(DOI): 10.22092/ISFJ.2025.133933 34(2) 17-26 Iranian Scientific Fisheries Journal

Study of biomass and distribution of dominant plant communities in Anzali Wetland

Mirzajani A.R.[1*]; Gholami V.[2]; Naderi S.[2]; Mohammadidost R.[1]

*armirzajani@gmail.com

1-Inland Water Aquaculture Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Bandar Anzali, Iran
2-Range and Watershed Management Department, Natural Resources Faculty, University of Guilan, Sowmeh Sara, Iran
3-Environmental Sciences Department, Natural Resources Faculty, University of Guilan, Sowmeh Sara, Iran

Received: April 2025 Accepted: June 2025 Published: July 2025

Copyright: © 2023 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Introduction

Anzali Wetland, located in the southwest of the Caspian Sea, is notable for its unique characteristics. It was one of the first wetlands registered on the Ramsar Convention's list. However, it is rapidly deteriorating and has been included in the Montreux Record, highlighting the need for conservation and restoration efforts (Ramsar Convention Bureau, 2014). Aquatic plants are a key component of the wetland ecosystem, playing a crucial role in nutrient cycling and providing habitat for many animals (Kurniawan *et al.*, 2021; Dissanayaka *et al.*, 2023). In recent years, the increase in nutrient influx has led to significant growth of aquatic plants in various parts of Anzali Wetland. This growth, including both floating and submerged species, has negatively impacted the oxygen levels, temperature, and pH of the wetland's water (Filizadeh and Khodaparast, 2005). Numerous studies have focused on the identification of aquatic plant species in different areas of Anzali Wetland. The most important studies include the investigation of plant species biodiversity in the 1960s, which identified 194 genera and 291 species (Ghahraman and Atar, 2003), as well as a more recent document that provides a checklist detailing 69 families and 362 species in Anzali Wetland (Zehzad, 2017). However, research on the growth and density of plant communities remains limited. Notably, only one study has addressed the distribution and abundance of aquatic plants in the western part of Anzali Wetland (Hosseinjani *et al.*, 2017; Mirzajani *et al.*, 2020a). Monitoring the distribution and biomass of dominant plant species from different ecological types is essential for effective wetland management. Therefore, this study investigates the biomass of dominant floating and submerged plants in the water body of Anzali Wetland and examines the distribution of prominent marginal plants along the wetland's boundaries.

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-03]

Methodology

Anzali Wetland is located at a latitude of 37°28' North and a longitude of 49°25' East, with an average elevation of -23 meters below sea level. In the recent past, Anzali Wetland consisted of four main sections: the eastern part (Shijan), the central part (Sorkhankul), the western part (Abkenar), and the southern part (Siah Keshim) (Mirzajani *et al.*, 2020b). Today, the water bodies in most areas, including Shijan, Sorkhankul, and much of Siah Keshim, have dried up or become very limited and shallow.

Sampling of submerged plants was carried out using a rake at 10 stations during four seasons in 2023. The aquatic plants were extracted from the water by rotating the rake with a circular motion, harvesting diameter of 30 cm. The samples were then washed with water to remove mud before being identified using reference materials (Abbasi, 1377; Riazi, 1996). Afterward, the samples were air-dried for 8 to 24 hours, and their wet weight was measured using a scale with an accuracy of 0.1 grams. The samples were then oven-dried at 70°C for 24 hours and weighed again. To measure the organic matter and ash content of each species, several subsamples were weighed on a balance with an accuracy of 0.0001 grams, burned in a furnace at 450 degrees Celsius for 4 hours, and weighed again (ASTM, 2000). The extent of marginal plants was determined using satellite images and the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), while the distribution of floating plants within the water body was assessed through visual interpretation of Google Earth images.

Results

In the western part of the Anzali Wetland, the submerged species *Ceratophyllum demersum***,** *Myriophyllum spicatum***,** *Stuckenia pectinata*, and *Hydrilla verticillata* exhibited high densities, while *Najas marina* and *Potamogeton crispus* were abundant in some areas. The average biomass of submerged aquatic plants was 547.7±313.9 g/m², varying from 400 to 983 g/m² across different stations**.** *C. demersum* showed the highest biomass at 53.8%, followed by *H. verticillata* at 18.9% and *M. spicatum* at 10.6%. The biomass of *C. demersum* ranged from 146 to 595 g/m² at various stations. The highest average plant biomass was measured in July (730 g/m²), while the lowest was recorded in May (388 g/m²) (Fig 1). The organic matter content of submerged plants was found to be 1.72% of their dry weight, and the contribution of organic matter to the sediment of Anzali Wetland due to winter die-off was estimated at 246-560 grams per square meter. Among the floating plants, *Nelumbo nucifera* and *Pontederia crassipes* were the dominant species, covering areas of 350 and 970 hectares, respectively. The final weight of water hyacinth was estimated at 150 tons per hectare. Other floating plants, including *Hydrocotyle* spp.**,** *Nymphoides cristata***,** *Lemna* spp.**,** *Spirodela* spp.**,** *Salvinia natans*, and *Trapa natans*, were observed in limited and patchy distributions across some stations. The leaf dry weight of *N. nucifera* was measured at 219.5 g/m², while the total dry biomass of *P. crassipes* was measured at 1620 g/m². Their total organic matter values were approximately 88.5% and 78.2% of their dry weight, respectively. *P. crassipes* occupied marginal areas and shallow zones of the western wetland, along all canals, drains, and entrances that have slow water flow, with no area completely devoid of this plant. When this plant dies back in winter, it contributes about 1267 grams per square meter of organic matter to the wetland substrate. The common reed, *Phragmites australis*, is also a dominant species in the marginal areas of the wetland. Its distribution was estimated to cover 10,290 hectares, as determined through visual interpretation of Google Earth images.

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-03]

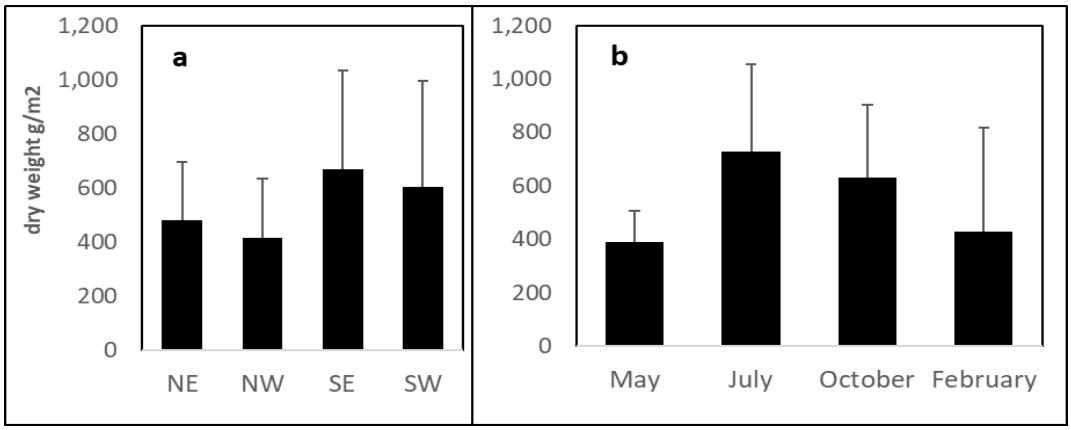


Figure 1: Average dry weight of submerged plants in different areas of the western part of Anzali Wetland (a) during the months of 1402

Discussion and conclusion

In recent years, the shrinking of the Anzali Wetland and the conversion of water bodies to other land uses have intensified. Comparing the extent of land uses within the wetland bed in 2022 to that in 2001 showed that the water body had decreased by about 40%, while urban areas increased by 114%, paddy fields by 4.7%, forests by 54%, and common reeds by 3.6%. Comparing the results of this research with wetland plant surveys from previous years (Hosseinjani *et al.*, 2017; Mirzajani *et al.*, 2020a) indicates rapid changes in the aquatic plant communities of the wetland. The highest distribution and density of *Azolla filiculoides* was recorded in the summer of 2017, while it was not observed in the main areas of the wetland in subsequent years. The biomass of submerged plants in this survey was almost similar to that of the 2017 survey, but the composition of dominant species changed slightly. In 2017, the submerged species *C. demersum* and *M. spicatum* had high distribution and density (Mirzajani *et al.*, 2020a), while in this study, the dominant species were *C. demersum* and *H. verticillata*. In 2017, two floating species, *Nelumbo nucifera* and *Hydrocotyle spp.*, were dominant, especially in marginal areas (Mirzajani *et al.*, 2020a). However, after five years, *N. nucifera* significantly occupied more areas of the wetland, and the invasive water hyacinth *P. crassipes* has grown explosively, occupying a large area of Anzali Wetland at high densities. This indicates that the high density of aquatic plants in the water body and marginal areas has become a serious problem. The excessive growth of both floating and submerged species impacts the growth and survival of many aquatic organisms, especially fish and epiphytic macroinvertebrates, sometimes leading to their mortality due to decreased water oxygen levels and changes in water temperature and pH. Therefore, optimal harvesting of aquatic plants is essential for the management of Anzali Wetland and should not be overlooked.

Conflict of Interest

The authors have no conflicts of interest to declare that are relevant to the content of this article.

Acknowledgment

The authors would like to thank the Department of Environment of Guilan Province for financially supporting this project, registered in AREEO under the code number 14-73-12-036-01051-011054. We also appreciate the help of our colleagues at Inland Waters Aquaculture Research Center.

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-03]

مجله علمی شیلات ایران ۲۶-۱۷ (۲) ۳٤ (DOI): 10.22092/ISFJ.2025.133933

مقاله علمی – پژوهشی:

بررسی زی‌توده و گستره جوامع گیاهی غالب در تالاب انزلی

علیرضا میرزاجانی*[1]، وحید غلامی[2]، سعید نادری[3]، رضا محمدی دوست[1]

*armirzajani@gmail.com

۱- پژوهشکده آبزی‌پروری آبهای داخلی، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرانزلی، ایران

۲- گروه مهندسی مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان. صومعه سرا، ایران

۳- گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، ایران

تاریخ دریافت: فروردین ۱٤۰٤ تاریخ پذیرش: خرداد ۱٤۰٤ تاریخ چاپ: تیر ۱٤۰٤

چکیده

گیاهان آبزی از اجزاء اصلی اکوسیستم تالابی به‌شمار می‌روند و نقش مهمی در جریان مواد مغذی دارند و زیستگاه بسیاری از جانوران محسوب می‌شوند. بنابراین، پایش تراکم و پراکنش گیاهان از ارکان اصلی در مدیریت تالاب‌ها به‌شمار می‌رود. در این بررسی تراکم گیاهان شناور، غوطه‌ور و حاشیه‌ای غالب در تالاب انزلی تعیین گردید. زی‌توده گیاهان به صورت فصلی در ۱۰ ایستگاه از پیکره آبی تالاب برآورد گردید. گستره گیاهان حاشیه‌ای با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و شاخص (NDVI) و تفسیر بصری تصاویر Google earth، تعیین گردید. میانگین زی‌توده گیاهان آبزی غوطه‌ور، در حد ۳۱۳/۹±۵۴۷/۷ گرم در مترمربع بود که گونه *Ceratophyllum demersum* با ۵۳/۸ درصد، بیشترین زی‌توده و گونه *Hydrilla verticillata* با ۱۸/۹ درصد، در رتبه بعدی قرار داشت. بیشترین و کمترین میانگین زی‌توده گیاهان در تیر و اردیبهشت ماه به‌ترتیب به میزان ۷۳۰ و ۳۸۸ گرم در مترمربع اندازه‌گیری شد. در بررسی گیاهان شناور دو گونه لاله مردابی *Nelumbo nucifera* و سنبل آبی *Pontederia crassipes* به لحاظ گستره پراکنش و زی‌توده گیاهی غالب بوده و به‌ترتیب گستره‌ای درحد ۳۵۰ و ۹۷۰ هکتار از تالاب غرب را پوشش داده‌اند. در یک فصل رویشی میزان سنبل آبی ۱۵۰ تن در هکتار برآورد شده است. گیاه نی (*Phragmites australis*) از گونه‌های غالب در نواحی حاشیه‌ای تالاب بوده و گستره آن در حد ۱۰۲۹۰ هکتار برآورد شده است. با توجه به حجم بالای انتقال مواد آلی به بستر تالاب و اثرات منفی این گیاهان، برداشت بهینه گیاهان آبزی یکی از ضروریات اصلی مدیریت تالاب انزلی به‌شمار می‌رود.

لغات کلیدی: گیاهان آبزی، غوطه ور، شناور، سنبل آبی، لاله مردابی، چنگال آبی، نی

*نویسنده مسئول

Copyright: © 2023 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-03]

مقدمه

تالاب انزلی در عرض '۲۸ °۳۷ شمالی و در طول '۲۵ °۴۹ شرقی، در امتداد شمال غربی-جنوب شرقی گسترده شده است و ۲۲ کیلومتر طول و ۴-۲ کیلومتر عرض دارد. وسعت حوضه آبخیز تالاب انزلی ۳۷۴۰۰۰ هکتار بوده اما مساحت آبی و عمق آن طی سالیان مختلف نوسانات زیادی داشته است به‌طوری‌که در قرن ۱۸ میلادی، از وسعت بسیار بیشتری برخوردار بوده است و تا روستای پیر بازار گسترش داشت (Monavari, 2000). در گذشته‌ای نه چندان دور، تالاب انزلی با قرار گرفتن در بین دو اکوسیستم خشکی و دریا و تحت تأثیر آب شیرین و لب شور، بوم سازگان منحصربه‌فردی از جوامع گیاهی و جانوری داشت و جزو اولین تالاب‌هایی بوده که در فهرست تالاب‌های بین‌المللی کنوانسیون رامسر ثبت شد، اما امروزه با مشکلات متعدد محیط زیستی مواجه شده و در فهرست Montreux با اولویت حفاظت و احیاء قرار گرفته است (Ramsar Convention Bureau, 2014).

گیاهان آبزی به عنوان یکی از اجزاء اصلی این اکوسیستم آبی، نقش مهمی در جریان مواد مغذی، چرخه نیتروژن و فسفر، روابط غذایی موجودات، زیستگاه درشت بی‌مهرگان و تولید ماهی دارند (Kurniawan *et al.*, 2021; Dissanayaka *et al.*, 2023). مدیریت گیاهان آبزی و حفظ تراکم بهینه آن سبب خواهد شد تا در تکثیر و بازسازی ذخایر ماهیان بومی و مهاجر نقش اساسی ایفاء کنند. این گیاهان بر حسب گونه می‌توانند برای برخی از ماهیان، بسترهای تخم‌ریزی فراهم نمایند، مورد تغذیه تعدادی از گونه‌های علفخوار قرار گیرند و نقش پناهگاهی و حفاظتی برای اغلب آنها ایفاء نمایند (Monavari, 2000). چنین نقشی در افزایش تولیدات شیلاتی و بهبود وضعیت معیشتی و اجتماعی صیادان بومی غیر قابل انکار است. همچنین تراکم بالای آنها و مرگ یا خزان زمستانه آنها، مقدار بالایی از مواد آلی را وارد این اکوسیستم آبی می‌کند که موجب افزایش پرغذایی تالاب می‌شود. تأثیر رشد گیاهان اعم از گونه‌های شناور و غوطه‌ور بر مقادیر اکسیژن، دما و pH آب تالاب انزلی مورد بررسی قرار گرفت و مشاهده گردید که برخلاف گیاهان شناور و برگ شناور، میزان اکسیژن محلول در آب و pH در ناحیه تاج و زیر تاج گیاهان غوطه‌ور افزایش می‌یابد (Filizadeh and Khodaparast, 2005). رشد فزاینده گیاهان آبزی در بخش‌های مختلف تالاب انزلی، حاصل افزایش ورود مواد آلی به آن در سالیان اخیر است که حدود ۳۸ درصد آن در تالاب باقی مانده است (Sepid-Ab-Shomal, 2014).

اولین مطالعات گیاهان آبزی در تالاب انزلی مربوط به سال ۱۳۴۵ بوده که ۱۹ گونه گیاهی عمده از تالاب انزلی گزارش شده است (Kimbal and Kimbal, 1974). سپس در سال ۱۳۴۷ حدود ۳۷ گونه از گیاهان آبزی در تالاب انزلی ثبت شد (Khavarinezhad, 1968). طی بررسی دهه ۴۰ شمسی (Ghahraman and Atar, 2003)، تنوع زیستی گونه‌های گیاهی حوضه تالاب به تفکیک جوامع زیستی، رویشگاهی و گروههای جغرافیایی در قالب ۶۸ خانواده، ۱۹۴ جنس و ۲۹۱ گونه گزارش شد. در بررسی بخش سیاه کشیم تالاب انزلی، تعداد ۱۰۳ گونه و زیر تقسیمات گونه‌ای متعلق به ۴۸ تیره و ۷۸ جنس از گیاهان آوندی (Asri and Eftekhari, 2002) و در بررسی منطقه سلکه، تعداد ۱۰۲ گونه گزارش گردید (Zahed *et al.*, 2013). در آخرین گزارش تعداد ۳۶۲ گونه از ۶۹ خانواده از تالاب انزلی (Zehzad, 2017) ثبت شده است.

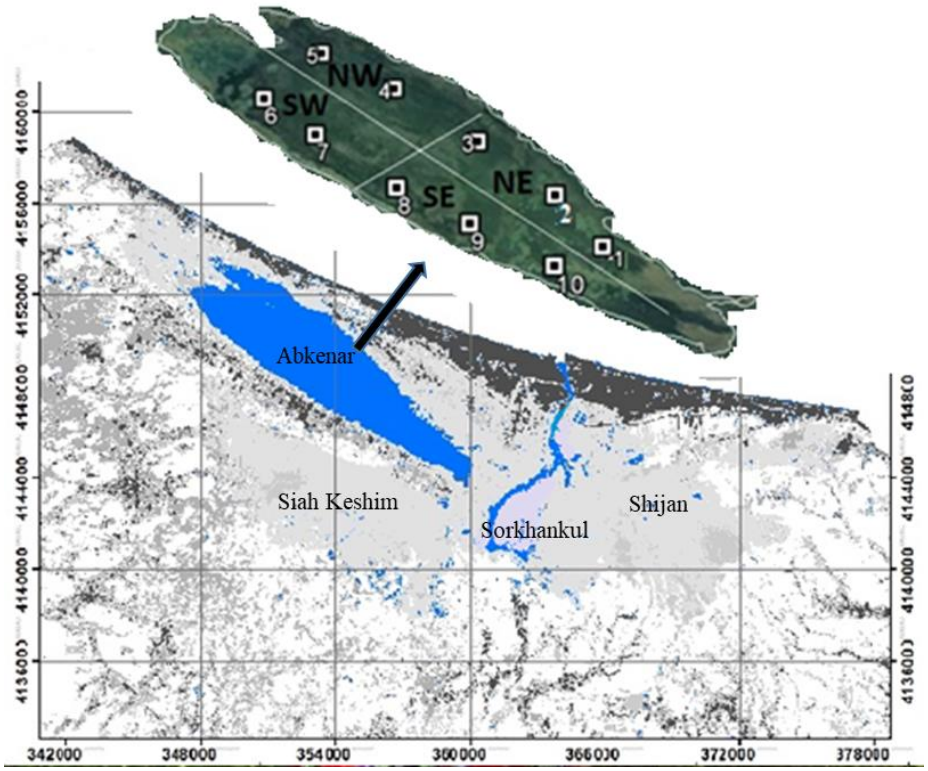
با حضور گونه‌های مهاجم که اثرات مخرب بر اکوسیستم تالاب داشتند، مطالعات اکولوژیک مختلفی بر آنها انجام گرفت که از جمله می‌توان به بررسی اثرات آزولا بر تالاب انزلی (Arshad, 1994; Filizadeh, 2002) و بررسی جامع گیاه سنبل آبی و روش‌های کنترل آن (Mirzajani, 2020) اشاره نمود. به رغم بررسی‌های مذکور، بررسی‌های مربوط به رشد و تراکم جوامع گیاهی بسیار محدود بوده است و تنها می‌توان به بررسی تأثیر رشد بیش از اندازه گیاهان آبزی بر کیفیت آب تالاب انزلی (Filizadeh and Khodaparast, 2005)، شناسایی الگوهای اکولوژیک حاکم بر پوشش گیاهی و نقش آنها در مدیریت اکوسیستم تالاب انزلی (Jalili *et al.*, 2009)، بررسی زی‌توده گیاهان آبزی و ارتباط آنها با عوامل محیطی در منطقه غرب تالاب انزلی (Hosseinjani *et al.*, 2017)، پراکنش و تراکم گیاهان آبزی در بخش غربی تالاب انزلی (Mirzajani *et al.*,

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-03]

2020a) و طبقه‌بندی پوشش گیاهی بر اساس شاخص تالابی و تصاویر ماهواره‌ای (Haghighi Khomami *et al.*, 2021)، اشاره نمود. تغییرات اکولوژی سریع در تالاب انزلی سیمای کلی آن را تغییر داده است و جوامع گیاهی اولین عناصر این تغییر به‌شمار می‌روند. رشد غیر متعارف گیاهان شناور، غوطه‌ور و حاشیه‌ای به‌خصوص گونه‌های مهاجمی همچون سنبل آبی، تاثیرات منفی عمیقی در اکولوژی تالاب، زیستمندان آن، اقتصاد معیشتی حاشیه‌نشینان گذاشته است. بنابراین، مدیریت بهینه گیاهان آبزی از ارکان اصلی مدیریت تالاب‌ها به‌شمار می‌رود. در شرایط کنونی اطلاعات لازم برای اعمال مدیریت مذکور از قبیل تراکم و گستره گیاهان فراهم نیست و مطالعه حاضر قادر است اطلاعات مورد نیاز را در اختیار مدیران قرار دهد.

مواد و روش کار

تالاب انزلی به چهار بخش نسبتاً متمایز از یکدیگر شامل بخش شرقی (حوضچه شرقی یا شیجان)، بخش مرکزی (سرخانکل)، بخش غربی (تالاب آبکنار) و بخش جنوبی (سیاه کشیم) قابل تقسیم بود که امروزه پیکره‌های آبی اکثر بخش‌ها از جمله شیجان، سرخانکل و بخش اعظم سیاه کشیم از بین رفته یا بسیار محدود و کم عمق شده است (Mirzajani *et al.*, 2020b). شناسایی و تعیین تراکم گیاهان شناور و غوطه‌ور در تنها پیکره آبی باقیمانده از تالاب انزلی (در حوضچه غربی (آبکنار)) که تردد تا حدودی در آن میسر بود، انجام گرفت. بر این اساس ۱۰ نقطه با موقعیت جغرافیایی تقریباً ثابت در طول چهار فصل در سال ۱۴۰۲ مورد بررسی قرار گرفتند. ایستگاه‌ها از نظر جغرافیایی در ۴ گروه شمال شرق، شمال غرب، جنوب غرب و جنوب شرق طبقه بندی شدند تا امکان مقایسه بخش‌های مختلف تالاب غرب فراهم گردد. نمونه‌برداری از گیاهان غوطه‌ور به‌وسیله چنگگ فلزی با طول برداشت ۳۰ سانتی متر انجام گرفت (Parsons, 2001; Madsen and Wersal, 2017) (شکل ۱).



شکل ۱: نقاط نمونه‌برداری گیاهان غوطه ور در حوضچه غربی تالاب انزلی

Figure 1: Sampling locations of submerged plants in the western part of Anzali Wetland

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-03]

با چرخش دایره‌ای چنگگ، گیاهان آبزی از آب خارج شدند (Johnson and Newman, 2011) و در تشت آب یا آب تالاب شسته شده تا گل و لای متصل به آنها جدا گردد. نمونه‌برداری با سه تکرار در هر ایستگاه انجام گرفت. نمونه‌های مربوط به هر ایستگاه با استفاده از منابع مرتبط (Abbasi, 1998; Zehzad and Mirzajani, 2018) برحسب گونه شناسایی و تفکیک شدند. نمونه‌ها پس از انتقال به خشکی، در هوای آزاد برای مدت ۲۴-۸ ساعت قرار داده شدند تا آب سطحی آنها تبخیر گردد. وزن‌تر آنها با ترازوی AND مدل GF-1020M با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شدند. نمونه‌ها به طور کامل یا به صورت زیر نمونه در سینی‌های جداگانه، در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد برای مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند. وزن خشک نمونه‌ها با ترازوی ۰/۱ گرم اندازه‌گیری شد و محاسبه وزن خشک کل نمونه در متر مربع انجام گرفت. غالبیت گونه یا بیشترین درصد تراکم گونه در هر ایستگاه با محاسبه نسبت وزن خشک گونه به وزن خشک کل نمونه‌های آن ایستگاه ضرب در ۱۰۰ تعیین گردید. مقدار مشخصی از نمونه‌های خشک شده در بوته چینی قرار گرفتند و پس از توزین با ترازوی ۰/۰۰۰۱ گرم در کوره با دمای ۴۵۰ درجه به مدت ۴ ساعت قرار داده شدند. وزن محتوای بوته پس از خروج از کوره نیز با همان ترازو اندازه‌گیری شده و مقدار مواد آلی، کربن آلی و خاکستر هر یک از گونه‌های گیاهی با روش‌های استاندارد (ASTM, 2000) اندازه‌گیری شدند.

برای ترسیم نقشه‌های پراکنش گیاهان از پردازش تصاویر ماهواره‌ای و روش‌های متداول سنجش از راه استفاده گردید. از شاخص نرمال‌شده پوشش گیاهی (NDVI) و روش‌های طبقه‌بندی نظارت شده و نظارت نشده بر تصاویر ماهواره لندست (ETM+) باندهای ۲، ۳ و ۴ استفاده گردید. باندهای مذکور در محدوده مادون قرمز دارای حساسیت و قدرت تفکیک بهتری نسبت به سایر باندها برای مطالعات پوشش گیاهی است (Bani Neamah *et al.*, 2005). همچنین برای امکان سنجی و بررسی کارایی روش‌های مذکور در تفکیک گونه‌های گیاهی یا تیپ پوشش گیاهی بستر تالاب انزلی، مراحل لازم در محیط نرم افزار ENVI (Binford *et al.*, 2001) اجرا گردید. از آن‌جایی‌که روش‌های خودکار طبقه بندی نوع پوشش گیاهی یا تیپ پوشش گیاهی تالاب انزلی برای تمام گونه‌ها نتایج رضایت بخشی به همراه نداشت، روش تفسیر بصری تصاویر Google earth با قدرت تفکیک بالا جهت تهیه نقشه تیپ پوشش گیاهی در حریم بستر تالاب استفاده شد.

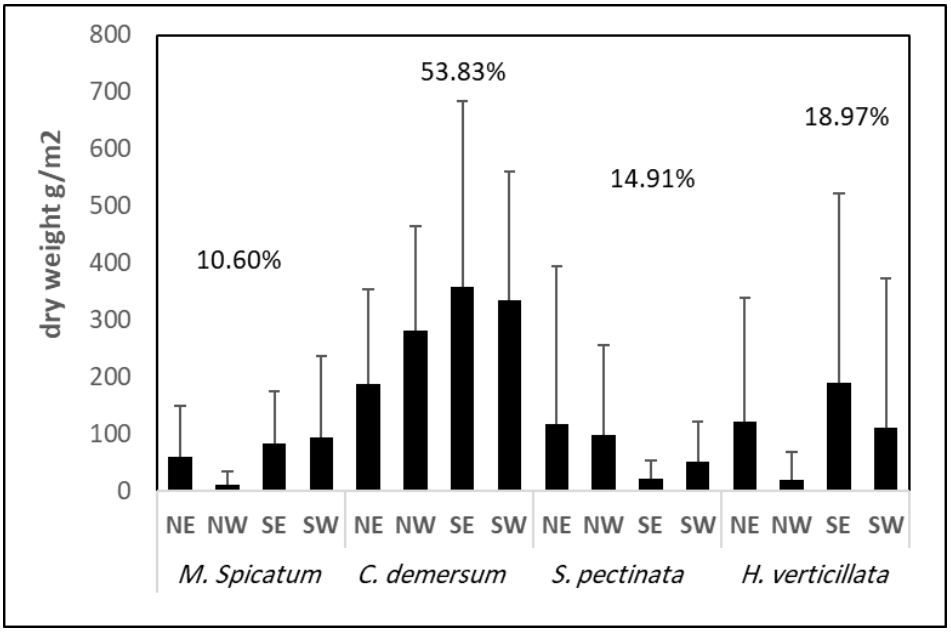
نتایج

نمونه‌برداری از گیاهان غوطه ور در پیکره غربی تالاب انزلی نشان داد که چهار گونه *Ceratophyllum demersum* Linnaeus، *Myriophyllum spicatum* Linnaeus، *Stuckenia pectinata* (Linnaeus) Börner و *Hydrilla verticillata* (Linnaeus filius) Royle دارای تراکم بالا بوده و گونه‌های *Najas marina* Linnaeus و *Potamogeton crispus* Linnaeus در برخی قسمت‌ها فراوان بودند. میانگین زی‌توده گیاهان آبزی غوطه‌ور حدود ۳۱۳/۹±۵۴۷/۷ گرم در مترمربع بوده که به میزان ۹۸۳-۴۰۰ گرم در مترمربع در ایستگاه‌های مختلف متغیر بود. گونه *C. demersum* با ۵۳/۸ درصد دارای بیشترین زی‌توده بوده که به میزان ۵۹۵-۱۴۰۶گرم در مترمربع در ایستگاه‌های مختلف متغیر بوده است. پس از آن گیاه *H. verticillata* با ۱۸/۹ درصد و عمدتاً در ناحیه جنوبی و شرقی، دارای بیشترین زی‌توده بود. گیاه *M. spicatum* تنها شامل ۱۰/۶ درصد زی‌توده کلی گیاهان غوطه‌ور بود (شکل ۲).

از نظر زمانی زی‌توده گیاهان غوطه‌ور در فصل تابستان بیشتر بود. بیشترین وکمترین میانگین زی‌توده گیاهان در تیر و اردیبهشت ماه به‌ترتیب به میزان ۷۳۰ و ۳۸۸ گرم در متر مربع اندازه‌گیری شد (شکل ۳).

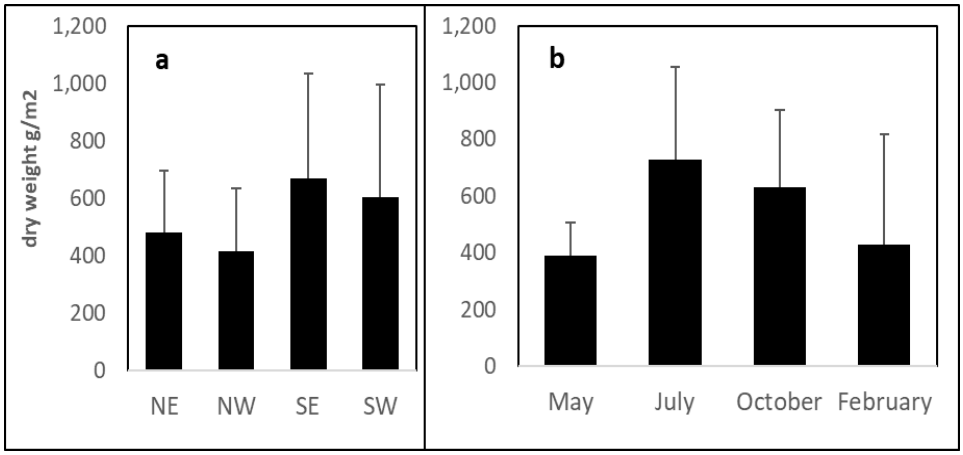
تغییرات زمانی زی‌توده گیاهان درگونه‌های *H. verticillata* و *M. spicatum* بیشتر و در *C. demersum*، کمتر بوده است. میزان مواد آلی گیاهان غوطه‌ور در حد ۷۲/۱ درصد وزن خشک آنها اندازه گیری شد. بنابراین، مقدار مواد آلی اضافه شده به بستر رسوبی تالاب انزلی در اثر خزان و مرگ زمستانه گیاهان در حد ۲۴۶ گرم در متر مربع و در صورت خزان کلی گیاهان در حد ۵۶۰ گرم در مترمربع برآورد شد.

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-03]



شکل ۲: زی‌توده خشک گیاهان غوطه ور غالب در مناطق مختلف از بخش غربی تالاب انزلی در سال ۱۴۰۲

Figure 2: Dry weight of dominant submerged plants in different western parts of Anzali Wetland in 2023



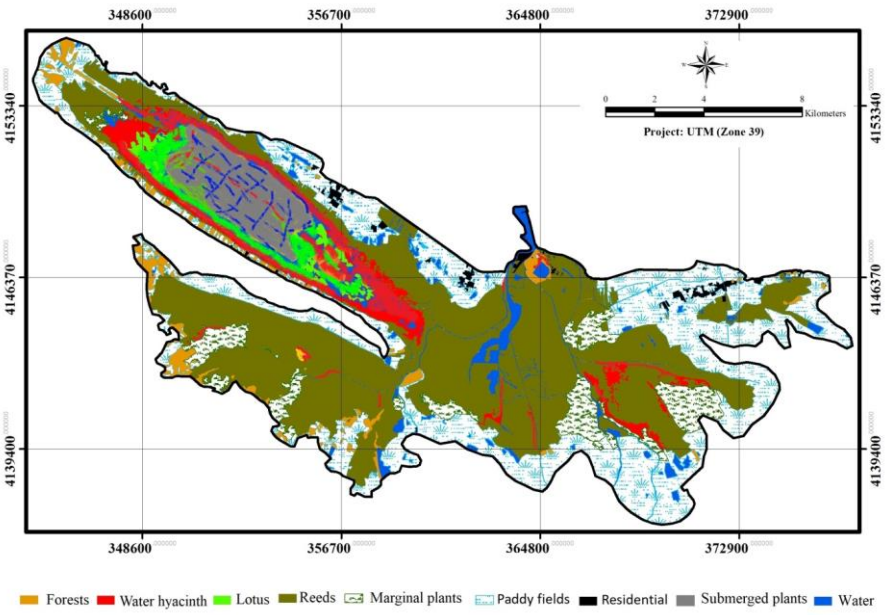
شکل ۳: میانگین زی‌توده خشک گیاهان غوطه ور در مناطق مختلف بخش غربی تالاب انزلی (a) طی ماه‌های سال ۱۴۰۲ (b)

Figure 3: Average dry weight of submerged plants in different areas of the western part of Anzali Wetland (a) during the months of 1402

در این بررسی وسعت پهنه آبی حدود ۳۶۰۰ هکتار سنجش گردید که تقریباً بطور کامل متعلق به بخش غربی بوده و به‌وسیله گیاهان غوطه ور مذکور اشغال شده است. در بررسی گیاهان شناور نیز دو گونه لاله مردابی (*Nelumbo nucifera* Gaertn) و سنبل آبی (*Pontederia crassipes* (Martius) Solms) به لحاظ گستره پراکنش و زی‌توده گیاهی غالبیت کامل داشتند. سایر گیاهان برگ شناور شامل آب بشقاب (*Hydrocotyle* spp.)، گل مردابی (*Nymphoides cristata* (Roxburgh) Kuntze)، انواع عدسک (*Lemna* spp., *Spirodela* spp.)، سرخس شناور (*Salvinia natans* Linnaeus) و سه‌کوله خیز (*Trapa natans* Linnaeus) بودند که به صورت محدود و نقطه‌ای در برخی بخش‌ها مشاهده شدند. برگ‌های لاله مردابی به‌تدریج از اواخر فروردین در سطح آب آشکار می‌شود که در

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-03]

زمان نمونه برداری در اوایل اردیبهشت قطری حدود ۴۰-۱۰ سانتی‌متر و در نیمه تیرماه حدود ۷۰ سانتی‌متر داشتند. زی‌توده برگ حدود ۲۱۹/۵ گرم در متر مربع سنجش گردید. میزان مواد آلی برگ حدود ۸۸/۵ درصد بوده و بر اساس آن، مقدار مواد آلی معادل ۱۹۴/۲ گرم در مترمربع را در فصل خزان گیاه به بستر تالاب اضافه می‌کند. با استفاده از تفسیر بصری تصاویر Google earth گستره لاله مردابی حدود ۳۵۰ هکتار برآورد گردید. گیاه سنبل آبی پس از خزان زمستانه، از نیمه اردیبهشت، نمو خود را آغاز کرد و در بخش‌های مختلف تالاب به صورت بوته‌های کوچک دیده شد. تراکم این گیاه، در ماه‌های شهریور و مهر به حداکثر خود رسیده و ارتفاع اندام‌های هوایی و عمق ریشه آن به بیش از یک متر می‌رسد. وزن خشک این گیاه در حد ۱۶۲۰ گرم در متر مربع با ۷۸/۲ درصد مواد آلی اندازه‌گیری شد. بر این اساس در زمستان هنگام خزان و ته‌نشست این گیاه، زی‌توده‌ای معادل ۱۲۶۷ گرم در متر مربع ماده آلی به بستر تالاب اضافه می‌شود. مناطق حاشیه‌ای و بخش‌های کم عمق تالاب غرب، تمامی کانال‌ها، زهکش‌ها و روگاه‌های ورودی به تالاب که دارای جریان آبی کند هستند، به‌وسیله این گیاه اشغال می‌شود و کمتر نقطه‌ای درتالاب وجود دارد که این گیاه حضور نداشته باشد. اندازه گستره این گیاه از طریق تفسیر بصری تصاویر Google earth، به وسعت ۹۷۰ هکتار برآورد شد. در مطالعه حاضر، وزن خشک گیاه حدود ۱۰ درصد وزن‌تر گیاه بود. میانگین وزن‌تر گیاه در نقاطی که گیاه متراکم بوده حدود ۴۹±۱۵۰ کیلوگرم در مترمربع بود. بنابراین، مقدارسنبل آبی در تالاب انزلی را هنگام جمع آوری مکانیکی می‌توان ۱۵۰ تن در هکتار برآورد نمود که زی‌توده معادل ۱۵ تن را در خشکی به‌جای خواهد گذاشت. تقریباً تمامی مناطقی که از پوشش متراکم سنبل آبی برخوردار بودند، عاری از سایر گیاهان شناور و غوطه‌ور شده بودند و این گونه غالبیت صد درصد داشت. تراکم گیاهان غوطه‌ور در ماه‌های زمستان و اردیبهشت در این نواحی در حد صفر بود. استفاده از شاخص NDVI (شاخص نرمال شده پوشش گیاهی) و روش‌های طبقه بندی نظارت شده خودکار در محیط نرم افزار ENVI برای گیاه نی (*Phragmites australis* (Cavara) Trinius ex Steudel) از کارایی مناسبی برخوردار و دارای صحت کلی طبقه‌بندی حدود ۸۰ درصد بوده است. گستره گیاه نی در این بررسی حدود ۱۰۲۹۰ هکتار برآورد شده است. در این بررسی سایر کاربری‌ها شامل پوشش درختی، اراضی شالیزاری، نواحی مسکونی و شهری به‌ترتیب دارای وسعتی حدود ۸۰۰، ۷۲۶۳، ۲۳۱ هکتار بودند (شکل ۴).



شکل ۴: نقشه کاربری اراضی و تیپ پوشش گیاهی غالب در حریم بستر تالاب در سال ۱۴۰۲

Figure 4: Land use map and dominant vegetation type into the boundary of Anzali Wetland in 2023

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-03]

بحث

نتایج این بررسی تغییر گستره و تنوع گیاهی را نسبت به گذشته نشان داده است. افزایش گستره گیاهان شناور و حاشیه‌ای و کاهش پهنه آبی کاملاً محسوس بوده است. این تغییرات با تغییر گستره کاربری‌ها در حریم بستر تالاب انزلی همراه بوده به‌طوری‌که مقایسه وسعت کاربری‌ها در این بررسی نسبت به سال ۱۳۸۰ نشان داد که پیکره آبی حدود ۴۰ درصد کاهش یافته است درحالی‌که وسعت اراضی مسکونی ۱۱۴٪، شالیزار ۴/۷٪، جنگل ۵۴٪ و نی ۳/۶٪ افزایش داشتند. بررسی درصد پوشش گیاهی در سطح تالاب با شاخص NDVI در سال ۱۳۹۸ نیز نشان داد که گستره آبی کاهش یافته و پوشش گیاهی متراکم افزایش یافته است (Haghighi Khomami *et al.*, 2021). در آن بررسی گسترش گیاهان اجباری تالاب، محدود به پهنه‌های آبی همچون تالاب غرب بوده و گسترش گیاهان اختیاری تالاب در پهنه‌های خشکی بود که حاکی از خشک شدن بیشتر مناطق تالاب در بخش‌های سیاه کشیم و چوکام (شرق) بوده است.

تغییرات مذکور با تغییر گستره کاربری‌ها در حوزه آبخیز تالاب انزلی نیز مرتبط است. تحلیل داده‌های ماهواره‌ای سال ۱۳۹۲ نشان داد که ۵۳ درصد اراضی حوضه آبخیز تالاب دارای کاربری جنگل و مرتع، ۲۵ درصد اراضی کشاورزی، ۶/۲ درصد نواحی مسکونی و شهرها، ۵/۴ درصد اراضی تالابی و آب بندان‌ها و مابقی را سایر کاربری‌ها شامل می‌شدند و رشد ۱/۱ درصد نواحی مسکونی و کاهش ۰/۲ درصدی اراضی تالابی نسبت به سال ۱۳۸۲ مشاهده می‌شود (Sepid-Ab-Shomal, 2014).

مقایسه نتایج مطالعه حاضر با بررسی گیاهان تالاب در سالیان قبل (Hosseinjani *et al.*, 2017; Mirzajani *et al.*, 2020a)، نشانگر تغییرات بسیار سریع تنوع و تراکم گیاهان غالب در تالاب است. آخرین حضور بارز گیاه *Azolla filiculoides* در تابستان ۱۳۹۶ بوده که از تراکم بالایی در مناطق حاشیه‌ای تالاب برخوردار بود، ولی در سال ۱۳۹۷ و مشاهدات صحرایی سال‌های بعد در مناطق اصلی تالاب انزلی مشاهده نشد. در این بررسی تغییرات فصلی بارز در زی‌توده گیاهان غوطه ور مشاهده شد به‌طوری‌که میانگین زی‌توده در تابستان ۳۲۶±۷۳۰ و در زمستان ۳۹۱±۴۲۸ گرم در متر مربع وزن خشک بوده است. همچنین میانگین زی‌توده در تابستان ۵۳۶/۵±۷۴۳/۸ و در زمستان ۳۱۱±۲۹۲ گرم در مترمربع وزن خشک بوده است. کاهش دمای هوا از نیمه پائیز تا اواخر زمستان، مرگ گیاهان و کاهش زی‌توده آنها را درپی داشته است. در هر حال به‌نظر می‌رسد، این گروه از گیاهان با دارا بودن ۷۲ درصد ماده آلی، حداقل ۳۲۴-۲۴۶ گرم در مترمربع ماده آلی هنگام خزان (بدون در نظر گرفتن زی‌توده سرپا) به بستر تالاب اضافه نمایند (Mirzajani *et al.*, 2020a).

در بررسی سال ۱۳۹۳ گونه *Ceratophyllum demersum* دارای بیشترین پراکنش و زی‌توده گیاهی بوده (Hosseinjani *et al.*, 2017) و در سال ۱۳۹۶ نیز گونه‌های غوطه‌ور *C. demersum* و *Myriophyllum spicatum* از پراکنش و تراکم بالایی در بخش غربی تالاب برخوردار بودند و در تابستان زی‌توده‌ای حدود ۷۵۰ گرم در متر مربع وزن خشک داشتند درحالی‌که در این بررسی، گونه‌های *C. demersum* و *Hydrilla verticillata* غالب بودند. در بررسی سال ۱۳۹۶ (Mirzajani *et al.*, 2020a) دو گونه *Nelumbo nucifera* و *Hydrocotyle* spp. از گیاهان برگ شناور غالب به‌ویژه در نواحی حاشیه‌ای بودند که در مناطق پراکنش خود، به‌ترتیب زی‌توده‌ای معادل ۷۰/۴±۲۴۰/۶ و ۱۴۲±۳۳۸/۸ گرم در مترمربع وزن خشک داشتند. با خشک شدن بخش‌های اصلی تالاب، گستره گیاهان تغییر چشمگیر یافته و گیاهانی مثل *N. nucifera* مناطق بیشتری از تالاب غرب را اشغال کرده‌اند. گیاه سنبل آبی (*Pontederia crassipes*) که جزو گونه‌های به‌شدت مهاجم محسوب می‌شود (Mirzajani *et al.*, 2019)، در حد فاصل دو مطالعه، رشد انفجاری داشته و سطح وسیعی از تالاب انزلی را با تراکم بالا اشغال کرده است. همچنین پراکنش مکانی آن سبب شده است تا تراکم گیاهان غوطه‌ور در مکان‌های حضور آن در حد صفر قرار گیرد. در مطالعه حاضر نیز *Hydrocotyle* spp. به صورت لکه‌ای در برخی مناطق، از تراکم بالایی برخوردار بود.

تغییر گستره گونه‌های گیاهی اعم از شناور، غوطه ور و حاشیه‌ای در مطالعه حاضر نسبت به مطالعات قبلی در

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-03]

ارتباط با عمق آب در تالاب انزلی است. برای مثال، مقایسه پراکنش گیاه لاله مردابی در مطالعه حاضر نسبت به سال ۱۳۹۷ (Mirzajani *et al.*, 2020a)، توسعه گستره این گیاه از نواحی حاشیه‌ای خشک شده به نواحی مرکزی کم عمق شده را نشان داده است. نتایج بررسی Jalili و همکاران (۲۰۰۹) نیز نشان داد که شکل‌دهی ساختار تیپ‌های رویشی گیاهان و نحوه استقرار آنها در ارتباط با شیب عمق است به‌طوری‌که درصد پوشش گیاهان برآمده از آب همچون نی با افزایش عمق آب کاهش یافته و گونه‌های غوطه‌ور در بخش‌های عمیق‌تر آب غالب شده و گونه‌های شناور در عمق متوسط آب گسترش یافته‌اند.

در مجموع، تغییرات شدید گستره و زی‌توده گیاهان نسبت به سالیان گذشته و اخیر مشاهده شده و به عنوان معضل جدی، وضعیت تالاب انزلی را در حد بحرانی قرار داده است. افزایش زی‌توده این گیاهان به‌خصوص گونه‌های شناور (سنبل آبی)، تأثیر منفی مستقیم بر جوامع زیستی گذاشته است. مرگ زمستانه اکثر گونه‌های شناور و غوطه‌ور، قادر است که حجم بالایی از مواد آلی و معدنی را وارد تالاب نماید که تجزیه هوازی یا بی هوازی آنها، عوامل شیمیایی آب همچون دما، اکسیژن، H_2S و pH را به‌شدت تغییر داده است و مرگ‌ومیر تمامی گروه‌های آبزیان اعم از پلانکتون، درشت بی‌مهرگان و ماهیان را به‌دنبال خواهد داشت. کنترل این گیاهان و کاهش زی‌توده آنها، سبب ایجاد عرصه‌های باز آبی شده است و متعاقب آن شبکه غذایی آبزیان تالاب به شکل پویایی تشکیل خواهد شد. بنابراین، مدیریت گیاهان آبزی به عنوان یکی از ارکان اصلی مدیریت تالاب انزلی محسوب می‌گردد. نزدیک شدن به سیمای گذشته تالاب با ایجاد عمق مناسب در پیکره‌های آبی تالاب و کنترل و برداشت مکانیکی گیاهان از طریق ماشین‌آلات مناسب، بخشی از این مدیریت محسوب می‌گردد. بهره‌گیری از تجهیزات متنوع که به طور اختصاصی بر هریک از تیپ‌های گیاهی (غوطه‌ور، شناور و حاشیه‌ای)، فعالیت می‌کنند، ضروری است. همچنین انجام مطالعات لازم بر روش‌های استفاده از گیاهان برداشت شده و مشارکت ذی‌نفعان تالاب به عنوان بخشی از مدیریت گیاهان آبزی تالاب پیشنهاد می‌گردد.

منابع

Abbasi, H., 1998. Aquatic plants. Natural Sciences of Padidae, Gorgan. 228 P. (In Persian).

Arshad, A., 1994. Study the effects of Azolla on Anzali wetland. Bandar Anzali. 81 P. (In Persian).

Asri, Y. and Eftekhari, T., 2002. An introduction to the flora vegetation of Siah-keshim and wetland. *Journal of Environmental Studies*, 28(29):1-19. (In Persian).

ASTM International, **2000**. Standard test methods for moisture, ash, and organic matter of peat and other organic soils (ASTM D2974-00). American Society of Testing and Materials. West Conshohocken, USA, 4 P.

Bani Neamah, J., Momeni, A., Henman, R. and Farshad, A., 2005. Determining land use by information system technology and remote sensing information in the western watershed of Uromia. Proceedings of the 9th Iran Soil Science Congress, Iran. pp 661-667. (In Persian).

Binford, M., Leslie, C., Britts, R., Barnes, G., Gholz, H. and Smith, S., 2001. Decadal-scale spatial dynamics of land cover, land ownership, land management in industrial and non-industrial forests in the southeastern coastal plain region of the U.S. Paper presented at the International Association of Landscape Ecology Annual Meeting, Tempe, Arizona, USA, April 25–29, 2001.

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-03]

Dissanayaka, D., Udumann, S., Dissanayake, D., Nuwarapaksha, T. and Atapattu, A.J., 2023. Review on aquatic weeds as potential source for compost production to meet sustainable plant nutrient management needs. *Waste*,1(1):264-280. http://doi.org/10.3390/waste1010017.

Filizadeh, Y., 2002. An ecological investigation into the excessive growth of Azola in the Anzali lagoon and its control. *Iranian Journal of Natural Resources*,55(1):65-80. (In Persian).

Filizadeh, Y. and Khodaparast, S.H.A., 2005. Investigation of the excesive growth of aquatic plants on water quality in Anzali lagoon, south-western Caspian sea. *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 13(4):139-150. (In Persian). http://doi.org/10.29252/ijpb.2019.117420168

Ghahraman, A. and Atar, F., 2003. Anzali wetland in danger of death (an ecologic-floristic research). *Journal of Environmental Studies*, 28:1-38. (In Persian).

Haghighi Khomami, M., Tajaddod, M.J., Ravanbakhsh, M. and Jamalzad, F.F., 2021. Vegetation classification based on wetland index using object based classification of satellite images (Case study: Anzali wetland). *Journal of RS and GIS for natural resources (Journal of applied RS and GIS thechniques in natural resource science)*, 12: 1-4. (In Persian). http://doi.org/10.22059/girs.2021.314232.1009.

Hosseinjani, A., Ahmadnejad, M., Mehdizadeh, G., Sadeghinejad Masoleh, A., Sohrabi, T. and Saberi, H., 2017. Study of aquatic plant biomass assessment and their relationship with environment parameters in west of Anzali wetland. *Wetland Ecobiology*, 9:69-78. (In Persian).

Jalili, A., Hamzeh, B., Asri, Y., Shirvani, A., Khoshnevis, M., Pakparvar, M., Akbarzadeh, M., Safavi, R., Farzaneh, Z., Shahmir, F., Kazemi Saeid, F. and Bahernik, Z., 2009. Investigation on ecological pattern governing Anzali lagoon vegetation and their roles in ecosystem managment. *Journal of Science of University of Tehran*, 35(1):51-57. (In Persian).

Johnson, J.A. and Newman, R., 2011. A comparison of two methods for sampling biomass of aquatic plants. *Journal of Aquatic Plant Management*, 49:1-8.

Khavarinezhad, A., 1968. Vegetation of Anzali Wetland and adjacent rivers. Institute of Scientific and Industrial Fish Research, Document number 9, 16 P. (In Persian).

Kimbal, K. and Kimbal, S., 1974. Limnology studies of Anzali Wetland. Report of Fishery Organization and DOE, Guilan Fisheries Research center, Bandar Anzali, 114 P.

Kurniawan, S.B., Ahmad, A., Said, N.S.M., Imron, M.F., Abdullah, S.R.S., Othman, A.R., Purwanti, I.F. and Hasan, H.A., 2021. Macrophytes as wastewater treatment agents: Nutrient uptake and potential of produced biomass utilization toward circular economy initiatives. *Science of the Total Environment*, 790:148219. DOI:10.1016/j.scitotenv.2021.148219.

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-03]

Madsen, J.D. and Wersal, R., 2017. A review of aquatic plant monitoring and assessment methods. *Journal of Aquatic Plant managment*, 55:1-12. DOI:10.1614/JAPM-D-16-00029.

Mirzajani, A., Naderi, S. and Parvaneh Moghadam, D., 2019. Distribution survey and some biological aspects of Water Hyacinth in Anzali Wetland, Guilan province. *Journal of Plant Biological Sciences*, 11:51-62. (In Persian). DOI:10.22108/ijpb.2019.114456.1131.

Mirzajani, A., 2020. Distribution ecological studies and controlling methods of water hyacinth in Anzali wetland. Final report No. 57203. Iranian Fisheries Research Institute, Inland water aquaculture research center, Agriculture Research, Education and Extention Organization, 90 P (In Persian).

Mirzajani, A., Daghigh Roohi, J. and Mohammadidost, R., 2020a. Investigation of distribution and abundance of aquatic plants dominant in the western part of Anzali Wetland. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, 33:1014-1024. (In Persian).

Mirzajani, A., Ghane, A., Bagheri, S., Abbasi, K., Sayadrahim, M., Salahi, M. and Lavajoo, F., 2020b. Diet survey and trophic position of *Macrobrachium nipponense* in the food web of Anzali Wetland. *Wetlands*, 40:1229-1239. DOI:10.1007/s13157-020-01278-5.

Monavari, S.M., 2000. Ecological survey of Anzali lagoon. Gilkan publication, Rasht. 227 P. (In Persian).

Parsons, J.K., 2001. Aquatic plant sampling protocols. Washington State Department of Ecology, Environmental Assessment Program, Olympia, Washington, USA. 42 P.

Ramsar convention Bureau, 2014. Information sheet on Ramsar Wetland. Gland, Switzerland: Ramsar Convention Secretariat.

Sepid-Ab-Shomal, 2014. GIS survey for the Anzali Wetland ecological management project-phase II. A report for JICA. Department of Environment, Rasht. 39 P.

Zahed, S., Asri, Y., Yousef, M. and Moradi, A., 2013. Flora, life forms and chorotypes of plants in Selkeh lagoon, north. Iran *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, 26(3):301-310. (In Persian).

Zehzad, B., 2017. Anzali wetland plants: list of vascular plants. Nourth Green Books, Lahijan, Iran. 106 P.

Zehzad, B. and Mirzajani, A., 2018. Vascular plants of Salakeh wildlife refuge. Nourth Green Books, Lahijan, Iran. 184 P. (In Persian).

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-03]