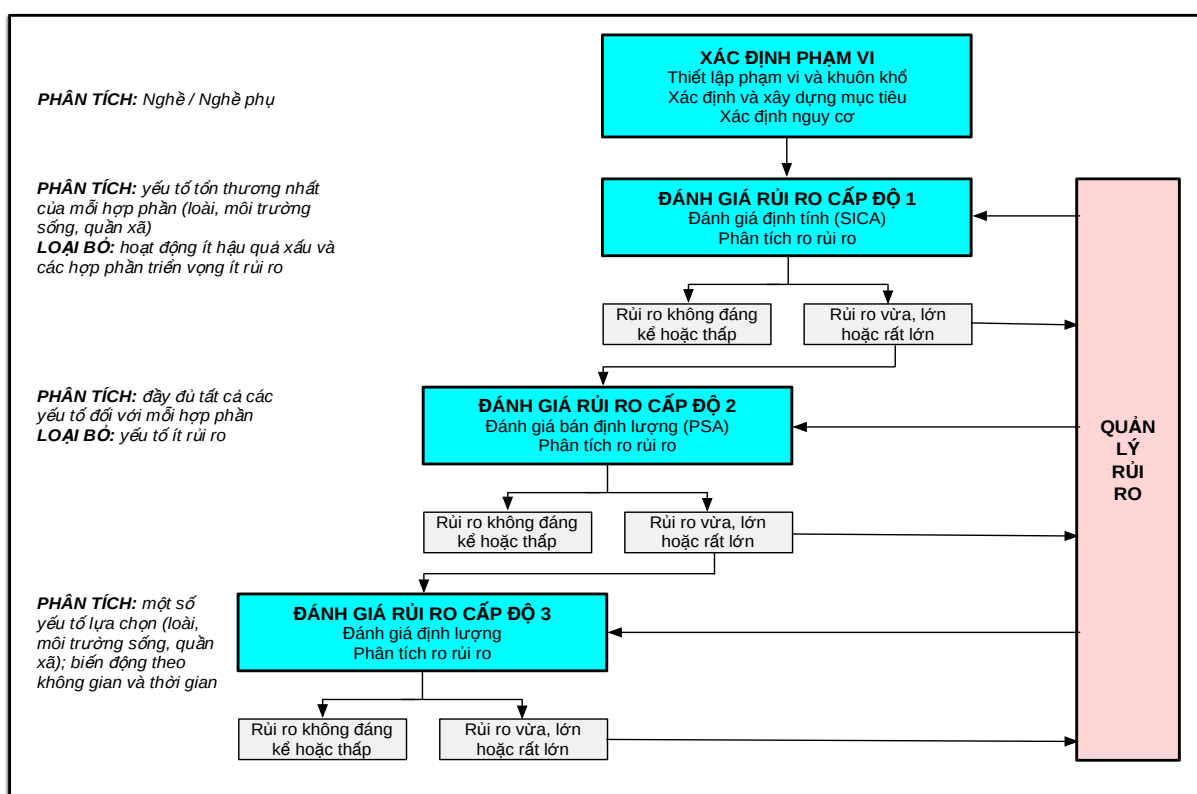
Hình 1-2. Chương trình khung đánh giá rủi ro sinh thái của Cơ quan Bảo vệ Môi trường Mỹ: (a) Quy trình phân tích, đánh giá rủi ro sinh thái; (b) Các bước, cấp độ đánh giá rủi ro sinh thái (vẽ lại từ US/EPA, 1998) [80].

Đánh giá rủi ro sinh thái của nghề cá (ERAEF) là một hệ thống phương pháp nhằm xác định mức độ rủi ro sinh thái do tác động của các hoạt động nghề cá, được ứng dụng đầu tiên vào năm 2001 tại Úc [93, 95, 97]. Năm 2008, Hội đồng Quản lý Biển đã chính thức áp dụng phương pháp ERAEF để đánh giá sơ bộ và đánh giá cuối cùng trong quy trình cấp chứng nhận [118, 119].

Chương trình khung đánh giá rủi ro sinh thái do tác động của nghề cá được tiếp cận trên cơ sở tổng hợp, xây dựng mục tiêu, phạm vi, nguy cơ,... và tiến hành đánh giá để xác định yếu tố rủi ro sinh thái từ hoạt động nghề cá với các cấp độ đánh giá khác nhau: đánh giá định tính, đánh giá bán định lượng và định lượng để xác định các nguy cơ vừa, lớn hoặc rất lớn ở mỗi cấp độ (Hình 1-3).

Cách tiếp cận này sử dụng mô hình khái niệm tổng quát về tác động của nghề cá đến các hệ sinh thái được sử dụng làm cơ sở cho việc đánh giá rủi ro sinh thái ở mỗi cấp độ. Các yếu tố sinh thái chủ yếu được đánh giá trong phương pháp này gồm: các loài hoặc nhóm loài (khai thác chính, loài đánh bắt không chủ ý, loài

nguy cấp); sinh cảnh, quần xã. Các yếu tố này được đánh giá độc lập với nhau và có thể tiếp tục đánh giá cho từng cấp độ khác nhau để xác định các rủi ro sinh thái [66]. Việc phân tích rủi ro được thực hiện theo nguyên tắc loại trừ ở mỗi cấp độ, gồm các bước: xác định rủi ro, đánh giá định tính SICA, đánh giá bán định lượng PSA, đánh giá định lượng. Các yếu tố rủi ro thấp hoặc có thể khắc phục sẽ được loại ra; trong khi đó các yếu tố rủi ro lớn và vừa được lựa chọn để tiếp tục đánh giá [93, 150]. Việc loại trừ các yếu tố ít rủi ro là giải pháp giảm thiểu chi phí của việc đánh giá [76, 95].

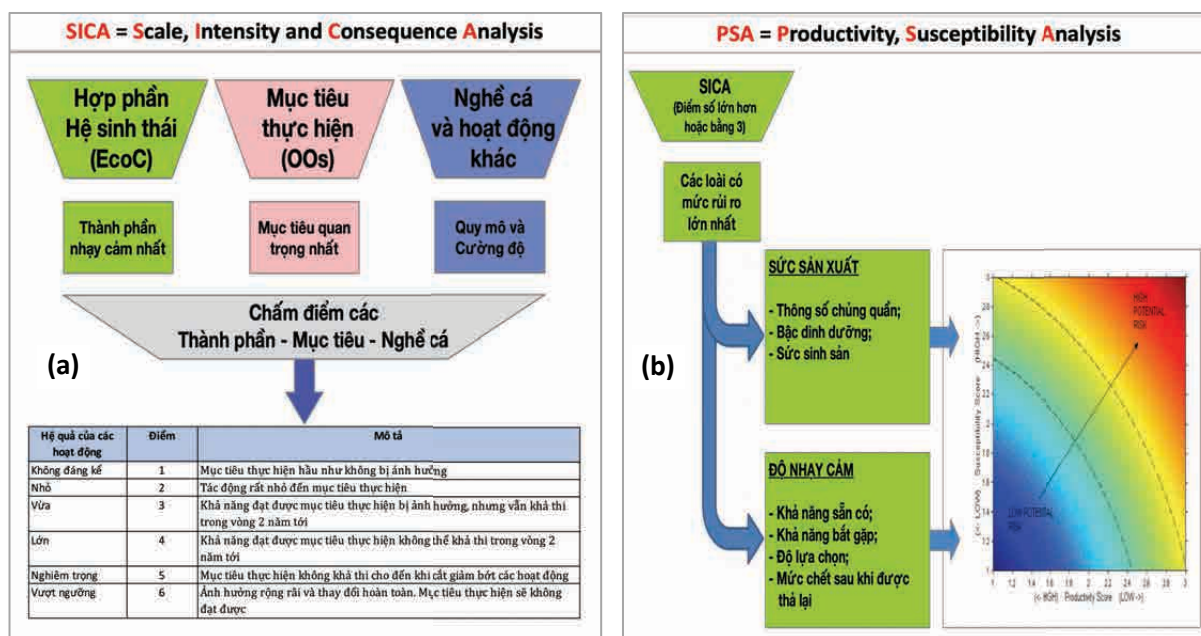


Hình 1-3. Mô hình tiếp cận tổng quát đánh giá rủi ro sinh thái của nghề cá (vẽ lại từ Hobday *et al.*, 2007) [95].

- *Phân tích SICA (Scale, Intensity and Consequence Analysis)*: Trên cơ sở tổng hợp, phân tích các nguy cơ rủi ro của nghề cá, các thành phần của hệ sinh thái được lựa chọn để đưa vào phân tích SICA [66]. Mô hình tiếp cận phân tích SICA đánh giá rủi ro sinh thái của nghề cá được trình bày ở Hình 1-4. Kết quả phân tích SICA đối với các hợp phần có điểm số bằng 3 hoặc cao hơn sẽ được tiếp tục phân tích ở cấp độ 2 [93].

- *Phân tích PSA (Productivity Susceptibility Analysis)*: Ở cấp độ 2, việc phân

tích rủi ro sinh thái dựa vào việc chấm điểm các thành phần trong mỗi hợp phần với các thuộc tính sức sản xuất và tính nhạy cảm [93, 97]. Mô hình tiếp cận phân tích PSA đánh giá rủi ro sinh thái của nghề cá được trình bày ở Hình 1-4. Các loài có rủi ro sinh thái thấp sẽ được loại ra và các loài có rủi ro sinh thái cao sẽ được lựa chọn để tiếp tục phân tích định lượng ở cấp độ 3 [93].



Hình 1-4. Phân tích, đánh giá rủi ro sinh thái của nghề cá: (a) SICA; (b) PSA (vẽ lại từ Cotter & Lart, 2011) [74].

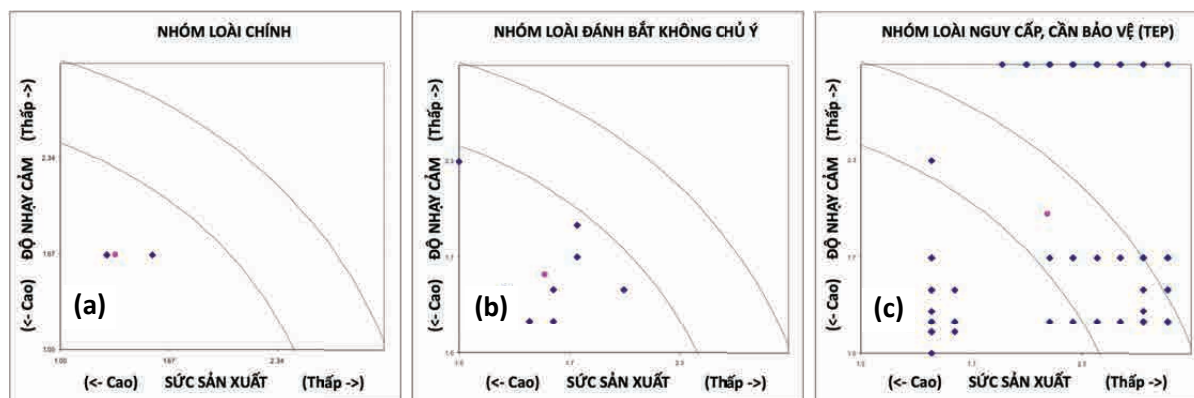
Các nghiên cứu đánh giá rủi ro sinh thái của nghề cá đã được thực hiện và ứng dụng rộng rãi ở nhiều quốc gia trong quản lý nghề cá tiếp cận hệ sinh thái.

* Tại Australia:

Từ tháng 10/2001, trong khuôn khổ chương trình nghiên cứu “Đánh giá rủi ro sinh thái đối với nghề cá của Úc”, nhóm tác giả đã phát triển và ứng dụng phương pháp đánh giá rủi ro sinh thái đối với nghề cá của Úc [94].

Daley và các cộng sự (2007) đã thực hiện nghiên cứu rủi ro sinh thái của nghề lưới kéo trung tầng khai thác cá nổi nhỏ ở vùng biển Tasmania, trong đó đối tượng khai thác chủ yếu là các loài: cá ‘redbait’ *Emmelichthys nitidus*, cá sông *Trachurus declivis*, *T. murphyi*, *T. novaezelandiae* và cá thu *Scomber australasicus* [77].

Phân tích SICA cho thấy các yếu tố rủi ro sinh thái cao từ các hoạt động trực tiếp của nghề lưới kéo trung tầng. Kết quả phân tích PSA (cấp độ 2) đã cho thấy 26 loài trong tổng số 237 loài chịu tác động rủi ro cao, chủ yếu là các loài thuộc nhóm loài nguy cấp, cần bảo vệ gồm thú biển và chim biển; các nhóm còn lại đều có mức độ rủi ro sinh thái thấp. Kết quả nghiên cứu này đã kiến nghị điều chỉnh quy định kỹ thuật để giảm thiểu tác động của nghề lưới kéo trung tầng đối với các loài thú biển và chim biển. Nghiên cứu tương tự đối với nghề lưới kéo trung tầng ở vùng biển Quần đảo McDonald và Heard cho thấy các rủi ro sinh thái ở mức khá thấp, không đáng kể [65]. Nhóm tác giả cũng đã thực hiện nghiên cứu đánh giá rủi ro sinh thái của nghề lưới vây khai thác cá nổi nhỏ ở vùng biển phía Nam Úc [78]; đánh giá rủi ro sinh thái của nghề lưới vây khai thác cá ngừ sọc dưa ở vùng biển Australia [76]. Kết quả phân tích PSA đã xác định được 108 loài có mức độ rủi ro sinh thái cao (gồm 1 loài cá nhám, 78 loài chim biển và 29 loài thú biển) trong tổng số 235 loài được đánh giá. Các nhóm loài còn lại đều có mức độ rủi ro sinh thái thấp (Hình 1-5) [78].



Hình 1-5. Kết quả phân tích PSA của nghề lưới vây ở vùng biển phía Nam Úc: (a) nhóm loài chính; (b) nhóm loài đánh bắt không chủ ý; (c) nhóm loài nguy cấp, cần bảo vệ (TEP).

Nhiều nghiên cứu khác về rủi ro sinh thái ở Úc đã được thực hiện đối với các nghề khai thác hải sản ở các vùng biển của Úc, như: nghề lưới rê khai thác cá mập [168]; nghề câu vàng khai thác cá ngừ và cá kiếm ở vùng biển phía Đông [169]; nghề lưới giã đơn ở Khu bảo tồn rạn san hô Great Barrier [130].

Hiện nay, tiếp cận đánh giá rủi ro sinh thái của nghề cá đã được Cơ quan Quản lý nghề cá của Úc ứng dụng trong thực tiễn quản lý nghề cá với 30 loại

nghe. Tiếp cận này đã cho thấy khả năng ứng dụng, tính linh hoạt và tính ổn định và là cơ sở cho việc ưu tiên lựa chọn các định hướng nghiên cứu đối với nghề cá của Úc. Đến nay, tổng số 1.800 loài đã được phân tích PSA cùng với hàng trăm sinh cảnh khác nhau. Cơ quan Quản lý nghề cá của Úc hiện đang trong tiến trình xây dựng các quy trình, công cụ quản lý rủi ro sinh thái và hệ thống quản lý thích ứng môi trường theo chu kỳ 3-5 năm [150].

*** Tại Mỹ:**

Rosenberg và các cộng sự (2007) đã nghiên cứu đánh giá rủi ro sinh thái của nghề cá đối với nhóm cá nhám và nhóm cá tuyết ở vịnh Alaska, nhóm cá hồng ở vịnh Mexico, nhóm cá rô biển ở vùng biển ven bờ phía Tây [142]. Tiếp đó, nhóm nghiên cứu của Rosenberg và các cộng sự (2009) đã tiến hành đánh giá rủi ro sinh thái đối với 169 quần đàn ở các vùng biển, bao gồm: vùng Biển Cả (50 quần đàn), vùng biển phía Đông Bắc (14 quần đàn), vùng biển Giữa Đại Tây Dương (4 quần đàn), vùng biển phía Nam Đại Tây Dương (73 quần đàn), vịnh Mexico (26 quần đàn) và vùng biển Tây Thái Bình Dương (2 quần đàn). Các kết quả đánh giá rủi ro sinh thái đã cung cấp các cơ sở khoa học cho việc xác định ngưỡng khai thác hàng năm đối với các nghề [143].

Patrick và các cộng sự (2009) đã ứng dụng các chỉ số PSA để đánh giá mức độ rủi ro sinh thái của 6 nghề khai thác, gồm: nghề khai thác cá nhám ở Đại Tây Dương, nghề khai thác cá đuối ở biển Bering, nghề khai thác cá đáy ở vùng biển ven bờ California, nghề khai thác cá nổi ở vùng biển ven bờ California, nghề câu vàng ở Hawaii, nghề khai thác cá đáy ở vùng biển Đông Bắc và nghề câu vàng ở Đại Tây Dương [129].

*** Các khu vực khác:**

Ở khu vực Ấn Độ Dương, nghiên cứu đánh giá rủi ro sinh thái của nghề cá được thực hiện trong khuôn khổ dự án Hệ sinh thái biển lớn vùng vịnh Bengal (Bay of Bengal Large Marine Ecosystem Project - BOBLME) [63]. Các nghiên cứu tiến hành đánh giá rủi ro sinh thái của các nghề lưới vây, lưới kéo đáy, lưới rê và lưới rùng đối với cá bạc má *Rastrelliger kanagurta* và cá trích *Tenualosa*

illisha thuộc các nước ở vùng vịnh Bengal, bao gồm: Maldives, Ấn Độ, Sri Lanka, Bangladesh, Myanmar, Thái Lan, Indonesia và Malaysia.

Ở khu vực Đông Nam Á, việc phân tích SICA và PSA để đánh giá rủi ro sinh thái của các nghề khai thác đã được thực hiện đối với cá bạc má *Rasterlliger kanagurta* ở vùng biển Andaman thuộc các nước Malaysia, Indonesia, Thái Lan và Myanmar [58]. Nhóm nghiên cứu cũng sử dụng tiếp cận ERAEF để đánh giá các nghề khai thác cá nục sò *Decapterus maruadsi* ở vùng biển phía Đông Peninsular, Malaysia [59].

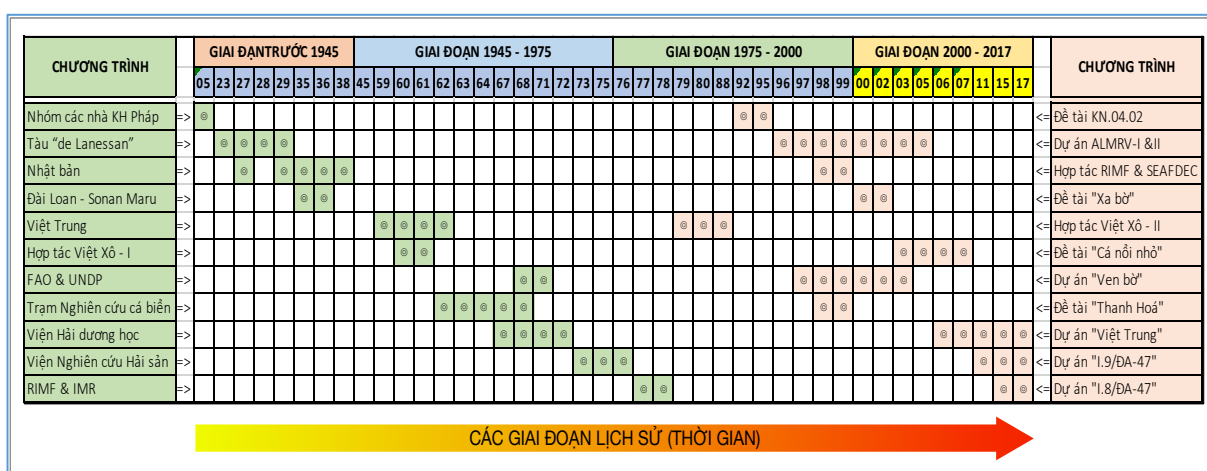
Hội đồng Quản lý Biển đã phát triển các công cụ đánh giá ERAEF để cấp “Chứng nhận tiêu chuẩn MSC” [119]. Đến năm 2016, MSC đã tiến hành đánh giá 380 nghề cá ở 35 quốc gia, trong đó đã cấp chứng nhận cho 296 nghề cá. Hiện nay, MSC đang thực hiện chương trình cải thiện nghề cá đối với hàng trăm nghề khai thác hải sản ở các nước trên thế giới [120].

3. Tình hình nghiên cứu trong nước

3.1. Nghiên cứu về nguồn lợi cá nổi nhỏ

3.1.1. Khái quát lịch sử nghiên cứu qua các giai đoạn

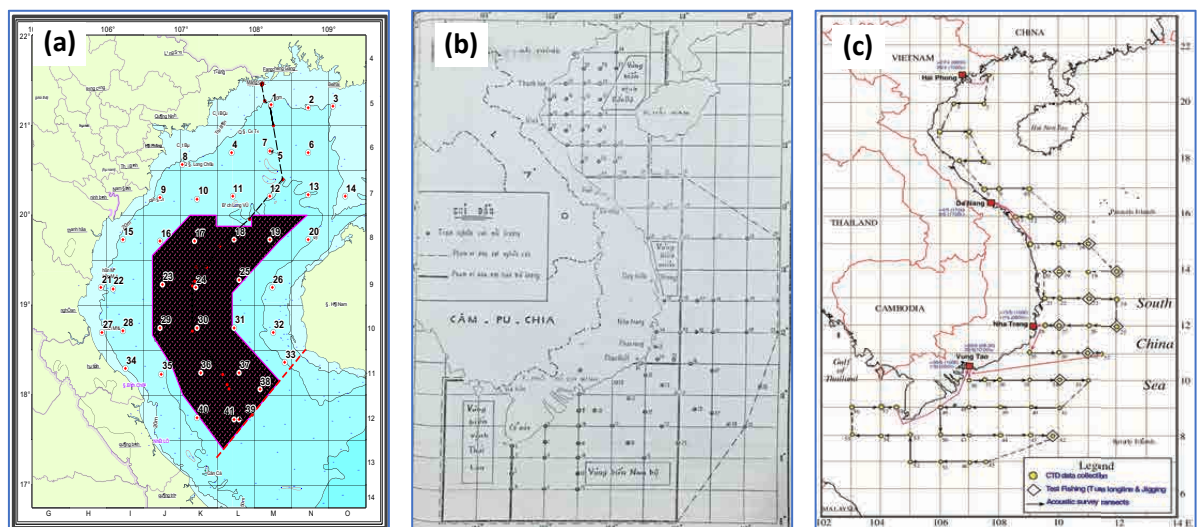
Ở Việt Nam, các nghiên cứu về nguồn lợi cá nổi nhỏ ở vùng biển vịnh Bắc Bộ được thực hiện từ những năm đầu của thế kỷ XX. Lịch sử điều tra, nghiên cứu về nguồn lợi hải sản (bao gồm cá nổi nhỏ) ở vịnh Bắc Bộ như sau (Hình 1-6):



Hình 1-6. Khái quát giai đoạn lịch sử các chương trình điều tra, nghiên cứu nguồn lợi hải sản, bao gồm cả cá nổi nhỏ ở vùng biển vịnh Bắc Bộ.

- *Giai đoạn trước năm 1945*: Từ những năm đầu của thế kỷ 20, nguồn lợi hải sản trong đó bao gồm nguồn lợi cá nổi nhỏ đã được quan tâm nghiên cứu. Nghiên cứu về các loài cá biển lần đầu tiên được thực hiện do các nhà khoa học Pháp vào năm 1905 tại vịnh Hạ Long. Nghiên cứu này đánh dấu điểm khởi đầu cho các chương trình nghiên cứu đánh giá nguồn lợi hải sản ở Việt Nam. Các nghiên cứu trong giai đoạn này chủ yếu do các nhà khoa học của Pháp, Nhật Bản, Đài Loan thực hiện thông qua các đợt khảo sát, chương trình thử nghiệm khai thác. Các nghiên cứu tập trung vào lĩnh vực ngư loại, hình thái phân loại học, khu hệ cá biển và thử nghiệm ngư cụ khai thác.

- *Giai đoạn 1945-1975*: Nhiều chương trình hợp tác nghiên cứu đã được thực hiện ở vùng biển vịnh Bắc Bộ, gồm: Chương trình hợp tác nghiên cứu Việt - Trung (1959-1962), Việt - Xô (1960-1961), FAO và UNDP (1968-1971),... (Hình 1-7). Trong giai đoạn này, sự ra đời của các trung tâm, các viện (Trạm nghiên cứu Cá biển, Viện nghiên cứu Hải sản) đã làm tiền đề cho sự phát triển các lĩnh vực nghiên cứu. Các chương trình điều tra, nghiên cứu nguồn lợi hải sản của Việt Nam cũng đã được thực hiện, gồm: chương trình điều tra của Trạm nghiên cứu Cá biển (1962-1964; 1963-1968); Viện Hải dương học (1967-1972); Viện Nghiên cứu Hải sản (1973-1976). Các định hướng nghiên cứu đa dạng hơn về khu hệ, hình thái phân loại, sinh học, sinh thái học, đánh giá nguồn lợi các loài hải sản.



Hình 1-7. Sơ đồ trạm điều tra, nghiên cứu ở vịnh Bắc Bộ: (a) giai đoạn 1961-1962; (b) giai đoạn 1981-1985; (c) hợp tác với SEAFDEC/MFRDMD, 1998-1999 [4, 44, 90, 91].

- *Giai đoạn 1975-2000*: Cùng với sự phát triển kinh tế - xã hội, các chương trình điều tra, nghiên cứu ở vịnh Bắc Bộ đã được thực hiện sâu, rộng hơn với các lĩnh vực nghiên cứu đa dạng hơn. Các chương trình hợp tác nghiên cứu được thực hiện ở quy mô lớn hơn; các kết quả nghiên cứu đã kịp thời cung cấp các cơ sở khoa học cho việc phát triển kinh tế ngành thủy sản. Giai đoạn này, Viện Nghiên cứu Hải sản nhận được tàu Nghiên cứu Biển Đông do chính phủ Na Uy tài trợ (năm 1977), với các trang thiết bị nghiên cứu hiện đại, đặc biệt là hệ thống thủy âm EK-500. Đây là dấu mốc lịch sử, mở ra các nghiên cứu đánh giá nguồn lợi cá nổi nhỏ bằng thủy âm ở Việt Nam. Các chương trình hợp tác điều tra nguồn lợi cá nổi nhỏ bằng thủy âm đã được thực hiện ở vịnh Bắc Bộ (Hình 1-7), gồm: chương trình hợp tác nghiên cứu RIMF và IMR (1977-1978), RIMF và SEAFDEC (1998-1999). Bên cạnh đó, nhiều đề tài nghiên cứu trong nước và các dự án hợp tác điều tra nguồn lợi hải sản cũng đã được thực hiện ở vịnh Bắc Bộ: chương trình hợp tác Việt - Xô (1979-1988), đề tài KN.04.02 (1992-1995), Đề tài đánh giá nguồn lợi ven bờ tỉnh Thanh Hoá (1998-1999), dự án “Ven bờ” (1997-2003), dự án ALMRV-I (1996-1999),... Các nghiên cứu theo hướng chuyên sâu theo từng lĩnh vực đã được triển khai, gồm: nghiên cứu về khu hệ, hình thái giải phẫu, phân loại học, đánh giá nguồn lợi, sinh học các loài cá nổi nhỏ, sinh thái học, môi trường biển, đặc biệt là nghiên cứu về thủy âm.

- *Giai đoạn 2000-2017*: Các nghiên cứu trong giai đoạn này được thực hiện khá bài bản, với quy mô và phạm vi các lĩnh vực nghiên cứu về cá nổi nhỏ phát triển sâu và rộng hơn. Nhiều đề tài, dự án nghiên cứu đánh giá nguồn lợi cá nổi nhỏ đã được quan tâm thực hiện. Nổi bật nhất trong giai đoạn này là các đề tài, dự án: đề tài “Cá nổi nhỏ” (2003-2007), dự án I.9/ĐA-47 (2011-2017), dự án I.8/ĐA-47 (2015-2017). Bên cạnh đó, các đề tài nghiên cứu về nguồn lợi hải sản (bao gồm cá nổi nhỏ) cũng đã được triển khai: đề tài “Xa bờ” (2000-2002), dự án ALMRV-II (2000-2005), Dự án Việt - Trung (2006-2017),... Các nghiên cứu về cá nổi nhỏ đã bao phủ hầu hết các lĩnh vực: đánh giá nguồn lợi, nghề cá biển, sinh học các loài cá nổi nhỏ.

Nhìn chung, các chương trình điều tra, nghiên cứu về nguồn lợi cá nổi nhỏ ở vịnh Bắc Bộ đã được thực hiện khá bài bản. Qua các giai đoạn, công tác điều tra,

nghiên cứu cá nổi nhỏ ngày càng được hoàn thiện hơn về cả phương pháp và quy mô thực hiện.

3.1.2. Nghiên cứu về thành phần loài

Những nghiên cứu đầu tiên về thành phần loài, ngư loại học các loài cá biển trong đó có các loài cá nổi nhỏ ở vịnh Bắc Bộ đã được thực hiện từ những năm đầu thế kỷ XX, với các công trình nghiên cứu: Pellegrin (1905) đã mô tả các loài cá ở vịnh Hạ Long [131]; Chabanaud (1924, 1926) đã công bố danh sách 275 loài cá ở Bắc Trung Bộ, biển Trung Bộ, Đông Nam Bộ và vịnh Thái Lan [68, 69]; Chevey (1929, 1932, 1934) đã công bố danh sách 375 loài cá ở Biển Đông [70-72]; Chevey & Durand (1945) đã mô tả 42 loài cá biển Việt Nam [73].

Các loài cá biển Việt Nam với tổng số 1.600 loài đã được mô tả trong công trình “Cá biển Việt Nam” [22, 23, 25, 24, 26]. Các tác giả đã tiến hành định loại và tổng hợp xác định danh mục và mô tả hình thái của 1.893 loài cá bắt gặp ở biển Việt Nam. Về đặc điểm hình thái, một số giống, loài đã được nghiên cứu, như: đặc điểm hình thái của các loài thuộc giống cá nục gồm các loài *Decapterus maruadsi*, *D. lajang*, *D. kurroides* [10]. Nguyễn Khắc Hường (1980) đã nghiên cứu hình thái và định loại các loài thuộc họ cá Trổng Engraulidae, bao gồm 15 loài thuộc 4 giống [22]. Kết quả nghiên cứu của Phạm Thuộc (2005) đã cho thấy khu hệ cá biển ở vịnh Bắc Bộ có quan hệ với phức hệ nhiệt đới, khá phong phú về thành phần loài. Nghiên cứu cũng đã xác định được 960 loài cá biển, trong đó 49 loài có tỷ lệ sản lượng và giá trị kinh tế cao [44]. Bùi Đình Chung & Trần Đình (2005) đã công bố danh sách 2.458 loài cá biển Việt Nam [5].

3.1.3. Nghiên cứu nguồn lợi cá nổi nhỏ bằng phương pháp thủy âm

Ở Việt Nam, việc ứng dụng thủy âm trong nghiên cứu đánh giá nguồn lợi cá nổi nhỏ lần đầu tiên được thực hiện vào năm 1960-1961 trong khuôn khổ hợp tác Việt - Xô. Đoàn điều tra tổng hợp vịnh Bắc Bộ đã thực hiện các chuyến khảo sát, thăm dò các đàn cá bằng máy dò đứng trên các tàu Onga, Pelamida và Orlik. Từ các tín hiệu thủy âm thu thập được, các tác giả đã xây dựng được bản đồ phân bố nguồn lợi ở vịnh Bắc Bộ [4].

Năm 1971-1972, Viện Khảo cứu Ngư nghiệp đã sử dụng thiết bị thủy âm SRM-871 lắp đặt trên tàu Hữu Nghị để thực hiện 20 chuyến điều tra, thăm dò nguồn lợi cá nổi nhỏ ở Đông Nam Bộ và Tây Nam Bộ. Kết quả đã đánh giá được độ phong phú và phân bố cá nổi nhỏ ở Đông và Tây Nam Bộ [56].

Năm 1977, Viện Nghiên cứu Hải sản đã phối hợp với Viện Nghiên cứu Biển Bergen (Na-Uy) thực hiện 9 chuyến điều tra nguồn lợi cá nổi bằng máy dò thủy âm (EK500; tần số 38, 50 và 120 kHz; tín hiệu thu được ghi trên băng giấy) ở vùng biển vịnh Bắc Bộ bằng tàu Nghiên cứu Biển Đông. Kết quả nghiên cứu đã đánh giá được trữ lượng trung bình của cá nổi nhỏ ở vịnh Bắc Bộ khoảng 200.000 tấn (dao động từ 52.000 tấn đến 436.000 tấn). Nguồn lợi cá nổi nhỏ ở vịnh Bắc Bộ có sự biến động khá lớn theo mùa vụ. Tuy nhiên, trữ lượng này được ước tính dựa vào hệ số chuyển đổi C ‘Conversion Factor’ của tàu Dr. Fridtjorf Nensen đối với đàn cá trích ở Biển Bắc nên độ chính xác không cao [141].

Viện Nghiên cứu Hải sản đã thực hiện đề tài “Điều tra nguồn lợi cá tầng giữa và tầng trên ở vùng biển Thuận Hải - Minh Hải”, giai đoạn 1978-1980. Đề tài đã thực hiện được 12 chuyến điều tra thủy âm (EK500; tần số 38, 50 và 120 kHz) bằng tàu Biển Đông [4]. Kết quả điều tra đã xác định được trữ lượng trung bình của cá nổi nhỏ ở vùng biển Thuận Hải - Minh Hải là 524.074 tấn và khả năng khai thác 209.630 tấn. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng nguồn lợi cá nổi nhỏ có sự biến động khá lớn theo mùa vụ. Đề tài đã thực hiện các nghiên cứu hiệu chỉnh hệ số chuyển đổi C làm cơ sở cho việc ước tính trữ lượng nên kết quả đề tài có độ tin cậy cao [4].

Chương trình hợp tác điều tra với SEAFDEC/MFRDMD, năm 1999, đã thực hiện điều tra nguồn lợi cá nổi nhỏ bằng thủy âm FQ-70 có tần số 50 và 200 kHz, với tổng số 43 đường dò trong diện tích khoảng 800.000 km². Trữ lượng cá nổi nhỏ ở vùng biển Việt Nam ước tính được từ chuyến điều tra là 12,74 triệu tấn [90, 91]. Tuy nhiên, việc ước tính trữ lượng cá nổi nhỏ chỉ dựa vào hệ số phản hồi âm của cá nục sò *Decapterus maruadsi* theo công thức thực nghiệm của Furusawa (1990) [87]. Do vậy, kết quả ước tính chỉ mang tính tham khảo về phương pháp

luận mà ít có giá trị thực tiễn.

Năm 2003, Viện Nghiên cứu Hải sản thực hiện đề tài “Nghiên cứu đánh giá trữ lượng và khả năng khai thác cá nổi nhỏ (chủ yếu là cá nục, cá trích, cá cơm, cá bạc má,...) ở biển Việt Nam”. Đề tài sử dụng tàu nghiên cứu Biển Đông có gắn thiết bị thủy âm SIMRAD EK-60 và sử dụng tần số 38kHz. Bên cạnh đó, đề tài cũng tiến hành thí nghiệm xác định hệ số phản hồi âm của một số loài để phục vụ cho chuyển điều tra với 3 tần số 38, 120 và 200 kHz. Kết quả ước tính trữ lượng cá nổi nhỏ ở biển Việt Nam là 2,74 triệu tấn, trong đó, vịnh Bắc Bộ là 433 ngàn tấn; Trung Bộ là 595 ngàn tấn; Đông Nam Bộ là 771 ngàn tấn và Tây Nam Bộ là 945 ngàn tấn [31, 36]. Đây là đề tài nghiên cứu có quy mô lớn nhất từ trước tới thời điểm này về điều tra và nghiên cứu cá nổi nhỏ, kết hợp nhiều phương pháp khác nhau và đưa ra những kết quả khả quan về đánh giá trữ lượng cá nổi nhỏ. Kết quả đánh giá trữ lượng nguồn lợi cá nổi nhỏ ở vùng biển vịnh Bắc Bộ cho thấy có sự biến động khá lớn qua các giai đoạn (Bảng 1-1).

Bảng 1-1. Kết quả nghiên cứu, đánh giá trữ lượng nguồn lợi cá nổi nhỏ ở vùng biển vịnh Bắc Bộ qua các giai đoạn từ năm 1976 đến năm 2007

Chương trình, Đề tài, Dự án (tác giả)	Năm đánh giá	Trữ lượng (tấn)	Phương pháp đánh giá
Menasvesta [121]	1973	410.000	Phương pháp diện tích
Nguyễn Văn Bồi [2]	1976	200.000	Phương pháp diện tích
Bùi Đình Chung [6]	1977	476.000	Phương pháp thủy âm
RIMF & IMR [141]	1979	250.000	Phương pháp thủy âm
Bùi Đình Chung [8]	1991	390.000	Phương pháp thủy âm
Đề tài “Cá nổi nhỏ” [31]	2007	403.100	Phương pháp thủy âm

Các nghiên cứu về hệ số phản hồi âm, đặc tính âm phản hồi của một số loài cá nổi nhỏ cũng được thực hiện làm cơ sở cho việc ứng dụng phương pháp thủy âm đánh giá trữ lượng nguồn lợi cá nổi nhỏ ở biển Việt Nam. Hệ số chuyển đổi C được sử dụng để ước tính trữ lượng nguồn lợi cá nổi nhỏ dựa trên mật độ và diện

tích tín hiệu ghi trên băng giấy của thiết bị EK-500. Các nghiên cứu trong khuôn khổ đề tài “Điều tra nguồn lợi cá tầng giữa và tầng trên ở vùng biển Thuận Hải - Minh Hải”, giai đoạn 1978-1980 đã xác định được hệ số chuyển đổi của cá nỏ nhỏ và của một số loài: cá nục *Decapterus maruadsi*, cá chỉ vàng *Selaroides leptolepis*, cá trích *Sardinella gibbosa* [4]. Các nghiên cứu đã xác định hệ số phản hồi âm bằng phương pháp in-situ trực tiếp trên tàu nghiên cứu của một số loài cá nỏ nhỏ, gồm: cá sòng Nhật *Trachurus japonicus* [14], cá hổ *Trichiurus lepturus* [16], cá cơm mồm nhọn *Encrasichonila heteroloba* [17], cá nục sò *Decapterus maruadsi*, cá bạc má *Rastrelliger kanagurta*, cá ngừ *Atule mate* [15]. Các thí nghiệm ex-situ xác định hệ số phản hồi âm của cá nỏ nhỏ cũng được thực hiện, gồm các loài: cá khế *Alepes djeddaba*, cá nục sò *Decapterus maruadsi* [32, 33]. Bên cạnh đó, kết quả nghiên cứu về đặc tính âm phản hồi (đáp tuyến tần số) là cơ sở quan trọng để xác định các tín hiệu đặc trưng của loài trong quá trình phân tích số liệu thủy âm. Các nghiên cứu về đáp tuyến tần số đã được thực hiện với một số loài, gồm: cá nục sò *Decapterus maruadsi*, cá bạc má *Rastrelliger kanagurta* và cá ngừ *Atule mate* [15].

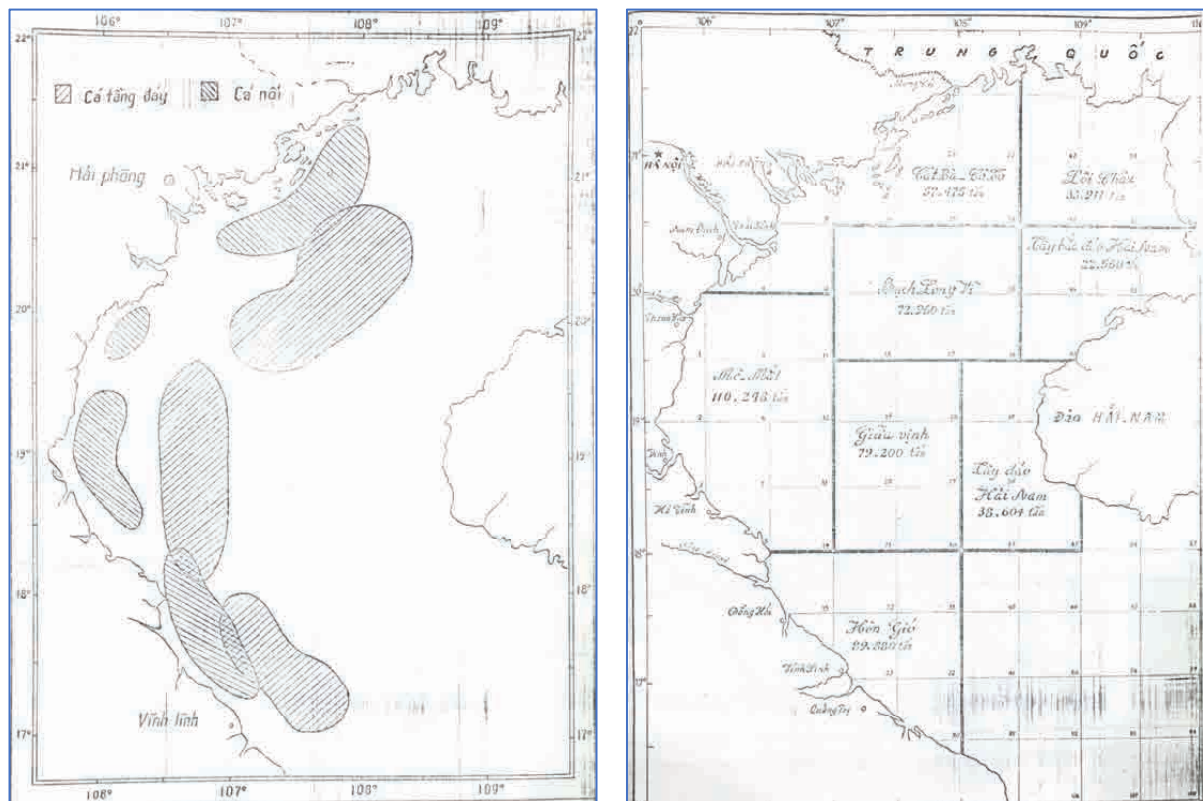
3.1.4. Nghiên cứu về phân bố của cá nỏ nhỏ

Kết quả nghiên cứu của Phạm Thuộc đã xác định các ngư trường phân bố của các loài hải sản ở vịnh Bắc Bộ (Hình 1-8). Trong đó, cá nỏ nhỏ chủ yếu phân bố ở 4 khu vực chính (từ Móng Cái đến Long Châu; ven bờ phía Nam cửa Ba Lạt; ven bờ từ Thanh Hoá đến Nghệ An; ven bờ Hà Tĩnh - Quảng Trị) [46].

Kết quả nghiên cứu của Bùi Đình Chung và các cộng sự (2001) cho thấy chế độ gió mùa tạo nên sự thay đổi cơ bản điều kiện hải dương, sinh học, làm cho sự phân bố cá mang tính chất mùa vụ rõ ràng. Ở vịnh Bắc Bộ, vào mùa gió Đông Bắc từ tháng 10 đến tháng 3 năm sau, cá tập trung ở vùng nước sâu giữa vịnh. Bắt đầu mùa gió Tây Nam, cá di cư vào vùng nước nông ven bờ để đẻ trứng. Thời kỳ này các loài cá nỏ tập trung nhiều nhất ở vùng gần bờ, sau đó giảm đi [7].

Kết quả nghiên cứu đánh giá nguồn lợi cá nỏ nhỏ bằng phương pháp thủy âm ở vịnh Bắc Bộ (giai đoạn 2003-2005 và 2012) đã xác định được phân bố của

các nhóm loài cá nổi nhỏ. Trong mùa gió Tây Nam, nguồn lợi cá nổi nhỏ tập trung với mật độ khá cao ở các khu vực từ cửa Ba Lạt đến phía Bắc đảo Bạch Long Vĩ, từ Nghệ An đến Hà Tĩnh. Trong mùa gió Đông Bắc, các khu vực phân bố tập trung là vùng biển quanh đảo Bạch Long Vĩ, biển Quảng Bình [31, 34].



Hình 1-8. Phân bố các bãi cá (bên trái) và trữ lượng của các ngư trường trọng điểm (bên phải) ở vùng biển vịnh Bắc Bộ [46].

3.1.5. Nghiên cứu về đặc điểm sinh học các loài nổi nhỏ

Đặc điểm sinh học sinh trưởng, sinh sản, dinh dưỡng của các loài cá nổi nhỏ ở Việt Nam được quan tâm nghiên cứu từ những năm 1960. Cho đến nay, nhiều công trình nghiên cứu về sinh học của nhiều loài cá nổi nhỏ đã được công bố.

Nghiên cứu của Nguyễn Phi Đính (1980, 1991) đã đánh giá các đặc điểm sinh học sinh trưởng của cá nục sò *Decapterus maruadsi* ở vùng biển vịnh Bắc Bộ, bao gồm chiều dài trung bình theo nhóm tuổi, tương quan chiều dài – khối lượng, các tham số sinh trưởng ($L_{\infty} = 243 - 286\text{mm}$; $k = 0,22 - 0,32$) [10]. Hệ số chết tự nhiên và chết do khai thác của cá nục sò tương ứng là 0,87 và 0,89 (năm 1961) – 1,19 (năm 1974); tuổi đánh bắt thích hợp ở vịnh Bắc Bộ là 2,2 – 2,6 năm

tuổi, tương ứng với chiều dài là 154 – 157 mm [11]. Kết quả nghiên cứu sinh trưởng của cá nục thuôn *Decapterus lajang* đã đánh giá tương quan chiều dài khối lượng ($a = 3,103$; $b = 2,356$); tham số sinh trưởng ($L_{\infty} = 362\text{mm}$; $k = 0,128$; $t_0 = -1,96$) [12].

Nghiên cứu đánh giá các tham số sinh trưởng và mức tử vong tự nhiên của 25 loài cá kinh tế, trong đó các thông số chủng quần này của loài cá khế *Caranx malabaricus* ở vùng biển vịnh Bắc Bộ ($L_{\infty} = 290 - 295\text{ mm}$; $k = 0,842$; $t_0 = -0,189$; $M = 0,83$) [29]. Đặc điểm sinh học (tuổi, sinh trưởng, sinh sản, thức ăn, phân bố,...) của một số loài thuộc giống cá cơm ở vùng biển ven bờ Việt Nam, gồm: *Stolephorus indicus*, *S. commersonii*, *S. zollingeri* và *S. heterolobus* đã được thực hiện. Kết quả nghiên cứu đã xác định cá cơm có tuổi thọ tối đa là 3 năm tuổi; cá cơm đẻ nhiều đợt quanh năm, trong đó tập trung ở 2 mùa (tháng 3 – 5 và 9 – 11); sức sinh sản tuyệt đối khoảng 5.000 – 12.000 trứng; thành phần thức ăn chủ yếu là thực vật nổi [38].

Chu Tiên Vĩnh và các cộng sự (1998) đã nghiên cứu một số đặc điểm sinh trưởng của một số loài thuộc giống cá nục (*Decapterus maruadsi*, *D. lajang*, *D. kuroides*, *D. russelli*) ở biển Việt Nam. Kết quả nghiên cứu các tham số sinh trưởng của cá nục sò ở vịnh Bắc Bộ có sự khác biệt giữa khu vực Giữa vịnh Bắc Bộ ($L_{\infty} = 243\text{ mm}$; $k = 0,32$; $t_0 = -0,89$) và phía Nam vịnh Bắc Bộ ($L_{\infty} = 286\text{ mm}$; $k = 0,21$; $t_0 = -1,17$) [57].

Các nghiên cứu về đặc điểm sinh học của cá sòng Nhật *Trachurus japonicus* ở vùng biển vịnh Bắc Bộ đã xác định được mùa vụ sinh sản, tương quan chiều dài – khối lượng, chiều dài thành thục và độ chín muối tuyến sinh dục. Vào mùa gió Đông Bắc tỷ lệ cá thành thục (chiều dài lớn hơn L_{m50}) chiếm 65,1%, trong khi đó mùa gió Tây Nam, tỷ lệ này chỉ khoảng 8,3% [18]. Tuổi và sinh trưởng của cá sòng nhật *Trachurus japonicus* Temmink & Schlegel, 1884 ở vịnh Bắc Bộ cũng đã được nghiên cứu [20].

Kết quả nghiên cứu về dinh dưỡng của cá nục sò *Decapterus maruadsi* và cá trích xương *Sardinella jussieu* ở vùng biển ven bờ Tây Nam vịnh Bắc Bộ đã xác

định được thành phần thức ăn của các nhóm kích thước khác nhau. Đây là những loài ăn thực vật phù du, động vật phù du và ấu trùng các loài hải sản [3].

Kết quả nghiên cứu đặc điểm sinh học sinh sản của cá trích xương *Sardinella jussieu* ở vùng ven biển Thanh Hoá – Quảng Bình đã xác định được đặc điểm của các giai đoạn chín muồi tuyển sinh dục; tuổi tham gia sinh sản lần đầu là 1+ tuổi; mùa vụ sinh sản từ cuối tháng 4, đầu tháng 5 cho đến tháng 8; sức sinh sản tuyệt đối khoảng 6.100 – 32.600 trứng [41].

Nguyễn Phi Đỉnh và các cộng sự (1991) đã nghiên cứu một số đặc điểm sinh học sinh sản của cá nục sò *Decapterus maruadsi* ở biển Việt Nam [13]. Kết quả nghiên cứu đã xác định mùa sinh sản của cá nục sò ở vịnh Bắc Bộ từ tháng 1 đến tháng 4; kích thước nhỏ nhất tham gia quần đàn sinh sản là 145 mm; sức sinh sản tuyệt đối khoảng 36.700 - 139.000 trứng. Nghiên cứu gần đây về đặc điểm sinh học sinh sản cá nục sò *Decapterus maruadsi* ở vùng biển Thanh Hoá cho thấy chiều dài sinh sản lần đầu là 15,7 cm; tỷ lệ đực/cái là 1,16/1; mùa sinh sản vào tháng 3 đến tháng 5 (đẻ rộ vào tháng 3) [9]. Nghiên cứu của Hoàng Ngọc Sơn & Vũ Việt Hà (2016) ở vùng biển vịnh Bắc Bộ cho thấy mùa vụ sinh sản của cá nục sò từ tháng 1 đến tháng 4 (đỉnh sinh sản vào tháng 3), chiều dài sinh sản lần đầu của cá cái là 161 mm; các tham số sinh trưởng của cá cái là L_{∞} = 251 mm; k = 0,85 và cá đực là L_{∞} = 283 mm; k = 0,7. [40]

Nghiên cứu đánh giá nguồn lợi cá bạc má *Rastrelliger kanagurta* khai thác bằng nghề lưới vây ở vùng biển ven bờ từ Nghệ An đến Bến Tre đã xác định các đặc điểm sinh học sinh trưởng (tương quan chiều dài, khối lượng, tham số sinh trưởng k , L_{∞} , t_0), hệ số chết (F , M , Z), đặc điểm sinh học sinh sản của cá bạc má ở vùng biển vịnh Bắc Bộ [37]. Phạm Quốc Huy và các cộng sự (2013) cũng đã công bố kết quả nghiên cứu một số đặc điểm sinh học của cá bạc má ở vùng biển vịnh Bắc Bộ [27].

Như vậy, các nghiên cứu về sinh học một số loài cá nổi nhỏ, gồm: cá nục sò, cá trích xương, cá bạc má, cá ngân, cá sòng Nhật,... ở vịnh Bắc Bộ được cập nhật khá thường xuyên. Các kết quả nghiên cứu đã cung cấp những cơ sở khoa học

quan trọng cho việc quản lý, khai thác bền vững nguồn lợi cá nổi nhỏ.

3.2. Nghiên cứu sinh thái học các loài cá nổi nhỏ

Các nghiên cứu về sinh thái học các loài cá nổi nhỏ đã được quan tâm nghiên cứu từ những năm 1960. Các nghiên cứu tập trung vào mối quan hệ giữa các yếu tố khí tượng, hải văn, hải dương học và cá nổi nhỏ.

Đào Mạnh Sơn (1991) đã thực hiện nghiên cứu ảnh hưởng của gió mùa, nhiệt độ và lượng mưa tới mùa vụ sinh sản của một số loài cá kinh tế biển Việt Nam. Kết quả nghiên cứu cho thấy nhiệt độ thích hợp cho quá trình đẻ trứng của cá ở vịnh Bắc Bộ từ 19,3 °C đến 28,8 °C và điều kiện cực thuận từ 23,1 °C đến 28,8 °C. Các yếu tố khí tượng (lượng mưa, chế độ gió mùa) cũng có mối liên hệ chặt chẽ đến mùa vụ sinh sản của các loài cá nổi nhỏ (cá trích tròn, trích xương, cá khế, cá nục sò) [39].

Tác giả Lê Đức Tổ đã triển khai đề tài “Luận chứng khoa học cho việc dự báo biến động phân bố và sản lượng nguồn lợi cá” (mã số KT.03.10) với mục tiêu xây dựng cơ sở khoa học cho việc dự báo cá ở vùng biển nước ta. Kết quả nghiên cứu đã chỉ rõ vai trò quan trọng của sự biến động các trường khí tượng, hải dương tới biến động phân bố và sản lượng cá khai thác [47, 48].

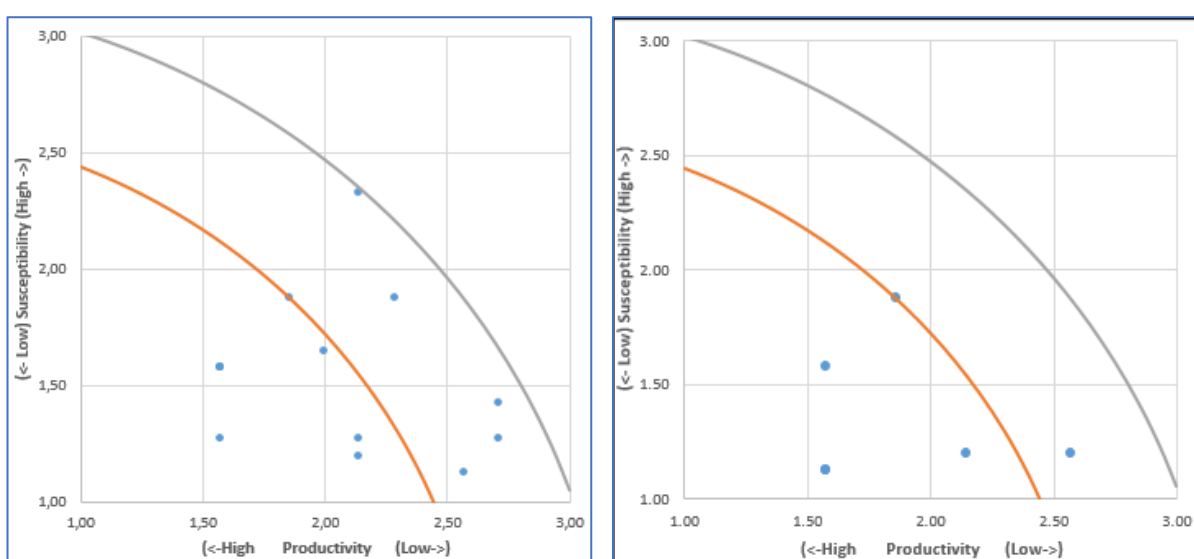
Nghiên cứu về các đặc trưng môi trường trong biến động nguồn lợi hải sản Vùng đánh cá chung vịnh Bắc Bộ đã xác định được mối tương quan của 9 biến số môi trường và năng suất đánh bắt. Kết quả nghiên cứu cũng xác định được 4 nhóm tập hợp loài khác nhau liên quan đến các yếu tố môi trường (nhiệt độ tầng đáy, độ muối tầng đáy và độ sâu) ở Vùng đánh cá chung vịnh Bắc Bộ [30].

Bùi Thanh Hùng & Đoàn Văn Bộ (2017) đã nghiên cứu mối tương quan giữa cá nổi nhỏ và cấu trúc các trường hải dương ở vùng biển phía Tây vịnh Bắc Bộ. Nghiên cứu đã sử dụng 24 biến thông số môi trường và năng suất đánh bắt của cá nổi nhỏ của các chuyến điều tra bằng lưới kéo đáy. Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng có sự tồn tại mối tương quan giữa cá nổi nhỏ với cấu trúc các trường thủy động lực học và môi trường ở vùng biển Vịnh Bắc bộ và sự thay đổi của cấu trúc các trường thủy động lực, môi trường đã ảnh hưởng đến phân bố cá nổi nhỏ trong

vùng biển nghiên cứu [21].

3.3. Nghiên cứu đánh giá rủi ro sinh thái của các nghề khai thác hải sản

Ở Việt Nam, các nghiên cứu đánh giá rủi ro sinh thái của các loại nghề khai thác hải sản mới bắt đầu được thực hiện và còn khá hạn chế. Chủ yếu các nghiên cứu được thực hiện trong khuôn khổ đánh giá sơ bộ và đánh giá cuối cùng theo tiêu chí của Hội đồng Quản lý Biển. Một số nghiên cứu đã được thực hiện đối với nghề khai thác nghêu Bến Tre, nghề khai thác cá ngừ đại dương ở vùng biển xa bờ, nghề khai thác ghẹ xanh ở vùng biển Kiên Giang.



Hình 1-9. Mức độ rủi ro sinh thái của các loài khai thác thứ cấp đối nghề câu cá ngừ đại dương, câu vàng ở bên trái và câu tay ở bên phải [19].

Năm 2016, nghiên cứu đánh giá rủi ro sinh thái của nghề khai thác cá ngừ đại dương ở biển Việt Nam đối với các loài khai thác thứ cấp đã được nhóm tác giả của Viện nghiên cứu Hải sản thực hiện [19]. Nghiên cứu đã tiến hành phân tích PSA đối với các loài thứ cấp của nghề câu cá ngừ đại dương. Kết quả đánh giá cho thấy, đối tượng khai thác thứ cấp của nghề câu cá ngừ đại dương gồm 12 loài là cá thu ngang, cá nục heo, cá thu rắn, cá cò buồm, cá giả thu, cá cò Ấn Độ, cá cò xanh, cá mập đuôi dài, cá mập xanh và cá nhám búa, cá ngừ bò và cá kiếm. Trong số đó, có 6 loài được đánh giá ở mức rủi ro sinh thái trung bình là cá nhám đuôi dài, cá mập xanh, cá nhám búa, cá thu ngang, cá giả thu và cá cò buồm; 6 loài được đánh giá ở mức rủi ro sinh thái thấp là cá ngừ bò, cá kiếm, cá thu rắn,

cá cò Ấn Độ, cá cò xanh và cá nục heo. Cá ngừ mắt to, cá ngừ vây vàng là đối tượng khai thác chính được đánh giá ở mức rủi ro thấp. Nghề câu tay cá ngừ đại dương gây rủi ro sinh thái đối với các đối tượng khai thác thứ cấp thấp hơn so với nghề câu vàng (Hình 1-9) [19].

4. Luận giải định hướng nghiên cứu của luận án

4.1. Về lựa chọn đối tượng, vùng biển nghiên cứu

Vịnh Bắc Bộ là vùng biển có vị trí chiến lược quan trọng của nước ta. Vịnh có hai cửa biển là eo biển Quỳnh Châu và cửa chính của vịnh (từ đảo Cồn Cỏ, Việt Nam đến mũi Oanh Ca, Trung Quốc), tạo nên vùng biển nửa kín có sự tương tác khá lớn với Biển Đông. Vịnh Bắc Bộ nằm trong khu vực khí hậu nhiệt đới gió mùa, với hai mùa rõ rệt (mùa gió Đông Bắc và mùa gió Tây Nam). Với đặc điểm điều kiện tự nhiên khá đặc biệt, vịnh Bắc Bộ là nơi có nguồn tài nguyên sinh vật rất phong phú và đa dạng. Đây cũng là ngư trường trọng điểm, truyền thống của nghề cá nước ta. Cá nổi nhỏ là nhóm nguồn lợi hải sản quan trọng ở vùng biển vịnh Bắc Bộ. Do đó, việc lựa chọn đối tượng cá nổi nhỏ ở vịnh Bắc Bộ của luận án có ý nghĩa khoa học và thực tiễn quan trọng.

4.2. Về đánh giá nguồn lợi cá nổi nhỏ

Các nghiên cứu đã tập trung thu thập và phân tích, đánh giá được thành phần loài, phân bố, trữ lượng cá nổi nhỏ ở vùng biển vịnh Bắc Bộ. Nhiều công trình nghiên cứu về đặc điểm sinh học (sinh trưởng, sinh sản, dinh dưỡng) của một số loài cá nổi nhỏ cũng đã được thực hiện. Tuy nhiên, các nghiên cứu về thành phần loài mới chỉ phản ánh được số lượng loài bắt gặp, tỷ lệ sản lượng trong các mẻ lưới mà chưa đi sâu vào phân tích sự biến động cấu trúc thành phần loài trong quần xã cá nổi nhỏ. Các nghiên cứu đã sử dụng phương pháp thủy âm, phương pháp diện tích để đánh giá trữ lượng nguồn lợi cá nổi nhỏ ở vịnh Bắc Bộ. Hầu hết các kết quả này thường chỉ dừng lại ở việc đánh giá trữ lượng tức thời (standing biomass) mà chưa có sự phân tích, đánh giá biến động trữ lượng và phân bố của cá nổi nhỏ theo chuỗi thời gian.

Do đó, nghiên cứu này tập trung vào việc đánh giá sự thay đổi cấu trúc quần

xã cá nổi nhỏ qua các giai đoạn; sự biến động mật độ, trữ lượng cá nổi nhỏ ở vịnh Bắc Bộ để làm cơ sở cho việc quy hoạch, quản lý nghề cá theo hướng bền vững.

4.3. Về sinh thái học nguồn lợi cá nổi nhỏ

Nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng mối tương quan giữa các yếu tố môi trường, sinh thái và nguồn lợi cá nổi nhỏ ở các vùng biển khá chặt chẽ. Các yếu tố môi trường, hải dương học (nhiệt độ, độ muối, dòng chảy, độ sâu) có sự tác động khá lớn đến sự phân bố của các loài cá nổi nhỏ. Ở vịnh Bắc Bộ, các nghiên cứu cũng chỉ ra rằng các yếu tố sinh thái có tác động đến phân bố một số nhóm nguồn lợi hải sản. Tuy nhiên, các nghiên cứu về ảnh hưởng của các yếu tố môi trường đến sự phân bố của các nhóm loài cá nổi nhỏ còn khá hạn chế. Hầu hết các nhận xét, đánh giá mới chỉ dựa trên những phân tích định tính, chưa được lượng hoá bằng các mô hình toán học.

Nhu cầu thực tiễn nghề cá hiện nay rất cần phát triển các mô hình toán học để xác định mối liên hệ giữa các yếu tố môi trường, hải dương học đối với phân bố của cá nổi nhỏ, để giải quyết bài toán cho dự báo ngư trường khai thác.

4.4. Về tiếp cận sinh thái trong quản lý nghề cá

Thực tiễn nghề cá Việt Nam đang tồn tại những vấn đề bất cập như nhiều quốc gia khác trên thế giới và khu vực. Nghề khai thác hải sản ở Việt Nam đa phần là nghề cá qui mô nhỏ hoạt động chủ yếu ở vùng nước ven bờ. Sự gia tăng áp lực khai thác ở vùng nước ven bờ đã dẫn đến sự giảm sút nghiêm trọng nguồn lợi. Hiện nay, nghề khai thác cá nổi nhỏ ở vịnh Bắc Bộ đang được duy trì với áp lực khá lớn. Cá nổi nhỏ đang chịu sự tác động mạnh mẽ của các hoạt động khai thác của nghề, như: nghề lưới vây, nghề chụp,... Các hoạt động khai thác này đang trực tiếp hoặc gián tiếp tạo ra những rủi ro sinh thái đối với nhóm nguồn lợi cá nổi nhỏ. Tuy nhiên, cho đến nay chưa có nghiên cứu nào đánh giá rủi ro sinh thái của các nghề khai thác cá nổi nhỏ ở vịnh Bắc Bộ.

Mặt khác, phương thức quản lý nghề cá trong khu vực và thế giới đang có sự chuyển biến khá lớn theo hướng tiếp cận sinh thái và được xem như một hướng mới, dần thay thế cho các công cụ quản lý hiện tại trong hệ thống quản lý nghề cá

ở các quốc gia. Các nhà khoa học đã phát triển hệ thống phương pháp luận để phân tích, đánh giá và đề ra giải pháp quản lý phù hợp nhằm giảm thiểu những tác hại xấu đến nguồn lợi, hệ sinh thái do các hoạt động nghề cá. Do đó, việc nghiên cứu, đánh giá rủi ro sinh thái của các loại nghề khai thác là hết sức quan trọng để làm cơ sở cho việc phát triển định hướng quản lý nghề cá theo tiếp cận hệ sinh thái.

CHƯƠNG 2. TÀI LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

1. Tài liệu nghiên cứu

Luận án sử dụng các tài liệu, số liệu của một số đề tài, dự án thực hiện ở vùng biển vịnh Bắc Bộ trong giai đoạn từ năm 1996 đến năm 2017, được trình bày ở Bảng 2-1.

Bảng 2-1. Nguồn tài liệu, số liệu sử dụng trong các nội dung nghiên cứu của luận án

Nội dung nghiên cứu	Nguồn tài liệu, số liệu
1. Nguồn lợi cá nổi nhỏ	
Thành phần loài	15 chuyến điều tra của các đề tài, dự án: ALMRV (7), CNN (2), I-9 (6); Điều tra nghề cá của dự án I-9.
Cấu trúc quần xã	15 chuyến điều tra của các đề tài, dự án: ALMRV (7);
Độ phong phú tương đối	CNN (2); I-9 (6)
Trữ lượng nguồn lợi	5 chuyến điều tra thủy âm của các đề tài, dự án: CNN
Phân bố cá nổi nhỏ	(2); I-9 (3)
2. Sinh thái học	
Tương quan giữa yếu tố môi trường và phân bố cá	3 chuyến điều tra thủy âm kết hợp lưới kéo đáy của dự án I-9; Số liệu viễn thám.
Đa dạng loài của quần xã	15 chuyến điều tra của các đề tài, dự án: ALMRV (7);
Sự tụ hợp các loài trong quần xã cá nổi nhỏ	CNN (2); I-9 (6); Số liệu viễn thám.
3. Rủi ro sinh thái	
Đánh giá rủi ro sinh thái của nghề khai thác cá nổi nhỏ	- Số liệu điều tra nghề cá thương phẩm hàng tháng của dự án I.9 (2014-2017); - Số liệu giám sát khai thác của các dự án: ĐTNT (2013-2017); I.9 (2014-2017);

Các đề tài, dự án gồm: (1) Đề tài “Nghiên cứu trữ lượng và khả năng khai thác nguồn lợi cá nổi nhỏ ở biển Việt Nam” (CNN), thực hiện trong giai đoạn 2003 – 2007. Bao gồm số liệu của các chuyến điều tra bằng thủy âm kết hợp lưới kéo; (2) Dự án “Điều tra tổng thể hiện trạng và biến động nguồn lợi hải sản ở biển Việt Nam” (I-9), thực hiện trong giai đoạn 2011 – 2015 và 2016 – 2020. Bao gồm các số liệu các chuyến điều tra bằng lưới kéo đáy đơn; điều tra bằng thủy âm kết hợp lưới kéo; điều tra nghề cá thương phẩm; điều tra, giám sát khai thác; (3) Dự án “Điều tra thu thập số liệu nghề cá phục vụ dự báo ngư trường khai thác hải sản” (ĐTNT), thực hiện trong giai đoạn 2013 – 2015 và 2016 – 2020. Bao gồm các số liệu các chuyến điều tra, giám sát khai thác; số liệu viễn thám biển; (4) Dự án “Đánh giá nguồn lợi sinh vật biển Việt Nam” (ALMRV) thực hiện trong giai đoạn 1996 – 1999 và 2000 – 2005. Bao gồm số liệu các chuyến điều tra bằng lưới kéo đáy đơn.

Ngoài ra, luận án còn tham khảo các thông tin, dữ liệu thứ cấp, các kết quả nghiên cứu trước đây đã được công bố trên các tạp chí khoa học, cơ sở dữ liệu.

2. Tiếp cận nghiên cứu

Các nội dung nghiên cứu của luận án được thiết kế một cách hệ thống nhằm mục tiêu đánh giá được nguồn lợi, tác động của môi trường sinh thái và nghề cá đối với các loài cá nổi nhỏ ở vịnh Bắc Bộ. Các nội dung nghiên cứu được xem xét một cách tương đối toàn diện trong mối quan hệ “nguồn lợi – môi trường sinh thái – hoạt động nghề cá”, gồm: đặc điểm nguồn lợi cá nổi nhỏ (thành phần loài, cấu trúc quần xã, trữ lượng và phân bố); tương quan giữa nguồn lợi cá nổi nhỏ và các yếu tố môi trường, sinh thái; tác động của các loại nghề khai thác đối với cá nổi nhỏ.

3. Phương pháp nghiên cứu

3.1. Thiết kế nghiên cứu

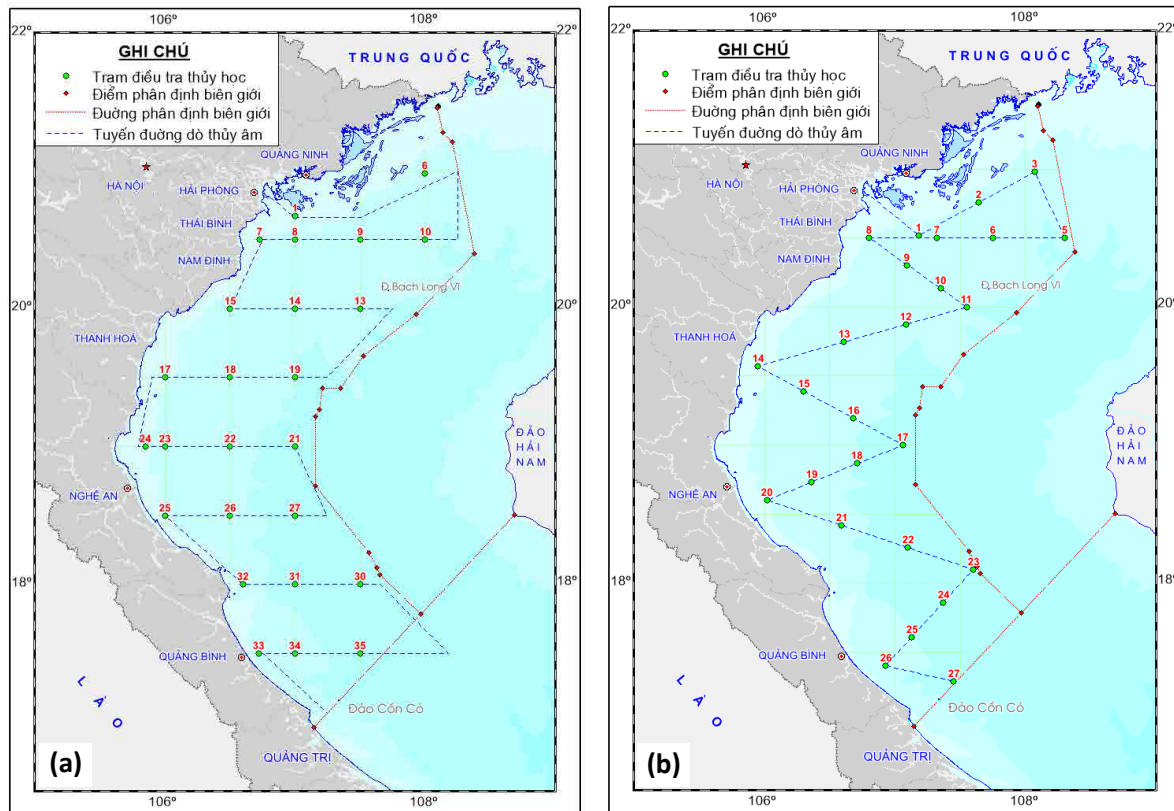
Các chuyến điều tra nguồn lợi cá nổi nhỏ được thực hiện trong giai đoạn từ năm 1996 đến 2017, trong khuôn khổ các đề tài, dự án của Viện nghiên cứu Hải sản (gồm: Dự án ALMRV; Đề tài Cá nổi nhỏ; Dự án I-9).

- Điều tra thủy âm: Tổng số 5 chuyến điều tra thủy âm đã được thực hiện, gồm: 2 chuyến điều tra của đề tài Cá nổi nhỏ (Đông Bắc, 2003; Tây Nam, 2004); 3 chuyến điều tra của dự án I-9 (Tây Nam và Đông Bắc, 2012; Tây Nam, 2017).

- Điều tra bằng lưới kéo đáy: Tổng số 12 chuyến điều tra bằng lưới kéo đáy đã được thực hiện của dự án ALMRV, đề tài Cá nổi nhỏ và dự án I-9.

3.1.1. Thiết kế điều tra thủy âm kết hợp đánh lưới kiểm tra tin hiệu

Tuyến đường dò thủy âm của đề tài Cá nổi nhỏ được thiết kế theo kiểu song song với đường vĩ tuyến và vuông góc với các ‘gradient’ [98, 148, 147]. Khoảng cách giữa các đường dò là 30 hải lý. Tổng chiều dài tuyến đường dò là 896 hải lý (Hình 2-1). Tuyến đường dò của dự án I-9 được thiết kế theo kiểu “zig-zag” [98, 148, 147]. Tổng chiều dài tuyến đường dò là 780 hải lý (Hình 2-1). Hệ số độ bao phủ ‘Degree of Coverage’ các tuyến đường dò ở vùng biển nghiên cứu của các chuyến điều tra đảm bảo độ tin cậy của thiết kế điều tra thủy âm (dao động trong khoảng từ 5,5 đến 6,4) [60].



Hình 2-1: Sơ đồ thiết kế điều tra thủy âm ở vịnh Bắc Bộ: (a) Đề tài Cá nổi nhỏ, giai đoạn 2003-2004; (b) Dự án I-9, giai đoạn 2012-2017.

Các trạm điều tra đánh lưới cố định để kiểm tra tín hiệu được thiết kế phân tầng theo độ sâu (0-20 m; 10-30 m; 30-50 m; 50-100 m) dọc theo các tuyến đường dò thủy âm. Ngoài ra, các trạm đánh lưới ngẫu nhiên được thực hiện khi bắt gặp tín hiệu đàn cá trong quá trình điều tra (Hình 2-2).

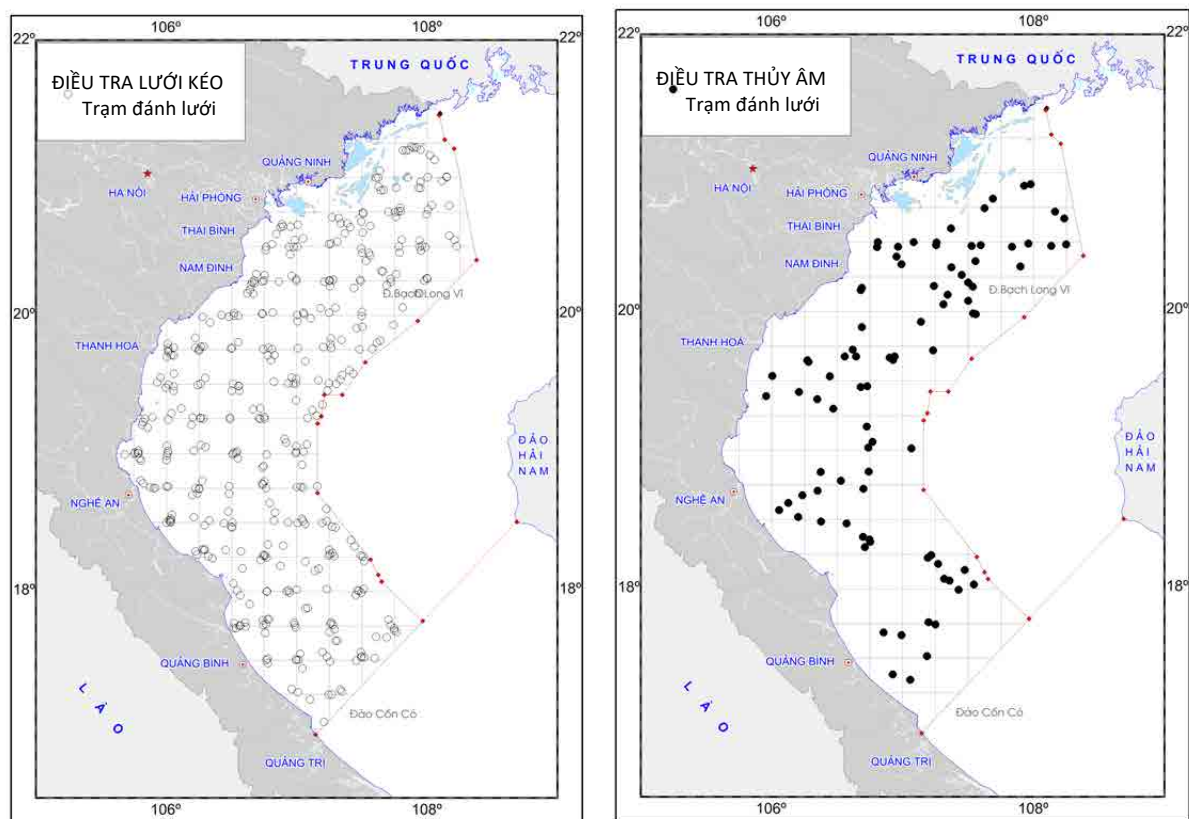
Thiết bị thủy âm sử dụng trong các chuyến điều tra là hệ thống thủy âm SIMRAD EK-60 được lắp đặt trên tàu nghiên cứu chuyên dụng. Đầu dò được lắp đặt ở hộp kỹ thuật dưới đáy tàu và được kết nối với bộ chuyển đổi tín hiệu bằng cáp chuyên dụng. Bộ chuyển đổi tín hiệu được kết nối với hệ thống máy tính chuyên dụng thông qua mạng nội bộ trên tàu. Các chuyến điều tra của đề tài Cá nổi nhỏ sử dụng tàu Biển Đông, với hệ thống thiết bị thủy âm ở tần số 38 kHz. Các chuyến điều tra của dự án I-9 sử dụng tàu M.V.SEADEC2 với hệ thống thiết bị thủy âm đa tần số (38, 120 và 200 kHz).

Để đảm bảo độ chính xác của hệ thống thủy âm, việc hiệu chỉnh thiết bị được tiến hành trước mỗi chuyến điều tra. Việc hiệu chỉnh hệ thống thủy âm đối với tần số 38 kHz được thực hiện bằng quả cầu tiêu chuẩn ‘Standard Copper Sphere’ (đường kính 60 mm; hệ số phản hồi âm ở tần số 38 kHz là -33,6 dB). Với các tần số 120 kHz và 200 kHz, việc hiệu chỉnh được thực hiện bằng quả cầu tiêu chuẩn ‘Tungsten Carbide Sphere’ (đường kính 38,1 mm; hệ số phản hồi âm ở tần số 120 kHz là -39,83 dB và tần số 200 kHz là -39,45 dB). Việc hiệu chỉnh thiết bị được thực hiện theo phương pháp của Hội đồng Quốc tế Thăm dò Đại dương [83].

3.1.2. Thiết kế điều tra bằng lưới kéo đáy

Toàn bộ khu vực điều tra được chia thành các khu ô vuông 30 x 30 hải lý. Các khu ô vuông được mã hoá một cách thống nhất. Các mặt cắt được thiết kế song song với đường vĩ tuyến. Khoảng cách giữa các mặt cắt là 15 hải lý. Trạm điều tra được thiết kế so le nhau, dọc theo các mặt cắt. Khoảng cách giữa các trạm trên một mặt cắt là 30 hải lý (Hình 2-2).

Tàu nghiên cứu sử dụng trong các chuyến điều tra lưới kéo đáy, gồm: tàu Hạ Long 408B, Đông Nam 05 (Dự án ALMRV); tàu BV-9262-TS (Dự án I-9). Ngư cụ sử dụng là lưới kéo đáy cá với kích thước mắt lưới ở đụt $2a = 22$ mm.



Hình 2-2: Sơ đồ thiết kế trạm đánh lưới kéo đáy ở vịnh Bắc Bộ: (a) Các chuyến điều tra bằng lưới kéo đáy; (b) Các chuyến điều tra bằng thủy âm kết hợp lưới kéo.

3.1.3. Thiết kế điều tra các yếu tố môi trường, hải dương học

Các trạm điều tra các yếu tố môi trường, hải dương được thiết kế đồng nhất với các trạm đánh lưới kéo đáy trong các chuyến điều tra nguồn lợi bằng lưới kéo đáy và dọc theo các tuyến đường dò trong các chuyến điều tra nguồn lợi bằng phương pháp thủy âm. Sơ đồ thiết kế trạm điều tra các yếu tố môi trường, hải dương học được trình bày ở Hình 2-1.

Các yếu tố hải dương học được thu thập tại mỗi trạm điều tra, bao gồm: nhiệt độ, độ muối nước biển, hàm lượng Chlorophyll a, dòng chảy. Nhiệt độ, độ muối nước biển, hàm lượng Chlorophyll a được thu bằng máy tự ghi Compact-CTD/TDR, theo độ sâu với bước ghi một số liệu/1m. Dòng chảy được thu bằng máy Compact-EM tự ghi các giá trị hướng và tốc độ dòng chảy tại các giá trị độ sâu với bước đo một số liệu/1 giây. Toàn bộ các số liệu hải dương sau khi quan trắc được đồng bộ hoá, chỉnh lý và cập nhật vào Cơ sở Dữ liệu Hải dương học của Viện nghiên cứu Hải sản.

3.2. Nghiên cứu đánh giá nguồn lợi cá nổi nhỏ

3.2.1. Thực hiện điều tra

- *Điều tra thủy âm*: Toàn bộ các bản ghi tích phân âm được thu thập liên tục trong suốt quá trình điều tra. Tốc độ hành hải của tàu khi thực hiện điều tra thủy âm dao động trong khoảng 8-12 hải lý/giờ, tùy thuộc vào điều kiện thời tiết. Các tín hiệu thủy âm được lưu trữ vào máy tính dưới dạng các bản ghi tích phân âm với các thông tin thu thập được trên đường dò (vị trí, độ sâu, thời gian, tín hiệu, tốc độ hành hải,...).

- *Đánh lưới*: Tại mỗi trạm điều tra, tiến hành đánh một mẻ lưới kéo đáy. Thời gian kéo lưới trung bình là 1 giờ (tối thiểu là 45 phút). Tốc độ kéo lưới trung bình được duy trì trong khoảng 3 – 4 hải lý/giờ.

- *Phân tích mẫu*: Toàn bộ sản lượng của mỗi mẻ lưới được định loại đến loài, cân khối lượng và đếm số con. Trong trường hợp mẻ lưới có sản lượng lớn, việc lấy mẫu phụ phân tích thành phần loài được tiến hành. Mẫu của các loài cá nổi nhỏ được thu thập để tiến hành phân tích sinh học, gồm: đo chiều dài (toàn thân, đơn vị là cm); cân khối lượng có nội quan và không có nội quan (gam); xác định độ chín muồi tuyến sinh dục, độ no dạ dày.

3.2.2. Phân tích và xử lý số liệu

*** Phân tích số liệu điều tra bằng lưới kéo đáy:**

- Thành phần loài: Số lượng họ, giống, loài cá nổi nhỏ được hiệu đính, thống kê từ bảng phân tích kết quả mẻ lưới của các chuyến điều tra ở vịnh Bắc Bộ.

- Thành phần sản lượng: Thành phần sản lượng của các loài cá nổi nhỏ bắt gặp trong các chuyến điều tra được phân tích bằng phương pháp thống kê mô tả.

$$P_i (\%) = \frac{C_i}{C} * 100$$

trong đó, P_i là tỷ lệ sản lượng của loài cá nổi nhỏ thứ i ; C_i là sản lượng của loài cá nổi nhỏ thứ i của mẻ lưới; C là tổng sản lượng cá nổi nhỏ của mẻ lưới.

- Độ phong phú tương đối: Độ phong phú tương đối của cá nổi nhỏ được

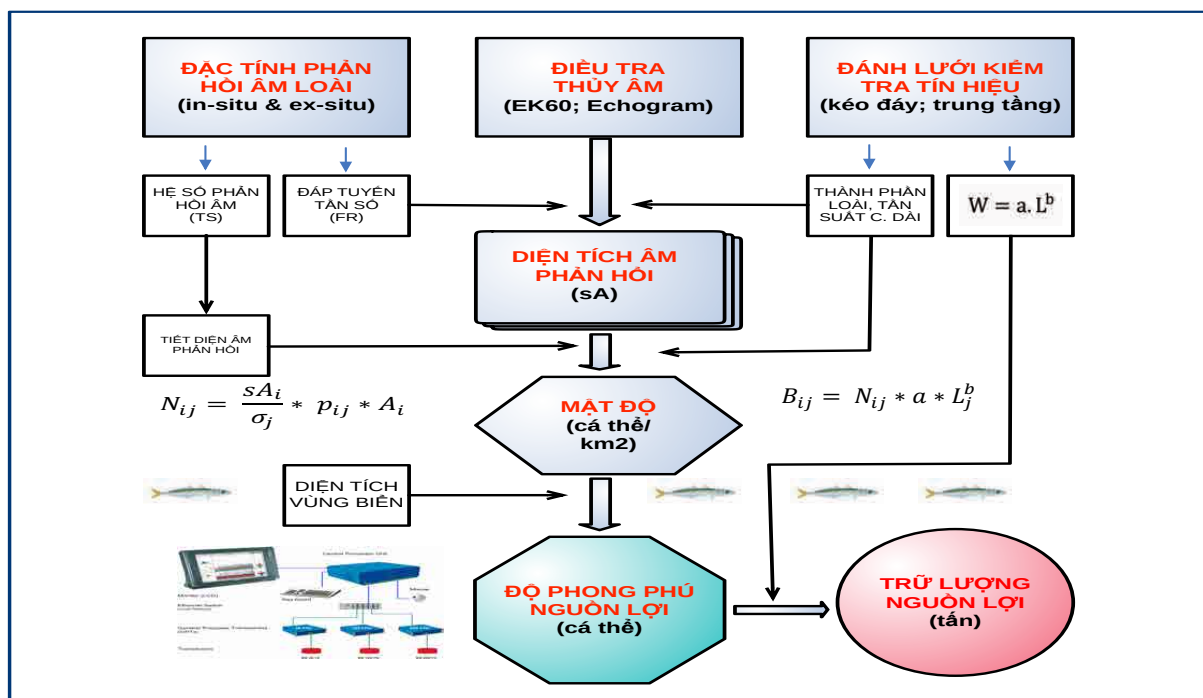
biểu diễn bằng sản lượng đánh bắt trên đơn vị diện tích (CPUA – kg/km²). CPAU tại mỗi trạm điều tra được tính theo công thức [105]:

$$CPUA_i = \frac{C_i}{t_i * V_i * D}$$

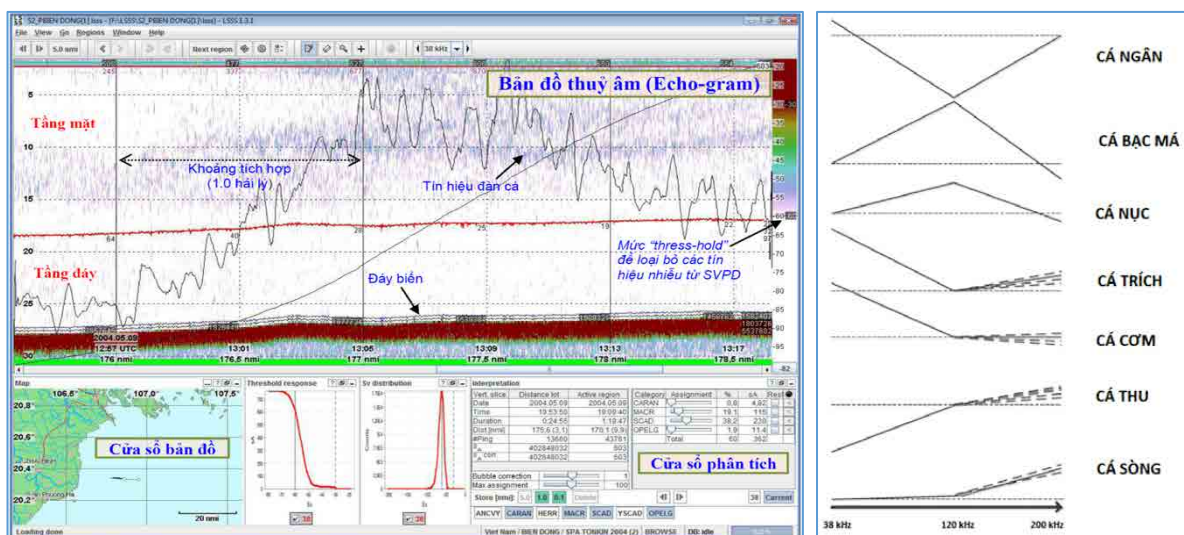
trong đó, CPAU_i là độ phong phú tương đối (kg/km²) của cá nổi nhỏ ở trạm thứ i; C_i, t_i, V_i là sản lượng, thời gian và tốc độ kéo lưới của mẻ lưới ở trạm thứ i; D là độ mở ngang của miệng lưới kéo.

* Phân tích số liệu điều tra thủy âm:

Các số liệu thủy âm được phân tích bằng phần mềm chuyên dụng Large Scale Survey System. Tín hiệu thủy âm được phân tích dựa vào: (1) thành phần sản lượng của các loài trong các mẻ lưới kiểm tra tín hiệu; (2) đặc tính âm phản hồi của các loài. Thành phần sản lượng của các loài cá nổi nhỏ trong các mẻ lưới kiểm tra tín hiệu được phân tích theo các nhóm loài dựa trên sự tương đồng về đặc điểm hình thái, tập tính, gồm các nhóm: cá cơm, cá khế, cá trích, cá bạc má – cá thu, cá nục, cá ngân – cá tráo và nhóm cá nổi nhỏ khác.



Hình 2-3: Sơ đồ phương pháp tiếp cận đánh giá trữ lượng nguồn lợi cá nổi nhỏ ở vịnh Bắc Bộ (vẽ lại từ Nguyễn Viết Nghĩa và Vũ Việt Hà, 2016) [35].



Hình 2-4: Phân tích tín hiệu thủy âm: (a) Phần mềm Large Scale Survey System [106]; (b) Đáp tuyến tần số của một số loài cá nổi nhỏ [35].

Bảng 2-2: Hệ số phản hồi âm của các loài đại diện cho các nhóm loài sử dụng trong đánh giá trữ lượng nguồn lợi cá nổi nhỏ ở vùng biển vịnh Bắc Bộ.

Nhóm loài	Hệ số phản hồi âm	Loài đại diện
Cá cơm (ANCVY)	$TS = 20\log L - 70,45$ [17]	<i>Encrasichonila heteroloba</i>
Cá khế (CARAN)	$TS = 20\log L - 68,0$ [82]	<i>Parastromateus niger</i>
Cá trích (HERR)	$TS = 20\log L - 71,2$ [112, 113]	<i>Sardinella gibbosa</i>
Cá bạc má, cá thu (MACKR)	$TS = 20\log L - 67,5$ [15]	<i>Rastrelliger kanagurta</i>
Cá nục (SCAD)	$TS = 20\log L - 67,1$ [15]	<i>Decapterus maruadsi</i>
Cá ngán, cá tráo (YSCAD)	$TS = 20\log L - 71,4$ [15]	<i>Atule mate</i>
Nhóm cá nổi nhỏ khác (OPEL)	$TS = 20\log L - 68,0$ [82]	<i>Sphyraena obtusata</i>

Các tín hiệu thủy âm được phân tích riêng rẽ cho từng tầng nước, bao gồm tầng mặt (0-5m tính từ mặt nước), tầng đáy (0-5m tính từ đáy biển) và tầng giữa (phần còn lại giữa tầng mặt và tầng đáy). Các bản ghi tích phân âm được loại nhiễu tín hiệu từ sinh vật phù du bằng ngưỡng giới hạn (Sv-threshold), với ngưỡng

là -60dB. Việc phân tích tín hiệu được thực hiện với các tầng nước như sau [34]:

(i) Tầng mặt: Các tín hiệu ở tầng mặt được phân tích dựa vào đặc tính âm phản hồi của các loài đại diện. Các tín hiệu đàn cá được cô lập và sử dụng đáp tuyến tần số chuẩn để xác định.

(ii) Tầng đáy: Các tín hiệu ở tầng đáy được phân tích dựa vào thành phần sản lượng của các loài của các mẻ lưới kiểm tra tín hiệu.

(iii) Tầng giữa: Việc phân tích các tín hiệu ở tầng giữa được tiến hành dựa vào đặc tính âm phản hồi kết hợp với thông tin mẻ lưới kiểm tra tín hiệu.

Hệ số diện tích âm phản hồi (Nautical Area Scattering Coefficient - NASC) hay còn gọi là sA (m^2/nmi^2) của các loài cá nục và cá bạc má được tiến hành phân tích và kết xuất trên toàn bộ các tuyến đường dò thủy âm, với khoảng tích hợp (Elementary Sampling Distance Units – ESDU) là 1 hải lý.

Trữ lượng nguồn lợi cá nổi nhỏ được tính cho từng loài và từng ô biển riêng rẽ, với kích thước ô lưới là $0,5^\circ$ kinh tuyến x $0,5^\circ$ vĩ tuyến [162]. Trữ lượng cá nổi nhỏ của vùng biển nghiên cứu bằng tổng trữ lượng của các loài ở các ô biển. Độ phong phú (số lượng cá thể) từng nhóm chiều dài của loài được tính theo công thức:

$$N_{ij} = \frac{sA_i}{\sigma_j} * p_{ij} * A_i$$

trong đó: N_{ij} là số lượng cá thể thuộc nhóm chiều dài j ở ô biển thứ i ; sA_i là hệ số diện tích âm phản hồi của loài ở ô biển i (m^2/nmi^2), A_i là diện tích ô biển (nmi^2), σ_j là tiết diện âm phản hồi của loài ở nhóm chiều dài j (cm^2) và p_{ij} là tỉ lệ phần trăm của nhóm chiều dài thứ j trong quần thể ở ô biển thứ i .

Tiết diện âm phản hồi (σ) của loài ở từng nhóm chiều dài; TS là hệ số phản hồi âm đặc trưng của loài được tính bằng công thức:

$$\sigma_j = 4\pi 10^{(TS/10)}$$

$$TS = 20 \cdot \log L - \beta.$$

Trữ lượng được ước tính cho từng nhóm chiều dài ở từng ô biển dựa trên phương trình tương quan chiều dài – khối lượng ($W = a \cdot L^b$) của loài ở vùng biển nghiên cứu.

$$B = \sum(N_{ij} * a * L_j^b)$$

Phân bố: Phân bố của cá nổi nhỏ được biểu diễn bằng độ phong phú tương đối (sA) của các chuyến điều tra thủy âm. Trong đó, các giá trị sA được đồng bộ hoá cho từ ô lưới với độ phân giải 0,1 độ bằng phép nội suy (theo mô hình ‘Natural Neighbour’) trên phần mềm MapInfo và Vertical Mapper [122, 136].

3.3. Nghiên cứu tương quan giữa các yếu tố môi trường và cá nổi nhỏ

Số liệu sử dụng trong nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng các yếu tố hải dương học đến phân bố của cá nổi nhỏ ở vịnh Bắc Bộ bao gồm: độ phong phú tương đối của cá nổi nhỏ, các yếu tố hải dương học thu thập được từ 03 chuyến điều tra thủy âm của Dự án I-9 (tháng 5/2012; tháng 10/2012 và tháng 6/2017).

- *Số liệu điều tra thủy âm*: Độ phong phú tương đối của cá nổi nhỏ được biểu diễn bằng hệ số diện tích âm phản hồi sA (m^2/nmi^2). Giá trị sA của các loài cá nổi nhỏ (gồm: cá nục, cá trích, cá khế, cá cơm, cá bạc má, cá ngán) được tiến hành phân tích và kết xuất trên toàn bộ các tuyến đường dò thủy âm, với khoảng tích hợp là 1 hải lý. Các dữ liệu này được tính trung bình và đồng bộ hoá theo các ô lưới kích thước 0,1 độ.

- *Các số liệu viễn thám các trường hải dương*: Số liệu các yếu tố hải dương sử dụng trong mô hình bao gồm các dữ liệu điều tra thực địa viễn thám biển. Các số liệu viễn thám sử dụng trong nghiên cứu do Collecte Localisation Satellites (CLS) cung cấp thông qua dự án “Chương trình giám sát hoạt động nghề cá tại Việt Nam - Movimar”, bao gồm các dữ liệu nhiệt độ nước tầng mặt (SST), độ cao dị thường mực biển (SSH), Chlorophyll a (CHR), dòng chảy địa chuyển (VEL). Số liệu các trường hải dương học được thu thập hàng ngày bằng hệ thống “Themis Viewer”, tại Trung tâm Dự báo ngư trường khai thác Hải sản, Viện nghiên cứu Hải sản. Toàn bộ dữ liệu SST, SSH, CHR và VEL được xử lý cho từng ngày trong

thời gian thực hiện các chuyến điều tra, với độ phân giải dữ liệu là 0,1 độ.

Bảng 2-3: Các yếu tố hải dương học sử dụng trong mô hình GAM's.

Các yếu tố hải dương	Biến	Đơn vị	Mô tả
Nhiệt độ nước biển tầng mặt	SST	°C	Hàng ngày; độ phân giải 0,1°
Chlorophyll <i>a</i>	CHR	mg/m ³	Hàng ngày; độ phân giải 0,1°
Độ cao dị thường mực biển	SSHa	cm	Hàng ngày; độ phân giải 0,1°
Dòng chảy địa chuyển	VEL	m/s	Hàng ngày; độ phân giải 0,1°
Độ sâu	DEP	m	Đường dò thủy âm

- *Các tham số sử dụng trong mô hình:* Các biến thông số hải dương học, thủy sinh vật được sử dụng trong mô hình phân tích tương quan phân bố của cá nục và cá bạc má bao gồm: nhiệt độ nước tầng mặt, hàm lượng chlorophyll *a*, độ cao dị thường mực biển, dòng chảy địa chuyển, độ sâu (Bảng 2-3). Các dữ liệu này được phân tích, loại nhiễu và đồng bộ với dữ liệu sA của cá nỏ nhỏ thu thập được từ các chuyến điều tra.

- Mô hình Hồi quy tổng quát bổ sung (Generalized Additive Model): Việc đánh giá mối liên quan giữa phân bố của cá nỏ nhỏ với các yếu tố hải dương, thủy sinh vật tiến hành áp dụng mô hình phân tích hồi quy tổng quát bổ sung [92, 170]. Giá trị sA của cá nỏ nhỏ không tuân theo hàm phân bố chuẩn, thường lệch về bên phải “right-skewed”. Do vậy, hàm phân bố sử dụng trong mô hình này là hàm phân bố Tweedie (với $1 < p < 2$) hay còn gọi là hàm phân bố “Poisson-Gamma” [166]. Việc phân tích mô hình hồi quy tổng quát bổ sung được thực hiện bằng thư viện “mgcv” trên phần mềm Rstudio [137].

$$\rho = \beta_0 + s(\text{SST}) + s(\text{SSHa}) + s(\text{CHR}) + s(\text{VEL}) + s(\text{DEP})$$

Các mô hình GAM được hình thành trên cơ sở tổ hợp các biến thông số hải dương học và thủy sinh vật. Việc lựa chọn ra mô hình tốt nhất trong số các mô hình GAM được thực hiện dựa vào giá trị p-value, chỉ số AIC (Akaike Information Criterion) và chỉ số DE (Deviance Explained). Sau khi lựa chọn được mô hình

phù hợp nhất, phân tích “smooth” các mô hình được tiến hành bằng việc sử dụng các hàm trơn (smooth function). Việc phân tích các mô hình GAMs được thực hiện riêng rẽ cho từng đối tượng cá nổi nhỏ, cho từng chuyến điều tra.

3.4. Đa dạng loài của quần xã cá nổi nhỏ

Đặc điểm đa dạng sinh học của quần xã cá nổi nhỏ ở vịnh Bắc Bộ được xác định thông qua một số chỉ số, gồm: chỉ số đa dạng sinh học loài H' (Shannon-Weiner), chỉ số mức độ chiếm ưu thế D (Gini – Simpson), chỉ số cân bằng (Eveness).

- Chỉ số đa dạng loài Shannon-Weiner (H') được xác định như sau [146]:

$$H' = - \sum_{i=1}^S \left(\frac{N_i}{N} \right) \cdot \ln \left(\frac{N_i}{N} \right)$$

trong đó: H' là chỉ số đa dạng sinh học loài hay chỉ số Shannon- Wiener; N_i là số lượng cá thể có trong mỗi loài; N là tổng số lượng cá thể.

- Chỉ số ưu thế D (Gini – Simpson index) được tính theo công thức [99, 149]:

$$D = 1 - \sum_{i=1}^n \left(\frac{N_i}{N} \right)^2$$

trong đó: D là chỉ số đa dạng Simpson (hay còn gọi là chỉ số Gini – Simpson); N_i là số lượng cá thể có trong mỗi loài; N là tổng số lượng cá thể.

- Chỉ số cân bằng E (Eveness index): H' là chỉ số Shannon và S là số loài, khi đó E được tính bằng công thức sau [134]:

$$E_H = \frac{H'}{\ln(S)}$$

3.5. Nghiên cứu sự quần tụ đàn của quần xã các loài cá nổi nhỏ

Số liệu thu thập được của các chuyến điều tra được hiệu chỉnh và đồng bộ hoá theo từng trạm điều tra để tiến hành phân tích. Các số liệu bao gồm: độ phong phú tương đối của cá nổi nhỏ (NPUA) và 9 yếu tố môi trường (Bảng 2-4).

Độ phong phú tương đối của cá nổi nhỏ được biểu diễn bằng số lượng cá thể đánh bắt được trong một đơn vị diện tích (NPUA - cá thể/km²). NPUA được ước tính cho từng loài ở từng trạm điều tra. Các loài cá nổi nhỏ lựa chọn để phân tích

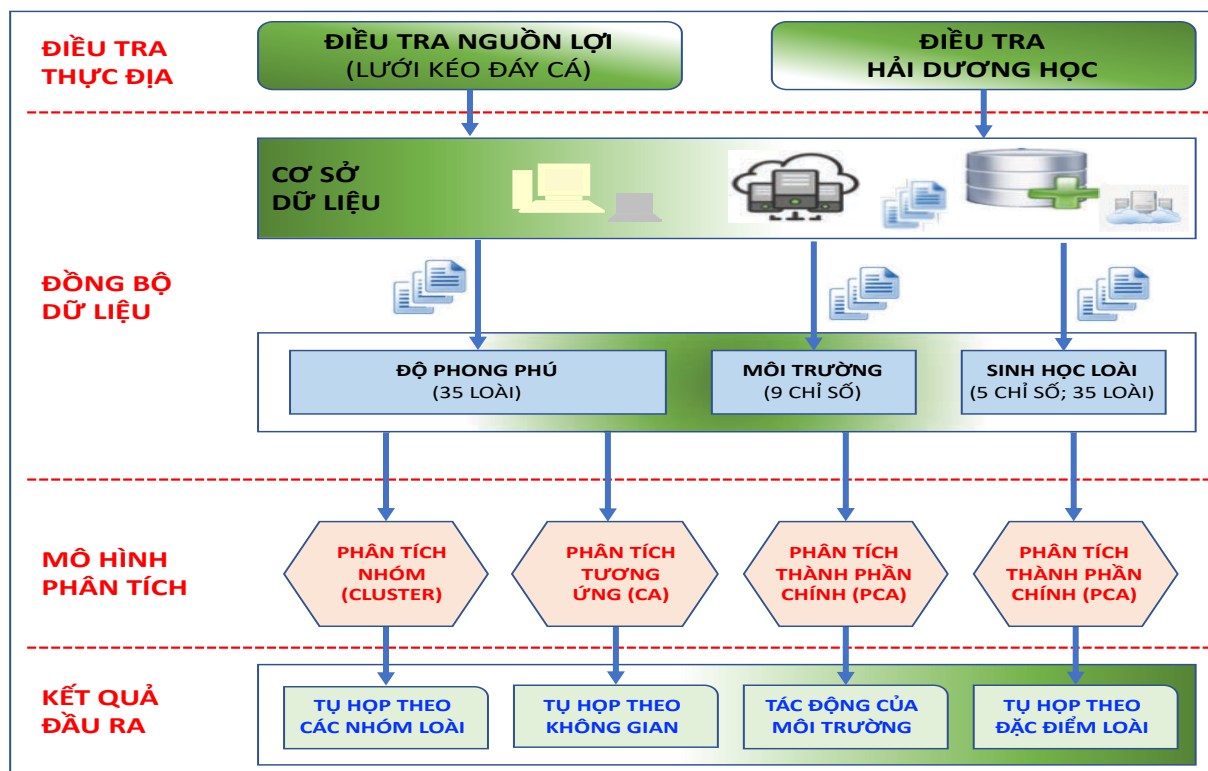
là những loài chiếm ưu thế (tỉ lệ trong sản lượng của mẻ lưới >1,0%).

$$NPUA_i = \frac{C_i}{t_i \cdot V_i \cdot D}$$

trong đó: $NPUA_i$ là độ phong phú tương đối (kg/km^2) của các loài cá nổi nhỏ ở trạm thứ i . C_i , t_i , V_i là sản lượng, thời gian và tốc độ kéo lưới của mẻ lưới ở trạm thứ i , D là độ mở ngang của miệng lưới trung bình tính theo lý thuyết thiết kế lưới kéo.

Dữ liệu về độ phong phú tương đối của cá nổi nhỏ được phân tích bằng phương pháp phân tích tương ứng “Correspondence Analysis - CA”. Phương pháp này cho phép xác định các đặc điểm khác biệt thành phần loài giữa các trạm điều tra. Số liệu $NPUA$ được biến đổi bằng hàm “ $\log[x+1]$ ” để giảm thiểu sai số của các giá trị $NPUA$ của các loài chiếm ưu thế lớn.

Phương pháp phân tích thành phần chính “Principal Component Analysis – PCA” được áp dụng để phân tích, đánh giá các yếu tố môi trường tương ứng với độ phong phú tương đối của cá nổi nhỏ trong phân tích yếu tố tương ứng [96].



Hình 2-5: Sơ đồ phương pháp phân tích sự tụ hợp loài trong quần xã cá nổi nhỏ ở vịnh Bắc Bộ (vẽ lại từ Frelat *et al.*, 2018) [85].

Bảng 2-4: Các biến sử dụng trong nghiên cứu về tập tính tụ hợp các loài trong quần xã cá nổi nhỏ ở vịnh Bắc Bộ

Các biến thông số	Tên biến	Đơn vị	Ghi chú
Số liệu hải dương học			
Nhiệt độ nước biển tầng mặt	Tem_s	°C	Số liệu thực đo
Nhiệt độ nước biển tầng đáy	Tem_b	°C	Số liệu thực đo
Chlorophyll <i>a</i> tầng mặt	Chl_s	mg/m ³	Số liệu thực đo
Chlorophyll <i>a</i> tầng đáy	Chl_b	mg/m ³	Số liệu thực đo
Độ muối tầng mặt	Sal_s	ppt	Số liệu thực đo
Độ muối tầng đáy	Sal_b	ppt	Số liệu thực đo
Tốc độ dòng chảy tầng mặt	Vel_s	cm/s	Số liệu thực đo
Tốc độ dòng chảy tầng đáy	Vel_b	cm/s	Số liệu thực đo
Độ sâu	Depth	m	Số liệu thực đo
Số liệu cá nổi nhỏ (36 loài)			
Độ phong phú tương đối (NPUA)	Abu	cá thể/km ²	Số liệu thực đo
Chiều dài lớn nhất	Lmax	cm	Fishbase [86]
Bậc dinh dưỡng	TL		Fishbase [86]
Sức sinh sản tuyệt đối	Fecundity	trứng	Fishbase [86]
Kiểu hình thái đuôi cá	Cauda		Fishbase [86]
Kiểu hình thái thân cá	Body		Fishbase [86]

3.6. Đánh giá hiện trạng và biến động nghề khai thác cá nổi nhỏ

* Điều tra, thu thập số liệu:

Nghiên cứu này sử dụng các số liệu điều tra nghề cá thương phẩm và giám sát khai thác của nghề lưới vây và nghề chụp, được thu thập ở các tỉnh ven biển vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 2014-2016.

- *Điều tra nghề cá thương phẩm*: Số liệu sổ nhật ký khai thác của nghề lưới vây và nghề chụp được thu thập hàng tháng theo phương pháp điều tra mẫu của Tổ chức Nông lương Liên hợp quốc (FAO) ở các tỉnh ven biển vịnh Bắc Bộ [151, 152]. Các tàu thuyền của nghề lưới vây và nghề chụp được chia thành các đội tàu theo nhóm công suất, bao gồm: <50 CV; 50-90 CV; 90-150 CV; 150-250 CV; 250-400 CV; và >400 CV [54, 55]. Mỗi đội tàu ở mỗi tỉnh, hàng tháng tiến hành điều tra ngẫu nhiên với số mẫu tối thiểu là 32 tàu, với các thông tin về tàu thuyền, ngư lưới cụ, số ngày hoạt động, số mẻ lưới, ngư trường khai thác, sản lượng chuyển biến, các nhóm thương phẩm.

- *Điều tra giám sát khai thác*: Các chuyến giám sát khai thác trực tiếp trên tàu lưới vây và nghề chụp được thực hiện hàng quý. Các thông tin của từng mẻ lưới được thu thập, phân tích. Mẫu sản lượng của mỗi mẻ lưới được phân tích, định loại đến loài/nhóm loài và tiến hành cân khối lượng và đếm số con.

*** Phân tích và xử lý số liệu:**

Trước khi tiến hành phân tích, tính toán các chỉ số, số liệu được loại nhiễu bằng phương pháp thống kê. Những giá trị bất thường so với giá trị trung bình của loại nghề sẽ được loại bỏ bằng phương pháp “bootstrap” [84].

- *Thành phần loài*: Các số liệu thành phần loài của các chuyến giám sát khai thác được phân tích theo phương pháp thống kê mô tả thông thường.

- *Năng suất khai thác*: Năng suất khai thác trung bình (kg/ngày) của mỗi đội tàu được tính theo công thức [151]:

$$\overline{\text{CPUE}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{C_i}{D_i} \right) \quad [\text{PT.13}]$$

với $\overline{\text{CPUE}}$ là năng suất khai thác trung bình (kg/ngày/tàu); C_i là sản lượng (kg) và D_i là số ngày hoạt động thực tế trong chuyến khai thác thứ i ; với n là số chuyến khai thác của đội tàu trong tháng.

- *Sản lượng khai thác*: Sản lượng khai thác được tính từ sản lượng khai thác của từng đội tàu theo hướng dẫn của FAO. Sản lượng khai thác ở vùng biển vịnh Bắc Bộ là tổng sản lượng khai thác hàng tháng của các đội tàu của các tỉnh. Sản

lượng khai thác hàng tháng của đội tàu (Y_i) được tính theo công thức sau [152]:

$$Y_i = \overline{CPUE}_i \times BAC_i \times F_i \times A_i \quad [PT.14]$$

với $\overline{CPUE}_i$ là năng suất khai thác trung bình (kg/ngày/tàu); BAC_i là hệ số hoạt động; F_i là tổng số tàu; A là số ngày tiềm năng trong tháng của đội tàu thứ i .

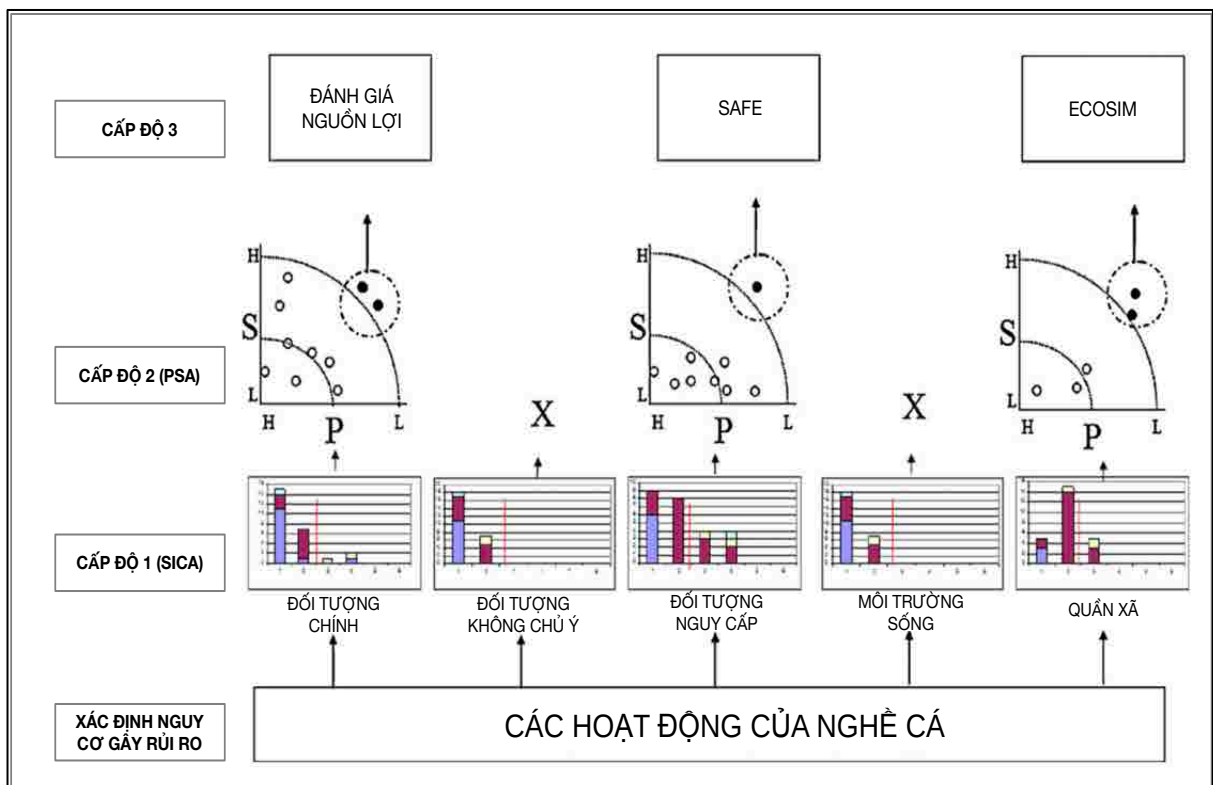
- Hệ số hoạt động của đội tàu: Hệ số BAC_i là xác suất hoạt động của đội tàu ở một ngày bất kỳ trong tháng, được tính bằng công thức sau:

$$BAC_i = \frac{D_i}{A_i} \quad [PT.15]$$

với D_i là tổng số ngày hoạt động thực tế của đội tàu trong tháng; và A_i là tổng số ngày hoạt động tiềm năng của đội tàu thứ i .

3.7. Nghiên cứu đánh giá rủi ro sinh thái của nghề khai thác cá nổi nhỏ

Việc phân tích rủi ro sinh thái của nghề lưới vây và nghề chụp khai thác cá nổi nhỏ được thực hiện bằng tiếp cận đánh giá rủi ro sinh thái của nghề cá (ERAEF) theo mô hình tiếp cận phân cấp 'hierarchical approach' (Hình 2-6).



Hình 2-6. Mô hình tiếp cận tổng quát đánh giá rủi ro sinh thái của nghề cá 'ERAEF' (được vẽ lại từ Smith *et al.*, 2007) [150].

Các yếu tố sinh thái được lựa chọn để đánh giá tác động của nghề cá trong phương pháp này gồm: (1) Đối tượng chính; (2) Đối tượng đánh bắt không chủ ý; (3) Đối tượng nguy cấp; (4) Môi trường sống; (5) Quần xã

*** Xác định nguy cơ gây rủi ro:**

Các yếu tố rủi ro sinh thái của nghề cá cho mỗi nhóm yếu tố sinh thái được trình bày ở Bảng 2-5. Các yếu tố rủi ro của nghề cá đối với mỗi nhóm yếu tố sinh thái được xác định trên cơ sở phân tích các phương thức, cách tác động của hoạt động nghề cá lên mỗi nhóm yếu tố sinh thái. Bên cạnh đó, việc xác định các yếu tố tác động rủi ro sinh thái đối với mỗi nhóm yếu tố sinh thái còn căn cứ vào các mục tiêu của chung và mục tiêu cụ thể của các hoạt động quản lý nghề cá.

Bảng 2-5. Các tác động rủi ro sinh thái của nghề cá đối với các yếu tố sinh thái (loài khai thác chính; loài khai thác không chủ ý; loài nguy cấp; môi trường sống; quần xã)

Yếu tố	Các tác động rủi ro sinh thái (có thể)						
Loài khai thác chính	Kích thước chủng quần	Cấu trúc gen	Tuổi/Kích thước/Giới tính	Khả năng sinh sản	Tập tính, di cư	Phân bố	
Loài khai thác không chủ ý	Kích thước chủng quần	Cấu trúc gen	Tuổi/Kích thước/Giới tính	Khả năng sinh sản	Tập tính, di cư	Phân bố	
Loài nguy cấp	Kích thước chủng quần	Cấu trúc gen	Tuổi/Kích thước/Giới tính	Khả năng sinh sản	Tập tính, di cư	Phân bố	Nghề cá
Môi trường sống	Chất lượng nền đáy	Chất lượng nước	Chất lượng không khí	Kiểu sinh cảnh	Cấu trúc sinh cảnh		
Quần xã	Thành phần loài	Nhóm loài	Phân bố của quần xã	Cấu trúc, dinh dưỡng	Chu trình sinh học		

* **Đánh giá SICA (Scale, Intensity and Consequence Analysis)**

Các yếu tố tác động chính và thang điểm trong phân tích SICA đánh giá rủi ro sinh thái của nghề cá được trình bày ở Bảng 2-6 và Các yếu tố có nguy cơ sinh thái được chia ra thành các thể loại dựa vào các tác động chính: (i) bị đánh bắt; (ii) tác động trực tiếp khi không bị đánh bắt; (iii) bổ sung/di chuyển các vật chất sinh học; (iv) bổ sung các vật chất phi sinh học; (v) xáo trộn các yếu tố thủy lý; (vi) các nguy cơ từ bên ngoài (Bảng 2-6).

Các yếu tố tác động chính được đánh giá và chấm điểm theo phạm vi tác động (không gian, thời gian); cường độ tác động; hệ quả của tác động. Kết quả phân tích SICA đối với các hợp phần có điểm số bằng 3 hoặc cao hơn sẽ được lựa chọn để tiếp tục phân tích ở cấp độ 2 [93, 95].

Bảng 2-7. Trên cơ sở tổng hợp, phân tích các nguy cơ rủi ro của nghề cá, các thành phần của hệ sinh thái được lựa chọn để đưa vào phân tích SICA [66].

Bảng 2-6. Các yếu tố tác động chính trong phân tích SICA đánh giá rủi ro sinh thái của nghề cá (Scale - phạm vi không gian, thời gian; Intensity - cường độ; Consequence - hệ quả).

Yếu tố tác động	Các nguy cơ gây rủi ro tiềm năng
Hoạt động nghề cá	
Khi đánh bắt	Môi; Khai thác; Hành vi ngẫu nhiên
Khi không đánh bắt	Môi; Khai thác; Hành vi ngẫu nhiên; Mất lưới; Neo đậu; Hành hải
Di chuyển vật chất sinh học	Chuyển vị các loài; Chế biến trên tàu; Đổ đi trên biển; Tăng cường quần đàn; Dịch vụ nghề cá; Chất thải hữu cơ
Bổ sung vật chất phi sinh học	Chất thải rắn; Hoá chất gây ô nhiễm; Khí thải; Hành hải; Hoạt động/sự hiện diện
Xáo trộn quá trình thủy lý	Môi; Khi đánh bắt; Hạ thủy tàu; Neo đậu; Hành hải

Nguy cơ từ bên ngoài	Nghề khai thác khác; Nuôi trồng thủy sản; Đô thị, công nghiệp; Hoạt động khai khoáng; Hàng hải; Du lịch
-----------------------------	---

Các yếu tố có nguy cơ sinh thái được chia ra thành các thể loại dựa vào các tác động chính: (i) bị đánh bắt; (ii) tác động trực tiếp khi không bị đánh bắt; (iii) bổ sung/di chuyển các vật chất sinh học; (iv) bổ sung các vật chất phi sinh học; (v) xáo trộn các yếu tố thủy lý; (vi) các nguy cơ từ bên ngoài (Bảng 2-6).

Các yếu tố tác động chính được đánh giá và chấm điểm theo phạm vi tác động (không gian, thời gian); cường độ tác động; hệ quả của tác động. Kết quả phân tích SICA đối với các hợp phần có điểm số bằng 3 hoặc cao hơn sẽ được lựa chọn để tiếp tục phân tích ở cấp độ 2 [93, 95].

Bảng 2-7. Thang điểm các tác động chính trong phân tích SICA đánh giá rủi ro sinh thái của nghề cá (Scale - phạm vi không gian, thời gian; Intensity - cường độ; Consequence - hệ quả).

Thang điểm	Không gian	Thời gian	Cường độ tác động	Hệ quả của tác động
1	< 1 hải lý	Thập kỷ	<i>Không đáng kể:</i> ít có khả năng tác động	<i>Không đáng kể:</i> ít có khả năng tác động
2	1-6 hải lý	Vài năm	<i>Nhỏ:</i> Cường độ thấp; hoặc vừa ở địa điểm cục bộ	<i>Nhỏ:</i> Tác động ít hoặc ở địa điểm cục bộ nào đó
3	6-20 hải lý	Hàng năm	<i>Vừa:</i> Cường độ vừa trên diện rộng; hoặc mạnh cục bộ	<i>Vừa:</i> Tác động vừa trên diện rộng hoặc tác động mạnh ở phạm vi cục bộ
4	20-50 hải lý	Hàng quý	<i>Lớn:</i> Cường độ lớn, trên diện rộng	<i>Lớn:</i> Tác động mạnh trên diện rộng
5	50-100 hải lý	Hàng tuần	<i>Rất lớn:</i> Cường độ rất lớn cục bộ; hoặc lớn, liên tục trên diện rộng	<i>Rất lớn:</i> Tác động rất lớn cục bộ hoặc tác động lớn, liên tục trên diện rộng

6	> 100 hải lý	Hàng ngày	<i>Cực độ</i> : Cường độ rất lớn, liên tục trên diện rộng	<i>Cực độ</i> : Tác động rất lớn, liên tục trên diện rộng
---	-----------------	--------------	--	--

Đánh giá PSA (Productivity Susceptibility Analysis)

Ở cấp độ 2, việc phân tích rủi ro sinh thái dựa vào việc chấm điểm các thành phần trong mỗi hợp phần với các thuộc tính năng suất sinh học và độ nhạy cảm [93, 97]. Các thông số thuộc tính năng suất sinh học và độ nhạy cảm của các loài được thu thập từ các kết quả nghiên cứu trước đây và các thông tin sẵn có trên FishBase [86] và đánh giá theo thang điểm (Bảng 2-8 và Bảng 2-9).

Bảng 2-8. Thang điểm cho các thuộc tính sức sản xuất (Productivity attribute) của các loài sử dụng trong phương pháp phân tích PSA đánh giá rủi ro sinh thái của nghề cá

Năng suất sinh học (Productivity)	Năng suất SH thấp (P = 3)	Năng suất SH vừa (P = 2)	Năng suất SH cao (P = 1)
Tuổi thành thực	> 15 năm	5 – 15 năm	< 5 năm
Tuổi cực đại	> 25 năm	10 – 25 năm	< 10 năm
Sức sinh sản	< 100 trứng/năm	100 – 20.000 trứng/năm	> 20.000 trứng/năm
Kích thước cực đại	> 300 cm	100 – 300 cm	< 100 cm
Kích thước thành thực	> 200 cm	40 – 200 cm	< 40 cm
Kiểu sinh sản	Ấp trứng	Đẻ trứng bám đáy	Đẻ trứng trôi nổi
Bậc dinh dưỡng	> 3,25	2,75 – 3,25	< 2,75

Điểm số đánh giá rủi ro sinh thái của nghề cá (PSA) đối với các loài được đánh giá dựa vào các thuộc tính năng suất sinh học và độ nhạy cảm, theo công thức [93, 95, 172]:

$$P = \frac{1}{n} * \sum_{i=0}^n (P_i)$$

$$S = \sqrt[n]{S_1 * S_2 * ... * S_n}$$

$$PSA = \sqrt{P^2 + S^2}$$

trong đó: PSA là mức độ rủi ro sinh thái của nghề cá đối với loài; P là thuộc tính năng suất sinh học chung; P_i là thuộc tính năng suất sinh học thứ i của loài; S là thuộc tính độ nhạy cảm chung; S_1, S_2, S_n là các thuộc tính độ nhạy cảm của loài; n là số lượng thuộc tính độ nhạy cảm.

Mức độ rủi ro sinh thái của nghề cá đối với loài được xác định dựa vào điểm số đánh giá rủi ro sinh thái (PSA), cụ thể như sau [93, 119]: Mức độ rủi ro thấp ($PSA < 2,64$); Mức độ rủi ro vừa phải ($PSA = 2,64 - 3,18$); Mức độ rủi ro cao ($PSA > 3,18$). Các loài có rủi ro sinh thái thấp sẽ được loại bỏ và các loài có rủi ro sinh thái cao sẽ được lựa chọn để tiếp tục phân tích định lượng ở cấp độ 3 [93].

Bảng 2-9. Thang điểm cho các thuộc tính độ nhạy cảm (Susceptibility attribute) của các loài sử dụng trong phương pháp phân tích PSA đánh giá rủi ro sinh thái của nghề cá

Độ nhạy cảm (Susceptibility)	Độ nhạy cảm thấp (S = 1)	Độ nhạy cảm vừa (S = 2)	Độ nhạy cảm cao (S = 3)
<i>Sự xuất hiện:</i> Mức độ chồng lấn phân bố không gian của loài và phạm vi hoạt động của nghề cá	Loài có phạm vi phân bố rộng so với ngư trường khai thác của nghề (<10% trùng nhau)	Loài có phạm vi phân bố hẹp so với ngư trường khai thác của nghề (10 – 30% trùng nhau)	Loài có phạm vi phân bố hẹp so với ngư trường khai thác của nghề (>30% trùng nhau)
<i>Khả năng đánh bắt được:</i> Phân bố của loài so với khả năng hoạt động của ngư cụ	Ít trùng với độ sâu hoạt động của ngư cụ	Khá trùng với độ sâu hoạt động của ngư cụ	Hoàn toàn trùng với độ sâu hoạt động của ngư cụ
<i>Độ lựa chọn:</i> Tính lựa chọn của ngư cụ	Loài ít có tập tính hướng quang hoặc tụ đàn; kích thước	Loài có tập tính hướng quang hoặc tụ đàn; kích thước tương	Loài có tập tính hướng quang hoặc tụ đàn lớn; kích thước lớn

	nhỏ hơn mắt lưới; khả năng bơi nhanh	đương mắt lưới; khả năng bơi vừa phải	hơn mắt lưới; khả năng bơi chậm
<i>Khả năng sống sót:</i> sau khi bị đánh bắt	Khả năng sống sót cao khi bị bắt và thả lại (>67%)	Khả năng sống sót vừa phải khi bị bắt và thả lại (33-67%)	Khả năng sống sót thấp khi bị bắt và thả lại (<33%)

CHƯƠNG 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

1. Nguồn lợi cá nổi nhỏ

1.1. Thành phần loài

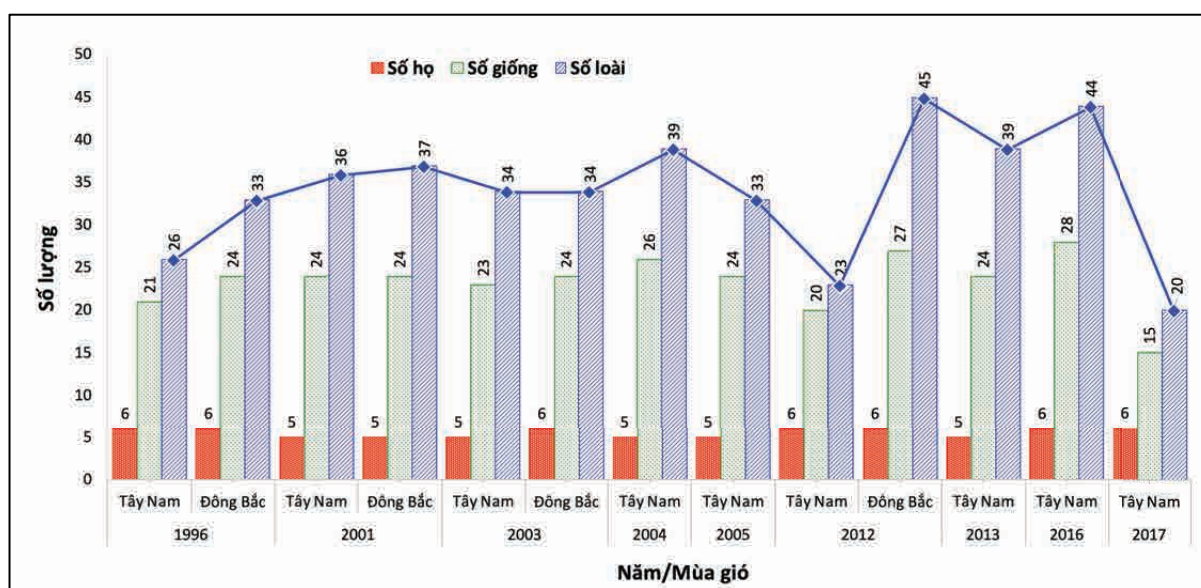
Số lượng loài cá nổi nhỏ ở vịnh Bắc Bộ khá phong phú. Trong tổng số 577 mẻ lưới của 15 chuyến điều tra nguồn lợi bằng lưới kéo đáy ở vịnh Bắc Bộ giai đoạn từ năm 1996 đến năm 2017, số lượng loài cá nổi nhỏ đã bắt gặp là 80 loài, thuộc 36 giống, 6 họ (Bảng 3-1, Hình 3-1).

Bảng 3-1: Thống kê số lượng họ, giống, loài cá nổi nhỏ bắt gặp trong các chuyến điều tra ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn từ năm 1996 đến năm 2017.

Năm	Mùa gió	Số chuyến	Số trạm điều tra	Họ	Giống	Loài
1996	Tây Nam	1	34	6	21	26
	Đông Bắc	1	45	6	24	33
2001	Tây Nam	1	54	5	24	36
	Đông Bắc	1	53	5	24	37
2003	Tây Nam	1	59	5	23	34
	Đông Bắc	1	22	6	24	34
2004	Tây Nam	2	70	5	26	39
2005	Tây Nam	1	53	5	24	33
2012	Tây Nam	1	17	6	20	23
	Đông Bắc	2	71	6	27	45
2013	Tây Nam	1	45	5	24	39
2016	Tây Nam	1	40	6	28	44
2017	Tây Nam	1	14	6	15	20
Tổng số		15	577	6	36	80

Kết quả điều tra cho thấy, số loài cá nổi nhỏ bắt gặp ở các chuyến điều tra có sự biến động khá lớn. So sánh giữa các mùa trong năm, số lượng loài cá nổi nhỏ bắt gặp ở các chuyến điều tra vào mùa gió Đông Bắc thường nhiều hơn so với mùa gió Tây Nam (ở các năm 1996, 2001, 2003 và 2012).

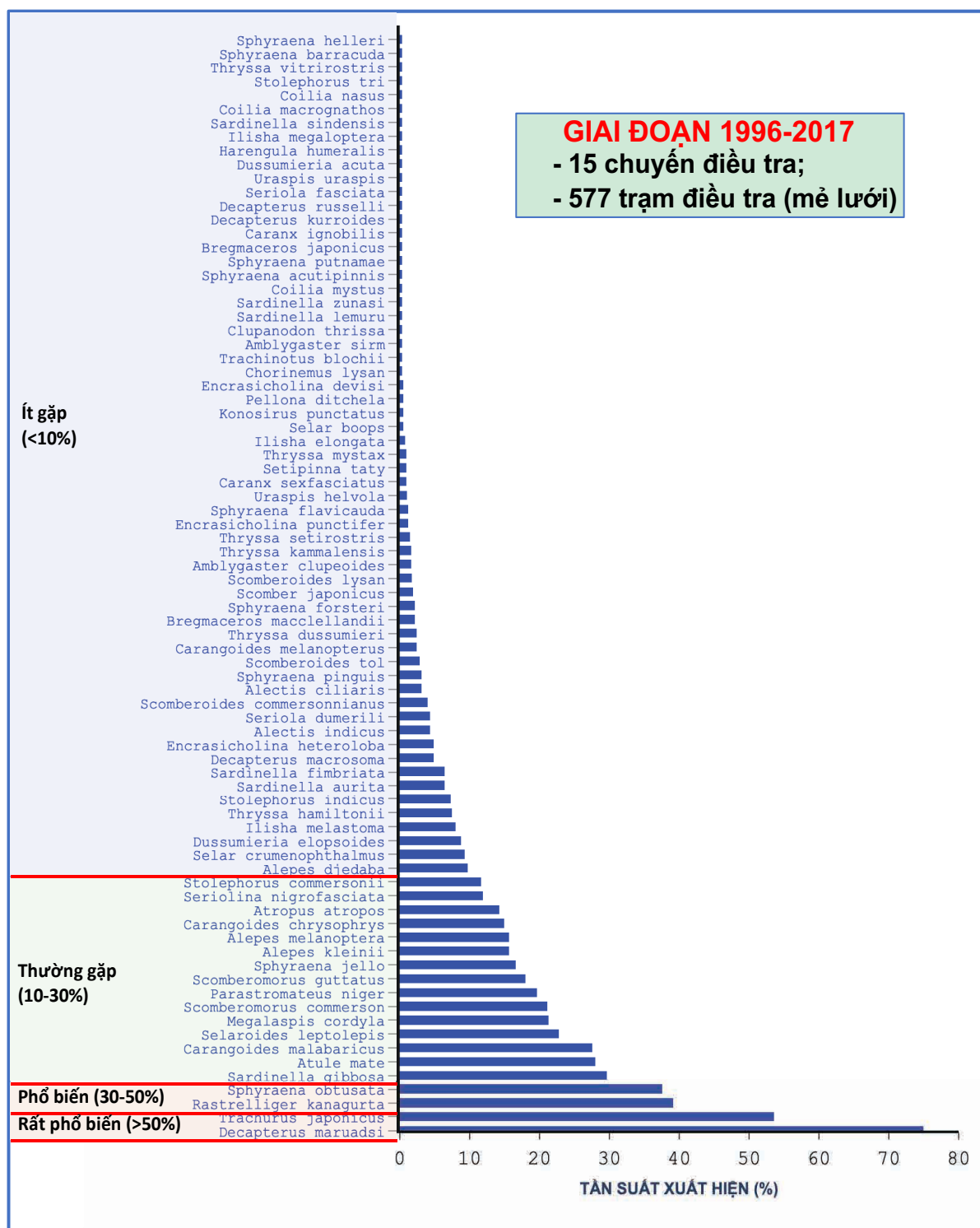
Số lượng loài cá nổi nhỏ bắt gặp trong các chuyến điều tra ở vịnh Bắc Bộ giai đoạn 1996 – 2017 là 80 loài, ít hơn so với kết quả điều tra giai đoạn 1959 – 1985 (là 146 loài cá nổi nhỏ) [46]. Số lượng loài bắt gặp phụ thuộc khá lớn vào quy mô và tần suất điều tra (phạm vi không gian, số chuyến điều tra, số mẻ lưới thực hiện). Trên thực tế, số lượng mẻ lưới và phạm vi vùng biển nghiên cứu của mỗi chuyến điều tra trong giai đoạn 1996 – 2017 có sự thay đổi khá lớn. Điều này có thể ảnh hưởng đến khả năng bắt gặp của các loài, đặc biệt là những loài có phạm vi phân bố hẹp và ít phổ biến. Tuy nhiên, sự biến động về số loài bắt gặp qua các chuyến điều tra có thể phản ánh sự biến động về cấu trúc thành phần loài cá nổi nhỏ theo mùa vụ ở vùng biển nghiên cứu.



Hình 3-1: Biến động số lượng các loài cá nổi nhỏ bắt gặp trong các chuyến điều tra ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn từ năm 1996 đến năm 2017.

1.2. Tần suất xuất hiện

Tần suất xuất hiện các loài cá nổi nhỏ trong 577 mẻ lưới của 15 chuyến điều tra ở vịnh Bắc Bộ giai đoạn 1996 – 2017 được trình bày ở Hình 3-2 và Phụ lục 3.



Hình 3-2. Tần suất xuất hiện của các loài cá nổi nhỏ trong các chuyến điều tra ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn từ năm 1996 đến năm 2017.

Tần suất xuất hiện là chỉ số đánh giá mức độ phổ biến, hay còn gọi là giới hạn sinh thái của loài trong vùng biển nghiên cứu. Tần suất xuất hiện phản ánh giới hạn sinh thái (hay mức độ phổ biến) và vai trò quan trọng của loài đối với quần xã, hệ sinh thái. Căn cứ vào tần suất xuất hiện, mức độ phổ biến của loài có

thể được phân chia như sau: rất phổ biến (>50%); phổ biến (30-50%); khá phổ biến/thường gặp (10-30%); và ít gặp/không phổ biến (<10%). Như vậy, các loài cá nổi nhỏ ở vịnh Bắc Bộ có thể được chia thành các nhóm như sau (Hình 3-2):

(1) Nhóm rất phổ biến (2 loài): cá nục sò *Decapterus maruadsi* (tần suất xuất hiện trung bình là 74,9%), cá sòng Nhật *Trachurus japonicus* (53,5%).

(2) Nhóm phổ biến (2 loài): cá bạc má *Rastrelliger kanagurta* (tần suất xuất hiện trung bình là 39,1%), cá nhồng đen *Sphyræna obtusata* (37,5%).

(3) Nhóm thường gặp (15 loài): cá trích xương *Sardinella gibbosa* (tần suất xuất hiện trung bình là 29,6%), cá ngán *Atule mate* (28,0%), cá khế *Carangoides malabaricus* (27,5%); cá chỉ vàng *Selaroides leptolepis* (22,7%); cá sòng gió *Megalaspis cordyla* (21,3%); cá thu vạch *Scomberomorus commerson* (21,1%); cá chim đen *Parastromateus niger* (19,6%); cá thu chấm *Scomberomorus guttatus* (18,0%); cá nhồng vàng *Sphyræna jello* (16,6%); cá róc *Alepes kleinii* (15,6%), cá khế vây lưng đen *Alepes melanoptera* (15,6%), cá khế *Carangoides chrysophrys* (14,9%); cá bao áo *Atropus atropos* (14,2%); cá cam sọc *Seriolina nigrofasciata* (11,9%); cá com thường *Stolephorus commersonii* (11,6%).

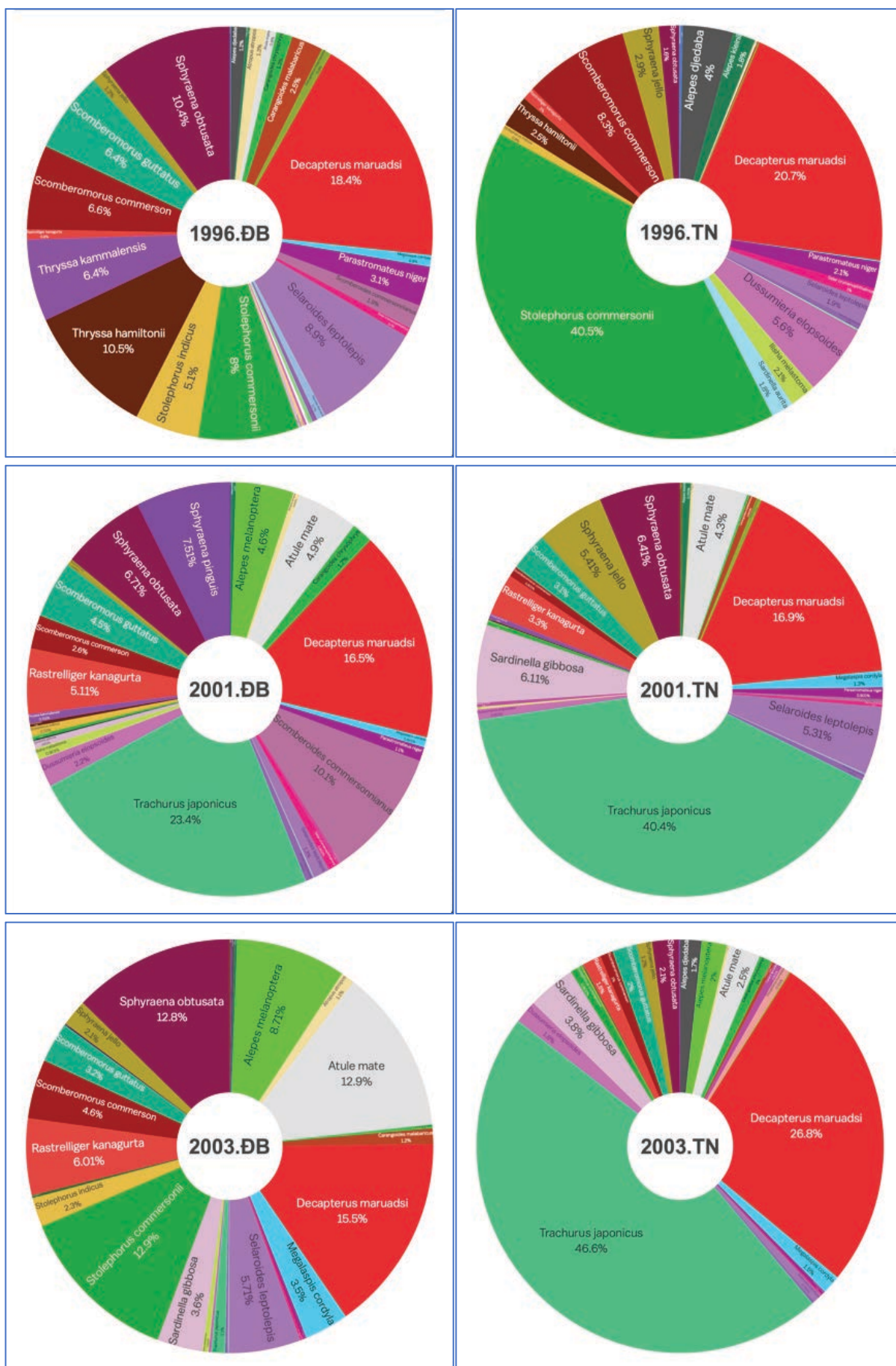
(4) Nhóm ít gặp (61 loài): là những loài còn lại.

1.3. Cấu trúc thành phần sản lượng

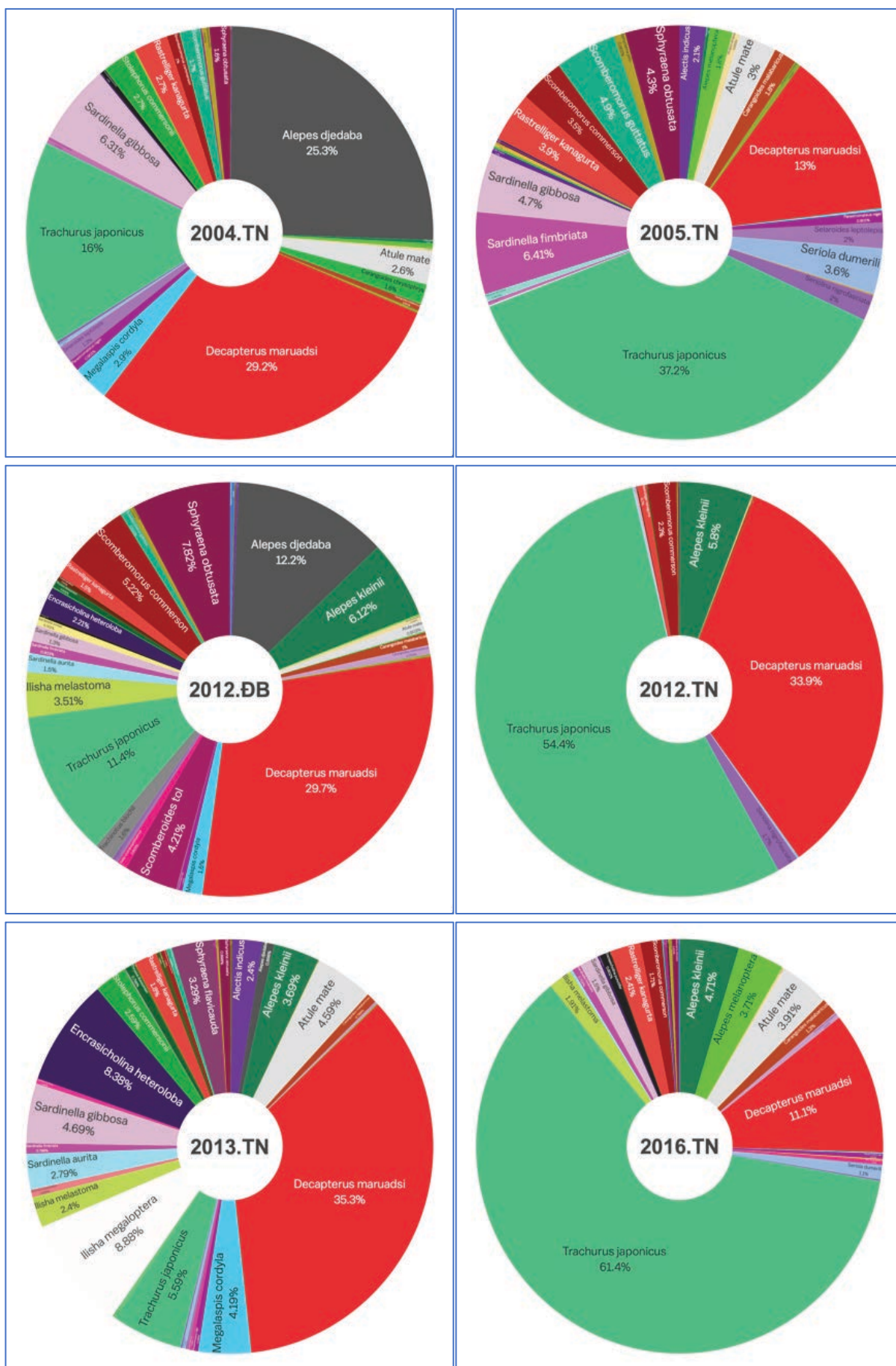
Tỷ lệ sản lượng của các loài cá nổi nhỏ chiếm ưu thế (>1,0% tổng sản lượng cá nổi nhỏ của chuyến điều tra) được trình bày ở Hình 3-3 và Phụ lục 4.

Xét về thành phần sản lượng, một số loài cá nổi nhỏ xuất hiện thường xuyên và có tỷ lệ sản lượng tương đối ổn định qua các chuyến điều tra ở vịnh Bắc Bộ, bao gồm: cá sòng Nhật, cá nục sò, cá com thường, cá nhồng đen, cá trích xương, cá bạc má, cá sòng gió, cá ngán, cá róc, cá chim gai.

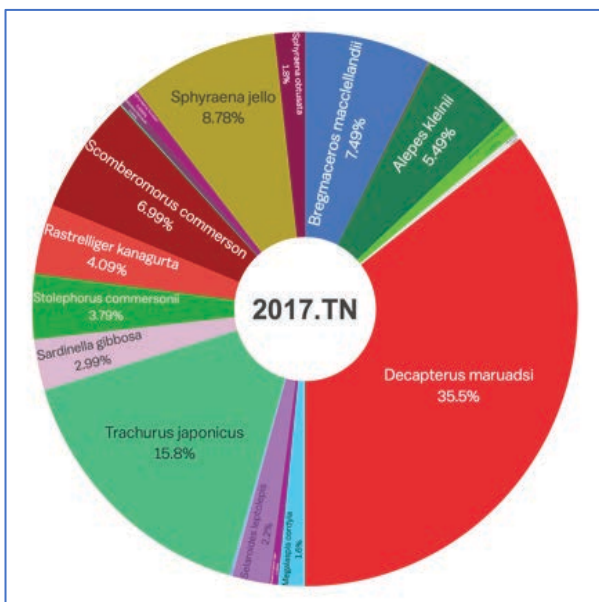
Kết quả phân tích cho thấy, số loài cá nổi nhỏ chiếm ưu thế trong sản lượng đánh bắt bao gồm 36 loài (có tỷ lệ sản lượng trung bình > 1,0% tổng sản lượng cá nổi nhỏ) trong tổng số 80 loài bắt gặp trong các chuyến điều tra (Hình 3-3).



Hình 3-3. Tỷ lệ sản lượng các loài cá nổi nhỏ chiếm ưu thế (>1,0% tổng sản lượng cá nổi nhỏ) trong một số chuyến điều tra bằng lưới kéo đáy ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 1996-2017.



Hình 3-3. Tỷ lệ sản lượng các loài cá nổi nhỏ chiếm ưu thế (>1,0% tổng sản lượng cá nổi nhỏ) trong một số chuyến điều tra bằng lưới kéo đáy ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 1996-2017 (tiếp).

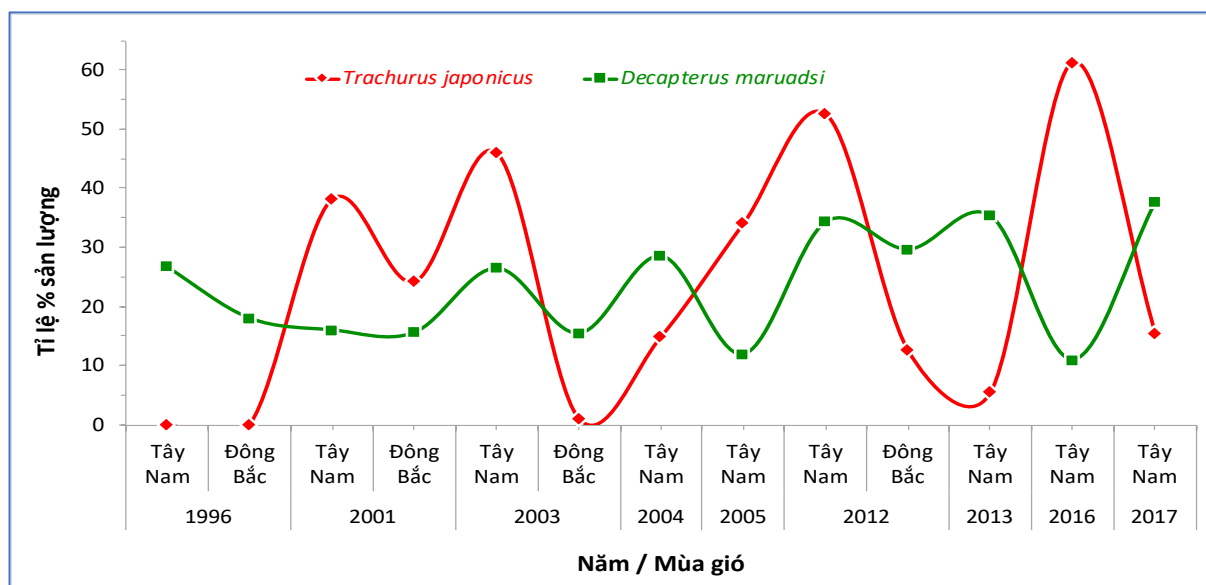


Hình 3-3. Tỷ lệ sản lượng các loài cá nổi nhỏ chiếm ưu thế (>1,0% tổng sản lượng cá nổi nhỏ) trong một số chuyến điều tra bằng lưới kéo đáy ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 1996-2017 (tiếp).

Trong các chuyến điều tra bằng lưới kéo đáy giai đoạn từ 1996 đến 2017 ở vịnh Bắc Bộ, loài cá nổi nhỏ chiếm ưu thế nhất về sản lượng là cá nục sò *Decapterus maruadsi* (trung bình chiếm 23,6,2% tổng sản lượng chuyển biển; dao động trong khoảng 11,0 – 37,7%); cá sòng Nhật *Trachurus japonicus* (trung bình 23,6%; dao động 0,1 – 61,4%). Đây là những loài thuộc nhóm cá nổi nhỏ chiếm ưu thế ổn định, bắt gặp với tỷ lệ sản lượng cao ở hầu hết các chuyến điều tra ở vịnh Bắc Bộ. Các loài chiếm ưu thế ít hơn về sản lượng ở vùng biển vịnh Bắc Bộ bao gồm: cá cơm thường *Stolephorus commersonii* (trung bình 2,6%; dao động 0,1 – 29,0%); cá nhồng đen *Sphyaena obtusata* (trung bình 4,3%; dao động 0,1 – 12,8%); cá róc *Alepes djedaba* (trung bình 3,4%; dao động 0,1 – 23,4%); cá thu vạch *Scomberomorus commerson* (trung bình 3,3%; dao động 0,4 – 7,2%); cá ngân *Atule mate* (trung bình 3,1%; dao động 0,1 – 12,9%); cá trích xương *Sardinella gibbosa* (trung bình 2,8%; dao động 0,1 – 6,6%); cá bạc má *Rastrelliger kanagurta* (trung bình 2,7%; dao động 0,7 – 6,0%). Các loài còn lại có tỷ lệ sản lượng thấp hơn và chỉ gặp ở một vài chuyến điều tra (Hình 3-3).

Tỷ lệ sản lượng của các loài chiếm ưu thế có sự biến động rõ rệt theo mùa vụ (mùa gió Tây Nam và mùa gió Đông Bắc) và có xu hướng biến động luân phiên giữa các loài, nhóm loài trong giai đoạn 1996 – 2017.

Biến động theo mùa vụ: Thành phần sản lượng loài của các chuyến điều tra vào mùa gió Tây Nam và mùa gió Đông Bắc có sự biến động khá rõ rệt. Năm 1996, tỉ lệ sản lượng của các loài chiếm ưu thế vào mùa gió Tây Nam theo thứ tự là cá nục sò, cá cơm thường; trong khi mùa gió Đông Bắc là cá hổ, cá nục sò. Năm 2001, vào mùa gió Tây Nam, thứ tự các loài chiếm ưu thế về sản lượng là cá sòng Nhật, cá nục sò; mùa gió Đông Bắc là cá sòng Nhật, cá bẹ xước, cá nục sò. Các chuyến điều tra năm 2003 và 2012 cũng có sự biến động tương tự giữa hai mùa gió. Nhìn chung, vào mùa gió Tây Nam, tỉ lệ sản lượng của các loài cá nục, cá sòng có xu hướng chiếm ưu thế hơn so với mùa gió Đông Bắc. Trong khi đó, các loài cá róc, cá nhồng đen, cá ngân, cá cơm, cá bạc má ở mùa gió Đông Bắc có tỷ lệ sản lượng cao hơn so với mùa gió Tây Nam.



Hình 3-4. Tỉ lệ sản lượng các loài cá nổi nhỏ chiếm ưu thế (>1,0% tổng sản lượng cá nổi nhỏ) trong một số chuyến điều tra bằng lưới kéo đáy ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 1996-2017.

Biến động theo các năm: Các loài chiếm ưu thế về sản lượng có xu thế biến động luân phiên tương đối rõ rệt theo các năm. Vào mùa gió Tây Nam, tỉ lệ sản lượng của cá sòng nhật và cá nục sò có sự gia tăng đáng kể, trong khi đó, tỉ lệ sản lượng của một số loài khác có xu hướng giảm mạnh. Các chuyến điều tra vào mùa gió Đông Bắc cũng thể hiện xu thế biến động tương tự đối với các loài này. Các loài chiếm ưu thế về sản lượng có sự biến động khá lớn theo chu kỳ các năm. Cá nục sò và cá sòng Nhật có xu thế gia tăng về sản lượng trong giai đoạn 1996-2003;

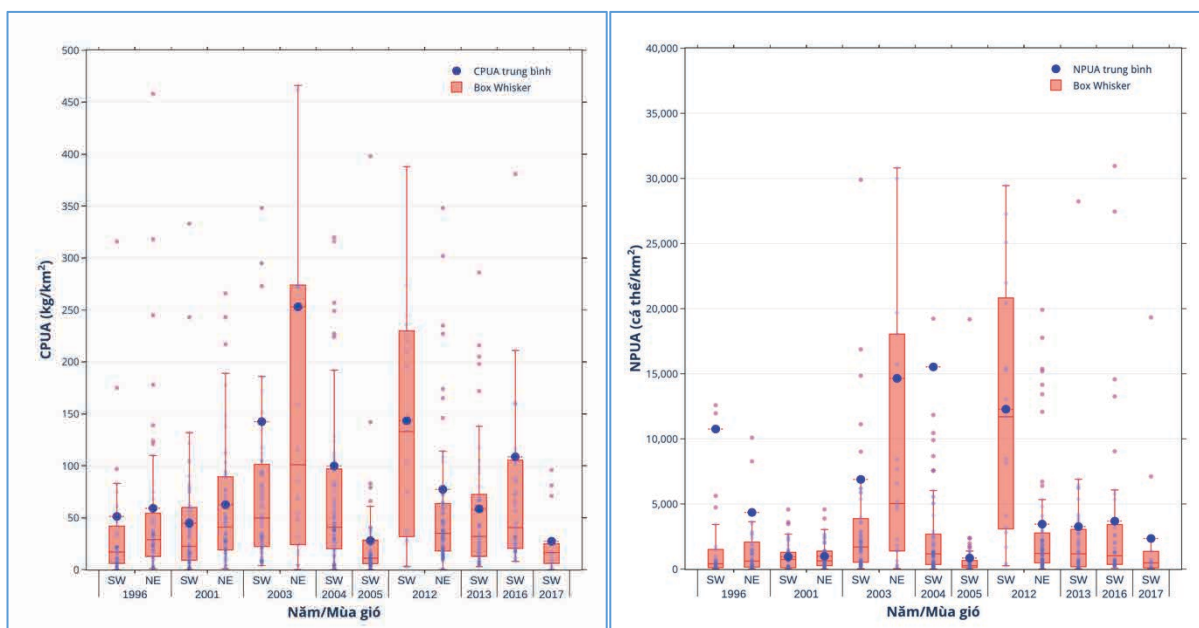
giảm mạnh vào các năm 2003-2005 và có chiều hướng gia tăng vào giai đoạn 2012-2016. Tuy nhiên, chu kỳ và biên độ biến động của cá sông Nhật lớn hơn so với cá nục sò (Hình 3-4).

1.4. Biến động độ phong phú tương đối

Độ phong phú tương đối trung bình (CPUA – kg/km²; NPUA – cá thể/km²) của cá nỏ nhỏ trong các chuyến điều tra bằng lưới kéo đáy ở vịnh Bắc Bộ có sự biến động khá lớn qua các chuyến điều tra, giai đoạn từ năm 1996 đến năm 2017.

Bảng 3-2. Độ phong phú tương đối (CPUA – kg/km²) của cá nỏ nhỏ trong các chuyến điều tra bằng lưới kéo đáy ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 1996 – 2017.

Năm	Mùa gió	Số trạm	Độ phong phú tương đối (CPUA – kg/km ²)				
			Trung bình	SE	Min	Max	Skew
1996	Tây Nam	35	687,5	128,7	62,0	3.202,7	2,2
	Đông Bắc	45	760,0	114,6	94,9	4.343,9	3,0
2001	Tây Nam	58	282,8	42,5	6,0	1.700,2	2,2
	Đông Bắc	54	480,7	57,1	7,8	2.041,3	1,9
2003	Tây Nam	60	757,8	314,2	27,4	18.896,9	7,3
	Đông Bắc	23	1.297,4	353,4	1,5	6.382,2	1,7
2004	Tây Nam	53	725,7	206,6	13,1	9.186,7	4,6
2005	Tây Nam	54	602,5	113,2	14,3	3.911,5	2,2
2012	Tây Nam	18	711,8	137,1	13,6	1.938,2	0,5
	Đông Bắc	68	1.023,7	427,0	45,0	28.323,9	7,2
2013	Tây Nam	65	284,1	36,6	6,4	1.434,0	2,1
2016	Tây Nam	39	581,7	163,7	47,0	5.319,2	3,7
2017	Tây Nam	14	161,3	41,7	2,5	478,2	1,2



Hình 3-5. Biến động độ phong phú tương đối (CPUA – kg/km²; NPUA – cá thể/km²) của cá nỏ nhỏ trong các chuyến điều tra bằng lưới kéo đáy ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 1996 – 2017.

CPUA có sự biến động rõ rệt theo mùa gió (mùa gió Đông Bắc cao hơn nhiều so với mùa gió Tây Nam). CPUTA trung bình của cá nỏ nhỏ cao nhất ở chuyến điều tra vào mùa gió Đông Bắc năm 2003 ($1.297,4 \pm 353,4$ kg/km²); tiếp đến là mùa gió Đông Bắc năm 2012 ($1.023,7 \pm 427,0$ kg/km²); thấp nhất ở chuyến điều tra vào mùa gió Tây Nam năm 2001 ($282,8 \pm 42,5$ kg/km²) và mùa gió Tây Nam năm 2013 ($284,1 \pm 36,6$ kg/km²).

Các chuyến điều tra vào mùa gió Tây Nam, CPUTA trung bình của các loài cá nỏ nhỏ có sự biến động giảm từ năm 1996 đến năm 2001; sau đó có sự gia tăng trở lại vào giai đoạn 2003 – 2004 và giảm dần vào các năm sau đó. CPUTA trung bình có sự giảm sút từ năm 2012 đến năm 2013 và từ năm 2016 đến năm 2017. Kết quả các chuyến điều tra vào mùa gió Đông Bắc cũng cho thấy xu thế biến động tương tự như ở mùa gió Tây Nam.

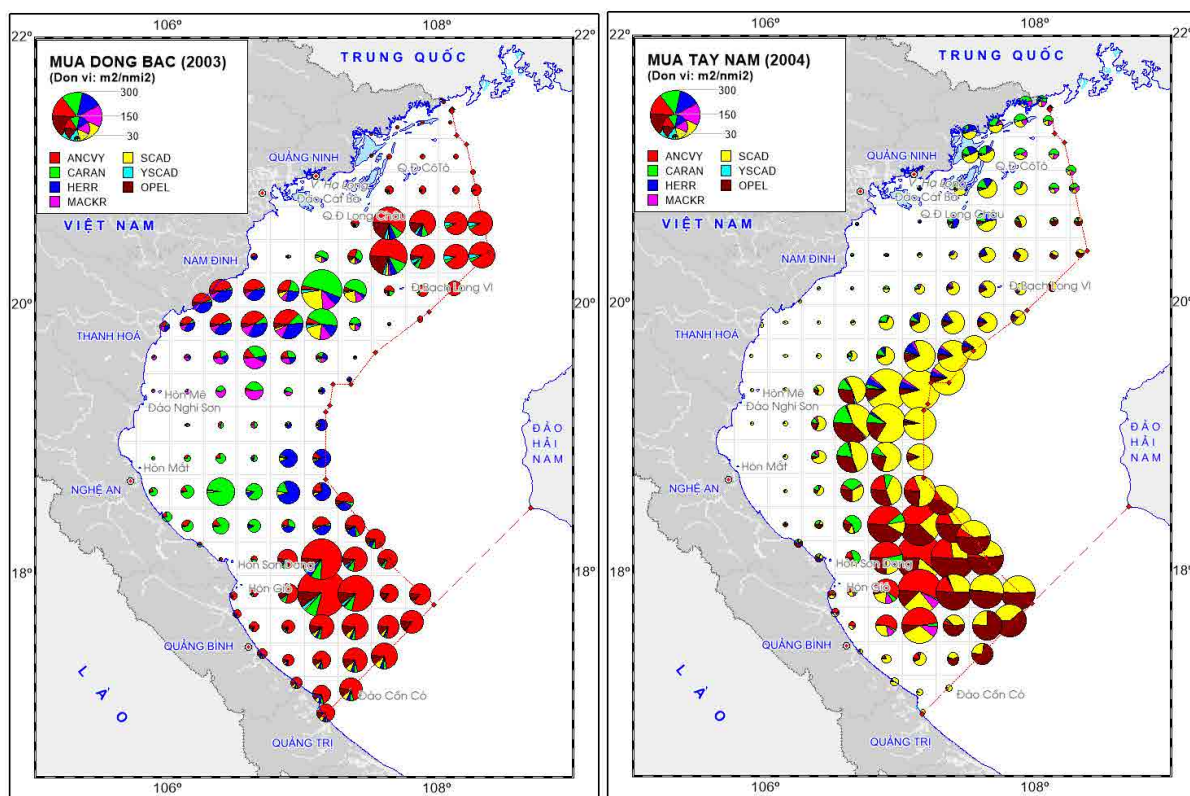
Như vậy, độ phong phú tương đối (CPUA) của cá nỏ nhỏ ở vịnh Bắc Bộ dường như có sự biến động tăng giảm theo chu kỳ từ 2 – 3 năm. Tuy nhiên, do các chuyến điều tra không được thực hiện hàng năm, nên nhận định về xu thế biến động theo chu kỳ chỉ có giá trị tham khảo.

1.5. Đặc điểm phân bố của cá nỏ nhỏ

Kết quả nghiên cứu phân bố cá nổi nhỏ của các chuyến điều tra bằng phương pháp thủy âm ở vịnh Bắc Bộ vào các năm 2003, 2004, 2012 và 2017 được trình bày chi tiết tại Hình 3-7 và Phụ lục 5.

*** Khu vực phân bố tập trung của cá nổi nhỏ:**

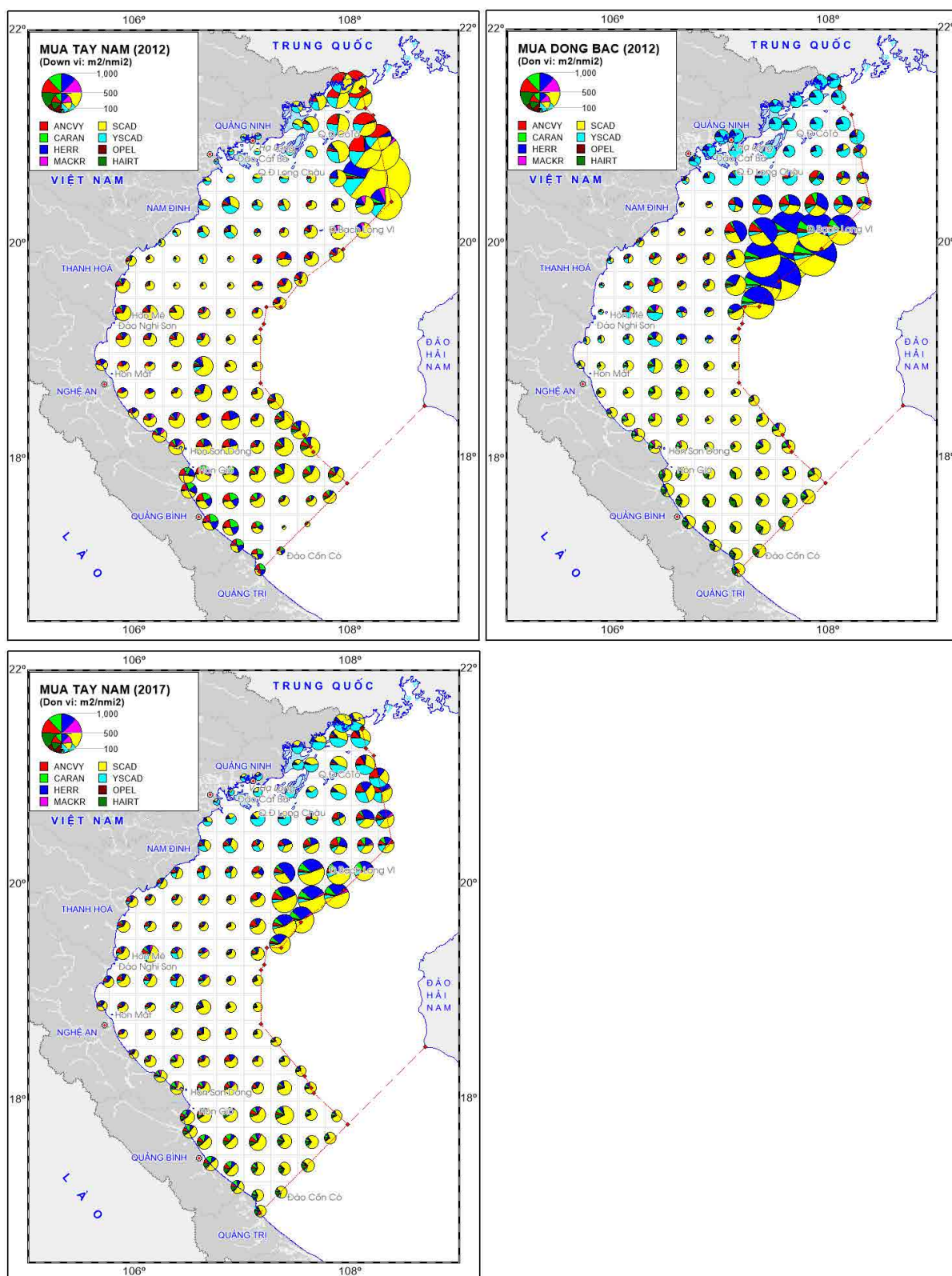
Nhìn chung, phân bố của cá nổi nhỏ ở vịnh Bắc Bộ có sự biến động khá lớn qua các chuyến điều tra. Cá nổi nhỏ phân bố tập trung chủ yếu ở các khu vực: (1) phía Bắc Bạch Long Vĩ; (2) phía Tây, Tây Nam Bạch Long Vĩ; (3) cửa sông Ba Lạt; (4) Giữa vịnh Bắc Bộ; (5) Cửa vịnh Bắc Bộ. Tuy nhiên, phân bố của cá nổi nhỏ có sự biến động khá lớn theo thời gian.



Hình 3-6. Phân bố nguồn lợi cá nổi nhỏ ở vịnh Bắc Bộ giai đoạn 2003 – 2004 (mùa gió Đông Bắc 2003 và mùa gió Tây Nam 2004).

- Giai đoạn 2003-2004:

Cá nổi nhỏ có sự phân bố khá tập trung ở một số ngư trường lớn (phía Tây Bắc, Tây Nam Bạch Long Vĩ; phía ngoài cửa sông Ba Lạt; vùng biển xa bờ Nghệ An – Hà Tĩnh; khu vực giữa và cửa vịnh Bắc Bộ). Các khu vực còn lại mật độ phân bố khá thấp.



Hình 3-7. Phân bố nguồn lợi cá nổi nhỏ ở vịnh Bắc Bộ giai đoạn 2012 – 2017 (mùa gió Tây Nam 2012; mùa gió Đông Bắc 2012 và mùa gió Tây Nam 2017).

Vào mùa gió Đông Bắc (2003), cá nổi nhỏ phân bố tập trung chủ yếu ở các khu vực: (1) Phía Bắc, Tây Bắc Bạch Long Vỹ: chủ yếu là các đàn cá cơm, phân

bổ với mật độ khá cao; (2) Phía Tây Nam Bạch Long Vĩ: đây là khu vực phân bố của nhóm cá khế, cá nục và cá trích; (3) Khu vực phía ngoài cửa sông Ba Lạt: chủ yếu là nhóm cá cơm và cá trích; (4) Vùng biển xa bờ Nghệ An – Hà Tĩnh: chủ yếu là nhóm cá khế; (5) Khu vực cửa vịnh Bắc Bộ: chủ yếu là nhóm cá cơm. Vào mùa gió Tây Nam (2004), cá có xu hướng tập trung phân bố ở các khu vực có độ sâu lớn: (1) Giữa vịnh Bắc Bộ: là khu vực phân bố tập trung của nhóm cá nục, cá khế; (2) Khu vực cửa vịnh Bắc Bộ: là vùng phân bố tập trung của các nhóm cá nục, cá cơm và nhóm cá nổi nhỏ khác.

- Giai đoạn năm 2012-2017:

Cá nổi nhỏ vẫn có xu hướng phân bố tập trung ở một số khu vực trọng điểm (phía Bắc vịnh Bắc Bộ; phía Bắc, Tây và Tây Nam Bạch Long Vĩ). Các khu vực khác mật độ phân bố thấp hơn, nhưng khá đồng đều.

Mùa gió Tây Nam (2012), cá nổi nhỏ có xu hướng phân bố tập trung ở khu vực phía Bắc Bạch Long Vĩ với mật độ khá lớn (chủ yếu gồm: cá nục, cá cơm, cá ngân, cá trích). Mùa gió Đông Bắc (2012), cá tập trung chủ yếu ở các khu vực: (1) Phía Tây Nam Bạch Long Vĩ: chủ yếu gồm các nhóm cá trích, cá nục; (2) khu vực phía Bắc vịnh Bắc Bộ (từ Móng Cái đến Long Châu): chủ yếu là nhóm cá ngân và cá trích. Mùa gió Tây Nam (2017), cá nổi nhỏ phân bố tập trung ở các khu vực: (1) Phía Tây Nam Bạch Long Vĩ: chủ yếu là nhóm cá nục, cá trích; (2) Phía Bắc Bạch Long Vĩ đến Móng Cái: chủ yếu là nhóm cá nục, cá cơm, cá trích và cá ngân.

1.6. Biến động trữ lượng nguồn lợi cá nổi nhỏ

Biến động trữ lượng nguồn lợi các nhóm cá nổi nhỏ ở vịnh Bắc Bộ ước tính bằng phương pháp thủy âm, giai đoạn từ năm 2003 đến năm 2017 được trình bày ở Bảng 3-3.

Kết quả nghiên cứu cho thấy, trữ lượng nguồn lợi cá nổi nhỏ ở vịnh Bắc Bộ có sự biến động khá lớn theo thời gian. Trữ lượng trung bình ước tính cho giai đoạn 2003-2004 là 430,1 ngàn tấn (dao động 403,9 – 462,3 ngàn tấn); năm 2012 tăng lên 626,1 ngàn tấn (dao động 621,5 – 630,7 ngàn tấn); năm 2017 trữ lượng

giảm nhẹ xuống còn 547,9 ngàn tấn, nhưng vẫn cao hơn nhiều so với giai đoạn năm 2003-2004. Trữ lượng nguồn lợi cá nổi nhỏ có xu hướng biến động theo mùa vụ khá rõ rệt (mùa Đông Bắc cao hơn mùa Tây Nam).

Bảng 3-3. Trữ lượng nguồn lợi (x1.000 tấn) các nhóm cá nổi nhỏ ở vùng biển vịnh Bắc Bộ ước tính bằng phương pháp thủy âm, giai đoạn từ năm 2003 đến năm 2017.

TT	Nhóm loài	Năm 2003 - 2004		Năm 2012		Năm 2017
		Đông Bắc	Tây Nam	Tây Nam	Đông Bắc	Tây Nam
1	Cá cơm	84,7	14,6	32,6	16,8	18,4
2	Cá khế	93,8	19,7	78,5	87,5	124,3
3	Cá trích	13,4	21,4	136,0	173,1	173,8
4	Cá bạc má, cá thu	44,5	24,7	23,2	19,6	16,0
5	Cá nục, cá sòng Nhật	42,5	215,2	271,7	197,9	112,8
6	Cá ngán, cá tráo	33,0	11,7	66,7	95,7	83,8
7	Cá nổi nhỏ khác	150,4	96,6	12,8	40,1	18,8
	Tổng cộng	462,3	403,9	621,5	630,7	547,9

Một số nhóm cá nổi nhỏ có xu hướng gia tăng trong giai đoạn từ năm 2003 đến năm 2017, bao gồm: nhóm cá ngán, cá tráo; nhóm cá khế; nhóm cá trích. Một số nhóm có trữ lượng tương đối ổn định (nhóm cá bạc má, cá thu và nhóm cá cơm). Nhóm cá nục có sự biến động gia tăng mạnh trong giai đoạn từ 2003 đến 2012, sau đó trữ lượng có chiều hướng giảm.

2. Ảnh hưởng của các yếu tố môi trường đến phân bố cá nổi nhỏ

2.1. Đặc điểm các yếu tố môi trường, hải dương học

Đặc điểm các yếu tố hải dương học ở vùng biển vịnh Bắc Bộ giai đoạn 2012 – 2017 được trình bày ở Bảng 3-4.

Bảng 3-4. Đặc điểm các yếu tố môi trường, hải dương học thu thập được trong các chuyến điều tra ở vùng biển vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 2012-2017.

Hải dương học	Tây Nam (2012)	Đông Bắc (2012)	Tây Nam (2013)	Đông Bắc (2016)	Tây Nam (2017)
Số liệu thực đo					
Nhiệt độ tầng mặt	29,0	25,6	28,0	29,0	29,7
Nhiệt độ tầng đáy	25,4	25,0	24,0	24,6	27,2
Độ muối tầng mặt	31,8	31,3	30,8	29,1	31,1
Độ muối tầng đáy	32,6	32,2	32,3	33,4	32,7
Dòng chảy tầng mặt	0,6	0,5	0,9	0,9	0,4
Dòng chảy tầng đáy	0,4	0,8	0,4	0,3	0,4
Chlorophyll a tầng mặt	0,4	0,7	0,6	0,4	0,9
Chlorophyll a tầng đáy	1,2	0,8	0,9	0,8	1,3
Số liệu viễn thám					
Nhiệt độ tầng mặt	29,8	28,7	-	-	29,9
Chlorophyll a tầng mặt	0,2	0,3	-	-	1,4
Dòng chảy tầng mặt	0,2	0,1	-	-	0,2
Dị thường mực biển	-0,3	27,5	-	-	-4,8

Kết quả điều tra cho thấy, nhiệt độ trung bình nước biển tầng mặt ở vịnh Bắc Bộ trong các chuyến điều tra vào mùa gió Tây Nam có xu thế cao hơn so với mùa gió Đông Bắc. Các thông số hải dương học khác cũng có sự biến động khá lớn qua các chuyến điều tra. So sánh giữa các nguồn dữ liệu từ viễn thám và dữ liệu điều tra thực địa, nhiệt độ tầng mặt không có sự sai khác đáng kể; trong khi đó thông số dòng chảy, hàm lượng Chlorophyll *a* tầng mặt có sự khác biệt khá lớn.

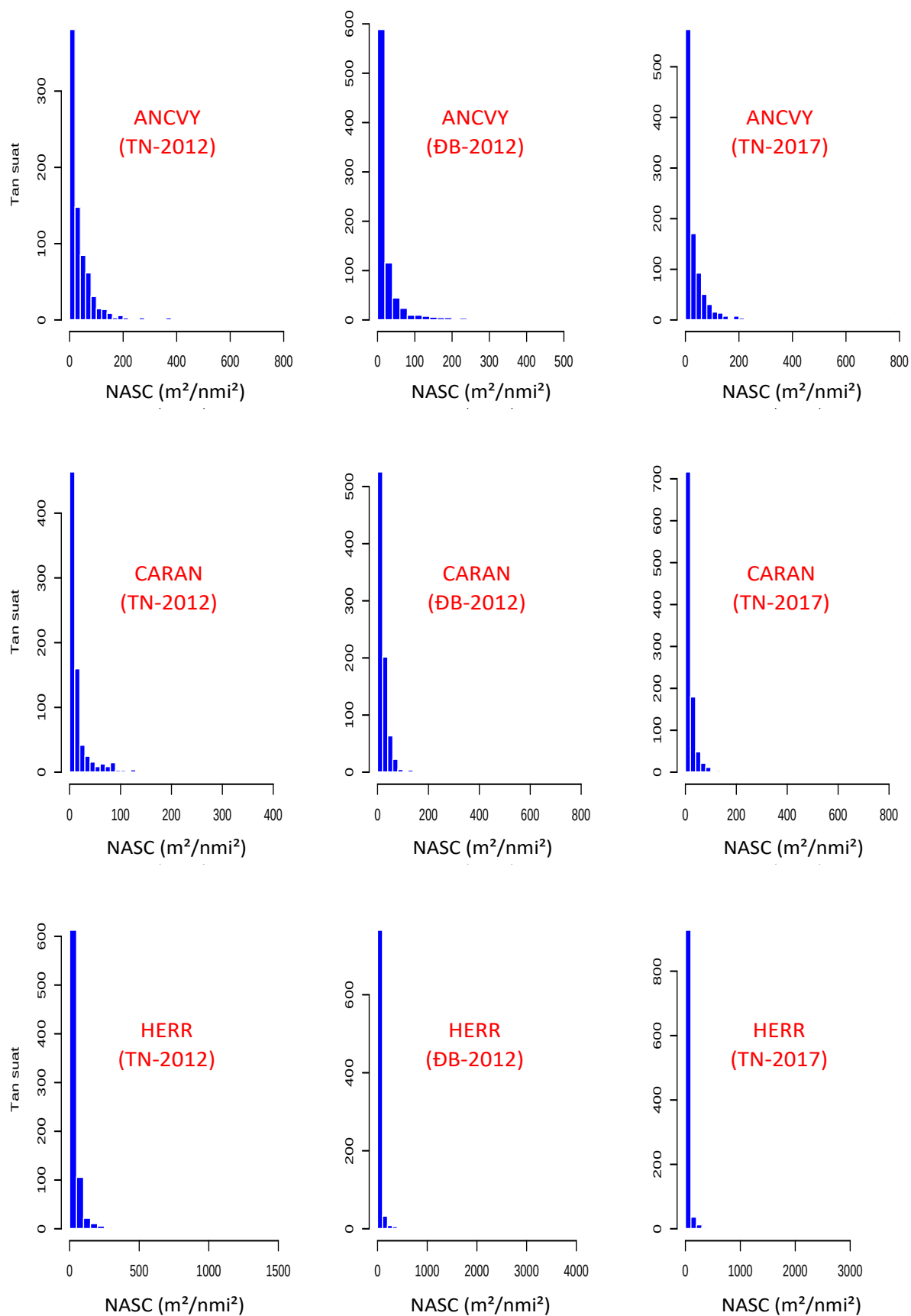
2.2. Độ phong phú tương đối (NASC; m^2/nmi^2) của cá nổi nhỏ

Trong điều tra nguồn lợi bằng thủy âm, ‘hệ số diện tích âm phản hồi’ (NASC; đơn vị tính là m^2/nmi^2) thu được trên các đường dò thủy âm là đại lượng biểu thị cho mức độ phong phú của cá. Đối với mỗi loài hay nhóm loài có cùng hệ số phản hồi âm, giá trị NASC càng lớn thì mật độ cá thể càng lớn và ngược lại. Do vậy, nghiên cứu này sử dụng NASC để đại diện cho mật độ cá thể, hay còn được gọi là độ phong phú tương đối. Kết quả ước tính độ phong phú tương đối của các loài cá nổi nhỏ trong các chuyến điều tra ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 2012-2017 được trình bày ở Bảng 3-5. Nhìn chung, giá trị NASC của các loài cá nổi nhỏ ở vùng biển vịnh Bắc Bộ có sự biến động khá lớn giữa các chuyến điều tra và giữa các loài. Giá trị NASC trung bình của hầu hết các loài ở các chuyến mùa gió Tây Nam có xu hướng cao hơn so với mùa gió Đông Bắc.

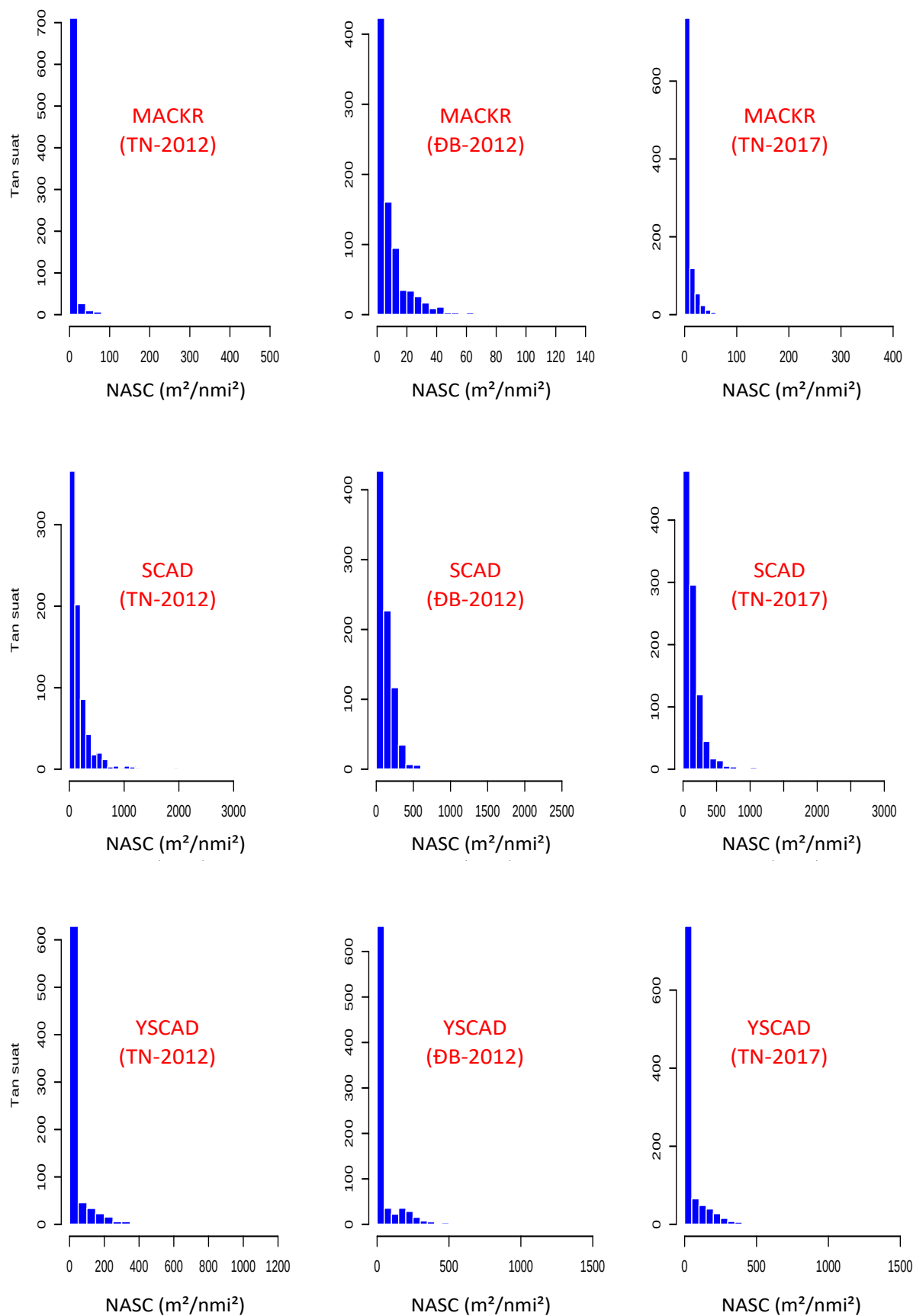
So sánh giữa các loài, giá trị NASC trung bình lớn nhất của các chuyến điều tra (5/2012, 10/2012 và 6/2017) là nhóm cá nục với các giá trị tương ứng là 187,9 m^2/nmi^2 ; 131,2 m^2/nmi^2 ; 151,4 m^2/nmi^2 . Giá trị NASC trung bình thấp nhất là nhóm cá bạc má, với giá trị lần lượt là 9,7 m^2/nmi^2 ; 9,2 m^2/nmi^2 ; 8,6 m^2/nmi^2 .

Bảng 3-5: Độ phong phú tương đối trung bình (NASC; m^2/nmi^2) của các loài cá nổi nhỏ trong các chuyến điều tra thủy âm ở vùng biển vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 2012-2017.

Tên loài, nhóm loài	TN-2012			ĐB-2012			TN-2017		
	Trung bình	SE	Skew	Trung bình	SE	Skew	Trung bình	SE	Skew
Cá cơm	41,7	2,4	5,0	24,0	1,6	4,6	35,4	2,0	5,0
Cá khế	17,1	1,2	6,4	21,7	1,4	13,4	19,4	1,2	12,7
Cá trích	44,4	3,8	8,4	62,2	8,5	12,0	46,9	5,0	15,8
Cá bạc má, cá thu	9,7	1,4	8,3	9,2	0,5	3,4	8,6	0,7	9,5
Cá nục	187,9	10,7	5,9	131,2	6,4	6,4	151,4	6,9	6,3
Cá ngán, cá tráo	37,2	3,6	5,3	60,5	4,7	5,0	52,4	3,7	5,1



Hình 3-8: Phân bố tần suất giá trị NASC (m^2/nmi^2) của các loài cá nổi nhỏ trong các chuyến điều tra thủy âm ở vùng biển vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 2012-2017.



Hình 3-9: Phân bố tần suất giá trị NASC (m²/nmi²) của các loài cá nổi nhỏ trong các chuyến điều tra thủy âm ở vùng biển vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 2012-2017 (tiếp).

Hệ số diện tích âm phản hồi của các loài cá nổi nhỏ có phân bố lệch phải “right skewed” khá rõ rệt, tuân theo hàm phân phối “Tweedie” (Hình), với giá trị skewness trung bình khá lớn ($\gamma > 2,0$), dao động trong khoảng từ 5,0 – 8,4 (tháng 5/2012); 3,4 – 13,4 (tháng 10/2012) và 5,0 – 15,8 (tháng 6/2017).

2.3. Phân bố của các loài cá nổi nhỏ liên quan đến các yếu tố hải dương

Phân bố của các nhóm loài cá nổi nhỏ tương ứng với các trường hải dương học của các chuyên điều tra được trình bày chi tiết ở Hình 3-9, Hình 3-10, Hình 3-11, Hình 3-12, Hình 3-13, Hình 3-14, Phụ lục 5 và Phụ lục 6. Các yếu tố môi trường, hải dương học có mối liên hệ khá chặt chẽ đến sự phân bố của các nhóm loài cá nổi nhỏ. Cá nổi nhỏ có xu hướng ở vùng nước ấm hơn, có độ sâu lớn hơn vào mùa gió Đông Bắc. Trong khi đó, vào mùa gió Tây Nam cá thường tập trung ở vùng nước nông hơn và có nhiệt độ tầng mặt thấp hơn nền nhiệt chung.

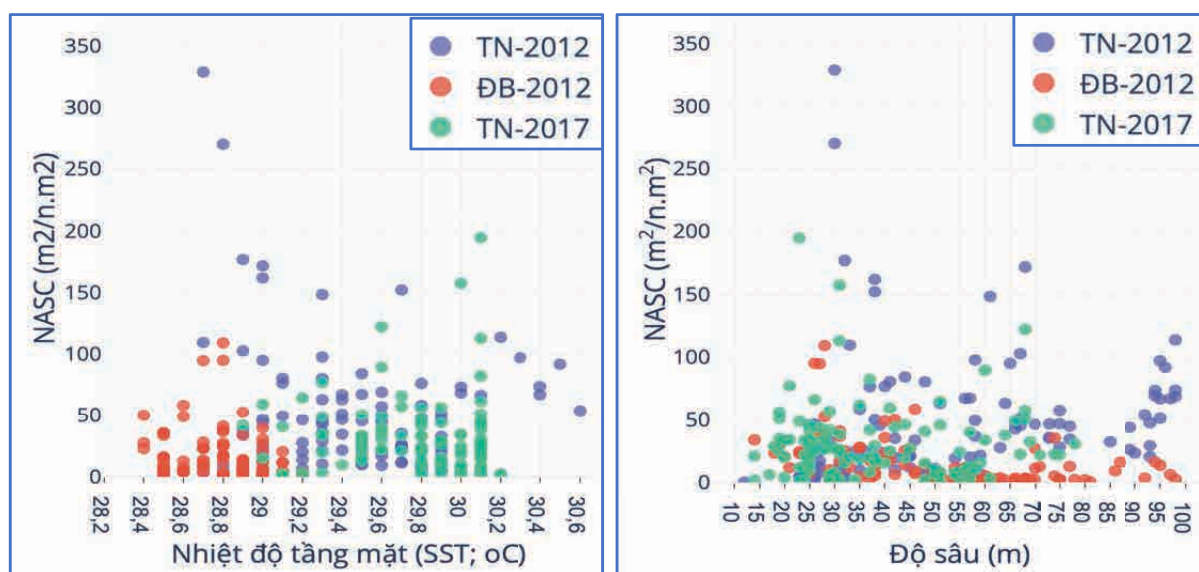
*** Nhóm cá cơm:**

Khu vực phân bố tập trung của nhóm cá cơm có sự biến động khá lớn quá các giai đoạn. Nhìn chung, nhóm cá cơm phân bố chủ yếu ở một số khu vực trọng điểm, gồm: phía Bắc vịnh Bắc Bộ (giáp Móng Cái); phía Bắc, phía Tây và Tây Nam Bạch Long Vĩ; phía ngoài cửa Ba Lạt; cửa vịnh Bắc Bộ.

Giai đoạn 2003-2004, ở mùa gió Đông Bắc, cá cơm phân bố tập trung chủ yếu ở khu vực cửa vịnh Bắc Bộ, phía Tây Bạch Long Vĩ và khu vực cửa Ba Lạt; ở mùa gió Tây Nam, cá cơm phân bố tập trung tại khu vực phía Nam vịnh Bắc Bộ (từ Hà Tĩnh đến Quảng Bình). Giai đoạn 2012-2017, mùa gió Đông Bắc (2012) cá cơm phân bố tập trung tại khu vực Bắc vịnh Bắc Bộ (Tây, Tây Bắc Bạch Long Vĩ, cửa Ba Lạt); mùa gió Tây Nam (2012, 2017), cá cơm phân bố rộng khắp vịnh Bắc Bộ, trong đó tập trung tại khu vực phía Bắc từ Móng Cái đến Cô Tô, Tây và Tây Nam Bạch Long Vĩ, ven bờ Thanh Hoá – Nghệ An, Hà Tĩnh – Quảng Bình.

Vào mùa gió Đông Bắc, khi nhiệt độ nước biển xuống thấp, cá thường tập trung ở dải nhiệt độ nước tầng mặt cao hơn (từ 28,7 đến 29,0°C) và dải độ sâu lớn hơn (từ 35 đến 75m). Vào mùa gió Tây Nam, khi nền nhiệt chung tăng cao, cá có

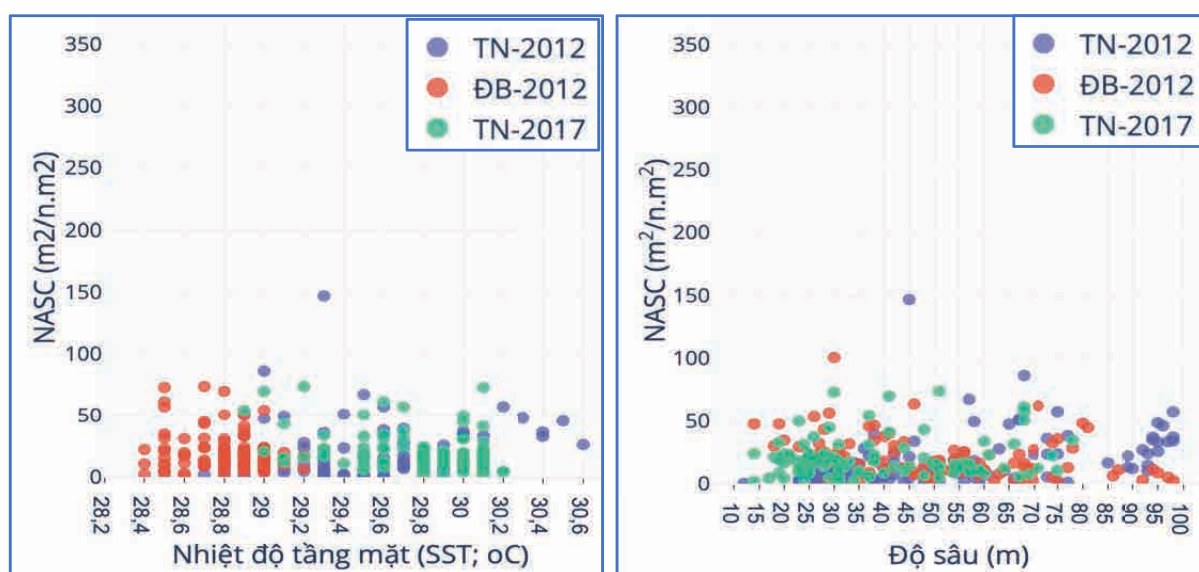
xu hướng tập trung ở dải nhiệt độ thấp hơn (từ 29,2 đến 30,1°C) và di chuyển vào những vùng nước nông hơn (Hình 3-9).



Hình 3-9. Mối liên hệ giữa một số yếu tố môi trường (nhiệt độ tầng mặt, độ sâu) và độ phong phú (NASC; m^2/nmi^2) của nhóm cá cơm ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 2012-2017.

* Nhóm cá khế:

Phân bố của nhóm cá khế cũng có sự biến động khá lớn theo thời gian từ năm 2003 đến 2017. Cá khế có xu hướng tập trung ở vùng ven bờ vào mùa gió Tây Nam (vùng ven bờ từ Hà Tĩnh đến Quảng Trị; khu vực từ Móng Cái đến Cô Tô) và di chuyển ra khu vực giữa vịnh vào mùa gió Đông Bắc.

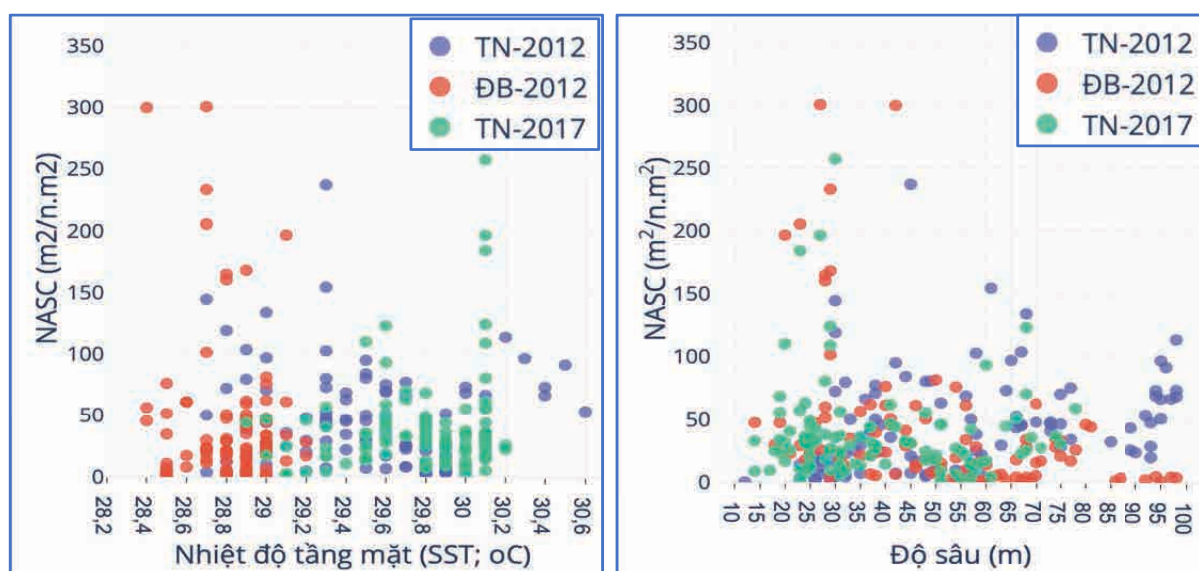


Hình 3-10. Mối liên hệ giữa một số yếu tố môi trường (nhiệt độ tầng mặt, độ sâu) và độ phong phú (NASC; m^2/nmi^2) của nhóm cá khế ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 2012-2017.

Cá khế phân bố tập trung ở dải nhiệt độ nước tầng mặt ($29,1 - 29,7^{\circ}\text{C}$; $28,5 - 28,7^{\circ}\text{C}$; $29,4 - 30,1^{\circ}\text{C}$); và các vùng nước có độ sâu (40 – 50m; 30 – 40m; 20 – 30m) tương ứng với các chuyến điều tra vào mùa gió Tây Nam 2012, Đông Bắc 2012 và Tây Nam 2017.

*** Nhóm cá trích:**

Khu vực phân bố tập trung của nhóm cá trích ở vùng biển xung quanh Bạch Long Vĩ ở cả mùa gió Đông Bắc và mùa gió Tây Nam. Vào mùa gió Tây Nam, cá trích có xu hướng di chuyển vào gần bờ hơn (khu vực Cát Bà - Long Châu, vùng ven bờ từ Nghệ An đến Quảng Trị); vào mùa gió Đông Bắc, cá trích di chuyển ra những khu vực xa hơn ở phía Nam Bạch Long Vĩ và giữa vịnh Bắc Bộ.



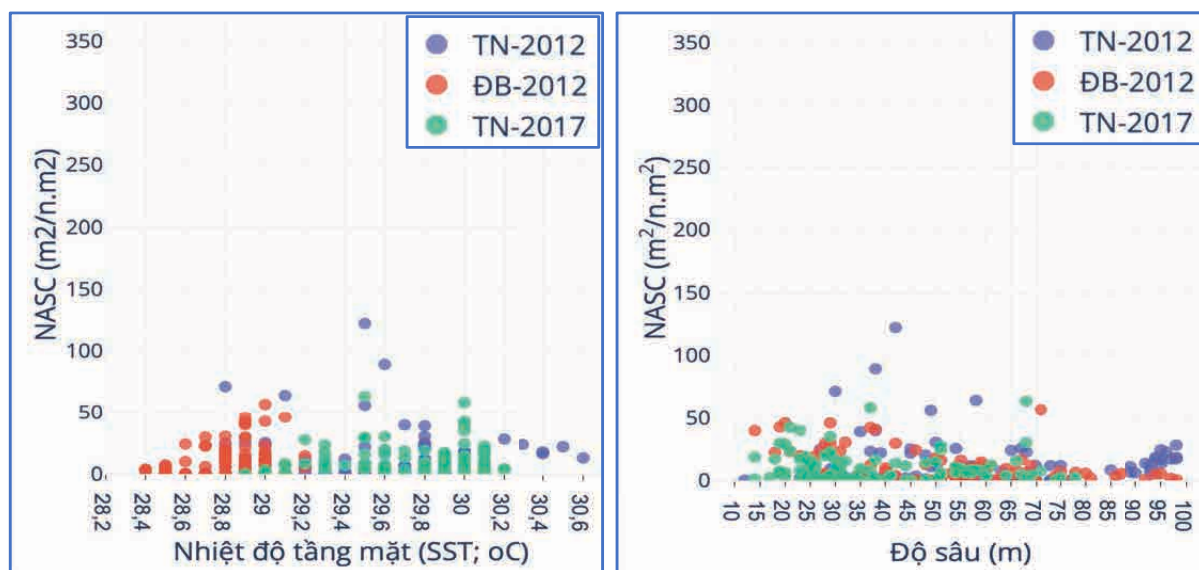
Hình 3-11. Mối liên hệ giữa một số yếu tố môi trường (nhiệt độ tầng mặt, độ sâu) và độ phong phú (NASC; m^2/nmi^2) của nhóm cá trích ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 2012-2017.

Ở vịnh Bắc Bộ, cá trích phân bố tập trung ở dải nhiệt độ nước tầng mặt ($29,1 - 29,7^{\circ}\text{C}$; $28,6 - 28,7^{\circ}\text{C}$; $29,6 - 30,2^{\circ}\text{C}$); và các vùng nước có độ sâu (40 – 50m; 30 – 40m; 20 – 30m) tương ứng với các chuyến điều tra vào mùa gió Tây Nam 2012, Đông Bắc 2012 và Tây Nam 2017.

*** Nhóm cá bạc má, cá thu:**

Nhóm cá bạc má và cá thu phân bố nhiều ở các khu vực phía Bắc, Tây Nam Bạch Long Vĩ, vùng biển từ Nam Định đến Thanh Hoá, vùng biển ven bờ Hà

Tỉnh và khu vực giữa vịnh và cửa vịnh Bắc Bộ.

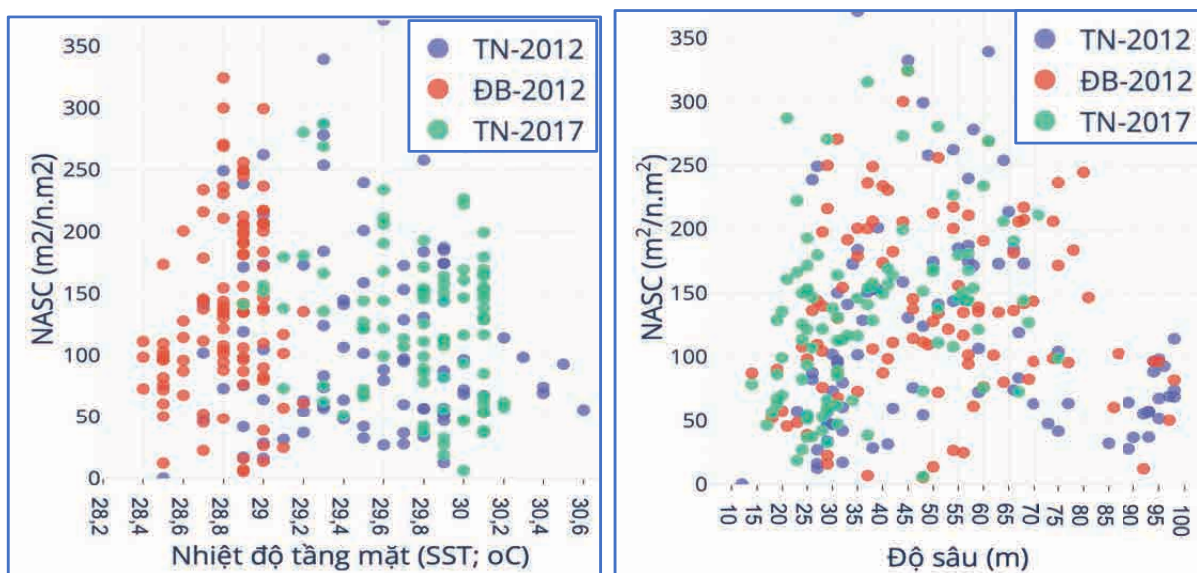


Hình 3-12. Mối liên hệ giữa một số yếu tố môi trường (nhiệt độ tầng mặt, độ sâu) và độ phong phú (NASC; $m^2/n.m^2$) của nhóm cá bạc má ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 2012-2017.

Trong mùa gió Tây Nam (chuyển tháng 5/2012 và 6/2017), cá bạc má tập trung phân bố trong khoảng nhiệt độ từ 29,2 – 29,9 °C; trong mùa gió Đông Bắc (năm 2012), dải nhiệt độ có sự phân bố tập trung của cá bạc má nằm trong khoảng 28,8 – 29,0 °C. Cá bạc má có sự phân bố tập trung ở khu vực gần bờ hơn vào mùa gió Tây Nam (năm 2012 và 2017), nằm trong dải độ sâu 20 – 40 m; có xu hướng phân bố ra các vùng nước sâu ở khu vực giữa vịnh Bắc Bộ, có độ sâu 30 – 70m.

* Nhóm cá nục:

Cá nục có phạm vi phân bố khá rộng, hầu hết toàn vịnh Bắc Bộ, trong đó tập trung ở một số khu vực trọng điểm (phía Tây Bắc, Tây Nam Bạch Long Vĩ, khu vực giữa vịnh và cửa vịnh Bắc Bộ). Mật độ của cá nục của chuyến điều tra vào mùa gió Đông Bắc (2003) và mùa gió Tây Nam (2004) thấp hơn nhiều so với các chuyến điều tra, chủ yếu phân bố tập trung ở khu vực phía Tây Bạch Long Vĩ, khu vực giữa vịnh Bắc Bộ. Giai đoạn 2012-2017, cá nục phân bố rộng khắp vịnh Bắc Bộ với mật độ khá cao, trong đó tập trung chủ yếu ở một số khu vực: phía Bắc vịnh Bắc Bộ, Tây Nam Bạch Long Vĩ, giữa vịnh và cửa vịnh Bắc Bộ.

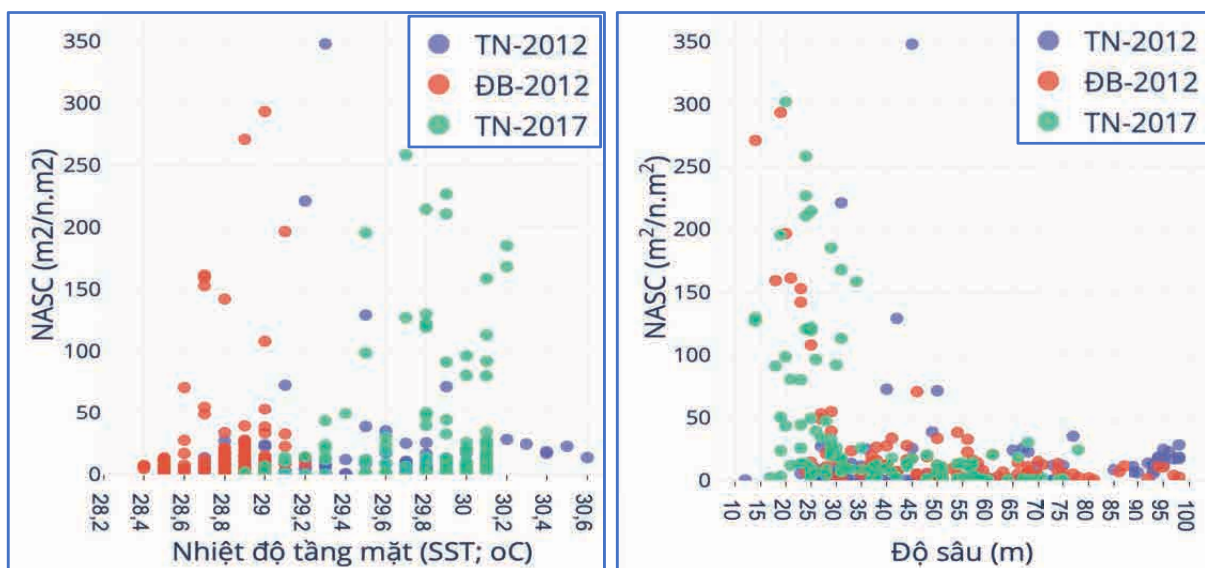


Hình 3-13. Mối liên hệ giữa một số yếu tố môi trường (nhiệt độ tầng mặt, độ sâu) và độ phong phú (NASC; $m^2/n.m^2$) của nhóm cá nục ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 2012-2017.

Các khu vực phân bố tập trung của cá nục có sự tương đồng với phân bố các yếu tố hải dương, đặc biệt là nhiệt độ nước biển và độ sâu. Phân bố của cá nục có sự khác biệt giữa mùa gió Tây Nam và mùa gió Đông Bắc. Ở mùa gió Tây Nam (năm 2012 và 2017), cá nục chủ yếu tập trung phân bố ở dải nhiệt độ từ 29,4 – 30,0°C. Trong khi đó, ở mùa gió Đông Bắc cá tập trung chủ yếu ở dải nhiệt độ 28,6 – 29,0°C. Dải độ sâu phân bố tập trung của cá nục 30 - 70m.

* Nhóm cá ngân:

Phân bố mật độ của nhóm cá ngân cũng có sự biến động khá lớn qua các giai đoạn. Trong giai đoạn 2003-2004, nhóm cá ngân ở vịnh Bắc Bộ phân bố rải rác với mật độ khá thấp, chủ yếu tập trung ở khu vực phía Bắc vịnh Bắc Bộ (từ Cô Tô đến Long Châu) và giữa vịnh Bắc Bộ. Giai đoạn 2012-2017, cá ngân phân bố với mật độ khá cao ở khu vực từ Móng Cái đến Long Châu và vùng biển xa bờ Thanh Hoá.



Hình 3-14. Mối liên hệ giữa một số yếu tố môi trường (nhiệt độ tầng mặt, độ sâu) và độ phong phú (NASC; $m^2/n.m^2$) của nhóm cá ngừ ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 2012-2017.

Kết quả nghiên cứu cho thấy, hầu hết các loài đều có sự phân bố tập trung ở những khoảng nhất định của các yếu tố sinh thái này, đặc biệt là yếu tố nhiệt độ nước biển và độ sâu. Kết quả nghiên cứu này có nhận định khá tương đồng với các kết quả nghiên cứu của Bùi Thanh Hùng & Đoàn Văn Bộ (2017) [21].

2.4. Tương quan giữa các yếu tố hải dương và phân bố cá nổi nhỏ

Kết quả phân tích GAM tương quan giữa độ phong phú tương đối của cá nổi nhỏ và các yếu tố hải dương học ở vịnh Bắc Bộ được trình bày ở Bảng 3-6, Hình 3-15, Hình 3-16, Hình 3-17, Hình 3-18, Hình 3-19 và Hình 3-20.

Tổng số 31 mô hình GAM cho 6 nhóm loài (cá cơm, cá khế, cá trích, cá bạc má, cá nục, cá bạc má) tổ hợp từ 5 biến thông số hải dương (SST, SSHa, CHR, DEP, VEL) đã được phân tích để lựa chọn mô hình tương quan giữa độ phong phú tương đối (NASC; $m^2/n.m^2$) của cá nổi nhỏ và các yếu tố hải dương học ở vịnh Bắc Bộ. Các chỉ số AIC, chỉ số DE 'Deviance Explained' và giá trị 'p-value' cho từng mô hình được sử dụng làm tiêu chí lựa chọn ra các mô hình phù hợp nhất cho mỗi loài ở mỗi chuyến điều tra.

Kết quả nghiên cứu cho thấy hầu hết các mô hình GAM đều có mức độ tương quan khá chặt (chỉ số DE >50%), ví dụ như: cá trích (mùa gió Tây Nam, 2012; DE = 63,8; mùa gió Đông Bắc, 2012; DE = 82,5%; mùa gió Tây Nam, 2017; DE

= 52,5), cá cơm (mùa gió Tây Nam, 2012; DE = 61,2; mùa gió Đông Bắc, 2012; DE = 55,5), cá ngân (mùa gió Đông Bắc, 2012; DE = 79,8%; mùa gió Tây Nam, 2017; DE = 75,9), cá bạc má (mùa gió Tây Nam, 2012; DE = 63,8). Tuy nhiên, một số mô hình GAM có mức độ tương quan khá thấp, ví dụ như: của cá cơm (mùa gió Tây Nam, 2017; DE = 16,5), cá nục (mùa gió Đông Bắc, 2012; DE = 22,0%; mùa gió Tây Nam, 2017; DE = 14,6%). Hầu hết các mô hình GAM và giá trị ước tính các hệ số của các thông số hải dương trong mô hình đều có độ tin cậy cao ($p < 0,05$; $p < 0,01$ và $p < 0,001$), ngoại trừ một số ít các thông số chưa đạt mức ý nghĩa thống kê, như: mô hình GAM của cá khế mùa gió Tây Nam 2012 (thông số SSHa và CHR); cá ngân mùa gió Đông Bắc 2012 (thông số SST).

Đối với các mô hình GAM, chỉ số DE cho phép lựa chọn các mô hình có mức độ tương quan chặt chẽ giữa các thông số hải dương và phân bố của cá. Chỉ số DE càng lớn thì mô hình có mức độ chính xác của mô hình càng cao. Bên cạnh đó, các biến thông số hải dương quan trọng nhất ảnh hưởng đến sự phân bố của cá thể hiện ở giá trị hệ số mô hình. Kết quả phân tích hàm trơn '*smoother*' của các mô hình GAM cho thấy, mỗi thông số trong mô hình có khoảng giá trị tối ưu, ở đó mức độ tương quan chặt chẽ nhất. Điều này phản ánh bản chất sinh học của các loài với các ngưỡng sinh thái tối thích.

Vai trò của các thông số hải dương đối với sự phân bố của loài còn thể hiện ở tần suất xuất hiện trong các mô hình GAM. Sự xuất hiện nhiều ở các mô hình GAM của các chuyển điều tra cũng phản ánh vai trò quan trọng của yếu tố hải dương học ảnh hưởng đến sự phân bố của loài. Kết quả phân tích bằng mô hình GAM cho thấy các yếu tố đóng vai trò quan trọng đối với mỗi loài như sau: cá cơm (~CHR), cá trích (~VEL; DEP), cá bạc má (~SST; SSHa), cá nục (~DEP), cá ngân (~SST, SSHa, CHR, VEL, DEP).

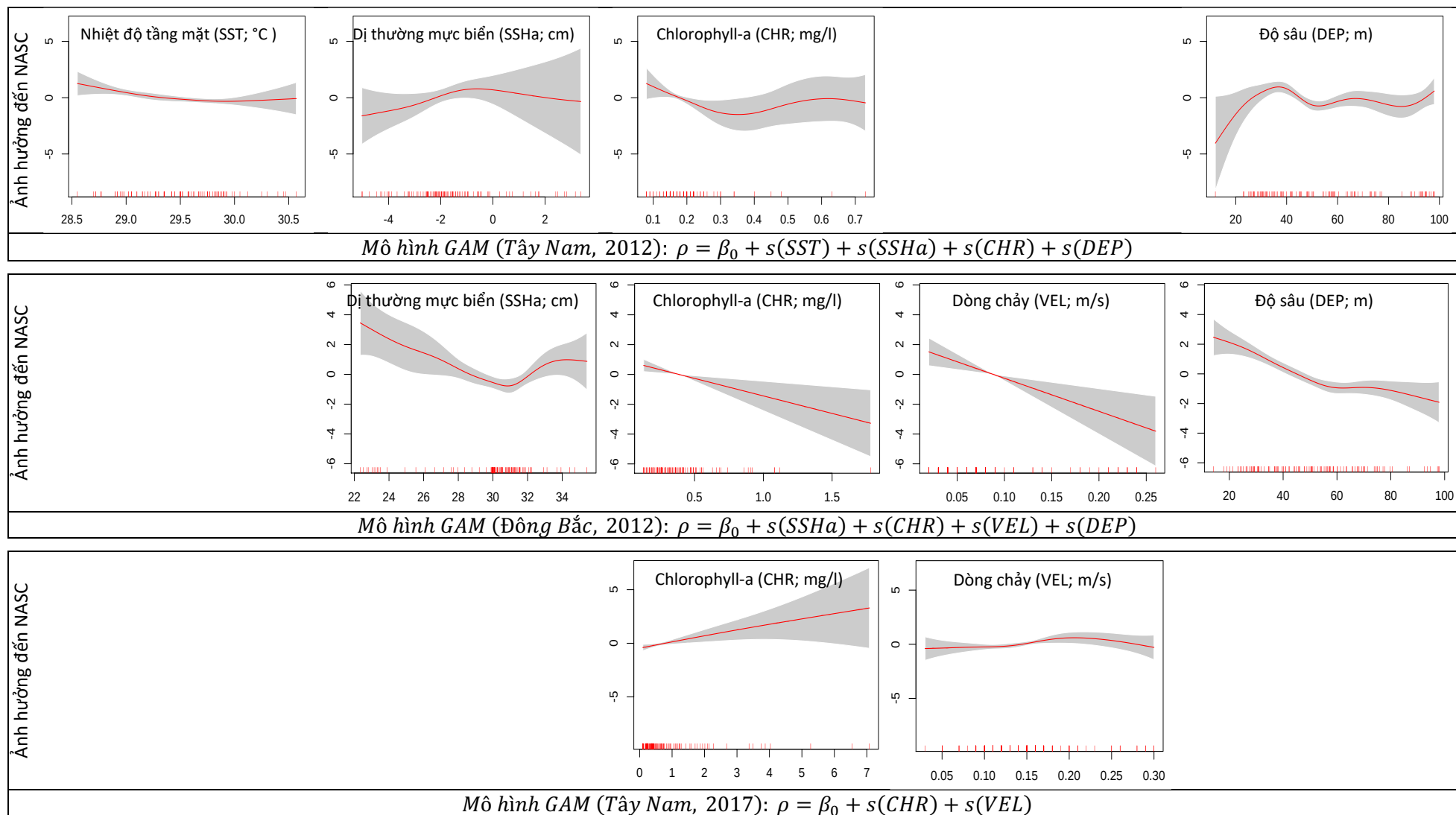
Kết quả nghiên cứu này phản ánh các yếu tố này đều ảnh hưởng và có tương quan chặt chẽ đến sự phân bố của cá. Sự biến động của các yếu tố hải dương có thể tác động đến sự phân bố của các loài cá nhỏ và có thể có những ảnh hưởng trực tiếp đến sinh trưởng, sinh sản, di cư của cá [123, 145].

Bảng 3-6: Mô hình GAMs tương quan giữa độ phong phú tương đối (sA) của cá nổi nhỏ và các yếu tố hải dương học ở vùng biển vịnh Bắc Bộ.

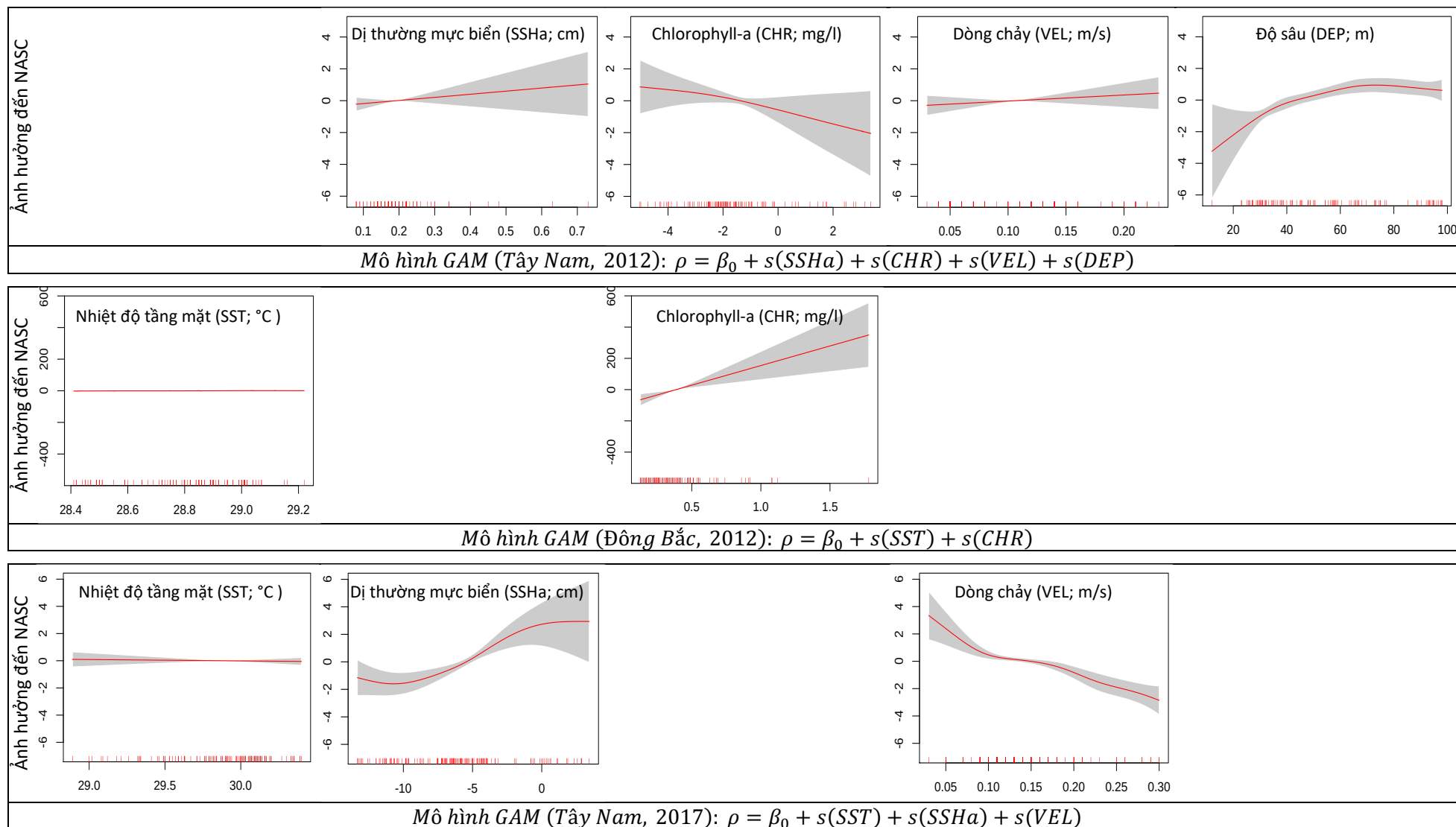
Chuyến điều tra	Mô hình GAMs						n	AIC	DE (%)	T.die (γ)
	SST	SSHa	CHR	VEL	DEP	Int.				
Cá cơm										
Tây Nam, 2012	2,3***	3,6*	3,7*		7,1***	3,5***	105	976,0	61,2	1,67
Đông Bắc, 2012		5,3**	1,0**	1,0***	4,2***	2,3***	109	742,9	55,5	1,99
Tây Nam, 2017			1,3*	3,5*		3,5*	142	1.284,4	16,5	1,98
Cá khế										
Tây Nam, 2012		1,9	1,0	1,0	3,6***	2,6***	105	787,5	41,6	1,65
Đông Bắc, 2012	4,4***		1,1***			2,8*	109	824,2	36,7	1,96
Tây Nam, 2017	1,0	5,1***		5,1***		2,9***	142	1050,5	41,4	1,99
Cá trích										
Tây Nam, 2012		3,5**		6,7**	7,1***	3,7***	105	1017,3	63,1	1,78
Đông Bắc, 2012	5,7***	2,3*	3,3***	5,7***	5,7***	3,1***	109	922,9	82,5	1,99
Tây Nam, 2017	6,2***		1,0*	5,9***	1,0**	3,6***	142	1.214,6	52,5	1,99
Cá bạc má										

Chuyến điều tra	Mô hình GAMs						n	AIC	DE (%)	T.die (γ)
	SST	SSH _a	CHR	VEL	DEP	Int.				
Tây Nam, 2012	5,6***	6,4***		4,2***	2,8**	1,6***	105	635,8	63,8	1,49
Đông Bắc, 2012	1,0**	5,1***	1,0*	1,0*		1,6***	109	621,9	38,9	1,59
Tây Nam, 2017	6,4***	5,2**	3,3**		1,0*	2,0***	142	91,6	35,3	1,48
Cá nục										
Tây Nam, 2012	1,5*		5,2**	1,0*	4,1***	5,0***	105	1.286,7	42,5	1,72
Đông Bắc, 2012	1,0**	3,9***			1,0*	4,9***	109	1.276,1	22,0	1,87
Tây Nam, 2017		7,5***	3,0**	4,9***	3,0**	4,9***	142	1.631,8	14,6	1,90
Cá ngân										
Tây Nam, 2012	1,6**	1,0**	3,6*	2,0*	4,0*	5,0***	105	1.284,5	43,3	1,71
Đông Bắc, 2012	3,5	6,2***	1,0*	2,5*	6,2***	2,4***	109	763,3	79,8	1,99
Tây Nam, 2017	1,0*	4,8**	1,0*	2,5*	2,6*	3,0***	142	1.178,9	75,9	1,60

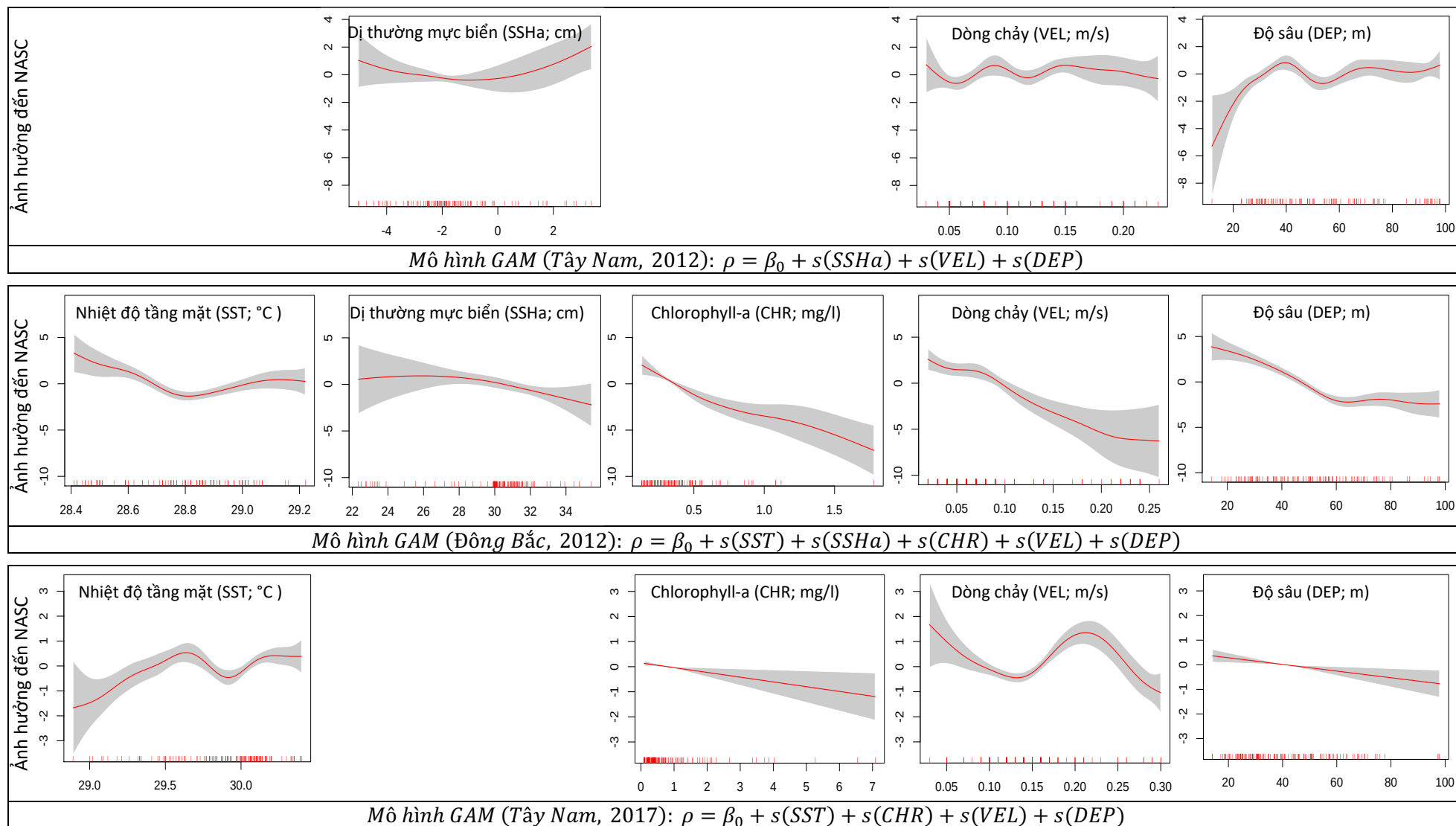
Ghi chú: (*), (**) và (***) tương ứng với các giá trị $p < 0,05$; 0,01 và 0,001; n: số mẫu; SST: nhiệt độ nước biển tầng mặt; SSH_a: độ cao dị thường mực biển; CHR: hàm lượng chlorophyll *a*; VEL: dòng chảy; DEP: độ sâu; Int.: hằng số; AIC: Tiêu chuẩn thông tin Akaike; DE: chỉ số ‘Deviance Explained’; T.die (γ): giá trị hàm phân phối Tweedie.



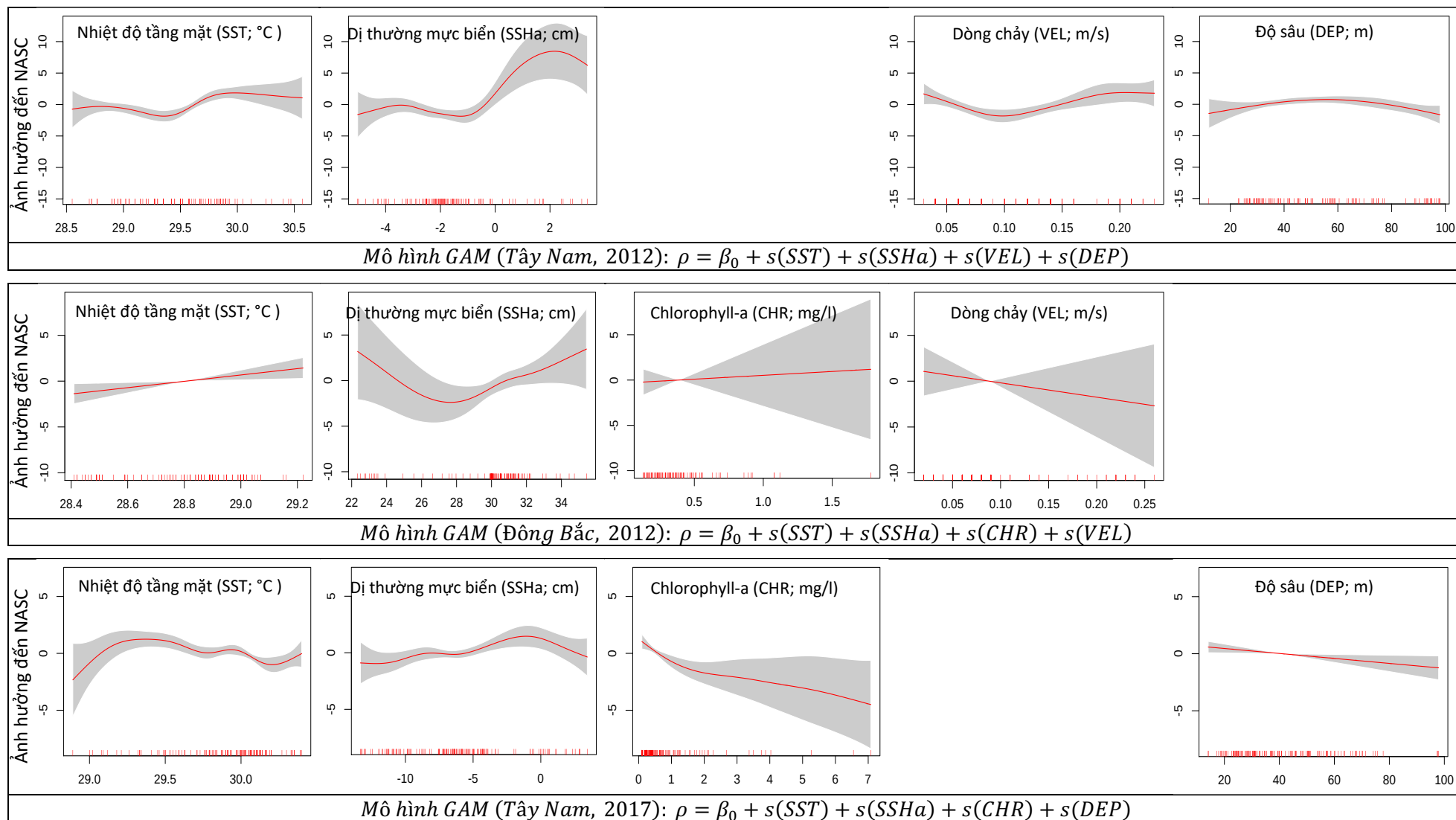
Hình 3-15. Mô hình hồi quy tổng quát bổ sung (GAM) mô tả tương quan giữa các yếu tố môi trường, hải dương học và phân bố của nhóm cá cơm ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 2012-2017.



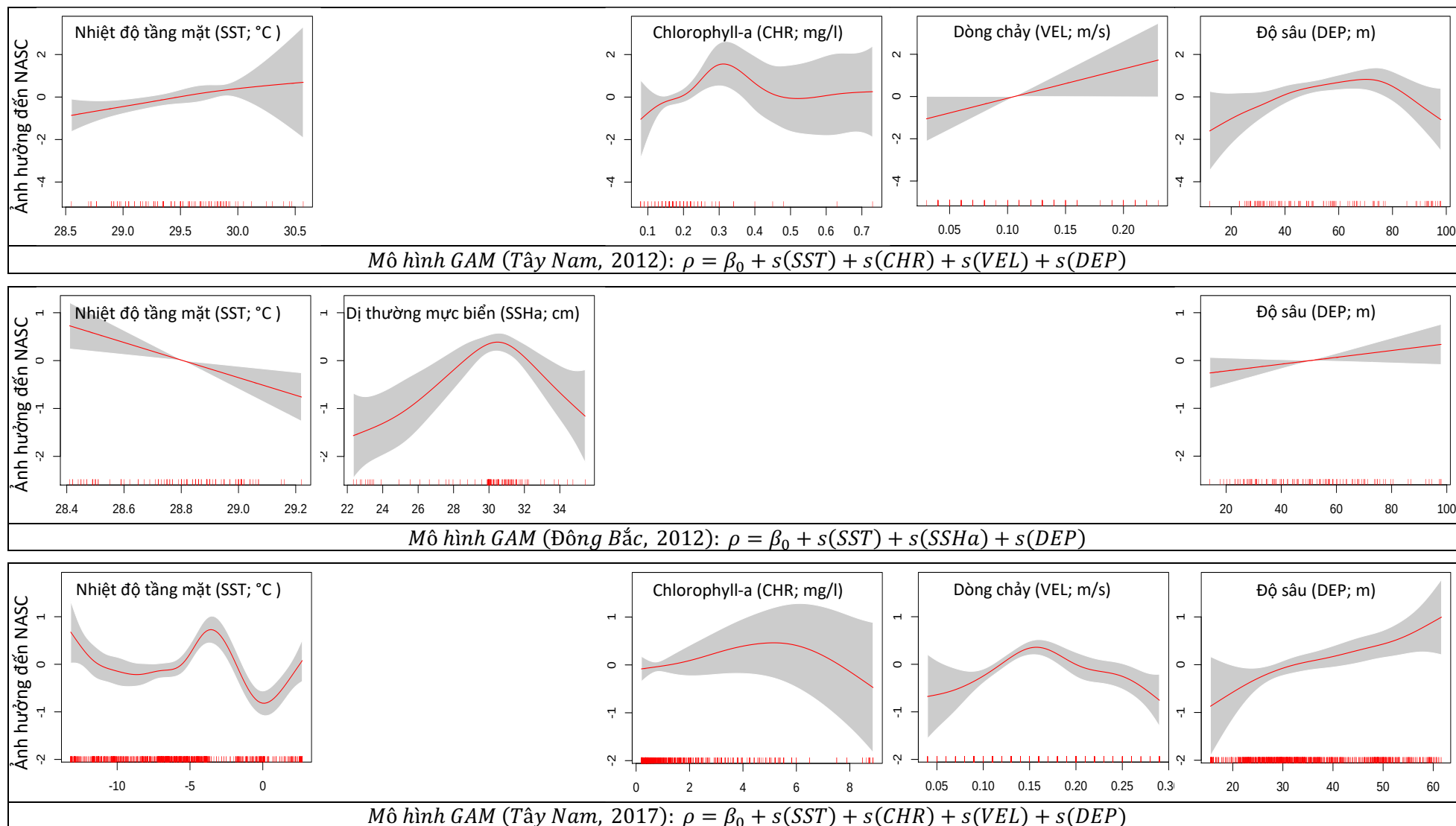
Hình 3-16. Mô hình hồi quy tổng quát bổ sung (GAM) mô tả tương quan giữa các yếu tố môi trường, hải dương học và phân bố của nhóm cá khế ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 2012-2017.



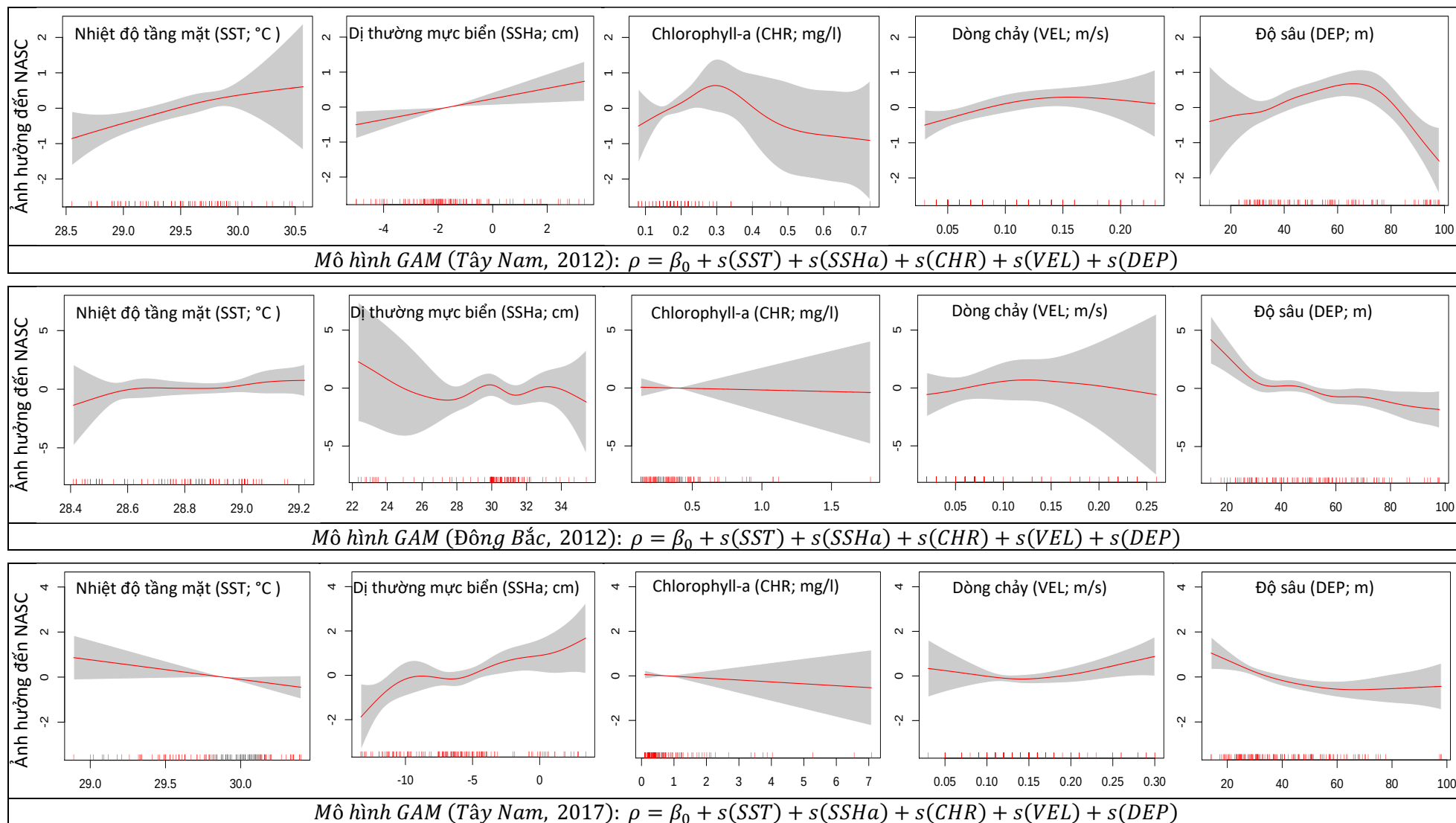
Hình 3-17. Mô hình hồi quy tổng quát bổ sung (GAM) mô tả tương quan giữa các yếu tố môi trường, hải dương học và phân bố của nhóm cá trích ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 2012-2017.



Hình 3-18. Mô hình hồi quy tổng quát bổ sung (GAM) mô tả tương quan giữa các yếu tố môi trường, hải dương học và phân bố của nhóm cá bạc má, cá thu ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 2012-2017.



Hình 3-19. Mô hình hồi quy tổng quát bổ sung (GAM) mô tả tương quan giữa các yếu tố môi trường, hải dương học và phân bố của nhóm cá nục ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 2012-2017.



Hình 3-20. Mô hình hồi quy tổng quát bổ sung (GAM) mô tả tương quan giữa các yếu tố môi trường, hải dương học và phân bố của nhóm cá ngừ, cá tráo ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 2012-2017.

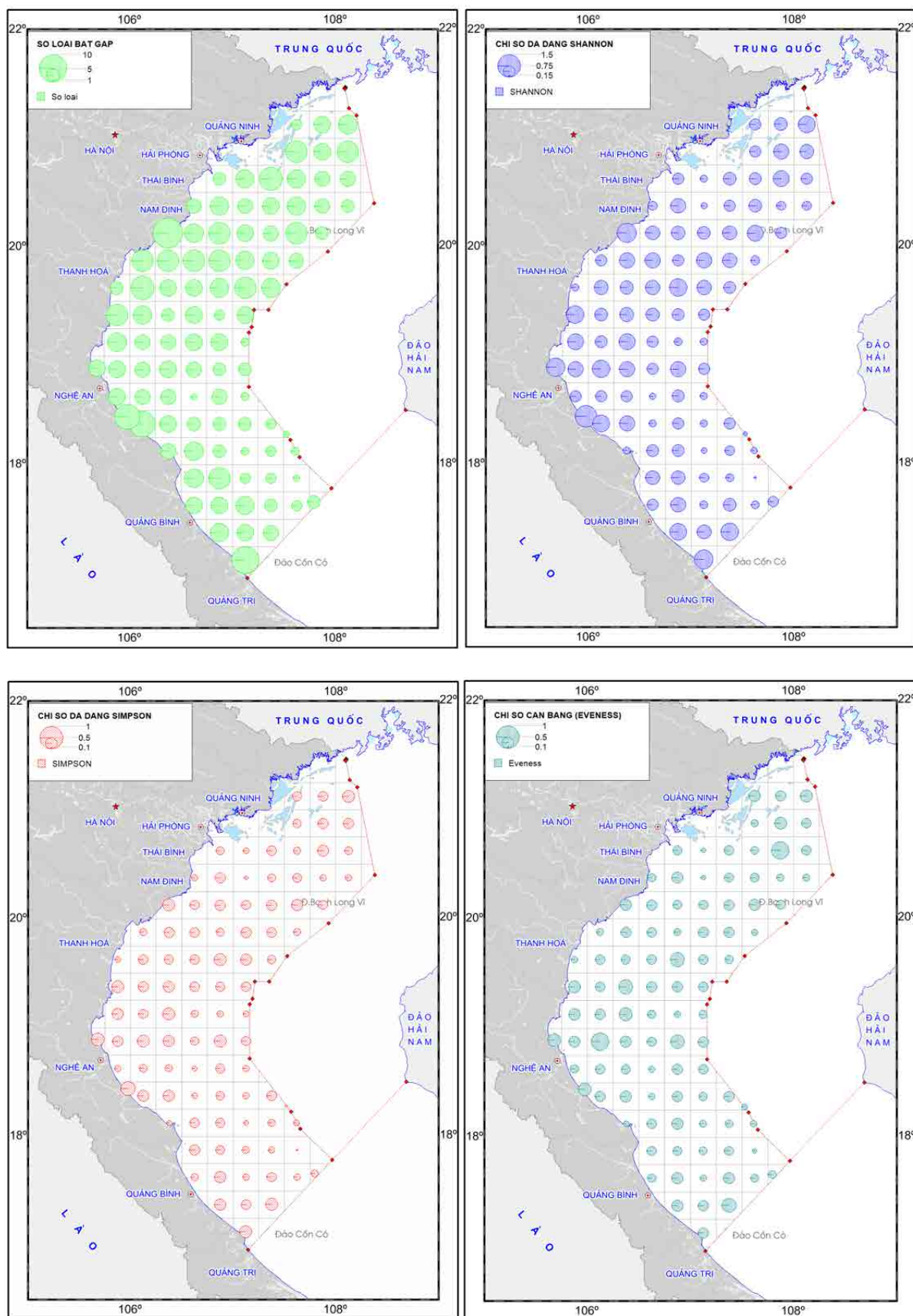
3. Đặc điểm quần xã cá nổi nhỏ

3.1. Chỉ số đa dạng sinh học quần xã cá nổi nhỏ

Đa dạng sinh học loài của quần xã cá nổi nhỏ ở vịnh Bắc Bộ giai đoạn 1996 – 2017 được trình bày ở Bảng 3-7. Biến động và phân bố các chỉ số đa dạng sinh học loài của quần xã cá nổi nhỏ được trình bày ở Hình 3-21.

Bảng 3-7. Chỉ số đa dạng sinh học loài của quần xã cá nổi nhỏ ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn từ năm 1996 đến năm 2017.

Năm	Mùa gió	Số lượng loài	Chỉ số đa dạng sinh học		
			H'	D	E
1996	Tây Nam	26	0,61	0,33	0,43
	Đông Bắc	33	0,87	0,44	0,43
2001	Tây Nam	36	1,13	0,56	0,64
	Đông Bắc	37	1,19	0,55	0,67
2003	Tây Nam	34	1,06	0,51	0,53
	Đông Bắc	34	1,05	0,47	0,47
2004	Tây Nam	39	1,08	0,53	0,55
2005	Tây Nam	33	1,00	0,48	0,52
2012	Tây Nam	23	0,58	0,33	0,34
	Đông Bắc	45	1,08	0,51	0,55
2013	Tây Nam	39	1,00	0,50	0,57
2016	Tây Nam	44	1,01	0,48	0,52
2017	Tây Nam	20	0,94	0,48	0,61
Trung bình		80	1,01	0,49	0,54



Hình 3-21. Phân bố chỉ số đa dạng sinh học loài của quần xã cá nổi nhỏ: (a) Số lượng loài; (b) Shannon Weiner; (c) Gini-Simpson; (d) Eveness.

Nhìn chung, đa dạng sinh học loài của quần xã cá nổi nhỏ ở vịnh Bắc Bộ

không cao, nằm ở mức trung bình và thấp. Chỉ số đa dạng Shannon Weiner (H') trung bình đạt 1,01 (dao động trong khoảng 0,58 – 1,13); chỉ số Gini-Simpson (D) trung bình là 0,49 (dao động trong khoảng 0,33 – 0,56); chỉ số cân bằng (Evenness - E) trung bình là 0,54 (dao động trong khoảng 0,34 – 0,67). Các chỉ số H' , D , E có sự biến động khá đồng nhất với nhau theo thời gian. Các chỉ số đa dạng sinh học của quần xã cá nổi nhỏ ở vịnh Bắc Bộ có sự biến động khá lớn theo các giai đoạn từ năm 1996 đến năm 2017.

Chỉ số H' được dùng để đánh giá sự thay đổi về sự đa dạng loài của môi trường sống này so với môi trường sống khác. Ở vịnh Bắc Bộ, mức độ đa dạng sinh học loài của quần xã cá nổi nhỏ ở các vùng biển có sự biến động khá rõ rệt, khu vực phía Nam vịnh Bắc Bộ thấp hơn so với các vùng còn lại. Mức độ đa dạng sinh học ở vùng ven bờ có xu hướng cao hơn ở các vùng ngoài khơi vịnh Bắc Bộ.

3.2. Sự tụ hợp loài '*species assemblages*' của quần xã cá nổi nhỏ

Sự tụ hợp các loài cá nổi nhỏ được đánh giá bằng các mô hình đa biến, gồm: phân tích nhóm (CA), phân tích thành phần chính (PCA). Các mô hình phân tích này cho phép đánh giá sự tụ hợp loài của quần xã theo không gian, thời gian, theo đặc trưng sinh học của các loài và tác động của các yếu tố môi trường, đối với cấu trúc quần xã cá nổi nhỏ.

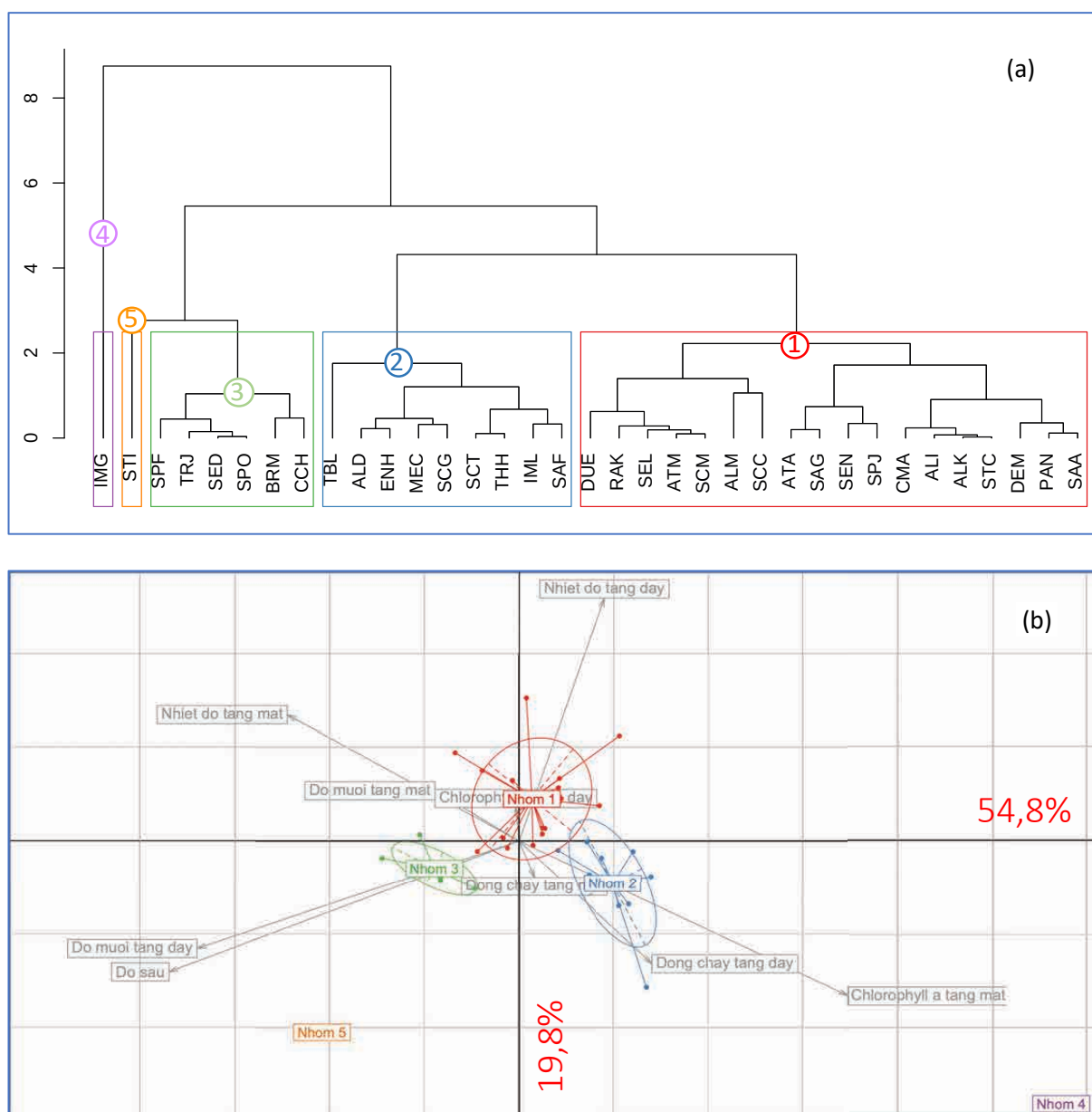
*** Sự tụ hợp loài theo không gian:**

Mô hình phân tích CA, PCA của 35 loài cá nổi nhỏ kết hợp với 9 thông số môi trường, hải dương học thu thập được của các chuyến điều tra để đánh giá sự tụ hợp loài và các tác động của các yếu tố môi trường đến cấu trúc quần xã cá nổi nhỏ ở vịnh Bắc Bộ. Kết quả phân tích PCA cho thấy, cấu trúc quần xã cá nổi nhỏ ở vịnh Bắc Bộ có sự tụ hợp loài '*species assemblages*' khá rõ rệt (Hình 3-22).

Kết quả mô hình phân tích CA và PCA đã phân tách được các loài chính trong quần xã cá nổi nhỏ ở vịnh Bắc Bộ thành 5 nhóm, bao gồm (Hình 3-22):

Nhóm 1 (18 loài): Cá ông lão Ấn Độ *Alectis indicus*, cá róc *Alepes kleinii*,

cá khế vây lưng đen *Alepes melanoptera*, cá bao áo *Atropus atropos*, cá ngân *Atule mate*, cá khế *Carangoides malabaricus*, cá nục sồ *Decapterus maruadsi*, cá trích lằm *Dussumieria elopsoidea*, cá chim đen *Parastromateus niger*, cá bạc má *Rastrelliger kanagurta*, cá trích bầu *Sardinella aurita*, cá trích xương *Sardinella gibbosa*, cá bẹ xước *Scomberoides commersonianus*, cá thu vạch *Scomberomorus commerson*, cá chỉ vàng *Selaroides leptolepis*, cá cam sọc *Seriolina nigrofasciata*, cá nhồng vằn *Sphyraena jello*, cá com thường *Stolephorus commersonii*.



Hình 3-22. Kết quả mô hình phân tích nhóm ‘Cluster Analysis’ của quần xã cá nổi nhỏ ở vùng biển vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 2012 – 2017: (a) Các nhóm các loài cá nổi nhỏ; (b) Ảnh hưởng của các yếu tố môi trường đến sự phân tách các nhóm loài.

Nhóm 2 (9 loài): Cá róc *Alepes djedaba*, cá com mồm nhọn *Encrasicholina heteroloba*, cá đé *Ilisha melastoma*, cá sông gió *Megalaspis cordyla*, cá trích thường *Sardinella fimbriata*, cá bè tôn *Scomberoides tol*, cá thu chấm *Scomberomorus guttatus*, cá lẹp quai *Thryssa hamiltonii*, cá chim vây vàng *Trachinotus blochii*.

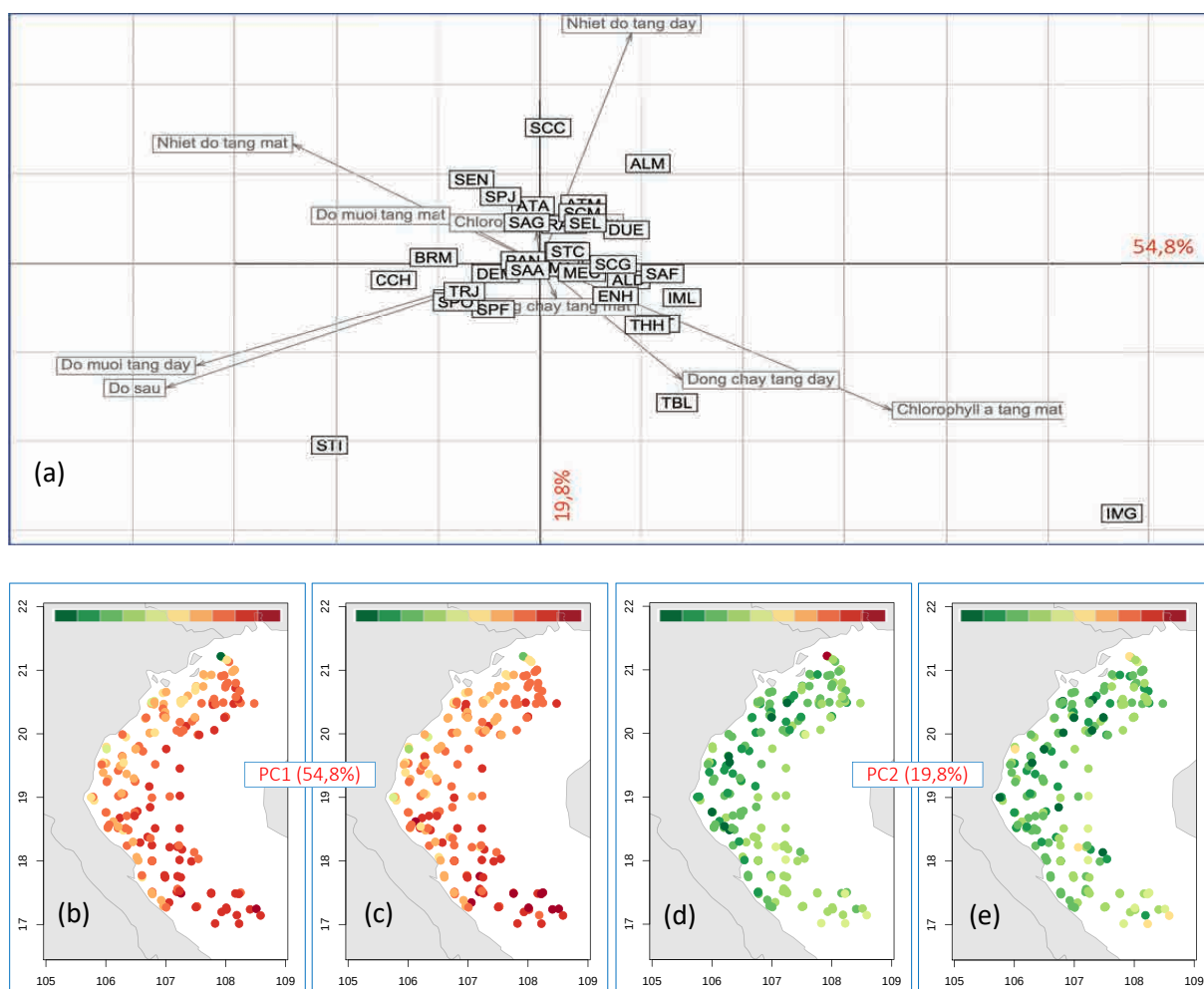
Nhóm 3 (6 loài): cá tuyết tê giác vây đen *Bregmaceros macclellandi*, cá khê mồm dài *Carangoides chrysophrys*, cá cam *Seriola dumerili*, cá nhồng đuôi vàng *Sphyræna flavicauda*, cá nhồng vàng *Sphyræna obtusata*, cá sông Nhật *Trachurus japonicus*.

Nhóm 4 (1 loài): Cá bẹ trắng *Ilisha megaloptera*.

Nhóm 5 (1 loài): Cá com Ấn Độ *Stolephorus indicus*.

Kết quả mô hình phân tích PCA cho thấy, các yếu tố môi trường có sự ảnh hưởng lớn đến sự tụ họp loài trong quần xã. Hai thành phần chính (PC1 và PC2) có thể đánh giá được 74,6% tổng giá trị phương sai, giải thích cho sự ảnh hưởng của các yếu tố môi trường đến quần xã các loài cá nổi nhỏ (Hình 3-23). Trong đó, các yếu tố môi trường đóng vai trò quan trọng đối với sự phân nhóm các loài trong quần xã, gồm: độ sâu, nhiệt độ (tầng mặt và tầng đáy), hàm lượng chlorophyll a, độ muối và dòng chảy tầng đáy.

Thành phần chính thứ nhất (PC1, với giá trị tổng phương sai 54,8%) cho phép phân tách các nhóm loài ưa sống ở vùng nước nông ven bờ, độ muối thấp (nhóm 3 và nhóm 5); nhóm loài ưa sống ở vùng nước sâu hơn, có hàm lượng chlorophyll a cao (nhóm 2 và nhóm 4). Thành phần chính thứ hai (PC2, với tổng phương sai 19,8%) cho phép phân tách các nhóm ưa sống ở những vùng có nhiệt độ tầng mặt và tầng đáy cao hơn, độ sâu lớn gần khu vực giữa và cửa vịnh Bắc Bộ (Hình 3-23).



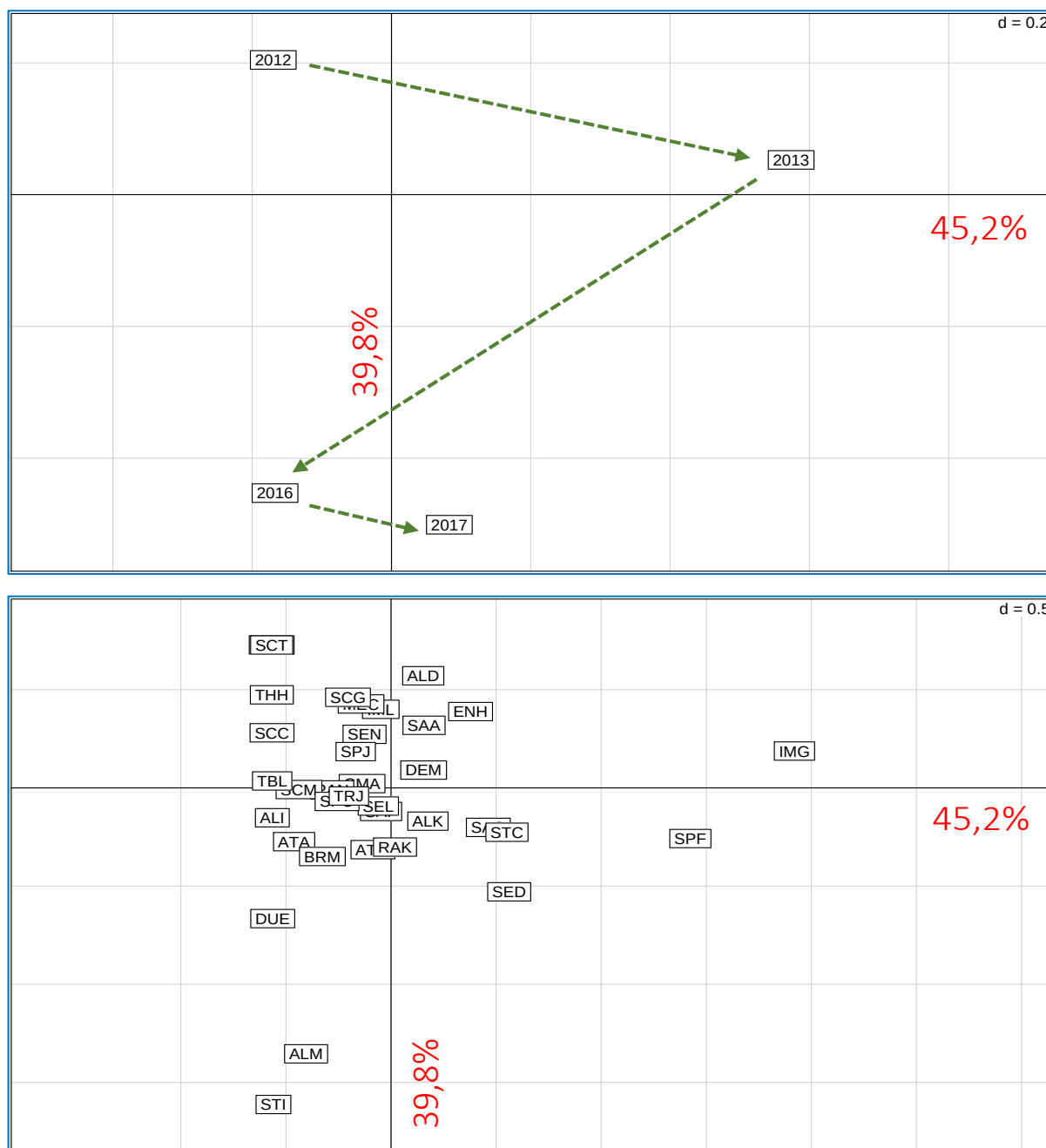
Hình 3-23. Sự tụ hợp loài của quần xã cá nổi nhỏ ở vùng biển vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 2012 – 2017: (a) Mô hình phân tích thành phần chính ‘PCA’; (b, c) Phân bố không gian của thành phần chính thứ nhất ‘PC1’; (d, e) Phân bố không gian của thành phần chính thứ hai ‘PC2’ theo mật độ và các yếu tố môi trường;

* Sự biến động cấu trúc quần xã cá nổi nhỏ theo thời gian:

Kết quả mô hình phân tích PCA cho thấy, cấu trúc quần xã các loài cá nổi nhỏ ở vịnh Bắc Bộ có sự biến động theo thời gian khá rõ rệt (Hình 3-24).

Hai thành phần chính (PC1 và PC2) với tổng phương sai là 85,0% đã đánh giá được sự biến động cấu trúc quần xã cá nổi nhỏ ở các năm 2012, 2013, 2016 và 2017. Thành phần chính thứ nhất (PC1, với tổng phương sai 45,2%) đã cho thấy sự khác biệt về cấu trúc quần xã giữa các năm 2012, 2016 và 2013, 2017. Trong khi đó, thành phần chính thứ hai (PC2, với tổng phương sai 39,8%) đã giải thích cho sự khác biệt về cấu trúc quần xã cá nổi nhỏ giữa các giai đoạn 2012-2013 và 2016-2017. Sự biến động này có mối liên hệ khá tương đồng với sự biến

động của chu kỳ El Niño và La Niña.



Hình 3-24. Mô hình phân tích thành phần chính ‘PCA’ đánh giá biến động cấu trúc nhóm quần xã cá nổi nhỏ theo thời gian ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 2012 – 2017.

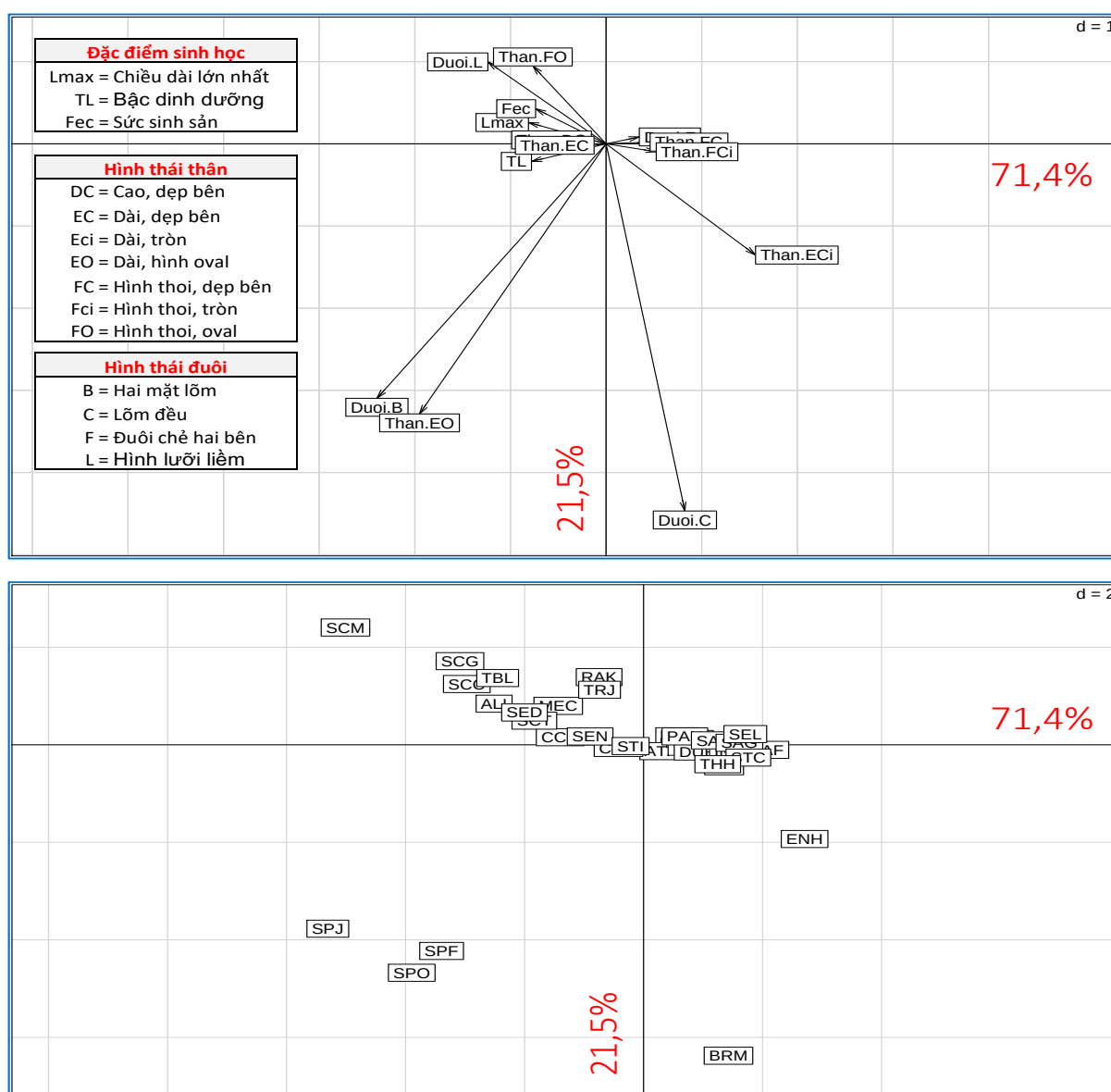
Cấu trúc quần xã có sự biến động khá lớn từ năm 2012 sang năm 2013. Các yếu tố môi trường tác động chủ yếu đến sự biến động này là dòng chảy tầng đáy và chlorophyll a tầng mặt. Giai đoạn này là thời kỳ biến động giảm của La Niña và hoạt động của El Niño có chiều hướng gia tăng.

Tương tự như vậy, cấu trúc quần xã có sự biến động khá lớn từ năm 2013 đến năm 2016. Các loài có xu hướng quần tụ ở những vùng nước nông ven bờ và

có độ muối nước biển thấp. Giai đoạn này có sự xuất hiện của El Niño (2015-2016) hoạt động rất mạnh. Giai đoạn từ năm 2016 đến 2017, các loài cá nổi nhỏ ít có sự biến động về cấu trúc trong quần xã.

*** Sự biến động cấu trúc quần xã cá nổi nhỏ theo đặc trưng sinh học loài:**

Sự tụ hợp loài trong quần xã cá nổi nhỏ còn có thể phụ thuộc vào các đặc trưng sinh học của các loài. Mô hình phân tích PCA được sử dụng để đánh giá ảnh hưởng của các đặc trưng sinh học các loài đến cấu trúc quần xã. Mô hình sử dụng các thông số gồm: chiều dài lớn nhất, bậc dinh dưỡng, sức sinh sản, hình thái thân và đuôi cá.



Hình 3-25. Mô hình phân tích thành phần chính ‘PCA’ đánh giá biến động cấu trúc nhóm quần xã cá nổi nhỏ theo các đặc trưng sinh học loài ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 2012 – 2017.

Kết quả mô hình phân tích PCA cho thấy, hai thành phần chính (PCA1 và PC2) có tổng phương sai 92,9%, giải thích cho mối liên hệ giữa đặc trưng sinh học của các loài và sự tụ hợp loài trong quần xã cá nổi nhỏ ở vịnh Bắc Bộ (Hình 3-25).

Thành phần chính thứ nhất (PC1, với tổng phương sai 71,4%) cho phép giải thích cho sự ảnh hưởng của hình thái thân và đuôi cá liên quan đến sự tụ hợp loài. Những đặc điểm hình thái, cấu tạo này liên quan trực tiếp đến khả năng vận động của cá, ví dụ như: nhóm loài có thân hình thoi, tròn hoặc oval và đuôi hình lưỡi liềm đại diện cho các loài có khả năng bơi nhanh như cá thu vạch, cá thu chấm. Bên cạnh đó, thành phần chính thứ hai (PC2, tổng phương sai 21,5%) giải thích cho việc phân tách các nhóm có kích thước nhỏ, bậc dinh dưỡng và sức sinh sản thấp với các nhóm còn lại.

4. Hiện trạng các nghề khai thác cá nổi nhỏ

4.1. Cơ cấu đội tàu và cường lực khai thác

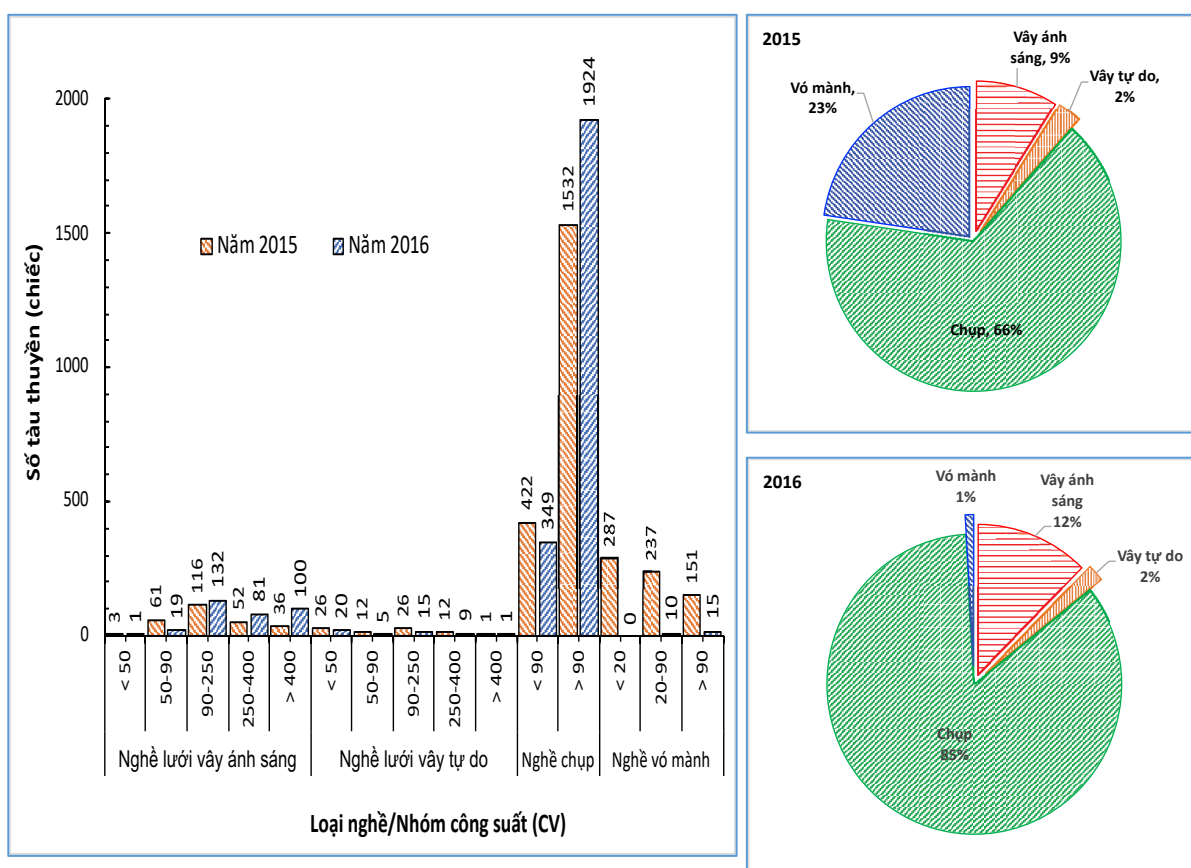
*** Cơ cấu đội tàu:**

Các nghề khai thác hải sản chủ yếu ở vùng biển vịnh Bắc Bộ gồm: nghề lưới kéo đáy, lưới rê (rê nổi, rê đáy, rê ba lớp, rê hỗn hợp), lưới vây, vó, mảnh, nghề chụp, nghề câu (câu tay và câu vàng đáy). Trong đó, cá nổi nhỏ là đối tượng chính của các nghề nghề lưới vây, vó, mảnh và nghề chụp; các nghề còn lại (nghề lưới kéo, lưới rê, câu), cá nổi nhỏ là đối tượng khai thác thứ cấp. Nghề chụp tập trung vào khai thác cá nổi nhỏ ở một số tháng nhất định trong năm. Như vậy, nghề khai thác cá nổi nhỏ chủ yếu ở vịnh Bắc Bộ bao gồm: nghề lưới vây, nghề chụp và nghề vó mảnh.

Theo thống kê của Tổng cục Thủy sản, tổng số tàu thuyền của các nghề khai thác cá nổi nhỏ chủ yếu ở vịnh Bắc Bộ năm 2015 là 2.974 và năm 2016 là 2.681 chiếc (giảm 293 chiếc) [54, 55]. Cơ cấu nghề khai thác cá nổi nhỏ cũng có sự biến động khá lớn từ năm 2015 đến năm 2016. Năm 2015, nghề lưới vây có 345 chiếc (chiếm 11,6%, bao gồm cả vây ánh sáng và vây tự do); nghề chụp 1.954 chiếc (65,7%); nghề vó mảnh 675 chiếc (22,7%). Năm 2016, nghề lưới vây có 383 chiếc

(chiếm 12,4%; tăng 38 chiếc); nghề chụp 2.273 chiếc (chiếm 84,8%; tăng 319 chiếc); nghề vó mảnh 25 chiếc (chiếm 0,9%; giảm 650 chiếc).

Giai đoạn 2015-2016, nghề khai thác cá nổi nhỏ phần lớn có công suất >90 CV và có xu hướng chuyển đổi sang cỡ tàu có công suất lớn hơn. Đối với nghề chụp, số lượng tàu <90 CV năm 2016 giảm đi 73 chiếc so với năm 2015; nhóm tàu >90 tăng lên 392 chiếc. Đối với nghề lưới vây ánh sáng, số lượng tàu <90 CV năm 2016 giảm đi 44 chiếc so với năm 2015; nhóm tàu >90 tăng lên 109 chiếc.



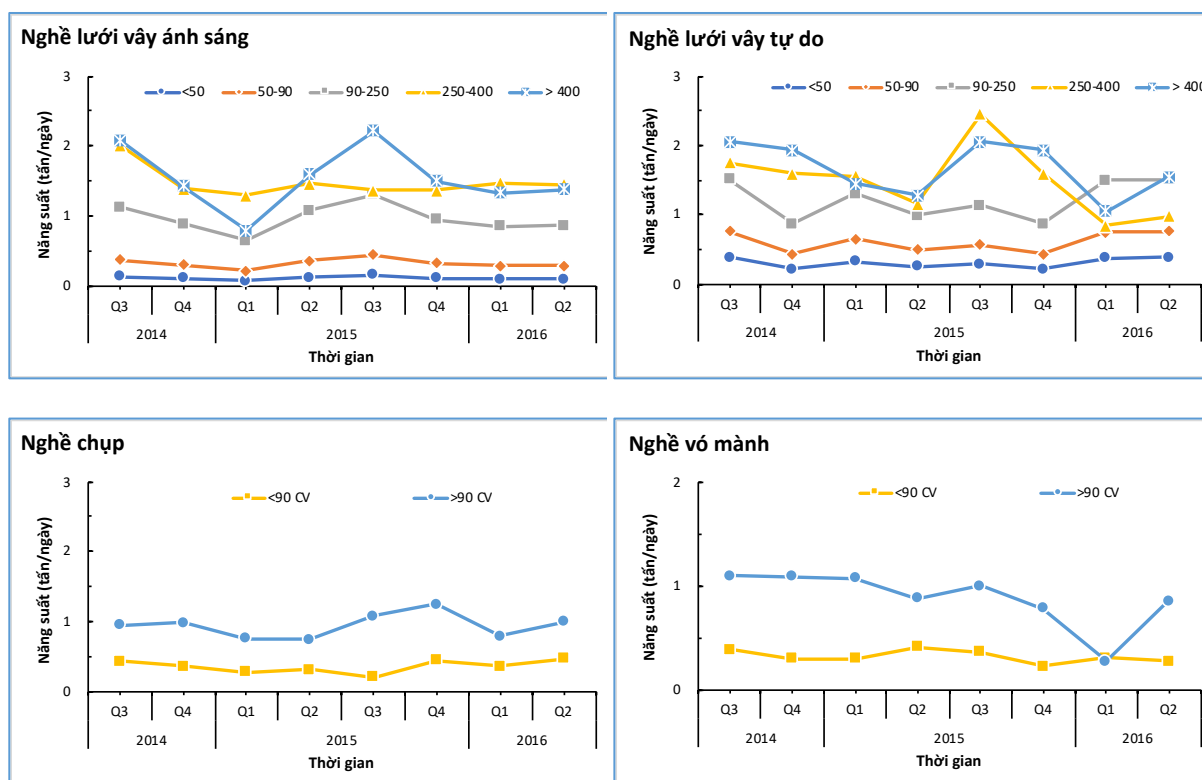
Hình 3-26: Cơ cấu đội tàu của các nghề khai thác cá nổi nhỏ (nghề lưới vây, chụp, vó mảnh) ở vùng biển vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 2015-2016.

* Cường lực khai thác:

Giai đoạn từ tháng 7/2014 đến tháng 6/2016, cường lực khai thác trung bình của nghề lưới vây ước tính khoảng 15.600 ngày tàu/quý (lưới vây ánh 12.500 ngày tàu/quý; lưới vây tự do 3.100 ngày tàu/quý); nghề chụp trung bình khoảng 100.200 ngày tàu/quý; nghề vó mảnh khoảng 12.800 ngày tàu/quý.

4.2. Năng suất khai thác

Năng suất khai thác của các nghề khai thác cá nổi nhỏ chủ yếu ở vịnh Bắc Bộ giai đoạn từ tháng 7/2014 đến tháng 6/2016 được trình bày ở Hình 3-27. Kết quả nghiên cứu cho thấy, năng suất khai thác của các nghề khai thác cá nổi nhỏ ở vịnh Bắc Bộ có sự biến động theo mùa vụ khá rõ rệt, đặc biệt là ở các nhóm tàu có công suất lớn (>90 CV).



Hình 3-27: Biến động năng suất khai thác của các nghề khai thác cá nổi nhỏ (vây ánh sáng, vây tự do, chụp, vó mảnh) ở vùng biển vịnh Bắc Bộ, giai đoạn từ tháng 7/2014 đến tháng 6/2016.

Năng suất khai thác của đội tàu lưới vây có sự biến động khá lớn giữa các đội tàu. Năng suất trung bình theo quý của nghề lưới vây ánh sáng ước tính khoảng 879 kg/ngày, trong đó, năng suất khai thác của các đội tàu <50, 50-90, 90-250, 250-400 và >400CV đạt tương ứng khoảng 107 kg/ngày, 320 kg/ngày, 959 kg/ngày, 1.475 kg/ngày và 1.537 kg/ngày. Năng suất khai thác của nghề lưới vây tự do đạt cao hơn so với nghề vây ánh sáng với năng suất của các đội tàu tương ứng là 302 kg/ngày, 605 kg/ngày, 1.210 kg/ngày, 1.488 kg/ngày và 1.659 kg/ngày. Năng suất khai thác của nghề lưới vây có sự biến động theo mùa vụ khá rõ rệt, mùa gió Tây Nam thường cao hơn so với mùa gió Đông Bắc. Nhìn chung đạt khá cao vào thời điểm quý 3 hàng năm (thời điểm chính vụ cá Nam) và thấp nhất

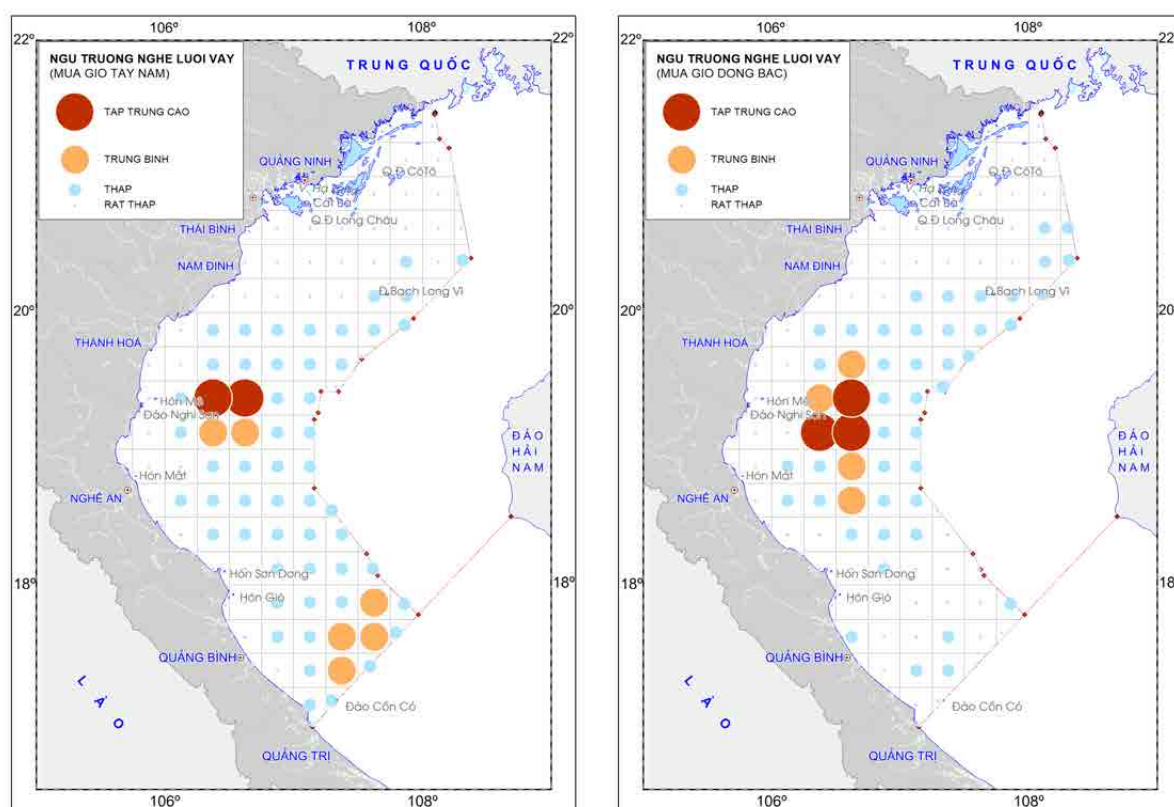
thường vào quý 1 (thời điểm chính vụ cá Bắc).

Đối với nghề chụp và nghề vó mảnh, năng suất cao nhất thường bắt gặp ở thời điểm quý 3 - quý 4; thấp nhất ở thời điểm quý 1 hàng năm. Nhìn chung, năng suất khai thác của các đội tàu này thấp hơn sơ với năng suất khai thác của nghề lưới vây.

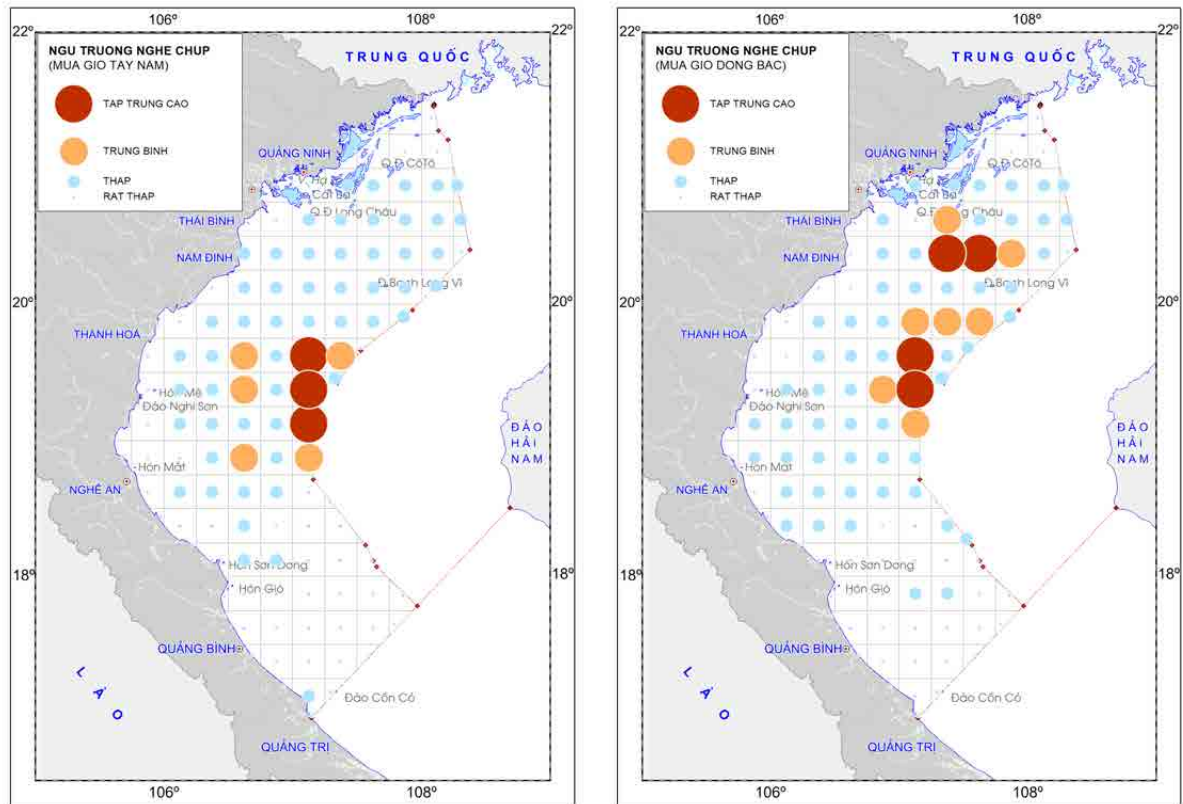
4.3. Ngư trường khai thác

Ngư trường khai thác chủ yếu của nghề lưới vây và nghề chụp ở vịnh Bắc Bộ được trình bày ở Hình 3-28 và Hình 3-29.

- *Nghe lưới vây*: Vào mùa gió Tây Nam, ngư trường tập trung chủ yếu ở khu vực giữa và khu vực cửa vịnh Bắc Bộ, trong đó ngư trường trọng điểm là khu vực giữa vịnh Bắc Bộ, với mức độ tập trung cao. Vào mùa gió Đông Bắc, ngư trường khai thác của nghề lưới vây chủ yếu chỉ tập trung ở khu vực giữa vịnh Bắc Bộ. Các vùng còn lại, mức độ tập trung khai thác không cao (Hình 3-28).



Hình 3-28: Ngư trường khai thác chủ yếu của nghề lưới vây ở vùng biển vịnh Bắc Bộ.



Hình 3-29: Ngư trường khai thác chủ yếu của nghề chụp ở vùng biển vịnh Bắc Bộ

- *Nghề chụp*: Vào mùa gió Tây Nam, ngư trường trọng điểm của nghề chụp tập trung ở khu vực giữa vịnh Bắc Bộ. Trong khi vào mùa gió Đông Bắc, ngư trường trọng điểm có xu hướng dịch chuyển lên phía Bắc và tập trung ở khu vực giữa vịnh Bắc Bộ đến phía Tây Nam Bạch Long Vỹ và khu vực phía Bắc Bạch Long Vỹ (Hình 3-29).

Như vậy, nghề lưới vây và nghề chụp có sự chồng lấn về ngư trường khai thác tập trung ở khu vực giữa vịnh Bắc Bộ. Tuy nhiên, nghề lưới vây có xu hướng tập trung khai thác ở các vùng biển phía Nam nhiều hơn, trong khi đó nghề chụp mực có xu hướng khai thác ở khu vực phía Bắc vịnh Bắc Bộ. Trên thực tế, đội tàu lưới vây chủ yếu tập trung ở một số tỉnh Thanh Hoá, Nghệ An, Hà Tĩnh, và Quảng Bình; đội tàu chụp chủ yếu ở các tỉnh Quảng Ninh, Hải Phòng, Thanh Hoá, Nghệ An, Quảng Bình. Điều này có thể do tập quán khai thác của ngư dân ở các vùng miền khác nhau, thường khai thác ở các ngư trường truyền thống của địa phương. Mặt khác, đối tượng khai thác chính nghề chụp ở vịnh Bắc Bộ có sự luân phiên giữa mực ống và cá nỏ nhỏ theo các mùa khác nhau. Trong khoảng thời gian từ

tháng 5 đến tháng 8 (mùa gió Tây Nam), hầu hết các tàu chụm tập trung vào khai thác đối tượng mực ống; các tháng còn lại tập trung vào đối tượng cá nòi nhỏ.

4.4. Sản lượng khai thác

Sản lượng khai thác trung bình theo quý của các loại nghề khai thác cá nòi nhỏ (lưới vây, chụm, vó mảnh) ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 7/2014 - 6/2016 đạt khoảng 105 ngàn tấn. Sản lượng ước tính cho năm 2015 của nghề khai thác cá nòi nhỏ ở vịnh Bắc Bộ đạt khoảng 421,5 ngàn tấn, trong đó, lưới vây ánh sáng 48,9 ngàn tấn; lưới vây tự do 11,6 ngàn tấn; chụm 321,9 ngàn tấn; vó mảnh 39,1 ngàn tấn (Bảng 3-8). Như vậy xét về sản lượng khai thác, nghề chụm là nghề khai thác nhiều nhất (chiếm 76,4%); tiếp đến là nghề lưới vây (chiếm 14,4%); và nghề vó chiếm tỉ trọng về sản lượng thấp nhất (khoảng 9,3%).

Sản lượng khai thác hàng quý của nghề lưới vây giai đoạn từ tháng 7/2014 đến tháng 6/2016 có sự biến động khá lớn theo mùa vụ, ước tính trung bình khoảng 15.754 tấn/quý. Trong đó, sản lượng cao nhất đạt được ở quý 3 hàng năm, cụ thể: Quý III (2014) đạt 19.102 tấn và Quý III (2015) đạt 18.715 tấn. Sản lượng khai thác cả năm của nghề lưới vây năm 2015 ước tính khoảng 60.522 tấn (Bảng 3-8).

Đối với nghề vây ánh sáng, thành phần sản lượng chính bao gồm các nhóm thương phẩm thường gặp bởi các nghề ánh sáng như cá nòi nhỏ (cá cơm, cá nục, cá trích, bạc má...) và mực ống. Trong đó, cá nục là nhóm chiếm tỷ lệ sản lượng cao nhất, có những thời điểm cá nục chiếm tới 82 - 85% tổng sản lượng. Đối với nghề vây tự do, thành phần sản lượng chính vẫn bao gồm là cá nục (trung bình hơn 70%), cá bạc má.

Đối với nghề chụm, thành phần sản lượng chính của nghề này là các nhóm cá nòi nhỏ và mực ống. Đối với đội tàu công suất <90CV, thành phần sản lượng chính bao gồm cá nhóm cá nục, cá bạc má, cá cơm, cá trích và mực ống. Trong đó, cá nục là nhóm thương phẩm chiếm tỷ lệ cao nhất, trung bình từng quý chiếm từ 44-82% tổng sản lượng. Đối với đội tàu công suất >90CV, các nhóm có thành phần sản lượng tỷ lệ cao là cá cơm, mực xô, cá bạc má. Nhóm cá cơm chiếm sản lượng lớn nhất, trung bình hơn 20% tổng sản lượng.

Bảng 3-8: Sản lượng khai thác (tấn) của các nghề khai thác cá nổi nhỏ (lưới vây, chụp và vó mảnh) ở vùng biển vịnh Bắc Bộ (tháng 7/2014 - 6/2016).

Loại nghề	Công suất (CV)	NĂM 2014		NĂM 2015				NĂM 2016	
		Quý III	Quý IV	Quý I	Quý II	Quý III	Quý IV	Quý I	Quý II
Vây ánh sáng	<50	12	9	6	10	16	11	2	3
	50-90	905	682	492	789	1.060	823	152	200
	90-250	6.453	4.861	3.509	5.626	7.562	5.867	3.959	5.204
	250-400	4.748	2.845	2.659	3.374	3.216	3.446	4.124	4.648
	> 400	3.498	2.220	1.206	2.875	3.635	2.770	5.414	6.174
	<i>Tổng</i>	<i>15.615</i>	<i>10.617</i>	<i>7.873</i>	<i>12.673</i>	<i>15.489</i>	<i>12.917</i>	<i>13.651</i>	<i>16.229</i>
Vây tự do	<50	356	220	329	293	279	250	264	277
	50-90	365	226	338	301	286	257	147	154
	90-250	1.759	1.087	1.626	1.449	1.375	1.235	977	1.025
	250-400	914	713	643	599	1.192	803	246	373
	> 400	92	90	69	54	95	100	44	68
	<i>Tổng</i>	<i>3.486</i>	<i>2.336</i>	<i>3.005</i>	<i>2.696</i>	<i>3.226</i>	<i>2.644</i>	<i>1.677</i>	<i>1.897</i>
Nghề chụp	<90	9.453	7.236	5.421	6.814	4.464	10.863	5.984	8.415
	>90	74.786	72.763	50.134	58.885	81.031	104.282	63.561	91.512
	<i>Tổng</i>	<i>84.239</i>	<i>79.999</i>	<i>55.555</i>	<i>65.699</i>	<i>85.495</i>	<i>115.145</i>	<i>69.546</i>	<i>99.927</i>
Nghề vó mảnh	<90	3.995	2.543	2.673	4.382	3.521	1.962	107	100
	>90	7.698	7.722	6.952	6.102	7.542	5.950	154	476
	<i>Tổng</i>	<i>11.693</i>	<i>10.265</i>	<i>9.625</i>	<i>10.485</i>	<i>11.063</i>	<i>7.913</i>	<i>261</i>	<i>576</i>
Tổng cộng		115.033	103.216	76.057	91.553	115.273	138.619	85.135	118.629

Đối với nghề vó mảnh, sản lượng chính của nghề này chủ yếu tập trung vào nhóm hải sản cá nổi nhỏ và mực ống vì đây là những nhóm có tập tính hướng sáng và bị khai thác bởi những nghề sử dụng ánh sáng nhiều nhất. Đối với đội tàu <90CV, thành phần sản lượng chính tập trung ở nhóm cá xô, cá bạc má, cá nục và mực. Đối với đội tàu >90CV, thành phần sản lượng chính bao gồm các nhóm cá cơm, cá nục, cá trích. Đặc biệt là nhóm cá cơm, chúng chiếm từ 47-83% tổng sản lượng của đội tàu này.

5. Rủi ro sinh thái của nghề khai thác cá nổi nhỏ

Các nghề khai thác cá nổi nhỏ được lựa chọn để đánh giá rủi ro sinh thái dựa trên các tiêu chí: (1) Nghề có đối tượng khai thác chính là các loài cá nổi nhỏ; (2) Nghề khai thác chủ yếu, trong sản lượng khai thác chiếm tỉ trọng lớn. Trong số các nghề khai thác cá nổi nhỏ ở vịnh Bắc Bộ, sản lượng của nghề chụp chiếm 76,4% tổng sản lượng; nghề lưới vây ánh sáng chiếm 11,6% tổng sản lượng. Do vậy, nghiên cứu này chỉ tập trung đánh giá rủi ro sinh thái của nghề lưới vây và nghề chụp.

5.1. Phân tích các nguy cơ gây rủi ro sinh thái và các yếu tố sinh thái

Các yếu tố có nguy cơ rủi ro sinh thái được phân tích đánh giá bao gồm: (i) tác động trực tiếp khi đánh bắt; (ii) khi không bị đánh bắt; (iii) bổ sung/di chuyển các vật chất sinh học; (iv) bổ sung các vật chất phi sinh học; (v) xáo trộn các yếu tố thủy lý; (vi) các nguy cơ từ bên ngoài. Kết quả phân tích định tính các nguy cơ rủi ro của nghề lưới vây và nghề chụp trình bày ở Bảng 3-9 và Bảng 3-10.

Bảng 3-9. Kết quả phân tích định tính xác định các hoạt động có nguy cơ gây rủi ro sinh thái của nghề lưới vây ở vịnh Bắc Bộ.

Tác động	Hoạt động	Điểm	Phân tích nguyên nhân
Khi bị bắt	Mồi	0	Đây là nghề khai thác không sử dụng mồi. Do đó không có rủi ro đối với các yếu tố sinh thái (S=0).
	Khai thác	1	- Đối tượng chính của nghề lưới vây là nhóm cá

Tác động	Hoạt động	Điểm	Phân tích nguyên nhân
			nổi nhỏ. Các hoạt động của nghề lưới vây sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến quần đàn các loài cá nổi nhỏ (S=1). - Đối với các loài khai thác không chủ ý, sản lượng khai thác khá lớn, ảnh hưởng trực tiếp đến quần đàn (S=1). - Các kết quả nghiên cứu cho thấy đã có ghi nhận các loài nguy cấp trong sản lượng khai thác của nghề lưới vây, bao gồm: thú biển, rùa biển và một số loài nguy cấp khác có trong Sách đỏ Việt Nam (S=1). - Các hoạt động thả lưới, thu lưới tác động khá lớn đến sinh cảnh, đặc biệt là tầng nước phía trên. Ở những vùng nước nông, đôi khi lưới chạm xuống bề mặt đáy biển, tác động đến sinh cảnh tầng đáy (S=1). - Các hoạt động khai thác trực tiếp đánh bắt các loài trong quần xã, gây ra sự biến động cấu trúc các quần xã sinh vật ở các ngư trường khai thác (S=1).
	Ngẫu nhiên	0	Không xảy ra (S=0).
Tác động	Mồi	0	Đây là nghề khai thác không sử dụng mồi. Do đó không có rủi ro đối với các yếu tố sinh thái (S=0).
trực tiếp khi không bị bắt	Khai thác	1	- Nghề lưới vây sử dụng chà rạo, ánh sáng để tập trung cá. Ánh sáng mạnh có thể ảnh hưởng trực tiếp đến cá cá thể còn non của các loài hải sản. Mặt khác, các loài khi vướng vào lưới, mặc dù không bị bắt nhưng có thể ảnh hưởng đến tập tính, di cư. Tác động này xảy ra đối với cả các loài là đối tượng

Tác động	Hoạt động	Điểm	Phân tích nguyên nhân
			chính, đối tượng không chủ ý, loài TEP (S=1). - Đối với sinh cảnh và quần xã sinh vật, các hoạt động khai thác có tác động trực tiếp hoặc gián tiếp do việc xáo trộn các tầng nước (S=1).
	Ngẫu nhiên	0	Không xảy ra (S=0).
	Mất lưới	1	Đôi khi xảy ra. Các phần bị mất, bao gồm: lưới, phao, dây giềng. Đặc biệt đối với các đội tàu lưới vây quy mô nhỏ. Lưới sau khi bị mất tồn tại trong cột nước hàng chục năm mới được phân huỷ hết và có thể tác động trực tiếp đến các loài, sinh cảnh và quần xã (S=1).
	Neo đậu	0	Các tàu thường thả trôi khi không đánh lưới (S=0).
	Hành hải	1	Hành hải đến ngư trường và ngược lại với cường độ khá lớn gây ảnh hưởng trực tiếp đến tập tính, di cư của các loài, môi trường và quần xã sinh vật (S=1).
Bổ sung/Di chuyển vật chất sinh học	Chuyển vị các loài	0	Không sử dụng mồi (là các loài ngoại lai); Tàu khai thác không đi đánh ở các vùng biển nước ngoài nên không xảy ra chuyển vị các loài ngoại lai (S=0).
	Chế biến trên tàu	0	Nghề lưới vây ở vịnh Bắc Bộ là các tàu có kích thước nhỏ, toàn bộ sản lượng đánh bắt được mang về bờ, không thực hiện chế biến ngay trên biển (S=0).
	Đổ đi trên biển	0	Toàn bộ sản lượng đánh bắt đều được mang về bờ; không có hiện tượng đổ đi trên biển (S=0).
	Tăng cường quần đàn	0	Không (S=0).

Tác động	Hoạt động	Điểm	Phân tích nguyên nhân
	Dịch vụ hậu cần	1	Hoạt động dịch vụ hậu cần trên biển (chuyển tải sản phẩm, cung cấp nhu yếu phẩm,...) của đội tàu lưới vây có thể gây tác động đến các loài, môi trường sống và quần xã sinh vật (S=1).
	Chất thải hữu cơ	1	Chất thải hữu cơ (thức ăn thừa, phân,...) thải trực tiếp ra môi trường; có thể ảnh hưởng đến các loài, môi trường và quần xã sinh vật (S=1)
Bổ sung vật chất phi sinh học	Chất thải rắn	1	Các rác thải trong quá trình hoạt động khai thác (lưới, phao, dây, đồ nhựa,...) có thể ảnh hưởng trực tiếp đến các loài, môi trường và quần xã sinh vật (S=1).
	Hoá chất gây ô nhiễm	1	Các hoá chất tẩy rửa, dầu, nước la canh trong quá trình khai thác trên biển có thể ảnh hưởng trực tiếp đến các loài, môi trường và quần xã sinh vật (S=1).
	Khí thải	1	Khí thải máy tàu phát ra trong quá trình vận hành có thể ảnh hưởng trực tiếp hoặc gián tiếp đến các loài, môi trường và quần xã sinh vật (S=1).
	Hành hải	1	Di chuyển đến ngư trường và ngược lại với cường độ khá lớn gây ảnh hưởng trực tiếp đến tập tính, di cư của các loài, môi trường và quần xã sinh vật (S=1).
	Hoạt động/xuất hiện trên mặt nước	1	Tàu lưới vây thường hoạt động theo đội tàu trên cùng ngư trường, do đó có thể gây nhiễu loạn mặt nước khu vực đánh bắt, ảnh hưởng trực tiếp đến tập tính, di cư của các loài, môi trường và quần xã sinh vật (S=1).
Xáo	Môi	0	Đây là nghề khai thác không sử dụng môi. Do đó

Tác động	Hoạt động	Điểm	Phân tích nguyên nhân
trộn quá trình thủy lý			không có rủi ro đối với các yếu tố sinh thái (S=0).
	Khi đánh bắt	1	Khi đánh bắt có thể gây xáo trộn môi trường nước do hoạt động của ngư cụ, ảnh hưởng trực tiếp đến tập tính, di cư của các loài, môi trường và quần xã sinh vật (S=1).
	Hạ thủy tàu	0	Không xảy ra (S=0).
	Neo đậu	0	Các tàu thường thả trôi khi không đánh lưới (S=0).
	Hành hải	1	Hành hải đến ngư trường và ngược lại với cường độ khá lớn gây ảnh hưởng trực tiếp đến tập tính, di cư của các loài, môi trường và quần xã sinh vật (S=1).
Các nguy cơ bên ngoài	Nghề khai thác khác	1	Cá nỏ nhỏ cũng là đối tượng của các nghề khác (chụp, vó, mảnh, lưới kéo), ảnh hưởng trực tiếp đến các loài, môi trường và quần xã sinh vật (S=1).
	Nuôi trồng thủy sản	1	Nuôi trồng thủy sản sử dụng cá nỏ nhỏ làm thức ăn, làm gia tăng áp lực khai thác nên gián tiếp ảnh hưởng đến các loài, môi trường và quần xã sinh vật (S=1).
	Đô thị hoá, công nghiệp hoá	1	Đô thị hoá, các khu công nghiệp ven biển có nguy cơ gây ô nhiễm môi trường, ảnh hưởng trực tiếp đến các loài, môi trường và quần xã sinh vật (S=1).
	Khai khoáng	0	Không xảy ra (S=0).
	Hàng hải	1	Có ảnh hưởng khi các ngư trường khai thác nằm trên tuyến hàng hải quốc tế (S=1).
	Du lịch	0	Không xảy ra (S=0).
Ghi chú: Điểm S=1 có nguy cơ gây rủi ro sinh thái; Điểm S=0 không có nguy cơ			

Bảng 3-10. Kết quả phân tích định tính xác định các hoạt động có nguy cơ gây rủi ro sinh thái của nghề chụp ở vịnh Bắc Bộ.

Tác động	Hoạt động	Điểm	Phân tích nguyên nhân
Khi bị bắt	Mồi	0	Đây là nghề khai thác không sử dụng mồi. Do đó không có rủi ro đối với các yếu tố sinh thái (S=0).
	Khai thác	1	- Đối tượng chính của nghề chụp là nhóm cá nhỏ và mực ống. Nghề chụp có kích thước mắt lưới khá nhỏ, nên tỉ lệ sản lượng khai thác cá con khá lớn. Các hoạt động của nghề chụp sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến các quần đàn (S=1). - Đối với các loài khai thác không chủ ý, sản lượng khai thác khá lớn, ảnh hưởng trực tiếp đến quần đàn (S=1). - Chưa ghi nhận các loài nguy cấp trong sản lượng khai thác của nghề chụp, như: thú biển, rùa biển và một số loài nguy cấp khác có trong Sách đỏ Việt Nam (S=0). - Lưới chụp có chiều cao khá lớn, khi hoạt động đôi khi lưới chạm xuống bề mặt đáy biển, tác động đến sinh cảnh tầng đáy (S=1). - Các hoạt động khai thác trực tiếp đánh bắt các loài trong quần xã, gây ra sự biến động cấu trúc các quần xã sinh vật ở các ngư trường khai thác (S=1).
	Ngẫu nhiên	0	Không xảy ra (S=0).
Tác động trực tiếp khi	Mồi	0	Đây là nghề khai thác không sử dụng mồi. Do đó không có rủi ro đối với các yếu tố sinh thái (S=0).
	Khai thác	1	- Nghề chụp sử dụng ánh sáng để tập trung cá nên có thể ảnh hưởng trực tiếp đến cá cá thể còn non

Tác động	Hoạt động	Điểm	Phân tích nguyên nhân
không bị bắt			của các loài hải sản. Mặt khác, các loài khi vướng vào lưới, mặc dù không bị bắt nhưng có thể ảnh hưởng đến tập tính, di cư. Tác động này xảy ra đối với cả các loài là đối tượng chính, đối tượng không chủ ý, loài TEP (S=1). - Đối với sinh cảnh và quần xã sinh vật, các hoạt động khai thác có tác động trực tiếp hoặc gián tiếp do việc xáo trộn các tầng nước (S=1).
	Ngẫu nhiên	0	Không xảy ra (S=0).
	Mất lưới	1	Ít khi xảy ra. Tuy nhiên, khi lưới bị mất (lưới, phao, dây giềng) sẽ mất tồn tại trong cột nước hàng chục năm mới được phân huỷ hết và có thể tác động trực tiếp đến các loài, sinh cảnh và quần xã (S=1).
	Neo đậu	0	Các tàu thường thả trôi khi không đánh lưới (S=0).
	Hành hải	1	Hành hải đến ngư trường và ngược lại với cường độ khá lớn gây ảnh hưởng trực tiếp đến tập tính, di cư của các loài, môi trường và quần xã sinh vật (S=1).
Bổ sung/Di chuyển vật chất sinh học	Chuyển vị các loài	0	Không sử dụng mồi (là các loài ngoại lai); Tàu khai thác không đi đánh ở các vùng biển nước ngoài nên không xảy ra chuyển vị các loài ngoại lai (S=0).
	Chế biến trên tàu	0	Nghề chụp ở vịnh Bắc Bộ là các tàu có kích thước nhỏ, toàn bộ sản lượng đánh bắt được mang về bờ, không thực hiện chế biến ngay trên biển (S=0).
	Đổ đi trên	0	Toàn bộ sản lượng đánh bắt đều được mang về bờ;

Tác động	Hoạt động	Điểm	Phân tích nguyên nhân
	biển		không có hiện tượng đồ đi trên biển (S=0).
	Tăng cường quần đàn	0	Không (S=0).
	Dịch vụ hậu cần	1	Việc chuyển tải sản phẩm, cung cấp nhu yếu phẩm,... trên biên của đội tàu chụm có thể gây tác động đến các loài, môi trường sống và quần xã sinh vật (S=1).
	Chất thải hữu cơ	1	Chất thải hữu cơ (thức ăn thừa, phân,...) thải trực tiếp ra môi trường; có thể ảnh hưởng đến các loài, môi trường và quần xã sinh vật (S=1)
Bổ sung vật chất phi sinh học	Chất thải rắn	1	Các rác thải trong quá trình hoạt động khai thác (lưới, phao, dây, đồ nhựa,...) có thể ảnh hưởng trực tiếp đến các loài, môi trường và quần xã sinh vật (S=1).
	Hoá chất gây ô nhiễm	1	Các hoá chất tẩy rửa, dầu, nước la canh trong quá trình khai thác trên biển có thể ảnh hưởng trực tiếp đến các loài, môi trường và quần xã sinh vật (S=1).
	Khí thải	1	Khí thải máy tàu phát ra trong quá trình vận hành có thể ảnh hưởng trực tiếp hoặc gián tiếp đến các loài, môi trường và quần xã sinh vật (S=1).
	Hành hải	1	Di chuyển đến ngư trường và ngược lại với cường độ khá lớn gây ảnh hưởng trực tiếp đến tập tính, di cư của các loài, môi trường và quần xã sinh vật (S=1).
	Hoạt động/xuất	1	Tàu chụm thường hoạt động theo đội tàu, do đó có thể gây nhiễu loạn mặt nước khu vực đánh bắt, ảnh

Tác động	Hoạt động	Điểm	Phân tích nguyên nhân
	hiện trên mặt nước		hưởng trực tiếp đến tập tính, di cư của các loài, môi trường và quần xã sinh vật (S=1).
Xáo trộn quá trình thủy lý	Mồi	0	Đây là nghề khai thác không sử dụng mồi. Do đó không có rủi ro đối với các yếu tố sinh thái (S=0).
	Khi đánh bắt	1	Khi đánh bắt có thể gây xáo trộn môi trường nước do hoạt động của ngư cụ, ảnh hưởng trực tiếp đến tập tính, di cư của các loài, môi trường và quần xã sinh vật (S=1).
	Hạ thủy tàu	0	Không xảy ra (S=0).
	Neo đậu	0	Các tàu thường thả trôi khi không đánh lưới (S=0).
	Hành hải	1	Hành hải đến ngư trường và ngược lại với cường độ khá lớn gây ảnh hưởng trực tiếp đến tập tính, di cư của các loài, môi trường và quần xã sinh vật (S=1).
Các nguy cơ bên ngoài	Nghề khai thác khác	1	Cá nỏ nhỏ cũng là đối tượng của các nghề khác (lưới vây, vó, mảnh, lưới kéo), ảnh hưởng trực tiếp đến các loài, môi trường và quần xã sinh vật (S=1).
	Nuôi trồng thủy sản	1	Nuôi trồng thủy sản sử dụng cá nỏ nhỏ làm thức ăn, làm gia tăng áp lực khai thác nên gián tiếp ảnh hưởng đến các loài, môi trường và quần xã sinh vật (S=1).
	Đô thị hoá, công nghiệp hoá	1	Đô thị hoá, các khu công nghiệp ven biển có nguy cơ gây ô nhiễm môi trường, ảnh hưởng trực tiếp đến các loài, môi trường và quần xã sinh vật (S=1).
	Khai	0	Không xảy ra (S=0).

Tác động	Hoạt động	Điểm	Phân tích nguyên nhân
	khoáng		
	Hàng hải	1	Có ảnh hưởng khi các ngư trường khai thác nằm trên tuyến hàng hải quốc tế (S=1).
	Du lịch	0	Không xảy ra (S=0).
Ghi chú: Điểm S=1 có nguy cơ gây rủi ro sinh thái; Điểm S=0 không có nguy cơ			

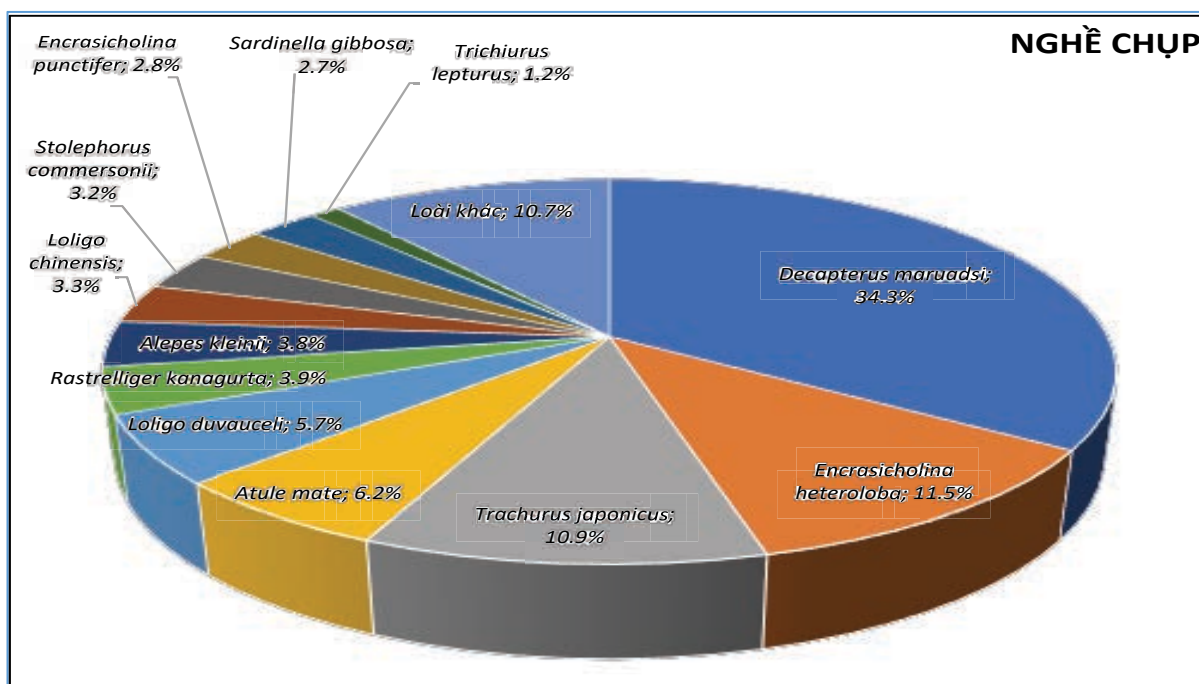
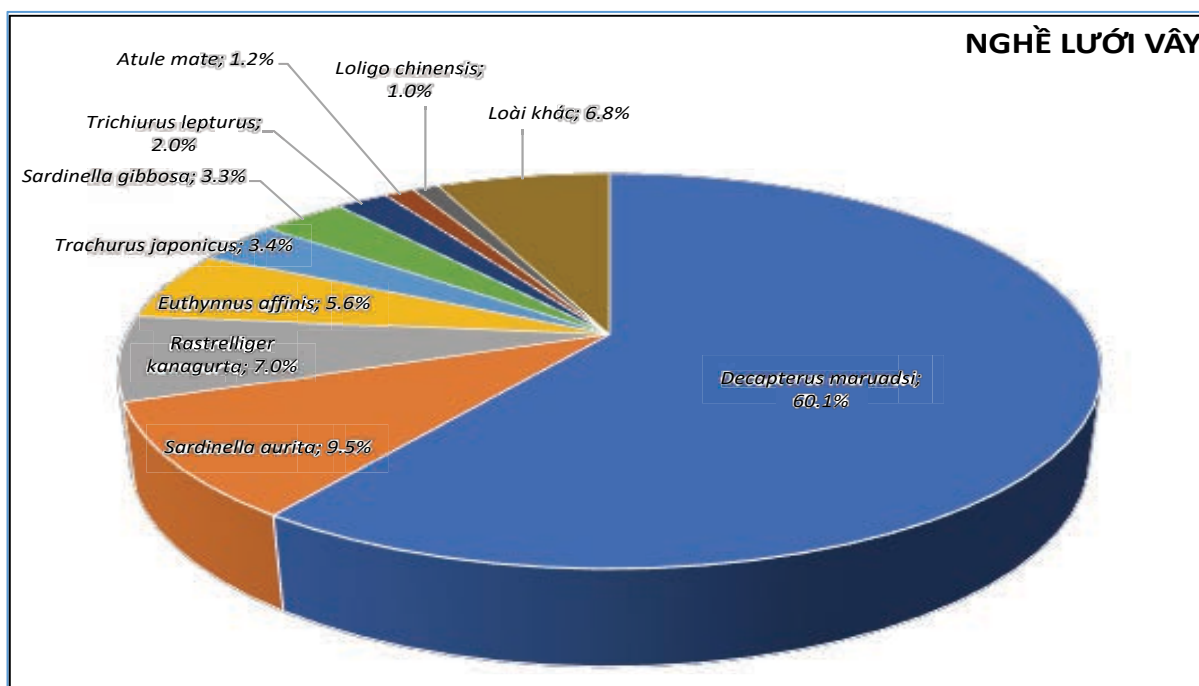
Kết quả nghiên cứu đã được 17 nhóm nguy cơ rủi ro sinh thái trong tổng số 31 nguy cơ tiềm năng của nghề lưới vây và nghề chụp ở vịnh Bắc Bộ. Các hoạt động có nguy cơ rủi ro của nghề lưới vây đối với các yếu tố sinh thái này được lựa chọn để tiến hành phân tích, đánh giá ở cấp độ 1 (SICA). Các tác động trực tiếp từ nghề cá (gồm 13 nguy cơ: hoạt động khai thác, mất lưới trong quá trình khai thác, hành hải, dịch vụ hậu cần, chất thải hữu cơ, chất thải rắn, hoá chất gây ô nhiễm, khí thải, sự hiện diện tại ngư trường); Các tác động bên ngoài (gồm 4 nguy cơ: các nghề khai thác hải sản khác, nuôi trồng thủy sản, đô thị hoá và khu công nghiệp ven biển, hàng hải).

5.2. Các nhóm loài đánh giá rủi ro sinh thái

* Các loài khai thác chính:

Các loài khai thác chính được xác định là những loài chiếm tỷ lệ lớn trong sản lượng của mẻ lưới (>1% sản lượng) và là đối tượng mục tiêu mà nghề khai thác hướng đến. Kết quả nghiên cứu thành phần sản lượng của nghề lưới vây và nghề chụp trong các chuyến điều tra, giám sát khai thác ở vịnh Bắc Bộ được trình bày ở Hình 3-30.

- Nghề lưới vây: Thành phần sản lượng có 9 loài chiếm tỉ lệ cao (>1,0% tổng sản lượng), gồm: cá nục sò *Decapterus maruadsi* (60,0% tổng sản lượng) cá trích bầu *Sardinella aurita* (9,5%), cá bạc má *Rastrelliger kanagurta* (7,0%), cá ngừ chám *Euthynnus affinis* (5,6%), cá sòng Nhật *Trachurus japonicus* (3,4%), cá trích xương *Sardinella gibbosa* (3,3%), cá hổ *Trichiurus lepturus* (2,0%), cá ngân *Atule mate* (1,2%) và mực ống Trung Hoa *Loligo chinensis* (1,0%).



Hình 3-30: Thành phần sản lượng những loài khai thác chính của nghề lưới vây và nghề chụp ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn từ tháng 7/2014 đến tháng 6/2016.

- Nghề chụp: Sản lượng khai thác của nghề chụp bao gồm 12 loài chiếm tỉ lệ cao (>1,0% tổng sản lượng), gồm: cá nục sò *Decapterus maruadsi* (34,3%), cá cơm mồm nhọn *Encrasicholina heteroloba* (11,5%), cá sòng Nhật *Trachurus japonicus* (10,9%), cá ngừ *Atule mate* (6,2%), mực ống đu-vau *Loligo duvauceli* (5,7%), cá bạc má *Rastrelliger kanagurta* (3,9%), cá róc *Alepes kleinii* (3,8%), mực ống Trung Hoa *Loligo chinensis* (3,3%), cá cơm thường *Stolephorus*

commersonii (3,2%), cá cơm *Encrasicholina punctifer* (2,8%), cá trích xương *Sardinella gibbosa* (2,7%) và cá hô *Trichiurus lepturus* (1,2%).

*** Các loài khai thác không chủ ý:**

Các loài thứ cấp là những loài không phải đối tượng khai thác chính nhưng chiếm tỷ lệ sản lượng tương đối lớn hoặc tần suất bắt gặp khá cao trong sản lượng của mẻ lưới. Đối với nghề lưới vây ở vịnh Bắc Bộ, những loài khai thác thứ cấp quan trọng chiếm tỷ lệ sản lượng lớn. Các loài khai thác không chủ ý là những loài không phải là đối tượng khai thác chính, bắt gặp trong sản lượng của mẻ lưới với tỷ lệ không lớn, hoặc tần suất bắt gặp khá thấp; ví dụ: một số loài thuộc nhóm cá đáy, tôm,... không phải là đối tượng hướng đến của nghề lưới vây nhưng trong quá trình khai thác, lưới chạm xuống các tầng nước gần đáy nên đánh bắt được các loài này.

*** Các loài nguy cấp:**

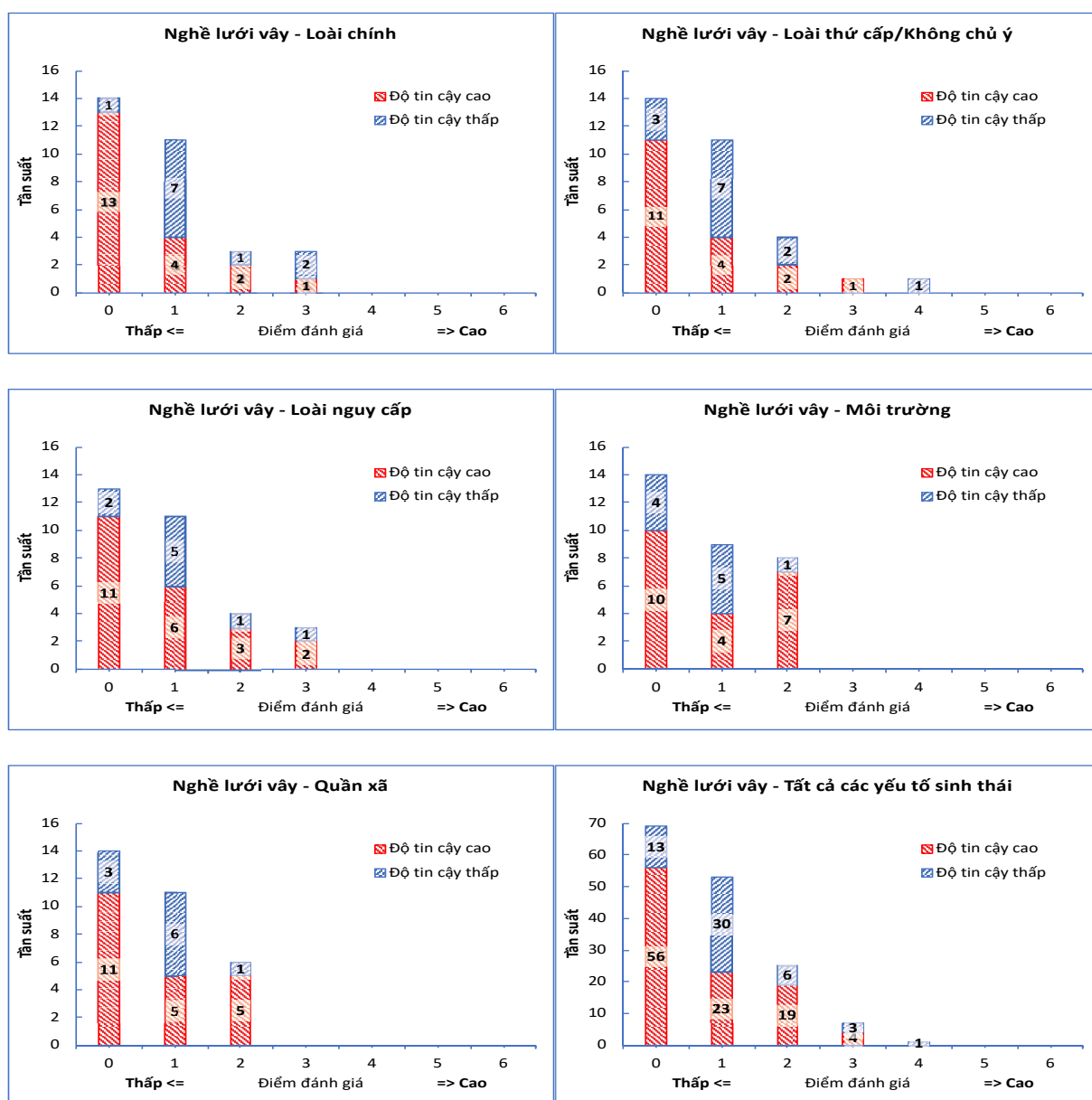
Các loài nguy cấp là những loài quý hiếm, có nguy cơ tuyệt chủng hoặc các loài cần được bảo vệ. Các loài nguy cấp được xác định dựa vào Danh lục đỏ các loài của Liên minh Quốc tế Bảo tồn Thiên nhiên và Tài nguyên Thiên nhiên (IUCN Redlist), Sách đỏ Việt Nam, Danh mục các loài thuộc các Phụ lục của Công ước về thương mại quốc tế các loài động, thực vật hoang dã nguy cấp. Các loài nguy cấp có thể bị tác động bởi các hoạt động đánh bắt của nghề khai thác (bị đánh bắt hoặc chịu sự tác động của các hoạt động đánh bắt). Các loài TEP đối với nghề lưới vây ở vịnh Bắc Bộ bao gồm: (1) Các loài thú biển; (2) Các loài rùa biển; (3) Các loài cá và hải sản khác.

5.3. Phân tích SICA (cấp độ 1)

Kết quả phân tích SICA đánh giá 31 nguy cơ gây rủi ro của nghề lưới vây và nghề chụp ở vịnh Bắc Bộ tác động đến 5 yếu tố sinh thái (loài khai thác chính, loài khai thác không chủ ý, các loài nguy cấp, môi trường, quần xã sinh vật) được trình bày ở Bảng 3-11, Bảng 3-12, Hình 3-31 và Hình 3-32.

*** Đối với nghề lưới vây:**

Kết quả phân tích SICA cho thấy, hoạt động trong quá trình khai thác của nghề lưới vây là yếu tố có tác động rủi ro cao (điểm đánh giá $SC \geq 3$) đối với 3 yếu tố sinh thái, gồm: loài chính; loài thứ cấp; loài nguy cấp. Các rủi ro này xảy ra cả khi các loài này bị đánh bắt và khi các loài này không bị đánh bắt trong quá trình khai thác. Tuy nhiên, các hoạt động trong quá trình khai thác của nghề lưới vây có rủi ro thấp đối với 2 yếu tố: môi trường và quần xã sinh vật. Bên cạnh đó, các nguy cơ bên ngoài cũng có rủi ro cao đối với 3 yếu tố sinh thái, gồm: loài chính; loài không chủ ý; loài nguy cấp.



Hình 3-31. Kết quả phân tích SICA đánh giá rủi ro sinh thái của nghề lưới vây đối với các yếu tố sinh thái ở vịnh Bắc Bộ.

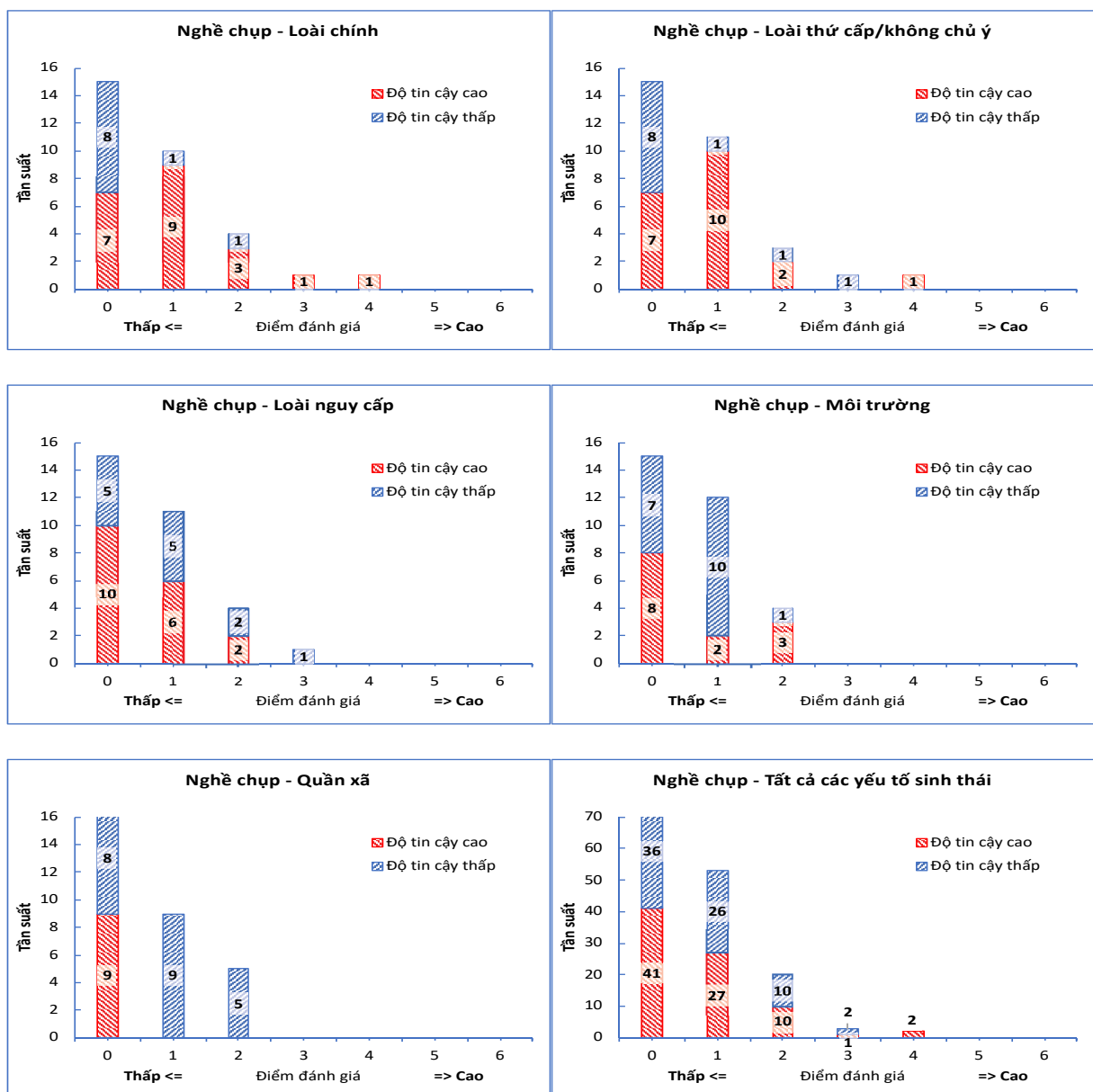
Bảng 3-11. Bảng tổng hợp kết quả phân tích SICA đánh giá rủi ro sinh thái của nghề lưới vây ở vịnh Bắc Bộ (Nguy cơ thấp: SC < 3; Nguy cơ cao: SC =3 hoặc SC > 3).

Yếu tố	Các hoạt động	Loài khai thác chính	Loài không chủ ý	Loài nguy cấp	Môi trường	Quần xã
I. Hoạt động nghề cá						
1. Khi bị bắt	Mồi	0	0	0	0	0
	Khai thác	3	3	3	2	2
	Hành vi ngẫu nhiên	0	0	0	0	0
2. Tác động trực tiếp khi không bị bắt	Mồi	0	0	0	0	0
	Khai thác	3	2	3	2	2
	Hành vi ngẫu nhiên	0	0	0	0	0
	Mất lưới	1	1	1	2	1
	Neo đậu	0	0	0	0	0
	Hành hải	1	1	1	1	1
3. Bỏ sung, di chuyển vật chất sinh học	Chuyển vị các loài	0	0	0	0	0
	Chế biến trên tàu	0	0	0	0	0
	Đổ đi trên biển	0	0	0	0	0
	Tăng cường quần đàn	0	0	0	0	0
	Dịch vụ hậu cần	1	1	1	1	1
	Chất thải hữu cơ	1	1	1	1	1
4. Bỏ sung vật chất	Chất thải rắn	2	2	2	2	1
	Hoá chất gây ô nhiễm	1	1	1	1	1
	Khí thải	1	1	1	1	1

Yếu tố	Các hoạt động	Loài khai thác chính	Loài không chủ ý	Loài nguy cấp	Môi trường	Quần xã
phi sinh học	Hành hải	1	1	1	1	1
	Hoạt động/hiện diện	1	1	1	1	1
5. Xáo trộn quá trình thủy lý	Môi	0	0	0	0	0
	Khi đánh bắt	1	1	1	2	2
	Hạ thủy tàu	0	0	0	0	0
	Neo đậu	0	0	0	0	0
	Hành hải	1	1	1	1	1
II. Nguy cơ bên ngoài						
Các nguy cơ bên ngoài	Nghề khai thác khác	3	4	3	2	2
	Nuôi trồng thủy sản	2	2	2	2	2
	Đô thị, công nghiệp	2	2	2	2	2
	Khai khoáng	0	0	0	0	0
	Hàng hải	1	1	1	1	1
	Du lịch	0	0	2	0	0

*** Đối với nghề chum:**

Hoạt động trong quá trình khai thác của nghề lưới vây là yếu tố có tác động rủi ro cao ($SC \geq 3$) đối với 3 yếu tố sinh thái, gồm: loài chính; loài thứ cấp; loài nguy cấp. Các rủi ro này xảy ra cả khi các loài này bị đánh bắt và khi các loài này không bị đánh bắt trong quá trình khai thác. Tuy nhiên, các hoạt động trong quá trình khai thác của nghề lưới vây có rủi ro thấp đối với 2 yếu tố: môi trường và quần xã sinh vật. Các nguy cơ bên ngoài có rủi ro thấp với tất cả các yếu tố sinh thái.



Hình 3-32. Kết quả phân tích SICA đánh giá rủi ro sinh thái của nghề chụp đối với các yếu tố sinh thái ở vịnh Bắc Bộ.

Bảng 3-12. Bảng tổng hợp kết quả phân tích SICA đánh giá rủi ro sinh thái của nghề chụp ở vịnh Bắc Bộ (Nguy cơ thấp: $SC < 3$; Nguy cơ cao: $SC = 3$ hoặc $SC > 3$).

Yếu tố	Các hoạt động	Loài khai thác chính	Loài không chủ ý	Loài nguy cấp	Môi trường	Quần xã
I. Hoạt động nghề cá						
1. Khi	Môi	0	0	0	0	0

Yếu tố	Các hoạt động	Loài khai thác chính	Loài không chủ ý	Loài nguy cấp	Môi trường	Quần xã
bị bắt	Khai thác	3	3	3	2	2
	Hành vi ngẫu nhiên	0	0	0	0	0
2. Tác động trực tiếp khi không bị bắt	Môi	0	0	0	0	0
	Khai thác	3	2	3	2	2
	Hành vi ngẫu nhiên	0	0	0	0	0
	Mất lưới	1	1	1	2	1
	Neo đậu	0	0	0	0	0
	Hành hải	1	1	1	1	1
3. Bỏ sung, di chuyển vật chất sinh học	Chuyển vị các loài	0	0	0	0	0
	Chế biến trên tàu	0	0	0	0	0
	Đổ đi trên biển	0	0	0	0	0
	Tăng cường quần đàn	0	0	0	0	0
	Dịch vụ hậu cần	1	1	1	1	1
	Chất thải hữu cơ	1	1	1	1	1
4. Bỏ sung vật chất phi sinh học	Chất thải rắn	2	2	2	2	1
	Hoá chất gây ô nhiễm	1	1	1	1	1
	Khí thải	1	1	1	1	1
	Hành hải	1	1	1	1	1
	Hoạt động/hiện diện	1	1	1	1	1
5. Xáo trộn	Môi	0	0	0	0	0
	Khi đánh bắt	1	1	1	2	2

Yếu tố	Các hoạt động	Loài khai thác chính	Loài không chủ ý	Loài nguy cấp	Môi trường	Quần xã
quá trình thủy lý	Hạ thủy tàu	0	0	0	0	0
	Neo đậu	0	0	0	0	0
	Hành hải	1	1	1	1	1
II. Nguy cơ bên ngoài						
Các nguy cơ bên ngoài	Nghề khai thác khác	3	4	3	2	2
	Nuôi trồng thủy sản	2	2	2	2	2
	Đô thị, công nghiệp	2	2	2	2	2
	Khai khoáng	0	0	0	0	0
	Hàng hải	1	1	1	1	1
	Du lịch	0	0	2	0	0

5.4. Phân tích PSA (cấp độ 2)

Kết quả phân tích PSA đánh giá rủi ro sinh thái của các nhóm loài (loài chính, loài thứ cấp, loài nguy cấp) đối với nghề lưới vây và nghề chụp ở vịnh Bắc Bộ được trình bày ở Bảng 3-13 và Hình 3-34.

*** Đối với nghề lưới vây:**

Tổng số loài tiến hành phân tích PSA của nghề lưới vây ở vịnh Bắc Bộ là 143 loài, trong đó, loài khai thác chính (9 loài); loài thứ cấp, không chủ ý (121 loài); loài nguy cấp (13 loài). Kết quả phân tích PSA cho thấy đối với nghề lưới vây, số loài có mức độ rủi ro sinh thái thấp (132 loài); rủi ro trung bình (11 loài); không có loài nào ở mức độ rủi ro sinh thái cao.

Các loài khai thác chính hầu hết đều ở mức độ rủi ro thấp, ngoại trừ loài cá cơm mồm nhọn *Encrasicholina heteroloba* có mức độ rủi ro sinh thái trung bình. Các loài khai thác chính chủ yếu là các loài có vòng đời ngắn, năng suất sinh học

cao. Mặt khác, đây cũng là những loài phân bố rộng, mức độ bổ sung vào quần đàn khá lớn. Tuy nhiên, đây cũng là những loài có tập tính tụ đàn cao và có tính hướng quang nên có rủi ro sinh thái tiềm năng đối với nghề lưới vây (là nghề sử dụng ánh sáng để tập trung cá). Hầu hết các loài có giá trị PSA gần với giới hạn mức độ rủi ro sinh thái trung bình.

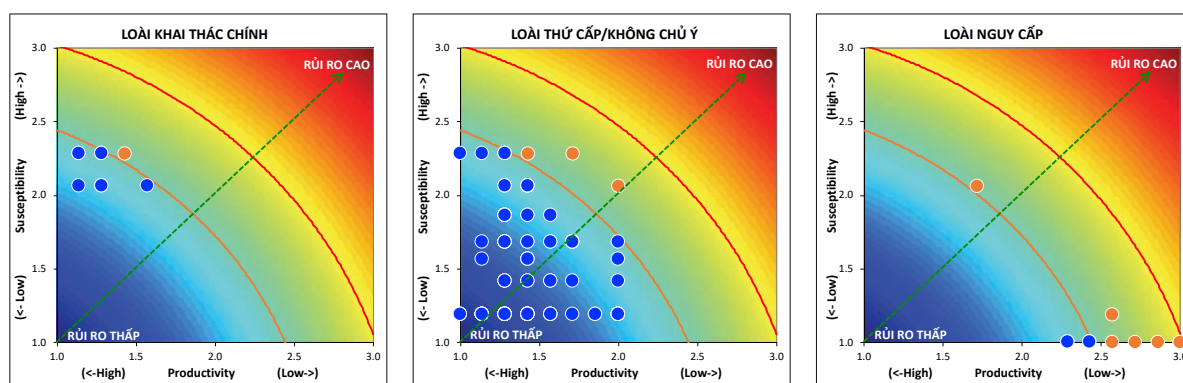
Bảng 3-13. Bảng tổng hợp kết quả phân tích PSA đánh giá rủi ro sinh thái của nghề lưới vây đối với các yếu tố sinh thái ở vịnh Bắc Bộ.

TT	Nhóm yếu tố sinh thái	Số loài đánh giá	Mức độ rủi ro sinh thái		
			Thấp	Trung bình	Cao
1	Loài khai thác chính	9	8	1	0
2	Loài khai thác không chủ ý	121	119	3	0
3	Loài nguy cấp	13	5	7	0
	Tổng số	143	132	11	0

Các loài khai thác thứ cấp và khai thác không chủ ý hầu hết các loài đều có mức độ rủi ro sinh thái thấp (119 loài trong tổng số 121 loài được đánh giá). Một số loài cá nổi nhỏ (cá ông lão *Alectis ciliaris*, cá cơm *Encrasicholina punctifer*, cá bẹ xước *Scomberoides lysan*) có mức độ rủi ro sinh thái trung bình. Đây là những loài cũng có tập tính tụ đàn và tính hướng quang, nên tác động của nghề lưới vây có thể gây ra những rủi ro sinh thái trong quá trình hoạt động.

Trong tổng số 7 loài thú biển được phân tích, 6 loài có mức độ rủi ro sinh thái ở mức trung bình và 1 loài ở mức thấp. Các tác động của nghề lưới vây chủ yếu là các ảnh hưởng gián tiếp trong quá trình khai thác. Tập tính của những loài thú biển thường tập trung gần các đàn cá nổi nhỏ để bắt mồi, do đó các hoạt động của nghề lưới vây có thể tác động đến tập tính của các loài thú biển này. Trên thực tế, chưa có ghi nhận thú biển bị đánh bắt bởi nghề lưới vây ở vịnh Bắc Bộ. Các loài rùa biển có mức độ rủi ro sinh thái đối với nghề lưới vây ở vịnh Bắc Bộ thấp. Loài cá ngựa *Hippocampus histrix* (thuộc nhóm loài nguy cấp) có mức độ rủi ro sinh thái ở mức trung bình đối với nghề lưới vây. Loài cá ngựa này chủ yếu sống

trong rạn san hô ở các vùng nước ven bờ và thường ít có sự di cư xa. Các tàu lưới vây khai thác ở gần vùng rạn có thể bắt gặp các loài này. Tuy nhiên, tần suất bắt gặp trong sản lượng của mẻ lưới là khá thấp.



Hình 3-33. Kết quả phân tích PSA đánh giá rủi ro sinh thái của nghề lưới vây đối với các yếu tố sinh thái ở vịnh Bắc Bộ (chấm màu xanh: rủi ro thấp; chấm màu cam: rủi ro trung bình).

* Đối với nghề chụp:

Tổng số loài tiến hành phân tích PSA của nghề chụp ở vịnh Bắc Bộ là 157 loài, trong đó, loài khai thác chính (12 loài); loài thứ cấp, không chủ ý (133 loài); loài nguy cấp (12 loài).

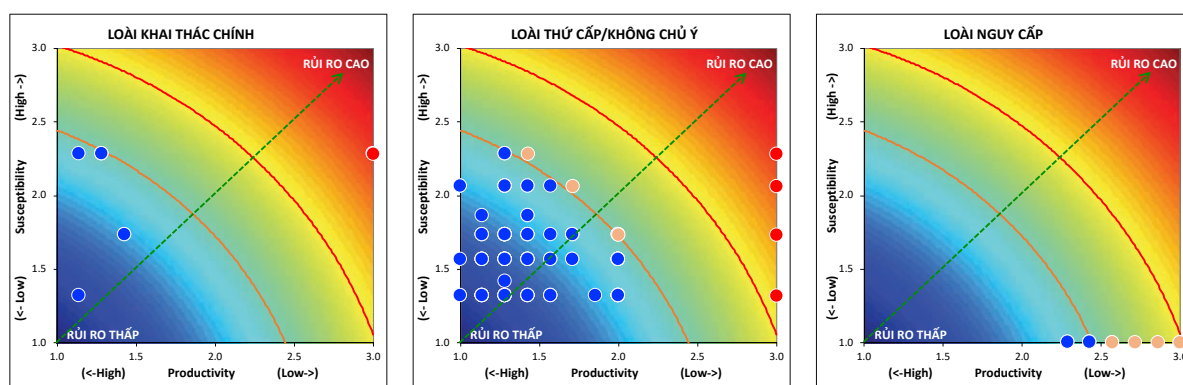
Bảng 3-14. Bảng tổng hợp kết quả phân tích PSA đánh giá rủi ro sinh thái của nghề chụp đối với các yếu tố sinh thái ở vịnh Bắc Bộ.

TT	Nhóm yếu tố sinh thái	Số loài đánh giá	Mức độ rủi ro sinh thái		
			Thấp	Trung bình	Cao
1	Loài khai thác chính	12	10	0	2
2	Loài khai thác không chủ ý	133	123	7	3
3	Loài nguy cấp	12	6	6	0
	Tổng số	157	139	13	5

Kết quả phân tích PSA cho thấy đối với nghề chụp, số loài có mức độ rủi ro sinh thái thấp (139 loài); rủi ro trung bình (13 loài); số loài ở mức độ rủi ro sinh thái cao (5 loài). Các loài có rủi ro sinh thái cao là các loài mực, gồm một số loài thuộc nhóm đối tượng khai thác chính (mực ống Trung Hoa *Loligo chinensis* và

mực ống đu-vau *Loligo duvauceli*); một số loài thuộc nhóm khai thác thứ cấp (mực ống *Loligo beka*, mực ống *Loligo edulis*, mực lá *Loliolus noctiluca*).

Như vậy, mức độ rủi ro sinh thái đối với các loài khai thác chính, loài thứ cấp/không chủ ý và loài nguy cấp của nghề chộp cao hơn so với nghề lưới vây. Tuy nhiên, cả hai nghề này đều có mức độ rủi ro sinh thái thấp đối với môi trường và quần xã sinh vật.

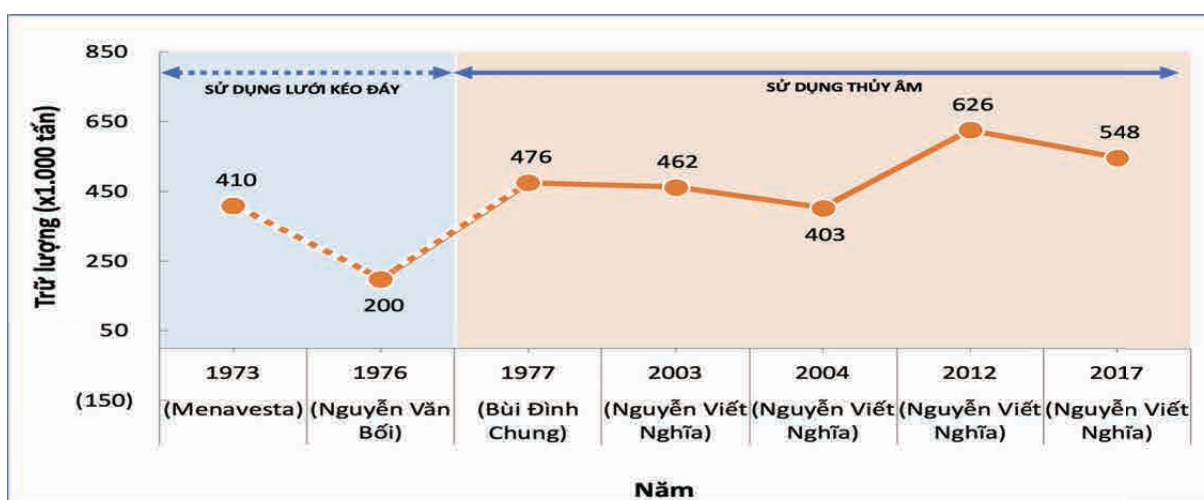


Hình 3-34. Kết quả phân tích PSA đánh giá rủi ro sinh thái của nghề chộp đối với các yếu tố sinh thái ở vịnh Bắc Bộ (chấm màu xanh: rủi ro thấp; chấm màu cam: rủi ro trung bình).

6. Thảo luận chung

6.1. Biến động trữ lượng nguồn lợi cá nổi nhỏ ở vịnh Bắc Bộ

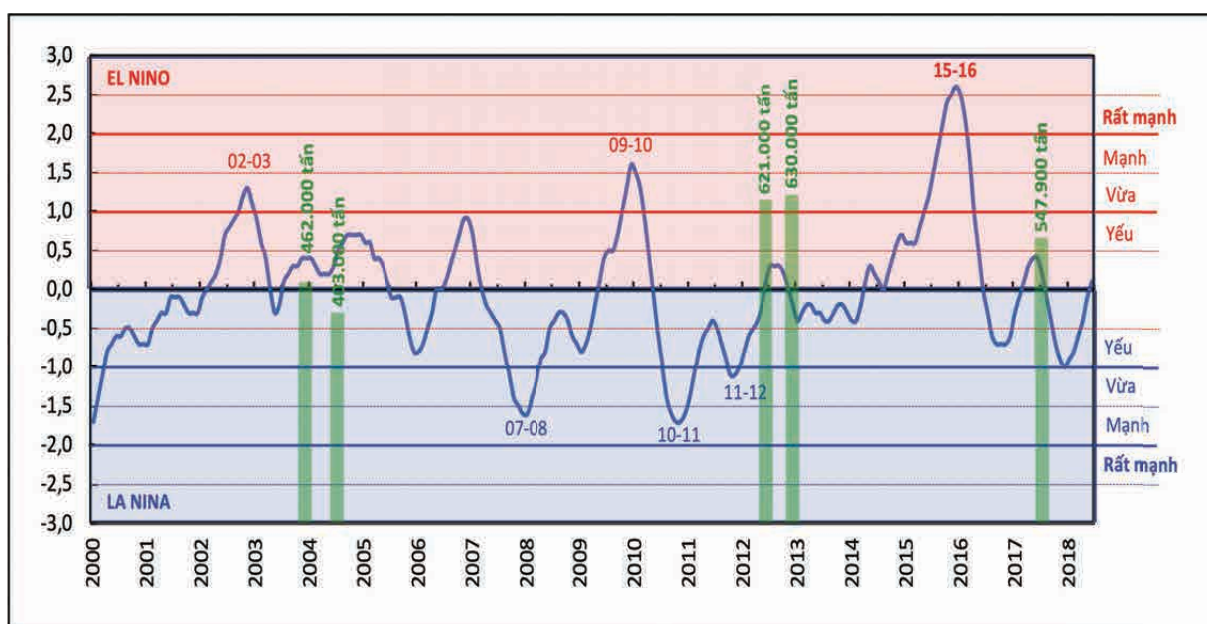
Nguồn lợi hải sản nói chung và cá nổi nhỏ nói riêng luôn có sự biến động theo thời gian. Sự biến động nguồn lợi cá nổi nhỏ ở vịnh Bắc Bộ so với các nghiên cứu trước đây của một số tác giả được thể hiện ở Hình 3-35 và Hình 3-36.



Hình 3-35. Biến động trữ lượng nguồn lợi cá nổi nhỏ ở vùng biển vịnh Bắc Bộ qua các thời kỳ (từ năm 1973 đến năm 2017) [2, 6, 31, 121].

Menasvesta (1973) đã tiến hành đánh giá nguồn lợi các loài cá nổi nhỏ trên cơ sở các đợt thăm dò, khảo sát bằng tàu lưới kéo đáy trong khuôn khổ chương trình Hợp tác Việt – Xô (giai đoạn 1969-1971). Kết quả nghiên cứu đã ước tính được trữ lượng cá nổi nhỏ ở vịnh Bắc Bộ khoảng 410.000 tấn [121]. Nghiên cứu của Nguyễn Văn Bồi đã đánh giá trữ lượng cá nổi nhỏ (khoảng 200.000 tấn) dựa trên các đợt khảo sát, thăm dò nguồn lợi bằng lưới kéo đáy [2]. Tuy nhiên, cá nổi nhỏ là những loài chủ yếu sống ở tầng giữa và tầng trên, nên việc sử dụng phương pháp đánh giá trữ lượng bằng lưới kéo đáy sẽ có sai số khá lớn. Do vậy, những kết quả nghiên cứu này chỉ có giá trị tham khảo.

Từ năm 1977, sau khi nhận tài trợ của Chính phủ Na Uy, với các thiết bị điều tra thủy âm, các nghiên cứu đánh giá nguồn lợi cá nổi nhỏ ở vịnh Bắc Bộ được thực hiện bằng phương pháp thủy âm. Do vậy, việc xem xét biến động trữ lượng cá nổi nhỏ ở đây sẽ chủ yếu so sánh các kết quả giai đoạn từ 1977 đến nay (Hình 3-35).



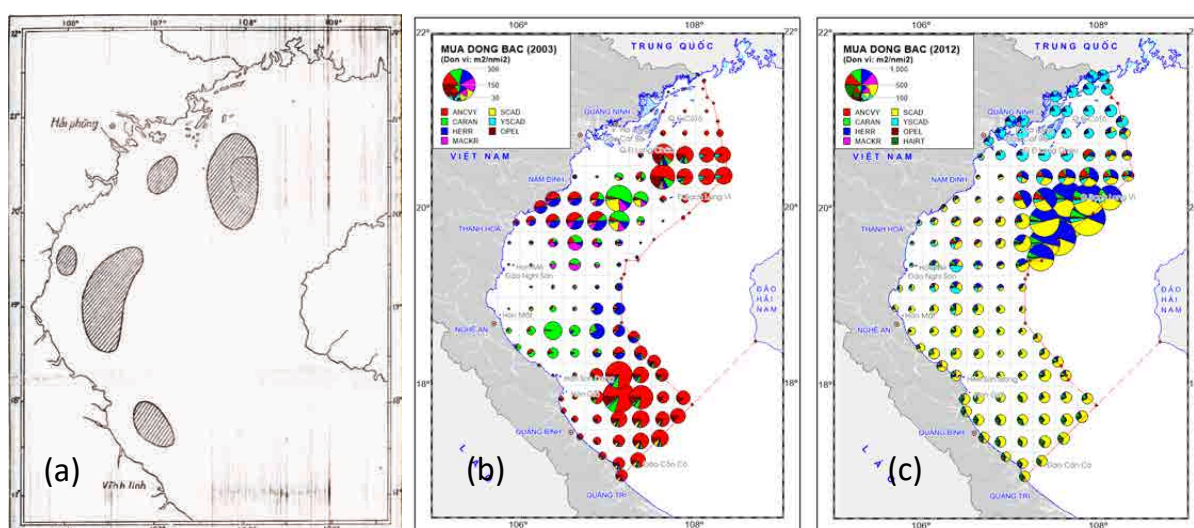
Hình 3-36. Biến động trữ lượng cá nổi nhỏ ở vùng biển vịnh Bắc Bộ tương ứng với các chu kỳ ENSO (El Niño và La Niña), giai đoạn 2003-2017.

Nhìn chung, nguồn lợi cá nổi nhỏ có sự biến động khá lớn qua các thời kỳ có sự biến động khá chặt chẽ với các chu kỳ ENSO (El Niño và La Niña). Cụ thể, vào các giai đoạn El Niño, nguồn lợi cá nổi nhỏ thấp hơn so với giai đoạn La Niña.

Vào mùa gió Đông Bắc (2003) và Tây Nam (2004), El Niño 2002-2003 hoạt động tương đối mạnh, sau đó tiếp tục phát triển; tương tự như vậy El Niño 2015-2016 hoạt động rất mạnh và 2017 lại tiếp tục phát triển; nguồn lợi cá nổi nhỏ ở các giai đoạn này khá thấp. Giai đoạn 2010-2011, La Niña hoạt động mạnh, tiếp theo La Niña 2011-2012 khá phát triển, nên trữ lượng cá nổi nhỏ ở thời kỳ này khá cao (Hình 3-36).

6.2. Biến động về phân bố cá nỏ nhỏ ở vịnh Bắc Bộ

Về phân bố, cá nỏ nhỏ có sự phân bố khá ổn định qua các giai đoạn (1974-1976; 2003; 2012), thể hiện ở Hình 3-37. Vào mùa gió Đông Bắc, cá nỏ nhỏ tập trung thành đàn lớn với mật độ khá cao tại khu vực phía Nam và Tây Nam đảo Bạch Long Vĩ; khu vực cửa xa bờ từ Hà Tĩnh đến Quảng Bình, gần cửa vịnh.



Hình 3-37. So sánh sự phân bố của cá nổi nhỏ mùa gió Đông Bắc ở vịnh Bắc Bộ qua các thời kỳ: (a) giai đoạn 1974-1976 [46]; (b) năm 2003; (c) năm 2012.

6.3. Tương quan cá nổi nhỏ và các yếu tố môi trường

Một số nghiên cứu tương tự trên thế giới cũng đã chỉ ra rằng các yếu tố môi trường có sự tác động rất lớn đối với sự phân bố của cá nỏ nhỏ [116, 117, 124]. Sự biến động của các yếu tố môi trường (SST, CHR, khoảng cách từ bờ, độ sâu,...) có sự ảnh hưởng trực tiếp đến đặc điểm phân bố của các loài sinh vật biển nói chung, đặc biệt là các loài cá nỏ nhỏ [110, 116, 117, 123, 124, 139, 145, 164]. Các yếu tố tự nhiên bất biến (địa hình đáy biển, hình thái bờ biển,...) cũng có sự

tác động khá lớn đến phân bố của các loài cá nổi nhỏ [132, 138]. Tuy nhiên, các nghiên cứu cũng đã chỉ ra rằng sự phân bố của cá là một quá trình hết sức phức tạp, phụ thuộc rất lớn vào đặc tính sinh học, sinh thái học của các loài và môi trường xung quanh. Nhiều yếu tố khác cũng có thể ảnh hưởng đến sự phân bố của cá như: gió, mưa, ánh sáng, độ muối, độ đục của nước biển [123, 132], sinh vật phù du là thức ăn của cá [139, 171, 173], các loài vật dữ [132].

6.4. Ứng dụng mô hình GAM để dự báo ngư trường khai thác cá nổi nhỏ

Việc sử dụng mô hình GAM hiện đang được sử dụng khá rộng rãi để nghiên cứu tác động của các yếu tố hải dương đến sự phân bố của cá [64, 67, 138], đặc biệt là đối với các loài cá nổi nhỏ. Mô hình GAM thể hiện tính ưu việt hơn và phản ánh chính xác hơn bản chất sinh học của các loài sinh vật trong mối tương quan với các yếu tố môi trường sinh thái [132, 171]. Về bản chất, mô hình GAM là một dạng mô hình hồi quy tổng quát (Generalized Linear Model - GLM). Tuy nhiên, đối với GLM, bao gồm tập hợp các hàm số của các biến môi trường. Tuy nhiên, trong đó sự tương quan của các biến khá linh hoạt (có thể tuyến tính hoặc phi tuyến tính). Điều này rất phù hợp với bản chất sinh học, sinh thái học của các loài sinh vật.

Việc sử dụng mô hình “Hồi quy tổng quát bổ sung” - GAM trong luận án là một tiếp cận phù hợp trong việc xây dựng các mô hình tương quan giữa phân bố cá nổi nhỏ và các yếu tố môi trường, hải dương học, thủy sinh vật. Trong mô hình GAM, chỉ số “Deviance Explained” thường được sử dụng để thay thế cho hệ số tương quan R^2 (thường dùng trong các mô hình tuyến tính). Đối với các mô hình GAM, giá trị DE càng lớn thì mô hình càng có tương quan chặt chẽ, có nghĩa là mức độ giải thích được của mô hình với sự biến đổi của biến phụ thuộc bởi các biến độc lập [92].

Kết quả nghiên cứu này đã cho thấy trong các mô hình GAM, sự phân bố của các loài cá nổi nhỏ có sự tương quan chặt chẽ với các yếu tố môi trường, bao gồm: nhiệt độ tầng mặt, độ cao dị thường mực biển, chlorophyll a, dòng chảy và độ sâu.

Nghiên cứu này sử dụng nguồn số liệu điều tra thủy âm, trong đó độ phong phú tương đối của cá phản ánh thông qua giá trị SA. Trong điều tra thủy âm, các loài cá thường có xu hướng di chuyển để tránh sự nhiễu động do tàu nghiên cứu gây ra, đặc biệt là ở những vùng nước nông ven bờ. Điều này có thể dẫn đến các sai số hệ thống, phần nào làm giảm mức độ chính xác của các kết quả nghiên cứu [148, 167].

Việc sử dụng các số liệu viễn thám các trường hải dương trong các mô hình GAM có ý nghĩa rất lớn đối với thực tiễn. Mặc dù một số nghiên cứu đã chỉ ra rằng mô hình GAM sẽ có sự tương quan chặt chẽ hơn khi sử dụng các số liệu thực đo của các yếu tố môi trường, thủy sinh vật là nguồn thức ăn của cá [115, 171, 173]. Tuy nhiên, chi phí cho việc thu thập, phân tích các số liệu điều tra thực địa thường tốn khá nhiều thời gian và kinh phí [138].

Mục đích của nghiên cứu này nhằm xác định các mô hình tương quan giữa phân bố của các loài cá nổi nhỏ và các yếu tố môi trường ở vùng biển vịnh Bắc Bộ, làm cơ sở cho việc phát triển các mô hình dự báo ngư trường khai thác cá nổi nhỏ. Các mô hình GAM có mức độ tương quan khá chặt chẽ, với hầu hết chỉ số ‘deviance explained’ khá cao. Các mô hình GAM này hoàn toàn có thể ứng dụng để dự báo các khu vực phân bố tập trung của các loài cá nổi nhỏ ở vịnh Bắc Bộ từ các nguồn dữ liệu viễn thám các trường hải dương học. Thực tế trong khu vực Đông Nam Á, nhóm nghiên cứu ở Indonesia đã phát triển và ứng dụng mô hình GAM để dự báo ngư trường đối với loài cá cơm, cá bạc má trên cơ sở nguồn dữ liệu viễn thám biển [123, 124]. Như vậy, việc ứng dụng mô hình GAM tương quan giữa các yếu tố hải dương học từ nguồn số liệu viễn thám và phân bố của cá có ý nghĩa khá lớn trong việc phát triển các mô hình dự báo ngư trường hiện nay ở Việt Nam.

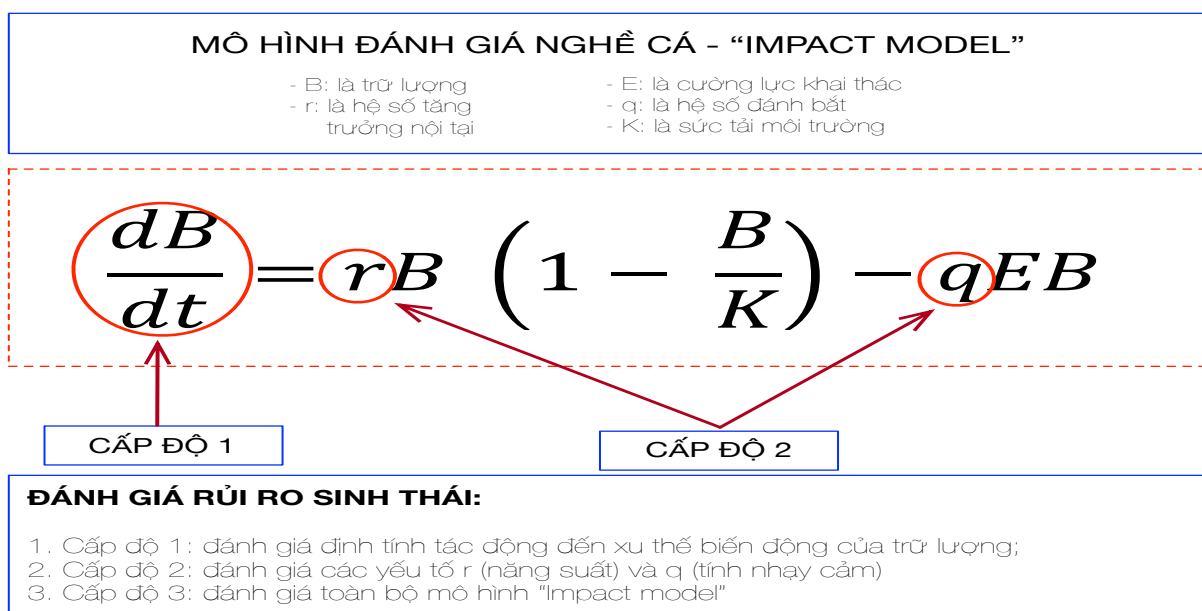
6.4. Đánh giá rủi ro sinh thái và quản lý nghề cá dựa vào hệ sinh thái

ERAEF là một trong những công cụ kỹ thuật có ý nghĩa quan trọng, nhằm xây dựng cơ sở khoa học cho quản lý nghề cá theo tiếp cận EBFM. Đây là một phương pháp được sử dụng để đánh giá tác động của nghề cá đối với các yếu tố

sinh thái. Về bản chất việc đánh giá rủi ro sinh thái được phát triển từ mô hình đánh giá nghề cá “impact model” trong điều kiện thiếu thông tin, dữ liệu (Hình 3-38).

Đánh giá ở cấp độ 1 (phân tích SICA) là quá trình đánh giá định tính tác động đến sự biến động trữ lượng của quần thể. Đánh giá ở cấp độ 2 (phân tích PSA) cung cấp các thông tin về năng suất sinh học (hệ số sinh trưởng nội tại – ‘r’) và mức độ nhạy cảm đối với nghề cá (hệ số đánh bắt – ‘q’). Đánh giá ở cấp độ 3 tương ứng với việc đánh giá đầy đủ mô hình ‘impact model’ khi các thông tin, dữ liệu đáp ứng yêu cầu [150].

ERAEF được coi là phương pháp đánh giá nhanh tác động của nghề cá đối với các yếu tố sinh thái. Phương pháp này đòi hỏi ít thông tin, dữ liệu và thời gian thực hiện, đồng nghĩa với việc chi phí cho hoạt động đánh giá thấp. Tuy nhiên, đối với những yếu tố sinh thái có mức độ rủi ro cao, cần tiếp tục thu thập các thông tin chi tiết để tiến hành đánh giá một cách đầy đủ, hệ thống để làm cơ sở cho việc đề xuất các chính sách quản lý nghề cá.



Hình 3-38. Mối liên hệ giữa mô hình ‘Impact Model’ với các cấp độ đánh giá của mô hình đánh giá rủi ro sinh thái (ERAEF).

Tiếp cận “Quản lý nghề cá tiếp cận hệ sinh thái” (Ecosystem-based fisheries managements - EBFM) hiện nay đang là giải pháp được ứng dụng khá rộng rãi

trong quản lý nghề cá ở nhiều quốc gia [88, 89]. Các nguyên lý cơ bản của EBFM bao gồm: chống suy thoái các hệ sinh thái, giảm thiểu các rủi ro của các thay đổi không có khả năng phục hồi, đạt được hiệu quả kinh tế - xã hội lâu bền của nghề cá, và áp dụng tiếp cận thận trọng đối với những yếu tố rủi ro [135]. Với tiếp cận EBFM, nhiều nghiên cứu đã thiết lập chương trình khung tổng quát để phát triển các công cụ phục vụ việc đánh giá, xây dựng các chiến lược quản lý nghề cá.

CHƯƠNG 4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. Kết luận

(1) Tổng số 80 loài, thuộc 36 giống, 6 họ cá nổi nhỏ đã bắt gặp ở vịnh Bắc Bộ trong giai đoạn 1996-2017, trong đó, xuất hiện rất phổ biến và chiếm ưu thế về sản lượng là các loài: cá nục sò, cá sông Nhật, cá bạc má, cá nhồng đen, cá cơm thường, cá ngân, cá róc, cá thu vạch, cá trích xương.

(2) Cá nổi nhỏ có xu hướng phân bố tập trung ở 5 khu vực chính gồm: Bắc Bạch Long Vỹ, Tây và Tây Nam Bạch Long Vỹ, phía ngoài cửa sông Ba Lạt, khu vực giữa và cửa vịnh Bắc Bộ.

(3) Cá nổi nhỏ có sự tương quan khá chặt chẽ với các yếu tố môi trường, đặc biệt là nhiệt độ tầng mặt và độ sâu. Các mô hình tương quan (GAM) có độ chính xác và tin cậy cao có khả năng ứng dụng cao trong việc phát triển các mô hình dự báo ngư trường khai thác cá nổi nhỏ ở vịnh Bắc Bộ.

(4) Đa dạng sinh học của quần xã cá nổi nhỏ ở vịnh Bắc Bộ nằm ở mức trung bình và thấp. Sự tụ họp loài trong quần xã cá nổi nhỏ ở vịnh Bắc Bộ khá rõ rệt theo không gian, thời gian, các đặc trưng sinh học của loài và được phân tách thành 5 nhóm loài chính. Trong đó các yếu tố môi trường (gồm: độ sâu, nhiệt độ, hàm lượng chlorophyll a, độ muối và dòng chảy tầng đáy) đóng vai trò quan trọng đối với sự biến động cấu trúc quần xã.

(5) Trữ lượng, mật độ, phân bố nguồn lợi và cấu trúc quần xã các loài cá nổi nhỏ có sự biến động theo chu kỳ khá rõ rệt và liên quan chặt chẽ với sự biến động các chu kỳ El Niño và La Niña.

(6) Nghề lưới vây và chụp là các nghề khai thác cá nổi nhỏ chủ yếu ở vịnh Bắc Bộ. Nghề lưới vây và nghề chụp có rủi ro thấp đối với môi trường và quần xã sinh vật ở vịnh Bắc Bộ. Mức độ rủi ro sinh thái đối với các loài khai thác chính, loài thứ cấp/không chủ ý và loài nguy cấp của nghề chụp cao hơn so với nghề lưới vây. Đối với nghề lưới vây, trong tổng số 143 loài được đánh giá có 11 loài ở mức rủi ro sinh thái trung bình (gồm: 1 loài chính; 3 loài khai thác không chủ ý; 7 loài

nguy cấp). Đối với nghề chụp, trong tổng số 157 loài đánh giá có 5 loài ở mức rủi ro sinh thái cao (gồm: 2 loài chính và 3 loài khai thác không chủ ý); 13 loài ở mức độ rủi ro sinh thái trung bình (7 loài khai thác không chủ ý và 6 loài nguy cấp).

2. Đề xuất, kiến nghị

Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu về đánh giá nguồn lợi, đặc điểm sinh thái học của cá nổi nhỏ và các rủi ro sinh thái của nghề khai thác cá nổi nhỏ ở vịnh Bắc Bộ, một số hướng nghiên cứu cần tiếp tục quan tâm thực hiện, như sau:

(1) Nghiên cứu tương quan giữa nguồn lợi và các yếu tố môi trường sinh thái làm cơ sở cho việc phát triển các mô hình dự báo ngư trường

(2) Nghiên cứu cơ sở sinh thái học quần xã các nhóm loài hải sản làm cơ sở cho việc phân vùng sinh thái nguồn lợi phục vụ công tác quản lý nghề cá

(3) Nghiên cứu rủi ro sinh thái của nghề cá ở các vùng biển làm cơ sở cho việc phát triển các mô hình quản lý nghề cá tiếp cận hệ sinh thái.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

- [1] Bộ.Thủy.sản (1996). Nguồn lợi Thủy sản Việt Nam, Nhà xuất bản Nông nghiệp Hà Nội 616 trang.
- [2] Bôi, Nguyễn Văn (1976). "Tổng kết tình hình nguồn lợi biển Việt Nam," Viện Nghiên cứu Hải sản, Hải Phòng,
- [3] Châu, Nguyễn Đình (1978). "Thức ăn của cá trích xương và cá nục sò ở ven bờ Tây Nam vịnh Bắc Bộ," *Tuyển Tập Nghiên Cứu Biển*, Tập 1 (Phần I), Trang 191-202.
- [4] Chung, Bùi Đình (1981). "Báo cáo tổng kết toàn diện về kết quả nghiên cứu đề tài “Nghiên cứu nguồn lợi cá tầng giữa và tầng trên cá nổi ở vùng biển Thuận Hải - Minh Hải,” Hải Phòng, 127 trang.
- [5] Chung, Bùi Đình & Định, Trần (2005). "Danh mục ban đầu các loài cá biển Việt Nam," *Tuyển tập các công trình nghiên cứu nghề cá biển*, Tập III, trang 200-210.
- [6] Chung, Bùi Đình; Sơn, Đào Mạnh & Ý, Đào Như (1977). "Về ứng dụng máy thủy âm trong công tác nghiên cứu nguồn lợi," Viện Nghiên cứu Hải sản, Hải Phòng,
- [7] Chung, Bùi Đình; Vĩnh, Chu Tiến & Đức, Nguyễn Hữu (2001). "Nguồn lợi cá biển - cơ sở phát triển của nghề cá biển nước ta," *Tuyển tập các công trình nghiên cứu nghề cá biển*, Tập 2, Trang 199-210.
- [8] Chung, Bùi Đình; Vĩnh, Chu Tiến; Đức, Nguyễn Hữu & Ý, Đào Như (1991). "Hoàn thiện đánh giá trữ lượng cá biển Việt Nam," *Tuyển tập báo cáo khoa học “Hội nghị khoa học biển toàn quốc lần thứ III”*, Trang 33-43.
- [9] Cường, Trần Văn & Giang, Lê Đức (2013). "Đặc điểm sinh học sinh sản cá nục sò *Decapterus maruadsi* (Temminck & Schlegel, 1843) ở vùng biển

Thanh Hóa," *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn*, Tháng 12/2013, Trang 192-201.

- [10] Đính, Nguyễn Phi (1980). "Sinh trưởng của cá nục sò (*Decapterus maruadsi* Tem. Schl.) ở vùng biển Đông Việt Nam," *Tuyển tập các công trình nghiên cứu nghề cá biển*, Tập 2 (phần 1), 209-226.
- [11] Đính, Nguyễn Phi (1991). "Sơ bộ đánh giá trữ lượng cá nục sò (*Decapterus maruadsi* Temm. et Schl.) vịnh Bắc Bộ," *Tuyển Tập Nghiên Cứu Biển*, Tập 3, Trang 63-72.
- [12] Đính, Nguyễn Phi (1991). "Sinh trưởng của cá nục thuôn *Decapterus lajang* Bleeker ở vùng biển Việt Nam," *Tuyển Tập Nghiên Cứu Biển*, Tập 3, Trang 46-50.
- [13] Đính, Nguyễn Phi; Lục, Nguyễn Văn & Lộc, Hà Lê Thị (1991). "Tuổi và sinh trưởng của cá chỉ vàng *Selaroides leptolepis* Cuvier ở vùng biển Nghĩa Bình đến Minh Hải," *Tuyển Tập Nghiên Cứu Biển*, Tập 3, Trang 86-90.
- [14] Hà, Vũ Việt (2010). "Hệ số phản hồi âm của cá sòng nhật (*Trachurus japonicus*) ở vịnh Bắc Bộ xác định bằng phương pháp *in situ*," *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn*, Số 2/2010, Trang 70-77.
- [15] Hà, Vũ Việt (2010). "Đặc tính âm phản hồi của cá nục sò (*Decapterus maruadsi*), cá bạc má (*Rastrelliger kanagurta*) và cá ngừ (*Atule mate*) dựa trên phương pháp phân tích đáp tuyến tần số," *Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh*, 13, Số 1-2010, Trang 71-81.
- [16] Hà, Vũ Việt (2011). "Hệ số phản hồi âm của cá hổ (*Trichiurus lepturus*) ở vịnh Bắc Bộ xác định bằng phương pháp *in situ*," *Tuyển tập các công trình nghiên cứu nghề cá biển*, Tập 6, Trang 225-235.
- [17] Hà, Vũ Việt (2011). "Hệ số phản hồi âm của cá cơm mồm nhọn *Encrasichonila heteroloba* (Rüppell, 1837) ở biển Tây Nam Bộ, Việt Nam

xác định bằng phương pháp in situ," *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn*, Số 11/2011,

- [18] Hà, Vũ Việt; Cường, Trần Văn & Nghĩa, Nguyễn Việt (2013). "Đánh giá trữ lượng cá sòng Nhật (*Trachurus japonicus*) ở vùng biển vịnh Bắc Bộ, Việt Nam bằng phương pháp thủy âm," *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn*, Tháng 12/2013, Trang 60-70.
- [19] Hà, Vũ Việt; Nghĩa, Nguyễn Việt; Thanh, Trần Văn; Sơn, Hoàng Ngọc & Thuý, Nguyễn Thị Diệu (2016). "Đánh giá rủi ro sinh thái của nghề khai thác cá ngừ đại dương ở biển Việt Nam đối với các loài khai thác thứ cấp," *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn*, Tháng 12/2016,
- [20] Hải, Nguyễn Văn & Thắng, Võ Trọng (2015). "Tuổi và sinh trưởng của cá sòng nhật (*Trachurus japonicus* Temmink & Schlegel, 1884) ở vịnh Bắc Bộ," *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn*, Tháng 11/2015,
- [21] Hùng, Bùi Thanh & Bộ, Đoàn Văn (2017). "Nghiên cứu mối tương quan giữa cá nòi nhỏ và cấu trúc các trường hải dương ở vùng biển phía tây Vịnh Bắc Bộ," *Tạp chí nông nghiệp và phát triển nông thôn*, 218, 29-35.
- [22] Hường, Nguyễn Khắc (1980). "Họ cá Tròng ở vịnh Bắc Bộ," *Tuyển tập Nghiên cứu Biển, Viện Hải Dương Học Nha Trang*, Tập II (1), Trang 265-286.
- [23] Hường, Nguyễn Khắc (1991). "Cá Biển Việt Nam. Tập II. Quyển 1. Nhà Xuất bản Khoa học Kỹ thuật. Hà Nội. 182 trang,"
- [24] Hường, Nguyễn Khắc (1993). "Cá Biển Việt Nam. Tập II, Quyển 3. Nhà Xuất bản Khoa học Kỹ thuật. Hà Nội. 133 trang,"
- [25] Hường, Nguyễn Khắc (1993). "Cá Biển Việt Nam. Tập II, Quyển 2. Nhà Xuất bản Khoa học Kỹ thuật. Hà Nội. 176 trang,"
- [26] Hường, Nguyễn Khắc & Thi, Nguyễn Nhật (1992). *Cá Biển Việt Nam*, Nhà Xuất bản Khoa học Kỹ thuật, Hà Nội.

- [27] Huy, Phạm Quốc; Hà, Vũ Việt; Nghĩa, Nguyễn Việt & Cường, Trần Văn (2013). "Đặc điểm sinh học sinh sản cá nục sò *Decapterus maruadsi* (Temminck & Schlegel, 1843) ở vùng biển Thanh Hóa," *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn*, Tháng 12/2016,
- [28] Lộc, Nguyễn Xuân; Cảnh, Nguyễn Tiến; Dư, Đoàn Văn; Định, Trần; Nguyên, Đỗ Xuân; Ý, Đào Như; Đức, Nguyễn Hữu & Muộn, Đào Mạnh (1985). "Nghiên cứu nguồn lợi cá biển Thuận Hải - Tập II," Viện Nghiên cứu Hải sản, Hải Phòng,
- [29] Lục, Nguyễn Văn (1991). "Dẫn liệu về thông số sinh trưởng và mức chết của một số loài cá kinh tế ở vùng biển Việt Nam," *Tuyển Tập Nghiên Cứu Biển*, Tập 3, 28-35.
- [30] Minh, Nguyễn Hoàng; Hùng, Bùi Thanh & Cầu, Lê Hồng (2011). "Mối liên hệ giữa yếu tố môi trường và nguồn lợi hải sản ở vùng đánh cá chung Vịnh Bắc bộ giai đoạn 2008- 2010," *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn*, 152, 9-15.
- [31] Nghĩa, Nguyễn Việt (2007). "Báo cáo tổng kết đề tài "Nghiên cứu trữ lượng và khả năng khai thác các loài cá nổi nhỏ chủ yếu là cá Nục, cá Trích, cá Bạc má ở biển Việt Nam"," Viện Nghiên cứu Hải sản, Hải Phòng,
- [32] Nghĩa, Nguyễn Việt (2009). "Thí nghiệm *ex-situ* xác định hệ số phản hồi âm của cá nục sò *Decapterus maruadsi* (Temminck & Schlegel 1843) ở biển Việt Nam," *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn*, Số 10/2009, 68-75.
- [33] Nghĩa, Nguyễn Việt (2013). "Xác định hệ số phản hồi âm của cá khế *Alepes djeddaba* (forsskal, 1775) bằng phương pháp *ex-situ* ở biển Việt Nam," *Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển*, Tập 13, Số 3, 249-256.
- [34] Nghĩa, Nguyễn Việt & Hà, Vũ Việt (2014). "Đánh giá tổng hợp hiện trạng nguồn lợi hải sản ở biển Việt Nam giai đoạn 2011-2013," *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn*, tháng 9/2014,

- [35] Nghĩa, Nguyễn Việt & Hà, Vũ Việt (2016). "Biến động nguồn lợi một số nhóm hải sản chủ yếu ở biển Việt Nam," *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn*, Chuyên đề: 55 năm Viện Nghiên cứu Hải sản. Một số kết quả nghiên cứu khoa học giai đoạn 2011-2016. tháng 11/2016, 26-37.
- [36] Nghĩa, Nguyễn Việt; Hà, Vũ Việt & Thành, Nguyễn Duy (2008). "Tình hình nguồn lợi hải sản biển Việt Nam," *Tạp chí Thương mại thủy sản*, 107, 39-41.
- [37] Phala, Chea (2007). "Đánh giá nguồn lợi cá bạc má *Rastrelliger kanagurta* (Cuvier, 1816) khai thác bằng nghề lưới vây ở vùng biển ven bờ từ Nghệ An đến Bến Tre," Luận án Tiến sĩ sinh học, 150 trang.
- [38] Phan, Lê Trọng & Lục, Nguyễn Văn (1991). "Đặc điểm sinh học giống cá cơm *Stolephorus Lacépède*) ở vùng biển ven bờ Việt Nam," *Tuyển Tập Nghiên Cứu Biển*, Tập 3, 51-58.
- [39] Sơn, Đào Mạnh (1991). "Ảnh hưởng của gió mùa, nhiệt độ và lượng mưa tới mùa vụ sinh sản của một số loài cá kinh tế biển Việt Nam," *Các công trình nghiên cứu Khoa học kỹ thuật Thủy sản 1986-1990. Bộ Thủy sản. Vụ Quản lý Khoa học Kỹ thuật. Tạp chí Thủy sản*, 8-22.
- [40] Sơn, Hoàng Ngọc & Hà, Vũ Việt (2016). "Một số đặc điểm sinh học của loài cá nục sò *Decapterus maruadsi* (Temminck & Schlegel, 1843) ở vùng biển Vịnh Bắc Bộ," *Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển*, Tập 16, 205-213.
- [41] Sơn, Nguyễn Kiêm (1978). "Sinh sản của cá trích xương *Sardinella jussieu* (Lacépède) vùng ven biển Thanh Hóa- Quảng Bình," *Tuyển Tập Nghiên Cứu Biển*, Tập 1 (Phần I), 203-213.
- [42] Thanh, Trần Đức & An, Lê Đức, "Những nét cơ bản về điều kiện tự nhiên, tài nguyên thiên nhiên và môi trường Vịnh Bắc Bộ," in *Việt Nam học - Kỷ yếu Hội thảo lần thứ IV*, 2012, 291-304.
- [43] Thước, Phạm (1991). "Nguồn lợi cá biển Việt Nam," Viện Nghiên cứu Hải sản, Hải Phòng,

- [44] Thuộc, Phạm (2005). "Cơ sở khoa học cho vấn đề quản lý hoạt động nghề cá ở vịnh Bắc Bộ," *Tuyển tập các công trình nghiên cứu nghề cá biển. Tập 3, trang 237 - 257. Nhà xuất bản Nông nghiệp Hà nội,*
- [45] Thuộc, Phạm (2010). Nghề cá vịnh Bắc Bộ qua những chặng điều tra, nghiên cứu (1958-2009), Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội. 200 trang.
- [46] Thuộc, Phạm; Cảnh, Nguyễn Tiến & Tụ, Đào Văn (1985). "Đặc điểm nguồn lợi, ước tính trữ lượng và khả năng khai thác cá biển Việt Nam. Báo cáo tổng kết đề tài “Nghiên cứu nguồn lợi cá biển Việt Nam” thuộc Chương trình “Điều tra tổng hợp biển và thềm lục địa Việt Nam”,” Viện Nghiên cứu Hải sản, 64 trang.
- [47] Tô, Lê Đức (1995). "Luận chứng khoa học cho việc dự báo bi động sả lượng và phân bố nguồn lợi cá. Báo cáo tổng kết đề tài KT.03.10," Đại học Khoa học Tự nhiên, Hà Nội, 224 trang.
- [48] Tô, Lê Đức (1999). "Khả năng dự báo cá khai thác ở các vùng biển Việt Nam," *Tuyển tập Hội nghị khoa học công nghệ biển toàn quốc lần thứ 4, Tập 2, 1186-1199.*
- [49] Tổng.cục.Thống.kê (2001). Niên giám thống kê. Statistical Year Book of Viet Nam, Nhà xuất bản Thống kê, Hà Nội.
- [50] Tổng.cục.Thống.kê (2006). Niên giám thống kê. Statistical Year Book of Viet Nam, Nhà xuất bản Thống kê, Hà Nội.
- [51] Tổng.cục.Thống.kê (2011). Niên giám thống kê. Statistical Year Book of Viet Nam, Nhà xuất bản Thống kê, Hà Nội.
- [52] Tổng.cục.Thống.kê (2016). Niên giám thống kê. Statistical Year Book of Viet Nam, Nhà xuất bản Thống kê, Hà Nội.
- [53] Tổng.cục.Thống.kê (2020). Niên giám thống kê. Statistical Year Book of Viet Nam, Nhà xuất bản Thống kê, Hà Nội.
- [54] Tổng.cục.Thủy.sản (2012). "Báo cáo thống kê số lượng tàu thuyền khai thác hải sản năm 2012," Tổng cục Thủy sản, Hà Nội,

- [55] Tổng.cục.Thủy.sản (2015). "Báo cáo thống kê số lượng tàu thuyền khai thác hải sản năm 2015," Tổng cục Thủy sản, Hà Nội,
- [56] Viện.Khảo.cứu.Ngư.nghiệp (1975). Nguồn lợi cá biển Miền Nam Việt Nam, Quyển 5. 52 trang
- [57] Vĩnh, Chu Tiên; Chung, Bùi Đình & Đính, Nguyễn Phi (1998). "Đặc điểm sinh học của một số loài cá nổi di cư thuộc giống cá Nục (*Decapterus*), cá Bạc Má (*Rastrelliger*) và cá Ngừ ở vùng biển Việt Nam," *Tuyển tập các Công trình Nghiên cứu nghề cá biển*, Tập II,

Tiếng Anh

- [58] Abu-Talib, Ahmad; Mazalina, Ali & Abdul-Razak, Latun (2012). "Assessment of the Indian mackerel (*Rastrelliger kanagurta*) in the Andaman Sea of Malaysia, Indonesia, Thailand and Myanmar," SEAFDEC/MFRDMD, Kuala Terengganu, Malaysia, 56 pp.
- [59] Abu-Talib, Ahmad; Mazalina, Ali & Abdul-Razak, Latun (2012). "Risk assessment for japanese scad (*Decapterus maruadsi*) in the South China Sea off the East Coast of Peninsular Malaysia," SEAFDEC/MFRDMD, Kuala Terengganu, Malaysia, 29 pp.
- [60] Aglen, A. (1989). "Empirical results on precision-effort relationships for acoustic surveys. ," ICES CM: 1989/B:30, 28 pp.
- [61] Aoki, Ichiro & Inagaki, Tadashi (1993). "Acoustic Surveys of Abundance and Distribution of the Japanese Sardine *Sardinops melanostictus* in the Spawning Grounds off Southern Kyushu, Japan," *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59, Page 1727-1735.
- [62] Benyounes, Abdellaoui; Berraho, Amina; Falcini, Federico; Jr, Santoleri, M, Sammartino; Pisano, Andrea; Mh, Idrissi & K, Hilm (2017). Assessing the Impact of Temperature and Chlorophyll Variations on the Fluctuations of Sardine Abundance in Al-Hoceima (South Alboran Sea),

- [63] BOBLME (2011). "Assessments of the Indian mackerel (*Rastrelliger kanagurta*) and the Hilsa shad (*Tenualosa ilisha*) fisheries in the BOBLME countries," BOBLME-2011-Ecology-09, 96 pp.
- [64] Brown, Alexander; Bellido, Jose; D. Valavanis, V. & Giráldez, Ana, "Investigating the distribution of small pelagic fish in Spanish Mediterranean waters using environmental modelling and essential fish habitat mapping," presented at the ICES Annual Science Conference, At Maastricht, Netherlands, 2006.
- [65] Bulman, Catherine; Daley, Ross; Sporcic, Miriana; Fuller, Mike; Stevenson, Dave & Hobday, Alistair (2007). "Ecological Risk Assessment for Effects of Fishing REPORT FOR THE MIDWATER TRAWL SUB-FISHERY OF THE HEARD AND MCDONALD ISLANDS FISHERY,"
- [66] Burgman, M.A. (2005). *Risks and Decisions for Conservation and Environmental Management*, Cambridge University Press, Cambridge, UK. doi:10.1017/CBO9780511614279
- [67] Castillo, J.; Barbieri, M.A. & Gonzalez, A. (1996). "Relationships between sea surface temperature, salinity, and pelagic fish distribution off northern Chile," *ICES Journal of Marine Science*, 53, Page 139-146.
- [68] Chabanaud, P. (1924). "Poissón d' Indochine,"
- [69] Chabanaud, P. (1926). "Description d'un poisson nouveau d'Indochine, appartenant à la famille des Sciaenidae. ," *Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle*, (Série 1) v. 32 (no. 5),
- [70] Chevey, P. (1929). "Inventaire de la faune Ichthyologique de l'Indochine. 2è Laste, lè Note," Inst. Océogr. I'Indochine,
- [71] Chevey, P. (1932). "Poissons des campagnes du "de Lanessan" (1925-1929) lè partie," Travaux Inst. Océogr. I'Indochine,
- [72] Chevey, P. (1934). "Revision synonymique de l'Oeuvre Ichthyologique de C. Tirant, 7è Note," Inst. Océogr. I'Indochine,

- [73] Chevey, P. & Durand, J. (1945). "Principaux poissons comestibles d'Indochine," Inst. Océogr. l'Indochine (Nhatrang, Annam),
- [74] Cotter, John & Lart, William (2011). "A Guide for Ecological Risk Assessment of the Effects of Commercial Fishing (ERAEF)," Sea Fish Industry Authority, Grimsby, Sea fish Industry Authority, Origin Way, Europarc, Grimsby DN37 9TZ, United Kingdom, 79 pp.
- [75] D.Elia, Marta; Patti, Bernardo; Sulli, Attilio; Tranchida, Giorgio; Bonanno, Angelo; Basilone, Gualtiero; Giacalone, Giovanni; Fontana, Ignazio; Genovese, Simona; Guisande, Cástor & Mazzola, Salvatore (2009). "Distribution and spatial structure of pelagic fish schools in relation to the nature of the seabed in the Sicily Straits (Central Mediterranean)," 30, Page 151-160.
- [76] Daley, R.; Dowdney, J.; Bulman, C; Sporcic, M.; Fuller, M.; Ling, S. & Hobday, A. (2007). "Ecological Risk Assessment (ERA) for the Effects of Fishing: Skipjack Tuna Fishery," Report for the Australian Fisheries Management Authority, Canberra, Australia,
- [77] Daley, R.; Dowdney, J.; Bulman, C.; Sporcic, M.; Fuller, M.; Ling, S. & Hobday, A. (2007). "Ecological Risk Assessment (ERA) for Effects of Fishing: Report for the Mid-water trawl sub-fishery of the small pelagic fishery," Report for the Australian Fisheries Management Authority, Canberra, Australia,
- [78] Daley, R.; Dowdney, J.; Bulman, C.; Sporcic, M.; Fuller, M.; Ling, S.; Milton, D. & Hobday, A. (2007). "Ecological Risk Assessment (ERA) for Effects of Fishing: Report for the Purse seine sub-fishery of the small pelagic fishery," Report for the Australian Fisheries Management Authority, Canberra, Australia,
- [79] Dalzell, P. (1993). Small pelagic fishes. In Nearshore marine resources of the South Pacific, A. Wright & L. Hill (eds). Suva: Institute of Pacific

- Studies, Honiara: Forum Fisheries Agency and Halifax: International Centre for Ocean Development, 97 - 133., In,
- [80] EPA (1998). Guidelines for Ecological Risk Assessment. EPA 630-R-95-002F, Office of Research and Development. US Environmental Protection Agency, Washington, DC. USA.
- [81] Fletcher, Warrick (2005). "The application of qualitative risk assessment methodology to prioritize issues for fisheries management," *Ices Journal of Marine Science*, 62, Page 1576-1587.
- [82] Foote, K. G. (1987). "Fish target strengths for use in echo integrator surveys," *Journal of the Acoustical Society of America*, 82, Page 981-987.
- [83] Foote, K.G.; Knudsen, K.P. ; Vestnes, G. ; MacLennan, D. N. & Simmonds, E.J. (1987). "Calibration of acoustic instruments for fish density estimation: a practical guide.," 69 pp.
- [84] Fowler, Jim; Cohen, Lou & Jarvis, Phil (1998). Practical Statistics for Field Biology, 2nd Edition, John Wiley & Sons
- [85] Frelat, Romain; Orio, Alessandro; Casini, Michele; Lehmann, Andreas; Mérigot, Bastien; Otto, Saskia A; Sguotti, Camilla & Möllmann, Christian (2018). "A three-dimensional view on biodiversity changes: spatial, temporal, and functional perspectives on fish communities in the Baltic Sea," *ICES Journal of Marine Science*, 75, 2463-2475.
- [86] Froese, R. & Pauly, D. (2018). *FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (06/2018).*
- [87] Furusawa, M. (1990). "Study on echo sounding for estimating fisheries resources," *Bulletin of the National Research Institute for Fisheries Engineering*, 11, Page 173-249.
- [88] Garcia, S. M. & Cochrane, K. L. (2005). "Ecosystem approach to fisheries: a review of implementation guidelines," *ICES Journal of Marine Science*, 62, Page 311-318.

- [89] Garcia, S.M.; Zerbi, A.; Aliaume, C.; Do Chi, T.; Lasserre, G. (2003). The ecosystem approach to fisheries. Issues, terminology, principles, institutional foundations, implementation and outlook., FAO, Rome, Italy. 71 p.
- [90] Hassan, Raja Bidin Raja; Ali, R.; Anh, N.L.; Hai, V.D.; Fujiwara, S.; Shiomi, K. & Seman, N. (1999). "Pelagic Stock Assessment by Hydroacoustic Method in the South China Sea, Area IV: Vietnamese Waters. Proceedings of the SEAFDEC Seminar on Fishery Resources in the South China Sea, Area IV: Vietnamese Waters.,"
- [91] Hassan, Raja Bidin Raja; Ali, Rosidi; Anh, Nguyen Lam; Hai, Vu Duyen; Fujiwara, Shunji; Shiomi, Kunimune & Seman, Nadzri (2000). "Pelagic Stock Assessment by Hydroacoustic Method in the South China Sea, Area IV: Vietnamese Waters," MFRDMD (SEAFDEC), Kuala Terengganu,
- [92] Hastie, Trevor & Tibshirani, Robert (1986). "Generalized Additive Models," *Statistical Science*, 1, Page 297-310.
- [93] Hobday, A. J.; Smith, A. D. M.; Stobutzki, I. C.; Bulman, C.; Daley, R.; Dambacher, J. M.; Deng, R. A.; Dowdney, J.; Fuller, M.; Furlani, D.; Griffiths, S. P.; Johnson, D.; Kenyon, R.; Knuckey, I. A.; Ling, S. D.; Pitcher, R.; Sainsbury, K. J.; Sporcic, M.; Smith, T.; Turnbull, C.; Walker, T. I.; Wayte, S. E.; Webb, H.; Williams, A.; Wise, B. S. & Zhou, S. (2011). "Ecological risk assessment for the effects of fishing," *Fisheries Research*, 108, 372-384.
- [94] Hobday, A. J.; Smith, A. & Stobutzki, I. C. (2004). "Ecological risk Assessment for Australian Commonwealth Fisheries. Final Report Stage 1. Hazard identification and preliminary risk assessment. Report Number R01/0934," CSIRO Marine Research,
- [95] Hobday, A.J.; Smith, A.D.M.; Webb, H.; Daley, R.; Wayte, S.; Bulman, C.; Dowdney, J.; Williams, A.; Sporcic, M.; Dambacher, J.; Fuller, M. & Walker, T. (2007). "Ecological risk assessment for the effects of fishing:

- methodology," Australian Fisheries Management Authority, Canberra, 174 pp.
- [96] Hotelling, H. (1933). "Analysis of a complex of statistical variables into principal components," *Journal of Educational Psychology*, 24, 417–441, and 498–520.
- [97] Ilona, Stobutzki; Miller, M. J.; Heales, D. S. & Brewer, David (2002). Sustainability of elasmobranchs caught as bycatch in a tropical prawn (shrimp) fishery, 800-821.
- [98] Johannesson, K.A. & Mitson, R.B. (1983). "Fisheries acoustics. A practical manual for aquatic biomass estimation.," *FAO Fish. Tech. Pap*, 240, 249 pp.
- [99] Jost, Lou (2006). "Entropy and diversity," *Oikos*, 113, 363-375.
- [100] Kang, DH; Hwang, DJ; Soh, HY; Yoon, YH; Suh, HL; Kim, YJ; Shin, HC & Iida, K. (2003). "Density estimation of an euphausiid (*Euphausia pacica*) in the sound scattering layer of the East China Sea," *J. Kor. Soc. Fish Technol.*, 36, 749-756.
- [101] Kang, M; Yoon, GD; Choi, YM & Kim, ZG (1996). "Hydroacoustic investigations on the distribution characteristics of the anchovy at the south region of East Sea," *J. Kor. Soc. Fish Technol.*, 32, 16-23.
- [102] Katara, Isidora; Pierce, Graham; Illian, Janine & Scott, Beth (2011). Environmental drivers of the anchovy/sardine complex in the Eastern Mediterranean, 49-65.
- [103] Kim, HY; Hwang, BK; Lee, YW; Shin, HO; Kwon, JN & Lee, KH (2011). "Hydro-acoustic survey on fish distribution and aggregated sh at arti cial reefs in marine ranching area," *J. Kor. Soc. Fish Technol.*, 47, 139-145.
- [104] Kimura, K. (1929). "On the detection of fish-groups by an acoustic method," *Journal of the Imperial Fisheries Institute, Toyko*, 24, 41-45.

- [105] King, Michael (1995). Fisheries Biology, assessment and management, Fishing News Books
- [106] Korneliussen, R. J.; Ona, E.; Eliassen, I.; Heggelund, Y.; Patel, R.; Godø, O.R.; Giertsen, C.; Patel, D.; Nornes, E.; Bekkvik, T.; Knudsen, H.P. & Lien, G. (2006). "The Large Scale Survey System - LSSS. Proceedings of the 29th Scandinavian Symposium on Physical Acoustics, Ustaoset 29 January – 1 February 2006.,"
- [107] Lee, D.J. & Lee, W.W. (1996). "Hydroacoustic investigations of demersal sheries resources in the southeastern area of the Cheju Island, Korea-acoustical estimation of sh density and distribution," *J. Kor. Soc. Fish Technol.*, 32, 266-272.
- [108] Lee, JB; Oh, TY; Yeon, IJ; Kim, BY; Shin, HO; Hwang, BK; Lee, KH & Lee, YW (2012). " Estimation of demersal fish abundance using hydroacoustic and catch data in the marine ranching area (MRA) of Jeju," *J. Kor. Soc. Fish Technol.*, 48, 128-136.
- [109] Lee, KH; Kim, IO; Yoon, WD; Shin, JK & An, HC (2007). "A study on vertical distribution observation of giant jelly fish (*Nemopilema nomurai*) using acoustical and optical methods," *J. Kor. Soc. Fish Technol.*, 43, 355-361.
- [110] Lehodey, P.; Alheit, J.; Barange, M.; Baumgartner, T.; Beaugrand, G.; Drinkwater, K.; Fromentin, J.-M.; Hare, S. R.; Ottersen, G.; Perry, R. I.; Roy, C.; Lingen, C. D. van der & Werner, F. (2006). "Climate Variability, Fish, and Fisheries," *Journal of Climate*, 19, 5009-5030.
- [111] Link, Jason; Brodziak, Jon; Edwards, S. F.; Overholtz, W. J.; Mountain, D.; Jossi, Jack; Smith, Tim & Fogarty, M. J. (2002). Marine ecosystem assessment in a fisheries management context,
- [112] MacLennan, D. N. (1990). "Acoustical measurement of fish abundance," *Journal of Acoustical Society of America*, 87, 1-15.

- [113] MacLennan, David N & Simmonds, E. John (1992). Fisheries Acoustics, Chapman & Hall, London.
- [114] Manik, Henry; Nur Sujatmiko, Tri; Ma'mun, Asep & Priatna, Asep (2018). "Application of Hydroacoustic Technology to Measure Spatial and Temporal Distribution of Small Pelagic Density in Banda Sea," *Marine Fisheries: Journal of Marine Fisheries Technology and Management*, 9, 39.
- [115] Maravelias, C. D. & Reid, D. G. (1997). "Identifying the effects of oceanographic features and zooplankton on prespawning herring abundance using generalized additive models," *Marine Ecology Progress Series*, 147, 1-9.
- [116] Maravelias, Christos (1999). Habitat selection and clustering of a pelagic fish: effects of topography and bathymetry on species dynamics, 437-450.
- [117] Maravelias, Christos; Reid, Dave; J Simmonds, E. & Haralabous, John (1996). Spatial Analysis and Mapping of Acoustic Survey Data in the presence of High Local Variability: Geostatistical Application to North Sea Herring (*Clupea harengus*), 1497-1505.
- [118] Marine.Stewardship.Council (2010). Marine Stewardship Council Fisheries Assessment Methodology and Guidance to Certification Bodies Including Default Assessment Tree and Risk-Based Framework,
- [119] Marine.Stewardship.Council (2014). MSC Fisheries Certification Requirements and Guidance, Version 2.0,
- [120] Marine.Stewardship.Council (2017). "Global Impacts Report 2017. A 20th anniversary review of the Marine Stewardship Council program and the progress and improvements made by MSC certified fisheries around the world," 41 p.
- [121] Menasveta, D.; Shindo, S. & Chullasorn, S. (1973). "Pelagic fishery resources of the South China Sea and prospects for their development,"

- SCS/DEV/73/6. South China Sea Fisheries Development and Coordinating Programme, FAO, Rome,
- [122] Northwood.Tecnologies.Inc. & Marconi.Mobile.Limited (2001). Vertical Mapper: Spatial Analysis and Display Software. Version 3.0. Build 3.0.0.019,
- [123] Nurdin, Suhartono; Ahmad Mustapha, Muzzneena; Lihan, Tukimat & A.G, Mazlan (2015). Determination of Potential Fishing Grounds of *Rastrelliger kanagurta* Using Satellite Remote Sensing and GIS Technique, 225-232.
- [124] Nurdin, Suhartono; Mustapha, Muzzneena & Lihan, Tukimat (2013). The Relationship between Sea Surface Temperature and Chlorophyll-a Concentration in Fisheries Aggregation Area in the Archipelagic Waters of Spermonde Using Satellite Images, 466-472.
- [125] Ohshimo, Seiji (1996). "Acoustic Estimation of Biomass and School Character of Anchovy *Engraulis japonicus* in the East China Sea and the Yellow Sea," *Fisheries science*, 62, 344-349.
- [126] Ohshimo, Seiji (2004). "Spatial distribution and biomass of pelagic fish in the East China Sea in summer, based on acoustic surveys from 1997 to 2001," *Fisheries science*, 70, 389-400.
- [127] Ohshimo, Seiji; Mitani, Takumi & Honda, Satoshi (1998). Acoustic Surveys of Spawning Japanese Sardine, *Sardinops melanostictus*, in the Waters off Western and Southern Kyushu, Japan, 665-672.
- [128] Ona, E. & Mitson, R. B. (1996). "Acoustic sampling and signal processing near the seabed: The deadzone revisited," 53, ICES Journal of Marine Science.
- [129] Patrick, W. S.; Spencer, P.; Ormseth, O.; Cope, J.; Field, J.; Kobayashi, D.; Gedamke, T.; Cortés, E.; Bigelow, K.; Overholtz, W.; Link, J. & Lawson, P. (2009). "Use of productivity and susceptibility indices to determine stock

- vulnerability, with example applications to six U.S. fisheries. U.S. Dep. Commer.," NOAA Tech. Memo. NMFS-F/SPO-101, 90 pp.
- [130] Pears, R.J.; Morison, A.K.; Jebreen, E.J.; Dunning, M.C.; Pitcher, C.R.; Courtney, A.J.; Houlden, B. & Jacobsen, I.P. (2012). "Ecological risk assessment of the East Coast Otter Trawl Fishery in the Great Barrier Reef Marine Park: Summary report, Great Barrier Reef Marine Park Authority, Townsville.,"
- [131] Pellegrin, J. (1905). "Mission permanente Francaise en Indochine," *Poissons de la Baie d'Along Bull. Soc. Ecol. France*, VI,
- [132] Peltonen, Heikki; Luoto, Miska; Pääkkönen, Jari-Pekka; Karjalainen, Miina; Tuomaala, Antti; Pönni, Jukka & Viitasalo, Markku (2007). "Pelagic fish abundance in relation to regional environmental variation in the Gulf of Finland, northern Baltic Sea," *ICES Journal of Marine Science*, 64, 487-495.
- [133] Petitgas, P.; Reid, D.; Carrera, P.; Iglesias, M.; Georgakarakos, S.; Liorzou, B. & Masse, J. (2001). "On the relation between schools, clusters of schools, and abundance in pelagic fish stocks," *ICES Journal of Marine Science*, 58, 1150-1160.
- [134] Pielou, E. C. (1966). "The measurement of diversity in different types of biological collections," *Journal of Theoretical Biology*, 13, 131-144.
- [135] Pikitch, E. K.; Santora, C.; Babcock, E. A.; Bakun, A.; Bonfil, R.; Conover, D. O.; Dayton, P.; Doukakis, P.; Fluharty, D.; Heneman, B.; Houde, E. D.; Link, J.; Livingston, P. A.; Mangel, M.; McAllister, M. K.; Pope, J. & Sainsbury, K. J. (2004). "Ecosystem-Based Fishery Management," *Science*, 305, 346-347.
- [136] Pitney.Bowes.Software.Inc. (2011). MapInfo Professional Version 11. Pitney Bowes Software Inc., One Global View, Troy, New York 12180-8399. In:

- [137] R.Core.Team (2018). "R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>."
- [138] R.D. Silk, Janet; Thorpe, Sally; Fielding, Sophie; Murphy, Eugene; Trathan, Philip; Watkins, Jonathan & Hill, Simeon (2016). Environmental correlates of Antarctic krill distribution in the Scotia Sea and southern Drake Passage, fsw097.
- [139] Reid, D. G. & Maravelias, C. D. (2001). "Relationships between herring school distribution and seabed substrate derived from RoxAnn," *ICES Journal of Marine Science*, 58, 1161-1173.
- [140] Richardson, I. D.; Cushing, D. H.; Harden Jones, F. R.; Beverton, R. J. H. & Blacker, R. W. (1959). "Echo-sounding experiments in the Barents Sea, , II, 22, 9," *Fish. Invest., London*, II, 55.
- [141] RIMF & IMR (1979). "Fish resources of Vietnam. The results of the investigations by "R/V Bien Dong" - Part I: Report of the investigations by "R/V Bien Dong" in Vinh Bac Bo (Gulf of Tonkin), June 1977 - June 1978; Part II: Report of the investigations by "R/V Bien Dong" off the southeastern part of Vietnam, July 1978-December 1979; Part III: Appendices to Part I and II. Reports of cruises No 1-21 by "R/V Bien Dong", March 1977-December 1979.,"
- [142] Rosenberg, A.; Agnew, D.; Babcock, E.; Cooper, A.; Mogensen, C.; O'boyle, R.; Powers, J.; Stefánsson, G. & Swasey, J. (2007). "Setting annual catch limits for U.S. fisheries: A new approach to setting catch limits may help end overfishing in the United states.," Lenfest Ocean Program. MRAG Americas, Inc., 8 pp.
- [143] Rosenberg, Andrew A.; Acosta, Alejandro; Babcock, Elizabeth; Harrington, Jennie; Hobday, Alistair; Mogensen, Charlotte B.; O'Boyle, Robert; Rader, Douglas; Swasey, Jill H.; Trumble, Robert J. & Wakeford, Robert C. (2009). "Use of Productivity - Susceptibility Analysis (PSA) in

- setting annal catch limits for U.S. fisheries: A Workshop Report," Lenfest Ocean Program. MRAG Americas, Inc., 21 pp.
- [144] Sætersdal, G.; Bianchi, G.; Strømme, T. & Venema, S.C. (1999). "The DR. FRIDTJOF NANSEN Programme 1975–1993. Investigations of fishery resources in developing countries. History of the programme and review of results.," Rome, FAO, 434p.
- [145] Safruddin; Hidayat, Rachmat & Zainuddin, Mukti (2018). "Effects of environmental factors on anchovies *Stolephorus* sp distribution in Bone Gulf, Indonesia," *AACL Bioflux*, 11,
- [146] Shannon, C. E. (1948). " A mathematical theory of communication," *The Bell System Technical Journal*, 27, 379–423 and 623–656.
- [147] Simmonds, E. J.; Williamson, Neal J.; Gerlotto, Francois & Asgeir, Aglen. (1992). "Acoustic survey design and analysis procedure: A comprehensive review of current practice," International Council for the Exploration of the Sea, Copenhagen,
- [148] Simmonds, E. John. & MacLennan, David N. (2005). Fisheries Acoustics: Theory and Practice. Second edition, Blackwell Publishing, Oxford, England. 437 pp.
- [149] Simpson, E. H. (1949). "Measurement of Diversity," *Nature*, 163, 688-688.
- [150] Smith, A. D. M.; Fulton, E. J.; Hobday, A. J.; Smith, D. C. & Shoulder, P. (2007). "Scientific tools to support the practical implementation of ecosystem-based fisheries management," *ICES J. Mar. Sci.*, 64, 633-639.
- [151] Sparre, P. & Venema, S.C. (1998). Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1. Manual, FAO Fisheries Technical Paper. No. 306/1, Rev.2. Rome, FAO. 407p. ISBN 92-5-103996-8
- [152] Stamatopoulos, Constantine (2002). Sample-Based Fishery Surveys - A Technical Handbook. In: FAO Fisheries Technical Paper. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, p 132

- [153] Sunardi, Sasmowiyono; Anton, Yudhana; Din, Jafri & Raja-Bidin, Raja-Hassan (2010). Fish species identification based on its acoustic target strength using in situ measurement,
- [154] Sunardi, Sunardi; Din, Jafri; Anton, Yudhana & Bidin Raja Hassan, Raja (2009). Target Strength for Fish Identification Using Echo Sounder,
- [155] Sund, O. (1935). "Echo sounding in fishery research," *Nature*, 135, 953.
- [156] Sunye, Patricia & Servain, Jacques (2002). Effects of seasonal variations in meteorology and oceanography on the Brazilian sardine fishery, 89-100.
- [157] Suter, GW II (1993). Ecological Risk Assessment, Lewis Publishers, Boca Raton, FL, USA.
- [158] Suzuki, T.; Tashiro, M. & Yamagishi, Y. (1974). "Studies on the swimming layer of squid *Todarodes pacificus* Steenstrup as observed by a fish finder in the offshore region of the northern part of the Japan Sea," *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, 25, 238-246.
- [159] Thao, Nguyễn Hồng (2005). "Maritime Delimitation and Fishery Cooperation in the Tonkin Gulf," *Ocean Development & International Law*, 36, 25-44.
- [160] Toresen, R. (2001). "Environmental Influence on Herring (*Clupea harengus* L.) abundance. An environmental approach for the understanding of herring stock fluctuations and its application in management.," PhD Thesis, University of Bergen, Bergen, Norway.
- [161] Toresen, R. & Østvedt, O.J. (2000). "Variation in abundance of Norwegian spring-spawning herring (*Clupea harengus*, Clupeidae) throughout the 20th century and the influence of climatic fluctuations," *Fish and Fisheries*, 1, 231-256.
- [162] Toresen, Reidar; Gjøsæter, Harald & Barros, Pedro de (1998). "The acoustic method as used in the abundance estimation of capelin (*Mallotus*

- villosus* Müller) and herring (*Clupea harengus* Linné) in the Barents Sea," *Fisheries Research*, 34, 27-37.
- [163] Truskanov, M. & Scherbino, M. (1966). "Methods of direct calculation of fish concentrations by means of hydroacoustic apparatus," *ICNAF Res. Bull.*, 3, 70-89.
- [164] Tsitsika, Efthymia V.; Maravelias, Christos D. & Haralabous, John (2007). "Modeling and forecasting pelagic fish production using univariate and multivariate ARIMA models," *Fisheries Science*, 73, 979-988.
- [165] Tungate, D.S. (1958). "Echo sounder surveys in the autumn of 1956," *Fishery Investigations, London*, 22, 1-17.
- [166] Tweedie, M. C. K. (1984). "An Index Which Distinguishes between Some Important Exponential Families," *In Statistics: Applications and New Directions—Proceedings of the Indian Statistical Institute Golden Jubilee International Conference, edited by J. K. Ghosh, and J. Roy. Calcutta: Indian Statistical Institute.*, 579–604.
- [167] Vabo, Rune; Olsen, Kjell & Huse, Ingvar (2002). "The effect of vessel avoidance of wintering Norwegian spring spawning herring," *Fisheries Research*, 58, 59-77.
- [168] Walker, T.; Dowdney, J.; Williams, A.; Fuller, M.; Webb, H.; Bulman, C; Sporcic, M. & Wayte, S. (2007). "Ecological Risk Assessment for the Effects of Fishing: Report for the Shark gillnet component of the Gillnet Hook and Trap Sector of the Southern and Eastern Scalefish and Shark Fishery. Report for the Australian Fisheries Management Authority, Canberra,"
- [169] Webb, H.; Hobday, A.; Dowdney, J.; Bulman, C.; Sporcic, M.; Smith, T.; Stobustzki, I.; Fuller, M. & Furlani, D. (2007). "Ecological Risk Assessment for the Effects of Fishing: Eastern Tuna & Billfish Fishery:

Longline Sub-fishery," Report for the Australian Fisheries Management Authority,

- [170] Wood, S. N. (2006). Generalized Additive Models: An Introduction with R. , Chapman and Hall/CRC, Boca Raton, USA.
- [171] Zgozi, S.; Barra, M.; Basilone, G.; Hamza, M.; Assughayer, M.; Nfate, A.; Giacalone, G.; Fontana, I.; Mifsud, R.; Goncharov, S.; Popov, S.; Bahri, T.; Pulizzi, M.; Genovese, S.; Ceriola, L.; Aronica, S.; Mazzola, S. & Bonanno, A. (2018). "Habitat suitability modelling for a key small pelagic fish species (*Sardinella aurita*) in the central Mediterranean sea," *Hydrobiologia*, 821, 83-98.
- [172] Zhou, Shijie; Hobday, Alistair J.; Dichmont, Cathy M. & Smith, Anthony D. M. (2016). "Ecological risk assessments for the effects of fishing: A comparison and validation of PSA and SAFE," *Fisheries Research*, 183, 518-529.
- [173] Zwolinski, Juan P.; Oliveira, Paulo B.; Quintino, Victor & Stratoudakis, Yorgos (2010). "Sardine potential habitat and environmental forcing off western Portugal," *ICES Journal of Marine Science*, 67, 1553-1564.

DANH MỤC

MỘT SỐ CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN

I. Các công trình công bố quốc tế:

- [1] **Nghia, N.V. & Hung, B.T.** (2018). Relationship between Abundance of Sardines and Oceanographic Conditions in Tonkin Gulf, Vietnam. *Journal of Oceanography and Marine Research*. Vol. 6: 184. doi: 10.4172/2572-3103.1000184.

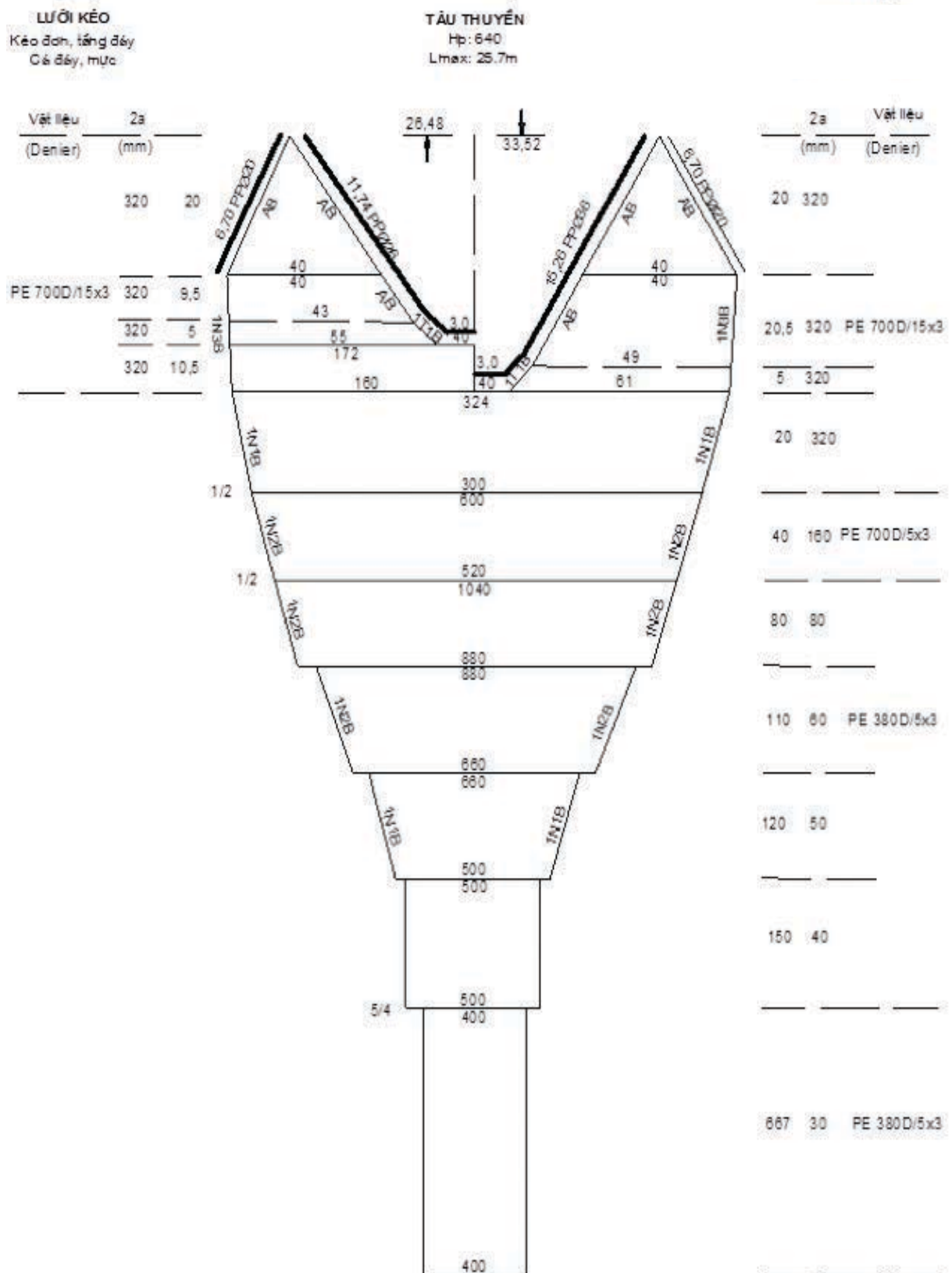
II. Các công trình công bố trong nước:

- [1] Vũ Việt Hà, Trần Văn Cường, **Nguyễn Viết Nghĩa** (2013). Đánh giá trữ lượng cá sòng Nhật (*Trachurus japonicus*) ở vùng biển vịnh Bắc Bộ, Việt Nam bằng phương pháp thủy âm. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn*, Tháng 12/2013, 60-70.
- [2] **Nguyễn Viết Nghĩa** (2013). Xác định hệ số phản hồi âm của cá khế *Alepes djeddaba* (forsskal, 1775) bằng phương pháp ex-situ ở biển Việt Nam. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển*, Tập 13, Số 3, 249-256.
- [3] **Nguyễn Viết Nghĩa** (2014). Công tác điều tra nguồn lợi hải sản ở Việt Nam: Thực trạng và định hướng giải pháp. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn*, Tháng 9/2014, 5-13.
- [4] **Nguyễn Viết Nghĩa & Vũ Việt Hà** (2014). Đánh giá tổng hợp hiện trạng nguồn lợi hải sản ở biển Việt Nam giai đoạn 2011-2013. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn*. Tháng 9/2014. 14-24.
- [5] Mai Công Nhuận, **Nguyễn Viết Nghĩa**, Phạm Huy Sơn & Nguyễn Khắc Bát (2014). Đánh giá biến động nguồn lợi hải sản ở vùng đánh cá chung vịnh Bắc Bộ. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn*, Tháng 9/2014. 33-39.
- [6] Nguyễn Công Thành, Nguyễn Tiến Cảnh, Nguyễn Đắc Thắng & **Nguyễn Viết Nghĩa** (2014). Xác định trữ lượng cá nổi trên cơ sở nghiên cứu khối lượng động vật phù du ở biển Việt Nam. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn*, Tháng 9/2014. 112-117.

- [7] Vũ Việt Hà, **Nguyễn Viết Nghĩa** & Trần Văn Cường (2014). Đánh giá nguồn lợi cá nổi nhỏ ở biển Việt Nam bằng phương pháp thủy âm đa tần số. Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn, Tháng 9/2014. 79-88.
- [8] Bùi Thanh Hùng, **Nguyễn Viết Nghĩa**, Nguyễn Đức Linh & Trần Văn Vụ (2015). Một số đặc điểm hải dương học nghề cá vùng biển ven bờ Việt Nam, năm 2012. Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn (206). 168-179.
- [9] **Nguyễn Viết Nghĩa** & Vũ Việt Hà (2016). Biến động nguồn lợi một số nhóm hải sản chủ yếu ở biển Việt Nam. Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn. Tháng 11/2016. 26-37.
- [10] Vũ Việt Hà, **Nguyễn Viết Nghĩa**, Trần Văn Thanh, Hoàng Ngọc Sơn & Nguyễn Thị Diệu Thuý (2017). Đánh giá rủi ro sinh thái của nghề khai thác cá ngừ đại dương ở biển Việt Nam đối với các loài khai thác thứ cấp. Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn, Tháng 12/2016. 121-129.
- [11] Vũ Việt Hà & **Nguyễn Viết Nghĩa** (2018). Tiếp cận hệ sinh thái trong quản lý nghề cá biển Việt Nam. Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn. Số 16/2018. 13-24.
- [12] **Nguyễn Viết Nghĩa**, Bùi Thanh Hùng, Nguyễn Hoàng Minh & Vũ Việt Hà (2018). Nghiên cứu ảnh hưởng của các yếu tố hải dương đến sự phân bố của cá nục và cá bạc má ở vùng biển vịnh Bắc Bộ. Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn. Tháng 12/2018.
- [13] **Nguyễn Viết Nghĩa** & Vũ Việt Hà (2018). Ước tính cường lực và sản lượng khai thác của nghề lưới vây khai thác cá nổi nhỏ ở vùng biển vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 2014-2016. Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn. Tháng 12/2018.

PHỤ LỤC

Phụ lục 1. Bản vẽ kỹ thuật của lưới kéo đáy sử dụng trong các chuyến điều tra



Phụ lục 2. Danh sách các loài cá nhỏ bắt gặp trong các chuyến điều tra ở vùng biển vịnh Bắc Bộ

Tên họ	Tên giống	Tên loài	1996		2001		2003		2004	2005	2012		2013	2016	2017	TỔNG
			TN	ĐB	TN	ĐB	TN	ĐB	TN	TN	TN	ĐB	TN	TN	TN	
Ariommatidae	Ariomma	<i>Ariomma indica</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+
Bregmacerotidae	Bregmaceros	<i>Bregmaceros japonicus</i>										+				+
		<i>Bregmaceros macclellandii</i>	+	+				+			+	+		+	+	+
Carangidae	Alectis	<i>Alectis ciliaris</i>			+		+	+	+			+	+	+	+	+
		<i>Alectis indicus</i>		+		+		+	+	+		+		+		+
	Alepes	<i>Alepes djedaba</i>	+	+	+	+	+	+	+			+	+			+
		<i>Alepes kleinii</i>	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+
		<i>Alepes melanoptera</i>				+	+	+	+	+		+		+	+	+
	Atropus	<i>Atropus atropus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+
	Atule	<i>Atule mate</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Carangoides	<i>Carangoides chrysophrys</i>	+	+	+	+	+	+	+			+				+
		<i>Carangoides malabaricus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+
		<i>Carangoides melanopterus</i>										+	+	+		+
	Caranx	<i>Caranx ignobilis</i>					+									+
		<i>Caranx sexfasciatus</i>			+			+				+				+
	Chorinemus	<i>Chorinemus lysan</i>			+									+		+
	Decapterus	<i>Decapterus kurroides</i>					+									+
		<i>Decapterus macrosoma</i>	+	+	+	+	+		+	+		+	+	+		+
		<i>Decapterus maruadsi</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		<i>Decapterus russelli</i>					+									+
	Megalaspis	<i>Megalaspis cordyla</i>	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+
	Parastromateus	<i>Parastromateus niger</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Scomberoides	<i>Scomberoides commersonnianus</i>		+	+	+						+		+		+
		<i>Scomberoides lysan</i>				+						+	+			+
		<i>Scomberoides tol</i>				+	+	+				+				+
	Selar	<i>Selar boops</i>					+			+				+		+
		<i>Selar crumenophthalmus</i>	+	+	+	+	+	+	+			+		+		+
	Selaroides	<i>Selaroides leptolepis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Tên họ	Tên giống	Tên loài	1996		2001		2003		2004	2005	2012		2013	2016	2017	TỔNG
			TN	ĐB	TN	ĐB	TN	ĐB	TN	TN	TN	ĐB	TN	TN	TN	
	Seriola	<i>Seriola dumerili</i>		+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+
		<i>Seriola fasciata</i>								+						+
	Seriolina	<i>Seriolina nigrofasciata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+
	Trachinotus	<i>Trachinotus blochii</i>										+		+		+
	Trachurus	<i>Trachurus japonicus</i>	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Uraspis	<i>Uraspis helvola</i>	+	+		+			+	+				+		+
		<i>Uraspis uraspis</i>										+				+
Clupeidae	Amblygaster	<i>Amblygaster clupeoides</i>		+						+						+
		<i>Amblygaster sirm</i>											+			+
	Clupanodon	<i>Clupanodon thrissa</i>							+							+
	Dussumieria	<i>Dussumieria acuta</i>				+										+
		<i>Dussumieria elopsoides</i>	+	+	+	+	+	+	+	+		+		+		+
	Harengula	<i>Harengula humeralis</i>									+					+
	Ilisha	<i>Ilisha elongata</i>		+	+			+								+
		<i>Ilisha megaloptera</i>											+			+
		<i>Ilisha melastoma</i>	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+		+
	Konosirus	<i>Konosirus punctatus</i>											+			+
	Pellona	<i>Pellona ditchela</i>								+						+
	Sardinella	<i>Sardinella aurita</i>	+	+	+						+	+	+	+		+
		<i>Sardinella fimbriata</i>			+	+				+		+	+	+		+
		<i>Sardinella gibbosa</i>		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		<i>Sardinella lemuru</i>			+				+							+
		<i>Sardinella sindensis</i>											+			+
		<i>Sardinella zunasi</i>										+				+
Engraulidae	Coilia	<i>Coilia macrognathos</i>							+							+
		<i>Coilia mystus</i>								+						+
		<i>Coilia nasus</i>										+				+
	Encrasicholina	<i>Encrasicholina devisi</i>										+				+
		<i>Encrasicholina heteroloba</i>							+		+	+	+	+		+
		<i>Encrasicholina punctifer</i>							+					+		+
	Setipinna	<i>Setipinna taty</i>				+			+					+		+

Tên họ	Tên giống	Tên loài	1996		2001		2003		2004	2005	2012		2013	2016	2017	TỔNG
			TN	ĐB	TN	ĐB	TN	ĐB	TN	TN	TN	ĐB	TN	TN	TN	
	Stolephorus	<i>Stolephorus commersonii</i>	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+
		<i>Stolephorus indicus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+		+		+		+
		<i>Stolephorus tri</i>											+			+
	Thryssa	<i>Thryssa dussumieri</i>					+	+	+			+	+	+		+
		<i>Thryssa hamiltonii</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+		+
		<i>Thryssa kammalensis</i>		+	+	+										+
		<i>Thryssa mystax</i>			+					+			+	+		+
		<i>Thryssa setirostris</i>							+	+	+	+				+
		<i>Thryssa vitirostris</i>											+			+
Polynemidae	Eleutheronema	<i>Eleutheronema tetradactylum</i>						+								+
	Polydactylus	<i>Polydactylus sextarius</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+
	Polynemus	<i>Polynemus dubius</i>			+				+			+				+
Scombridae	Rastrelliger	<i>Rastrelliger kanagurta</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Scomber	<i>Scomber japonicus</i>									+		+			+
	Scomberomorus	<i>Scomberomorus commerson</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		<i>Scomberomorus guttatus</i>		+	+	+	+	+	+	+		+	+		+	+
Sphyraenidae	Sphyraena	<i>Sphyraena acutipinnis</i>												+		+
		<i>Sphyraena barracuda</i>						+								+
		<i>Sphyraena flavicauda</i>											+	+	+	+
		<i>Sphyraena forsteri</i>							+				+	+	+	+
		<i>Sphyraena jello</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		<i>Sphyraena obtusata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		<i>Sphyraena pinguis</i>				+	+									+
		<i>Sphyraena putnamae</i>												+		+
Trichiuridae	Tentoriceps	<i>Tentoriceps cristatus</i>						+						+		+
	Trichiurus	<i>Trichiurus brevis</i>									+	+				+
		<i>Trichiurus lepturus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		<i>Trichiurus nanhaiensis</i>										+				+
		<i>Trichiurus russelli</i>											+			+

(+) Bắt gặp trong các mẻ lưới của chuyến điều tra

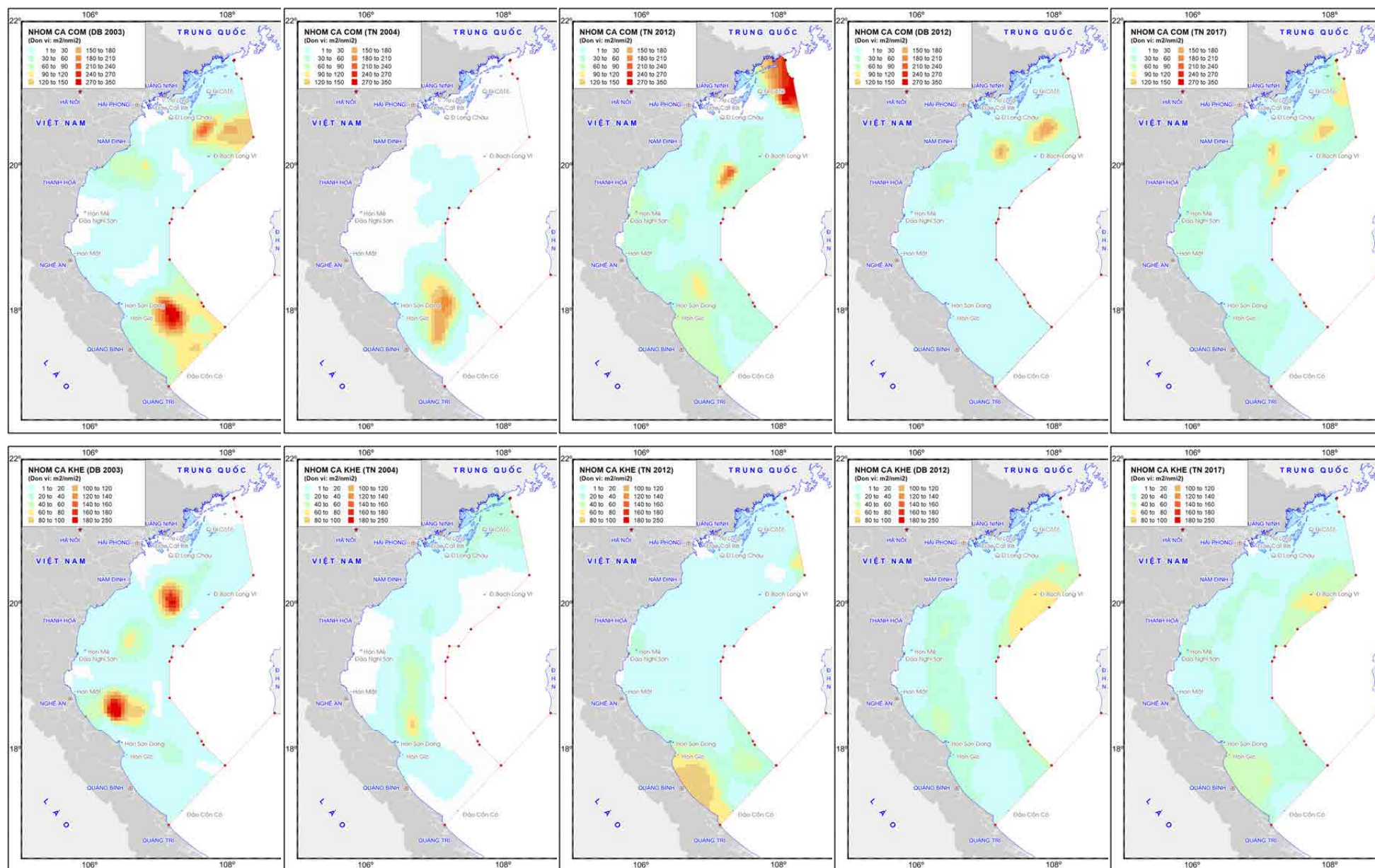
Phụ lục 3. Tần suất xuất hiện của các loài cá nổi nhỏ trong các chuyến điều tra ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn từ năm 1996 đến năm 2017

TÊN HỌ	TÊN LOÀI	1996		2001		2003		2004	2005	2012		2013	2016	2017	TỔNG SỐ
		TN	DB	TN	DB	TN	DB	TN	TN	TN	DB	TN	TN	TN	
Bregmacerotidae	<i>Bregmaceros japonicus</i>														○
	<i>Bregmaceros maclellandii</i>	○	○				○			○	○		○	○	○
Carangidae	<i>Alectis ciliaris</i>			○		○		○						○	○
	<i>Alectis indicus</i>		○		○		○	○	○		○	○	○		○
	<i>Alepes djedaba</i>	○	○	○	○	●	○	○			○	○			○
	<i>Alepes kleinii</i>	○	○	○	○		○	○	○	●	○	○	○	○	○
	<i>Alepes melanoptera</i>				○	○	○	○	○		○		○	○	○
	<i>Atropus atropus</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○
	<i>Anile mate</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	<i>Carangoides chrysophrys</i>	○	○	○	○	○	○	○			○				○
	<i>Carangoides malabaricus</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○		○
	<i>Carangoides melanopterus</i>										○	○	○		○
	<i>Caranx ignobilis</i>					○									○
	<i>Caranx sexfasciatus</i>			○			○				○				○
	<i>Chorinemus lysan</i>			○									○		○
	<i>Decapterus kurroides</i>					○									○
	<i>Decapterus macrosoma</i>	○	○	○	○	○		○	○		○	○	○		○
	<i>Decapterus maruadsi</i>	●	●	●	○	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	<i>Decapterus russelli</i>					○									○
	<i>Megalaspis cordyla</i>	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○
	<i>Parastromateus niger</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	<i>Scomberoides commersonianus</i>		○	○	○	○					○		○		○
	<i>Scomberoides lysan</i>				○						○	○			○
	<i>Scomberoides tol</i>				○	○	○				○				○
	<i>Selar boops</i>					○			○				○		○
	<i>Selar crumenophthalmus</i>	○	○	○	○	○	○	○			○		○		○
	<i>Selaroides leptolepis</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	<i>Seriola dumerili</i>		○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○
	<i>Seriola fasciata</i>								○						○
	<i>Seriola nigrofasciata</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○
	<i>Trachinotus blochii</i>														○
	<i>Trachurus japonicus</i>	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	<i>Uraspis helvola</i>	○	○		○			○	○				○		○
	<i>Uraspis uraspis</i>										○				○
Clupeidae	<i>Amblygaster clupeioides</i>		○						○						○
	<i>Amblygaster sirm</i>											○			○
	<i>Clupanodon thrissa</i>							○							○
	<i>Dussumieria acuta</i>				○										○
	<i>Dussumieria elopsoidea</i>	○	○	○	○	○	○	○	○		○		○		○
	<i>Harengula humeralis</i>									○					○
	<i>Ilisha elongata</i>		○	○			○								○
	<i>Ilisha megaloptera</i>											○			○
	<i>Ilisha melastoma</i>	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○		○
	<i>Konosirus punctatus</i>											○			○
	<i>Pellona ditchela</i>								○						○
	<i>Sardinella aurita</i>	○	○	○						○	○	○	○		○
	<i>Sardinella fimbriata</i>			○	○				○		○	○	○		○
	<i>Sardinella gibbosa</i>		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	<i>Sardinella lemuru</i>			○				○				○			○
	<i>Sardinella sindensis</i>											○			○
	<i>Sardinella zunasi</i>										○				○
Engraulidae	<i>Coilia macrognathos</i>							○							○
	<i>Coilia mystus</i>								○						○
	<i>Coilia nasus</i>										○				○
	<i>Encrasicholina devisi</i>										○				○
	<i>Encrasicholina heteroloba</i>							○		○	○	○	○		○
	<i>Encrasicholina punctifer</i>							○					○		○
	<i>Setipinna taty</i>				○			○					○		○
	<i>Stolephorus commersonii</i>	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○
	<i>Stolephorus indicus</i>	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○		○
	<i>Stolephorus tri</i>											○			○
	<i>Thryssa dussumieri</i>					○	○	○	○		○	○	○		○
	<i>Thryssa hamiltonii</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○
	<i>Thryssa kammalensis</i>		○	○	○										○
	<i>Thryssa mystax</i>			○								○	○		○
	<i>Thryssa setirostris</i>							○	○	○	○				○
	<i>Thryssa vitirostris</i>											○			○
Scombridae	<i>Rastrelliger kanagurta</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	<i>Scomber japonicus</i>									○		○			○
	<i>Scomberomorus commerson</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	<i>Scomberomorus guttatus</i>		○	○	○	○	○	○	○		○	○		○	○
Sphyraenidae	<i>Sphyraena acutipinnis</i>												○		○
	<i>Sphyraena barracuda</i>					○									○
	<i>Sphyraena flavicauda</i>											○	○	○	○
	<i>Sphyraena forsteri</i>							○				○	○	○	○
	<i>Sphyraena helleri</i>											○	○		○
	<i>Sphyraena jello</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	<i>Sphyraena obtusata</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	<i>Sphyraena pinguis</i>				○	○									○
	<i>Sphyraena putnamae</i>												○		○
Ghi chú: ● Tần suất bắt gặp >50% ● Tần suất bắt gặp 30-50% ○ Tần suất bắt gặp 10-30% ○ Tần suất bắt gặp <10%															

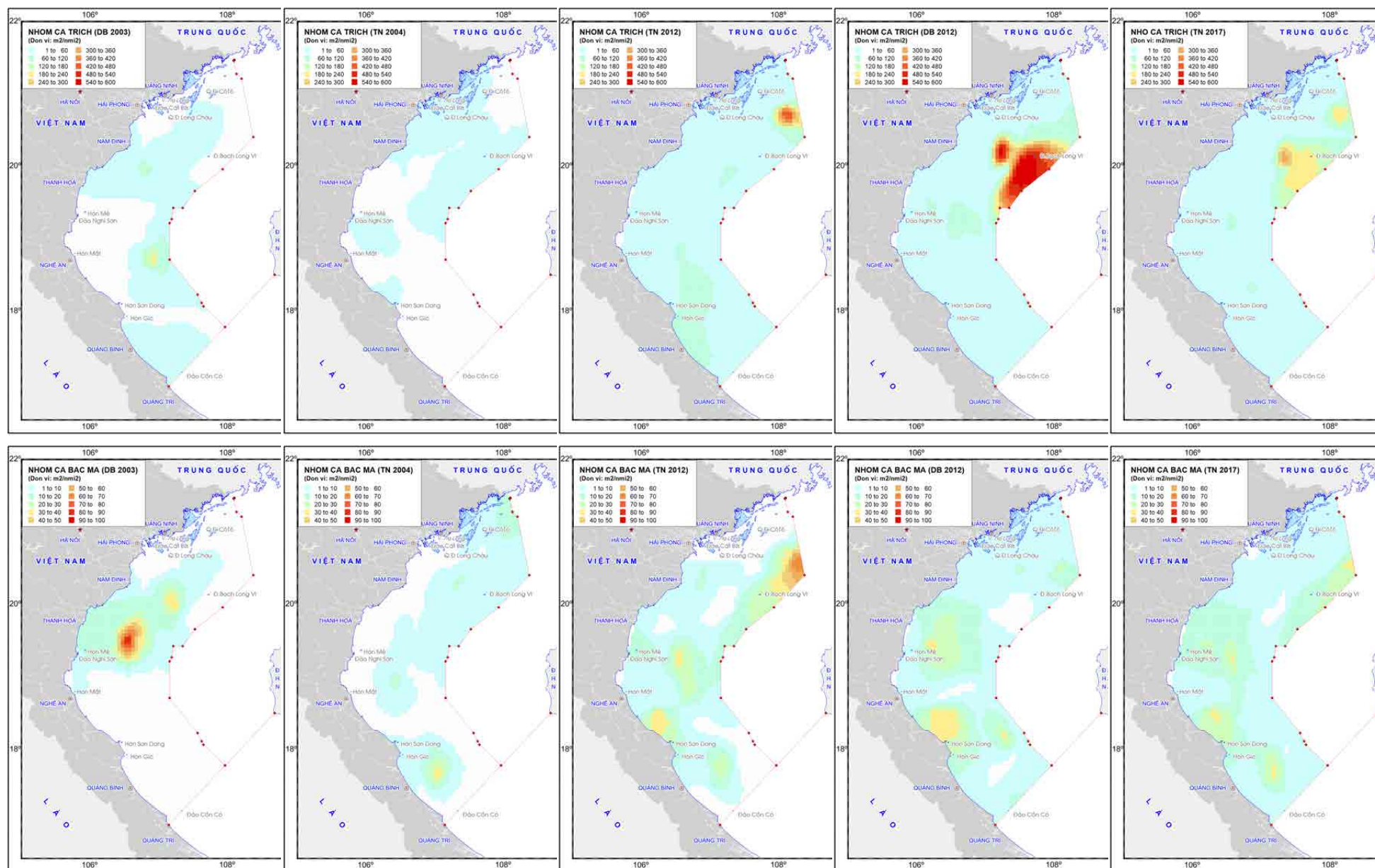
Phụ lục 4. Tỷ lệ sản lượng các loài cá nổi nhỏ chiếm ưu thế (>1,0% tổng sản lượng cá nổi nhỏ) trong các chuyến điều tra bằng lưới kéo đáy ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 1996-2017

Tên loài	Mã loài	1996		2001		2003		2004	2005	2012		2013	2016	2017	TRUNG BÌNH
		TN	ĐB	TN	ĐB	TN	ĐB	TN	TN	TN	ĐB	TN	TN	TN	
<i>Alepes djedaba</i>	ALD	5,1	1,2	0,0	0,0	1,7	0,2	23,4	-	-	11,2	0,9	-	-	3,4
<i>Alepes kleinii</i>	ALK	1,7	0,3	0,6	0,4	-	0,2	0,3	0,3	6,3	5,6	3,7	4,7	5,4	2,3
<i>Alepes melanoptera</i>	ALM	-	-	-	4,4	2,0	8,7	0,4	1,7	-	0,1	-	3,7	1,0	1,7
<i>Ariomma indica</i>	ARI	4,7	1,9	5,6	0,7	1,1	0,0	4,1	7,5	0,7	0,7	3,4	0,2	-	2,3
<i>Atropus atropus</i>	ATA	0,1	1,3	0,1	0,5	0,2	1,1	0,2	0,5	0,1	0,5	0,1	0,2	-	0,4
<i>Atule mate</i>	ATM	0,1	0,8	4,1	4,7	2,5	12,9	2,8	2,8	0,0	1,1	4,6	3,9	0,4	3,1
<i>Bregmaceros maclellandii</i>	BRM	0,4	0,1	-	-	-	0,0	-	-	0,0	0,3	-	0,0	7,2	0,6
<i>Carangoides chrysophrys</i>	CCH	0,0	1,3	0,2	1,7	1,0	0,3	1,5	-	-	0,1	-	-	-	0,5
<i>Carangoides malabaricus</i>	CMA	0,1	2,5	0,6	0,0	0,3	1,2	0,5	1,7	0,3	0,9	0,7	1,3	-	0,8
<i>Decapterus maruadsi</i>	DEM	26,7	18,1	16,1	15,6	26,5	15,5	28,6	12,0	34,4	29,7	35,4	11,0	37,7	23,6
<i>Dussumieria elopsoides</i>	DUE	6,1	0,2	0,8	2,1	1,8	0,2	0,5	0,3	-	0,0	-	0,0	-	0,9
<i>Encrasicholina heteroloba</i>	ENH	-	-	-	-	-	-	0,1	-	0,0	1,9	8,1	0,2	-	0,8
<i>Ilisha megaloptera</i>	IMG	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,9	-	-	0,7
<i>Ilisha melastoma</i>	IML	1,6	0,0	0,1	1,0	0,0	0,5	0,0	-	0,0	3,3	2,4	2,0	-	0,8
<i>Megalaspis cordyla</i>	MEC	0,1	0,9	1,2	0,7	1,4	3,5	2,8	0,2	-	1,5	4,1	0,1	1,5	1,4
<i>Parastromateus niger</i>	PAN	2,7	3,0	0,9	1,1	0,3	0,2	0,8	0,8	0,0	0,5	0,5	0,4	0,5	0,9
<i>Rastrelliger kanagurta</i>	RAK	1,2	0,8	3,3	4,9	1,5	6,0	2,8	3,7	0,7	1,6	1,8	2,4	3,8	2,7
<i>Sardinella aurita</i>	SAA	1,2	0,0	0,0	-	-	-	-	-	0,1	1,7	2,8	0,2	-	0,5
<i>Sardinella fimbriata</i>	SAF	-	-	0,3	0,0	-	-	-	5,9	-	0,8	0,8	0,6	-	0,6
<i>Sardinella gibbosa</i>	SAG	-	0,3	5,8	0,6	3,7	3,6	6,6	4,5	0,3	1,6	4,7	1,5	2,9	2,8
<i>Scomberoides commersonianus</i>	SCC	-	1,9	0,3	9,6	-	-	-	-	-	0,1	-	0,0	-	0,9
<i>Scomberoides tol</i>	SCT	-	-	-	0,0	0,0	0,1	-	-	-	3,8	-	-	-	0,3
<i>Scomberomorus commerson</i>	SCM	7,2	6,5	0,7	2,5	0,9	4,6	1,0	3,3	2,3	5,1	0,4	1,7	6,7	3,3
<i>Scomberomorus guttatus</i>	SCG	-	6,3	2,9	4,3	2,0	3,2	1,6	4,7	-	0,9	0,5	-	0,1	2,0
<i>Selaroides leptolepis</i>	SEL	1,9	8,7	4,9	1,3	0,7	5,7	1,1	1,9	0,0	0,2	0,2	0,1	2,1	2,2
<i>Seriola dumerili</i>	SED	-	0,6	0,1	0,1	0,0	0,1	0,3	3,4	0,1	-	0,3	1,1	0,1	0,5
<i>Seriolina nigrofasciata</i>	SEN	0,7	0,4	0,5	0,6	0,2	0,2	0,2	1,9	1,7	0,4	0,1	0,1	-	0,5
<i>Sphyræna flavicauda</i>	SPF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,4	0,1	0,4	0,3
<i>Sphyræna jello</i>	SPJ	3,8	1,3	5,1	0,5	1,2	2,1	0,6	0,9	0,1	0,5	0,2	0,3	8,4	1,9
<i>Sphyræna obtusata</i>	SPO	1,6	10,2	6,0	8,1	2,1	12,8	1,5	3,7	0,1	7,3	0,4	0,5	1,7	4,3
<i>Sphyræna pinguis</i>	SPP	-	-	-	7,1	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6
<i>Stolephorus commersonii</i>	STC	29,0	7,8	0,4	0,3	0,9	13,0	2,5	0,2	-	0,1	2,5	0,0	3,7	4,6
<i>Thryssa hamiltonii</i>	THH	1,4	10,4	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,4	-	0,1	-	1,0
<i>Thryssa kammalensis</i>	THK	-	6,3	0,4	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6
<i>Trachinotus blochii</i>	TBL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,5	-	0,0	-	0,1
<i>Trachurus japonicus</i>	TRJ	0,0	-	38,1	24,2	46,1	1,1	15,0	34,1	52,6	12,6	5,5	61,4	15,6	23,6
Loài khác	OTH	2,5	7,1	1,0	2,1	1,7	3,1	1,1	4,1	0,1	3,7	3,4	2,1	0,7	2,5
Tổng số		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

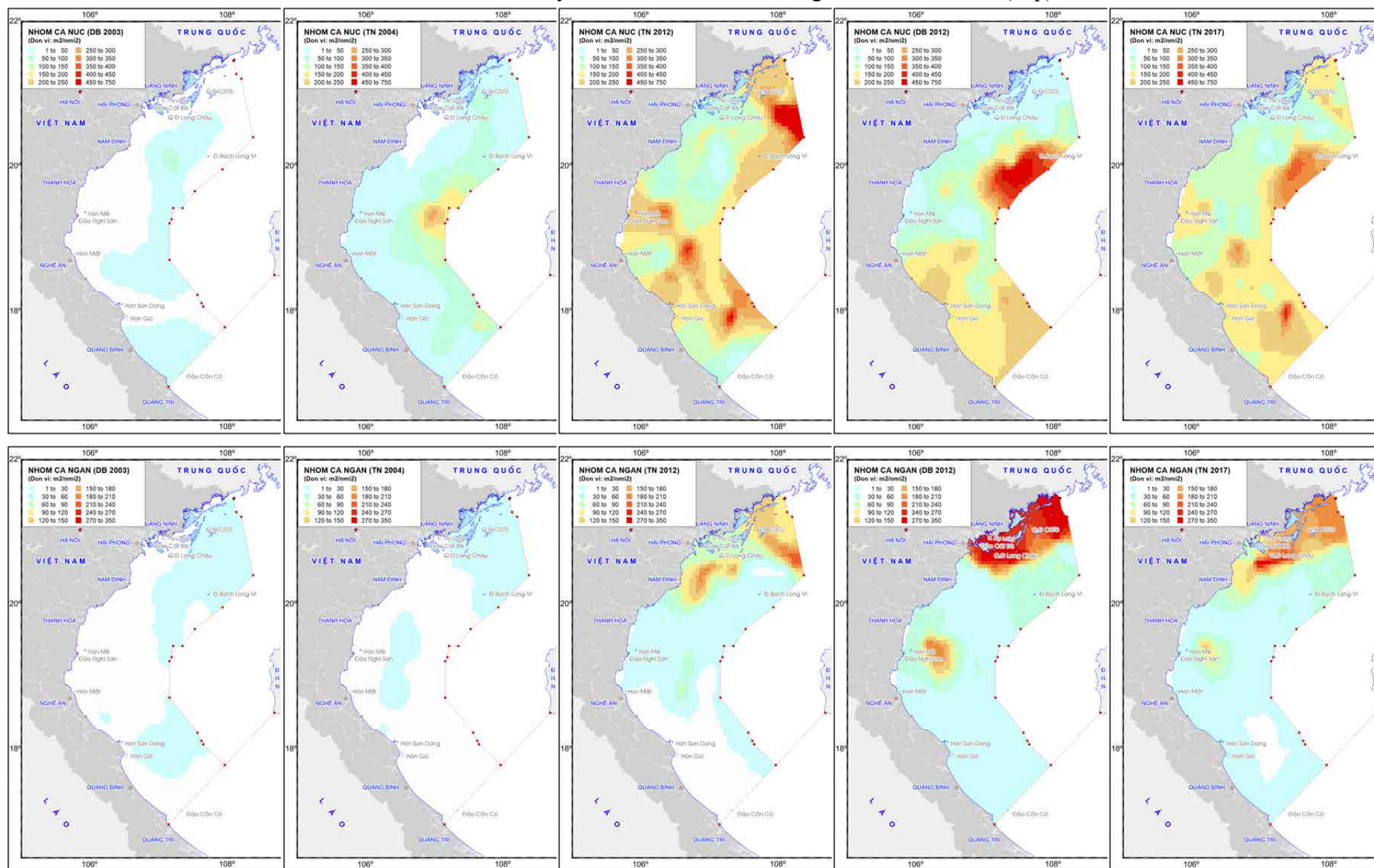
Phụ lục 5. Phân bố của các nhóm loài cá nhỏ của các chuyến điều tra ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 2003-2017



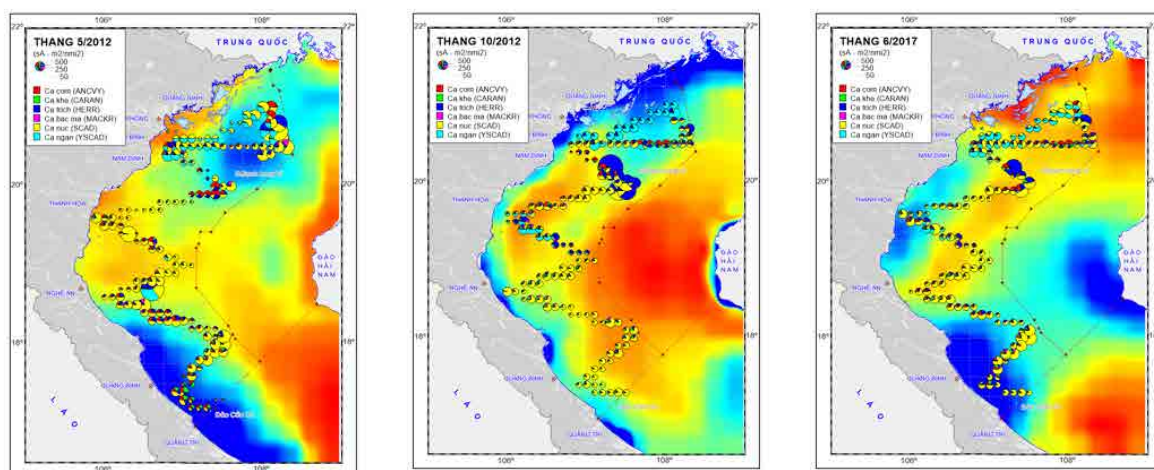
Phụ lục 5. Phân bố của các nhóm loài cá nhỏ của các chuyến điều tra ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 2003-2017 (tiếp)



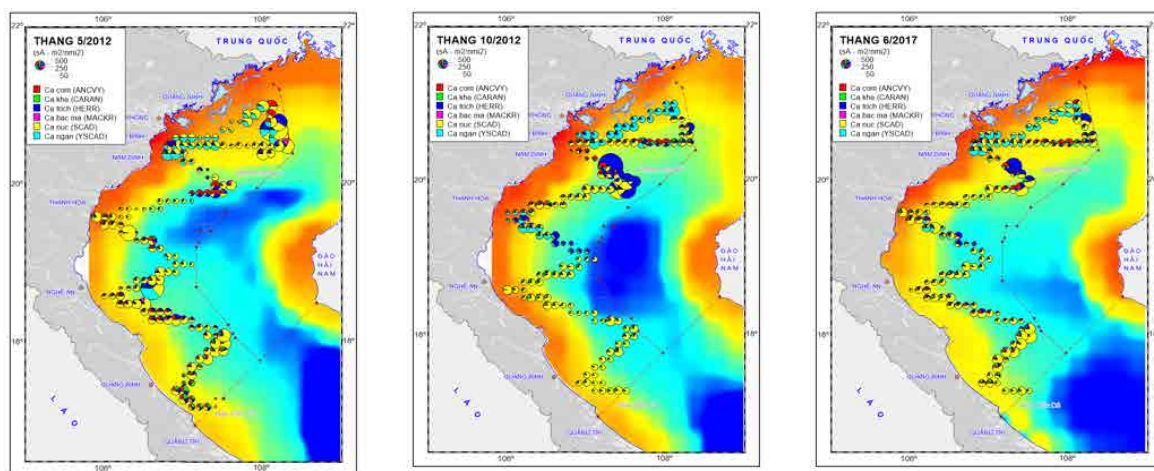
Phụ lục 5. Phân bố của các nhóm loài cá nhỏ của các chuyến điều tra ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 2003-2017 (tiếp)



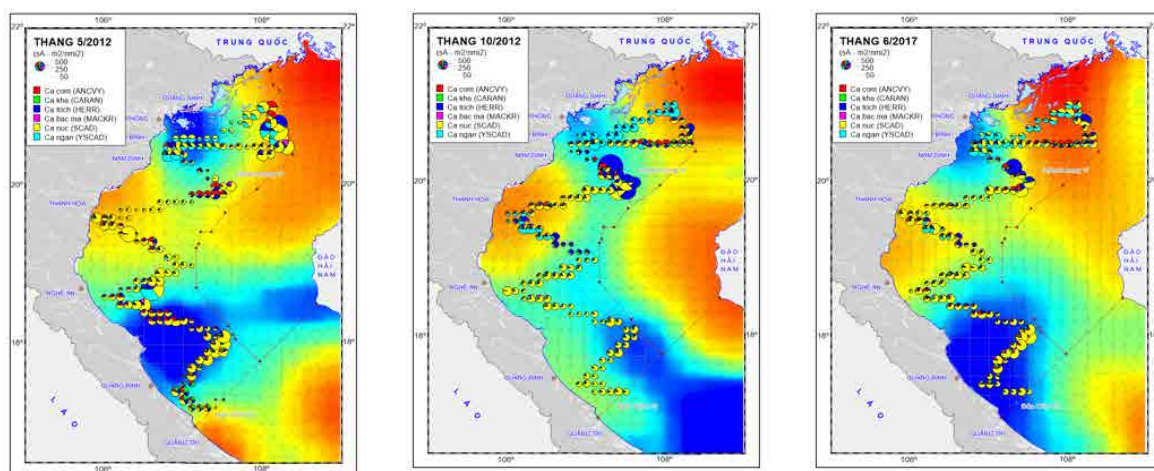
Phụ lục 6. Phân bố của các loài cá nổi nhỏ và các yếu tố môi trường ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 2012-2017



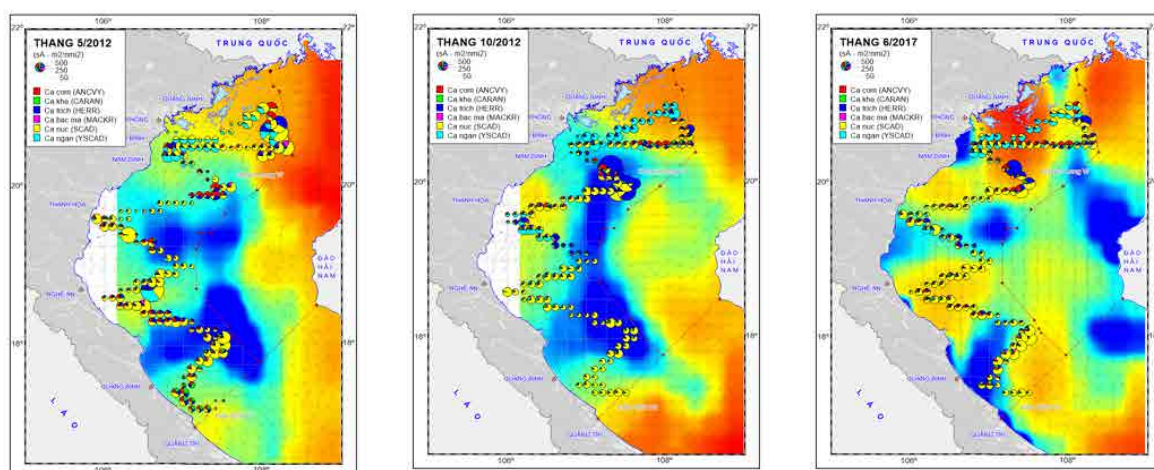
Phân bố mật rộng độ của cá nổi nhỏ và nhiệt độ nước biển tầng mặt của các chuyến điều tra ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 2012-2017.



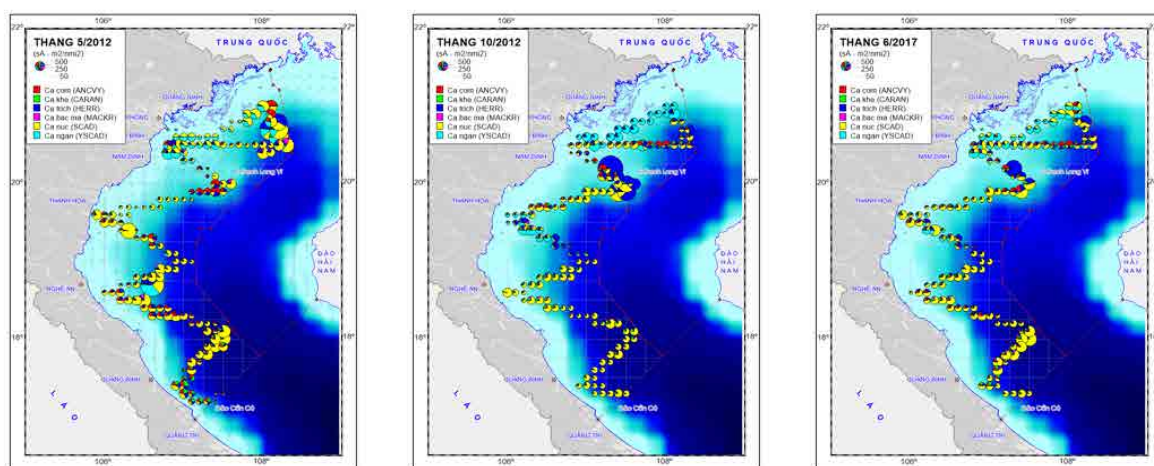
Phân bố mật rộng của cá nổi nhỏ và hàm lượng Chlorophyll a tầng mặt của các chuyến điều tra ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 2012-2017.



Phân bố mật rộng của cá nổi nhỏ và độ cao địa hình đáy biển của các chuyến điều tra ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 2012-2017.



Phân bố mặt rộng của cá nổi nhỏ và dòng chảy tầng mặt tầng mặt của các chuyến điều tra ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 2012-2017.



Phân bố mặt rộng của cá nổi nhỏ và độ sâu của các chuyến điều tra ở vịnh Bắc Bộ, giai đoạn 2012-2017.

Phụ lục 7. Kết quả phân tích PSA các nhóm loài của nghề lưới vây ở vùng biển vịnh Bắc Bộ

TT	Tên loài	P	S	PSA	Rủi ro
I.	Nhóm loài chính				
1	<i>Atule mate</i>	1,29	2,28	2,62	Thấp
2	<i>Decapterus maruadsi</i>	1,29	2,28	2,62	Thấp
3	<i>Encrasicholina heteroloba</i>	1,43	1,73	2,25	Thấp
4	<i>Loligo chinensis</i>	3,00	2,28	3,77	Cao
5	<i>Rastrelliger kanagurta</i>	1,14	2,28	2,55	Thấp
6	<i>Sardinella aurita</i>	1,14	1,32	1,74	Thấp
7	<i>Sardinella gibbosa</i>	1,14	1,32	1,74	Thấp
8	<i>Stolephorus commersonii</i>	1,29	1,73	2,16	Thấp
9	<i>Trachurus japonicus</i>	1,29	1,73	2,16	Thấp
II.	Nhóm loài thứ cấp				
1	<i>Ablennes hians</i>	1,43	1,19	1,86	Thấp
2	<i>Acanthocephala sp.</i>	1,57	1,19	1,97	Thấp
3	<i>Alectis ciliaris</i>	2,00	2,06	2,87	Trung bình
4	<i>Alepes melanoptera</i>	1,29	2,28	2,62	Thấp

TT	Tên loài	P	S	PSA	Rủi ro
5	<i>Aluterus monoceros</i>	1,43	1,41	2,01	Thấp
6	<i>Amusium pleuronectes</i>	2,00	1,19	2,33	Thấp
7	<i>Ariomma indica</i>	1,43	1,57	2,12	Thấp
8	<i>Atropus atropos</i>	1,29	1,86	2,26	Thấp
9	<i>Auxis rochei eudorax</i>	1,29	1,86	2,26	Thấp
10	<i>Auxis thazard</i>	1,29	1,86	2,26	Thấp
11	<i>Brama orcini</i>	1,14	1,57	1,94	Thấp
12	<i>Branchiostegus albus</i>	1,29	1,41	1,91	Thấp
13	<i>Carangoides ferdau</i>	1,43	2,06	2,51	Thấp
14	<i>Carangoides malabaricus</i>	1,29	2,06	2,43	Thấp
15	<i>Chanos chanos</i>	1,57	1,41	2,11	Thấp
16	<i>Charybdis feriatius</i>	1,00	1,19	1,55	Thấp
17	<i>Charybdis miles</i>	1,00	1,19	1,55	Thấp
18	<i>Charybdis natator</i>	1,00	1,19	1,55	Thấp
19	<i>Chirocentrus dorab</i>	1,57	1,68	2,30	Thấp
20	<i>Coryphaena hippurus</i>	1,57	1,41	2,11	Thấp
21	<i>Cypselurus oligolepis</i>	1,43	1,68	2,21	Thấp
22	<i>Dasyatis zugei</i>	1,86	1,19	2,21	Thấp
23	<i>Decapterus macrosoma</i>	1,29	2,28	2,62	Thấp
24	<i>Diodon holocanthus</i>	1,29	1,68	2,12	Thấp
25	<i>Dussumieria elopsoides</i>	1,29	2,06	2,43	Thấp
26	<i>Encrasicholina punctifer</i>	1,43	2,28	2,69	Trung bình
27	<i>Epinephelus areolatus</i>	1,43	1,19	1,86	Thấp
28	<i>Epinephelus awoara</i>	1,43	1,19	1,86	Thấp
29	<i>Epinephelus coioides</i>	1,57	1,19	1,97	Thấp
30	<i>Epinephelus sexfasciatus</i>	1,57	1,19	1,97	Thấp
31	<i>Euprymna morsei</i>	2,00	1,41	2,45	Thấp
32	<i>Euthynnus affinis</i>	1,43	1,57	2,12	Thấp
33	<i>Evynnis cardinalis</i>	1,43	1,41	2,01	Thấp
34	<i>Gymnothorax reticularis</i>	1,14	1,19	1,65	Thấp
35	<i>Gymnothorax thyrsoideus</i>	1,14	1,19	1,65	Thấp
36	<i>Hemiramphus far</i>	1,14	1,19	1,65	Thấp
37	<i>Hirundichthys speculiger</i>	1,29	1,86	2,26	Thấp
38	<i>Hyporhamphus dussumieri</i>	1,43	1,86	2,35	Thấp
39	<i>Katsuwonus pelamis</i>	1,71	1,41	2,22	Thấp
40	<i>Lactarius lactarius</i>	1,43	1,86	2,35	Thấp
41	<i>Lagocephalus gloveri</i>	1,29	1,68	2,12	Thấp
42	<i>Lagocephalus inermis</i>	1,29	1,68	2,12	Thấp
43	<i>Lagocephalus lunaris</i>	1,29	1,68	2,12	Thấp
44	<i>Lagocephalus spadiceus</i>	1,29	1,68	2,12	Thấp
45	<i>Lagocephalus wheeleri</i>	1,29	1,68	2,12	Thấp
46	<i>Leiognathus bindus</i>	1,29	1,41	1,91	Thấp
47	<i>Lepidotrigla alata</i>	1,43	1,19	1,86	Thấp
48	<i>Lepidotrigla japonica</i>	1,43	1,19	1,86	Thấp
49	<i>Loligo beka</i>	1,43	2,06	2,51	Thấp
50	<i>Loligo duvauceli</i>	1,43	2,06	2,51	Thấp
51	<i>Loligo edulis</i>	1,43	2,06	2,51	Thấp
52	<i>Loligo singhalensis</i>	1,43	2,06	2,51	Thấp
53	<i>Loligo sp.</i>	1,43	2,06	2,51	Thấp

TT	Tên loài	P	S	PSA	Rủi ro
54	<i>Loligo tagoi</i>	1,43	2,06	2,51	Thấp
55	<i>Loliolus noctiluca</i>	1,43	1,57	2,12	Thấp
56	<i>Lutjanus lutjanus</i>	1,57	1,19	1,97	Thấp
57	<i>Lutjanus sp.</i>	1,43	1,19	1,86	Thấp
58	<i>Megalaspis cordyla</i>	1,29	1,86	2,26	Thấp
59	<i>Mene maculata</i>	1,29	1,86	2,26	Thấp
60	<i>Metapenaeopsis barbata</i>	2,00	1,19	2,33	Thấp
61	<i>Muraenesox cinereus</i>	1,86	1,19	2,21	Thấp
62	<i>Nemipterus furcosus</i>	1,43	1,19	1,86	Thấp
63	<i>Nemipterus japonicus</i>	1,29	1,19	1,75	Thấp
64	<i>Nemipterus mesoprion</i>	1,29	1,19	1,75	Thấp
65	<i>Nemipterus nemurus</i>	1,29	1,19	1,75	Thấp
66	<i>Nemipterus virgatus</i>	1,29	1,19	1,75	Thấp
67	<i>Octopus marginatus</i>	2,00	1,19	2,33	Thấp
68	<i>Octopus sp.</i>	2,00	1,19	2,33	Thấp
69	<i>Okamejei hollandi</i>	1,43	1,19	1,86	Thấp
70	<i>Parastromateus niger</i>	1,14	1,68	2,03	Thấp
71	<i>Pennahia anea</i>	1,29	1,19	1,75	Thấp
72	<i>Plotosus lineatus</i>	1,14	1,19	1,65	Thấp
73	<i>Portunus haanii</i>	2,00	1,19	2,33	Thấp
74	<i>Portunus sanguinolentus</i>	2,00	1,19	2,33	Thấp
75	<i>Priacanthus macracanthus</i>	1,29	1,19	1,75	Thấp
76	<i>Priacanthus tayenus</i>	1,29	1,19	1,75	Thấp
77	<i>Psenopsis anomala</i>	1,29	2,28	2,62	Thấp
78	<i>Rachycentron canadum</i>	1,71	1,19	2,09	Thấp
79	<i>Sarda orientalis</i>	1,43	1,68	2,21	Thấp
80	<i>Sardinella sp.</i>	1,14	2,28	2,55	Thấp
81	<i>Saurida elongata</i>	1,29	1,19	1,75	Thấp
82	<i>Saurida tumbil</i>	1,29	1,19	1,75	Thấp
83	<i>Saurida undosquamis</i>	1,29	1,19	1,75	Thấp
84	<i>Scomber japonicus</i>	1,29	1,41	1,91	Thấp
85	<i>Scomberoides lysan</i>	1,71	2,28	2,85	Trung bình
86	<i>Scomberoides tol</i>	1,29	2,28	2,62	Thấp
87	<i>Scomberomorus commerson</i>	1,71	1,68	2,40	Thấp
88	<i>Scomberomorus guttatus</i>	1,71	1,68	2,40	Thấp
89	<i>Scorpaena neglecta</i>	1,29	1,19	1,75	Thấp
90	<i>Selar crumenophthalmus</i>	1,00	2,28	2,49	Thấp
91	<i>Sepia aculeata</i>	2,00	1,19	2,33	Thấp
92	<i>Sepia esculenta</i>	2,00	1,19	2,33	Thấp
93	<i>Sepia latimanus</i>	2,00	1,19	2,33	Thấp
94	<i>Sepia lycidas</i>	2,00	1,19	2,33	Thấp
95	<i>Sepia pharaonis</i>	2,00	1,19	2,33	Thấp
96	<i>Sepiella inermis</i>	2,00	1,19	2,33	Thấp
97	<i>Sepioteuthis lessoniana</i>	2,00	1,57	2,54	Thấp
98	<i>Seriola dumerili</i>	1,71	1,68	2,40	Thấp
99	<i>Seriolina nigrofasciata</i>	1,29	1,68	2,12	Thấp
100	<i>Siganus canaliculatus</i>	1,14	1,19	1,65	Thấp
101	<i>Siganus fuscescens</i>	1,00	1,19	1,55	Thấp
102	<i>Sillago sihama</i>	1,14	1,19	1,65	Thấp

TT	Tên loài	P	S	PSA	Rủi ro
103	<i>Sphyraena barracuda</i>	1,71	1,68	2,40	Thấp
104	<i>Sphyraena flavicauda</i>	1,29	1,86	2,26	Thấp
105	<i>Sphyraena forsteri</i>	1,29	1,86	2,26	Thấp
106	<i>Sphyraena jello</i>	1,57	1,86	2,44	Thấp
107	<i>Sphyraena obtusata</i>	1,29	1,86	2,26	Thấp
108	<i>Symplectoteuthis oualaniensis</i>	2,00	1,68	2,61	Thấp
109	<i>Terapon jarbua</i>	1,29	1,19	1,75	Thấp
110	<i>Terapon theraps</i>	1,29	1,19	1,75	Thấp
111	<i>Thunnus tonggol</i>	1,57	1,68	2,30	Thấp
112	<i>Thysanoteuthis rhombus</i>	2,00	1,19	2,33	Thấp
113	<i>Trachinocephalus myops</i>	1,29	1,19	1,75	Thấp
114	<i>Trachurus japonicus</i>	1,29	2,06	2,43	Thấp
115	<i>Trichiurus lepturus</i>	1,71	1,68	2,40	Thấp
116	<i>Tylosurus acus melanotus</i>	1,71	1,68	2,40	Thấp
117	<i>Tylosurus crocodilus</i>	1,71	1,68	2,40	Thấp
118	<i>Tylosurus sp.</i>	1,71	1,68	2,40	Thấp
119	<i>Upeneus japonicus</i>	1,43	1,19	1,86	Thấp
120	<i>Upeneus sulphureus</i>	1,43	1,19	1,86	Thấp
121	<i>Uranoscopus japonicus</i>	1,43	1,19	1,86	Thấp
III. Nhóm loài nguy cấp					
1	<i>Stenella coeruleoalba</i>	2,57	1,00	2,76	Trung bình
2	<i>Stenella attenuata</i>	2,57	1,00	2,76	Trung bình
3	<i>Globicephala macrorhynchus</i>	2,86	1,00	3,03	Trung bình
4	<i>Stenella longirostris</i>	2,71	1,00	2,89	Trung bình
5	<i>Sousa chinensis</i>	3,00	1,00	3,16	Trung bình
6	<i>Neophocaena phocaenoides</i>	2,43	1,00	2,63	Thấp
7	<i>Tursiops sp.</i>	3,00	1,00	3,16	Trung bình
8	<i>Caretta caretta</i>	2,43	1,00	2,63	Thấp
9	<i>Dermochelys coriacea</i>	2,43	1,00	2,63	Thấp
10	<i>Lepidochelys olivacea</i>	2,29	1,00	2,49	Thấp
11	<i>Eretmochelys imbricata</i>	2,29	1,00	2,49	Thấp
12	<i>Chelonia mydas</i>	2,43	1,00	2,63	Thấp
13	<i>Hippocampus histrix</i>	1,71	2,06	2,68	Trung bình

Ghi chú: Mức độ rủi ro thấp (“Thấp”; PSA < 2,64); Mức độ rủi ro trung bình (“Trung bình”; PSA = 2,64 – 3,18); Mức độ rủi ro cao (“Cao”; PSA > 3,18)

Phụ lục 8. Kết quả phân tích PSA các nhóm loài của nghề chụp ở vùng biển vịnh Bắc Bộ

TT	Tên loài	P	S	PSA	Rủi ro
I. Nhóm loài chính					
1	<i>Alepes kleinii</i>	1,29	2,28	2,62	Thấp
2	<i>Atule mate</i>	1,29	2,28	2,62	Thấp
3	<i>Decapterus maruadsi</i>	1,29	2,28	2,62	Thấp
4	<i>Encrasicholina heteroloba</i>	1,43	1,73	2,25	Thấp
5	<i>Encrasicholina punctifer</i>	1,43	1,73	2,25	Thấp
6	<i>Loligo chinensis</i>	3,00	2,28	3,77	Cao
7	<i>Loligo duvauceli</i>	3,00	2,28	3,77	Cao
8	<i>Rastrelliger kanagurta</i>	1,14	2,28	2,55	Thấp
9	<i>Sardinella gibbosa</i>	1,14	1,32	1,74	Thấp
10	<i>Stolephorus commersonii</i>	1,29	1,73	2,16	Thấp

TT	Tên loài	P	S	PSA	Rủi ro
11	<i>Trachurus japonicus</i>	1,29	1,73	2,16	Thấp
12	<i>Trichiurus lepturus</i>	1,71	1,73	2,44	Thấp
II.	Nhóm loài thứ cấp				
1	<i>Ablennes hians</i>	1,43	1,57	2,12	Thấp
2	<i>Acanthocephala krusensternii</i>	1,57	1,57	2,22	Thấp
3	<i>Alepes djedaba</i>	1,29	2,06	2,43	Thấp
4	<i>Alepes melanoptera</i>	1,29	1,57	2,03	Thấp
5	<i>Alepes vari</i>	1,29	1,41	1,91	Thấp
6	<i>Aluterus monoceros</i>	1,43	1,73	2,25	Thấp
7	<i>Ambassis nalua</i>	1,43	2,06	2,51	Thấp
8	<i>Amusium pleuronectes</i>	2,00	1,73	2,65	Trung bình
9	<i>Apogon elliotii</i>	1,71	1,57	2,32	Thấp
10	<i>Apogon lineatus</i>	1,71	1,57	2,32	Thấp
11	<i>Apogon semilineatus</i>	1,57	1,32	2,05	Thấp
12	<i>Atherinomorus vaigiensis</i>	1,29	1,73	2,16	Thấp
13	<i>Atropus atropus</i>	1,29	2,28	2,62	Thấp
14	<i>Auxis thazard</i>	1,29	2,06	2,43	Thấp
15	<i>Bregmaceros japonicus</i>	1,14	1,57	1,94	Thấp
16	<i>Bregmaceros maccllellandi</i>	1,14	1,57	1,94	Thấp
17	<i>Cantherhines dumerili</i>	1,14	1,32	1,74	Thấp
18	<i>Carangoides malabaricus</i>	1,29	2,06	2,43	Thấp
19	<i>Champsodon capensis</i>	1,29	1,32	1,84	Thấp
20	<i>Charybdis feriatus</i>	1,00	1,57	1,86	Thấp
21	<i>Chirocentrus dorab</i>	1,57	1,57	2,22	Thấp
22	<i>Clupanodon thrissa</i>	1,29	2,28	2,62	Thấp
23	<i>Congresox talabon</i>	1,43	1,73	2,25	Thấp
24	<i>Decapterus macrosoma</i>	1,29	2,06	2,43	Thấp
25	<i>Dussumieria acuta</i>	1,43	2,28	2,69	Trung bình
26	<i>Echeneis naucrates</i>	1,57	2,06	2,59	Thấp
27	<i>Encrasicholina devisi</i>	1,43	1,73	2,25	Thấp
28	<i>Erugosquilla woodmasoni</i>	2,00	1,32	2,39	Thấp
29	<i>Escualosa thoracata</i>	1,29	1,73	2,16	Thấp
30	<i>Euprymna morsei</i>	2,00	1,57	2,54	Thấp
31	<i>Euthynnus affinis</i>	1,43	1,86	2,35	Thấp
32	<i>Evynnis cardinalis</i>	1,43	1,32	1,94	Thấp
33	<i>Gazza minuta</i>	1,43	1,32	1,94	Thấp
34	<i>Gerres filamentosus</i>	1,14	1,32	1,74	Thấp
35	<i>Gerres oyena</i>	1,14	1,73	2,08	Thấp
36	<i>Gymnothorax reevesii</i>	1,14	1,73	2,08	Thấp
37	<i>Hemifusus sp.</i>	1,14	1,73	2,08	Thấp
38	<i>Hemiramphus far</i>	1,14	1,32	1,74	Thấp
39	<i>Hypoatherina woodwardi</i>	1,43	2,06	2,51	Thấp
40	<i>Ilisha melastoma</i>	1,29	2,06	2,43	Thấp
41	<i>Inegocia japonica</i>	1,43	1,57	2,12	Thấp
42	<i>Johnius belangerii</i>	1,43	1,57	2,12	Thấp
43	<i>Lactarius lactarius</i>	1,43	1,86	2,35	Thấp
44	<i>Lagocephalus lunaris</i>	1,29	1,57	2,03	Thấp
45	<i>Lagocephalus spadiceus</i>	1,29	1,57	2,03	Thấp
46	<i>Lagocephalus wheeleri</i>	1,29	1,32	1,84	Thấp

TT	Tên loài	P	S	PSA	Rủi ro
47	<i>Leiognathus berbis</i>	1,29	1,32	1,84	Thấp
48	<i>Leiognathus bindus</i>	1,29	1,73	2,16	Thấp
49	<i>Leiognathus brevirostris</i>	1,29	1,73	2,16	Thấp
50	<i>Leiognathus equulus</i>	1,29	1,73	2,16	Thấp
51	<i>Leiognathus lineolatus</i>	1,29	1,73	2,16	Thấp
52	<i>Loligo beka</i>	3,00	2,06	3,64	Cao
53	<i>Loligo edulis</i>	3,00	2,28	3,77	Cao
54	<i>Loliolus noctiluca</i>	3,00	1,32	3,28	Cao
55	<i>Lutjanus russelli</i>	1,43	1,57	2,12	Thấp
56	<i>Lutjanus sp.</i>	1,43	1,57	2,12	Thấp
57	<i>Lutjanus vitta</i>	1,43	1,32	1,94	Thấp
58	<i>Megalaspis cordyla</i>	1,29	1,57	2,03	Thấp
59	<i>Mene maculata</i>	1,29	1,57	2,03	Thấp
60	<i>Metapenaeopsis barbata</i>	2,00	1,32	2,39	Thấp
61	<i>Metapenaeus ensis</i>	2,00	1,32	2,39	Thấp
62	<i>Metapenaeus joyneri</i>	2,00	1,32	2,39	Thấp
63	<i>Moolgarda pedaraki</i>	1,00	1,32	1,65	Thấp
64	<i>Mugil cephalus</i>	1,00	1,32	1,65	Thấp
65	<i>Mulloidichthys vanicolensis</i>	1,43	1,32	1,94	Thấp
66	<i>Nemipterus japonicus</i>	1,29	1,32	1,84	Thấp
67	<i>Nemipterus mesoprion</i>	1,29	1,57	2,03	Thấp
68	<i>Nemipterus nemurus</i>	1,29	1,32	1,84	Thấp
69	<i>Nuchequula nuchalis</i>	1,14	1,32	1,74	Thấp
70	<i>Ophichthus apicalis</i>	1,57	1,32	2,05	Thấp
71	<i>Pagrus major</i>	1,57	1,32	2,05	Thấp
72	<i>Paracaesio xanthura</i>	1,43	1,32	1,94	Thấp
73	<i>Parastromateus niger</i>	1,14	1,32	1,74	Thấp
74	<i>Penaeus japonicus</i>	2,00	1,73	2,65	Trung bình
75	<i>Penaeus longistylus</i>	2,00	1,32	2,39	Thấp
76	<i>Penaeus merguensis</i>	2,00	1,57	2,54	Thấp
77	<i>Penaeus semisulcatus</i>	2,00	1,57	2,54	Thấp
78	<i>Pennahia anea</i>	1,29	1,73	2,16	Thấp
79	<i>Pennahia argentata</i>	1,29	1,73	2,16	Thấp
80	<i>Pennahia macrocephalus</i>	1,43	1,73	2,25	Thấp
81	<i>Pennahia pawak</i>	1,29	1,32	1,84	Thấp
82	<i>Pomadasys argenteus</i>	1,29	1,32	1,84	Thấp
83	<i>Portunus trituberculatus</i>	2,00	1,32	2,39	Thấp
84	<i>Portunus pelagicus</i>	2,00	1,32	2,39	Thấp
85	<i>Portunus sp.</i>	2,00	1,73	2,65	Trung bình
86	<i>Portunus trituberculatus</i>	2,00	1,73	2,65	Trung bình
87	<i>Priacanthus macracanthus</i>	1,29	1,57	2,03	Thấp
88	<i>Priacanthus tayenus</i>	1,29	1,57	2,03	Thấp
89	<i>Psenopsis anomala</i>	1,29	1,57	2,03	Thấp
90	<i>Sardinella aurita</i>	1,14	1,32	1,74	Thấp
91	<i>Saurida tumbil</i>	1,29	1,32	1,84	Thấp
92	<i>Saurida undosquamis</i>	1,29	1,32	1,84	Thấp
93	<i>Scatophagus argus</i>	1,14	1,32	1,74	Thấp
94	<i>Scoliodon laticaudus</i>	1,86	1,32	2,28	Thấp
95	<i>Scomber japonicus</i>	1,29	1,73	2,16	Thấp

TT	Tên loài	P	S	PSA	Rủi ro
96	<i>Scomberoides commersonnianus</i>	1,71	2,06	2,68	Trung bình
97	<i>Scomberoides tol</i>	1,29	2,06	2,43	Thấp
98	<i>Scomberomorus commerson</i>	1,71	1,73	2,44	Thấp
99	<i>Scomberomorus guttatus</i>	1,71	1,73	2,44	Thấp
100	<i>Secutor insidiator</i>	1,29	1,32	1,84	Thấp
101	<i>Secutor ruconius</i>	1,14	1,57	1,94	Thấp
102	<i>Selar crumenophthalmus</i>	1,00	2,06	2,29	Thấp
103	<i>Selaroides leptolepis</i>	1,00	2,06	2,29	Thấp
104	<i>Sepia aculeata</i>	2,00	1,57	2,54	Thấp
105	<i>Sepia esculenta</i>	2,00	1,57	2,54	Thấp
106	<i>Sepia lycidas</i>	2,00	1,73	2,65	Trung bình
107	<i>Sepia pharaonis</i>	2,00	1,57	2,54	Thấp
108	<i>Sepia recuvirostris</i>	2,00	1,32	2,39	Thấp
109	<i>Sepiella inermis</i>	2,00	1,32	2,39	Thấp
110	<i>Sepiella sp.</i>	2,00	1,57	2,54	Thấp
111	<i>Sepioteuthis lessoniana</i>	2,00	1,57	2,54	Thấp
112	<i>Seriola dumerili</i>	1,71	1,73	2,44	Thấp
113	<i>Seriolina nigrofasciata</i>	1,29	2,28	2,62	Thấp
114	<i>Siganus canaliculatus</i>	1,14	1,86	2,18	Thấp
115	<i>Sillago aeolus</i>	1,14	1,57	1,94	Thấp
116	<i>Sillago sihama</i>	1,14	1,57	1,94	Thấp
117	<i>Solenocera crassicornis</i>	2,00	1,57	2,54	Thấp
118	<i>Sphyræna forsteri</i>	1,29	1,73	2,16	Thấp
119	<i>Sphyræna jello</i>	1,57	1,73	2,34	Thấp
120	<i>Sphyræna obtusata</i>	1,29	1,73	2,16	Thấp
121	<i>Stolephorus indicus</i>	1,29	1,73	2,16	Thấp
122	<i>Stolephorus tri</i>	1,29	1,73	2,16	Thấp
123	<i>Terapon jarbua</i>	1,29	1,32	1,84	Thấp
124	<i>Terapon theraps</i>	1,29	1,32	1,84	Thấp
125	<i>Thryssa dussumieri</i>	1,29	1,73	2,16	Thấp
126	<i>Thryssa hamiltonii</i>	1,43	1,73	2,25	Thấp
127	<i>Thryssa setirostris</i>	1,29	1,73	2,16	Thấp
128	<i>Tylosurus acus melanotus</i>	1,71	1,57	2,32	Thấp
129	<i>Tylosurus crocodilus crocodilus</i>	1,71	1,57	2,32	Thấp
130	<i>Tylosurus sp.</i>	1,71	1,57	2,32	Thấp
131	<i>Upeneus sulphureus</i>	1,43	1,32	1,94	Thấp
132	<i>Upeneus tragula</i>	1,43	1,32	1,94	Thấp
133	<i>Uraspis uraspis</i>	1,43	1,32	1,94	Thấp
III.	Nhóm loài nguy cấp				
1	<i>Stenella coeruleoalba</i>	2,57	1,00	2,76	Trung bình
2	<i>Stenella attenuata</i>	2,57	1,00	2,76	Trung bình
3	<i>Globicephala macrorhynchus</i>	2,86	1,00	3,03	Trung bình
4	<i>Stenella longirostris</i>	2,71	1,00	2,89	Trung bình
5	<i>Sousa chinensis</i>	3,00	1,00	3,16	Trung bình
6	<i>Neophocaena phocaenoides</i>	2,43	1,00	2,63	Thấp
7	<i>Tursiops sp.</i>	3,00	1,00	3,16	Trung bình
8	<i>Caretta caretta</i>	2,43	1,00	2,63	Thấp
9	<i>Dermochelys coriacea</i>	2,43	1,00	2,63	Thấp
10	<i>Lepidochelys olivacea</i>	2,29	1,00	2,50	Thấp

TT	Tên loài	P	S	PSA	Rủ ro
11	<i>Eretmochelys imbricata</i>	2,29	1,00	2,50	Thấp
12	<i>Chelonia mydas</i>	2,43	1,00	2,63	Thấp

Ghi chú: Mức độ rủi ro thấp (“Thấp”; $PSA < 2,64$); Mức độ rủi ro trung bình (“Trung bình”; $PSA = 2,64 - 3,18$); Mức độ rủi ro cao (“Cao”; $PSA > 3,18$)