



University of Hormozgan



Distribution and abundance of Phytoplankton in the Anzali wetland in 2023, and comparing it with three decades

Siamak Bagheri¹, Alireza Mirzajani^{1✉}, Sepideh Khatib Haghghi¹, Fariba Madadi¹

1. Inland Waters Aquaculture Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Bandar Anzali, Iran.

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received: 27 October 2024

Accepted: 3 February 2025

Published: 15 May 2025

✉ Corresponding Author:

armirzajani@gmail.com

Keywords:

Density,
diversity,
Microalgae,
Anzali wetland.

ABSTRACT

The diversity and abundance of planktonic primary producers play a critical role in aquatic ecosystems, serving as indicators of ecological health and vitality. The Anzali Wetland, located on the southwestern coast of the Caspian Sea, is currently experiencing severe ecosystem degradation, with notable impacts on its biological communities. This study examined the phytoplankton community structure in the Anzali Wetland from March to December 2023 and compared the findings with historical data. The number of genera in the dominant phytoplankton groups—Bacillariophyceae, Chlorophyta, and Cyanobacteria—declined by 59%, 63%, and 53%, respectively. Additionally, the Euglenozoa phylum experienced an 80% reduction in genera. Despite the overall decline, several genera remained dominant in both occurrence and abundance, including *Cyclotella*, *Nitzschia*, *Synedra*, and *Navicula* (Bacillariophyceae); *Ankistrodesmus* and *Scenedesmus* (Chlorophyta); *Oscillatoria* and *Merismopedia* (Cyanobacteria); and *Euglena* (Euglenozoa). The average annual abundance of phytoplankton in 2023 was 7.8 million cells/L, representing a nine-fold decrease compared to data from the past two decades. The highest abundances were recorded in Bacillariophyceae (1.5 million cells/L) and Cyanobacteria (1.3 million cells/L). Notably, the abundance of Euglenozoa (587,000 cells/L) showed a significant increase compared to levels observed in the 1990s. The decline in phytoplankton diversity and abundance over the past 30 years is largely attributed to anthropogenic pressures and major environmental changes, particularly the declining water level of the Caspian Sea. This has drastically transformed the Anzali Wetland's landscape, with extensive drying of water bodies. To restore the ecological integrity of the Anzali Wetland, urgent rehabilitation measures are required. These should include hydrological restoration, pollution and sedimentation control, and management of invasive species such as *Eichhornia crassipes* (water hyacinth). Implementing these strategies is essential for improving the planktonic community structure and reviving the wetland's ecological health.



Publisher: University of Hormozgan

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

The Anzali Wetland, located in southwestern Guilan Province along the Caspian Sea coast, covers approximately 17,000 hectares and was one of the first wetlands registered under the Ramsar Convention in 1975. This unique ecosystem, situated at the intersection of terrestrial and marine environments, was historically influenced by both freshwater inflows and brackish water from the Caspian Sea. It once supported a rich diversity of flora and fauna, including a complete aquatic food web (Mirzajani, 2009; Mirzajani et al., 2020). Phytoplankton play a crucial role in aquatic ecosystems as primary producers, and changes in their abundance and diversity can directly impact fish stocks and broader ecological dynamics. Nutrient enrichment under favorable environmental conditions can lead to harmful algal blooms, potentially causing mass mortality of aquatic organisms (Heinonen, 2004). Consequently, monitoring phytoplankton communities is essential as an indicator of ecosystem health and for sustainable management. Over the past three decades, numerous studies have assessed the planktonic communities of Anzali Wetland (Kimball and Kimball, 1974; Hosseinpour, 1990; Nezami, 1994; Mirzajani, 2009; Khodaparast, 2012), with additional investigations focusing specifically on phytoplankton diversity and abundance (Sabkara and Makaremi, 2004; Fallahi, 2018; Sabkara et al., 2019). More than 150 genera and 310 phytoplankton species have been recorded in previous studies (Sabkara and Makaremi, 2015). However, due to recent ecological degradation—driven by climate change, a significant decline in the Caspian Sea's water level, and invasive species such as *Eichhornia crassipes* (water hyacinth)—the current status of phytoplankton communities remains unclear, with the most recent data being over eight years old. This study aimed to assess the current diversity, distribution, and abundance of phytoplankton in Anzali Wetland and compare these results with historical data to better understand ongoing ecological changes.

Materials and Methods

Phytoplankton sampling was conducted using a Ruttner sampler. Samples were collected into a 10-liter graduated bucket, thoroughly homogenized, and preserved with 4% formalin. A 1-liter subsample was retained for laboratory analysis. After sedimentation, a 5 mL aliquot was transferred to a counting chamber and analyzed using an inverted microscope (Leitz LABOVERT, model F-S). Phytoplankton were identified to the genus level using standard taxonomic references (Boney, 1989; Ruttner-Kolisko, 1974; Prescott, 1970; Pontin, 1978; Maesen, 1983; Tiffany and Britton, 1971). Abundance was calculated per liter following APHA (2005) protocols.

Results

A total of 68 phytoplankton genera belonging to six major taxonomic groups were identified. Chlorophyta (27 genera) and Bacillariophyceae (23 genera) showed the highest diversity, while Mesozoa and Ochrophyta had the lowest, with only two genera each. Additionally, nine genera of Cyanobacteria and five genera of Euglenozoa were recorded. Bacillariophyceae dominated the phytoplankton community, comprising 63% of total abundance (5.08 million cells/L), followed by Cyanobacteria (16%; 1.13 million cells/L), Chlorophyta (12%; 1.00 million cells/L), and Euglenozoa (7%; 0.587 million cells/L). Ochrophyta and Mesozoa each comprised

approximately 1% of the community, with average abundances of 67,500 and 89,000 cells/L, respectively. The mean total phytoplankton abundance across the wetland was 7.75 million cells/L, with statistically significant differences observed between regions ($p < 0.05$). The eastern region recorded the highest abundance (13 ± 2 million cells/L), while the Siah-Keshim area showed the lowest (2.8 ± 0.4 million cells/L). Bacillariophyceae were the dominant group across all regions, with Cyanobacteria particularly abundant in the east and Euglenozoa more prevalent in the central zones.

Conclusions

Over the last 30 years, the Anzali Wetland has undergone severe ecological degradation due to urbanization, climate change, and a steady decline in Caspian Sea water levels which have decreased by an estimated 8 cm annually. As a result, the wetland's open water area has shrunk to less than 3,600 hectares, with large portions now shallow and vegetated year-round. These environmental changes have significantly altered the structure of the phytoplankton communities. This study reveals a nine-fold decrease in total phytoplankton density and a reduction in genera from 117 to 68 compared to the 1990s. Many of the dominant species are now indicative of eutrophic and polluted waters, and the substantial increase in Euglenozoa abundance further confirms the ongoing eutrophication. Urgent action is needed to implement wetland rehabilitation strategies, including hydrological restoration, control of invasive species, sediment and pollution management, and re-establishment of natural water flow patterns. These measures are vital for restoring the Anzali Wetland's ecological balance and protecting its planktonic and broader biological communities.



پراکنش و فراوانی فیتوپلانکتون‌های تالاب انزلی در سال ۱۴۰۲

و مقایسه آن با سه دهه گذشته

سیامک باقری^۱، علیرضا میرزا جانی^۱، سپیده خطیب حقیقی^۱، فربیا مددی^۱

۱. پژوهشکده آبزی پروری آبهای داخلی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرانزلی، ایران.

چکیده

تنوع و فراوانی تولید کنندگان اولیه پلانکتونی اهمیت ویژه‌ای در اکوسیستم‌های آبی داشته و نمایه‌ای از حیات و سلامت این محیط‌ها به شمار می‌روند. تالاب انزلی در جنوب غربی دریای کاسپین در مسیر تغییرات شدید اکوسیستمی قرار گرفته که در جوامع زیستی آن تاثیر گذاشته است. در این بررسی ساختار فیتوپلانکتون تالاب انزلی از اسفند ۱۴۰۱ تا دی ۱۴۰۲ در چهار بخش اصلی (غرب، مرکزی، سیاه کیشم، شرق و خروجی) و ۱۴ ایستگاه مورد مطالعه قرار گرفته و با مطالعات پیشین مقایسه گردید. تعداد جنس‌های شناسایی شده در این بررسی ۶۸ عدد بوده که نسبت به ۱۱۷ جنس سال ۱۳۷۳ با کاهش شدیدی همراه بوده است. کاهش تعداد جنس‌ها در سه گروه اصلی باسیلاریوفیسیه، کلروفیتا و سیانوبکتریا تقریباً مشابه بوده و به ترتیب کاهشی در حد ۵۹، ۶۳ و ۵۳ درصد داشته‌اند. کاهش تعداد جنس‌ها در شاخه میزوزوا به میزان ۸۰ درصد بود. جنس‌های *Cyclotella*, *Nitzschia*, *Scenedesmus* از کلروفیتا، *Navicula* و *Synedra* از باسیلاریوفیسیه‌ها *Ankistrodesmus* و *Oscillatoria* از سیانوبکتریا و *Euglena* از *Merismopedia* از لکلوزوا از نظر درصد حضور و درصد فراوانی غالب بودند. در این بررسی میانگین فراوانی سالانه فیتوپلانکتون‌ها ۷/۸ میلیون سلول در لیتر بوده که در مقایسه با ۲۰ سال گذشته ۹ برابر کمتر شده است. بیشترین فراوانی را رده باسیلاریوفیسیه آ (۵/۱ میلیون سلول در لیتر) و سیانوبکتریا (۳/۱ میلیون سلول در لیتر) داشتند. فراوانی شاخه اوکلنوزوا ۵۸۷ هزار سلول در لیتر بوده که در مقایسه با سالهای دهه ۷۰ افزایش محسوس داشته است. تغییرات پلانکتونی یاد شده طی ۳۰ سال گذشته ناشی از فعالیت تخریبی انسان و تغییرات شدید محیطی بویژه کاهش تراز آب دریای خزر بوده که سیمای عمومی تالاب انزلی را تغییر داده و بیشتر پهنه‌های آبی آن از بین رفته است. در چنین شرایطی اجرای طرح‌های احیای تالاب انزلی ضروری می‌باشد. احیای حوضچه‌ها و پیکره‌های آبی آن، کنترل آلودگی‌ها و رسوبات وارد و کنترل گیاه سنبل آبی از راهکارهای بهبود وضعیت پلانکتونی تالاب انزلی محسوب می‌شوند.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۱۵
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۲/۲۵

✉ نویسنده مسئول:
armirzajani@gmail.com

کلیدواژه‌ها:
تراکم،
ساختار،
تنوع،
میکرو جلیک،
تالاب انزلی.



ناشر: دانشگاه هرمزگان.

مقدمه

تالاب انزلی در جنوب غربی دریای کاسپین در استان گیلان با مساحت حدود ۱۷۰۰۰ هکتار در ریف اولین تالاب‌های ثبت شده کتوانسیون رامسر در سال ۱۳۵۴ میباشد. این اکوسیستم تحت تاثیر آب شیرین حوزه آبخیز و نفوذ آب لب شور دریای کاسپین از نوع گونه‌های گیاهی و جانوری بالای برخوردار بوده و شبکه غذایی کاملی از جانوران آبزی را در بر می‌گیرد (Mirzajani, 2009; Mirzajani et al., 2020c) و در اوایل قرن اخیر (سال‌های ۱۳۱۱-۱۳۱۰) بخش اعظم صید ماهیان دریای کاسپین از تالاب انزلی گزارش شده است (Hydroproject, 1965).

مطالعات پلانکتونی در اکوسیستم‌های آبی به جهت پرداختن به موضوع تولیدکنندگان اولیه و ثانویه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است؛ و هرگونه تغییرات در تنوع زیستی و تراکم این تولیدکنندگان تاثیر مستقیم بر ذخایر گونه‌های ماهیان در هرم اکولوژیک خواهد گذاشت. بطورکلی فراوانی و تنوع جوامع پلانکتونی در مکان و زمان‌های متفاوت ثابت نبوده و از تغییرات فصلی و سالانه برخوردار هستند و در برابر تغییرات محیطی و میزان غلظت نوترینت‌ها واکنش بسیار سریع نشان می‌دهند. افزایش مواد مغذی در کنار شرایط مناسب محیطی شکوفایی فیتوپلانکتونی را سبب شده که برحسب گونه‌های شکوفا شده میتوانند مرگ و میر وسیع آبزیان را نیز سبب شوند (Heinonen, 2004). بر همین اساس پایش وضعیت اکولوژیک تالاب‌ها و بررسی جوامع زیستی آنها ابزاری مناسب برای مدیریت و بهره برداری پایدار محسوب می‌گردد.

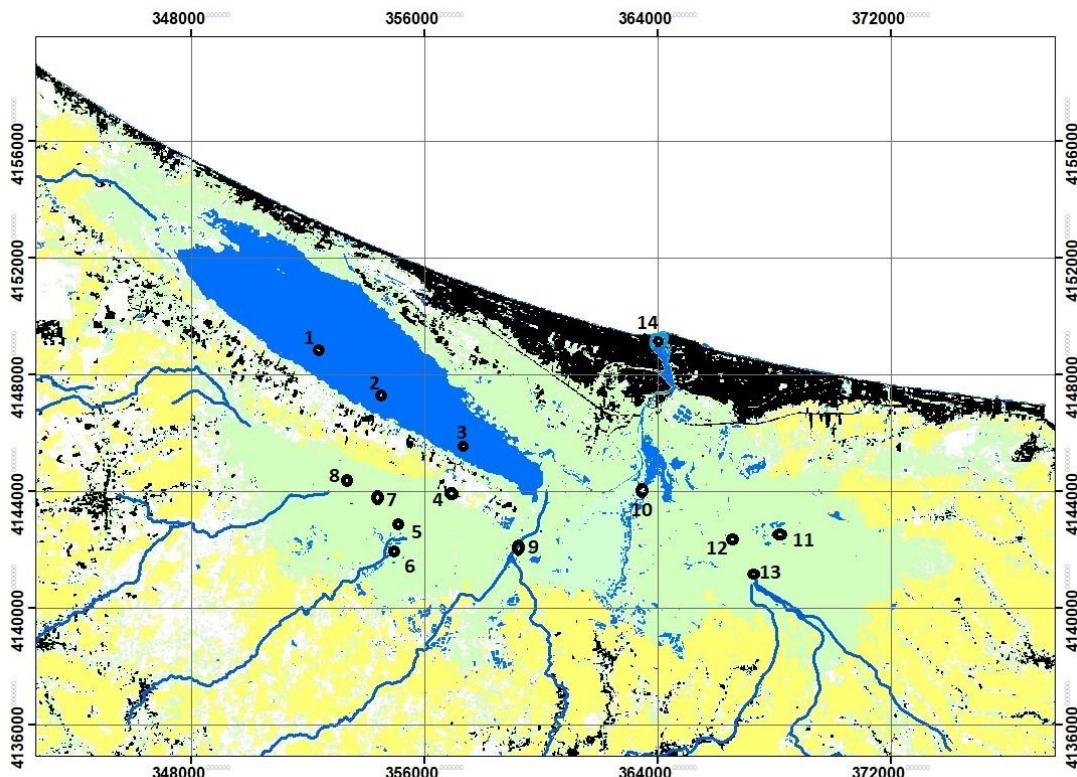
اولین بررسی‌های لیمنولوژیک جامع در تالاب انزلی توسط کارشناسان آمریکایی و مهندس شایگان با عنوان مطالعه لیمنولوژیک تالاب انزلی و سیستم مجاری آبی آن طی سال ۱۳۴۹ انجام پذیرفت، در سال ۱۳۵۲ دکتر کنت کیمبال و سارا کیمبال به دعوت سازمان حفاظت محیط‌زیست طرح مسائل یوتیریفیکاسیون تالاب انزلی را مورد بررسی قرار دادند که در آن، مطالعات جامعه پلانکتونی تالاب انزلی نیز انجام گرفت (Khodaparast, 2012; Mirzajani, 2009). در طول چند سال گزارش‌ها و مقالات متعددی در خصوص شناسایی و تنوع پلانکتونی در تالاب انزلی به چاپ رسیده که عمدتاً در قالب طرح‌های جامع همچون Kimball, 1974، Nezami, Holchik and Ola, 1990، Hosseinpour, 1990، Khorasani and Meygooni, 1987، Kimball and 1994 انجام شده‌اند.

طی بررسی تالاب انزلی در سال‌های ۱۳۷۶ و ۱۳۷۹ اولین ترکیب فیتوپلانکتونی آن ارائه گردید که در مجموع ۵ شاخه و ۶۲ جنس فیتوپلانکتون و ۱۰ شاخه و ۵۰ جنس زوپلانکتون گزارش گردید. در بررسی فیتوپلانکتون‌ها به ترتیب سیانوفیسیا با میانگین تراکم ۲۳ میلیون سلول در لیتر و فراوانی ۶۱ درصد، باسیلاریوفیتا با میانگین تراکم ۱۱ میلیون سلول در لیتر و فراوانی ۲۹ درصد و کلروفیتا با میانگین تراکم ۳ میلیون سلول در لیتر و فراوانی ۸ درصد بیشترین فراوانی فیتوپلانکتونی را داشته‌اند (Sabkara and Makaremi, 2004). مطالعات و اطلاعات لیمنولوژی تالاب انزلی در دهه هفتاد (۱۳۸۰-۱۳۸۰) جمع‌بندی شده و تنوع و فراوانی فیتوپلانکتون در تالاب انزلی در سال‌های مذکور گزارش شده است (Mirzajani, 2009). بررسی ساختار فیتوپلانکتون‌ها در تالاب انزلی از اسفند ۱۳۸۹ تا بهمن ۱۳۹۰ نیز انجام گرفت (Fallahi, 2018) که تعداد ۶۷ جنس از ۸ شاخه فیتوپلانکتون شناسایی شدند. حضور فراوان سیانوباکتریا در سال‌های اخیر در تالاب انزلی سبب شد تا تنوع گونه‌ای آنها مورد بررسی قرار گیرد که در نهایت ۱۳ جنس و ۷۷ گونه شناسایی شده و بیشترین پراکنش مربوط به منطقه غرب تالاب انزلی بود (Sabkara et al., 2019). طی سال‌های متمادی بیش از ۳۱۰ گونه و حدود ۱۵۰ جنس فیتوپلانکتونی از تالاب انزلی شناسایی شده و بصورت تصاویر رنگی با عنوان اطلس پلانکتون‌های تالاب انزلی (Sabkara and Makaremi, 2015) به چاپ رسیده است.

تغییرات اکوسیستمی بسیار سریع در عرصه تالاب انزلی بویژه افزایش آلاینده‌های وارد، تهاجم شدید گیاه سنبل آبی، کاهش شدید تراز آب دریای کاسپین و تغییر اقلیم روی جوامع زیستی آن اثر گذار بوده و این در حالیست که اطلاعاتی در خصوص وضعیت جدید تنوع گونه‌های گیاهی و جانوری تالاب انزلی در دسترس نمی‌باشد. در بین زیستمندان تالاب انزلی، ساختار جدید جمعیت پلانکتونی تالاب انزلی نیز مشخص نبوده و آخرین اطلاعات موجود مربوط به هشت سال پیش می‌باشد. لذا در بررسی حاضر سعی گردید تا تنوع زیستی، پراکنش و فراوانی فیتوپلانکتون تالاب انزلی و مقایسه آن با مطالعات پیشین انجام گردد.

مواد و روش

تالاب انزلی با قرار گرفتن در اکوسیستم‌های مختلف دارای ویژگی‌های منحصر به فرد است. وسعت حوضه آبخیز تالاب ۳۷۴۰ کیلومتر مربع بوده که تا تالش کوه امتداد می‌یابد و ارتفاع حداکثر حوضه آن ۳۰۵۰ متر است. میزان بارش سالانه در حوضه آبخیز تالاب انزلی، ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ میلیمتر بوده و رطوبت نسبی آن حدود ۸۰ تا ۹۰ درصد می‌باشد. سالانه حدود ۲ میلیون متر مکعب آب از تالاب انزلی وارد دریای کاسپین می‌شود (Mirzajani, 2009). حريم و مساحت آن دقیقاً مشخص نشده و بر اساس اسناد مختلف از حدود ۱۷۰۰ تا ۱۹۰۰ هکتار متغیر است. امروزه بیشتر بخش‌های تالاب خشک شده و تنها در موقع سیلابی گستره آبی آن بطور موقت افزایش می‌یابد. امروزه بیشتر بخش‌های تالاب انزلی شامل بخش شرقی، مرکزی خشک شده و تنها در موقع سیلابی گستره آبی آن بطور موقت مشخص می‌شود. تنها پهنه‌های آبی باقیمانده بخش کوچکی در ناحیه سیاه کشیم و پهنه تالاب غرب می‌باشند. در شرایط کنونی پهنه‌های مذکور نیز در بیش از نیمی از ایام سال پوشیده از گیاهان غوطه ور و شناور بوده و نمونه برداری‌ها با محدودیت‌های بسیاری مواجه بوده و تنها در مسیر آبراهه‌ها ممکن شد. در این بررسی نمونه برداری در چهار منطقه اصلی تالاب انزلی شامل؛ پهنه تالاب غرب (سپاه آبکنار، درنا، خروجی)، سیاه کشیم (پهنه سیاه کشیم ۱ و ۲، خروجی منطقه سیاه کشیم، خروجی بهمنبر)، تالاب مرکزی (سیاه درویشان، سرخانکل)، تالاب شرق (شیجان، دوراهی چوکام - شیجان و نوخاله- پیربازار) و منطقه خروجی تالاب انزلی (نزدیک دهنۀ موج شکن) انجام گردید. موقعیت جغرافیایی تمامی ایستگاه‌های نمونه برداری با استفاده از GPS مدل CSx Garmin 60 ثبت شدند (شکل ۱، جدول ۱).



شکل ۱. ایستگاه‌های نمونه برداری فیتوپلانکتون در تالاب انزلی، از اسفند ۱۴۰۱ تا دی ۱۴۰۲

جدول ۱. نام محلی و موقعیت ایستگاه‌های نمونه برداری فیتوپلانکتون در تالاب انزلی، سال‌های ۱۴۰۱-۱۴۰۲

ایستگاه	منطقه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	عمق (سانتی متر)	نام ایستگاه
---------	-------	---------------	---------------	-----------------	-------------

49.317	37.4789	80	روبه روی سپاه	تالاب غرب	1
49.3372	37.4661	70	روبه روی درنا		2
49.3726	37.4529	90	انتهای شرقی		3
49.3989	37.4239	15	انتهای بهمبر	سیاه کشیم-خروجی	4
49.3882	37.4146	110	خروجی سیاه کشیم		5
49.3848	37.4108	60	خروجی نرگستان		6
49.3519	37.4264	50	پهنه سیاه کشیم ۱	سیاه کشیم	7
49.3588	37.425	60	پهنه سیاه کشیم ۲		8
49.4077	37.4144	80	سیاه درویshan	تالاب مرکز	9
49.4581	37.4385	50	سرخانکل		10
49.5051	37.423	100	خروجی شیجان	تالاب شرق	11
49.5078	37.4234	120	تلaci چوکام - شیجان		12
49.4998	37.4065	150	تلaci نوخاله - پیربازار		13
49.4605	37.4783	300	مجاور موج شکن	خروجی تالاب	14

نمونه برداری از فیتوپلانکتون‌ها و زئوپلانکتون‌ها طی ۷ مرحله در ماههای اسفند ۱۴۰۱، اردیبهشت، خرداد، مرداد، مهر، آبان و دی ۱۴۰۲ با استفاده از شناورهای با قدرت موتور ۸۵ و ۲۵ اسب بخار به مدت ۳ روز بین ساعت ۸/۳۰ تا ۱۲/۳۰ انجام گرفت. عمق در ایستگاههای نمونه برداری از ۱/۵ متر تا ۱/۵ متر در زمان‌های مختلف متغیر بود.

برای نمونه برداری فیتوپلانکتون از لوله پولیکا P.V.C به طول حدود ۲/۵ متر و قطر ۶ سانتیمتر استفاده گردید. در هر ایستگاه، این لوله به طور عمودی وارد آب شده و با مسدود کردن انتهای آن، ستونی از آب نمونه برداری گردید. آب برداشت شده در سطل مدرج ۱۰ لیتری تخلیه شده و پس از همگن سازی یک لیتر آن برای بررسی فیتوپلانکتونی برداشته شد. نمونه‌های یک لیتری با فرمالین ۴ درصد تثبیت شده و به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه فیتوپلانکتون‌ها پس از همگن سازی به محفظه ۵ سی سی انتقال و بعد از ۲۴ ساعت و رسوب کامل نمونه‌ها، با استفاده از میکروسکوپ اینورت مدل (Leitz - LABOVERT, F-S) و Tiffany :Maosen, 1983 ;Pontin, 1970 ;Rutter-Kolisko, 1974 ;Boney, 1989 کلیدهای شناسایی شناسایی گردید. در حجم ۱/۵ متری از این نمونه برداشت شدند. سپس تعداد آنها در واحد حجم یک لیتر محاسبه گردید (APHA, 2005).

در صد حضور جنس‌ها بر حسب نسبت دفعات مشاهده آنها در کل ماهها و ایستگاههای نمونه برداری محاسبه گردید. حضور زمانی، مکانی و میانگین کلی فراوانی جنس‌های فیتوپلانکتونی برای محاسبه غالیت نسبی جنس‌ها در نظر گرفته شد و رابطه ذیل استفاده گردید. که در آن $Di = \frac{\sum Oi}{\sum Ai}$ در صد حضور در ماهها و ایستگاههای مورد بررسی، Ai در صد فراوانی جنس از مجموع میانگین فراوانی جنس‌ها می‌باشد.

$$Di = \frac{\sum Oi}{\sum Ai}$$

رابطه ۱

جهت ثبت اطلاعات انجام کارهای محاسباتی، رسم جداول و نمودارها از نرم افزار Excel و جهت تجزیه تحلیل آماری از نرم افزار آماری SPSS نسخه ۱۹ استفاده گردید. مقایسه تغییرات فراوانی فیتوپلانکتون در مناطق و ماههای مختلف توسط آزمون آماری ناپارامتری کروスکال والیس و برای نشان دادن تفاوت‌های مکانی از آنالیز کلاستر (Similarity index Bray Curtis) استفاده گردید.

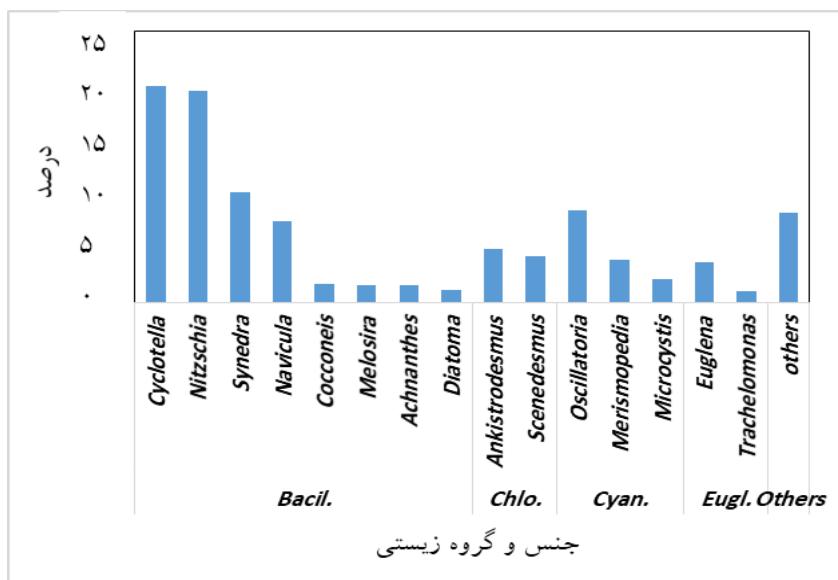
نتایج

گروههای فیتوپلانکتون شناسایی شده با درصد فراوانی شان در جداول ۲ و ۳ ارائه شده است. در این بررسی تعداد ۶۸ جنس از ۶ گروه فیتوپلانکتونی در تالاب اندی شناسایی گردید، بیشترین جنس متعلق به کلروفیتا و رده باسیلاریوفیسیه به ترتیب با تعداد ۲۷ و ۲۳ جنس و کمترین جنس را شاخه‌های میزووزا و اکروفیتا به تعداد دو جنس داشتند (جدول ۲). همچنین سیانوباکتریا و اگلنووزا با تعداد ۹ و ۵ جنس مشاهده شدند. بیشترین تعداد جنس فیتوپلانکتونی در مناطق تالاب غرب و تالاب شرق با تعداد ۶۰ و ۵۶ جنس و کمترین در سیاه‌کشیم با تعداد ۳۱ جنس مشاهده شدند (جدول ۲).

تعداد جنس‌های غالب از نظر درصد حضور و درصد فراوانی بسیار محدود بوده بطوریکه ۱۵ جنس بیش از ۹۱ درصد شاخص را بخود اختصاص داده‌اند (شکل ۲). جنس‌های *Cyclotella*, *Nitzschia*, *Synedra* و *Navicula* از باسیلاریوفیسیه *Navicula* و *Synedra* از *Cyclotella*, *Nitzschia* و *Oscillatoria* از کلروفیتا، *Merismopedia* و *Oscillatoriopsis* از سیانوباکتریا و *Ankistrodesmus* و *Scenedesmus* از اگلنووزا در بالای این فهرست قرار داشتند (شکل ۲).

جدول ۲: جنس‌ها از گروههای فیتوپلانکتونی شناسائی شده در تالاب اندی

فیتوپلانکتون	تالاب غرب	تالاب مرکز	تالاب شرق	تالاب شکن	موج شکن	کل تالاب
Bacillariophyceae	۲۰	۱۴	۱۹	۱۶	۱۸	۱۳
Chlorophyta	۲۳	۷	۹	۱۶	۲۳	۱۶
Cyanobacteria	۸	۵	۴	۶	۹	۶
Euglenozoa	۵	۴	۴	۵	۵	۵
Myzozoa	۲	۱	۱	۰	۱	۲
Ochrophyta	۲	۰	۱	۱	۰	۲
Total	۶۰	۳۱	۳۸	۴۴	۵۶	۶۸



شکل ۲. جنس‌های غالب (بیشتر از ۱ درصد) بر اساس غالیت نسبی Di

جدول ۳: درصد حضور و درصد فراوانی فیتوپلانکتون شناسائی شده در تالاب اندی در سال ۱۴۰۲-۱۴۰۱

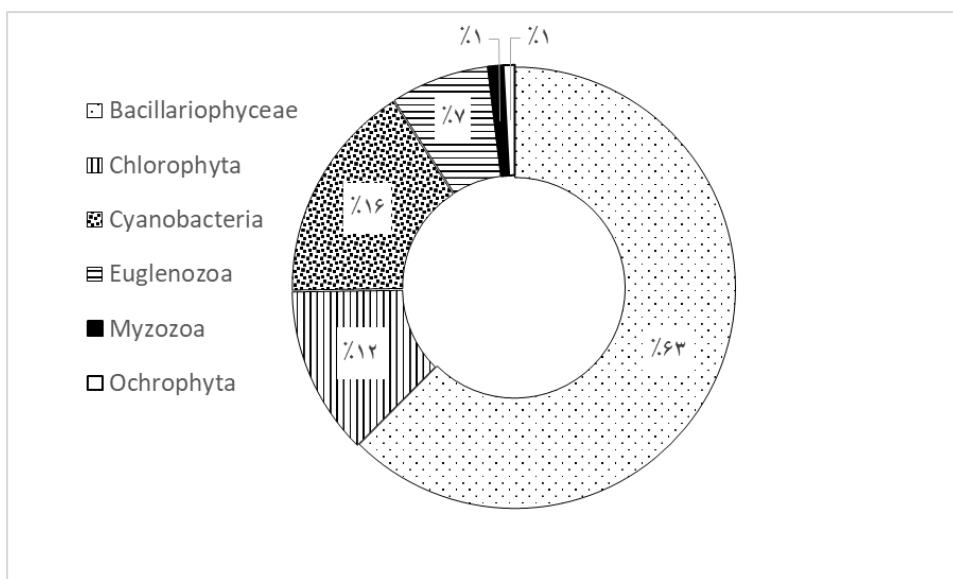
گروه	جنس	تالاب غرب	تالاب مرکز	تالاب شرق	موج شکن	درصد فراوانی	درصد حضور
Bacillariophyceae	Achnanthes	✓	✓	✓	✓	۰/۹	۱۰۰

	<i>Amphiprora</i>	✓	✓			•/۱۴	۳/۳
	<i>Amphora</i>		✓			•/۲۵	۲/۲
	<i>Bacillaria</i>	✓		✓		۱/۸۵	۴/۴
	<i>Caloneis</i>	✓	✓	✓	✓	•/۳۷	۱۷/۸
	<i>Cocconeis</i>	✓	✓	✓	✓	۱/۳۵	۷۲/۲
	<i>Cyclotella</i>	✓	✓	✓	✓	۱۱/۳	۱۰
	<i>Cymatupleura</i>	✓		✓		•/۴۳	۴/۴
	<i>Cymbella</i>	✓	✓	✓	✓	•/۵۷	۴۸/۹
	<i>Diatoma</i>	✓	✓	✓	✓	✓	•/۸۹
	<i>Diploneis</i>	✓		✓	✓	•/۹۵	۶/۷
	<i>Epithemia</i>	✓		✓		•/۴	۱۲/۲
	<i>Gomphonema</i>	✓	✓	✓	✓	✓	•/۵۹
	<i>Gyrosigma</i>	✓		✓	✓	✓	•/۳۱
	<i>Melosira</i>	✓	✓	✓	✓	✓	۱/۴۸
	<i>Navicula</i>	✓	✓	✓	✓	✓	۴/۳۴
	<i>Nitzschia</i>	✓	✓	✓	✓	✓	۱۱/۴
	<i>Pinnularia</i>	✓				•/۲۸	۱/۱
	<i>Rhoicosphenia</i>		✓	✓	✓	✓	•/۳۷
	<i>Rhopalodia</i>	✓				•/۲۶	۵/۶
	<i>Stephanodiscus</i>		✓		✓	✓	۱/۱۶
	<i>Surirella</i>	✓	✓	✓	✓	✓	•/۳۴
	<i>Synedra</i>	✓	✓	✓	✓	✓	۵/۷۴
Chlorophyta	<i>Actinastrum</i>	✓		✓	✓	✓	•/۵۱
	<i>Ankistrodesmus</i>	✓	✓	✓	✓	✓	۳/۲۶
	<i>Binuclearia</i>			✓	✓		۲/۰۶
	<i>Chlamydomonas</i>	✓		✓	✓	✓	•/۵۵
	<i>Chlorogonium</i>				✓		۱/۹۹
	<i>Closterium</i>	✓	✓	✓		✓	•/۲۷
	<i>Codatella</i>	✓		✓	✓	✓	•/۵۹
	<i>Coelastrum</i>	✓		✓	✓	✓	•/۳۲
	<i>Cosmarium</i>	✓	✓		✓	✓	•/۵

	<i>Crucigenia</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	۰/۹۳	۲۶/۷
	<i>Desmidium</i>	✓						۰/۷۱	۱/۱
	<i>Dictyosphaerium</i>	✓	✓	✓		✓	✓	۰/۵۷	۳۰
	<i>Franceia</i>	✓						۰/۲۸	۱/۱
	<i>Golenkinia</i>	✓				✓		۰/۹۷	۵/۶
	<i>Kirchneriella</i>				✓	✓	✓	۱/۱۲	۷/۸
	<i>Micractinium</i>	✓			✓	✓	✓	۱/۷۵	۱۱/۱
	<i>Mougeotia</i>	✓			✓	✓		۱/۴۹	۶/۷
	<i>Oocystis</i>	✓			✓	✓	✓	۰/۵۱	۱۲/۲
	<i>Pandorina</i>	✓			✓	✓	✓	۰/۵۷	۶/۷
	<i>Pediastrum</i>	✓				✓	✓	۰/۴۳	۱۱/۱
	<i>Quadrigula</i>					✓		۰/۵۷	۱/۱
	<i>Scenedesmus</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	۲/۹۷	۸۱/۱
	<i>Schroederia</i>	✓			✓	✓	✓	۰/۴۶	۱۶/۷
	<i>Selenastrum</i>	✓						۰/۲۱	۲/۲
	<i>Strastrum</i>	✓			✓		✓	۰/۸۷	۱۷/۸
	<i>Tetraedron</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	۰/۶	۲۲/۲
	<i>Tetrastrum</i>	✓			✓	✓		۰/۴	۵/۶
Cyanobacteria	<i>Anabaena</i>	✓	✓			✓		۰/۸۹	۱۰
	<i>Anabaenopsis</i>	✓				✓		۰/۹۲	۴/۴
	<i>Chroococcus</i>	✓			✓	✓	✓	۱/۳۳	۸/۹
	<i>Gomphoshaeria</i>	✓	✓		✓	✓	✓	۱/۳۸	۱۳/۳
	<i>Lyngbia</i>					✓		۰/۷۱	۲/۲
	<i>Merismopedia</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	۰/۴۵	۴۱/۱
	<i>Microcystis</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	۳/۳۲	۳۵/۶
	<i>Oscillatoria</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	۴/۹۸	۹۶/۷
	<i>Spirulina</i>	✓		✓	✓	✓	✓	۱/۹	۱۶/۷
Euglenozoa	<i>Euglena</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	۳/۱۵	۵۶/۷
	<i>Lepocinclis</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	۰/۷۲	۲۸/۹
	<i>Phacus</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	۰/۷۶	۴۱/۱
	<i>Strombomonas</i>	✓			✓	✓		۰/۷۸	۱۱/۱

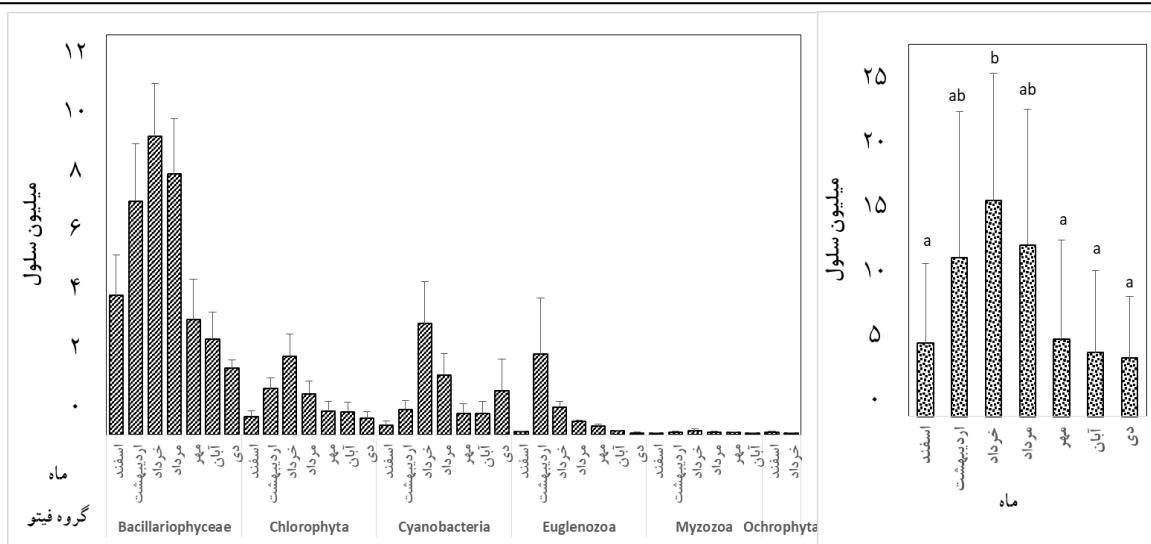
	<i>Trachelomonas</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	۰/۸۵	۶۶/۷
Myzozoa	<i>Gymnodinium</i>	✓	✓	✓		✓	✓	۰/۶۲	۲۰
	<i>Peridinium</i>		✓				✓	۰/۳۶	۴/۴
Ochrophyta	<i>Centritractus</i>		✓			✓		۰/۴۶	۲/۲
	<i>Dinobryon</i>		✓		✓			۰/۵	۲/۲

بررسی در بخش‌های اصلی تالاب انزلی نشان داد که فراوانی فیتوپلانکتون گروه باسیلاریوفیسیه در حد ۶۳ درصد فراوانی (۵۰۸۳۰۰۰ سلول در لیتر) غالب بود (شکل ۲). شاخه سیانوباکتریا با ۱۶ درصد فراوانی (۱۱۳۱۰۰۰ سلول در لیتر) و شاخه کلروفیتا با ۱۲ درصد فراوانی (۱۰۰۳۰۰۰ سول در لیتر) در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. شاخه فیتوپلانکتون اگلنوزوآ ۷ درصد فراوانی به تعداد ۵۸۷۰۰۰ سلول در لیتر را به خود اختصاص داده و درصد فراوانی شاخه‌های اکروفیتا و میزوزوآ بسیار کم در حد ۱ درصد با میانگین فراوانی به ترتیب ۶۷۵۰۰ و ۸۹۰۰۰ سلول در لیتر بودند (شکل ۳). طی مدت مطالعه میانگین فراوانی کلی فیتوپلانکتون در ایستگاههای مورد بررسی ۷۷۷۴۰۰۰ سلول در لیتر شمارش گردید.



شکل ۳. ترکیب گروههای فیتوپلانکتون در تالاب انزلی در سال ۱۴۰۲ - ۱۴۰۱

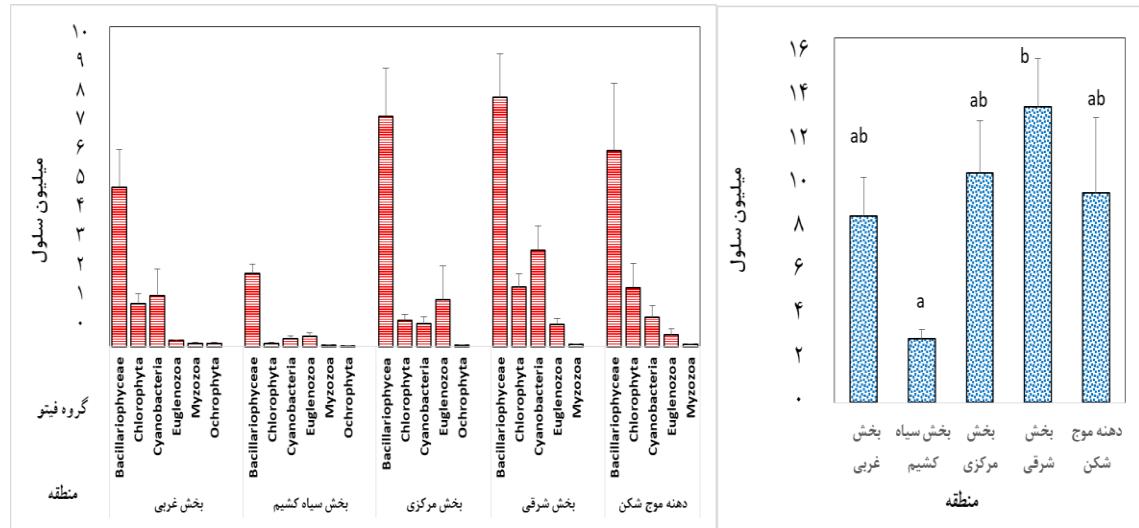
نتایج بررسی در بخش‌های اصلی تالاب نشان داد که حداکثر میانگین ($\pm SE$) فراوانی فیتوپلانکتون به تعداد ۲۴۷۶۰۰۰ ± ۱۴۶۸۰۰۰ سلول در لیتر در ماه خرداد و حداقل میانگین فراوانی فیتوپلانکتون به تعداد ۱۱۹۰۰۰ ± ۳۹۲۰۰۰ سلول در لیتر در دی ماه بوده (شکل ۴) و اختلاف معنی دار بین فراوانی فیتوپلانکتون در ماههای مختلف ($P < 0.05$) مشاهده شده است (شکل ۴). گروه باسیلاریوفیسیه و سیانوباکتریا بیشترین فراوانی را در ترکیب فیتوپلانکتونی داشته و الگوی تغییرات زمانی آنها تقریباً مشابه می‌باشد. به جزء سیانوباکتریا که در دی ماه افزایش جزئی نسبت به آبان ماه داشت، گروههای پلانکتونی در ایام گرم سال (نمونه برداری‌های اردیبهشت تا مرداد) به اوج فراوانی رسیده و در ایام سرد سال (مهر تا اسفند) با کاهش فراوانی همراه هستند.



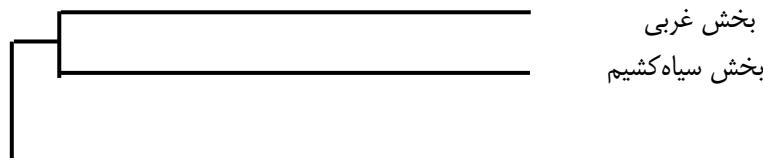
شکل ۴- میانگین فراوانی گروههای فیتوپلانکتون در ماههای مختلف ۱۴۰۱ تا ۱۴۰۲ در تالاب انزلی (حروف مشابه بیانگر گروههای همسان و عدم تفاوت معنی دار است)

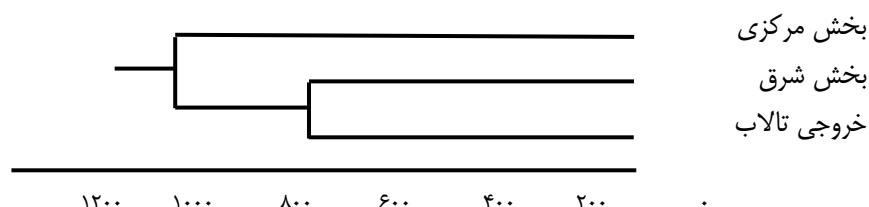
میانگین فراوانی فیتوپلانکتون در مناطق مختلف تالاب و خروجی آن در محل دهنده موج شکن در شکل ۵ نشان داده شده است. همانطور که پیداست بیشترین فراوانی در بخش شرقی تالاب و کمترین فراوانی در بخش سیاه کشیم به ترتیب با میانگین فراوانی (SE) حدود 2 ± 2 و 0.4 ± 0.8 میلیون سلول در لیتر مشاهده شده و اختلاف معنی دار بین فراوانی فیتوپلانکتون در مناطق مختلف ($p < 0.05$) مشاهده شده است. باسیاریویفیسه ها در تمام مناطق غالب بوده تراکم نسبتاً بالای سیانوبکتریا در بخش شرقی و اگلنوزوآ در بخش مرکزی تالاب قابل توجه میباشد (شکل ۵).

آنالیز خوشای داده های فراوانی و ساختار فیتوپلانکتونی مناطق تالاب انزلی را به دو گروه بزرگ تقسیم کرده است. گروه اول شامل دو زیر گروه؛ ۱- بخش غربی تالاب ۲- بخش سیاه کشیم و گروه دوم شامل دو زیر گروه؛ ۱- تالاب مرکزی ۲- بخش شرقی تالاب. منطقه خروجی تالاب در دهنده موج شکن تشابه بیشتری را با بخش شرقی تالاب نشان داده است (شکل ۶).



شکل ۵. میانگین فراوانی فیتوپلانکتون در مناطق مختلف تالاب انزلی و دهنده موج شکن در سال ۱۴۰۱-۱۴۰۲ (حروف مشابه بیانگر گروههای همسان و عدم تفاوت معنی دار است)





شکل ۶. آنالیز کلاستر فراوانی گروه های فیتوپلانکتون در مناطق مختلف تالاب انزلی در سال ۱۴۰۲ - ۱۴۰۱

بحث

مقایسه تنوع کنونی جامعه فیتوپلانکتونی با سالیان گذشته تغییرات شدید تنوع را نشان می‌دهد. طی سال‌های متمادی بیش از ۳۱۰ گونه و حدود ۱۵۰ جنس فیتوپلانکتونی از تالاب انزلی شناسایی شده است (Sabkara and Makaremi, 2015) و در بررسی ده ساله تالاب بیشترین تعداد جنس‌های فیتوپلانکتون در سال ۱۳۷۳ به تعداد ۱۱۷ جنس مشاهده گردید و پس از آن تا سال ۱۳۷۹ روند کاهشی تعداد جنس‌های فیتوپلانکتونی در تالاب انزلی مشاهده شده است (Mirzajani *et al.*, 2009)، پس از آن افزایش نسبی تعداد جنس‌ها بویژه در سال ۱۳۸۰ و سال ۱۳۹۰ (Fallahi, 2018) قابل ذکر می‌باشد. کاهش تعداد جنس‌ها در سه گروه اصلی باسیلاریوفیسیه، کلروفیتا و سیانوبکتریا تقریباً مشابه بوده و به ترتیب کاهشی در حد ۵۹، ۶۳ و ۵۳ درصد داشتند. بیشترین کاهش در شاخه میزوژوا به میزان ۸۰ درصد مشاهده شده که از ۱۰ جنس به ۲ جنس تقلیل یافته است (جدول ۴). در این بررسی جنس‌های مشاهده شده در شاخه اگلنوژوا در حداقل تعداد خود طی سال‌های مختلف قرار داشته است. کاهش سطح تراز آب دریای خزر و متعاقباً کاهش شدید حجم آب در تالاب انزلی، کاهش دبی رودخانه‌های ورودی و افزایش رسوب گذاری و شکوفایی گیاه سنبل آبی در پیکره آبی تالاب بخصوص در سال‌های اخیر عوامل اصلی کاهش تنوع فیتوپلانکتون در سال‌های مختلف محاسبه می‌گردد (Bagheri *et al.*, 2019; Mirzajani *et al.*, 2009).

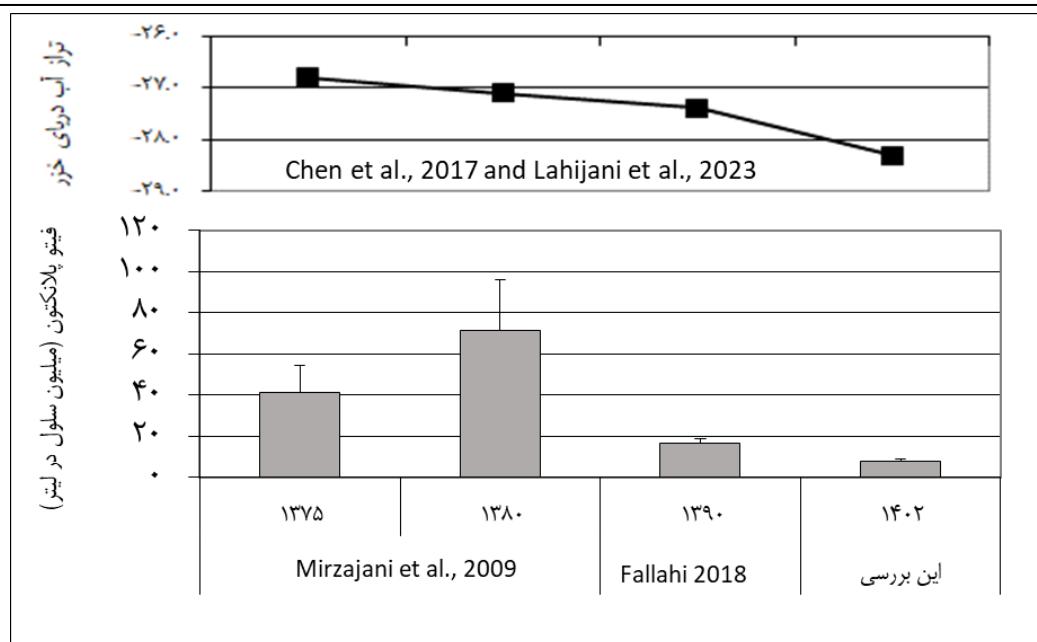
جدول ۴. مقایسه تعداد شاخه‌ها و جنس‌های فیتوپلانکتون در تالاب انزلی در مطالعه حاضر با سال‌های گذشته

منج	سال	تعداد کل جنس	باسیلاریوفیسیه	کلروفیتا	سیانوبکتریا	میزوژوا	اگلنوژوا	زانتوفیتا	کربیزوفیتا
Mirzajani <i>et al.</i> , 2009	1373	117	39	43	17	10	4	1	2
"	1374	111	36	43	15	9	4	1	2
"	1375	97	36	37	12	5	4	1	2
"	1376	99	37	36	12	6	3	1	3
"	1377	96	35	37	9	6	5	1	2
"	1378	83	29	35	8	3	4	1	2
"	1379	70	25	23	10	5	4	1	2
"	1380	90	33	33	11	5	4	1	2
"	1381	85	32	29	9	7	4	1	2
Fallahi <i>et al.</i> , 2018	1393–1394	91	31	36	12	5	3	1	3
مطالعه حاضر	1401–1402	68	23	27	9	2	5	1	1

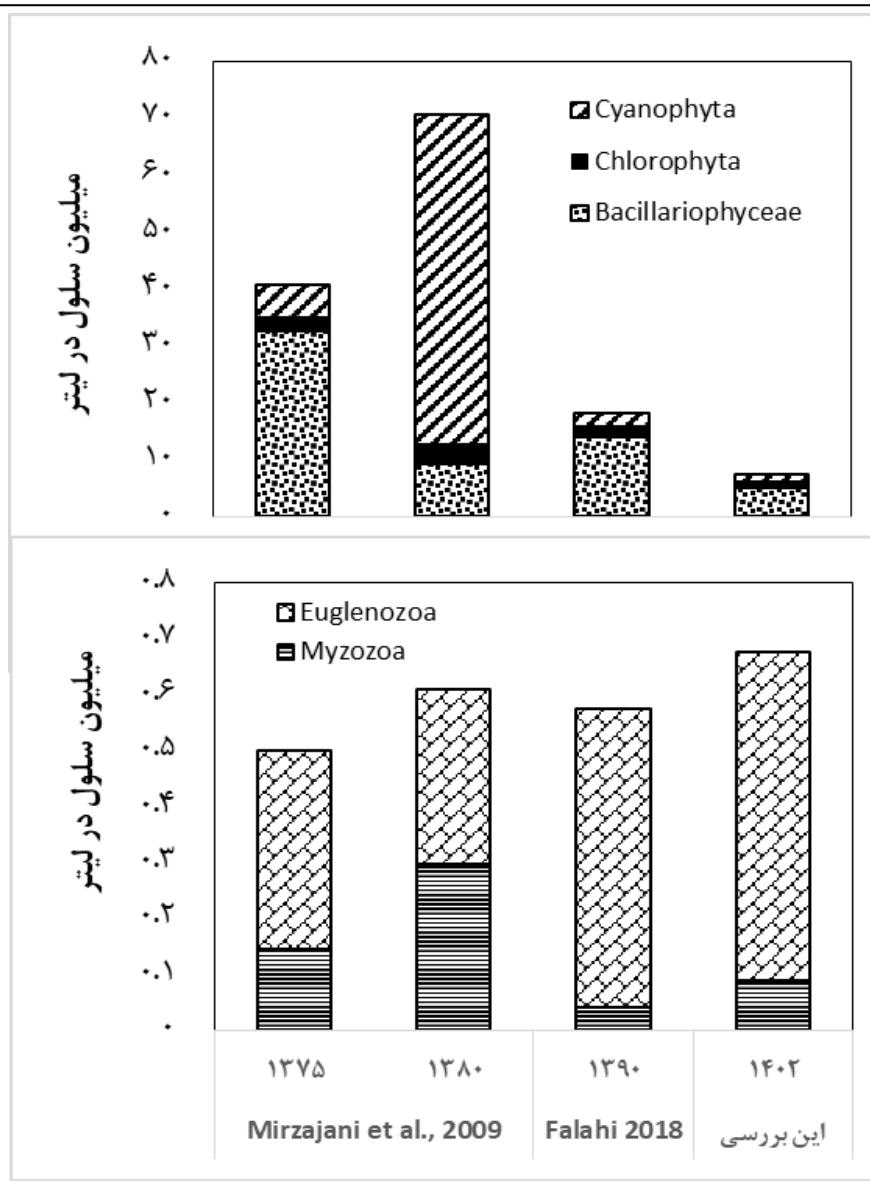
جنس‌های غالب در این بررسی همچون *Ankistrodesmus*, *Nitzschia*, *Cyclotella*, *Synedra*, *Phacus* جنس‌های *Bacillariophyceae*, *Trachelomonas* و *Euglenozoa* در بسیاری از دریاچه‌ها و بوم سامانه‌های آبی همچون دریاچه ارس (Sabkara and Makaremi, 2013) دریاچه‌های مهاباد و ماکو (Bagheri, 2006), دریاچه‌های شویر و میرزاخانلو (Mirzajani, 2016), دریاچه دشت مغان (Makaremi, 2003), دریاچه‌های چیتگر (Roohi, 2009) و دریاچه اردلان (Abedini et al., 2021) غالب ارسیاران (2013)، دریاچه‌های الخلج و اردلان (Bagheri et al., 2021) غالب بودند.

همچنین جنس‌های *Nitzschia*, *Phacus* از رده *Bacillariophyceae*, *Synedra* و *Trachelomonas* از رده *Euglenozoa*, جنس‌های *Oscillatotria* و *Euglena* از شاخه *Euglenzoa*, جنس‌های *Microcyctis* و *Scenedesmus* از شاخه *Chlorophyta* و *Ankistrodesmus* داشتند، که همگی فیتوپلانکتون شاخص آب‌های آلوده محسوب می‌شوند (Palmer, 1994; Li and Mathias, 1994). براساس مطالعات Winder و همکاران (2009)، فراوانی جنس‌های فیتوپلانکتون از شاخه‌های اگلنوزوآ و سیانوباکتریا در منابع آبی که میزان غلظت عناصر غذائی (نوترینت) زیاد بوده و تحت تاثیر فعالیت‌های انسانی یوتروف شده‌اند، بیشتر است. شاخص یوتروفی در دریاچه‌های یاد شده نیز غالباً در طبقه مزو-یوتروف گزارش شده است (Mirzajani et al., 2020a). همزمان با کاهش تنوع جنس‌های پلانکتونی در تالاب انزلی، سیر صعودی روند یوتریفیکاسیون آن در سال‌های ۱۳۷۳ تا ۱۳۸۱ مشاهده شده و بر اساس آستانه وضعیت‌های مختلف تروفی تالاب انزلی در حد ۸۷ تا ۱۰۰ سنجش شده که در طبقه یوتروف گزارش شده است (Mirzajani et al., 2010). با گذشت زمان درجه فراغنی شدن تالاب افزایش یافته بطوریکه در آخرین بررسی انجام یافته، بر اساس اطلاعات سال ۱۳۹۰، وضعیت یوتروفی تالاب انزلی در منطقه غربی تالاب در سطح یوتروف، در منطقه سیاه کشیم سوپریوترف و در بقیه مناطق تالاب انزلی در مرحله نهایی تعذیه گرایی یا هایپر یوتروف گزارش شده است (Abedini et al., 2018).

در این بررسی فراوانی فیتوپلانکتون در زمان‌های مختلف از حدود ۴ تا ۱۴/۵ میلیون سلول در لیتر متغیر بوده و میانگین فراوانی سالانه ۷/۸ میلیون سلول در لیتر بود. مقایسه فراوانی آن با دوره‌های گذشته نشان داد که از کاهش قابل توجهی برخوردار بوده و نسبت به ۲۰ سال گذشته ۹ برابر کمتر شده است (شکل ۷). همانطور که اشاره گردید تغییرات تنوع و فراوانی فیتوپلانکتون در تالاب انزلی با گستره آبی آن در ارتباط می‌باشد. این گستره با تغییرات سطح تراز آب دریای خزر تغییر یافته است. بهترین وضعیت زیستی تالاب انزلی و بالاترین میزان برداشت ماهی قبل از سال ۱۳۱۰ بوده یعنی زمانی که سطح تراز دریای خزر در حد -۲۶- متر قرار داشته است. کاهش سطح آب دریای خزر تا سال ۱۳۵۶ بسیار شدید بوده و در سطح تراز -۲۹- قرار گرفت. در دوره ۱۳۵۷ تا ۱۳۷۴ افزایش تدریجی سطح آب دریای خزر با نرخ تقریبی ۱۳ تا ۱۵ سانتی متر در سال اتفاق افتاد و پس از آن کاهش مجدد سطح آب دریا با نرخ تقریبی ۸-۷ سانتی متر در سال (Chen et al., 2017 and Lahijani et al., 2023) پدیدار گشته است (شکل ۷).



شکل ۷- میانگین تغییرات فراوانی فیتوپلانکتون تالاب اندیل و تراز آب دریای خزر در سال های مختلف



شکل ۸. فراوانی گروههای فیتوپلانکتونی تالاب ازلى در سال‌های مختلف

علاوه بر تغییرات انسان ساخت، تغییرات اقلیمی همچون گرمایش جهانی، میزان بارش و تبخیر، بادها و جریان‌های جوی در اکوسیستم‌هایی همچون دریای خزر و تالاب ازلى نیز اثر گذار بوده‌اند (Chen *et al.*, 2017 and Lahijani *et al.*, 2023). افزایش میانگین درجه حرارت آب بر تنوع گونه‌های پلانکتونی نیز اثر گذار بوده بطور مثال همبستگی قوی مثبت بین دمای آب با سیانوبکتریا در دریای خزر مشاهده شده است (Bagheri *et al.*, 2022). میانگین دمای آب در ماههای مورد بررسی از $10/3$ در اسفند تا $29/1$ درجه سلسیوس در مرداد ماه متغیر بود. این میزان دما نسبت به میانه دمه هفتاد (Mirzajani, 2009)، بطور میانگین در حد $2/2$ درجه سلسیوس افزایش داشته است. مطالعه حاضر نشان داد که علاوه بر اینکه فراوانی کلی فیتوپلانکتون کاهش داشته ترکیب شاخه‌ها نیز تغییر کرده است، رده باسیلاریوفیسیه در اکثر سال‌ها بیشترین درصد را بخود اختصاص داده و سیانوبکتریا در رده دوم بوده است.

افزایش دمای سطح آب بیش از 30 درجه سانتیگراد در دوره کوتاهی (عمدتاً در تیر - مرداد) شکوفایی سیانوبکتریا را در پهنه‌های آبی تالاب بهمراه خواهد داشت. این وضعیت در سال‌های آخر دهه 70 که تالاب ازلى دارای چند پهنه آبی بوده، دیده می‌شود (شکل ۸). فراوانی شاخه اوگلنوزوآ در مطالعه حاضر 587000 سلول در لیتر بود که در مقایسه با سال‌های دهه 70 (Mirzajani)

(Fallahi, et al., 2009) افزایش محسوس داشته است. افزایش فراوانی این شاخه در سال ۱۳۹۰ نیز مشاهده شده (Fallahi, 2018) و در بررسی حاضر نیز ادامه یافته است به طوریکه درصد فراوانی اوگلنوزوآ از ۳ درصد در سال ۱۳۹۰ به ۶ درصد رسیده (شکل ۸) که نشان دهنده روند افزایشی بار آلدگی‌ها و سرعت یوتیریفیکاسیون در تالاب انزلی می‌باشد. روند تغییرات میزوزوآ در سال‌های دهه ۷۰ شمسی دارای نوسانات افزایشی و کاهشی بوده و میانگین آن در حد ۱۲۰ هزار سلوول در لیتر بود (Mirzajani et al., 2009)، اما از سال ۱۳۹۰ (Fallahi, 2018) تا بررسی حاضر کاهش شدید فراوانی آن مشاهده شده و میزان آن به کمتر از ۲۵ هزار عدد در لیتر رسید.

در بررسی حاضر بسیاری از بخش‌های تالاب انزلی شامل بخش شرقی، مرکزی از بین رفته و تنها به صورت آبراهه‌هایی درآمدۀ‌اند. پهنه‌های آبی تنها بخش کوچکی از تالاب را تشکیل داده که آن نیز انباسته از گیاهان غوطه‌ور یا شناور می‌باشند (Mirzajani et al., 2020b). با توضیح ارائه شده سیمای عمومی تالاب انزلی نسبت به سال‌های دهه ۷۰ تغییرات وسیعی را شاهد بوده که کاهش تعداد جنس‌ها و فراوانی گروههای پلانکتونی را در پی داشته است. این تغییر عمدتاً در ارتباط با کاهش شدید گستره و عمق پیکره‌های آبی، افزایش زیستوده و سطح پوشش گیاهان بومی و مهاجم و افزایش آلدگی‌های واردۀ قابل تفسیر است. در این ارتباط گستره آبی از ۳۶۰۰ هکتار به ۶۰۰۰ هکتار، پراکنش سنبل آبی از صفر به ۱۰۰۰ هکتار به ترتیب در سال‌های ۱۳۸۰ تا سال ۱۴۰۱ تغییر کرده است. همچنین در طول این سال‌ها اراضی شالیزاری در حدود ۳۳۰ هکتار و گستره شهری و روستایی در حدود ۱۲۳ هکتار افزایش یافته است (Mirzajani, 2024).

نتیجه گیری

فعالیت‌های انسانی مخرب و توسعه مناطق شهری، تغییرات شدید محیطی بویژه کاهش تراز آب دریای خزر با نرخ ۸ سانتی متر در سال، تغییرات اقلیمی در ۳۰ سال گذشته و افزایش میانگین دمای سالانه، سیمای عمومی تالاب انزلی را تغییر داده است. گستره آبی تالاب به کمتر از ۳۶۰۰ هکتار رسیده که آن نیز در بیشتر مواقع سال دارای عمق ناچیز و انباسته از پوشش‌های گیاهی است. بطور کلی پهنه‌های آبی تالاب به مسیرهای آبی و آبدان‌های کم عمق و کوچک تغییر چهره داده‌اند. این تغییرات بر ترکیب و فراوانی جوامع فیتوپلانکتونی تاثیر گذاشته است. این مطالعه نشان داد که تراکم فیتوپلانکتون در مقایسه با اواخر دهه ۷۰ شمسی ۹ برابر کاهش داشته و تعداد جنس‌ها نیز از ۱۱۷ جنس در اوایل دهه ۷۰ به تعداد ۶۸ جنس کاهش یافته است. بسیاری از جنس‌های شناسایی شده شاخص آب‌های آلدۀ و نشان دهنده سطح بالای یوتروفی بودند. درصد فراوانی اوگلنوزوآ در مقایسه با سال‌های دهه ۷۰ شمسی افزایش قابل توجهی داشته که نشان دهنده افزایش بار آلدگی و روند سریع یوتیریفیکاسیون تالاب انزلی در سال‌های اخیر می‌باشد. ضرورت اجرای طرح‌های احیای تالاب انزلی، احیای حوضچه و پیکره‌های آبی آن، کنترل آلدگی‌ها و رسوبات واردۀ در بهبود وضعیت پلانکتون‌ها، بعنوان اولین حلۀ از شبکه غذایی آبزیان تالاب بیش از گذشته احساس می‌گردد.

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسنده‌گان این مقاله تعارض منافع ندارد.

سپاسگزاری

این مطالعه در قالب طرح تحقیقاتی بررسی زیست‌مندان تالاب انزلی و پروژه "بررسی تنوع زیستی و فراوانی فیتوپلانکتون و زوپلانکتون در تالاب انزلی" با کد مصوب ۰۱۱۰۵۲-۰۱۰۵۱-۰۳۴-۱۲-۰۳۴-۱۴-۷۳-۱۲-۰۳۴ انجام شد. از ریاست محترم پژوهشکده آبزی پروری آبهای داخلی و معاونین محترم‌شان و همچنین از همکاران محترم بخش اکولوژی آقایان یعقوب علی رحمتکش، جواد وثاقی، امید ایمنی و رضا محمدی دوست بدليل کمک هایشان در نمونه برداری‌ها، امور آزمایشگاهی و هدایت شناور تحقیقاتی قدردانی می‌گردد.

References

- Abbasi, K., Esmaeili Fereidoni, A., Sayyad Bourani, M. and Rahmani, H., 2019. Fecundity of wild common carp, *Cyprinus carpio*, in Anzali wetland. *Journal of Aquaculture Development*, 13(1), pp. 103-119.
- Abedini, A. 2013. Fisheries study in the Arasbaran Lakes in the east Azerbaijan. Iranian Fisheries Sciences Research Institute, Anzali. *Technical Rep.* 63 p. (in Persian).
- Abedini, A., Mirzajani, A. R., Fallahi, M., 2018. Physicochemical conditions and trophic levels of the Anzali Wetland. *Iranian scientific fisheries journal*, 26(6), 113-123. Doi: [10.22092ISFJ.2018.115765](https://doi.org/10.22092ISFJ.2018.115765)
- APHA. 2005. Standard method for the examination of water and wastewater. Washigton, DC, USA. 1265 p.
- Bagheri, S. 2006. Limnological study of Dasht-Moghan lake, Ardabil state. Iranian Fisheries Sciences Research Institute, Inland Waters Aquaculture Research Center, Tehran. *Technical Rep.* 67 p. (in Persian).
- Bagheri, S., Khatib, S., Sabkara, J. and Zahmatkesh, Y., 2022. Phytoplankton bloom (Cyanobacteria: *Nodularia spumigena*) in the southwestern Caspian Sea off Anzali, July 2021. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 21(3), pp. 849-858. doi.[org/10.22092/ijfs.2022.127359](https://doi.org/10.22092/ijfs.2022.127359).
- Bagheri, S., Makaremi, M. and Mirzajani, A., 2019. Distribution, phytoplankton abundance and impact of *Eichhornia crassipes* in the Eynak Wetland, Guilan state-Iran. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 27(6), pp. 93-103. doi.[org/10.22092/ISFJ.2019.118317](https://doi.org/10.22092/ISFJ.2019.118317).
- Bagheri, S., Makaremi, M., Khatib Hagigi, S., Madadi, F. and Talakesh, M.R., 2021. Abundance and structure of phytoplankton in Lake Chitgar during 2017-19 and comparison with previous studies. *Journal of Animal Environment*, 13(2), pp. <https://doi.org/10.22092/aej.2021.139001>.
- Boney, A.D. 1989. *Phytoplankton*. Edward annoid. British Library Cataloguing Publication data. 118p.
- Chen, J., Pekker, T., Wilson, C., Tapley, B., Kostianoy, A. Cretaux, J., & Safarov, E. (2017). Long-term Caspian Sea level change. *Geophysical Research Letters*, 44, 6993-7001. doi:[10.1002/2017GL073958](https://doi.org/10.1002/2017GL073958).
- Fallahi, M., 2018. The trend of aquatic communities changes in Anzali wetland. Fisheries Science Research Institute, Tehran. *Report Register NO. 53238*. 152 P. (in Persian).
- Heinonen, P., 2004. *Monitoring and Assessment of the Ecological Status of Lakes*. www. Environment.fi/ publications. Helsinki, 108 p. <https://core.ac.uk/download/pdf/16390433.pdf>.
- Holchik, Y and Ola, V. 1990. The dam capacity of Anzali lagoon and the study of fish stocks in it. Joint project of fisheries and FAO, Iranian Fisheries Research Organization, Bandar Anzali. *Technical Rep.* Anzali. 11 p. (in Persian).
- Hosseinpour, N. 1990. Anzali lagoon and the loads on it. Iranian Fisheries Research Organization. *Technical Rep.* Anzali. 9 p. (In Persian).
- Hydroproject, 1965. Fish-cultur reclamation of the pahlevi (Mordab) Bay. State industrial Fisheris committee. USSR, state design Institute on Hydrotechnical, Fish-cultural. *Reclamation and land construction*. *Technical Rep.* Moscow. 60 p.
- Khodaparast, H. 2012. Comprehensive fisheries studies of Anzali wetland. Gilan Province Fisheries Research Center. *Technical Rep.* Anzali. 204 p. (In Persian).
- Khorasani, N and Meygooni, G. 1987. Anzali wetland ecosystem survey. *Journal of Natural Resources of Iran*. 41, pp. 44-53. (In Persian).
- Kimball, K. d. and Kimball, S. F. 1974. Limnological studies of Anzali wetland. Iran Fisheries Company and Iran Environmental Protection Organization. *Technical Rep.* Anzali. 144 p. (In Persian)..
- Lahijani, H., Leroy, S. A. G., Arpe, K., and Cretaux, J. F. (2023). Caspian Sea level changes during instrumental period, its impact and forecast: A review. *Earth-Science Reviews*, 241, 104428.
- Li, S. and Mathias, J. 1994. *Freshwater Fish Culture in China: Principles and Practice*, Volume 28, 1st Edition, U.S, Elsevier Science. 445 p. eBook ISBN: 9780080934198.
- Maosen, H. 1983. *Freshwater plankton illustration*. Agriculture publishing house. 85 p.
- Mirzajani A., 2024. Monitoring of organisms (benthos, plants and animals) of Anzali Wetland. *Department of Environmental Protection of Giulan Province*. Report project. 120p

- Mirzajani, A. R., Khodaparast, H., Babaei, H., Abedini, A., Dadai Ghandi, A., 2010. Eutrophication Trend of Anzali Wetland Based on 1992-2002 Data. *Journal of Environmental Studies*, 35(52): 65-74. <https://dorl.net/dor/20.1001.1.10258620.1388.35.52.7.1>
- Mirzajani, A., 2016. Study of Shovier and Mirzakhanlo dam reservoirs in Zanjan province in order to aquaculture possibility. Iranian Fisheries Science Research Institute, Bandar Anzali.
- Mirzajani, A., Abdolmalaki, S., Dagigh Roohi, J., Babaei, H., Abedini, A. and SayadBorani, M., 2020a. Trophic status index and natural fisheries potential of some Iranian reservoirs. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 9: 2753-2769. DOI: 10.22092/ijfs.2020.122660
- Mirzajani, A., Daghig Roohi, J., and Mohammadidost, R., 2020b. Investigation of distribution and abundance of aquatic plants dominant in the western part of Anzali Wetland. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, 33(4), 1014-1024. <https://dorl.net/dor/20.1001.1.23832592.1399.33.4.4.0>
- Mirzajani, A., Ghane, A., Bagheri, S., Abbasi, K., Sayadrahim, M., Salahi, M. and Lavajoo, F. 2020c. Diet survey and trophic position of *Macrobrachium nipponense* in the food web of Anzali Wetland. *Wetlands*, 40(5), pp. 1229-1239. <http://dx.doi.org/10.1007/s13157-020-01278-5>
- Mirzajani, A.R., 2009. Limnological survay of Anzali wetland data during 1990-2003 by use of GIS system. *Iranian Fisheries Science Research Institute, Tehran*. 124 p.
- Nezami, S., 1994. Limnological and ecological investigations of Anzali lagoon. Fisheries Research Organization for Guilan Province. *Technical Rep.* 214 p. (in Persian).
- Palmer, C.M. 1996. *Algae and Water Pollution*. Municipal Environmental Research Laboratory Office of Research and Development, USEPA EPA/600/9-77-036. <https://www.sid.ir/fileserver/jf/8000913980204>
- Pontin, R.M., 1978. *A key to fresh water planktonic and semiplanktonic rotifera of the British Isles*. Titus Wilson and son Publication. 178 p.
- Prescott, G.W. 1970. *The fresh water algae*. W.M.C. USA: Brown company publisher, 348 p.
- Roohi, D.J. 2009. Study of the Ardalan and Alkhalaj Lakes for aquaculture in east Azerbaijan state.Iranian Fisheries Sciences Research Institute, Inland Waters Aquaculture Research Center, Tehran. *Technical Rep.* 70 p. (in Persian).
- Ruttner-Kolisko, A. 1974. *Plankton Rotifera biology and taxonomy*. Stuttgardt, Germany: E. Schweizerbart, Verlagsbuchhandlung (Nagele U. Obermiller) 134 p.
- Sabkara, J., Makaremi, M. 2003. Study of density and distribution of plankton in the Makoo Lake.*Journal of Aquaculture Development*. 12(2), pp. 29-46. (in Persian)
- Sabkara, J. and Makaremi, M., 2004. Abundance and distribution pattern of planktons in Anzali Lagoon', *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 13(3), pp. 87-114. <https://doi.org/10.22092/isfj.2004.113804> (in Persian)
- Sabkara, J. and Makaremi, M., 2013. Distribution, abundance of plankton and their role in fish aquaculture in the Aras Lake. *Journal of Aquaculture Development*, 7(2), pp. 41-59. (in Persian).
- Sabkara, J., Makaremi, M., 2015. Plankton Atlas of Anzali Wetland and Caspian Sea coastal areas. Iranian Fisheries Science Research Institute. Tehran. 570 p.
- Sabkara, J., Makaremi, M., Hassanimoghaddam, M. and Maleki, S. S., 2019. Distribution and species diversity of Cyanophyta (Cyanobacteria) and their environmental significance in aquatic life in Anzali wetland ecosystem, *Advanced Aquaculture Sciences Journal*, 3, pp. 35-50. (in Persian)
- Tiffany, L. H. and Britton, M. E. 1971. *The Algae of Illinois*. Chicago, University of Chicago Press. 407 p.
- Winder, M., Reuter, J.E. and Schladow, S.G. 2009. Lake warming favours small-sized planktonic diatom species. *Proceedings of the Royal Society*, 276, pp. 427-435. <https://doi.org/10.1098/rspb.2008.1200>.