Journal of Environmental Studies

Vol. 46, No. 3, Autumn 2020

Journal Homepage: www.Jes.ut.ac.ir
Online ISSN 2345-6922 Print ISSN: 1025-8620

Application of Linear Planning in Measuring the Feasibility of Shadegan Wetland Indicative According to Ramsar Convention Criteria

Document Type
Research Paper

Received
June 22, 2020

Accepted
October 22, 2020

Asma Rafei[1], Afshin Danehkar[1*], Mehdi Zandebasiri[2], Masoud Bagherzadeh karimi[3]

1 Department of Environmental Science, Faculty of Natural Resources, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
2 Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Khatam Alanbia University of Technology, Behbahan, Iran.
3 Department of Environment, Tehran, Iran & Urmia Basin Chair, Iran and Water Resource Management Company, Ministry of Energy, Tehran, Iran

DOI: 10.22059/JES.2021.318819.1008143

Abstract

Wetlands are known as valuable ecosystems that have programmable functional values due to their diverse functions. The Ramsar Convention contains criteria for international wetlands that each wetland must meet in order to be recognized as an international wetland. According to the first criterion of this convention, it is an international wetland that is unique, rare and unique. Therefore, the fulfillment of this criterion in Shadegan wetland was examined using linear programming and Lingo software. The purpose of this study is to introduce the optimal conditions for the wetland and calculate the total area and area related to the types of aquatic habitats. The model defined in Lingo includes the calculation of 81,000 hectares as the optimal total area and 100,48,11,000 hectares as the optimal area for the three areas of sweet, salty and salty. The area of the three zones in the current situation through the water index was equal to 100,27,8. Through the ratio between the current situation and the optimal one, the minimum acceptable area was also estimated. The results of this study indicated that the first criterion of the Convention is met in the current conditions of the wetland.

Keywords: Shadegan Wetland, Linear Planning, Ramsar Convention, Lingo Software, Index Wetland

* Corresponding author Email: danehkar@ut.ac.ir

Expanded Abstract

Introduction

Wetlands are known as valuable ecosystems that due to their diverse functions, have programmable functional values (economic, social, ecological. Wetland conservation is a priority for most governments and communities. Wetland extinction is associated with the extinction of the functions and services of these ecosystems. Valuable services and functions of wetlands include water storage and flood prevention, nutrient stabilization, crop and aquatic harvest, biodiversity conservation and nature development, primary production, waste decomposition, food networks, rotation of elements and gases (rotation of phosphorus, nitrogen, sulfur). Considering the importance of wetlands in the protection of biodiversity and emphasizing the approach and the role they play in meeting the needs of human societies, also for the wise use of these ecosystems, the Convention on the Conservation of Wetlands of February 2, 1971 (13 Bahman 1349) was formed in the city of Ramsar. The purpose of the Ramsar Convention is to ensure the protection and reasonable use of wetlands through local, regional, national and international cooperation measures to achieve sustainable development around the world. Following the introduction of eligibility criteria for the Ramsar Convention, the same criteria will be used for the optimal management of wetland host countries. Accordingly, a list is published in the Ramsar Convention called the Montreux List, which refers to wetlands that have deviated from the Ramsar Convention criteria and are temporarily removed from the list of Ramsar wetlands. The Montreux List is an international list of wetlands where changes in the environmental characteristics of wetlands have occurred or are occurring, which could be the product of technological changes, pollution, or other human interventions. The host countries have the opportunity to improve the reduced standards and return the wetland to the Ramsar list by improving management and improving conditions. Currently, 47 wetlands from 26 countries are on the Montreux list, of which the most Montreux sites are in Greece with 7 sites, followed by Iran with 6 sites. Currently, one of the challenges facing the country in the field of wetland management is the existence of 6 Ramsar sites in the Montreux list, and many efforts are being made by the Wetlands Office in the Environmental Protection Agency to remove these wetlands from the Montreux list. However, achieving a coherent and programmable methodology can accelerate this process and be based on scientific principles. Shadegan International Site is one of the wetlands registered in Ramsar Convention, which along with Khoralamieh and Khor Musa with an area of 400,000 hectares in 1975 (04/02/1354 solar) four years after the conclusion of the Ramsar Convention with reference number 2100 Ramsar was registered. After developing the criteria of Ramsar Convention, this wetland was identified as complying with criteria 1 to 6 of the Convention. Unfortunately, in the last two decades, the development of human activities in the field of industry and agriculture has disrupted the natural conditions of this wetland and has caused a decrease in the quality of environmental conditions and loss of the wetland's eligibility in some criteria of the convention. To date, no study has been conducted to remove wetlands from the Montreux list using operational research methods. Thus, the introduction of linear models in the context of examining the conditions mentioned for this ecosystem feels more valuable than ever. This study was conducted with the aim of deciding to explain the conditions of one of the country's wetlands in the Montreux list in the Ramsar Convention. The purpose of this study is to use linear programming in optimizing Shadegan wetland in fulfilling the first criterion of Ramsar Convention, in order to evaluate the status of this criterion in Shadegan site in order to help it be removed from the Montreux list. In this research, the linear planning model with the objectives: 1- Determining the values of target variables in the three zones of Fresh water, braekish and lush of the wetland 2- Determining the total optimal amount of wetland of the wetland in the framework of criteria 1 of Ramsar Convention, will be examined. This research seems to be the first use of linear programming to analyze the status of Ramsar Convention criteria, and no other similar approach is observed both at home and abroad.

Materials and Methods

International Religion in Iran, in the Ozon Plain, east longitude 48 degrees 19 minutes and 16 seconds to 49 degrees and 3 minutes and 44 seconds and north latitude 29 degrees and 55 minutes 44 seconds to 38 degrees and 28 minutes and 42 Seconds have occurred. Ramsar site in this complex includes all

the wildlife sanctuaries of Shadegan (equivalent to 328923 each) in addition to Khoralamieh and Khormousi in a total area of 400 thousand hectares. Shadegan Wildlife Sanctuary was included in the list of areas under the protection of environmental zones in 1351 due to its habitats. Linear planning is a part of planning models that is related to the issue of allocating the efficiency of resources limited to specific activities in order to achieve the desired goal. Since all mathematical equations of this model have a degree of nature, it is known as a linear model. The linearity of the relations means that the algebras have no power (such as X to the power of 2), the product of two algebras (such as XY) and the product of their division (such as X / Y) does not exist in the relations. In general, the ax + by relation indicates a linear relationship in which a and b are fixed numbers and x and y are algebraic (Hillier and Lieberman, 2003). Also in order to optimize (maximize or minimize) the dependent variable, ie maximize the goal (production, product, result, achievement) and minimize the constraints and obstacles (costs, depreciation costs, distractions and inhibitors), linearly to a set of Independent variables are related. In this study, linear programming for optimal conditions of area and water quality ranges of Shadegan wetland based on its optimal condition has been used as one of the wetlands under Ramsar list. The relevant model was considered as a minimum, so that the minimum area of the wetland in optimal conditions is a certain amount (minimum acceptable area). The minimum function was used for linear planning to consider the minimum share of the wetland water area and to examine the possibility of comparing the current and critical conditions of the wetland with an acceptable limit. In line with this objective function, limitations were considered in relation to the three mentioned zones. Since the representation of Shadegan wetland is in the combination of three fresh-saline-saline water environments, the three variables of freshwater, saline and saline water area were considered as indicators of "rare and unique wetland". The water area was estimated by estimating the water index in ArcGIS 10.5 software. In order to form a model based on linear programming in relation to the definition of constraints, the conditions considered for defining the model based on the maximum area of the wetland water area in the study period from 1999 to 2019 were considered. As a result of this process, in 2002 had the largest water area of the wetland (159,000 hectares) in the mentioned time period. Later this year, it was considered as the most optimal water area of the wetland and as a basis for creating model constraints. Considering the role of the wetland in the Ramsar Convention in supporting the diversity and population of waterfowl, in order to estimate the coefficient of each variable, the number of birds dependent on three water zones and the ratio of the number of birds in each habitat to the total bird population of the wetland were considered. For this purpose, waterfowl diversity and population statistics were used from 1999 to 2019. According to the dependence of birds on different aquatic environments, they were divided into 5 categories: 1) birds that are present only in freshwater habitats, 2) birds that are present only in saline habitats, 3) birds that are present in both freshwater and water There are birds, 4) birds that are present in both brackish and brackish waters, 5) birds that are present in all water areas. Thus, based on the dependence of waterfowl on different habitats, coefficients of variables and compositional constraints were considered in this model. Considering that all waterfowl and shorebirds were considered in this study, the coefficients of the variables were calculated as normal. Due to the simple and flexible modeling in Lingo programming environment, this software was used for coding and numerical solution of the model. Lingo is a comprehensive set of tools for designing and solving mathematical optimization models in the best and simplest form and with high efficiency. Lingo is an integrated software package with powerful language for demonstrating optimization models and the optimal environment for building and editing operational research problems.

Discussion of Results

This study was conducted with the aim of making a reasoned decision to explain the conditions of one of the country's wetlands in the Montreux list in the Ramsar Convention. Thus, for the first time, linear programming has been used to analyze the status of the Ramsar Convention criteria, and no other similar approach has been observed at home or abroad. However, this approach has been used for other environmental decisions that focus on wetlands with economic approaches to rehabilitation. Morever, in examining the application of linear programming in the allocation of different land uses, identified the relevant limiting factors in the model and reduced the level of protected forest lands in

favor of rangeland management. In comparison with the present study, in this way, the constraints and the optimal limit of each can be used to reach an acceptable water area. Likewise, in examining the application of linear programming in cost and time exchange, have reported that optimizing the time of activities in Zagros forest management depends on the management of socio-economic issues to reduce the sensitivity of ecosystem fragility. As in this study, wetland ecosystems are sensitive and the establishment of conservation and support programs for bird habitats and the minimum water supply program can be the main bottlenecks in the management of wetland ecosystems to optimize water areas and habitat protection. Birds should be considered.

According to the linear model proposed for the diversity of wetland aquatic habitats, the amount of global optimal and the values of each zone were estimated separately. The results obtained from Lingo software, which indicates the area of three zones in optimal conditions, were mentioned. The output of the objective function, which expresses the minimum acceptable area according to the role of the three habitats, was determined according to the output of Lingo software equal to 81 (equivalent to 81,000 hectares) and considering that this function is of the minimum type, This number indicates the lowest wetland area in the role of indicator habitat. Conditions below this area can interfere with such a function, so areas above this area are considered desirable based on this model. In practice, the minimum acceptable area of the wetland due to the limitations is 81,000 hectares, and below this amount, the wetland is on the verge of leaving criterion 1. Another result of this area is the relative share of Fresh water, braekish, and salt water wetland blue bodies. Considering the relative share of these areas in the highest area of the wetland, equal to 63, 30 and 7%, respectively, the area share of each water body in the minimum acceptable conditions, equivalent to 51 thousand hectares, fresh water body, 24 thousand Hectares will be the body of salt water and 6,000 hectares will be the area of brackish water. Therefore, while the minimum area of the wetland needs to be provided, the area of at least three types of wetland water quality needs to be guaranteed to meet the first criteria of the Ramsar Convention.

Conclusions

In order to study the variables involved in the return of the wetland to the Ramsar Convention, the objective function of the first criterion of the Convention in Shadegan Wetland was defined as Equation 2. This relationship is the model of the linear model of Shadegan International Wetland with respect to the share of freshwater, saline and saline sections. The relation obtained from this criterion is as follows that the Z function of "diversity of aquatic habitats" was considered as the indicator of the representative wetland:

$MINZ= 0.08X_1 + 0.36(X_1+X_3) + 0.49(X_2+X_3) + 0.08X_2$ Equation 2

S.t:

$X_1+ X_3>= 111;$

$X_2+X_3>=59;$

$X_1>=100;$

$X_2>=48;$

In relation model 1; Z The minimum area of the wetland was defined by the diversity of aquatic habitats (Fresh water-braekish-salt water wetland). The variables of the linear programming model are X1 freshwater area under optimal conditions, X2 saline area under optimal conditions and X3 freshwater area under optimal conditions.

According to the output of the linear programming model in Lingo software, the optimal areas of the three zones in the time range under study are equal to 100,000 hectares of freshwater, 48,000 hectares of saline and 11,000 hectares of saline. Assessment of the current status of the wetland based on the calculation of water index in ArcGIS 10.5 software for 2019 showed the area of the wetland in this year is 96 thousand hectares, the share of fresh water, saline and saline in this year is equal to 60 thousand, 27 thousand respectively And 8,000 hectares.

محیط‌شناسی، دورهٔ ۴۶، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۹، صفحهٔ ۵۱۷- ۵۳۶

کاربرد برنامه ریزی خطی در سنجش تحقق پذیری شاخص بودن تالاب شادگان با توجه به معیارهای کنوانسیون رامسر

اسماء رافعی[۱]، افشین دانه کار*[۱]، مهدی زند بصیری[۲]، مسعود باقرزاده کریمی[۳]

۱ گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

۲ گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء، بهبهان، ایران

۳ سازمان محیط زیست تهران و رئیس حوزه آبریز دریاچه ارومیه، شرکت مدیریت منابع ایران، وزارت نیرو، تهران، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۸/۱ تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۹/۵/۱٤

چکیده

تالاب‌ها ازجمله اکوسیستم‌های با ارزش شناخته می‌شوند که به سبب عملکردهای متنوع خود، ارزش‌های کارکردی قابل‌برنامه‌ریزی دارند. کنوانسیون رامسر شامل معیارهایی برای تالابهای بین المللی است که هر تالاب باید به این معیارها عمل کند تا به عنوان تالابی بین المللی شناخته شود. با توجه به معیار نخست این کنوانسیون، تالابی بین‌المللی است که شاخص و کمیاب و منحصر به فرد باشد. از این رو تحقق این معیار در تالاب شادگان با استفاده از برنامه ریزی خطی و نرم افزار لینگو مورد بررسی قرار گرفت. هدف از انجام این پژوهش معرفی شرایط بهینه برای تالاب و محاسبه مساحت کلی و پهنه مربوطه به تفکیک انواع زیستگاه آبی است. مدل تعریف شده در لینگو شامل محاسبه مقدار ۸۱ هزار هکتار به عنوان مساحت کلی بهینه و مقادیر ۱۰۰،۴۸،۱۱ هزار هکتار به عنوان مساحت بهینه برای سه پهنه شیرین، شور و لب شور است. مساحت سه پهنه در وضعیت موجود از طریق شاخص آبی برابر با ۱۰۰،۲۷،۸ شد. از طریق نسبت گیری بین وضع موجود و بهینه، حداقل مساحت قابل قبول نیز برآورد شد. نتایج این بررسی حاکی از آن بود که معیار نخست کنوانسیون در شرایط فعلی تالاب تأمین می شود.

کلید واژه

تالاب شادگان، برنامه‌ریزی خطی، کنوانسیون رامسر، نرم‌افزار لینگو، تالاب شاخص

سرآغاز

تالاب‌ها ازجمله اکوسیستم‌های با ارزش شناخته می‌شوند که به سبب عملکردهای متنوع خود، ارزش‌های کارکردی قابل‌برنامه‌ریزی (اقتصادی، اجتماعی، اکولوژیک) دارند (Russi et al., 2013). حفاظت از تالاب‌ها برای اغلب دولت‌ها و جوامع اولویت دارد. ازبین‌رفتن تالاب‌ها، با ازبین‌رفتن عملکردها و خدمات این اکوسیستم‌ها همراه است (Cohen et al., 2016). ازجمله خدمات و کارکرد ارزشمند تالاب‌ها می‌توان به ذخیره‌سازی آب و پیشگیری از جریان‌های سیلاب (Rains et al., 2016)، تثبیت مواد مغذی، برداشت گیاه و آبزیان، حفظ تنوع زیستی و توسعه‌ی طبیعت‌گردی (Mushet et al., 2015)، تولید اولیه، تجزیه پسماند، شبکه‌های غذایی، چرخش عناصر و گازها (چرخش فسفر، نیتروژن، سولفور) اشاره نمود (جی‌واندر والک، ۱۳۹۲). با توجه به اهمیت تالاب‌ها در حفاظت از تنوع زیستی و با تأکید بر رویکرد و نقشی که آن‌ها در تأمین نیازهای جوامع انسانی ایفا می‌کنند، همچنین به

* نویسندهٔ مسئول: Email: danehkar@ut.ac.ir

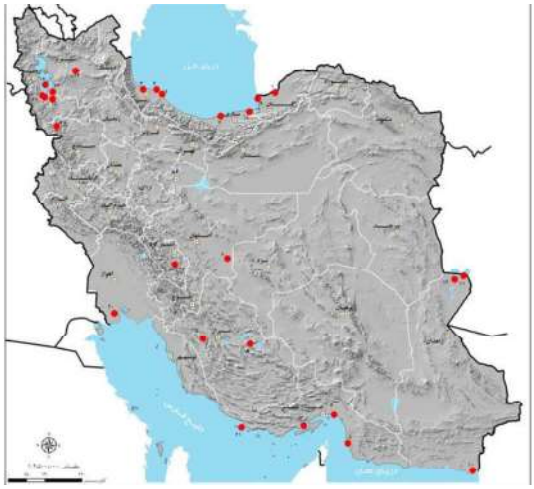
DOI: 10.22059/JES.2021.318819.1008143
DOR:20.1001.1.10258620.1399.46.3.4.7

منظور استفاده‌ی خردمندانه از این اکوسیستم‌ها، کنوانسیون حفاظت از تالاب‌ها در تاریخ ۲ فوریه سال ۱۹۷۱ (۱۳ بهمن ۱۳۴۹) در شهر رامسر شکل گرفت (Ramsar/c, 2019). هدف کنوانسیون رامسر، تضمین حفاظت و استفاده‌ی معقول از تالاب‌ها از طریق اقدامات محلی، منطقه‌ای، ملی و همکاری بین‌المللی در جهت نیل به توسعه‌ی پایدار در سراسر جهان است (رمضانی‌قوام‌آبادی و سنایی‌پور، ۱۳۹۲).

در حال حاضر ۱۷۱ کشور با تحت پوشش قرار دادن ۲۴۰۹ سایت تالابی، در مجموع به مساحت بیش از ۲۵۴ میلیون هکتار در حفاظت از این پیکره‌های آبی تحت برنامه کنوانسیون رامسر، مشارکت دارند (Ramsar/c, 2019). ایران، ۲۵ سایت درمجموع با مساحت حدود ۱/۵ میلیون هکتار را در فهرست کنوانسیون رامسر به ثبت رسانده است. با این‌وجود عرصه‌های ثبتی در کنوانسیون رامسر از مجموعه‌ی تالابی و دریاچه‌ای کشور، تنها شامل پیکره‌ی آبی نیست و عرصه‌های خدماتی پیرامون تالاب طبیعی و حتی مجموعه‌ای از تالاب‌های طبیعی و انسان‌ساخت را نیز شامل می‌شود (مانند سایت فریدون‌کنار) و در مواردی بیش از یک تالاب با یک عنوان در فهرست رامسر قرارگرفته است. بنابراین سایت‌های ثبتی ایران در فهرست رامسر دربرگیرنده‌ی ۴۱ دریاچه و تالاب مختلف است. جدیدترین تالاب کشور در فهرست رامسر، دریاچه‌ی زریوار است که در سال ۱۳۹۸ (برابر با۲۰۱۹) به فهرست کنوانسیون رامسر راه یافت. از طرفی بزرگ‌ترین پهنه‌ی آبی کشور در فهرست رامسر دریاچه‌ی ارومیه با وسعت حدود ۴۸۰ هزار هکتار و کوچک‌ترین تالاب کشور در این فهرست بین‌المللی، لپوی فریدون‌کنار با وسعت ۴۸ هکتار است. (شکل۱) (Bagherzadeh Karimi and Rouhany, 2007). کنوانسیون رامسر برای گزینش تالاب‌های واجد شرایط برای ورود به پیکره‌های آبی حائز اهمیت بین‌المللی، معیارهایی را از سال ۱۹۸۰ تدوین و پایه گذاری نمود که در سال ۱۹۹۶ آن‌ها را بازبینی نموده است. معیارهای اخیر مشتمل بر ۹ معیار در دو گروه مجزا از یکدیگر هستند. مطابق گروه اول معیارهای کنوانسیون، تالاب می‌بایست "نمونه‌ای شاخص کمیاب یا منحصربه‌فرد" باشد (Ramsar, 2009).

به دنبال معرفی معیارهای شایستگی کنوانسیون رامسر، همین معیارها برای مدیریت بهینه‌ی کشورهای میزبان تالاب‌ها مورداستفاده قرار می‌گیرد. بر همین اساس، فهرستی در کنوانسیون رامسر به نام فهرست مونترو[1] منتشر می‌شود که مربوط به تالاب‌هایی است که از معیارهای کنوانسیون رامسر فاصله گرفته‌اند و به‌طور موقت از فهرست تالاب‌های رامسر خارج می‌شوند. فهرست مونترو، فهرستی از تالاب‌های بین‌المللی است که تغییراتی در ویژگی‌های محیط‌زیستی تالاب‌ها رخ‌داده یا در حال وقوع است که می‌تواند محصول تحولات تکنولوژیک، گسترش آلودگی و یا دیگر دخالت‌های انسانی باشد (Ramsar, 2010). کشورهای میزبان فرصت دارند تا با ارتقاء مدیریت و اصلاح شرایط، معیارهای فروکاسته را بهبود داده و تالاب را به فهرست رامسر بازگردانند. در حال حاضر ۴۷ تالاب از ۲۶ کشور در فهرست مونترو قرار دارد (Ramsar, 2016) که بیشترین سایت‌های مونترو مربوط به کشور یونان با ۷ سایت و پس‌ازآن مربوط به ایران با ۶ سایت است. در حال حاضر یکی از چالش‌هایی که کشور در حوزه‌ی مدیریت تالاب‌ها با آن مواجه است، وجود ۶ سایت رامسری کشور در فهرست مونترو است و تلاش‌های فراوانی توسط دفتر تالاب‌ها در سازمان حفاظت محیط‌زیست برای خروج این تالاب‌ها از فهرست مونترو صورت می‌گیرد. با این‌وجود دست‌یابی به یک روش‌شناسی منسجم و قابل‌برنامه‌ریزی می‌تواند این فرآیند را تسریع و مبتنی بر اصول علمی نماید. سایت بین‌المللی شادگان یکی از تالاب‌های ثبت‌شده در کنوانسیون رامسر است که به همراه خورالامیه و خور موسی با وسعتی بالغبر ۴۰۰ هزار هکتار در سال ۱۹۷۵ میلادی (۱۳۵۴/۰۴/۰۲ خورشیدی) چهار سال پس از انعقاد کنوانسیون رامسر با شماره مرجع 21R006در کنوانسیون رامسر ثبت شد (Ramsar/a, 2019). پس از تدوین

معیارهای کنوانسیون رامسر، این تالاب منطبق با معیارهای ۱ تا ۶ کنوانسیون تشخیص داده شد. متأسفانه در دو دهه اخیر، توسعه‌ی فعالیت‌های انسانی در حوزه‌ی صنعت و کشاورزی، شرایط طبیعی این تالاب را مختل نموده و سبب افت کیفیت شرایط محیط‌زیستی و از دست دادن شایستگی تالاب در برخی معیارهای کنوانسیون شده است به‌نحوی‌که این سایت از سال ۱۳۷۲ وارد فهرست مونترو شد (Ramsar/b, 2019).



شکل۱. فهرست تالاب‌های بین‌المللی ایران

در زمینه مطالعات گذشته در زمینه مدیریت تالاب‌ها، Stralberg و همکاران (۲۰۰۹) طی مطالعه‌ی بهینه‌سازی احیا و مدیریت تالاب برای جوامع پرندگان، با استفاده از یک رویکرد برنامه‌نویسی عدد صحیح، نشان دادند که در حوضچه‌های نمکی خلیج‌های سانفرانسیسکو امکان تصمیم‌گیری برای حفاظت از آن‌ها با بهینه‌سازی از طریق برنامه‌نویسی عدد صحیح[۲] وجود دارد. Maleki و همکاران (۲۰۱۷) در مطالعه‌ای بازیابی عملکرد تالاب و اولویت‌بندی شاخص‌های قابل‌ترمیم، از سیستم تصمیم‌گیری چند معیاره[۳] استفاده کردند. بر اساس نتایج این پژوهش مدلی تولید شد که تعیین کند کدام اولویت در هر مقدار حجم آب قابل بازیابی است. به این ترتیب برای تصمیم گیرندگان مشخص می شود که مناطقی را برای بازسازی در حجم های مختلف آب انتخاب کنند. Lu و همکاران (۲۰۱۸) طی پژوهشی چندین فاکتور را از طریق یک چارچوب کلی سیستم تصمیم‌گیری پشتیبان شناسایی کرده و به محاسبه شاخص‌های امنیت محیط زیستی و شاخص‌های نسبی اکوسیستم جنگلداری و سه زیرسیستم جنگل، تالاب و بیابان در سطح ملی و استانی پرداختند نتایج این روش دستیابی به تغییر مثبت در وضعیت امنیت محیط زیستی جنگل و تغییر منفی در امنیت محیط زیستی تالاب و کویر است. بهینه سازی پارامترهای مرتبط با تالاب‌ها می‌تواند راهنمای عمل مناسبی برای خروج از فهرست مونترو را در اختیار مدیریت محیط زیست و تالاب های کشور قرار دهد. پژوهش‌های عملیاتی[۴] یکی از شاخه های دانش مدیریت بوده که در زمینه بهینه سازی این فرآیند می تواند موثر واقع شود. برنامه‌ریزی خطی[۵] به عنوان یکی از پایه‌ای‌ترین روش ها در پژوهش عملیاتی می تواند ابزار مناسبی برای بهینه سازی پارامترهای مذکور ارائه دهد (Tan et al., 2018).

در مطالعات داخل کشور با محوریت تالاب شادگان، گلاب کش و عدیوی (۱۳۸۶) در مقاله‌ای با عنوان بررسی آلاینده‌های صنعتی و کشاورزی در تالاب شادگان، به ارائه یکسری راهکارهای مدیریتی و حفاظتی، پرداختند. مطابق نتایج به‌دست آمده گسترش فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی در حاشیه‌ی تالاب در سال‌های اخیر دگرگونی‌های شدیدی در حیات تالاب ایجاد کرده است. در این مطالعه فعالیت‌های مخرب شناسایی و راهکارهایی ازجمله تصفیه‌ی فاضلاب و گازهای خروجی، حفظ نیزارها در مسیر پساب‌روها، منحصر کردن طرح‌های توسعه به مناطق حائل و حفاظت و محصور کردن لندفیل موجود برای بهسازی شرایط بوم‌شناختی تالاب پیشنهاد شد.جعفری آذر و همکاران (۱۳۹۶) در مقاله‌ای از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در ارزیابی مخاطرات محیط‌زیستی تالاب بین‌المللی شادگان، خورالامیه و خورموسی استفاده کردند. با توجه به اهمیت حفاظت از محیط‌زیست بالأخص اکوسیستم‌های آبی و تالاب‌ها، این تحقیق باهدف شناسایی عوامل تخریب و تهدید تالاب بین‌المللی شادگان،

خورالامیه و خورموسی استفاده شد تا قوانین کارآمد و مکانیسم‌های مناسب در برخورد با تخریب‌کنندگان و مدیریت صحیح و پایدار، صورت گیرد. نتایج اولویت‌بندی ۳۵ عامل ریسک در دو گروه طبیعی و زیست‌محیطی (ریسک‌های فیزیکوشیمیایی، بیولوژیکی، اقتصادی- اجتماعی و فرهنگی) بر اساس سه شاخص شدت اثر، احتمال وقوع و حساسیت محیط پذیرنده شد. رافعی و امینی نسب (۱۳۹۹) در پژوهشی اثر پارامترهای اقلیمی بر روی شاخص های تراکم و تنوع پرندگان زمستان گذر آبزی و کنار آبزی تالاب بین المللی شادگان در سالهای ۱۳۹۴-۱۳۹۰بررسی کردند. با استفاده از داده‌های مربوط به جمعیت پرندگان آبزی و کنار آبزی در سال‌های ۹۰ الی ۹۴ و همچنین پارامترهای اقلیمی، رابطه بین پارامترهای اقلیمی و شاخص های تنوع زیستی پرندگان زمستان گذر را در این تالاب تعیین کردند. نتیجه این پژوهش نشان داد که این سه پارامتر اقلیمی تاثیر عمده ای بر روی جمعیت و تراکم پرندگان آبزی وکنار آبزی نداشته اند و عوامل و فعالیت های انسانی یا تاثیر متقابل این فعالیت ها با پارامترهای اقلیمی نقش بیشتری در نوسانات جمعیتی و تنوع زیستی پرندگان آبزی و کنارآبزی داشته است. خان‌پور و همکاران (۱۳۹۱) در بررسی روند احیاء و بازسازی تالاب‌های بین‌المللی آلاگل، آلماگل و آجی گل، دریافتند که با توجه به تغییرات شدیدی که در فاکتورهای اکولوژیک این تالاب‌ها طی دو دهه رخ‌داده بود، این تالاب‌ها در سال ۱۹۹۳ در لیست قرمز کنوانسیون رامسر وارد شدند. در ادامه با بررسی چهار محور ایجاد تعامل بین ترجمان‌های ذی‌ربط، تعیین محدودیت‌های بهره‌برداری بی‌رویه از تالاب‌ها، کنترل تغییر کاربری اراضی حاشیه‌ی تالاب و ساماندهی فعالیت‌های مختلف، پس از اجرای برنامه مدیریتی احیا و بازسازی در چند سال اخیر سرانجام این تالاب‌ها در سال ۲۰۰۹ از فهرست قرمز خارج شدند. میرزایی و زیبایی (۱۳۹۸) پژوهشی به منظور احیا و بازسازی تالاب جازموریان انجام دادند. این پژوهش با هدف برآورد ارزش کل اقتصادی برنامه های احیا و حفظ تالاب جازموریان در استان کرمان بررسی شد. از روش مصاحبه محلی و پرسشنامه در ارتباط با خانوار ساکن تالاب و روش کوپر برای طراحی بهینه ارزشگذاری اقتصادی انجام شد. در نتیجه رقم سرمایه گذاری برای احیا و بازسازی تالاب محاسبه شد که از این طریق این تخمین ها می تواند جهت توجیه سطح مخارج برنامه های احیا و حفظ تالاب جازموریان استفاده شود.

در مطالعات مربوط به برنامه ریزی خطی، شمسی و همکاران (۱۳۸۴) از برنامه ریزی خطی در تخصیص زمین به کاربری های مختلف در حوزه آبخیز کلیبرچای وسطی استفاده کردند. بطوریکه مدل برنامه ریزی در این مطالعه به تحلیل ۵۳ متغیر و ۶۲ محدودیت می پردازد منطقه با توجه به توان طبیعی برای تولید محصولات مختلف به زیر منطقه های همگنی تقسیم شده است که این سطوح همگن گروهی از عوامل محدود کننده در مدل را تشکیل می دهند. این مطالعه نشان می دهد که چگونگی مدل برنامه ریزی خطی می تواند با عوامل محدود کننده مکانی و اقتصادی مربوط شود. با استفاده از برنامه ریزی خطی دریافتند مقدار علوفه کاری میتواند با عرضه خوراک تکمیلی، از دامپروری در ۱۲۵۲۱ هکتار مراتع منطقه پشتیبانی نماید و در نتیجه این امر، موجب کاهش سطح اراضی حفاظت شده جنگلی به نفع مرتعداری منطقه شد. فرخزاده و همکاران (۱۳۹۶) به‌منظور بررسی الگوی کشت در دشت همدان- بهار و تدوین سناریوهای مدیریت منابع آب در بخش کشاورزی، از مدل برنامه‌ریزی خطی و نرم‌افزار لینگو[۶] استفاده کردند. این مدل باهدف تعیین الگوی کشت بهینه، تعیین میزان تخصیص از منابع آب سطحی و زیرزمینی و حداکثر سود حاصل از کشت محصولات تدوین شد. در مطالعه Daghighi و همکاران (۲۰۱۷) از مدل برنامه‌ریزی خطی برای مدیریت منابع آب استفاده شد تا الگوی مناسب کشت را جهت استفاده بهینه منابع آب سطحی تعیین کنند و اثرات مخرب حاصل از آن را به حداقل برسانند. در این پژوهش

با استفاده از برنامه ریزی خطی مشخص شد که تراز منفی آب می تواند به صورت مثبت بهبود یابد، به طوری که در سال ۲۰۴۰ از ۲۰۶ میلیون متر مکعب با ۸ درصد افزایش خالص تولید به ۲۰ میلیون متر مکعب در سال برسد. در پژوهش Mohamadi و همکاران (۲۰۱۷) از برنامه ریزی خطی به منظور شناسایی گونه های مناسب برای کاشت استفاده شد. برای بهینه سازی از یک مدل برنامه ریزی خطی و دو مدل برنامه ریزی خطی عدد صحیح استفاده شد. برای تعیین سطح زمین گونه های مختلف برای کاشت، از یک مدل برنامه ریزی خطی بر اساس طبقه بندی قابلیت های اکولوژیکی استفاده، سپس از دو مدل برنامه ریزی خطی عدد صحیح برای انتخاب کاشت گونه‌ها استفاده شد. به‌وسیله این دو روش گونه های مناسب برای کاشت مشخص شدند. Cai و همکاران (۲۰۱۷) یک برنامه خطی صحیح دوطرفه[۷] که بر اساس عدم قطعیت استوار بود را برای بهینه‌سازی ارزش‌افزوده خدمات اکوسیستم تالابی در Jilin چین به کاربردند. یافته های ما نشان می دهد که مزایای اکولوژیکی و اجتماعی بالاتر با سرمایه گذاری کمتری می‌تواند در الگوی تخصیص اقدامات ترمیمی مطلوب، با استفاده از مدل بهینه سازی قابل اجرا باشد. همچنین Cai و همکاران (۲۰۱۸) در تحقیقی باهدف تهیه مدل بهینه‌سازی برای پروژه‌ی بازسازی تالاب تحت عدم قطعیت، از روش برنامه‌نویسی خطی استفاده کردند. نتیجه‌ی مدل بهینه‌سازی، در مقایسه با طرح اصلی، نشان‌دهنده‌ی دامنه‌ی کاهش اثرات به میزان ۷ تا ۱۵ درصد بود. Zandebasiri و همکاران (۲۰۱۹) در بررسی کاربرد برنامه ریزی خطی در بهینه یابی زمان در مدیریت جنگل‌های زاگرس، این روش را روش مناسبی جهت تبادل زمان و هزینه در مدیریت اکوسیستم‌های جنگلی معرفی نمودند. یافته‌های این تحقیق نشان می دهد امکان صرف هزینه‌های بیشتر برای کاهش زمان در بیشتر فعالیت‌های مرتبط با زوال بلوط در جنگل‌های زاگرس به صرفه نبوده؛ از این رو شرایط فعلی برای مدیریت جنگل‌های زاگرس یک زمان طلایی برای مدیریت اکوسیستم‌های جنگلی زاگرس می‌باشد. در مطالعه Mitra و Basumatary (۲۰۲۰) از برنامه‌ریزی خطی در بهینه‌سازی تولیدات کشاورزی با توجه به محدودیت‌های نیروی کار، زمین و مواد غذایی استفاده شد. بااین وجود مطالعات اندکی در زمینه بازسازی تالاب‌ها و کاربرد برنامه‌ریزی خطی انجام‌شده که این مطالعات درزمینه بررسی بهینه‌سازی هزینه و زمان در فرایند بازسازی تالاب‌ها بوده است. Nair و همکاران (۲۰۲۱) از برنامه ریزی خطی در نرم‌افزار لیندو[۸] به منظور تعیین یک الگوی کشت مطلوب برای به حداکثر رساندن سود خالص منطقه مورد مطالعه ای در هند استفاده کردند. در نتیجه با استفاده از بهینه یابی، تجزیه و تحلیل های مربوطه در ارتباط با حداکثر سازی انجام شد و مشخص شد عملیات بهینه‌یابی، حتی برای پروژه‌های کوچک منابع آب، ماندگاری اقتصادی را تا حد زیادی افزایش می دهد.

تا کنون مطالعه‌ای به منظور خروج تالاب‌ها از فهرست مونترو با استفاده از روش‌های پژوهش عملیاتی صورت نگرفته است. این قبیل روشها با دو عنوان پژوهش های عملیاتی (Operational research) و تحقیق در عملیات که بیشتر در رشته های ریاضی و مهندسی به کار برده می‌شوند مطرح می گردند. پژوهش عملیاتی عبارت است از رویکرد علمی برای تصمیم‌گیری و دستیابی به مطلوبترین یا بهنیه کردن جواب در حالتی که تخصیص منابع محدود در مسئله مطرح باشد. تعریف تابع هدف به منظور دستیابی به جواب بهینه با توجه به محدودیت های بررسی شده در این تحقیق موضوعی از مسائل پژوهش عملیاتی است که در قالب برنامه ریزی خطی که به عنوان یکی از روش¬های پژوهش عملیاتی اعمال شده است (آذر، ۱۳۹۷).

این مطالعه با هدف تصمیم گیری در خصوص تبیین شرایط یکی از تالاب های کشور در فهرست مونترو در کنوانسیون رامسر صورت گرفت. با توجه به مطالب بیان شده در زمینه ضرورت تحقیق اهداف تخصصی در این تحقیق به شرح زیر بیان می‌شود: ۱- تعیین مقادیر متغیرهای

هدف تصمیم در سه پهنه شیرین، شور و لب‌شور تالاب ۲- تعیین مقدار بهینه کلی پهنه آبی تالاب در چارچوب معیار ۱ کنوانسیون رامسر ۳-معرفی شرایط بهینه با کاربرد برنامه ریزی خطی به منظور خروج تالاب از فهرست مونترو ۴- مقایسه شرایط بهینه با شرایط موجود و سطح قابل قبول ۵- تصمیم گیری در ارتباط با شرایط فعلی تالاب در احراز معیار نخست.

مواد و روش بررسی

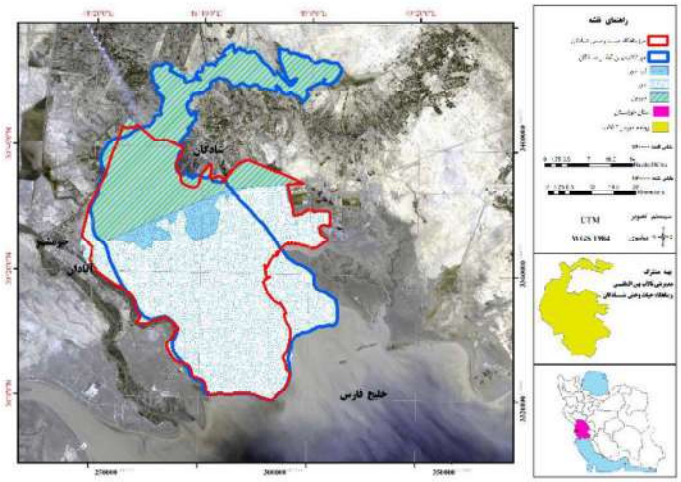
منطقه مورد مطالعه

تالاب بین‌المللی شادگان در جنوب غربی ایران، در جنوب جلگه خوزستان و جنوب شهر شادگان حدفاصل طول شرقی ۴۸ درجه و ۱۹ دقیقه و ۱۶ ثانیه تا ۴۹ درجه و ۳ دقیقه و ۴۴ ثانیه و عرض شمالی ۲۹ درجه و ۵۵ دقیقه ۴۴ ثانیه تا ۳۸ درجه و ۲۸ دقیقه و ۴۲ ثانیه واقع‌شده است (شکل ۲). سایت رامسر در این مجموعه دربرگیرنده‌ی تمام پناهگاه حیات‌وحش شادگان (مساحتی معادل ۳۲۸۹۲۳ هکتار) به‌علاوه خورالامیه و خورموسی درمجموع به وسعت ۴۰۰ هزار هکتار است. پناهگاه حیات‌وحش شادگان به‌واسطه برخورداری از زیستگاه‌های ویژه و بکر، در سال ۱۳۵۱ به فهرست مناطق تحت حفاظت سازمان حفاظت محیط‌زیست وارد شد (سلحشوری و همکاران، ۱۳۹۷).

وسعت سایت شادگان شامل پیکره آبی، پوشش گیاهی و اراضی بدون پوشش، معادل ۴۰۰ هزار هکتار است که سهم بخش شیرین، لب‌شور و شور آن به ترتیب برابر با ۱۳۷ هزار ، ۱۹ هزار و ۲۴۲ هزار هکتار است(جدول ۱). بخش های سه گانه نیز شامل پهنه آبی، پوشش گیاهی وابسته و اراضی بدون پوشش هستند و سهم پیکره آبی از کل گستره تالاب مطابق اطلاعات موجود طی ۲۰ سال اخیر بین ۶ تا حدود ۴۰ درصد محدوده این سایت را شامل شده است. بر اساس محاسبه شاخص آبی، تالاب شادگان در سال ۲۰۰۲ یا وسعتی بالغ بر ۱۵۹ هزار هکتار، بزرگ‌ترین وسعت پیکره آبی در دامنه زمانی مورد مطالعه (۲۰۱۹-۱۹۹۹) را دارا بوده است. سهم پهنه های آبی شیرین، لب‌شور و شور در این زمان به ترتیب برابر با ۶۳٪، ۳۰٪ و ۷٪ از پیکره آبی تالاب را به خود اختصاص دادند. تالاب شادگان، شاخص یک تالاب شیرین- لب‌شور- شور و تنها نمونه ازاین‌دست در میان تالاب‌های کشور و به‌ویژه تالاب‌های تحت فهرست کنوانسیون رامسر در ایران است.

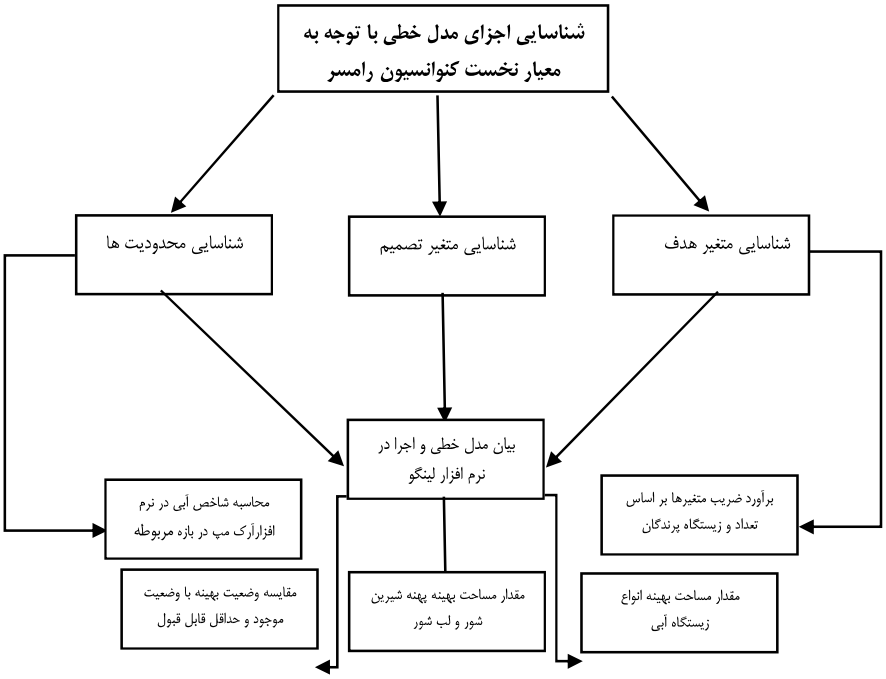
جدول ۱. سطح مناطق مختلف تالاب شادگان (لطفی، ۱۳۸۱؛ غنیان، ۱۳۹۷)

عنوان مدیریتی	شاخص	وسعت (هکتار)	وسعت بخش شیرین	وسعت بخش لب شور	وسعت بخش شور
پناهگاه حیات‌وحش	وسعت پناهگاه	۳۲۷,۰۰۰	۸۲۳۵۰	۱۸۸۹۷	۲۲۶۴۵۳
	سهم	۱۰۰	٪۲۵	٪۶	٪۶۹
تالاب بین المللی رامسر	وسعت کل سایت	۴۰۰,۰۰۰	۱۳۷۹۲۰	۱۹۳۹۰	۲۴۲۶۹۰
	سهم	۱۰۰	٪۳۴	٪۵	٪۶۱
	پیکره آبی تالاب	۱۵۹,۰۰۰	۹۹۸۱۸	۴۷۸۹۶	۱۱۱۷۷
	سهم	۱۰۰	٪۶۳	٪۳۰	٪۷
گستره اکولوژیک	وسعت	۴۳۵,۱۹۰	۱۴۹۴۹۰	۱۹۵۴۰	۲۶۶۱۶۰
	سهم	۱۰۰	٪۳۴	٪۵	٪۶۱



شکل ۲. محدوده مورد مطالعه

روش پژوهش



شکل ۳. فلوچارت مراحل تحقیق

برنامه ریزی خطی بخشی از مدل های برنامه ریزی که به مسئله تخصیص کارایی منابع محدود به فعالیت‌های معلوم، به منظور دستیابی به هدفی مطلوب مربوط می‌شود. از آنجا که تمام معادلات ریاضی این مدل ماهیت درجه یک دارند، به‌عنوان یک مدل خطی شناخته می‌شود (Feylizadeh et al., 2018). منظور از خطی بودن رابطه‌ها این است که دگرسان پذیرها توان نداشته باشند، (مانندX به توان ۲)، حاصل‌ضرب دو دگرسان پذیر (مانندXY) و حاصل تقسیم آن‌ها (مانندX/Y) نیز در رابطه‌ها وجود نداشته باشد. در حالت کلی رابطه ax+by نشان‌دهنده یک رابطه خطی است که a و b عدد ثابت و x و yدگرسان پذیر هستند (هیلیر و لیبرمن، ۱۳۸۲). همچنین در جهت بهینه‌سازی (به حداکثر رساندن یا به حداقل رساندن) متغیر وابسته یعنی بیشینه ساختن هدف (تولید، محصول، نتیجه،

دستاورد) و کمینه‌سازی محدودیت‌ها و موانع (مخارج، هزینه‌های استهلاک، عوامل مزاحم و بازدارنده)، به‌صورت خطی به مجموعه‌ای از متغیرهای مستقل مربوط می‌شود (Breslaw, 1976; Eiselt and Sandblom, 2017).

ساختار کلی توابع در برنامه‌ریزی خطی به شرح رابطه ۱ است که به‌صورت حداقل و حداکثر در نظر گرفته می‌شوند.

رابطه ۱ $\text{Max (Min) } Z=\sum_{j=1}^{n} c_j x_j$

S.t:

$\sum_{i=1}^{m} a_{ij}(\geq,=,\leq)b_i$ i=1,2,….m

x_j (≥ 0 یا $=\leq 0$ یا آزاد در علامت) j= 1,2….n

در این رابطه؛ Z: نمایشگر ارزش تابع هدف (تابع معیار) است که به‌صورت تابع خطی نوشته می‌شود و پس از حل مسئله مقدار آن مشخص می‌شود. x_j: متغیر تصمیم است که نشان‌دهنده مقدار عملکرد یا سطح یک فعالیت (محصول یا خدمت) است و مقدار آن پس از حل مسئله مشخص می‌شود. c_j: ضریب بهره‌وری در تابع هدف است. این ضریب عددی در مسئله معلوم است. a_{ij} :ضریب فنی یا تکنولوژیک یا مقداری از منبع i است که برای انجام یک واحد فعالیت j به‌کاررفته و عددی معلوم در مسئله است. b_i :مقادیر معلوم سمت راست محدودیت‌ها هستند که موجودی منابع یا سقف تقاضا را بیان می‌کنند (هنربخش و همکاران، ۱۳۹۵).

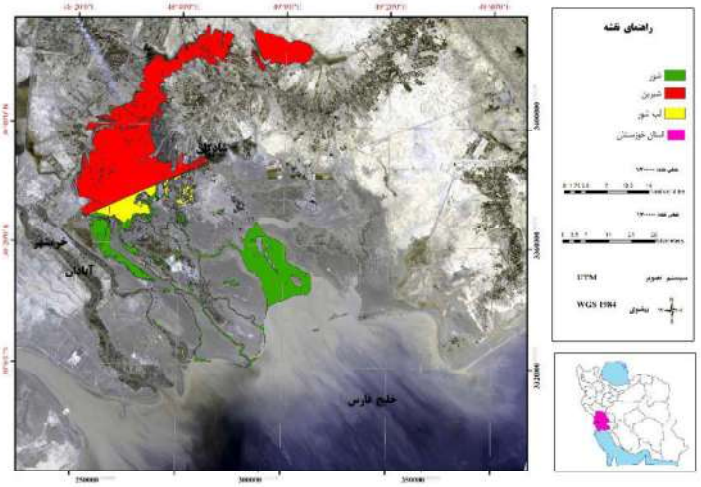
در این مطالعه برنامه‌ریزی خطی برای شرایط بهینه وسعت و گستره‌های کیفیت آبی تالاب شادگان بر پایه وضعیت مطلوب آن به‌عنوان یکی از تالاب‌های تحت فهرست رامسر مورد استفاده قرارگرفته است. مدل مربوطه به‌صورت حداقل در نظر گرفته شد، بطوریکه حداقل مساحت تالاب در شرایط مطلوب، مقدار معینی باشد (حداقل مساحت قابل‌قبول). از تابع حداقل برای برنامه‌ریزی خطی استفاده شد تا حداقل سهم مساحت آبی تالاب در نظر گرفته شود و امکان مقایسه شرایط موجود و بحرانی حاکم بر تالاب با حد قابل‌قبول موردبررسی واقع شود. در راستای این تابع هدف در ارتباط با سه پهنه ذکرشده محدودیت‌هایی در نظر گرفته شد. ازآنجاکه معرف بودن تالاب شادگان، در ترکیب سه محیط آبی شیرین- لب‌شور- شور است، سه متغیر مساحت آب شیرین، شور و لب‌شور به‌عنوان شاخص "تالاب کمیاب و منحصربه‌فرد" در نظر گرفته شدند. مساحت پهنه آبی از طریق برآورد شاخص آبی[9] در نرم‌افزار ArcGIS 10.5 برآورد شد. این شاخص توسط مک فیتز در سال ۱۹۹۶ پیشنهاد شده است. این شاخص آب را در تصاویر و داده‌های سنجش از دوری آشکار سازی می‌کند. به این منظور از باند مادون قرمز نزدیک (NIR) و سبز برای این منظور استفاده می‌شود، بطوریکه آب در باند سبز دارای انعکاس بالا و در باند مادون قرمز نزدیک دارای انعکاس پایین است (شکل ۴) (Mc Feetrs, 1996).

رابطه ۲ $$NDWI = \frac{GREEN-NIR}{GREEN+NIR}$$

به‌منظور تشکیل مدل بر اساس برنامه‌ریزی خطی در ارتباط با تعریف محدودیت‌ها، شرایط در نظر گرفته شده برای تعریف مدل بر اساس بیشترین مساحت پهنه آبی تالاب در بازه زمانی موردمطالعه از سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۹ میلادی در نظر گرفته شد. درنتیجه این فرآیند، سال ۲۰۰۲ میلادی (۱۳۸۱ خورشیدی) بیشترین مساحت آبی تالاب (۱۵۹۰۰۰ هکتار) را در محدوده زمانی ذکرشده دارا بود. در ادامه این سال به‌عنوان بهینه‌ترین مساحت آبی تالاب و به‌عنوان مبنایی در ایجاد محدودیت‌های مدل در نظر گرفته شد. با توجه به نقش تالاب در کنوانسیون رامسر در حمایت از تنوع و جمعیت پرندگان آبزی، جهت برآورد ضریب هر متغیر، تعداد پرندگان وابسته به سه پهنه آبی و نسبت تعداد پرنده در هر زیستگاه به جمعیت کل پرندگان تالاب در نظر گرفته شد. به همین منظور از آماربرداری تنوع و جمعیت پرندگان آبزی طی سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۹ استفاده شد. با توجه به وابستگی پرندگان به انواع محیط‌های آبی به ۵ دسته تفکیک شدند: ۱) پرندگانی که تنها در زیستگاه‌های آب شیرین حضور دارند، ۲) پرندگانی که تنها در زیستگاه‌های آب‌شور حضور دارند، ۳) پرندگانی

که هم در آب‌های شیرین و هم در آب لب‌شور حضور دارند، ۴) پرندگانی که هم در آب‌های شور و هم در آب لب‌شور حضور دارند، ۵) پرندگانی که در تمام پهنه‌های آبی حضور دارند. به‌این‌ترتیب بر اساس وابستگی پرندگان آبزی به زیستگاه‌های مختلف، ضریب متغیرها و محدودیت‌های ترکیبی در این مدل در نظر گرفته شد. با توجه به این‌که تمام پرندگان آبزی و کنار آبزی در این بررسی موردتوجه قرار گرفت، ضرایب متغیرها به‌صورت نرمال شده حساب شدند (رافعی و دانه‌کار، ۱۴۰۰).

لینگو یک زبان برنامه نویسی اسکریپتی (برای نمایش متن) است که توسط جان اچ تامسون برای استفاده توسعه داده شده‌است. این زبان کاربرد بسیاری در مدل سازی دارد و امکان فرموله کردن مسئله‌های ریاضی را میسر می‌سازد که این امکان برای بهینه کردن پاسخ مسئله بسیار مفید است از این رو این مجموعه ابزار گسترده برای طراحی و حل مدل‌های بهینه‌سازی ریاضی به بهترین و ساده‌ترین شکل کارایی بالا دارد که با زبانی قدرتمند برای نمایش مدل‌های بهینه‌سازی، محیطی مطلوب برای ساخت و ویرایش مسائل پژوهش عملیاتی محسوب می‌شود (Winston, 2002; صادقیان، ۱۳۹۰).



شکل ۴. وضعیت شاخص آبی تالاب شادگان

نتایج

به‌منظور بررسی متغیرهای درگیر در بازگشت تالاب به کنوانسیون رامسر تابع هدف معیار نخست کنوانسیون در تالاب شادگان به‌صورت رابطه ۲ تعریف شد. این رابطه، الگوی مدل خطی تالاب بین‌المللی شادگان با توجه به سهم بخش‌های آب شیرین، لب‌شور و شور است. به دلیل مبنای اکولوژیک معیارهای کنوانسیون رامسر و از آنجاییکه دستیابی به هدف تحقیق بر اساس معیار کنوانسیون رامسر می‌باشد، تابع هدف، محدودیت ها و متغیر ها از جنس محیطی تعریف شدند. رابطه حاصل‌شده از این معیار به شرح زیر است که تابع Z "تنوع انواع زیستگاه آبی" به عنوان شاخص تالاب معرف درنظر گرفته شد:

رابطه ۳

$$MINZ= 0.08X_1 + 0.36(X_1+X_3) + 0.49(X_2+X_3) + 0.08X_2$$

S.t:
$X_1+ X_3>= 111;$
$X_2+X_3>=59;$
$X_1>=100;$
$X_2>=48;$

در مدل رابطه ۳؛ Z حداقل مساحت تالاب با تنوع انواع زیستگاه آبی (شیرین- لب‌شور- شور) تعریف شد. متغیرهای مدل برنامه ریزی خطی X_1گستره آب شیرین در شرایط بهینه، X_2 گستره آب‌شور در شرایط بهینه و X_3 گستره آب لب‌شور در شرایط بهینه می باشد.

مطابق خروجی مدل برنامه ریزی خطی در نرم افزار لینگو (جدول۲)، مساحت‌های بهینه سه پهنه در دامنه زمانی

مورد بررسی برابر با ۱۰۰ هزار هکتار پهنه آب شیرین، ۴۸ هزار هکتار پهنه آب‌شور و ۱۱ هزار هکتار پهنه لب‌شور است و حداقل قابل قبول آن مطابق اعداد پیش گفته است.

سنجش وضع موجود تالاب براساس محاسبه شاخص آبی در نرم افزار ArcGIS 10.5 برای سال ۲۰۱۹ نشان داد وسعت تالاب در این سال بالغ بر ۹۶ هزار هکتار، سهم مساحت آب شیرین، شور و لب شور در این سال به ترتیب برابر با ۶۰ هزار، ۲۷ هزار و ۸ هزار هکتار است که مطابق جدول ۳ و نمودار ۱، از حداقل مساحت های قابل قبول بیشتر است.

جدول ۲. خروجی لینگو

Variable	Value	State: Global Opt
X_1	100	
X_2	48	Objective:81
X_3	11	

جدول ۳. مقایسه مساحت سه پهنه آبی تالاب به ۱۰۰۰ هکتار

وضعیت	مساحت پهنه آبی شیرین	مساحت پهنه آبی شور	مساحت پهنه آبی لب‌شور
وضع بهینه پهنه آبی (۲۰۰۲)	۱۰۰	۴۸	۱۱
وضع موجود پهنه آبی (۲۰۱۹)	۶۰	۲۷	۸
حداقل مساحت قابل‌قبول *	۵۱	۲۴	۶

* کمتر از این مساحت معیار نخست کنوانسیون تأمین نمی‌شود. (منبع: یافته های پژوهش)

نمودار ۱. مقایسه مساحت سه پهنه آبی در وضعیت های مختلف

مطابق نتایج سرشماری ۲۰ ساله پرندگان مهاجر آبزی تالاب شادگان، تنوع پرندگان این تالاب بالغ بر ۸۵ گونه است که بر اساس وابستگی به پهنه ها آبی سه گانه و ضریب متغیر ها در تابع هدف حاصل شده در جدول۴ قابل مشاهده است، لازم به ذکر است تعداد گونه‌هایی که با از بین رفتن زیستگاه قطعا از بین می‌رود بر اساس آمار سازمان محیط زیست و وابستگی گونه ها به زیستگاه در ۲۰ سال اخیر تفکیک و شناسایی شدند.

مطابق جـدول ۵ که تغییرات وسعت و پیکره های آبـی سه گانه آن طی ۲۰ سال اخیر را نشان می دهد، وسعت آبی تالاب شادگان طی مدت یادشده از حداقل ۲۵ هزار هکتار در سال ۱۹۹۹ تا حداکثر ۱۵۹ هزار هکتار در سال ۲۰۰۲ در نوسان بوده است، مطابق این جدول، ۱۰ سال شامل سال‌های ۱۹۹۹–۲۰۰۱–۲۰۰۳–۲۰۰۸–۲۰۰۹–۲۰۱۱–۲۰۱۲–۲۰۱۳–۲۰۱۵–۲۰۱۷ وسعت تالاب از شرایط قابل قبول کمتر بوده (۵۰ درصد سال های آمار) اما قادر بوده است، مجدد خود را بازیابی نماید (منبع: یافته‌های پژوهش).

جدول ۴ . تعداد گونه های وابسته به سه پهنه و ضریب متغیر ها

نوع پهنه آبی	تعداد گونه هایی که با از بین رفتن زیستگاه قطعا از بین می رود	ضریب متغیرها در تابع هدف (قبل از نرمال شدن)	ضریب متغیرها در تابع هدف (بعد از نرمال شدن)
زیستگاه آب شیرین	۵	۰,۰۶	۰,۰۸
زیستگاه آب‌شور	۵	۰,۰۶	۰,۰۸
آب شیرین و لب‌شور	۲۴	۰,۲۷	۰,۳۸
آب‌شور و لب‌شور	۳۳	۰,۳۷	۰,۴۹

جدول ۵. تغییرات وسعت و پیکره های آبی سه گانه تالاب شادگان به هکتار در ۲۰ سال اخیر

مساحت سال	کل تالاب	پهنه شیرین	پهنه شور	پهنه لب شور
۱۹۹۹	۲۵,۰۹۵	۹۴	۲۴,۸۷۷	۱۲۴
۲۰۰۱	۳۲,۳۴۰	۸,۶۴۳	۲۰,۶۶۶	۳,۰۳۱
۲۰۰۲	۱۵۹,۹۱۴	۹۷,۷۰۴	۵۲,۱۴۴	۱۰,۰۶۶
۲۰۰۳	۶۸,۲۴۲	۲۹,۴۱۹	۳۲,۹۳۳	۵,۸۹۰
۲۰۰۴	۱۲۲,۹۴۸	۷۰,۴۵۵	۴۲,۸۰۶	۹,۶۸۷
۲۰۰۵	۱۱۸,۴۰۶	۶۸,۷۹۸	۳۹,۴۶۲	۱۰,۱۴۶
۲۰۰۶	۱۱۳,۹۳۵	۶۱,۶۴۷	۴۱,۵۱۱	۱۰,۷۷۷
۲۰۰۷	۸۵,۳۴۸	۴۳,۴۸۹	۳۳,۷۳۷	۸,۱۲۲
۲۰۰۸	۳۳,۵۷۹	۲۴,۸۱۳	۱,۸۴۱	۶,۹۲۴
۲۰۰۹	۳۳۰۵۱۱	۱۰,۵۸۲	۲۲,۵۹۳	۳۳۶
۲۰۱۰	۸۵,۲۵۲	۳۶,۶۸۴	۴۲,۷۰۸	۵,۸۵۹
۲۰۱۱	۳۲,۷۵۸	۱۴,۸۸۶	۱۷,۶۶۲	۲۱۰
۲۰۱۲	۴۷,۱۱۰	۳۰,۴۹۶	۱۶,۵۶۶	۴۸
۲۰۱۳	۶۶,۷۲۲	۳۴,۱۴۷	۲۶,۸۱۸	۵,۷۵۷
۲۰۱۴	۱۰۸,۸۸۵	۴۸,۰۷۷	۵۲,۱۸۰	۸,۶۲۸
۲۰۱۵	۷۵,۰۲۴	۳۵,۷۴۳	۳۳,۳۹۸	۵,۸۸۴
۲۰۱۶	۸۳,۶۸۰	۴۰,۰۵۰	۳۷,۱۷۲	۶,۴۵۷
۲۰۱۷	۵۸,۵۹۵	۳۴,۴۱۴	۱۷,۶۰۲	۶,۵۷۸
۲۰۱۸	۸۱,۹۹۱	۳۸,۳۳۳	۳۶,۵۰۹	۷,۱۴۹
۲۰۱۹	۹۶,۰۳۸	۶۰,۳۰۱	۲۷,۵۱۱	۸,۲۲۶

بحث و نتیجه‌گیری

این مطالعه با هدف تصمیم گیری مستدلل در خصوص تبیین شرایط یکی از تالاب های کشور در فهرست مونترو در کنوانسیون رامسر صورت گرفت. بدین ترتیب برای نخستین بار از برنامه ریزی خطی جهت تحلیل وضعیت معیارهای کنوانسیون رامسر استفاده شده است و مشابه دیگری از چنین رویکردی چه در داخل و چه خارج از کشور مشاهده نمی‌شود. با این وجود از چنین روشی برای دیگر تصمیم گیری‌های محیطی استفاد شده است که در خصوص تالاب‌ها متمرکز بر عملیات احیأ و بازسازی با رویکردهای اقتصادی بوده است که از جمله آن می توان به پژوهش‌های Cai و همکاران (۲۰۱۷ و ۲۰۱۸) و Stralberg و همکاران (۲۰۰۹) اشاره نمود. شمسی و همکاران (۱۳۸۴)، در بررسی کاربرد برنامه ریزی خطی در تخصیص کاربری های مختلف عوامل محدود کننده مربوطه در مدل را شناسایی کردند و کاهش سطح اراضی حفاظت شده

جنگلی به نفع مرتعداری حاصل شد. در مقایسه با تحقیق حاضر از این طریق می‌توان محدودیت‌ها و حد مطلوب هر یک نیز در رسیدن به مساحت پهنه آبی قابل قبول مورد استفاده قرار گیرد. Zandebasiri و همکاران (۲۰۱۹) در بررسی کاربرد برنامه ریزی خطی در تبادل هزینه و زمان، بهینه کردن زمان فعالیت‌ها در مدیریت جنگل‌های زاگرس را منوط به مدیریت مسائل اجتماعی–اقتصادی برای کاهش حساسیت شکنندگی اکوسیستم گزارش کرده‌اند. همانند این تحقیق اکوسیستم تالابی مورد بررسی حساس بوده و تنظیم برنامه‌های حفاظت و حمایت از زیستگاه‌های پرندگان و برنامه تأمین حداقل آب مورد نیاز می‌توانند گلوگاه‌های اصلی در مدیریت اکوسیستم تالابی برای بهینه‌یابی پهنه‌های ابی و حفاظت زیستگاه‌های پرندگان منظور گردند. از طرفی در زمینه مدیریتی و بازسازی تالابها میتوان به مطالعات دیگری اشاره کرد. در مطالعات داخلی و حائز اهمیت می‌توان به مطالعه خان پور و همکاران (۱۳۹۷) اشاره کرد که تحقیقی در زمینه خروج تالابهای آلماگل، آجی‌گل و آلاگل از فهرست مونترو انجام دادند که به صورت توصیفی انجام شده بود. همچنین میرزایی و زیبایی (۱۳۹۸) در بازسازی و احیا تالاب جازموریان کرمان جنبه اقتصادی این فرایند را با روشهای ارزشگذاری اقتصادی بررسی کردند. نتیجه حاصل از این تحقیق تخمین هزینه ها به منظور برنامه های احیا و حفظ تالاب بود. این مطالعات به منظور حفظ و احیا تالاب ها با روشهای متفاوت در زمینه های اقتصادی ، اکولوژیکی و ... انجام شده اند که در مقایسه با این مطالعه یک پایه مشابه در دستیابی به نتایجی به منظور تحقق بازسازی وجود دارد.

با توجه به مدل خطی ارائه شده برای تنوع زیستگاه های آبی تالاب، مقدار بهنیه سراسری و مقادیر هر پهنه به صورت جداگانه برآورد شد. نتایج به دست آمده از نرم افزار لینگو که بیانگر مساحت سه پهنه در شرایط بهنیه است در جدول ۱ قابل مشاهده می باشد. لازم به ذکر است با توجه به جدول ۲ مساحت پهنه آبی در شرایط بهینه با شرایط موجود و بحرانی مقایسه شده است. مقادیر محدودیت ها در جدول ۴ بر اساس بیشترین مساحت پهنه آبی تالاب طی ۲۰ سال اخیر (در سال ۲۰۰۲) و تابع کمترین حد قابل‌قبول تعریف شدند. قابل توجه است که این تالاب، تنها تالاب شاخص کنوانسیون رامسر در کشور ازنظر سه سیستم شور و لب‌شور و شیرین است و با توجه به نقش زیستگاهی آن برای پرندگان آبزی و کنار آبزی، سهم زیستگاه پرندگان شور و شیرین و لب‌شور ضریب‌های تابع هدف برآورد شد. خروجی تابع هدف که بیان کننده حداقل مساحت قابل قبول با توجه به نقش زیستگاه های سه گانه یادشده است، با توجه به جدول ۱ خروجی نرم‌افزار لینگو برابر ۸۱ (معادل ۸۱ هزار هکتار) تعیین شد و با توجه به این که این تابع، از نوع حداقل است، این عدد، کمترین مساحت تالاب در نقش زیستگاه شاخص را بیان می کند. شرایط کمتر از این مساحت، می تواند چنین کارکردی را مختل سازد، پس مساحت های بیش از این میزان براساس این مدل، مساحت مطلوب محسوب می شود. در عمل حداقل مساحت قابل‌قبول تالاب با توجه به محدودیت‌ها، ۸۱ هزار هکتار است و پایین‌تر از این مقدار، تالاب در آستانه خروج از معیار ۱ قرار می گیرد. نتیجه دیگری که از این مساحت به دست می آید، سهم نسبی پیکره های آبی شیرین، شور و لب شور است. با توجه به سهم نسبی این مساحت ها در بالاترین وسعت پهنه آبی تالاب، به ترتیب برابر با ۶۳، ۳۰ و ۷ درصد، سهم مساحتی هریک از پیکره های آبی در حداقل شرایط قابل قبول، معادل ۵۱ هزار هکتار، پیکره آب شیرین، ۲۴ هزار هکتار، پیکره آب شور و ۶ هزار هکتار، پهنه آب لب شور خواهد بود. بنابراین ضمن آنکه حداقل مساحت تالاب لازم است تأمین شود، حداقل مساحت سه تیپ کیفی آب تالاب نیز لازم است تضمین شود تا معیار نخست کنوانسیون رامسر تأمین شود.

مطابق جدول ۴ که تغییرات وسعت و پیکره های آبی سه گانه تالاب طی ۲۰ سال اخیر را نشان می دهد، وسعت

آبی تالاب طی مدت یادشده از حداقل ۲۵ هزار هکتار در سال ۱۹۹۹ تا حداکثر ۱۵۹ هزار هکتار در سال ۲۰۰۲ در نوسان بوده است، مطابق این جدول، طی ۱۰ سال وسعت تالاب از شرایط قابل قبول کمتر بود (۵۰ درصد سال های آمار) اما قادر بوده است، مجدد خود را بازیابی نماید. از سوی دیگر پهنه آب شیرین تالاب را می توان مهمترین پهنه کیفی آب تالاب برشمرد که تحت اثر نظام بهره برداری آب بالادست قرار دارد و با نوسانی بین حداقل ۹۴ هکتار در سال ۱۹۹۹ تا حداکثر ۱۰۰ هزار هکتار در سال ۲۰۰۲ همراه بوده است، با این وجود نتایج این مطالعه نشان داد حداقل وسعت این پیکره با توجه به نقش و عملکرد زیستگاهی آن حداقل ۵۱ هزار هکتار است و این وسعت می تواند مبنای حق آبه محیط زیستی آب شیرین تالاب محسوب شود، درواقع حق آبه تالاب شادگان به گونه ای بایستی تأمین شود که وسعت بخش شیرین تالاب از این میزان کمتر نشود. مطابق جدول ۴ در ۵۰ درصد سال های مورد بررسی، این وسعت کمتر از مقدار یادشده بوده که نشان دهنده شکننده بودن مدیریت منابع آبی تالاب شادگان با توجه به اهمیت فرا ملی و نقش عملکرد اکوسیستمی آن است. ضمن به کار بردن روش برنامه ریزی خطی در بررسی وضعیت قابل قبول تالاب شادگان برای اولین بار، با توجه به مقدار بهینه برآورد شده، مقادیر متغیرها تحت عنوان پهنه آبی سه گانه و مقایسه با شرایط فعلی، وضعیت کلی تالاب شادگان از لحاظ مساحت پهنه آبی در شرایط مطلوب به سر می‌برد. بررسی وسعت آبی تالاب شادگان در حال حاضر و سهم بخش های کیفی آب آن نشان می دهد که از سال ۲۰۱۳ تا کنون وسعت و سهم پیکره های آبی تالاب با توجه به نقش آن به عنوان تالاب شاخص بطور پیوسته تأمین شده است و در مجموع ۲۵ درصد شرایط طی دو دهه اخیر برقرار بوده است. با این وجود با توجه به نقش و اهمیتی که گستره آبی تالاب بر سایر معیارهای کنوانسیون دارد، ضروری است نسبت به تأمین حداقل آب مورد نیاز و سهم نسبی بخش های شیرین، شور و لب شور تالاب دقت نظر شود و تالاب در مقابل تنش های محیط مانند خشکسالی و کمبود بارش و تأمین حق آبه محیط زیستی توسط نهاد های تصمیم گیر مورد حمایت قرار گیرد. لذا به رقم تاکید بر شکننده بودن شرایط منابع آبی تالاب مطابق نتایج این مطالعه درحال حاضر شرایط معیار نخست کنوانسیون رامسر در تالاب شادگان فراهم شده است و پیشنهاد می شود با چنین رویکردی، سایر معیارهای کنوانسیون رامسر در این تالاب مورد بررسی قرار گیرد.

پیشنهادها

- از سایر روش‌های برنامه‌ریزی برای معیار نخست کنوانسیون رامسر استفاده شود.
- سایر معیارها با مدل خطی مورد بررسی قرار گیرد.
- با فراهم شدن داده‌هایی با بازه زمانی بیشتر مدل مجددا راستی آزمایی شود.

تشکر و قدردانی

در این پژوهش قدردانی می‌شود از سازمان محیط زیست تهران و سازمان محیط زیست خوزستان که در تامین اطلاعات و آمار پرندگان تالاب شادگان صمیمانه همکاری نمودند.

یادداشت‌ها

۱. فهرست مونترو The Montreux Record
۲. رویکرد برنامه‌نویسی عدد صحیح Integer programming approach
۳. سیستم تصمیم‌گیری چند معیاره MC-SDSS
۴. پژوهش‌های عملیاتی Operational research
۵. برنامه ریزی خطی Linear programming
۶. نرم‌افزار لینگو LINGO
۷. برنامه خطی صحیح دوطرفه Interval linear programming
۸. لیندو LINDO
۹. شاخص آبی NDWI

فهرست منابع

آذر، ع. (۱۳۹۷). *تحقیق در عملیات مفاهیم و کاربرد برنامه ریزی خطی*، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها. سمت. ۷۱۰ صفحه.

جعفری‌آذر، س.، سبز قبایی، غ.، توکلی، م.، و دشتی، س. (۱۳۹۶). به‌کارگیری روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در ارزیابی مخاطرات زیست‌محیطی تالاب بین‌المللی شادگان، خورالامیه و خورموسی. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، ۶(۴)، ۹۷-۱۱۹.

خان‌پور، ف.، جعفری نژاد، م.، و باقرزاده کریمی، م. (۱۳۹۱). بررسی روند احیاء و بازسازی تالاب‌های بین‌المللی آلاگل، آلماگل و آجی گل. *فصلنامه محیط زیست*، شماره ۵۳-۵۴، ۲۱-۲۹.

رافعی، ا و دانه‌کار، ا. (۱۴۰۰). *سیمای طبیعی و ویژگی های محیط زیستی تالاب شادگان* .مجله طبیعت ایران. (در نوبت چاپ)

رافعی، ا و امینی نسب، س م.(۱۳۹۹). *اثر پارامترهای اقلیمی بر روی شاخص‌های تراکم و تنوع پرندگان زمستان گذر آبزی*. اولین همایش تنوع زیستی. پژوهشکده محیط زیست و توسعه پایدار.

رمضانی‌قوام‌آبادی، م ح؛ و سنایی‌پور، س. (۱۳۹۲). بررسی حقوقی پایبندی ایران به تعهد استفاده‌ی معقول از دریاچه‌ی ارومیه با تاکید بر کنوانسیون رامسر. *مجله‌ی مطالعات حقوقی دانشگاه شیراز: ۵*، ۱۰۹-۱۴۰.

سلحشوری، پ، وفایی‌نژاد، ع، حسین‌زاده‌ساداتی، م. و جامعی، ن. (۱۳۹۷). *بررسی روند تغییرات اکوسیستم تالاب شادگان با استفاده از سنجش از دور و GIS*. کنفرانس ملی فن‌آوری‌ها و کاربردهای نوین ژئوماتیک. تبریز، دانشگاه تبریز. ایران.

صادقیان، ر. (۱۳۹۰). *زبان مدل سازی لینگو*: آموزش مقدماتی جلد اول. دانشگاه بوعلی سینا. ۵۴۵ص.

فرخزاده، ب؛ مهدوی، م، سلاجقه، م، ملکیان، آ. (۱۳۹۶). مدیریت و برنامه ریزی منابع آب با استفاده از مدل برنامه ریزی خطی، *مجله پژوهش آب ایران، ۱۱(۲۵)*: ۱۱.

فلاح شمسی، ر.، سبحانی، ه.، ارسطو، س.، درویش صفت، ع و فرجی دانا، ا. (۱۳۸۴). مدل برنامه ریزی خطی در تخصیص زمین به کاربری های مختلف ...، *مجله منابع طبیعی ایران، ۵۸ (۳)*: ۵۷۹-۵۸۹.

گلاب‌کش، ش.، و قنبری عدیوی، ز. (۱۳۸۶). *بررسی آلاینده‌های صنعتی و کشاورزی در تالاب شادگان و ارائه راهکارهای مدیریتی و حفاظتی*. نهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، کرمان، دانشگاه شهید باهنر.

میرزایی، ع و زیبایی، م. (۱۳۹۸). تخمین منافع اقتصادی برنامه های احیا و حفظ تالاب جازموریان. *مجله تحقیقات اقتصاد کشاورزی*. ۱۱ (۱)، ۵۳-۷۹.

واندر والک.، جی، آ. ترجمه‌ی نظری‌دوست، ع.، سلیمانی‌روزبهانی، م.، و اثناعشری، م. (۱۳۹۲). *زیست‌شناسی تالاب‌های آب شیرین*. نشر پردیس دانشگاه تهران، ۱۴۱ص.

هنربخش، ا.، پژوهش، م.، زنگی آبادی، م.، و م، حیدری. (۱۳۹۵). بهینه سازی کاربری اراضی با استفاده از ترکیب روش های برنامه ریزی خطی فازی و تخصیص چند هدفهٔ اراضی (مطالعهٔ موردی: حوضهٔ آبخیز چلگرد). *اکو هیدرولوژی، ۳(۳)*:۳۶۳-۳۷۷.

هیلیر، ف.، و جرالد، ل. ترجمه محمد مدرس و اردوان آصف وزیری. (۱۳۸۲). *برنامه ریزی خطی*. شماره ۱۲. انتشارات نشر جوان. ۴۲۰ص.

غنیان، م. (۱۳۹۷). *طرح مدیریت جامع تالاب شادگان. حفاظت از تالابها، برای مردم، برای طبیعت*.اداره کل محیط زیست. (۵۵ص).

لطفی، ا. (۱۳۸۱). طرح مدیریت زیست محیطی تالاب شادگان گزارش۱، محیط طبیعی بوم سازگان. تالاب شادگان، وزارت جهاد کشاورزی معاونت آب و پروژه خاک، بهسازی آبیاری، مهندسان مشاور پندام.

Bagherzadeh karimi, M. and Rouhany, M. (2007). *Directory of Iranian Wetlands Designated under the Ramsar Convention*, Rouzeno,Tehran. 120p.

Basumatary, U. R., & Mitra, D. K. (2020). A Study on Optimal Land Allocation through Fuzzy Multi-Objective Linear Programming for Agriculture Production Planning in Kokrajhar District, BTAD, Assam, India. *International Journal of Applied Engineering Research, 15(1), 94-100.*

Breslaw, J. A. (1976). A linear programming solution to the faculty assignment problem. *Socio-Economic Planning Sciences, 10(6), 227-230.*

Cai, B., Wang, X. and Li, Y. (2017). Application of a double-sided chance-constrained integer linear program for optimization of the incremental value of ecosystem services in Jilin Province, China. *Water, 9,* 1-14.

Cai, B., Zhang, Y., Wang, X. and Li, Y.(2018). An Optimization Model for a Wetland Restoration Project under Uncertainty. *International journal of environmental research and public health, 15,* 1-12.

Cohen, M. J., Creed, I. F., Alexander, L., Basu, N.B., Calhoun, A. J., Craft, C., D'Amico, E., Dekeyser, E., Fower, L. & Golden, H. E. (2016). Do geographically isolated wetlands influence landscape functions? *Proceedings of the National Academy of Sciences, 113,* 1978-1986.

Daghighi, A., Nahvi, A., and Kim, U. (2017). Optimal cultivation pattern to increase revenue and reduce water use: Application of linear programming to Arjan plain in Fars province. *Agriculture, 7(9),* 73.

Eiselt, H. A., & Sandblom, C. L. (2007). *Linear programming and its applications. Springer Science & Business Media.*

Feylizadeh, M. R., Mahmoudi, A., Bagherpour, M., & Li, D. F. (2018). Project crashing using a fuzzy multi-objective model considering time, cost, quality and risk under fast tracking technique: A case study. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, 35(3),* 3615-3631 .

Lu, S., Li, J., Guan, X., Gao, X., Gu, Y., Zhang, D., ... & Li, D. (2018). The evaluation of forestry ecological security in China: Developing a decision support system. *Ecological Indicators, 91,* 664-678.

Maleki, S., Soffianian, A. R., Koupaei, S. S., Pourmanafi, S., & Saatchi, S. (2018). Wetland restoration prioritizing, a tool to reduce negative effects of drought; An application of multicriteria-spatial decision support system (MC-SDSS*). Ecological engineering, 112,* 132-139.

Mcfeeters, S.K. (1996). The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features, International Journal of Remote Sensing, 17(7): 14251432.

Mohammadi, Z., Limaei, S. M., & Shahraji, T. R. (2017). Linear programming approach for optimal forest plantation. *Journal of forestry research, 28(2),* 299-307.

Mushet, D. M., Calhoun, A. J., Alexander, L. C., Cohen, M. J., Dekeyser, E.S., Fower, L., Lane, C. R., Lang, M. W., Rains, M. C. & Walls ,S. C. (2015). Geographically isolated wetlands: rethinking a misnomer. *Wetlands, 35,* 423-431.

Nair, G. S., Bansude, S. N., & Peter, N. (2021). Cropping pattern optimization for Chamravattom regulator-cum-bridge using linear programming problems. *IJCS, 9(1)*, 343-346.

Rains, M., Leibowitz, S., Cohen, M., Creed, I., Golden, H., Jawitz, J., Kalla, P., Lane, C., Lang, M. & Mclaughlin, D. (2016). Geographically isolated wetlands are part of the hydrological landscape. *Hydrological Processes, 30,* 153-160

Ramsar, C. (2009). *what are criteria main ramsar* [Online]. Available :http//:archive.ramsar.org/cda/en/ramsar-about-faqs.

Ramsar, C. (2016). *list-of-wetlands-of-international-importance-included-in-the-montreux-record*.

Ramsar,C.(2010).*aboutMontreuxRecord*[Online].Available: http://www.ramsar.org/about/about_*montreux_max*_.htm.

Ramsar/a, C. (2019). *wetland list* [Online]. Available: https://www.ramsar.org/.

Ramsar/b, C. (2019). *mountreux list*.

Ramsar, C. (2019). https://www.ramsar.org/.

Russi, D., Tenbrink, P., Farmer, A., Badura, T., Coates, D., Forster, J., Kumar, R. & Davidson, N. (2013). The economics of ecosystems and biodiversity for water and wetlands. *IEEP, London and Brussels, 78*.118p.

Stralberg, D., Applegate, D. L., Phillips, S. J., Herzog, M. P., Nur, N., & Warnock, N. (2009). Optimizing wetland restoration and management for avian communities using a mixed integer programming approach. *Biological conservation, 142(1),* 94-109.

Tan, R. R., Aviso, K. B., Promentilla, M. A. B., Yu, K. D. S., & Santos, J. R. (2018*). Input-Output Models for Sustainable Industrial Systems: Implementation Using LINGO*. Springer.

Winston, W. L. (2002). Introduction to Mathematical Programming: Applications and Algorithms, Duxbury.

Zandebasiri, M., Vacik, H., Etongo, D., Dorfstetter, Y., Soosani, J., Pourhashemi, M., (2019). Application of time-cost trade-off model in forest management projects: The case of Oak decline project. *Journal of forest science, 65 (12):* 481-492.