



بررسی اثر تغییر اقلیم بر صید سطح‌زیان ریز در خلیج فارس و دریای عمان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای

احمد علائی^۱، سید یوسف پیغمبری^{۲*}، علی سالارپوری^۳ خلیل قربانی^۴

۱. دکتری، گروه تولید و بهره‌برداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

۲. دانشیار، گروه تولید و بهره‌برداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

۳. استادیار، پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، موسسه تحقیقات شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران

۴. دانشیار، گروه هواشناسی کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۸/۲۰

تاریخ ارسال: ۱۳۹۹/۰۷/۰۲

چکیده

روند تغییرات عوامل اقلیمی در دوره زمانی ۲۲ ساله و اثر آنها بر صید به ازای واحد تلاش سطح‌زیان ریز (ساردین و آنچوی) در سه منطقه بندر جاسک، بندر لنگه و قشم بررسی شد. سه دسته اطلاعات شامل داده‌های صید و صیادی، داده‌های ماهواره‌ای و داده‌های هواشناسی در دوره زمانی ۲۲ ساله (۱۹۹۷ تا ۲۰۱۹) پردازش و تجزیه و تحلیل شد. از داده‌های ماهواره‌ای مرتبط با پهنه‌های آبی برای دریافت اطلاعات متغیرهای دمای سطح آب دریا (SST)، کلروفیل سطح آب دریا (SSC) و تابش فعال فتوسنتز (PAR) استفاده شد. اطلاعات مربوط به داده‌های هواشناسی شامل سرعت باد، میزان بارندگی و دماهای حداقل و حداکثر در ۳ ایستگاه دریایی و ساحلی دریافت شد. مقدار CPUE در سه منطقه مورد مطالعه دارای تفاوت معنی‌داری بودند. بیشترین تغییرات معنی‌دار برای میانگین حداکثر دما و حداقل دمای ماه‌ها مشاهده شد. به طوری که در هر یک از مناطق جاسک و لنگه در ۶ ماه از سال و در منطقه قشم ۹ ماه از سال روند تغییرات دمای حداکثر در دوره زمانی مورد نظر به صورت معنی‌داری افزایش داشته است. در دوره زمانی مورد نظر، متوسط دمای حداقل ماهیانه ۳ ماه از سال در منطقه جاسک، ۶ ماه از سال در منطقه لنگه و ۱۰ ماه از سال در منطقه قشم به صورت معنی‌داری افزایش داشته است. ماهیان مناطق قشم و لنگه همپوشانی بالایی با یکدیگر نشان دادند، درحالی‌که برای ماهیان منطقه جاسک تمایز مشخص‌تری نسبت به دو منطقه دیگر در نمودار PCA مشاهده شد. رابطه بین تغییرات CPUE با شاخص‌های محیطی تقریباً برای هر دو گونه مشابه بود. در تمام مدل‌ها کلروفیل A و بارندگی بیشترین اختلاف معنی‌دار را داشتند.

واژگان کلیدی: سطح‌زیان ریز، تغییر اقلیم، تصاویر ماهواره‌ای، ساردین، آنچوی، خلیج فارس، دریای عمان



Effect of climate change on small pelagic fishes using satellite images in Persian Gulf and Oman Sea

Ahmad Alaei¹, Seyed Yousef Paighambari^{2*}, Ali Salarpouri³, Khalil Ghorbani⁴

1. *Ph.D.Fisheries department, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran*
2. *Associate Professor, Fisheries department, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran*

3. *Assistant Professor, Persian Gulf & Oman Sea Ecological Research Institute, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization, Iran*

4. *Associate Professor, Agricultural Meteorology department, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran*

Accepted: 13-Nov-2020

Received: 24-Sep-2020

Abstract

Significance of climate change trend in the period of 22 years and the effect of climatic variables on CPUE of pelagic fishes (sardines and anchovies) in three areas: Jask port, Lenge port and Qeshm were studied. Three categories of data including fishing, satellite and meteorological data were processed and analyzed over a period of 22 years (1997 to 2019). Satellite data related to water areas were used to obtain information on sea surface temperature (SST), sea surface chlorophyll (SSC) and photosynthetic active radiation (PAR) variables. Information about meteorological data including wind speed, rainfall and minimum and maximum temperatures were received at 3 offshore and coastal stations. CPUE values were significantly different in the three study areas. The most significant changes were observed for the mean maximum temperature and minimum temperature of the months. So that in each of Jask and Lenge regions in 6 months of the year and in Qeshm region in 9 months of the year, the trend of maximum temperature changes in the desired time period has increased significantly. During the period, the average monthly minimum temperature of 3 months of the year in Jask region, 6 months of the year in Lenge region and 10 months of the year in Qeshm region has increased significantly. The fishes of Qeshm and Lenge regions showed high overlap with each other, while the fish of Jask region showed a more distinct difference than the other two regions in the PCA diagram. The relationship between CPUE changes and environmental parameters was almost the same for both species. In all models, chlorophyll A and rainfall were the most significant and important variables affecting.

Keywords: Pelagic fishes, Climate change, Satellite image, Sardine, Anchovy, Persian Gulf, Oman Sea

۱. مقدمه

تغییر اقلیم، جوامع دریایی را تحت تأثیر قرار داده و می‌تواند منجر به دگرگونی و جایگزینی رژیم گونه‌های غالب با سایر گونه‌ها در مقیاس زمانی ده ساله گردد. پویایی جمعیت ساردین و موتو ماهیان به خاطر رابطه وارونه‌شان شاخص هستند، آنجا که یک گونه با داشتن زی‌توده و تولید بسیار زیاد، زیتوده سایر گونه‌ها را پایین نگه می‌دارد. این جایگزینی گونه‌ها بین دو حالت ساردین-غالب و یا موتو-غالب متناوب است، این جایگزینی «تناوب رژیم» نامیده می‌شود (Lluch-Belda *et al.*, 1989, 1992; Schwartzlose *et al.*, 1999). به عبارت دیگر زمانی که ماهی موتو زیتوده فراوانی دارد، زیتوده ساردین کم است. سطح‌زبان کوچک شاخص بسیار خوبی از «تناوب رژیم» هستند (Checkley *et al.*, 2009). اصطلاح «تناوب رژیم» نخستین بار توسط Isaacs (1976) برای توضیح گذار بین گونه‌های مختلف، پیشنهاد شد (MacCall, 1996; Lluch-Belda *et al.*, 1989, 1992). این مورد پیشنهاد می‌کند که ارتباطی بین نوسانات فراوانی ساردین و آنچوی در اقیانوس آرام و سطح‌زبان ریز در اقیانوس اطلس نیز وجود دارد، که البته حالتی رقابت‌آمیز با یکدیگر دارند (Kawasaki, 1983; Chavez *et al.*, 2003). به عبارت دیگر مشخصه اصلی پویایی جمعیت‌های ساردین و آنچوی رابطه وارونه آن‌ها است. تغییرات در زیتوده، انبساط و انقباض مناطق توزیع گونه‌ها را در پی دارد (Checkley *et al.*, 2009).

تغییرات بزرگ مقیاس زیست‌محیطی، نه تنها بر توزیع و فراوانی جمعیت ماهیان بلکه بر همه گونه‌های زنده اعم از گیاهی و جانوری تأثیرگذار است (Checkley *et al.*, 2009). تأثیرات تغییر اقلیم بر جمعیت‌های ماهیان تنها زمانی قابل فهم است که از سایر اثرات متمایز گردند، به‌ویژه اثرات ماهیگیری و فرآیندهای وابسته به تراکم. سطح‌زبان ریز شامل آنچوی، ساردین، هرینگ و اسپرت هستند و در

سال ۲۰۰۴ بیش از ۲۵ درصد از کل صید جهان (ساحل آوری)^۱ را تشکیل دادند. فراوانی و صید آن‌ها همواره دستخوش نوسانات شدید در مقیاس دهه است، به‌ویژه آنچوی و ساردین اقیانوسی پرو، ژاپن، آفریقای جنوبی و کالیفرنیا (Checkley *et al.*, 2009). آنچوی پرو بزرگترین ماهیگیری تک‌گونه^۲ جهان را پشتیبانی می‌کند و به‌تنهایی ۱۱ درصد از ساحل آوری جهان را داراست (به نقل از FAO, 2002; 2006).

۲. مواد و روش‌ها

۲.۱. منطقه مورد مطالعه

این مطالعه در آب‌های شمالی خلیج فارس و دریای عمان در چند ناحیه مجزا انجام شد: بندر لنگه در شمال خلیج فارس به عنوان ناحیه غربی، جزیره قشم در شرق خلیج فارس (حاشیه تنگه هرمز) به عنوان ناحیه مرکزی و بندر جاسک در غرب دریای عمان به عنوان ناحیه شرقی انجام شد (شکل ۱).

۲.۲. جمع‌آوری داده‌ها

در این تحقیق ۳ دسته اطلاعات شامل الف) داده‌های صید و صیادی، ب) داده‌های ماهواره‌ای و ج) داده‌های هواشناسی در سه منطقه اصلی صید شامل بندر جاسک، جزیره قشم و بندر لنگه در بازه ۲۲ ساله (۱۹۹۷ تا ۲۰۱۹) پردازش و تحلیل شد.

۲.۳. داده‌های صید و صیادی

داده‌های صید ماهیان سطح‌زبان ریز به صورت تمام شماری توسط آمارگیران و یا از طریق خود اظهاری صیادان گردآوری و ثبت می‌شوند. از این‌رو داده‌های دوره ۲۲ ساله با دریافت اطلاعات دفترچه صید از اداره آمار شیلات استان هرمزگان جمع‌آوری شد. در این دفترچه‌ها

¹ Landings

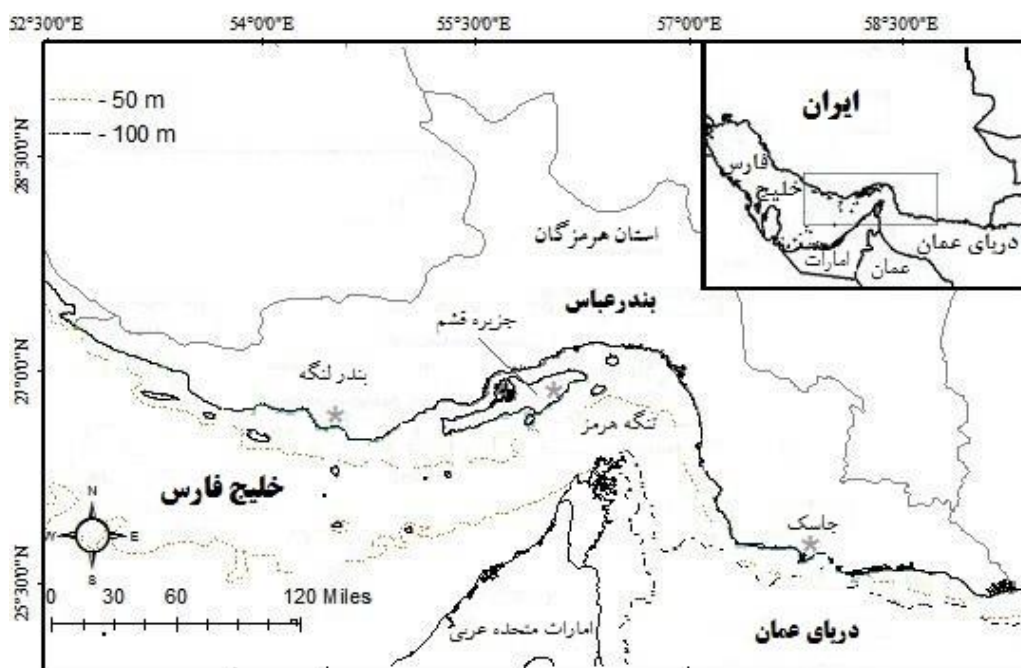
² *Engraulis ringens*

³ Single-Species Fishery

قایقی و پرساین لنج) انجام می‌شود. بر اساس روش اسپاره و ونما (۱۹۹۸) از تلاش صیادی پرساین دو قایقی به عنوان تلاش مبنا استفاده شد. بدین منظور در دو روش دیگر، صید بر واحد تلاش تقسیم و توان صیادی آنها در هر سال و منطقه به یکدیگر تبدیل شد (Sparre and Venema, 1998).

اطلاعاتی از قبیل منطقه تورریزی، تعداد تورریزی، میزان صید بر حسب کیلوگرم به تفکیک گونه در هر روز ثبت می‌شود.

واحدهای تشکیل دهنده یک ناوگان صیادی همگی دارای توانایی یکسان برای صید ماهی نیستند و از طرفی صید سطحزبان ریز به سه روش (جل ساحلی، پرساین دو



شکل ۱- نقشه منطقه مورد بررسی: آب‌های شمالی خلیج فارس و دریای عمان (بندر لنگه، بندر جاسک و جزیره قشم)

خورشیدی، تابش فعال فتوسنتزی (PAR) گویند، که غالباً به عنوان نسبتی ثابت از پهنای باند روشنایی محاسبه می‌شود (NASA, 2007). داده‌های روزانه SST، SSC و PAR در منطقه خلیج فارس و دریای عمان (استان هرمزگان) از سایت NASA^۴ در دوره تحقیق دریافت شد.^۶ داده‌ها در فرمت HDF^۷ دانلود، سپس در نرم‌افزار SeaDAS^۷ پردازش شد.

۲.۴. پردازش داده‌های ماهواره‌ای

از داده‌های ماهواره‌ای مرتبط با پهنه‌های آبی (همچون سنجنده MODIS) برای دریافت اطلاعات متغیرهای دمای سطح آب دریا (SST)، کلروفیل سطح آب دریا^۳ (SSC) و تابش فعال فتوسنتز (PAR) استفاده شد. به ناحیه نور مرئی (تقریباً ۰/۳۸۵ تا ۰/۶۹۵ میکرومتر) طیف

¹ Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer

² Sea Surface Temperature

³ Sea Surface Chlorophyll

⁴ Photosynthesis Active Radiation

⁵ The National Aeronautics and Space Administration (NASA)

⁶ <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov>

⁷ Hierarchical Data Format (HDF)

۲.۵. پردازش داده‌های هواشناسی

داده‌های هواشناسی در دوره (۱۹۹۷ تا ۲۰۱۹) شامل سرعت باد، میزان بارندگی و دماهای حداقل و حداکثر در ۳ ایستگاه دریایی و ساحلی از اداره کل هواشناسی مناطق دریافت شد.

۲.۶. مدل‌های جمعی تعمیم‌یافته^۱

نتایج تحلیل‌های چندگونه‌ای به‌عنوان تجزیه و تحلیل اکتشافی برای مدل‌سازی GAM استفاده شد (Bellido *et al.*, 2008; Valavanis *et al.*, 2008; Clark, 2013).

۳. نتایج

در جدول ۱ به صورت جداگانه در هر یک از ماه‌های سال، تفاوت مقدار CPUE برای دو گروه ساردین و آنچوی

در سه منطقه جاسک، لنگه و قشم مورد بررسی قرار گرفت. در ماه‌هایی که در جدول اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود به این معنی است که در آن ماه مقدار CPUE در سه منطقه مورد نظر از نظر آماری یکسان است. ولی در صورت معنی‌داری به این معنی است که این سه منطقه از نظر CPUE اختلاف معنی‌داری دارند. مقدار CPUE در سه منطقه مورد مطالعه در برخی از ماه‌ها تحت تأثیر منطقه است (ماه‌هایی که در جدول معنی‌دار است)، بنابراین، برای بررسی اثر تغییر اقلیم در این مناطق در این ماه‌ها باید به صورت جداگانه برای هر منطقه تحلیل شود. در غیراینصورت، اثر مکان نیز با اثر تغییر اقلیم مختلط می‌شود. با توجه به اینکه، در بیشتر ماه‌هایی که صید صورت می‌گیرد، مقدار CPUE (بوئزه برای ساردین) تحت تأثیر منطقه است، بررسی تجزیه و تحلیل‌آماری، اثر تغییر اقلیم بر CPUE، هر ماه از سال در هر منطقه به صورت جداگانه انجام شد تا اطمینان حاصل شود که اثر منطقه در اثر سال وارد نشود.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس CPUE برای دو ماهی ساردین و آنچوی در سه مکان جاسک، قشم و لنگه به تفکیک هر یک از ماه‌های سال (مقادیر جدول نشان دهنده مقادیر میانگین مربعات است)

ماه	ساردین	آنچوی
1	712016*	1162132 ns
2	846391 ns	486568 ns
3	632509 *	3843575 ns
4	1059912 *	2510788*
5	546250 *	1108342*
6	737534 *	1705164 ns
7	2236804 ns	119382 ns
8	154500 ns	613431 ns
9	1637278 *	2297710*
10	238797 ns	843774 ns
11	293901 ns	13996 ns
12	299568 ns	77808 ns

ns نشان‌دهنده عدم معنی‌داری CPUE در بین سه منطقه جاسک، لنگه و قشم
* نشان‌دهنده معنی‌داری CPUE در سطح اطمینان ۹۵ درصد در بین سه منطقه جاسک، لنگه و قشم

¹ Generalized additive models (GAM)

جدول ۲- بررسی معنی‌داری روند تغییرات عوامل اقلیمی در دوره زمانی ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۹ به تفکیک منطقه و ماه از سال

ماه	منطقه	SST	Chlor	PAR	Wind	Dry	Max	Min	Rain
جاسک	فروردین	0.00 ns	0.11 *	0.09 ns	0.05 *	-0.05 ns	0.04 ns	-0.08 ns	0.75 ns
	اردیبهشت	0.00 ns	0.08 ns	0.08 ns	0.02 ns	-0.03 ns	0.11 ns	-0.14 ns	-1.19 ns
	خرداد	-0.01 ns	0.01 ns	0.07 ns	0.03 ns	0.01 ns	0.12 *	-0.02 ns	-0.23 ns
	تیر	-0.01 ns	0.07 ns	0.06 ns	0.06 *	-0.07 *	0.00 ns	-0.05 ns	1.07 ns
	مرداد	0.02 ns	0.05 ns	0.11 ns	0.05 *	-0.05 ns	0.05 ns	-0.05 *	0.09 ns
	شهریور	-0.04 ns	0.00 ns	0.04 ns	0.04 ns	-0.07 *	0.08 ns	-0.08 *	0.00 ns
	مهر	-0.02 ns	0.00 ns	0.05 ns	0.06 *	0.00 ns	0.12 *	-0.03 ns	0.00 ns
	آبان	0.00 ns	-0.02 ns	0.03 ns	0.04 ns	0.01 ns	0.15 *	-0.04 ns	0.04 ns
	آذر	0.03 ns	-0.02 *	-0.02 ns	0.04 ns	0.05 *	0.17 *	0.00 ns	-0.03 ns
	دی	0.02 ns	-0.03 ns	-0.03 ns	0.06 *	0.02 ns	0.13 *	-0.02 ns	-0.53 ns
لنگه	فروردین	-0.02 ns	0.20 *	0.04 ns	0.07 *	-0.09 ns	0.06 ns	-0.13 *	-0.30 ns
	اردیبهشت	0.01 ns	0.11 *	0.05 ns	0.07 *	-0.06 ns	0.14 *	-0.10 ns	-1.70 ns
	خرداد	-0.03 ns	0.05 ns	0.09 ns	0.05 ns	-0.02 ns	0.17 *	-0.02 ns	0.78 ns
	تیر	-0.02 ns	0.03 ns	0.01 ns	0.05 ns	-0.03 ns	0.13 ns	0.02 ns	0.12 ns
	مرداد	0.00 ns	0.01 ns	-0.05 ns	0.04 ns	-0.06 ns	0.11 ns	0.01 ns	-0.10 ns
	شهریور	0.02 ns	-0.01 ns	0.37 ns	0.05 ns	-0.07 ns	0.10 ns	-0.06 ns	0.00 ns
	مهر	0.00 ns	-0.04 *	0.00 ns	0.05 ns	-0.03 ns	0.14 *	-0.04 ns	0.04 ns
	آبان	0.01 ns	0.01 ns	0.00 ns	0.05 ns	-0.04 ns	0.11 *	-0.08 *	0.00 ns
	آذر	0.02 ns	0.00 ns	0.42 ns	0.01 ns	-0.05 *	0.10 *	-0.11 *	0.60 ns
	دی	0.02 ns	0.02 ns	0.25 ns	0.04 ns	-0.11 *	0.12 *	-0.09 ns	0.01 ns
قشم	فروردین	-0.04 ns	0.16 *	0.05 ns	0.05 ns	0.13 *	0.20 *	-0.28 *	-0.35 ns
	اردیبهشت	-0.02 ns	0.05 ns	0.05 ns	-0.03 ns	0.04 ns	0.08 ns	-0.39 *	-0.55 ns
	خرداد	-0.03 ns	0.22 *	0.03 ns	0.03 ns	0.08 *	0.26 *	-0.24 *	-1.60 ns
	تیر	-0.04 ns	0.12 *	-0.03 ns	-0.01 ns	0.03 ns	0.50 *	-0.26 *	0.98 ns
	مرداد	0.00 ns	0.02 ns	0.15 ns	-0.04 ns	0.01 ns	0.14 ns	-0.07 ns	0.01 ns
	شهریور	-0.08 ns	-0.01 ns	0.37 ns	-0.05 ns	0.00 ns	0.21 ns	-0.15 *	0.00 ns
	مهر	-0.12 ns	-0.02 ns	0.00 ns	-0.7 ns	0.00 ns	0.37 *	-0.13 *	-0.01 ns
	آبان	0.01 ns	-0.02 ns	0.00 ns	-0.09 ns	0.02 ns	0.42 *	-0.07 ns	-0.09 ns
	آذر	0.03 ns	-0.02 ns	0.39 ns	-0.10 *	0.05 ns	0.33 *	-0.29 *	0.01 ns
	دی	0.02 ns	-0.01 ns	0.06 ns	-0.03 ns	0.11 *	0.20 *	-0.42 *	-0.13 ns
فروردین	-0.03 ns	0.06 ns	0.27 ns	-0.09 ns	0.09 ns	0.17 *	-0.54 *	-0.09 ns	
اردیبهشت	-0.03 ns	0.08 ns	0.08 ns	-0.12 *	0.09 ns	0.23 *	-0.48 *	-0.02 ns	

* نشان‌دهنده معنی‌داری روند در سطح احتمال ۹۵ درصد

ns نشان‌دهنده عدم معنی‌داری روند

لنگه در ۶ ماه از سال و در منطقه قشم ۹ ماه از سال روند تغییرات دمای حداکثر در دوره زمانی مورد نظر به صورت معنی‌داری ($p \leq 0.05$) افزایش داشته است. متوسط دمای حداقل ماهیانه، ۳ ماه از سال در منطقه جاسک، ۶ ماه از

در جدول ۲ معنی‌داری روند تغییرات هر یک از عوامل اقلیمی، مورد بررسی قرار گرفت. بیشترین تغییرات معنی‌دار برای میانگین حداکثر دما و حداقل دمای ماه‌ها مشاهده شد. به طوری که در هر یک از مناطق جاسک و

هیچ‌یک از مناطق مورد مطالعه به صورت معنی‌دار تغییری نداشته‌اند. همچنین برای سایر شاخصهای اقلیمی تغییرات معنی‌داری در برخی از ماه‌ها مشاهده شد (جدول ۳).

سال در منطقه لنگه و ۱۰ ماه از سال در منطقه قشم به صورت معنی‌داری ($p \leq 0.05$) افزایش داشته است (جدول ۲). این درحالیست که سه متغیر اقلیمی دمای سطحی آب، تشعشع سطحی و باران در همین دوره زمانی، در

جدول ۳- معنی‌داری روند تغییرات CPUE برای دو ماهی ساردین و آنچوی در هر یک از ماه‌های سال در سه منطقه جاسک، لنگه و قشم برای دوره زمانی ۱۳۹۷ تا ۲۰۱۹

ماه از سال	منطقه	CPUE ساردین	CPUE آنچوی
جاسک	فروردین	-11.75 ns	7.00 *
	اردیبهشت	-13.29 ns	7.16 ns
	خرداد	1.11 ns	10.07 ns
	تیر	1.10 ns	-3.77 ns
	مرداد	-20.10 ns	2.02 ns
	شهریور	-45.59 ns	0.00 ns
	مهر	111.00 ns	0.00 ns
	آبان	296.00 ns	0.00 ns
	آذر	74.63 ns	0.00 ns
	دی	-8.16 ns	8.21 ns
	بهمن	-18.36 ns	1.47 ns
لنگه	اسفند	-24.45 ns	-7.35 ns
	فروردین	-22.78 ns	-54.54 ns
	اردیبهشت	-74.76 ns	27.41 ns
	خرداد	-10.15 ns	15.14 ns
	تیر	-3.76 ns	-27.08 ns
	مرداد	11.82 ns	-0.25 ns
	شهریور	-3.29 ns	19.03 ns
	مهر	-33.49 ns	99.96 ns
	آبان	-25.89 ns	56.93 ns
	آذر	-17.72 ns	-2.81 ns
	دی	-3.52 ns	-4.48 ns
قشم	بهمن	4.28 ns	-35.22 ns
	اسفند	3.81 ns	-3.4 ns
	فروردین	3.61 ns	77.30 ns
	اردیبهشت	-10.08 ns	42.77 ns
	خرداد	-0.74 ns	82.52 ns
	تیر	-11.43 ns	54.89 ns
	مرداد	-8.31 *	29.37 ns
	شهریور	-14.59 *	15.64 ns
	مهر	2.76 ns	15.98 ns
	آبان	19.25 *	-61.00 *
	آذر	18.33 ns	-89.50 *
دی	-9.43 ns	-55.36 ns	
بهمن	-18.83 ns	-23.48 ns	
اسفند	-22.70 ns	8.73 ns	

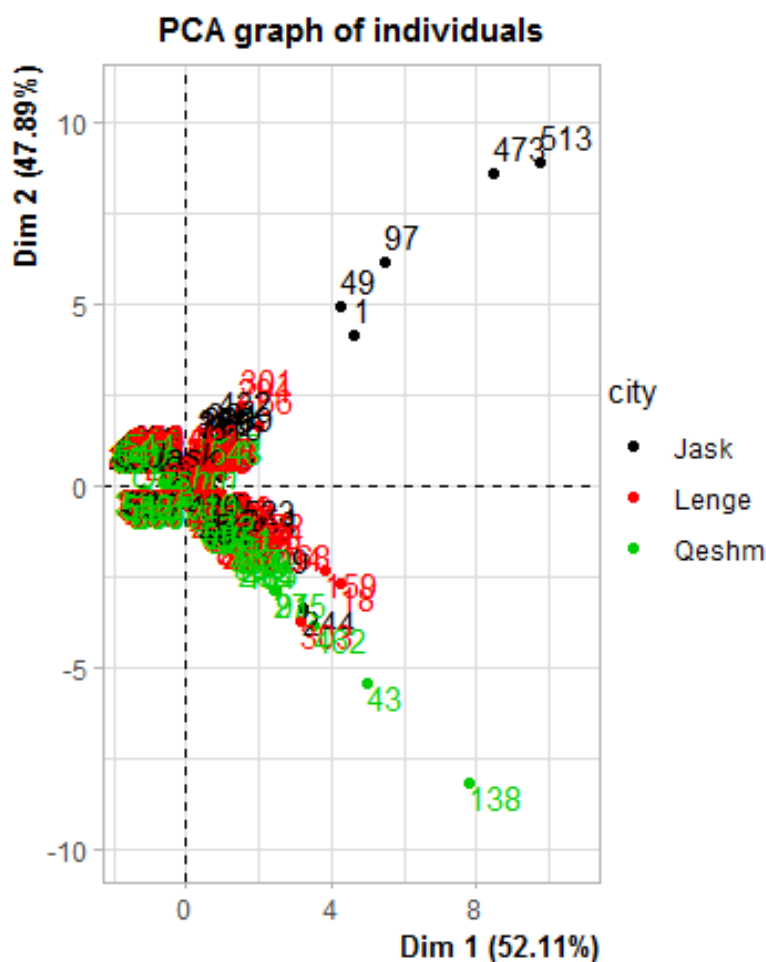
* نشان‌دهنده معنی‌داری روند در سطح احتمال ۹۵ درصد

ns نشان‌دهنده عدم معنی‌داری روند

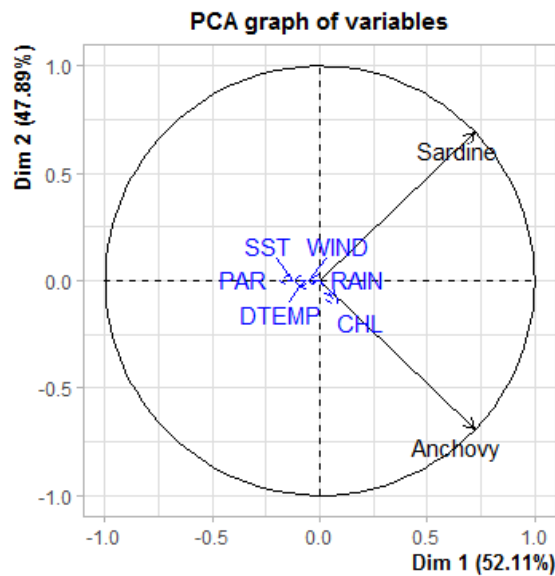
بر اساس نتایج به دست آمده از آزمون تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، مؤلفه اول شامل دمای سطحی، تشعشع سطحی و باد (۵۲,۱۱ درصد) و مؤلفه دوم شامل کلروفیل A، دما و بارندگی (۴۷,۸۹ درصد) مجموعاً ۹۹ درصد تغییرات را شامل شدند. همچنین پراکنش ماهیان بر اساس دو مؤلفه اول ترسیم گردید (شکل ۲) بر این اساس ماهیان مناطق قشم و لنگه همپوشانی بالایی با یکدیگر نشان دادند، درحالیکه برای ماهیان منطقه جاسک تمایز مشخص‌تری نسبت به دو منطقه دیگر در نمودار PCA مشاهده شد (Salehi *et al.*, 2012).

بر اساس بررسی آنالیز روند تغییرات CPUE مشخص شد که مقدار آن به غیر از چند ماه معدود از سال (سه ماه از سال برای ساردین در قشم، یک ماه از سال برای آنچوی در جاسک و ۲ ماه از سال در قشم)؛ تغییر معنی‌داری نداشت (جدول ۳).

میانگین CPUE برای ساردین ماهیان در سه ناحیه بندر لنگه، قشم و بندر جاسک به ترتیب ۵۶۷، ۲۳۷ و ۱۰۵۶ کیلوگرم در هر بار تورریزی و این مقدار برای آنچوی ماهیان به ترتیب ۵۰۰، ۶۲۱ و ۲۲۴ کیلوگرم در هر بار تورریزی برآورد شد.



شکل ۲- آزمون تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA)



شکل ۳- نحوه قرار گرفتن متغیرها و فاکتورها با محورهای آنالیز PCA

محورهای آنالیز مربوطه نشان می‌دهد که محور اول ۵۲ و محور دوم ۴۳ درصد واریانس را پوشش می‌دهد. ساردین و آنچوی هر کدام به‌طور مساوی ۷۲ درصد پوشش را در محور اول نشان می‌دهند. (جدول ۴).

بررسی رابطه شاخص‌های محیطی و پراکنش ماهیان نشان داد فاکتورهای SST و PAR مهمترین عوامل در شکل‌گیری پراکنش ماهیان ساردین و آنچوی هستند (شکل ۳). تعیین میزان پوشش واریانس توسط هر یک از

جدول ۴- مقادیر پوشش واریانس برای هر گروه از ماهیان ساردین و آنچوی

درصد مقادیر ویژه واریانس		
comp 1	۱/۰۴۲۲۷۳۵	۵۲/۱۱۳۶۷
comp 2	۰/۹۵۷۷۲۶۵	۴۷/۸۸۶۳۳
درصد تجمعی واریانس		
comp 1		۵۲/۱۱۳۶۷
comp 2		۱۰۰/۰۰۰۰۰
	Dim.1	Dim.2
ساردین	۰/۷۲۱۸۹۸	۰/۶۹۱۹۹۹۵
آنچوی	۰/۷۲۱۸۹۸	-۰/۶۹۱۹۹۹۵

جدول ۵- همپوشانی فاکتورهای محیطی

	Dim.1	Dim.2
SST	-۰/۱۲۹۹۶۰۶۶	۰/۰۰۰۳۰۳۷۱۲۴
CHL	۰/۰۷۹۲۳۰۸۴	-۰/۱۰۹۱۵۶۹۸۹
PAR	-۰/۱۸۵۵۷۸۸۲	۰/۰۰۱۳۵۳۷۱۷
WIND	-۰/۰۵۲۵۸۶۲۷	۰/۰۰۳۹۶۶۴۱۹
DTEMP	-۰/۰۹۶۲۴۱۴۱	-۰/۰۳۱۴۴۷۱۱۶
RAIN	۰/۰۷۳۱۸۲۸۵	-۰/۰۷۵۱۰۱۷۶۷

و قشم در یک وضعیت و با همگرایی مثبت و جاسک نیز در موقعیت متفاوت قرار دارد. یعنی اکوسیستم جاسک (دریای عمان) متفاوت از خلیج فارس تعیین می‌شود (جدول ۶).

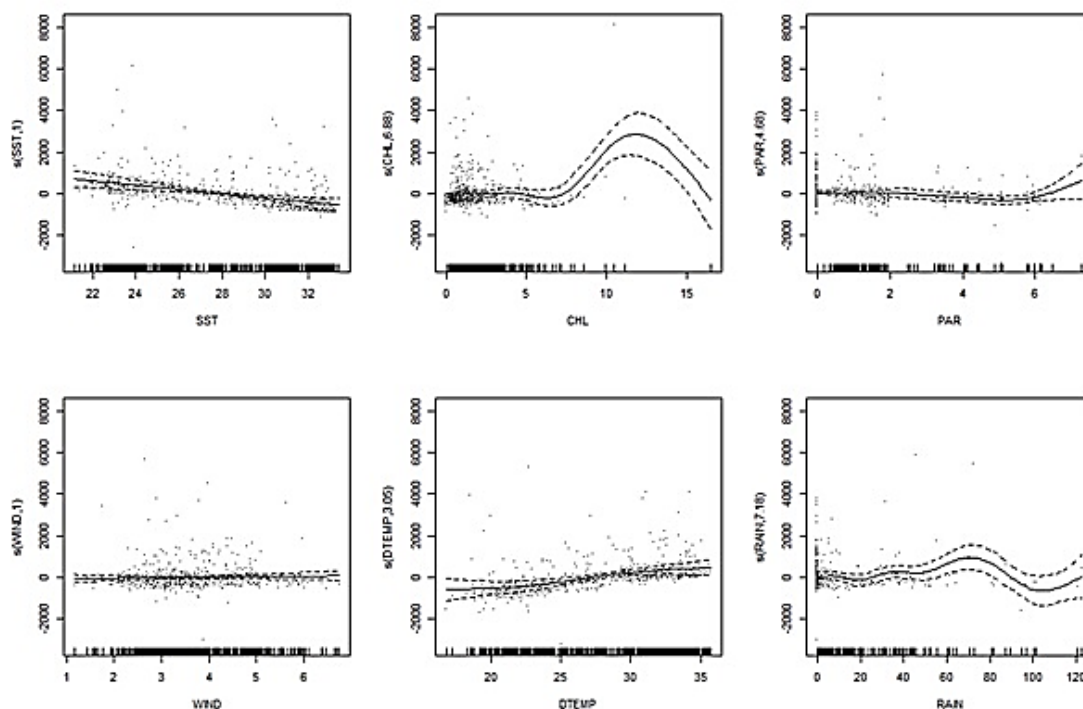
در بین فاکتورهای محیطی SST (۰/۱۲-) و PAR (۰/۱۸-) بیشترین همپوشانی را دارند. حضور و فراوانی ساردین و آنچوی باید با دمای سطحی آب و تشعشع سطحی در نظر گرفته شود (جدول ۵). از سوی دیگر لنگه

جدول ۶ - همگرایی مناطق مختلف مورد تحقیق

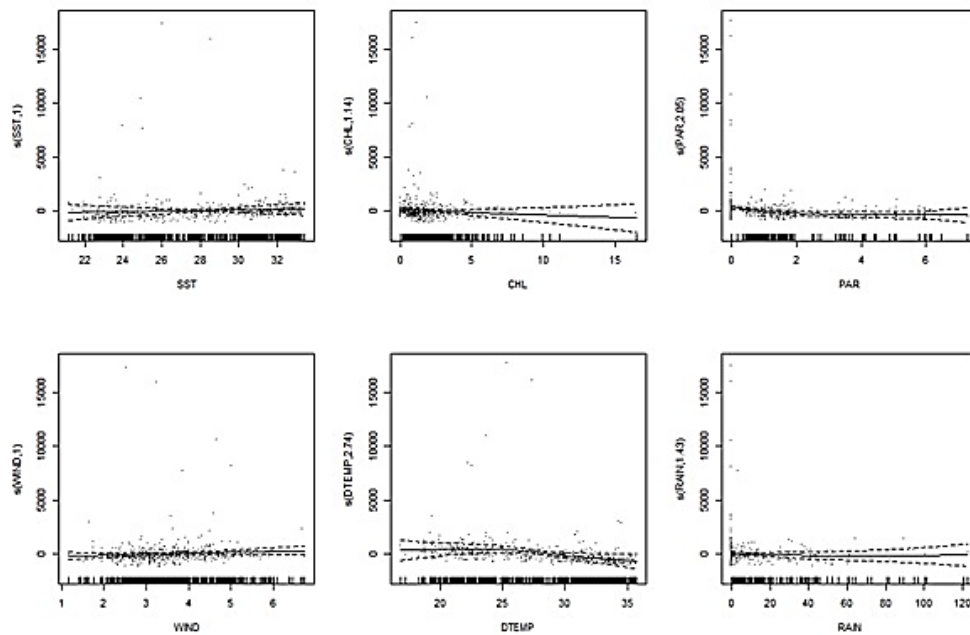
	Dim.1	Dim.2
جاسک	$-1/127656 e^{-0.2}$	$0/334918677$
لنگه	$1/963235 e^{-0.2}$	$-0/04634003$
قشم	$9/136547 e^{-0.5}$	$-0/29413833$

بیشترین اختلاف معنی‌دار را داشتند و مهمترین متغیر تاثیرگذار بودند.

رابطه بین تغییرات CPUE با شاخص‌های محیطی تقریباً برای هر دو گونه مشابه بود (شکل ۴ آنچوی و شکل ۵ ساردین). در تمام مدل‌ها کروفیل A و بارندگی



شکل ۴- نقشه‌های GAM رابطه تغییرات CPUE با شاخص‌های محیطی (تمام مناطق ادغام شده‌اند) در بندرها قشم، جاسک و لنگه در آب‌های خلیج فارس و دریای عمان (۱۹۹۷-۲۰۱۹)



شکل ۵- نقشه‌های GAM تغییرات CPUE با شاخص‌های محیطی آنچوی (تمام مناطق ادغام شده‌اند) در بندرهای قشم، جاسک و لنگه در آب‌های خلیج فارس و دریای عمان (۱۹۹۷-۲۰۱۹)

صید بیش از حد، ماهیگیران، بویژه ماهیگیران سنتی، را بیش از پیش تحت فشار کمبود صید قرار داده است. جمع‌آوری داده‌های سیستماتیک، از جمله داده‌های بیوفیزیک، با ید هم‌پای گردآوری داده‌های تغییر رژیم سطح‌زبان ریز مورد ارزیابی قرار گیرند تا با تکیه بر این اطلاعات سیاست‌های بهره‌برداری منطقه‌ای را چیدمان کرد (Herrick et al, 2007; Jacobson and MacCall, 1996; Jacobson et al., 2005; Herrick et al., 2007; PFMC, 2006).

ارزیابی و تحلیل عوامل موثر بر نوسان فراوانی جمعیت ماهیان برای تصمیم‌گیری و مدیریت جمعیت بسیار مهم است. در تحقیق جاری اثر تغییر اقلیم در مناطق مورد مطالعه م‌شهود بود (جدول ۲) ولی اثر این تغییر به حدی نبود که مقدار CPUE را تحت تأثیر قرار دهد. همچنین بررسی بیشتر ماه‌هایی که روند تغییرات CPUE در آنها به صورت معنی‌داری تغییر داشت حاکی از این مطلب است که این تغییر معنی‌دار ناشی از تغییر اقلیم نیست. به عنوان مثال در ماه پنجم در قشم روند تغییرات CPUE برای ساردین معنی‌دار بود (جدول ۳) ولی در این ماه هیچ

شکل ۵ تمام متغیرهای محیطی مؤثر بر حضور ماهی را نشان می‌دهد. به ترتیب ساعتگرد دمای سطحی آب، کلروفیل A، تشعشع سطحی آب، بارش، دمای هوا و باد در بندرها قشم، جاسک و لنگه در آب‌های خلیج فارس و دریای عمان (۱۹۹۷-۲۰۱۹) نشان داده شد.

۴. بحث

ساردین و آنچوی بیش از ۵۲ درصد ساحل‌آوری سطح‌زبان ریز و ۱۳ درصد از صید جهانی در سال ۲۰۱۲ را دارا هستند (FAO, 2014). صید ضمنی نسبتاً کم، کارایی آنها نسبتاً زیاد (Kelleher, 2005)، با انتشار گازه‌های گلخانه‌ای نسبتاً کم به ازای تناژ ساحل‌آوری (Parker and Tyedmers, 2015) و رفتار گله‌ای، این گروه از ماهیان را به گونه هدف جذاب و اقتصادی تبدیل کرده است (Checkley et al., 2017). نشان داده شده است که دوره‌های طبیعی کوتاه‌مدت و بلندمدت تغییر اقلیم، امکان دسترسی ماهیگیران ساحلی به سطح‌زبان ریز را دستخوش تغییر خواهد کرد. اثر تغییر اقلیم در هم‌افزایی با

یک از متغیرهای اقلیمی مورد بررسی تغییر معنی‌داری در بازه مورد بررسی نداشت (جدول ۲). نتیجه کلی که می‌توان گرفت این است که هرچند اثر تغییر اقلیم بر عوامل اقلیمی مانند افزایش میانگین دمای حداقل و حداکثر ماهیانه در مناطق مورد مطالعه در حال مشاهده است (جدول ۲) ولی اثر این تغییر اقلیم در دوره زمانی مورد مطالعه در سه منطقه هدف به حدی نیست که بر جمعیت ماهی‌های ساردین و آنچوی به طور معنی‌دار اثرگذار باشد. لازم به ذکر است که در دوره مورد مطالعه تغییرات عوامل اقلیمی زیاد نبود. در صورت افزایش شدت این تغییرات، انتظار می‌رود که اثر آن بر جمعیت ماهی‌ها قابل مشاهده باشد. بنابراین، نیاز است این بررسی‌ها در بازه زمانی طولانی‌تری ارزیابی شوند. همچنین پیشنهاد می‌شود در آینده برای بررسی بیشتر اثر تغییر اقلیم بر جمعیت ماهیان از روش‌های پیشرفته‌تر مانند استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی استفاده شود.

در تحقیق حقی‌وایقان و همکاران (۲۰۱۶) متغیرهای محیطی دما و شوری سطحی آب دریا، عمق لایه مخلوط شونده و تولید اولیه خالص بیشترین تاثیر را در پراکنش تون زردباله اقیانوس هند در فصول گرم (نیمه اول سال) و سرد (نیمه اول سال) داشتند. نتایج این تحقیق نشان داد در فصل گرم عرض جغرافیایی تاثیر به مراتب بالاتری را در توضیح گونه دارد. از سوی دیگر تاثیر طول جغرافیایی و متغیرهای محیطی در فصل سرد مشهودتر بود (Haghi Vayeghan et al., 2016).

در یک دوره ارزیابی بین سال‌های ۱۹۹۰-۲۰۱۴ روی جمعیت آنچوی و ساردین دریای مدیترانه، نشان داده شد که به علت صید سنگین، جمعیت این ماهیان به شدت کاهش یافته است. علت اولیه این رخداد برداشت ش از زادآوری ذکر شد. اما بنظر می‌رسد که فاکتورهای محیطی در دوره ۴۰ ساله با تغییراتی همراه بوده است که برای دستیابی به نتیجه قطعی نیازمند تحقیقی جامع در این زمینه است (Quattrocchi, 2017). چکلی و همکاران (۲۰۱۷) به این نتیجه رسیدند که محدودیت اندازه جمعیت آنچوی و ساردین به علت محدودیت در تامین نیتروژن ورودی از زیستگاههایی چون رودخانه‌ها و مناطق فراچاهنده است (Checkley et al., 2017). مهمترین علت برای توضیح نوسانات آنچوی و ساردین در اطلس شمالی (Chavez et al. 2003, Jacobson et al. 2007, Lindegren et al. 2013, Takasuka et al. 2005)، جریان هامبولت (Alheit and Niquen, 2004) و دریای سیاه (Guraslan et al., 2014) دمای اقیانوس ذکر شده است. تولید بیومس یا زیست توده جدید در ساردین و آنچوی بر اساس نیتروژن ورودی به اکوسیستم مربوطه دارای اهمیت زیادی است (Dugdale and Goering, 1967). در یک وضعیت پایدار، حد بالایی محدودیت تولید ماهی بر اساس نیتروژن ورودی جدید قابل ارزیابی است. برداشت ماهی یا صیدمقادیر زیادی از ذخیره نیتروژنی را از زیستگاه حذف می‌کند (Ryther, 1969). احتمال می‌رود تغییر در تامین نیتروژن جدید، حجم و ترکیب پلانکتونی را دستخوش تغییر کند؛ که این امر بر تولید نهایی و تغییرات جمعیتی ساردین و آنچوی موثر است. پیش‌بینی می‌شود این منابع با تغییر اقلیم متنوع شوند (Checkley et al, 2017). زیستگاه این گروه از ماهیان اغلب در مناطق حاصلخیز و پرتولید قرار دارد و به مواد مغذی حاصل از فراچاهنده‌های ناشی از بادآبادسته است (Checkley et al., 2017). ویژگی‌هایی همچون پلانکتونخواری، تغذیه کم و دارا بودن جمعیت‌های بزرگ تک‌گونه، آنچوی را به گونه‌ای ایده‌آل برای بهره‌برداری تبدیل کرده است (Checkley et al., 2009).

ریخت‌شناسی، توزیع و سازگاری ساردین و آنچوی ماهیان و ترکیب و تولید پلانکتون‌ها تحت تاثیر دمای اقیانوس، اسیدی شدن و هیدرولوژی است؛ که تماما نیازمند مطالعه اثر تغییر اقلیم بر این گروه از ماهیان است (Checkley et al., 2017).

¹ Thunnus albacares

² Wind-Driven Upwelling

سطح‌زبان ریز به‌عنوان شاخص‌های فروپاشی

اکوسیستم

شانون و همکاران (۲۰۰۶) به بررسی شاخص‌های آن‌دسته از اکوسیستم‌هایی پرداختند، که به دلیل اثرات هم‌افزایی^۱ محیط و بهره‌برداری شدید به مرحله فروپاشی رسیده بودند. آن‌ها پیشنهاد کردند برای شاخص‌های اکوسیستم، بازه یا محدودیتی تعیین شود. کوری و همکاران (۲۰۰۵) نتیجه گرفتند که مجموعه‌ای از شاخص‌های چرخه مواد مغذی و تولید آبرای پیگیری تغییرات ماهیگیری و تغییرات اکوسیستم مورد نیاز است. مدل‌سازی اکولوژیک یک ابزار کلیدی برای پایش و ارزیابی شاخص‌های پیشنهادی است (Shannon *et al.*, 2006).

اثر شرایط اقلیمی بر میزان صید

دو عامل تحریک‌کننده نوسانات و فروپاشی در ذخایر سطح‌زبان ریز، با توجه به نقش محوری آن‌ها در شبکه غذایی، شامل الف) تأثیرات ماهیگیری بر سطح‌زبان ریز و ب) تأثیرات اقلیمی بر سطح‌زبان ریز است؛ اغلب این اثرات دچار هم‌افزایی شده و در کل شبکه غذایی توزیع می‌شود. برهمکنش‌های بین محیط زیست و منابع دریایی

می‌توانند هم‌افزا یا متضاد^۳ باشند، ون در لینگن و همکاران (۲۰۰۶) پیشنهاد می‌کنند که تغییر در ساختار یک اکوسیستم احتمالاً منجر به تغییر در پاسخ اکوسیستم به تحریکات اقلیمی می‌شود. در مواجهه با اختلالات شدید محیط زیستی، ممکن است اطمینان از نرخ بهره‌برداری پایدین‌تر از سطح بحرانی سخت باشد (Mertz and Myers, 1998; Rochet and Trenkel, 2003). با توجه به این موارد، به‌رغم آنکه در دهه ۱۹۸۰ بنگوئلای شمالی تحت صید بیش از حد بوده است، فروپاشی دهه ۱۹۹۰ این اکوسیستم نمی‌تواند در رده صید بیش از حد طبقه‌بندی شود. این امر نشان‌دهنده اثر هم‌افزایی شرایط محیط زیستی و فشار ماهیگیری است. ساردین دریای کاتالان در دهه ۱۹۹۰ به‌طور کامل مورد بهره‌برداری قرار می‌گرفت (Leonart and Maynou, 2003)، درحالی‌که به نظر می‌رسد میزان بهره‌برداری از سطح‌زبان ریز در دریای آدریاتیک در سطح پایدار بوده است، اما در پایان دهه ۱۹۸۰ کاهش شدیدی در ذخایر بزرگ دریای آدریاتیک رخ داده است (Azzali *et al.*, 2002; Santojanni *et al.*, 2003, 2005).

References

۵. منابع

- Alheit, J., Niquen, M. 2004. Regime shifts in the Humboldt Current ecosystem. *Progress in Oceanography* 60 (2-4), 201–22.
- Azzali, M., De Felice, A., Luna, M., Cosimi, G., and Parmiggiani, F., 2002. The state of the Adriatic Sea centered on the small pelagic fish populations. *P. S. Z. N. Marine Ecology* 23 (1), 78–91.
- Bellido, J. M., Brown, A. M., Valavanis, V. D., Giráldez, A., Pierce, G. J., Iglesias, M., and A. Palialexis. 2008. Identifying essential fish habitat for small pelagic species in Spanish Mediterranean waters. *Hydrobiologia* 612 (1), 171-184.
- Chavez, F. P., Ryan, J., Lluch-Cota, S. E., and Niquen, M., 2003. From anchovies to sardines and back: Multidecadal change in the Pacific Ocean. *Science* 299, 217–221.
- Checkley, D. M., Asch, R. G., Rykaczewski, R., 2017. Climate, Anchovy, and Sardine. Annual. Review. *Marine Science* 9(-), 469–93.
- Checkley, D. M., Alheit, J., Oozeki, Y., Roy, C., 2009. Climate Change and Small Pelagic Fish. Cambridge University Press New York 388p.
- Clark, M. 2013. Generalized additive models: getting started with additive models in R. Center for Social Research, University of Notre Dame 31p.
- Cury, P. M., Shannon, L. J., Roux, J.P., 2005. Trophodynamic indicators for an ecosystem approach to fisheries. *ICES Marine Science* 62, 430-442.
- Dugdale, R. C., Goering J. J., 1967. Uptake of new and regenerated forms of nitrogen in primary productivity. *Limnology*

¹ Synergistic Effects

² Trophodynamic

³ Antagonistic

Oceanography 12(-)677–80

- FAO, 2014. The State of World Fisheries and Aquaculture. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations
- FAO, 2002. The State of World Fisheries and Aquaculture. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations
- FAO, 2006. The State of World Fisheries and Aquaculture. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations
- Guraslan, C., Fach, B. A., Oguz, T., 2014. Modeling the impact of climate variability on Black Sea anchovy recruitment and production. *Fisheries Oceanography* 23(-), 436–57
- Haghi Vayeghan, A., Ghorbani, R., Payghambari, S., Lee, M.A., Kaplan, D., Block, B., 2016. Relationship between yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) distribution caught by Iranian purse seiners and environmental variables in the Indian Ocean. *Iranian Scientific Fisheries Journal* 26 (1), 67-82
- Hamilton, L., Otterstad, O., and O'gmundardóttir, H., 2006. Rise and fall of the herring towns: impacts of climate and human teleconnections. In *Climate Change and the Economics of the World's Fisheries: Examples of Small Pelagic Stocks*, Hannesson, R., Barange M. A., and Herrick, S. F., eds. Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing Ltd 100–125.
- Jacobson, L. D., Bograd, S. J., Parrish, R. H., Mendelsohn, R., Schwing, F. B., 2005. An ecosystem-based hypothesis for climatic effects on surplus production in California sardine (*Sardinops sagax*) and environmentally dependent surplus production models. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 62(-)1782–96
- Kawasaki, T., 1983. Why do some pelagic fishes have wide fluctuations in their numbers? – Biological basis of fluctuation from the viewpoint of evolutionary ecology. *FAO Fisheries and Aquaculture Report* 291(-), 1065-1080.
- Kelleher, K., 2005. Discards in the world's marine fisheries: an update. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Papers* 470, FAO UN, Rome
- Lindgren, M., Checkley, D., Rouyer, T., MacCall, A., & Stenseth, N., 2013. Climate, fishing, and fluctuations of sardine and anchovy in the California Current. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 110 (33), 13672-13677.
- Lluch-Belda, D., Crawford, R. J. M., Kawasaki, T., 1989. World-wide fluctuations of sardine and anchovy stocks: the regime problem. *South African Journal of Marine Science* 8(-), 195-205.
- Lluch-Belda, D., Schwartzlose, R. A., Serra, R., 1992. Sardine and anchovy regime fluctuations of abundance in four regions of the world oceans: a workshop report. *Fisheries Oceanography* 1(-), 339-347.
- MacCall, A. D., 1996. Patterns of low-frequency variability in fish populations of the California Current. *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations* 37(-), 100-110.
- Mertz, G., Myers, R. A. 1998. A simplified formulation for fish production. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 55(-), 478-484.
- Parker, R. W. R., Tyedmers, P. H. 2015. Fuel consumption of global fishing fleets: current understanding and knowledge gaps. *Fish and Fisheries* 16(-), 684–96.
- PFMC (The Pacific Fishery Management Council), 2006. Status of the Pacific Coast Coastal Pelagic Species Fishery and Recommended Acceptable Biological Catches. Stock Assessment and Fishery Evaluation Portland, OR: Pacific Fishery Management Council.
- Quattrocchi, F., 2017. Modelling the relationships of medium and long-term variations of the anchovy and sardine catches in the Catalan Sea (NW Mediterranean) with the environmental drivers. Instituto de Ciencias del Mar (ICM). 170p.
- Rochet, M. J., Trenkel, V. M., 2003. Which community indicators can measure the impact of fishing? A review and proposals. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 60(-), 86-99.
- Ryther, J. H. 1969. Photosynthesis and fish production in the sea. *Science* 166(-)72–76.
- Salehi, M., Vazirinasab, H., Khoshgam, M., Rafati, N., 2012. Applying Generalized Additive Models (GAM) to determine the relationship between retinopathy risk factors in diabetic patients in Tehran. *Razi Journal of Medical Sciences* 119(-), 11-21. (in Persian).
- Santojanni, A., Arneri, E., Barry, C., Belardinelli, A., Cingolani, N., Giannetti, G., Kirkwood, G., 2003. Trends of anchovy (*Engraulis encrasicolus*, L.) biomass in the northern and central Adriatic Sea. *Scientia Marina* 67(-), 327-340.
- Santojanni, A., Cingolani, N., Arneri, E., 2005. Stock assessment of sardine (*Sardina pilchardus*) in the Adriatic Sea, with an estimate of discards. *Scientia Marina* 69(4), 603-617.
- Schwartzlose, R. A., Alheit, J., Bakun, A., 1999. Worldwide large-scale fluctuations of sardine and anchovy populations. *South African Journal of Marine Science* 21(-), 289-347.
- Shannon, L. J., Cury, P. M., Nel, D., 2006. How can science contribute to an ecosystem approach to pelagic, demersal and rock lobster fisheries in South Africa? *African Journal of Marine Science* 28(1), 115-157.
- Sparre, P., Venema, S. C., 1998. Introduction to tropical fish stock assessment. FAO Rome, Italy. 407P.
- Takasuka, A., Oozeki, Y., Aoki, I. 2007. Optimal growth temperature hypothesis: Why do anchovy flourish and sardine collapse or vice versa under the same ocean regime? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 64(-), 768–776.
- Valavanis, V. D., Pierce, G. J., Zuur, A. F., Palialexis, A., Saveliev, A., Katara, I., Wang, J., 2008. Modelling of essential fish habitat based on remote sensing, spatial analysis and GIS. *Hydrobiology* 612(1), 5-20.

