



در این شماره :

- الگوی پراکنش درختان و رقابت آشکوب‌ها در مراحل تحولی جنگل در توده‌های آمیخته گیلان
مریم کاظم‌پور لارسری، کامبیز طاهری آبکنار، رضا اخوان، حسن پوربابائی
- بررسی تراکم و تنوع گونه‌ای پرندگان تالاب بین‌المللی امیرکلایه طی دوره ۱۰ ساله (۱۳۹۵-۱۳۸۶)، براساس سرشماری زمستانه
هادی پورموسی شیخعلی کلایه، سعید نادری
- بررسی کیفیت آب سدهای شاخص استان گیلان با استفاده از روش‌های چند متغیره
هانیه میربلوکی، بابک رازدار، متین محافظت کار
- بررسی تخریب کاربری اراضی جنگلی در اثر احداث سد با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای
ماندانا عزیزی، محمد پناهنده
- مقایسه روش‌های طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان و شبکه عصبی مصنوعی در تهیه نقشه کاربری اراضی (مطالعه موردی: پارک ملی بوجاق)
مهسا عبدلی لاکتاسراعی، مریم حقیقی خمایی
- تأثیر استفاده از پودر گیاه کامل شوید (*Anethum graveolens*) بر عملکرد، برخی فراسنجه‌های خونی و سیستم اسکلتی جوجه‌های گوشتی
علی ریعان محمصی، حسن درمانی کوهی، رضا ناصری هرسینی، حامد کیومرثی، هوشنگ دهقان‌زاده
- بررسی کارایی نانوکامپوزیت آهن (III) اکسید/ خاک اره در حذف COD از شیرابه لندفیل: بهینه‌سازی و بررسی ایزوترم جذب
نیلوفر عابدین‌زاده، حمید شرفی نسب، فریبا استوار
- ارزیابی پتانسیل آلاینده‌ی درخلیج گرگان با استفاده از مدل تحلیلی SWOT و ارائه ی راهکارهای قابل قبول
نیلوفر نوروزی
- اکوتوریسم به عنوان مکانیسمی جهت نیل به اقتصاد سبز در ایران
فروغ شادمان لاهیجی، مریم جعفری گلوپک
- مدل‌سازی پراکنش آلاینده‌های نیروگاه نکا با چشم‌انداز دستیابی به معیارهای طراحی اکوپارک صنعتی
حنظله شعبانی، عبدالرضا کرباسی، ناصر مهرداد
- بررسی تأثیر عملکرد نگهداری و تعمیرات بر شاخص‌های HSE (مطالعه موردی: گروه صنعتی چاپ ایران زمین)
احسان مقدم، زهرا عابدی، رضا غلام‌نیا
- ارزیابی ریسک بهداشت، ایمنی و محیط زیست در صنعت خودروسازی براساس روش FTA و FMEA
نرگس صیامیان، کامران نصیراحمدی، راضیه احسانی امرئی
- Spatial patterns of trees and height story competition over forest developmental stages in the mixed stands of Guilan
Maryam Kazempour Larsary, Kambiz Taheri Abkenar, Reza Akhavan, Hasan Pourbabaei
- Investigation of birds' density and species diversity of Amir-Kelayeh international wetland during a 10-year period (2007-2016), based on winter census
Hadi pourmoosa Sheykh-Ali Kelayeh, Saeid Naderi
- Investigation of Gilan index dams' water quality using multivariate methods
Hanieh Mirbolooki, Babak Razdar, Matin Mohafezatkar
- Investigation of forest land use degradation due to dam construction using satellite images processing
Mandana Azizi, Mohammad Panahandeh
- Comparison of support vector machine and artificial neural network classification methods to produce landuse maps (Case study: Bojagh National Park)
Mahsa Abdoli Laktasaraei, Maryam Haghighi
- Effect of using dill (*Anethum graveolens*) whole plant powder on performance of some blood parameters, and skeletal system of broilers
Ali Reyhan Mohasesi, Hasan Darmani Koochi, Reza Naseri Harsini, Hamed Kioumars, Houshang Dehghanzadeh
- Evaluation of the Iron (III) oxide/sawdust nanocomposite efficiency in COD removal from landfill leachate: optimization and evaluation of adsorption isotherms
Niloufar Abedinzadeh, Hamid Sharafinasab, Fariba Ostovar
- Assessment of Pollutant Potential in Gorgan Bay, Using SWOT Analytical Model and Providing Acceptable Solutions
Niloufar Norouzi
- Ecotourism as a mechanism to achieve a green economy in Iran
Foroogh Shadman, Maryam Jafary
- Modeling the emission distribution of Neka power plant with the prospect of achieving the design of eco-industrial park
Hanzale Shabani, Abdolreza Karbasi, Naser Mehrdadi
- Investigation of the effect of repair and maintenance performance on the HSE indexes (Case study: Iran Zamin Printing Industrial Group)
Ehsan Moghadam, Reza Gholamnia, Zahra Abedi
- Health, Safety and Environmental risk assessment in automobile manufacturing industry based on FTA and FMEA methods
Narges Siamian, Kamran Nasirahmadi, Razieh Ehsani Amrehee



پژوهشکده محیط زیست

دوفصلنامه پژوهش و فناوری محیط زیست

دوره پنجم، شماره هشت، پاییز و زمستان ۹۹

صاحب امتیاز: پژوهشکده محیط زیست جهاددانشگاهی

مدیر مسئول: فریبرز جمالزاد فلاح

سرمدیر: حسن پوربابایی

اعضای هیأت تحریریه

دکتر مجید مخدوم	استاد دانشگاه تهران
دکتر حسن پوربابایی	استاد دانشگاه گیلان
دکتر ندا سلطانی	استاد جهاددانشگاهی واحد شهید بهشتی
دکتر علیرضا شکوهی لنگرودی	استاد دانشگاه بین المللی امام خمینی قزوین
دکتر سید محسن حسینی	استاد دانشگاه تربیت مدرس
دکتر اصغر کهندل	دانشیار پژوهشکده مطالعات توسعه جهاد دانشگاهی
دکتر شهریار مهدوی	دانشیار دانشگاه ملایر
دکتر محسن محمدی گلنکش	دانشیار دانشگاه گیلان
دکتر مرجان محمدزاده	دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
دکتر نیلوفر عابدینزاده	استادیار پژوهشکده محیط زیست جهاددانشگاهی
دکتر سید محسن نساج حسینی	استادیار سازمان جهاددانشگاهی استان گیلان

مدیر اجرایی: شمیم مقدمی

کارشناس اجرایی: ساجده مدنی

ویراستار انگلیسی: هانیه میربلوکی

آدرس: رشت - خیابان ملت - ضلع غربی باغ محتشم - خیابان شهید سیادتی - پژوهشکده محیط زیست جهاد دانشگاهی

کدپستی: ۴۱۴۴۶-۳۵۶۹۹ صندوق پستی: ۴۱۶۳۵-۳۱۱۴

تلفن: ۰۱۳-۳۳۳۶۴۰۶۱ فاکس: ۰۱۳-۳۳۳۴۲۰۰۶

وب سایت: www.journal.eri.acecr.ir

پست الکترونیکی مجله: info.eri@acecr.ac.ir

این نشریه در پایگاه (SID)، (Magiran) و (Civilica) (Noormags) نمایه می شود.

راهنمای نگارش و ارسال مقالات

نشریه پژوهش و فناوری محیط زیست، مجله‌ی علمی پژوهشکده محیط زیست جهاد دانشگاهی است. این نشریه به صورت دو فصلنامه و به زبان فارسی منتشر می‌شود و از دریافت مقالات علمی-پژوهشی در زمینه‌های مختلف محیط زیست استقبال می‌نماید. شرایط پذیرش مقالات به شرح زیر است:

• نوع مقاله :

- مقالات تحقیقاتی (Research Article):** حاصل یافته‌های پژوهشی نویسندگان می‌باشد.
- مقالات مروری (Review Article):** پذیرفته شده از نویسندگانی با تجربه کافی در موضوع مقاله و صاحب تالیفاتی در این زمینه
- گزارش‌های موردی (Case Report):** موارد استثنایی دارای جنبه‌های آموزشی و تحقیقی

• تعهدات

نویسنده مقاله و یا در صورت گروهی بودن، نویسنده اول (اصلی)، باید تعهد نماید که مقاله ارسالی تاکنون در هیچ نشریه علمی دیگری منتشر نشده است و همزمان با این نشریه، به نشریه دیگری ارایه نخواهد شد. مسئولیت علمی مطالب مطرح شده در مقاله نیز به‌عهده نویسنده یا نویسندگان مقاله است.

• اصول و معیارهای کلی

- کلیه مقالات باید به زبان فارسی بوده، در نگارش آن‌ها، آیین نگارش فارسی کاملاً مراعات گردد. در مورد به کار بردن اصطلاحات علمی، در صورت وجود معادل فارسی پذیرفته شده، ترجمه اصطلاح و بلافاصله اصل اصطلاح در داخل پرانتز آورده شود و در غیر این صورت، ذکر اصل اصطلاح کافی است.
- فصلنامه در رد یا قبول و اصلاح مقالات، آزاد است و در صورت لزوم، نظرات اصلاحی و مشورتی خود را به اطلاع نویسنده یا نویسندگان می‌رساند.
- ترتیب درج مقالات در نشریه به شخصیت علمی نویسندگان مربوط نمی‌شود.
- در مقاله از مخفف‌ها و علائم استاندارد بین‌المللی استفاده شود.

• تنظیم بخشهای مختلف مقاله

- در تنظیم و نگارش قسمت‌های مختلف مقالات ارسالی، باید ترتیب زیر رعایت شود:
صفحه اول شامل موارد زیر است :
- عنوان کامل مقاله:** باید در برگیرنده موضوع مقاله بوده، با قلم ضخیم سایز ۱۶ فونت Bzar تایپ شود.
- نام و نام خانوادگی نویسنده یا نویسندگان**
- مشخصات نویسندگان** شامل درجه علمی و دانشگاه یا موسسه تحقیقاتی ذیربط. نام شهر، فقط ایمیل نویسنده مسئول ذکر گردد.

• چکیده فارسی

چکیده حداکثر در ۲۵۰ کلمه تهیه شود و لازم نیست دارای ساختار باشد لیکن لازم است اهداف، روش کار، مهمترین یافته و نتیجه‌گیری مطالعه را در برگیرد، در پایان چکیده فارسی بایستی سه تا پنج واژه با عنوان کلید واژه‌ها معرفی شود. صفحات بعدی شامل متن مقاله با مشخصات زیر است:

• مقدمه

باید ضمن بیان هدف از تحقیق، خلاصه‌ای از مطالعات و مشاهدات مرتبط با تحقیق موردنظر را که در گذشته به انجام رسیده است بیان نماید.

• مواد و روش کار

باید نحوه طراحی مطالعه، چگونگی انتخاب نمونه و نیز چگونگی جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل داده‌ها را به طور کامل شرح دهد.

• یافته‌ها

- یافته‌های حاصل از تحقیق باید در قالب متن، جدول‌ها و شکل‌ها (نمودارها تحت عنوان شکل‌ها نوشته شوند) و به‌طور کامل و بدون بحث، بیان شود.
- مطالب مطرح شده در متن، جدول‌ها و شکل‌ها نباید تکراری باشد. فونت متن جداول سایز ۱۰ بی نازنین باشد.
- جدول‌ها و شکل‌ها، باید از نظر آماری به صورت کاملاً گویا و صحیح، طراحی و از ارایه شکل‌ها به صورت نمایی، خودداری شود.
- شماره و توضیح شکلها در زیر آن و توضیح و شماره مربوط به جدول‌ها بالای جدول و هماهنگ با توضیح و شماره موجود در متن باشد.
- در صورت استفاده از عکس، عکس‌ها به صورت واضح و سیاه و سفید تهیه شود.

- بحث و نتیجه گیری

در این قسمت، روند انجام تحقیق حاضر و یافته‌های حاصل از آن با موارد مشابه قبلی، در داخل و خارج کشور مقایسه شده، در مورد دلایل رد یا قبول آن‌ها به صورت کامل بحث شود و در پایان بهتر است جهت بهتر انجام شدن تحقیقات مشابه در آینده، راهکارهایی پیشنهاد گردد.

- تشکر و قدردانی

در این قسمت نویسنده یا گروه نویسندگان می‌توانند از افراد یا موسساتی که به نحوی در انجام مطالعه یا تدوین مقاله همکاری کرده‌اند، تقدیر به عمل آورند. البته استفاده یا عدم استفاده این قسمت در متن مقاله به دلخواه نویسندگان است.

منابع مورد استفاده براساس ترتیب استفاده در متن شماره‌گذاری شود (Vancouver System) برای توضیح بیشتر نحوه نگارش انواع منابع با ذکر مثال ذیلاً آمده است:

مقاله: نام خانوادگی و نام نویسنده یا نویسندگان. عنوان کامل مقاله. نام مجله. سال انتشار؛ شماره مجله: شماره صفحات.

مثال مقاله فارسی:

- فرانش، محمد و همکاران، «بررسی میزان آلودگی به سرب و برخی از عوامل مرتبط با آن در کودکان ۱۱-۶ ساله شهر سمنان در سال ۱۳۸۰، مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی سمنان، تابستان ۱۳۸۲، جلد ۴، شماره ۳ و ۴.

مثال مقاله انگلیسی:

Pettine, M., Casentini, B., Fazi, S., Giovanardi, F., 2007. A revisit of TRIAX for trophic status assessment in the light of the European Water Framework Directive Application to Italian coastal Waters. *Marine pollution Bulletin*, Vol. 24, pp.1413-1426

کتاب: نام خانوادگی و نام نویسنده یا نویسندگان. عنوان کتاب. شماره چاپ. شهر محل چاپ: ناشر؛ سال انتشار. شماره صفحات

مثال کتاب فارسی:

ترکیان، ایوب، «مهندسی کنترل آلودگی هوا»، چاپ اول، انتشارات دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۸۰، جلد اول، فصل دوم.

مثال کتاب انگلیسی:

RUB 10, B.2000. Geochemistry of major and trace Elements in sediments of the Riq devigo (NW Spring

ترجمه کتاب: نام خانوادگی و نام مترجم. نام کامل کتاب. نام خانوادگی و نام مؤلف کتاب. شماره چاپ. شهر محل چاپ: ناشر؛ سال انتشار. شماره صفحات.

پرمن، راجر، یوما، جیمز. ری، مک‌گیل. (نویسندگان) ارباب، حمیدرضا. (مترجم). «اقتصاد محیط زیست و منابع طبیعی». چاپ اول، تهران: نشر نی ۱۳۸۲.

مطالب کنفرانس: نام خانوادگی و نام نویسنده و یا نویسندگان. عنوان مقاله. اسم کنگره: سال، ماه، روز. نام شهر، کشور.

مثال مطالب کنفرانس:

- تقفی - م، شریفی - م، هلجی اسدی - م، «بررسی پتانسیل باد سیاهپوش در استان قزوین برای احداث نیروگاه برق بادی» - پنجمین همایش ملی انرژی، بهار ۱۳۸۴ - تهران - ایران.

پایان نامه: نام خانوادگی و نام نویسنده. عنوان کامل پایان نامه. مقطع تحصیلی، نام دانشگاه، سال؛ صفحات

- مشکینیان، علی. «بررسی و ارزشیابی محیطی و بیولوژیکی میزان غلظت سرب در کارگران خدمات شهری شاغل در یکی از مناطق پرترافیک تهران»، پایان نامه کارشناسی ارشد بهداشت حرفه ای، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم پزشکی، ۱۳۸۱؛ صفحات ۵۳ تا ۵۷ و ۸۸ تا ۹۴.

منابع الکترونیک: نام خانوادگی و نام نویسنده. نام مقاله. نام ژورنال، سال انتشار: شماره مقاله. نام سایت اینترنتی.

مثال منابع الکترونیک:

Sharma, Chhatra Mani, 2003. Effect of Exposure to Aluminum on fish in Acidic waters, see information in: <http://www.geocities.com/chhatra-sharma/ecotootoxicology.pdf>. 17p

- از پژوهشگران ارجمندی که مایل هستند مقاله‌شان در مجله چاپ شود، خواهشمند است نکات ذیل را به هنگام تدوین و ارسال مقاله رعایت فرمایند:

- مقاله باید در نرم افزار Word با قلم نازنین و سایز ۱۱ برای متن فارسی و با قلم Time new Roman برای متن انگلیسی تایپ گردد.
 - نام و نام خانوادگی نویسنده (گان)، دانشکده، دانشگاه و یا مؤسسه محل فعالیت، رتبه علمی نویسندگان، نشانی کامل و همچنین شماره تلفن، دورنگار و Email نویسنده مسئول در صفحه جداگانه آورده شود. نویسندگان باید ترتیب درج اسامی خود را مشخص نمایند.
 - مسئولیت صحت مطالب چاپ شده از دیدگاه علمی، اخلاقی و حقوقی به عهده نویسنده (گان) مقاله می‌باشد.
 - مجله حق رد، قبول، اصلاح، ویرایش و خلاصه نمودن را برای خود محفوظ می‌دارد و مقاله‌های دریافتی و ملحقات آن بازگشت داده نمی‌شود.
- چکیده انگلیسی: مشابه چکیده فارسی و حداکثر در ۲۰۰ کلمه تهیه شود.

فهرست مقالات

صفحه	عنوان
۱۳-۱	الگوی پراکنش درختان و رقابت آشکوب‌ها در مراحل تحولی جنگل در توده‌های آمیخته گیلان مریم کاظم‌پور لاسری، کامبیز طاهری آبکنار، رضا اخوان، حسن پوربابائی
۲۴-۱۵	بررسی تراکم و تنوع گونه‌ای پرندگان تالاب بین‌المللی امیرکلايه طی دوره ۱۰ ساله (۱۳۸۶-۱۳۹۵)، براساس سرشماری زمستانه هادی پورموسی شیخعلی کلايه، سعید نادری
۳۵-۲۵	بررسی کیفیت آب سدهای شاخص استان گیلان با استفاده از روش‌های چند متغیره هانیه میربلوکی، بابک رازدار، متین محافظت کار
۴۶-۳۷	بررسی تخریب کاربری اراضی جنگلی در اثر احداث سد با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای ماندانا عزیزی، محمد پناهنده
۶۰-۴۷	مقایسه روش های طبقه بندی ماشین بردار پشتیبان و شبکه عصبی مصنوعی در تهیه ی نقشه کاربری اراضی (مطالعه موردی: پارک ملی بوجاق) مهسا عبدلی لاکتاسرائی، مریم حقیقی خمami
۷۳-۶۱	تأثیر استفاده از پودر گیاه کامل شوید (<i>Anethum graveolens</i>) بر عملکرد، برخی فراسنجه های خونی و سیستم اسکلتنی جوجه های گوشتی علی ربیعان محمصی، حسن درمانی کوهی، رضا ناصری هرسینی، حامد کیومرثی، هوشنگ دهقان‌زاده
۸۸-۷۵	بررسی کارایی نانوکامپوزیت آهن (III) اکسید/ خاک اره در حذف COD از شیرابه لندفیل: بهینه‌سازی و بررسی ایزوترم جذب نیلوفر عابدین‌زاده، حمید شرفی نسب، فریبا استوار
۹۸-۸۹	ارزیابی پتانسیل آلاینده‌گی درخلیج گرگان با استفاده از مدل تحلیلی SWOT و ارائه ی راهکارهای قابل قبول نیلوفر نوروزی
۱۱۴-۹۹	اکوتوریسم به عنوان مکانیسمی جهت نیل به اقتصاد سبز در ایران فروغ شادمان لاهیجی، مریم جعفری گلوپک
۱۲۵-۱۱۵	مدل سازی پراکنش آلاینده های نیروگاه نکا با چشم انداز دستیابی به معیارهای طراحی اکوپارک صنعتی حنظله شعبانی، عبدالرضا کرباسی، ناصر مهردادای
۱۳۷-۱۲۷	بررسی تأثیر عملکرد نگهداری و تعمیرات بر شاخص های HSE (مطالعه موردی: گروه صنعتی چاپ ایران زمین) احسان مقدم، زهرا عابدی، رضا غلام‌نیا
۱۵۳-۱۳۹	ارزیابی ریسک بهداشت، ایمنی و محیط زیست در صنعت خودروسازی براساس روش FTA و FMEA نرگس صیامیان، کامران نصیراحمدی، راضیه احسانی امرئی



الگوی پراکنش درختان و رقابت آشکوب‌ها در مراحل تحولی جنگل در توده‌های آمیخته گیلان

مریم کاظم‌پور لارسری^{۱*}، کامبیز طاهری آبکنار^۲، رضا اخوان^۳، حسن پوربابائی^۴

۱- دانشجوی دکتری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان، صومعه سرا، گیلان

۲- دانشیار، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان، صومعه سرا، گیلان

۳- دانشیار پژوهش، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران

۴- استاد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان، صومعه سرا، گیلان

چکیده

الگوی مکانی و روابط متقابل میان درختان به‌طور خاص منعکس‌کننده مرگ‌ومیر، ایجاد روشنه، استفاده از منابع و نیز تعیین‌کننده پویایی جوامع، توسعه زیر آشکوب، استقرار بذور، زنده ماندن اولیه، رویش و رقابت است. در این بررسی سه قطعه نمونه یک هکتاری در سه مرحله تحولی اولیه، بلوغ و پوسیدگی در توده‌های آمیخته راش در پارسل شاهد طرح سیستم با هدف بررسی رقابت آشکوب‌های مختلف ارتفاعی در مراحل مختلف تحولی جنگل انتخاب و کلیه درختان قطورتر از ۷/۵ سانتی‌متر به تفکیک گونه مورد اندازه‌گیری قطر برابر سینه، ارتفاع و تعیین مختصات دکارتی به‌روش فاصله-آزیموت قرار گرفتند. درختان هر قطعه نمونه با توجه به پراکنش در طبقات ارتفاعی به سه لایه آشکوب پایینی، میانی و بالایی تقسیم‌بندی و برای تعیین الگوی پراکنش، رقابت و اجتماع‌پذیری میان آن‌ها از توابع یک و دو متغیره K رایبلی استفاده شد. نتایج نشان داد که در مراحل مختلف تحولی، پراکنش درختان در آشکوب‌ها و در فواصل مختلف یکسان نیست. اجتماع‌پذیری مثبت درختان راش آشکوب‌های بالایی با پایین‌تر در مراحل اولیه و بلوغ و همچنین درختان راش آشکوب بالا با میانی در مرحله پوسیدگی، متأثر از سرشت سایه‌پسندی، محدودیت پراکنش بذور و نقش درختان بزرگتر به‌عنوان پرستار و پناهگاه درختان کوچکتر است. رقابت درختان راش آشکوب میانی با درختان ممرز آشکوب بالا برای دسترسی به حداکثر منابع در هر سه مرحله تحولی مشاهده شد. شناخت الگوها و وقایع طبیعی هدایت شده توسط طبیعت در طول زمان، لازمه اجرای عملیات جنگل‌شناسی هدفمند و متناسب با مراحل تحولی توده‌های جنگلی است.

کلیدواژه‌ها: توابع رایبلی، جنگل، راشستان آمیخته، گیلان



Spatial patterns of trees and height story competition over forest developmental stages in the mixed stands of Guilan

Maryam Kazempour Larsary^{1*}, Kambiz Taheri Abkenar², Reza Akhavan³, Hasan Pourbabaei⁴

1- PhD student, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Somehsara, Iran

2- Associate Professor, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Somehsara, Iran

3- Associate Professor, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

4- Professor, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Somehsara, Iran

Abstract

Spatial patterns of trees and their interactions specifically reflect mortality, gap creation, resource use, and also determine population dynamics such as seed dispersal, understory development, initial survival and establishment, growth, and competition. In this study, three one-hectare sample plots in the three stages of early development, maturity and decay were selected in an untouched mixed beech forest in order to consider competition of trees from different height stories along developmental stages and all trees with a diameter at breast height (DBH) larger than 7.5 cm by species were measured based on chest diameter, height and determination of cartesian coordinates using distance-azimuth method. Then, these stems data were first divided into three groups (lower, middle and upper stories) depending on their location in the vertical strata. The spatial patterns and spatial associations were analyzed among different tree height classes using univariate and bivariate Ripley's *K*-function. Results showed that spatial pattern varied with canopy strata and scales in different development stages. Positively spatial associations of *Fagus orientalis* at upper and lower stories in initial and optimal staged and also among *F. orientalis* at upper and middle stories in decay stages influenced by shade-tolerance characteristics, seed dispersal limitation and the role of larger nurse trees as a shelter of small trees. Competition for resources was observed between *Fagus orientalis* at the middle story and *Carpinus betulus* at upper story in the all development stages. Recognizing spatial pattern and natural events guided by nature over time are necessary to carry out targeted forestry operations and In proportion to the evolutionary stages of forest stands.

Keywords: Ripley's *K*-function, Forest, Mixed beech forest, Guilan.

* Corresponding author E-mail address: kazempour87@phd.guilan.ac.ir

مقدمه

راشستان‌های آمیخته در حد ارتفاعی میان‌بند جنگل‌های هیرکانی غالب‌ترین جامعه درختی را تشکیل می‌دهند. وسعت پراکنش این جامعه در مناطق مختلف جنگل‌های یاد شده و وجود تنوع گونه‌ای سبب شده که این جنگل‌ها نسبت به جنگل‌های خالص راش از پیچیدگی‌های بیشتری برخوردار باشند. الگوی مکانی درختان (کپه‌ای، تصادفی و منظم) و روابط متقابل میان آنها (مثبت، خنثی و منفی) منعکس کننده یکپارچگی ساختار جوامع، پویایی و پایداری آنها است که ممکن است در مراحل مختلف تحولی متفاوت باشد (ژنگ^۱ و همکاران، ۲۰۱۰). ساختار عمودی توده، یک عنصر کلیدی برای درک اکوسیستم‌های جنگلی بوده و نقش مهمی در این اکوسیستم‌ها بر عهده دارد (هاو^۲ و همکاران، ۲۰۰۷؛ چنگ^۳ و همکاران، ۲۰۱۴). به طوری که، الگوی پراکنش گونه‌های درختی موجود در آشکوب‌های مختلف و نیز قابلیت پراکندگی بذور آنها با توجه به ارتفاع درختان تغییر می‌کند (کینگ^۴ و همکاران، ۲۰۰۶) بنابراین می‌توان گفت که زادآوری درختان تحت تأثیر ساختار عمودی جنگل است (چن و برادشاو^۵، ۱۹۹۹). تجزیه و تحلیل الگوهای مکانی درختان در کلاسه‌های مختلف ارتفاعی می‌تواند سرنخ مهمی برای کشف فرآیندهای اساسی باشد که چنین الگوهایی را ایجاد کرده‌اند (منابه^۶ و همکاران، ۲۰۰۰؛ دراکن برود^۷ و همکاران، ۲۰۰۵). ناکاشیزوکا^۸ (۲۰۰۱) معتقد است که ساختار عمودی جنگل در مقایسه با فعل و انفعالات بیولوژیکی و آشفستگی‌های به‌وقوع پیوسته، تأثیر بیشتری بر همزیستی گونه‌های درختی در مراحل جوانی و بلوغ داشته و همین‌طور نقش مهمی را در توزیع افقی درختان بالغ ایفا می‌کند. این مسئله لزوم تجزیه و تحلیل ساختار عمودی توده و بررسی روابط متنوع درون و بین‌گونه‌ای در طبقات متمایز تاج‌پوشش و در مراحل مختلف تحولی را تأیید می‌کند. در طول دهه‌های گذشته مطالعه بر روی الگوی مکانی و اجتماع‌پذیری میان درختان شدت گرفته است؛ فاجاردو^۹ و همکاران (۲۰۰۶) در جنگل‌های غربی مونتانا، با استفاده از توابع تک و دو متغیره *K* رایپلی، الگوی مکانی نهال‌ها و اجتماع‌پذیری آنها با درختان آشکوب بالا را در توده‌های مدیریت شده و ناهمسال *Ponderosa Douglas-fir* و *pine* بررسی کردند. هاو و همکاران (۲۰۰۷) پراکنش مکانی و الگوی اجتماع‌پذیری چهار گونه درختی غالب را در کلاسه‌های ارتفاعی مختلف با استفاده از حالت‌های تک و دو متغیره آماره *O-ring* در ۲۵ هکتار از جنگل آمیخته معتدله *Pinus koraiensis* در چین مورد بررسی قرار دادند. ژنگ و همکاران (۲۰۱۲) در جنگل سین کیانگ (Xinjiang) چین، نخست درختان *Picea schrenkiana* را از نظر سنی به ۵ کلاسه نهال‌ها، درختان کوچک، متوسط، بزرگ و کهنسال تقسیم کرده و سپس الگوی مکانی و کنش متقابل میان گروه‌های سنی مختلف را با استفاده از تابع *K* رایپلی بررسی کردند. لی^{۱۰} و همکاران (۲۰۱۲) الگوی مکانی هشت گونه غالب درختی از جهت تاج‌پوشش را در جنگل آمیخته نراد با پهن برگان خزان کننده در پارک ملی اُدسان (Odaesan) در جنوب کشور کره مطالعه کردند، آن‌ها گونه‌ها را براساس حضورشان در آشکوب‌ها به سه دسته عمده تقسیم کرده و با استفاده از تابع *K* رایپلی الگوی مکانی و اجتماع‌پذیری درون و بین گونه‌ای را در مراحل مختلف رویشی به منظور تفسیر ساز و کارهای همزیستی گونه‌ها مورد بررسی قرار دادند. مایستر و ملاهی^{۱۱} (۲۰۱۲) در تحقیقی در جنگل‌های بارانی جزایر ایالت کلورادو (Colorado)، در یک سطح ۵۰ هکتاری درختان و درختچه‌های ثبت شده را به چهار دسته درختچه، درختان زیرآشکوب، درختان متوسط و درختان بلند تقسیم و در طول یک دوره ۲۰ ساله الگوی مکانی آنها را با استفاده از آماره *O-ring* بررسی کردند. اخوان^{۱۲} و همکاران (۲۰۱۲) در توده‌های دست نخورده راش کلاردشت به الگوهای متفاوتی در مراحل مختلف تحولی دست یافتند. اخوان و همکاران (۲۰۱۵) با استفاده از حالت‌های تک و دو متغیره آماره *O-ring* الگوی پراکنش و رقابت درون‌گونه‌ای اُرس در مراحل مختلف رویشی را در جنگل‌های لاین استان خراسان رضوی بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که الگوی پراکنش پایه‌های اُرس، عمدتاً کپه‌ای بوده و با افزایش مقیاس تصادفی می‌شود؛ درحالی‌که، اثر متقابل میان مراحل مختلف رویشی اُرس در بیشتر موارد از نوع جذب و نهایتاً خنثی بود.

اکثر مطالعات صورت گرفته در ایران به بررسی الگوی مکانی، رقابت و اجتماع‌پذیری میان کلاسه‌های مختلف قطری با هم پرداخته و

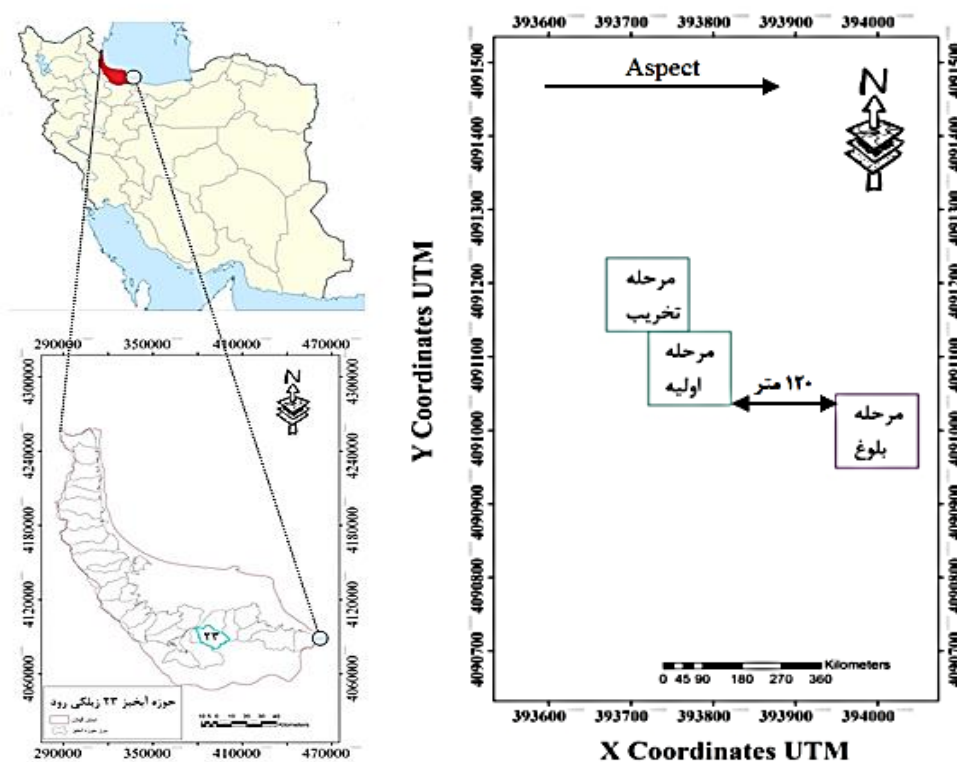
- 1- Zhang
- 2 - Hao
- 3 - Cheng
- 4 - King
- 5 - Chen & Bradshaw
- 6 - Manabe
- 7 - Druckenbrod
- 8 - Nakashizuka
- 9 - Fajardo
- 10 - Lee
- 11 - Myster & Malahy
- 12 - Akhavan

تاکنون مطالعه‌ای در کشور در مورد بررسی رقابت و اجتماع‌پذیری آشکوب‌های مختلف ارتفاعی در یک توده جنگلی انجام نشده است. در نتیجه با توجه به اینکه ارتفاع درختان حساسیت بیشتری در برابر عوامل اکولوژیکی نسبت به سایر متغیرهای درخت از خود نشان می‌دهد (چن و برادشاو، ۱۹۹۹، سالاس^۱، ۲۰۰۶)، هدف از مطالعه حاضر تجزیه و تحلیل الگوهای مکانی درختان در آشکوب‌های مختلف و نیز بررسی روابط درون و بین‌گونه‌ای میان درختان در هر یک از آشکوب‌ها به‌طور جداگانه و همچنین میان آشکوب‌های مختلف در مراحل مختلف تحولی است. شناخت الگوها در مراحل مختلف تحولی، راهنمایی مناسب در استفاده از اثرات مطلوب پدیده‌های رقابت و اجتماع‌پذیری درون و بین‌گونه‌ای در راستای مدیریت نزدیک به طبیعت در منطقه مورد مطالعه و توده‌هایی با خصوصیات مشابه است.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد بررسی

به‌منظور انجام این بررسی، پارسل شاهد شماره ۴۲۱، سری چهار (سیستان) در حوضه آبخیز ۲۳ (زیلکی رود) در منطقه امامزاده هاشم گیلان انتخاب شد که وسعت آن ۵۹ هکتار با جهت عمومی شمالی بود (شکل ۱). متوسط ارتفاع از سطح دریا ۵۵۰ متر و شیب آن عمدتاً بین ۳۰ تا ۶۰ درصد است. براساس داده‌های آب‌وهوایی ۱۰ ساله (۱۳۷۰ تا ۱۳۸۰) نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی (تاریک‌رود) میانگین بارندگی سالیانه ۱۲۷۳/۱۵ میلی‌متر و متوسط دمای سالیانه ۱۴/۴ سانتی‌گراد است. منطقه فاقد ماه‌های خشک در سال بوده و در طبقه‌بندی اقلیمی به‌روش آمبرژه جزء اقلیم خیلی مرطوب سرد قرار می‌گیرد. تیپ خاک قهوه‌ای اسیدی تا قهوه‌ای جنگلی با pH اسیدی است. این بررسی در توده‌های آمیخته راش-ممرز صورت گرفته که تاکنون تحت هیچ گونه عملیات پرورشی و دخالت جنگل‌شناسی نبوده است. گونه‌های همراه شامل توسکای بیلاقی، پلت، شیردار، انجیلی، ملج و خرمندی هستند (اداره کل منابع طبیعی گیلان، ۱۳۸۷).



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد بررسی

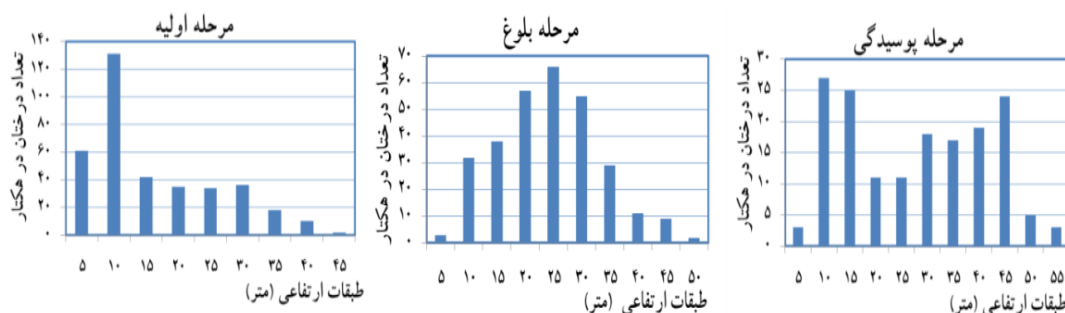
روش پژوهش

پس از انجام جنگل‌گردشی‌های متعدد، سه قطعه نمونه یک هکتاری با ابعاد ۱۰۰×۱۰۰ متر واقع در سه مرحله مختلف تحولی شامل (اولیه، بلوغ و پوسیدگی) در توده‌های آمیخته راش انتخاب شدند؛ بطوری‌که اضلاع این قطعات در جهت شمالی-جنوبی و شرقی-غربی

بودند (اخوان، ۱۳۹۳؛ امانزاده و همکاران، ۱۳۹۴). مرحله اولیه با رشد سریع درختان جوان، رقابت نوری، افزایش موجودی توده و ساختاری ناهمسال و پلکانی مشخص می‌شود، توده در مرحله بلوغ از درختانی با تاج پوشش بسته و همچنین قطر و ارتفاع نسبتاً برابر ولی با سنین بسیار متفاوت تشکیل شده و به جنگلی همسال و مدیریت شده شباهت دارد و در مرحله پوسیدگی با افزایش خشک‌دارها از تراکم و حجم توده کاسته خواهد شد (اخوان و همکاران، ۲۰۱۲). پس از مشخص شدن محدوده قطعات یک هکتاری در جنگل، مختصات گوشه جنوب غربی هر یک از این قطعات به عنوان نقطه مبنا برداشت و برای ثبت مختصات درختان از روش فاصله-آزیموت استفاده شد؛ به این صورت که فاصله و آزیموت درخت اول نسبت به نقطه مبنا به ترتیب با دستگاه Vertex و با قطب نمای سونتو اندازه‌گیری و با استفاده از روابط مثلثاتی به مختصات دکارتی تبدیل شد. در مرحله بعد با اضافه کردن این مختصات به نقطه مبنا، مختصات درخت اول به دست آمد. به همین ترتیب در داخل محدوده‌های یک هکتاری فاصله و آزیموت هر درخت نسبت به درخت منبای مربوطه سنجیده و به مختصات UTM تبدیل شد. همچنین ارتفاع تمامی درختان قطورتر از ۷/۵ سانتی‌متر به تفکیک گونه اندازه‌گیری شد. منبای آشکوب‌بندی، توزیع درختان در طبقات ارتفاعی ۵ متری بوده و با توجه به منحنی ارتفاع هر توده، درختان در سه آشکوب پایینی، میانی و بالایی طبقه‌بندی شدند (هاو و همکاران، ۲۰۰۷). به منظور بررسی الگوی پراکنش درختان (کپه‌ای، منظم و تصادفی) از تابع تک‌متغیره K رایپلی (L) و برای تعیین کنش متقابل درون‌گونه‌ای و همچنین رقابت و اجتماع‌پذیری بین گونه‌های درختی در داخل و میان آشکوب‌ها از فرم دو متغیره K رایپلی (L_{12}) استفاده شد. تابع L_{12} فواصل بین درختان یک گونه با ابعاد مختلف یا فواصل میان گونه‌های مختلف درختی را در یک نقشه توزیع مکانی در نظر می‌گیرد و اگر این تابع بالاتر، پایین‌تر و یا در داخل محدوده مونت کارلو قرار گیرد به ترتیب نشانه وجود ارتباط مکانی مثبت از نوع جذب، ارتباط مکانی منفی از نوع دفع و عدم وجود هر گونه اثر متقابل مثبت یا منفی در بین گونه‌ها یا گروه‌های مختلف مورد بررسی است. از آنجایی که اثر متقابل درختان در فواصل بیش از ۵۰ متر به حداقل خود می‌رسد (سالاس و همکاران، ۲۰۰۶)، تابع L_{12} تا فاصله ۵۰ متری محاسبه شد. در محاسبات انجام شده موقعیت مکانی درختان آشکوب بالاتر (غالب) به دلیل تأثیرگذاری آنها بر رویش درختان آشکوب پایین‌تر، ثابت و موقعیت مکانی درختان آشکوب پایین‌تر به دلیل تأثیرپذیری آنها، متغیر در نظر گرفته شد (ناکاشیزوکا، ۲۰۰۱؛ سیپریوتی و آگیار^۱، ۲۰۰۴؛ هاو و همکاران، ۲۰۰۷). تمامی محاسبات مربوط به توابع یک و دو متغیره K رایپلی (L) با استفاده از نرم‌افزار (پروگرامیتا) Programita نسخه ۲۰۱۰ انجام شد (ویگند و میلونی^۲، ۲۰۱۴).

یافته‌های پژوهش

شکل ۲ توزیع درختان در طبقات ارتفاعی را به تفکیک مراحل تحولی نشان می‌دهد. در مرحله اولیه بیشترین فراوانی در طبقه ارتفاعی ۱۰ متری بود، فراوانی درختان تا طبقه ۳۰ متری تقریباً مشابه و پس از آن کاهش یافت. توزیع در مرحله بلوغ شبیه به یک منحنی نرمال بوده که فراوانی درختان ابتدا افزایش یافته، در طبقه ارتفاعی ۲۵ متری به اوج خود رسیده و سپس کاهش می‌یابد. در مرحله پوسیدگی منحنی در ۲ نقطه دچار شکستگی شدید شد که یکی از طبقه ۱۵ به ۲۰ متری و دیگری از طبقه ۴۵ به ۵۰ متری بود که این شکستگی‌ها منبای آشکوب‌بندی توده قرار گرفت. جدول ۱ فراوانی گونه‌ها در آشکوب‌ها را در هر یک از مراحل تحولی نشان می‌دهد.



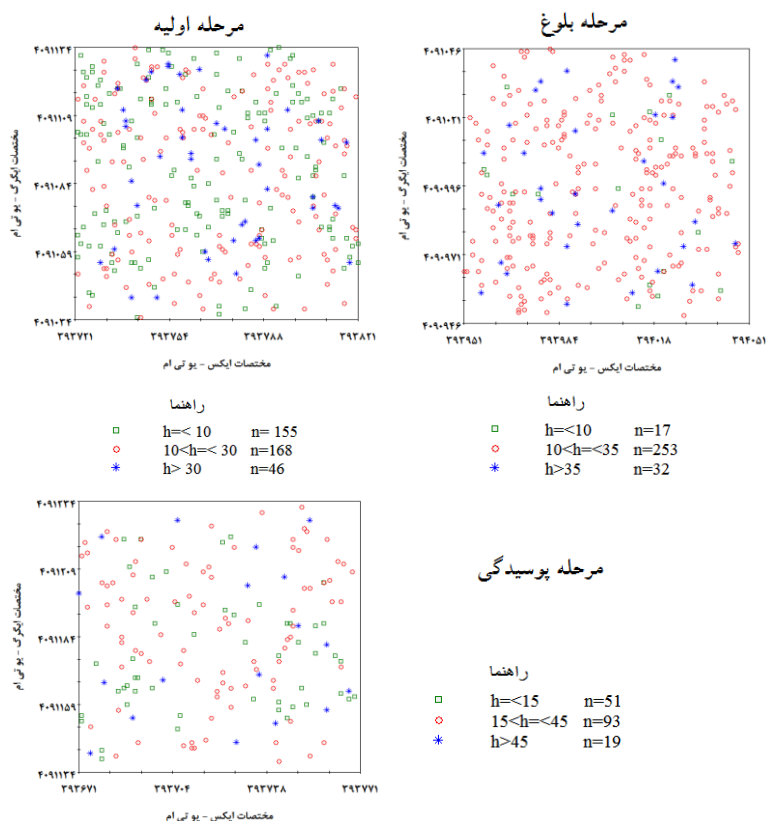
شکل ۲- توزیع ارتفاعی درختان در مراحل مختلف تحولی توده

شکل ۳ نقشه موقعیت مکانی درختان را در مراحل مختلف تحولی نشان می‌دهد. شکل ۴ نشان می‌دهد که الگوی کلی پراکنش درختان در مرحله اولیه در فواصل ۷ تا ۲۲ متر کپه‌ای بوده و پس از آن تصادفی می‌شود. در این مرحله تحولی، درختان آشکوب پایینی تا فواصل

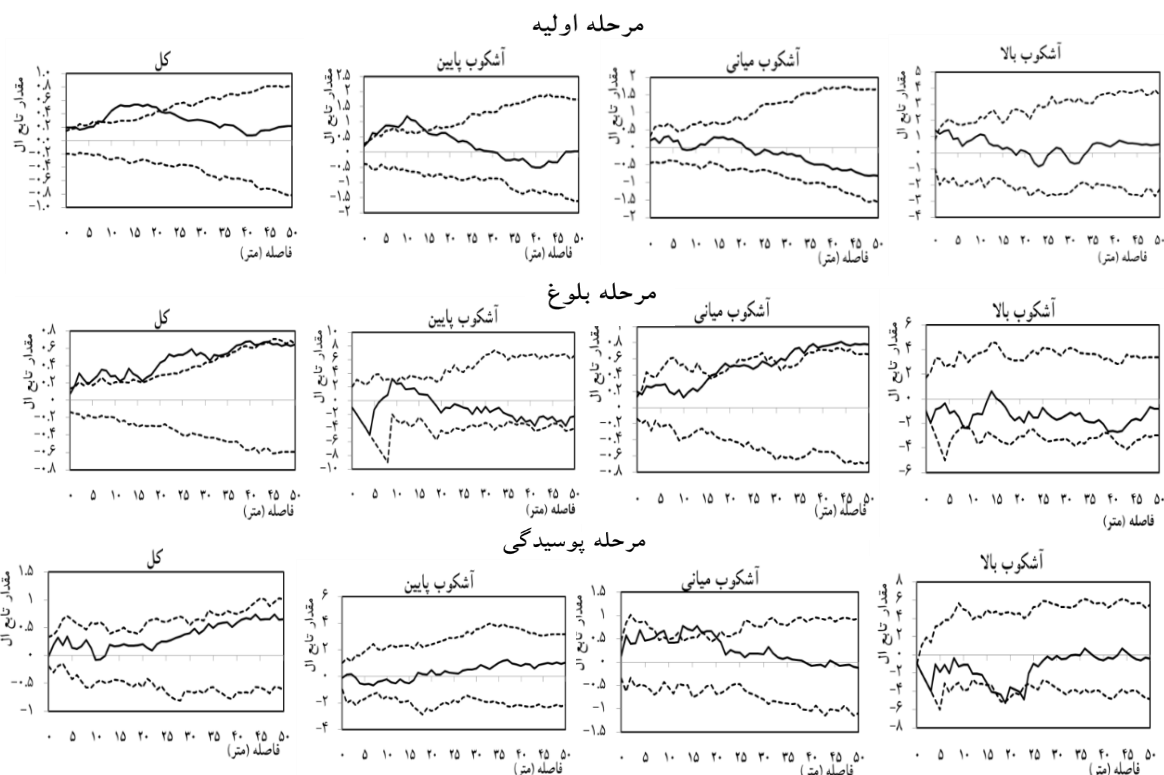
حدود ۱۵ متر الگوی کپه‌ای دارند، در حالی که پراکنش درختان آشکوب‌های میانی و بالایی در تمامی فواصل تصادفی است. در مرحله بلوغ، الگوی کلی پراکنش درختان تا فواصل حدود ۴۱ متری کپه‌ای بوده و پس از آن با معنی‌داری ضعیفی تصادفی می‌شود. پراکنش درختان آشکوب میانی در فواصل ۱۵ تا ۲۰ متر و پس از ۳۰ متر کپه‌ای است، در حالی که درختان آشکوب میانی و بالایی در تمامی فواصل الگوی تصادفی دارند (شکل ۳). در مرحله پوسیدگی، الگوی کلی پراکنش توده و نیز درختان آشکوب پایینی و بالایی تصادفی بود اما درختان آشکوب میانی در فواصل حدود ۱۲ تا ۲۰ متر پراکنش کپه‌ای داشتند (شکل ۴).

جدول ۱- فراوانی درختان در آشکوب‌های پایینی، میانی و بالایی به تفکیک گونه در مراحل مختلف تحولی جنگل

مرحله تحولی	گونه	آشکوب بندی					
		آشکوب پایینی		آشکوب میانی		آشکوب بالایی	
		فراوانی	درصد	فراوانی	درصد	فراوانی	درصد
اولیه	راش	۱۱۸	۳۲	۷۴	۲۰	۲۲	۶
	ممرز	۲۸	۷/۶	۸۳	۲۲/۵	۱۵	۴
	سایر گونه‌ها	۹	۲/۴	۱۱	۳	۹	۲/۵
	کل	۱۵۵	۴۲	۱۶۸	۴۵/۵	۴۶	۱۲/۵
بلوغ	راش	۱۲	۴	۱۳۳	۴۴	۲۸	۹/۳
	ممرز	۴	۱/۳	۱۱۹	۳۹/۴	۴	۱/۴
	سایر گونه‌ها	۱	۰/۳	۱	۰/۳	۰	۰
	کل	۱۷	۵/۶	۲۵۳	۸۳/۷	۳۲	۱۰/۷
پوسیدگی	راش	۳۸	۲۳/۳	۳۱	۱۹	۱۶	۹/۸
	ممرز	۶	۳/۷	۴۴	۲۷	۲	۱/۳
	سایر گونه‌ها	۷	۴/۳	۱۸	۱۱	۱	۰/۶
	کل	۵۱	۳۱/۳	۹۳	۵۷	۱۹	۱۱/۷

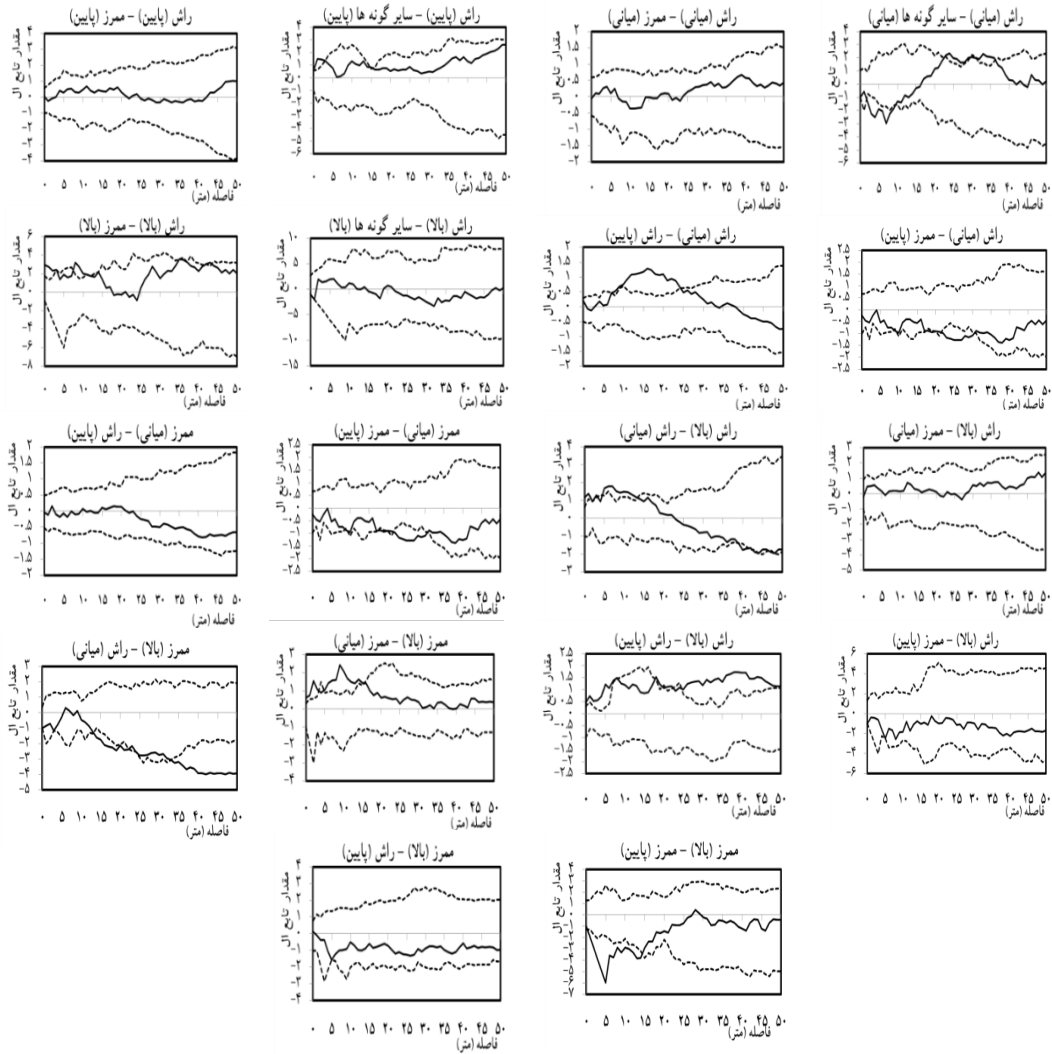


شکل ۳- نقشه توزیع مکانی درختان به تفکیک آشکوب‌ها در مراحل مختلف تحولی جنگل (h: طبقه ارتفاعی به متر؛ n: تعداد درختان)

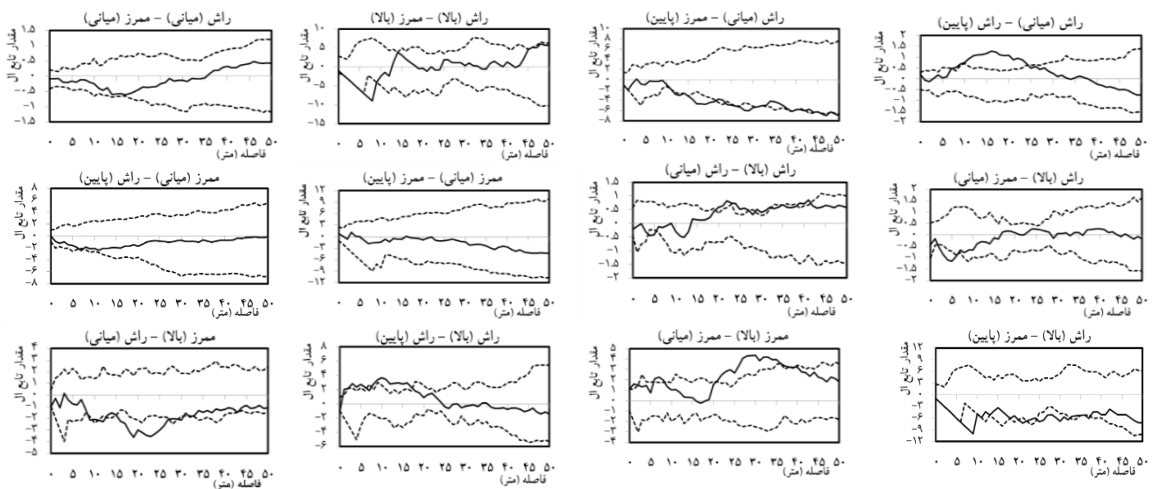


شکل ۴- نمودارهای تابع $L(r)$ (خط ممتد) و حدود مونت کارلو (خط چین) معرف الگوی مکانی درختان به تفکیک آشکوب‌ها در مراحل مختلف تحولی جنگل

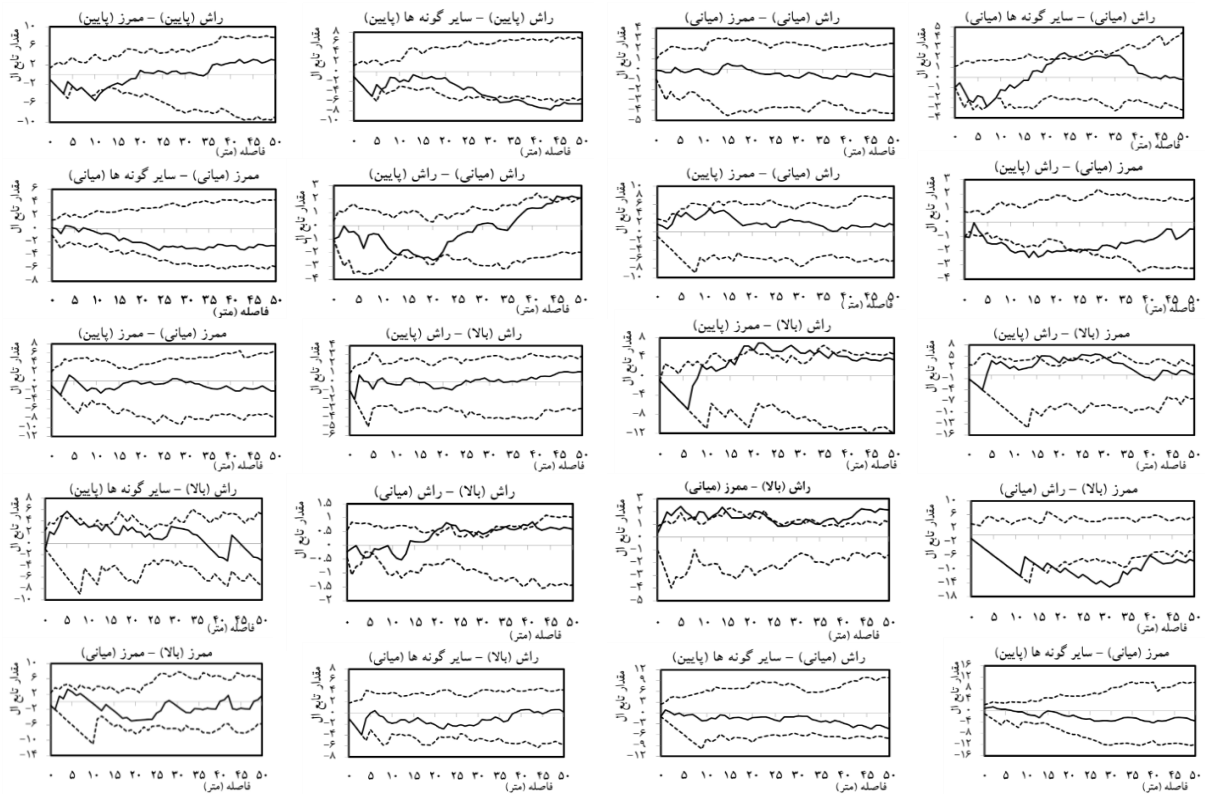
شکل‌های ۵ تا ۷ اثرات متقابل بین‌گونه‌ای درختان را در درون آشکوب‌ها و وضعیت رقابت درون و بین‌گونه‌ای در میان آشکوب‌ها و در مراحل مختلف تحولی را نشان می‌دهند. در مرحله اولیه اثر متقابل مثبت بین درختان راش آشکوب بالا با درختان راش آشکوب میانی و پایینی و همچنین میان درختان راش آشکوب میانی با پایینی دیده می‌شود (شکل ۵). اثر متقابل مثبت میان درختان ممرز آشکوب بالا با درختان هم‌گونه آشکوب پایین در فواصل کم (۱۵ متر) دیده شد (شکل ۵). درختان راش آشکوب میانی، درختان سایر گونه‌ها را در این آشکوب تا فواصل حدود ۱۰ متری و درختان ممرز آشکوب پایین را در فواصل ۲۰ تا ۳۰ متری دفع می‌کنند. اثر متقابل درون‌گونه‌ای میان درختان ممرز آشکوب‌های میانی و پایینی در فواصل حدود ۲۰ تا ۳۰ متر نیز از نوع دفع است. درختان ممرز آشکوب بالا، درختان هم‌گونه آشکوب پایین را تا فواصل حدود ۱۵ متری و درختان راش آشکوب میانی را از فاصله حدود ۱۳ متری دفع کردند، بطوری‌که شدت دفع از فاصله ۳۳ متری تا انتهای فاصله مورد بررسی (۵۰ متر) افزایش می‌یابد (شکل ۵). اثرات متقابل میان درختان در مرحله بلوغ در بیشتر موارد و فواصل از نوع خنثی بود (شکل ۶). همانند مرحله اولیه درختان راش آشکوب بالا، درختان هم‌گونه را در آشکوب‌های میانی و پایینی و درختان راش آشکوب میانی، درختان هم‌گونه را در آشکوب پایینی جذب می‌کنند، با این توضیح که نقطه شروع و اتمام حالت جذب متفاوت بود. درختان راش آشکوب بالا، درختان ممرز آشکوب‌های بالا، میانی و پایینی را در فواصل کوتاه اولیه و درختان ممرز آشکوب بالا، درختان راش آشکوب میانی را در فواصل حدود ۱۰ تا ۲۷ متری دفع می‌کنند (شکل ۶). در مرحله پوسیدگی، تقریباً در تمامی فواصل اثر متقابل مثبت میان درختان راش آشکوب بالا با درختان ممرز آشکوب میانی دیده شد. همچنین درختان راش آشکوب بالا ممرز آشکوب پایینی را در فواصل حدود ۱۷ تا ۳۴ متری جذب می‌کنند (شکل ۷). درختان ممرز آشکوب بالا نیز درختان راش آشکوب پایینی را در فواصل حدود ۱۵ تا ۳۰ متری جذب کردند. درختان راش آشکوب پایینی، سایر گونه‌های این آشکوب را از فاصله ۳۰ متری و درختان ممرز آشکوب بالا، راش میانی را از فاصله ۱۸ متری تا پایان فاصله بررسی دفع و درختان ممرز آشکوب میانی، درختان راش پایینی را تا فاصله حدود ۲۵ متری دفع می‌کنند (شکل ۷).



شکل ۵- نمودارهای تابع $L_{12}(r)$ (خط ممتد) و حدود مونت کارلو (خط چین) معرف اثرات متقابل راش- ممرز و راش- سایرگونه‌ها در درون آشکوب‌ها و الگوی اجتماع‌پذیری درون و بین گونه‌ای در میان آشکوب‌های مختلف در مرحله تحولی اولیه (مواردی که در شکل‌های ۵ و ۶ ارائه نشده، به دلیل عدم وجود درخت کافی در یکی از گونه‌های مورد نظر می‌باشد)



شکل ۶- نمودارهای تابع $L_{12}(r)$ (خط ممتد) و حدود مونت کارلو (خط چین) معرف اثرات متقابل راش- ممرز در درون آشکوب‌ها و الگوی اجتماع‌پذیری درون و بین گونه‌ای در میان آشکوب‌های مختلف در مرحله تحولی بلوغ



شکل ۷- نمودارهای تابع $L_{12}(r)$ (خط ممتد) و حدود مونت کارلو (خط چین) معرف اثرات متقابل راش- ممرز و راش- سایر گونه‌ها در درون آشکوب‌ها و الگوی اجتماع‌پذیری درون و بین گونه‌ای در میان آشکوبهای مختلف در مرحله تحولی پوسیدگی

بحث و نتیجه‌گیری

هر یک از مراحل تحولی، ساختاری مختص به خود داشته و با چندین معیار ساختاری و زیستی که عبارتند از فرم، ترکیب و توزیع گونه‌ای، آشکوب‌بندی، پوشش تاجی، شادابی درختان، قانون‌مندی پراکنش درختان در پروفیل افقی و عمودی توده و دیرزیستی درختان تشخیص داده می‌شوند (حسنی و امانی، ۱۳۸۹؛ اخوان و همکاران، ۲۰۱۲). الگوهای آرایه شده در مراحل مختلف تحولی توده‌های آمیخته مورد بررسی متأثر از سرشت اکولوژیکی گونه‌ها و واکنش‌های متنوع آنها به فرآیندهای طبیعی در طول چرخه حیات است. بطوری‌که در مرحله اولیه، الگوی پراکنش کپه‌ای درختان در آشکوب پایین و در مقیاس کوچک (حدود ۳۰ متر) را می‌توان به سرشت سایه‌پسندی، سنگینی و محدودیت پراکنش بذور راش و همچنین نیازمندی این گونه به پرستار در مراحل اولیه حیات نسبت داد، ولی به مرور زمان و با افزایش سن نهال‌ها و رقابتی که با پایه‌های مجاور بر سر منابع دارند، تعدادی از نهال‌ها در کپه‌های تجدیدحیات حذف شده و با بزرگ شدن مقیاس، الگوی کپه‌ای آنها به تصادفی تغییر می‌کند. تغییر نوع الگو از کپه‌ای به تصادفی تحت تأثیر مقیاس بررسی، توسط محققین زیادی به اثبات رسیده است (هاو و همکاران، ۲۰۰۷؛ ونگ^۱ و همکاران، ۲۰۰۳، چنگ و همکاران، ۲۰۱۴). لن^۲ و همکاران (۲۰۱۲) در جنگل‌های استوایی فصلی چین به این نتیجه رسیدند که نهال‌ها دارای الگوی پراکنش کپه‌ای در مقیاس کوچک (۰-۱۰ متر) بوده و در مقیاس بزرگتر (۱۰-۳۰ متر) الگوی پراکنش تصادفی دارند، درحالی‌که درجه کپه‌ای بودن از نهال‌ها به سمت درختان بزرگسال به دلیل مرگ و میر ناشی از رقابت درختان کاهش می‌یابد. فرانکلین^۳ و همکاران (۲۰۰۲) معتقدند که فرآیندهای گوناگونی می‌تواند سبب شکل‌گیری الگوهای کپه‌ای نهال‌ها شود که از آن جمله می‌توان به آشفته‌گی‌های طبیعی یا مکانیکی خاک اشاره کرد که منجر به وجود آورن قطعاتی با شرایط مطلوب برای استقرار بذور یا افزایش منابع موجود در داخل این قطععات می‌شوند که ممکن است وابسته به روشن‌های تاج‌پوشش باشند. در یک بیان کلی الگوی کپه‌ای نهال‌ها ممکن است در نتیجه خصوصیات ادافیکی رویشگاه در مقیاس کوچک (کاندیت^۴ و همکاران، ۲۰۰۰،

1 - Wang
2 - Lan
3 - Franklin
4 - Condit

اثر آشفستگی‌های گذشته (ایجاد روشنه پس از افتادن درختان) یا فراهم آمدن شرایط مناسب برای زنده‌مانی برخی از گونه‌های درختی موجود در یک آشکوب باشد (وینگند و همکاران، ۲۰۰۶). الگوی تصادفی نهال‌ها در مقیاس بزرگتر ممکن است ناشی از مرگ و میر، آللوپاتی، رقابت، کاهش نور یا مواد غذایی مورد نیاز باشد (اوکولا و کاچی^۱، ۱۹۹۵). مایستر و ملاهی (۲۰۱۲) در بررسی خود در جنگل‌های بارانی جزایر ایالت کلرادو به این نتیجه رسیدند که گروه‌های موجود در ارتفاعات بالاتر تاج‌پوشش توده بر خلاف درختان موجود در زیر آشکوب، الگوی کپه‌ای از خود نشان ندادند. تعدادی از محققین عقیده دارند که الگوی کپه‌ای درختان آشکوب‌های پایین‌تر در نتیجه عدم یکنواختی رویشگاه (چپین^۲ و همکاران، ۱۹۹۴) یا محدودیت پراکنش بذرهاست (هارمز^۳، ۲۰۰۰، هوبل^۴، ۲۰۰۱). در مقابل، برخی دیگر معتقدند که الگوی تصادفی یا یکنواخت درختان آشکوب‌های بالاتر به دلیل رقابت قوی درون و بین‌گونه‌ای میان آنها برای دسترسی به منابع (نور، آب، مواد غذایی و...) است (بویدن^۵ و همکاران، ۲۰۰۵؛ لی و همکاران، ۲۰۱۲). هاو و همکاران (۲۰۰۷) در جنگل‌های آمیخته چین دریافتند که الگوی پراکنش درختان با تاج گسترده و بزرگ (آشکوب فوقانی و میانی) در تمام فواصل، تصادفی یا یکنواخت است، در حالی که، درختان با تاج کوچک (آشکوب زیرین و نهال‌ها) در فواصل کوتاه از الگوی کپه‌ای تبعیت کرده و با توسعه تاج‌پوشش از شدت کپه‌ها کاسته می‌شود.

طی فرآیند تکامل توده‌های جنگلی در مراحل مختلف تحولی، کنش‌های متعددی مانند رقابت و اجتماع‌پذیری درون و بین‌گونه‌ای با توجه به نیازها و خواص‌های اکولوژیکی درختان شکل می‌گیرد که نتیجه این روند بر روی ساختار جنگل و بخش زنده همراه آن نمود پیدا می‌کند (گادو^۶، ۲۰۰۵). در حقیقت، ساختار جنگل برآیندی از کنش متقابل مثبت و منفی بین درختان مستقر در توده و نیز محیط اطراف اطراف است. کنش‌های منفی افراد در جوامع گیاهی نتیجه رقابت برای به انحصار در آوردن مطلق یا نسبی منابع و در مقابل کنش‌های مثبت به دلیل پشتیبانی گونه‌ها از هم و استفاده هماهنگ از منابع محدود قابل مشاهده است؛ ضمن آنکه فقدان همبستگی نشان از عدم نیازهای مشابه به منابع و یا وفور آن و در نتیجه واکنش یکسان آنها دارد، همچنین می‌توان این عدم همبستگی را نتیجه تعادل نیروهای مثبت و منفی دانست (لودویگ و رینولد^۷، ۱۹۹۸).

در مراحل اولیه و بلوغ، اجتماع‌پذیری مثبت میان درختان راش آشکوب بالا با درختان این گونه در آشکوب‌های میانی و پایینی و همچنین میان درختان راش آشکوب میانی با پایینی مشاهده شد. در مرحله پوسیدگی درختان راش آشکوب بالا، راش آشکوب میانی را جذب کردند. محدودیت پراکنش بذور راش و سرشت سایه‌پسندی این گونه این امکان را فراهم می‌آورد که نونهال‌ها و نهال‌های این گونه در زیر تاج‌پوشش درختان مادری پناه بگیرند. اثر متقابل میان درختان ممز آشکوب‌های بالا و میانی در مراحل اولیه و بلوغ از نوع مثبت و جذب بود. چنگ و همکاران (۲۰۱۴)، اجتماع‌پذیری مثبت و قوی میان مراحل جوانی و میان‌سالگی در گونه *Quercus liaotungensis* را به نحوه ارتباط میان آنها و نقش درختان بزرگتر به‌عنوان درختان پرستار و پناهگاهی برای درختان کوچکتر نسبت می‌دهند.

در مرحله اولیه، درختان ممز آشکوب‌های میانی و پایینی و همچنین درختان ممز آشکوب‌های بالایی و پایینی همدیگر را دفع می‌کنند. در مقیاس کوچک، الگوی اجتماع‌پذیری منفی بین افراد یک گونه در آشکوب پایین با درختان مادری در آشکوب بالاتر می‌تواند در نتیجه رقابت یا اثرات وابسته به تراکم باشد که میان پایه‌های جوان و بالغ به‌وقوع می‌پیوندد (کلارک و کلارک^۸، ۱۹۸۴). در مرحله پوسیدگی، اجتماع‌پذیری مثبت میان درختان راش آشکوب بالا با درختان ممز آشکوب‌های پایینی و میانی و همچنین درختان ممز آشکوب بالا با درختان راش آشکوب پایین مشاهده شد. اجتماع‌پذیری مثبت میان افراد یک گونه در آشکوب پایین با افراد گونه دیگری در آشکوب بالا نشان دهنده گستردگی آشیان اکولوژیک گونه‌ای است که می‌تواند به‌خوبی در زیر تاج‌پوشش گونه‌های دیگر رشد کند. به‌عبارت دیگر می‌توان گفت که در زیر تاج‌پوشش درختان آشکوب بالا شرایط مناسب محیطی برای استقرار، زنده‌مانی و رشد درختان آشکوب پایین وجود دارد. تحقیقات یانگ و وو^۹ و نیز هاو و همکاران (۲۰۰۷) تأیید کننده این مطلب است. در واقع، اجتماع‌پذیری مثبت میان زادآوری با درختان بالغ ممکن است برای استقرار آنها در مراحل اولیه تحولی مهم باشد اما پس از آن، نهال‌های بزرگتر به‌دلیل نیازمندی به منابع بیشتر به احتمال زیاد با درختان آشکوب بالاتر وارد رقابت می‌شوند (فاجاردو و همکاران، ۲۰۰۶). الگوی اجتماع‌پذیری منفی میان درختان

1 - Okuda & Kachi

2 - Chapin

3 - Harms

4 - Hubbel

5 - Boyden

6 - Gadov

7 - Ludwig & Reynolds

8 - Clark & Clark

9 - Yang & Wu

ممرز آشکوب بالا با درختان راش آشکوب میانی در هر سه مرحله تحولی شاهدهی بر این مدعا است، ضمن اینکه در هر یک از مراحل تحولی شاهد رقابت بین گونه‌ای میان درختان راش- ممرز و راش با سایر گونه‌ها در درون و بین آشکوب‌ها بوده‌ایم. با مقایسه الگوی اجتماع‌پذیری میان درختان موجود در آشکوب‌های مختلف می‌توان نتیجه گرفت که نیاز گونه‌های مختلف برای استقرار و زنده‌مانی در رویشگاه متفاوت است (بویدن و همکاران، ۲۰۰۵). متفاوت بودن ساختار، تنوع سرشت اکولوژیکی و وجود درجات مختلفی از حساسیت‌ها نسبت به نور و سایر عوامل محیطی تأثیرگذار در طول مرحله تحولی درخت و تفاوت در رویش و دیرزیستی فیزیولوژیکی گونه‌ها ناشی از آمیختگی توده‌های مورد مطالعه را می‌توان از عوامل مؤثر بر متفاوت بودن این کنش‌های متقابل دانست.

با توجه به نتایج بدست آمده، بجز چند مورد استثنا و قابل چشم‌پوشی، در اغلب موارد اثرات متقابل درختان آشکوب‌های مختلف از نوع جذب یا خنثی بوده که نشان می‌دهد مشکل رقابتی خاصی در این توده‌های آمیخته وجود ندارد. تفسیر نتایج حاصله، در افزایش دانش ما نسبت به فواصل مربوط به پشتیبانی یا عدم تحمل‌پذیری گونه‌ها در یک آشکوب یا در میان آشکوب‌ها در هر یک از مراحل تحولی سبب می‌شود که برنامه‌ریزی برای دخالت‌های جنگل‌شناسی و احیای جنگل متناسب با واقعیت طبیعی توده‌ها انتخاب شده و هدفمند باشد تا ضمن اصلاح ساختار و حفظ آمیختگی جنگل، استقرار تجدیدحیات نیز تضمین شود؛ چرا که یک جنگل با ساختار ناهمسال و آمیخته به مراتب نسبت به خطرات طبیعی مقاوم‌تر بوده و همچنین دارای تولیدات پایدار بیشتری است. اگر نشانه گذار قبل از نشانه‌گذاری، مرحله تحولی یا فاز مربوطه توده مورد نظر را براساس شواهد موجود درست تشخیص دهد و بداند که هر توده جنگلی در هر مرحله تحولی باید چه تعداد در هکتار، چند آشکوب و چه تعداد درخت در هر آشکوب و ... داشته باشد، بسیار بهتر می‌تواند، درختان لازم برای نشانه‌گذاری را انتخاب کند و در حقیقت این اطلاعات، راهنمایی برای نشانه‌گذار برای نشانه‌گذاری دقیق‌تر درختان است. بنابراین، به‌منظور پیشبرد اهداف مدیریتی و حفظ حالت پلکانی و ناهمسالی در آینده توده، تصمیمات جنگل‌شناسی می‌تواند در مرحله اولیه که عمده درختان در آشکوب‌های میانی و پایینی پراکنش دارند، بر روی انجام عملیات پرورشی در این آشکوب‌ها متمرکز شود تا ضمن کمک به درختان خوب تحت فشار و اجازه رشد قطری حداکثر به درختان سالم، افزایش کیفیت زادآوری و حمایت از گروه‌های جوان و کمک به پرشدن روشنه‌ها، توجه به تنوع گونه‌ای (آمیختگی)، حمایت از گونه‌های نادر و بارز در آشکوب‌های میانی و پایینی نیز مدنظر قرار گیرد. برداشت چوب در این مرحله اقتصادی نخواهد بود. در مرحله بلوغ که طبقات قطور و میان قطر از سهم بیشتری از نظر تعداد و حجم در هکتار برخوردارند، ابتدا بایستی با انجام عملیات پرورشی و تنک کردن آشکوب میانی، محیط را آماده نمود تا ضمن افزایش پایداری درختان و پرورش حجم توده، تجدیدحیات در اواخر این مرحله در روشنه‌های ایجاد شده مستقر شده و دسترسی به اصل استمرار تولید و برآورد نیازهای اجتماعی- اقتصادی نیز امکان‌پذیر شود. در مرحله پوسیدگی، ضمن اینکه نشانه‌گذاری باید مبتنی بر عدم ایجاد روشنه و حمایت از گروه‌های زادآوری مستقر شده باشد، باید پرورش آشکوب‌های میانی و بالایی نیز سرلوحه عملیات اجرایی در این توده‌ها قرار داد. بدین ترتیب جنگل‌شناسان با نگرش اکوسیستمی به جنگل‌ها به دنبال حفظ، استمرار و پایداری جنگل برای نسل‌های بعدی هستند، بطوری‌که با رعایت و ترکیب توأم مبانی اکولوژیک و اقتصادی، شاهد کمترین خسارت ممکن در ساختار و موجودی توده‌های مشابه تحت مدیریت باشیم.

منابع

- اخوان، ر. (۱۳۹۳). الگوی مکانی درختان در مراحل مختلف تحولی جنگل‌های شمال ایران. گزارش نهایی پروژه ملی شماره ۵۴۸۶-۹۰. مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، ۴۵ صفحه.
- اخوان، رضا؛ مؤمنی مقدم، تکتیم؛ اکبری‌نیا، مسلم و حسینی، سید محسن (۱۳۹۴). بررسی الگوی پراکنش و رقابت درون گونه‌ای ارس (*Juniperus polycarpus* C. Koch) در مراحل رویشی مختلف با استفاده از آماره *O-ring* در جنگل‌های لاین استان خراسان رضوی. مجله منابع طبیعی ایران، ۷۰(۱)، ۱۱۱-۱۲۵.
- اداره کل منابع طبیعی گیلان، ۱۳۸۷. طرح جنگلداری سری چهار سیستان، حوضه آبخیز ۲۳ (ذیلکی)، ۳۵۸ صفحه.
- امان زاده، بیت‌الله؛ پور مجیدیان، محمد رضا؛ ثاقب طالبی، خسرو و حجتی، سید محمد (۱۳۹۴). الگوی مکانی و وضعیت رقابت و اجتماع‌پذیری درختان در توده‌های آمیخته ممرز با استفاده از توابع یک و دو متغیره *K* رایبلی (مطالعه موردی: قطعه شاهد سری سه حوضه ناو اسالم). فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۳(۱)، ۳۷-۵۲.
- حسینی، مجید و امانی، منوچهر (۱۳۸۹). بررسی ساختار طبیعی راشستانهای شمال ایران در مرحله تحولی بلوغ در جنگل مرس سی سنگده. فصلنامه تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۸(۲)، ۱۶۳-۱۷۶.
- Akhavan, R., Sagheb-Talebi, Kh., Zenner, E.K., & Safavimanesh, F. (2012). Spatial patterns in different forest

- development stages of an intact old-growth Oriental beech forest in the Caspian region of Iran. *European Journal of Forest Research*, 131, 1355–1366. <https://doi.org/10.1007/s10342-012-0603-z>
- Boyden, S., Binkley, D., & Shepperd, W. (2005). Spatial and temporal patterns in structure, regeneration, and mortality of an old-growth ponderosa pine forest in the Colorado Front Range. *Forest Ecology and Management*, 219, 43–55. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.08.041>
- Chapin, F.S., Walker, L.R., Fastie, C.L., & Sharman, L.C. (1994). Mechanisms of primary succession following deglaciation at Glacier Bay, Alaska. *Ecological Monographs*, 64, 149–175. <https://doi.org/10.2307/2937039>
- Chen, J., & Bradshaw, G.A. (1999). Forest structure in space: a case study of an old growth spruce-fir forest in Changbaishan Natural Reserve, PR China. *Forest Ecology and Management*, 120, 219–233. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(98\)00543-X](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(98)00543-X)
- Cheng, X., Hairong, H., Fengfeng, K., Yali, S., & Liu, K. (2013). Point pattern analysis of different life stages of *Quercus liaotungensis* in Lingkong Mountain, Shanxi Province, China. *Journal of Plant Interactions*, 8, 1–9. <https://doi.org/10.1080/17429145.2013.818167>
- Cipriotti, P.A., & Aguiar, M.R. (2004). Effects of grazing on patch structure in a semi-arid two-phase vegetation mosaic. *Journal of Vegetation Science*, 16, 57–66. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2005.tb02338.x>
- Clark, D.A., & Clark, D.B. (1984). Spacing dynamics of a tropical rain forest tree: evaluation of the Janzen-Connell model. *The American Naturalist*, 124, 769–788. <https://www.jstor.org/stable/2461300>
- Condit, R., Ashton, P.S., Baker, P., Bunyavejchewin, S., Gunatilleke, S., Gunatilleke, N., Hubbell, S.P., Foster, R.B., Itoh, A., LaFrankie, J.V., Lee, H.S., Losos, E., Manokaran, N., Sukumar, R., & Yamakura, T. (2000). Spatial patterns in the distribution of tropical tree species. *Science*, 288: 1414–1418. <https://doi.org/10.1126/science.288.5470.1414>
- Druckenbrod, D.L., Shugart, H.H., & Davies, I. (2005). Spatial pattern and process in forest stands within the Virginia piedmont. *Journal of Vegetation Science*, 16(1), 37–48. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2005.tb02336.x>
- Fajardo A., John M., Goodburn A., & Jonathan G. (2006). Spatial patterns of regeneration in managed uneven-aged ponderosa pine/Douglas-fir forests of Western Montana, USA. *Forest Ecology and Management*, 223, 255–266. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.11.022>
- Franklin, J.F., ASpies, R., VanPelt, R., BCarey, A., AThornburgh, D., RaeBerg, D., BLindenmayer, D., EHarmon, M., SKeeton, W., CShaw, D., Bible, K., & Chen, Jiquan. (2002). Disturbances and structural development of natural forest ecosystems with silvicultural implications, using Douglas-fir forests as an example. *Forest Ecology and Management*, 155 (1–3), 399–423. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(01\)00575-8](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(01)00575-8)
- Harms, K.E., Wright, S.J., Calderon, O., Hernandez, A., & Herre, E.A. (2000). Pervasive density-dependent recruitment enhances seedling diversity in a tropical forest. *Nature*, 404, 493–495. <https://doi.org/10.1038/35006630>
- Hao, Z., Zhang, J., Song, B., Ye, J., & Li, B. (2007). Vertical structure and spatial associations of dominant tree species in an old-growth temperate forest. *Forest ecology and management*, 252, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.06.026>
- Hubbell, S.P. (2001). *The Unified Neutral Theory of Biodiversity and Biogeography*. Princeton University Press, Princeton, 378p.
- King, D.A., Wright, S.J., & Connell, J.H. (2006). The contribution of interspecific variation in maximum tree height to tropical and temperate diversity. *Journal of Tropical Ecology*, 22, 11–24. <https://doi.org/10.1017/S026646740500277>
- Lan, G., Getzin, S., Wiegand, T., Hu, Y., Xie, G., Zhu, H., & Cao, M. (2012). Spatial Distribution and Interspecific Associations of Tree Species in a Tropical Seasonal Rain Forest of China, *PLOS ONE*, 7 (9), 1–10. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0046074>
- Lee, k., Kim, Y., & Choung, Y. (2012). Spatial Pattern and Association of Tree Species in a Mixed *Abies holophylla*-Broadleaved Deciduous Forest in Odaesan National Park, *Journal of Plant Biology*, 55, 242–250. <https://doi.org/10.1007/s12374-011-0338-2>
- Manabe, T., Nishimura, N., Miura, M., & Yamamoto, S. (2000). Population structure and spatial patterns for trees in a temperate old-growth evergreen broad-leaved forest in Japan. *Plant Ecology*, 151, 181–197. <https://doi.org/10.1023/A:1026512404110>
- Myster, R., & Malahy, M. (2012). Testing aggregation hypotheses among Neotropical trees and shrubs: results from a 50-ha plot over 20 years of sampling, *Tropical Biologia*, 60(3), 1015–1023. <https://doi.org/10.15517/rbt.v60i3.1754>
- Nakashizuka, T., (2001). Species coexistence in temperate, mixed deciduous forests. *Trends Ecology & Evolution*, 16(4), 205–210. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(01\)02117-6](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(01)02117-6)
- Okuda, T., & N., Kachi. (1995). Spatial pattern of adult trees and seedling survivorship *Pentaspadon motleyi* in

- a lowland rain forest in peninsular Malaysia. *Journal of Tropical Forest Science*, 7, 475-489. <https://www.jstor.org/stable/43581841>
- Salas, C., LeMay, V., Nunez, P., Pacheco, P., & Espinosa, A. (2006). Spatial patterns in an old-growth *Nothofagus oblique* forest in southcentral Chile. *Forest Ecology and Management*, 231, 38-46. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.04.037>
- Wang, Z., Peng, Sh., Liu, Sh., & Li, Zh. (2003). Spatial pattern of *Cryptocarya chinensis* life stages in lower subtropical forest, China. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, 44, 159-166. <https://doi.org/10.17221/7/2018-JFS>
- Wiegand, T., Kissling, W.D., Cipriotti, P.A., & Aguiar, M.R. (2006). Extending point pattern analysis for objects of finite size and irregular shape. *Journal of Ecology*, 94, 43-56. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2006.01113.x>
- Wiegand, T., & Moloney, K.A. (2014). *Handbook of Spatial Point-Pattern Analysis in Ecology*. Taylor & Francis. 510p. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2006.01113.x>
- Yang, H., & Wu, Y. (1988). Species composition, age structure and regeneration strategies in broad-leaved Korean pine mixed forest in Changbai Mountain. *Scientia Silvae Sinicae*, 24(1), 18-27.
- Zhange, Y., Li, J., Chang, Sh., Li, X., & Lu, J. (2012). Spatial distribution pattern of *Picea schrenkiana* population in the Middle Tianshan Mountains and the relationship with topographic attributes. *Journal of bArid Land*, 4(4), 457-468, <https://doi.org/10.3724/SP.J.1227.2012.00457>



بررسی تراکم و تنوع گونه‌ای پرندگان تالاب بین‌المللی امیرکلايه طی دوره ۱۰ ساله (۱۳۸۶-۱۳۹۵)، بر اساس سرشماری زمستانه

هادی پورموسی شیخعلی کلایه^۱، سعید نادری^{۲*}

۱- دانشجوی دکتری، علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گلستان

۲- دانشیار، گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، گیلان

چکیده

تالاب بین‌المللی امیرکلايه، یکی از زیستگاه‌های مهم زمستان‌گذرانی پرندگان است. در این مطالعه، تراکم و تنوع گونه‌ای پرندگان (آبزی، کنارآبزی و خشکی‌زی وابسته به تالاب) در این تالاب بر اساس داده‌های مربوط به سرشماری نیمه‌زمستانه پرندگان در یک دوره آماری ۱۰ ساله مورد مطالعه و آنالیز قرار گرفته است. در طی این دوره ده ساله، ۴۶ گونه پرنده با تعداد کل ۳۳۴۷۷۶ قطعه در این تالاب به ثبت رسیده است. در بین سال‌های مورد مطالعه، بیشترین تعداد پرنده در سال ۱۳۸۷ با تعداد ۷۲۱۸۸ قطعه و کمترین تعداد پرنده در سال ۱۳۹۴ با تعداد ۱۸۷۷ قطعه، شمارش شده است. از لحاظ کیفیت و مواد غذایی، این تالاب به همراه شالیزارهای اطراف آن، پناهگاه مناسبی برای تیره‌های مرغابی‌سانان و یلوه‌سانان است که به ترتیب با درصد فراوانی ۶۴/۸۶ و ۵۰/۰۶ درصد با توجه به رژیم غذایی‌شان، بیشترین فراوانی را در بین تیره‌های شناسایی شده دارا هستند. شاخص‌های تنوع زیستی، مقادیر نسبتاً بالا، اما با یک روند کاهشی و شاخص یکنواختی گونه‌ای، روند نسبتاً ثابتی را در این بازه ده ساله در تالاب امیرکلايه نشان می‌دهند. با توجه به روند کاهشی شاخص‌های تنوع زیستی طی سال‌های اخیر در تالاب امیرکلايه، افزایش حفاظت اکولوژیک تالاب از طریق انجام طرح‌های مدیریتی مانند حفاظت ساختار زیستگاه، کنترل شکار غیرمجاز و نیز کنترل آلودگی‌ها، پیشنهاد می‌شود.

کلیدواژه‌ها: تراکم، شاخص‌های تنوع، پرندگان آبزی، تالاب بین‌المللی امیرکلايه

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: naderi@guilan.ac.ir



Investigation of birds' density and species diversity of Amir-Kelayeh international wetland during a 10-year period (2007-2016), based on winter census

Hadi pourmoosa Sheykh-Ali Kelayeh¹, Saeid Naderi^{2*}

1- PhD Student of Environmental Sciences and Engineering, Faculty of Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

2- Associate Professor, Department of Environmental Sciences and Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowme Sara, Guilan, Iran

Abstract

Amir-Kelayeh international wetland is as one of the important wintering habitats for birds. In present study, the density and diversity of bird species (waterbird, wader and terrestrial bird dependent to the wetland) has been studied in Amir-Kelayeh international wetland based on the semi-winter birds census data, over a 10-year statistical period. During this ten-year period, the total number of 334776 birds from 46 different birds species was recorded in this wetland. Among the studied years, the highest number of 72188 birds in 2008 and the lowest number of 1877 birds in 2015 have been counted. In terms of quality and food items, this wetland and it's around paddy fields is a good refuge for the Anatidae and Rallidae family that with 64.86 and 50.06 percent of frequency depending on their diet, have the most abundant among the identified family. The biodiversity indexes showed a relatively high amounts, but with a declining trend, and also the index of species evenness indicated a stable trend during this 10-year period in Amir-Kelayeh Wetland. Considering the decreasing trend of biodiversity indexes in Amir-Kelayeh wetland in recent years, increasing the wetland ecological conservation through the management plans such as habitat structure conservation, and illegal hunting and pollution control is recommended.

Keywords: Density, Diversity indexes, Waterbirds, Amir-Kelayeh international wetland

مقدمه

تالاب‌ها محیط‌هایی هستند که ویژگی‌های آن‌ها چیزی میان خشکی و آب است که ممکن است همواره دارای آب و یا گاهی خشک باشند (Keddy, 2010). بهبود کیفیت آب، ذخیره‌سازی سیل، کنترل فرسایش ساحلی، محصولات سودمند برای استفاده انسان و فرصتی برای تفریح و آموزش از جمله خدماتی هستند که تالاب‌ها ارائه می‌دهند (Fagorite et al., 2019). اکوسیستم‌های تالابی یکی از مهمترین مناطق تولیدات بیولوژیکی در جهان هستند و نقش مهمی در تغییرات آب و هوایی، تنوع زیستی، هیدرولوژی و سلامت انسان دارند. همچنین محیطی کلیدی برای پرندگان، دوزیستان، خزندگان و ماهی‌ها محسوب می‌شود که به عنوان منبع آب آشامیدنی، تغذیه، استراحت، آشیانه، سرپناه و ایجاد ارتباط با هم‌نوعان مورد استفاده قرار می‌گیرد (Chattoraj et al., 2016).

در تمامی مناطق، تالاب‌ها مکانی با منابع فراهم و ارزش طبیعی هستند که حفظ تعادل محیط زیست را به عهده دارد (Mohanta et al., 2017). از نظر تنوع زیستی اگر چه تالاب‌ها ۱ درصد سطح زمین را می‌پوشانند، اما دربردارنده بیش از ۴۰ درصد از گونه‌های گیاهی و جانوری جهان هستند (Mitra et al., 2003). پرندگان تالابی شاخص زیستی مناسبی هستند که غالباً به جهت برخورداری از شرایط ویژه‌ای نظیر سهولت در شناسایی و مطالعات زیستی جهت مشخص نمودن سلامت و کیفیت اکوسیستم‌های تالابی کاربرد وسیعی دارند (Amat & Green, 2010). به همین دلیل شناسایی گونه‌های مختلف پرندگان تالابی و بررسی نوسانات جمعیتی گونه‌های آن‌ها بر اساس روش‌های درست علمی می‌تواند ما را در مدیریت و حفاظت هرچه بهتر اکوسیستم‌های تالابی و جانداران وابسته به آن به‌خصوص پرندگان، در مراحل مختلف توالی اکوسیستم‌های تالابی یاری کند (Ahmadpour et al., 2011).

در دهه‌های اخیر به دلیل استفاده بیش از حد از تالاب‌ها، این اکوسیستم‌ها دچار اختلالات شدیدی شده‌اند که این روند تخریبی به علت رشد جمعیت و فعالیت‌های افسارگسیخته انسانی، رو به افزایش است. تبدیل زیستگاه تالاب به زمین‌های کشاورزی و یا اهداف تجاری دیگر باعث تهدید جمعیت پرندگان در این اکوسیستم‌ها می‌شود (Chowdhury & Nandi, 2014). تحقیق حاضر با بررسی وضعیت ۱۰ ساله پرندگان تالاب بین‌المللی امیرکلاپه لاهیجان با توجه به اهمیت جغرافیایی و زیستگاهی این تالاب می‌تواند نوسانات و فراوانی این گونه‌ها را تعیین نماید و در نهایت با به دست آوردن این اطلاعات، برنامه‌ریزی مناسب و درخوری برای این اکوسیستم با ارزش ارائه گردد.

به منظور اهمیت تالاب‌ها و پرندگان وابسته به آن مطالعاتی صورت گرفته است. در مطالعه‌ای توسط حسینی موسوی و همکاران (۱۳۹۱)، با بررسی روند تغییر تراکم و شاخص‌های تنوع پرندگان تالابی میان تالاب‌های شادگان و هورالعظیم مشخص شد که روند کاهش شمار پرندگان در تالاب هورالعظیم بیشتر از تالاب شادگان بوده است. مطالعه دیگری در تالاب انزلی بر روی تنوع و فراوانی پرندگان آبی و کنارآبی زمستان‌گذران طی یک دوره آماری ۸ ساله به وسیله عاشوری و وارسته مرادی انجام شد. بر اساس نتایج این تحقیق سال ۱۳۹۲ بیشترین تعداد پرنده و سال ۱۳۸۴ دارای کمترین تعداد پرنده ثبت شده بود که از این بین تیره مرغابی‌ان با ۱۹ گونه مختلف، بیشترین تعداد گونه را در این تالاب به خود اختصاص دادند (عاشوری و وارسته مرادی، ۱۳۹۳). در تحقیقات انجام شده توسط Ahmadpour و همکاران بر روی تغییرات تنوع و تراکم پرندگان آبی در یک دوره ۳ ساله در تالاب بین‌المللی سرخورد، مشخص شد که در هر هکتار تعداد ۶۴ تا ۷۶ پرنده وجود دارد و گونه‌های خوتکا، غاز خاکستری و اردک کله سبز در تمام سال‌ها گونه‌های غالب تالاب بوده‌اند (Ahmadpour et al., 2011). بر اساس مطالعات صورت گرفته توسط Mohanta و همکاران نیز، تعداد ۶۱ گونه از ۵۲ جنس و ۲۶ خانواده طی یک دوره ۴ ساله در دریاچه تامپارا در هند ثبت شد (Mohanta et al., 2017).

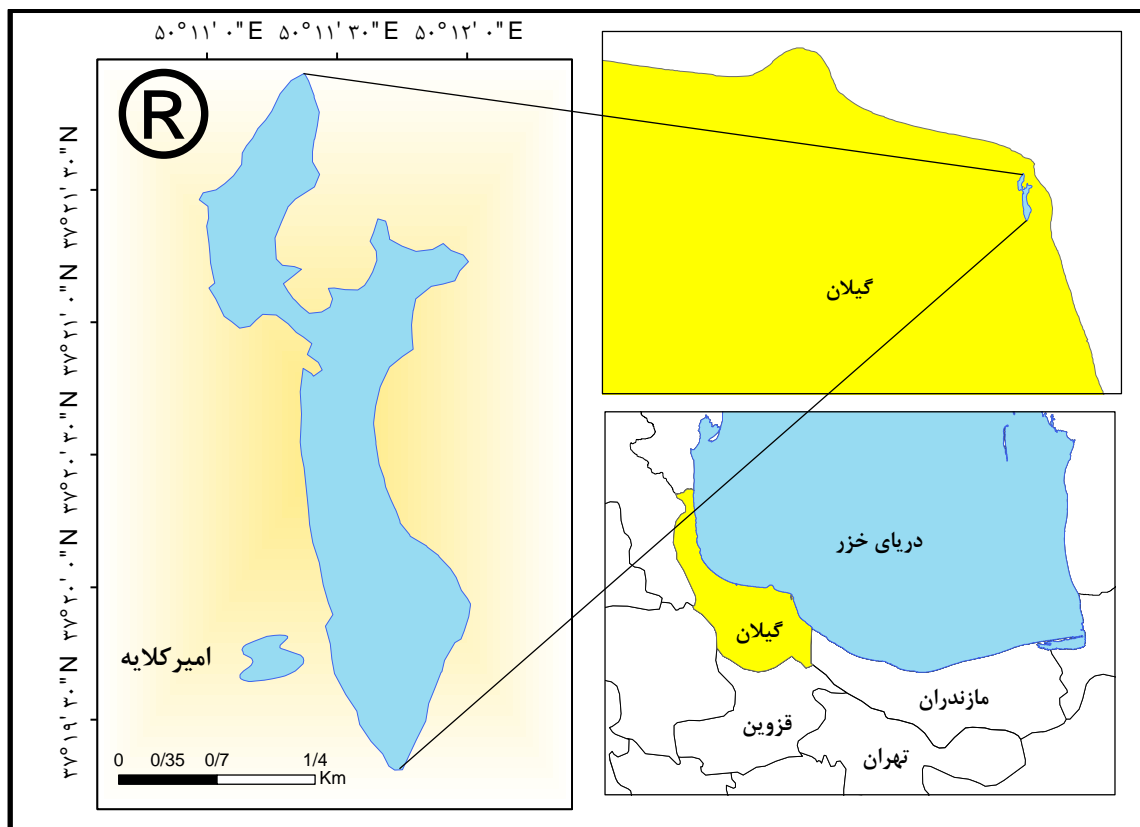
هرچند مطالعاتی در نقاط مختلف جهان در خصوص تنوع زیستی پرندگان صورت گرفته است، اما مطالعه چندانی در مورد تالاب بین‌المللی امیرکلاپه و ساختار تنوع زیستی آن، صورت نگرفته است. حال آنکه، به دلیل تغییرات متعدد در این تالاب و به دنبال آن امکان کاهش جمعیت پرندگان آن در آینده به دلایلی نظیر تخریب ساختار اکوسیستمی و زیستگاهی تالاب، شکار بی‌رویه، ورود سموم و پساب‌های کشاورزی از شالیزارها به تالاب، فعالیت‌های صیادی درون تالاب و ایجاد ناامنی برای جامعه پرندگان در سال‌های اخیر، ضرورت مطالعات بیشتر در این بوم‌سازگان حیاتی احساس می‌شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

تالاب امیرکلاپه یکی از تالاب‌های بین‌المللی استان گیلان است که در ۵۰ درجه و ۱۲ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۱۷ دقیقه عرض شمالی در حدود ۱۰ کیلومتری شمال شهر لاهیجان در دشت‌های ساحلی جنوب دریای کاسپین واقع شده است (شکل ۱). مساحت این

تالاب حدود ۱۲۳۰ هکتار با حداکثر طول از شمال به جنوب ۵/۹۹۲ کیلومتر است. عریض‌ترین ناحیه آن در شاخه شرقی ۲/۲۶۳ کیلومتر عرض داشته و ارتفاع آن ۲۰ متر پایین‌تر از سطح آب‌های آزاد است. منبع تامین آب تالاب شامل بخش کوچکی از زهکشی و آب‌های سطحی، نزولات جوی و آب‌های زیرزمینی است. متوسط بارندگی سالانه ۱۱۵۸/۹ میلی‌متر و متوسط درجه حرارت هوا ۱۸/۸ درجه سانتی‌گراد است. حداکثر عمق تالاب امیرکلایه در عمق‌سنجی دی ماه سال ۱۳۸۷ حدود ۲۲۳ سانتی‌متر و عمق متوسط تالاب ۱۶۹/۸۸ سانتی‌متر اندازه‌گیری شده است (Baqerzadeh Karimi & Rouhani Rankouhi, 2007).



شکل ۱: موقعیت تالاب امیرکلایه

روش انجام مطالعه

به منظور تعیین تنوع گونه‌های پرندگان تالاب بین‌المللی امیرکلایه (آبزی، کنارآبزی و خشکی‌زی وابسته به تالاب)، داده‌های خام مربوط به سرشماری پرندگان بر مبنای روش شمارش کل (Total count)، توصیه‌شده به وسیله سازمان بین‌المللی تالابها (Wetland International) و با استفاده از تلسکوپ پرندنگری و دوربین دوچشمی و همچنین با استفاده از راهنمای صحرایی پرندگان ایران (منصوری، ۱۳۷۹)، در تالاب بین‌المللی امیرکلایه و طی ۱۰ سال متمادی توسط کارشناسان و محیط‌بانان سازمان حفاظت محیط زیست استان گیلان سرشماری گردید و جهت استنتاج نتایج کاربردی، داده‌های مربوط به این دوره ۱۰ ساله (۱۳۸۶ لغایت ۱۳۹۵)، در مطالعه حاضر مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

تجزیه و تحلیل داده‌ها و تعیین میزان شاخص‌های تنوع گونه‌ای با استفاده از نرم‌افزار Primer7 و همچنین نرم‌افزار MS Excel صورت گرفت. شاخص‌های تنوع گونه‌ای محاسبه‌شده در مورد تنوع و تراکم پرندگان، نشان‌دهنده وضعیت منطقه و کیفیت زیستگاه خواهد بود (Feest, 2006). برای تعیین و مقایسه تنوع گونه‌ای سالیانه پرندگان زمستان‌گذران در تالاب بین‌المللی امیرکلایه از شاخص‌ها و فرمول‌های زیر بهره‌گرفته شد (جدول ۱).

جدول ۱- فرمول‌های شاخص‌های تنوع زیستی

نام شاخص	فرمول محاسباتی	دامنه شاخص
تنوع گونه‌های سیمپسون (Simpson, 1949)	$1 - D = \sum_{i=1}^s \frac{ni(ni - 1)}{n(n - 1)}$	۰-۵
تنوع گونه‌های شانون-وینر (Shannon & Weaver, 1949)	$H' = - \sum_{i=1}^s [Pi \ln Pi]$	۰-۵
غنای گونه‌های مارگالف (Clifford & Stephenson, 1975)	$Rmg = \frac{s - 1}{\ln(N)}$	۱-∞
یکنواختی گونه‌های پیلو (Quan et al., 2002)	$J' = \frac{H'}{\ln(s)}$	۱-∞
تراکم گونه‌های (Dale & Thomas, 1987)	$D = \frac{N}{A}$	-

* در این روابط ۱-D شاخص سیمپسون، N تعداد کل افراد در نمونه، ni تعداد افراد گونه نام، H' شاخص شانون-وینر، pi نسبت تعداد هر یک از گونه‌های پرند به تعداد کل پرندگان مشاهده شده، J' شاخص یکنواختی پیلو، S تعداد گونه‌های موجود در نمونه، Rmg شاخص مارگالف، A مساحت و D شاخص تراکم گونه‌های است.

نتایج

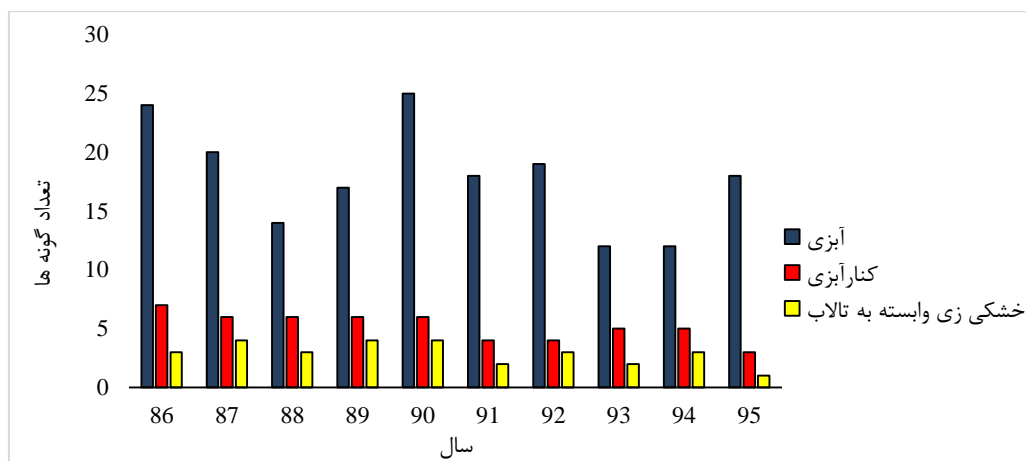
نتایج حاصل از سرشماری پرندگان زمستان‌گذران شناسایی شده و وضعیت اکولوژیک پرندگان در این تالاب طی دوره آماری ۱۰ ساله (۱۳۸۶-۱۳۹۵) به تفکیک سال در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲- آمار سرشماری سالیانه جمعیت پرندگان تالاب بین‌المللی امیرکلاپه بر اساس داده‌های سرشماری نیمه زمستانه سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۵

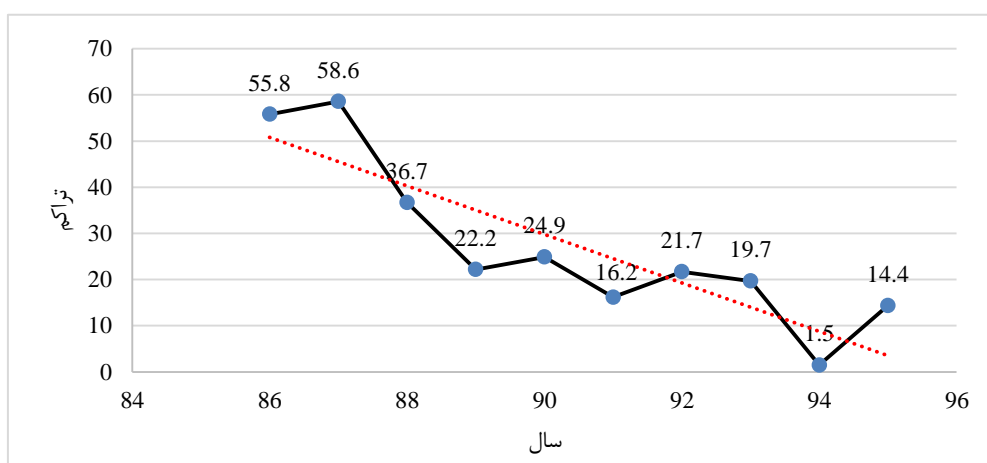
وضعیت اکولوژیک	سال										نام گونه	
	۹۵	۹۴	۹۳	۹۲	۹۱	۹۰	۸۹	۸۸	۸۷	۸۶	نام علمی	نام فارسی
آبزی	۳۲	۳	-	۵	۹	۷	۱۷	-	۶	۶	<i>Tachybaptus ruficollis</i>	کشیم کوچک
آبزی	-	-	۱	-	-	-	-	-	-	-	<i>Podiceps cristatus</i>	کشیم بزرگ
آبزی	-	-	-	-	۶	۳	-	-	۲۲	۶	<i>Podiceps nigricollis</i>	کشیم گردن سیاه
آبزی	۲۵	-	-	۱۹	-	۳	-	-	۷	۲۹	<i>Pelecanus crispus</i>	پلیکان پا خاکستری
آبزی	۸	۹۸	۳۱	۲۷	۱۶۷	۷۴	۶۰	۷۸	۵۲	۵۳	<i>Phalacrocorax pygmaeus</i>	باکلان کوچک
آبزی	۱۲	۱۸	۱۵۰	۶۳	۸۲۶	۲۶	۳	۱۱۸۲	۶۹۰	۱۵۷	<i>Phalacrocorax carbo</i>	باکلان بزرگ
کنارآبزی	-	۱	۲	۳	-	۲	۹	۳	۲	۲	<i>Ardea cinerea</i>	حواصیل خاکستری
کنارآبزی	-	۱	-	۱	-	-	-	-	۲	۴	<i>Casmerodius albus</i>	اگرت بزرگ
کنارآبزی	-	۳	۳	-	۲	۱	۵	۱	-	۱	<i>Egretta garzetta</i>	اگرت کوچک
کنارآبزی	-	-	-	-	-	-	-	۱۲	-	-	<i>Bubulcus ibis</i>	گاوچرانک
آبزی	-	-	-	-	-	۵	۱	-	۵۱	۵۱	<i>Anser anser</i>	غاز خاکستری
آبزی	۸۶	۴	۸	۱	۷	۲	-	-	۳	۱۲۷	<i>Cygnus cygnus</i>	قوی فریادکش
آبزی	۶۶	۱۲	-	۶۳	۸۷	۲۸	۱	-	۲	۴۲۱	<i>Cygnus olor</i>	قوی گنگ
آبزی	-	-	-	-	-	-	-	۱۳	-	-	<i>Tadorna tadorna</i>	تنجه
آبزی	۲۰	۲	-	۱	۴	۱	-	-	-	۷۰	<i>Anas penelope</i>	گیلار
آبزی	۳۰	-	۲۷	۴۴۰	۵۰	۵۳۵	۶	۱۵	۴۴۰	۴۶۴	<i>Anas strepera</i>	اردک ارده‌ای
آبزی	۴۲۵۵	۶۳۰	۱۴۵۷۴	۶۵۶۰	۶۲۹۰	۷۹۸۲	۹۲۳۰	۱۲۱۴۴	۳۸۴۷۰	۳۰۹۸۸	<i>Anas crecca</i>	خوتکا
آبزی	۱۱۳۲	۳۹۰	۱۷۱۵	۱۰۳۸۰	۳۸۱۱	۱۵۳۶	۳۰۳۷	۱۰۲۱۰	۱۹۳۲۵	۲۱۷۵۳	<i>Anas platyrhynchos</i>	اردک کله سبز

فیلولش	<i>Anas acuta</i>	۱۸	۲	-	۲	۱۲	-	۲	-	۷۳	آبزی
اردک نوک پهن	<i>Anas clypeata</i>	۵۱	۴	-	۱۲	۹	-	-	-	۲۹	آبزی
اردک تاجدار	<i>Netta rufina</i>	۲۵	-	۱۶	-	۸	۸	۳	-	-	آبزی
اردک سرحنایی	<i>Aythya ferina</i>	۷۱۳	۱۹۲۰	۲۴۱۷	۷۸۶	۲۱۹	-	۱۰۵۸	۲۴۵	۱۸	آبزی
اردک بلوطی	<i>Aythya nyroca</i>	۱۸	۲	۳۲	۳۸۹	۷۳	۳۶	۴۱	۱۳	۲۴۲	آبزی
اردک سیاه کاکل	<i>Aythya fuligula</i>	۳۶	۲	۳۴۱	۷۸	۷۱	۲۶۸	۱۶۶	-	۷	آبزی
اردک چشم طلایی	<i>Bucephala clangula</i>	-	-	-	-	۵	-	۵۶	-	-	آبزی
مرگوس سفید	<i>Mergellus albellus</i>	۱۲	۱	-	-	۱	-	-	-	-	آبزی
اردک سرسفید	<i>Oxyura leucocephala</i>	۷	-	-	-	-	-	-	-	-	آبزی
یلوه آبی	<i>Rallus aquaticus</i>	-	۱	-	-	۱	-	-	-	-	کنارآبزی
چنگر نوک سرخ	<i>Gallinula chloropus</i>	۱۲	۲	۶	۸	۵	-	۵	۲	۱	کنارآبزی
طاووسک	<i>Porphyrio porphyrio</i>	-	-	-	-	-	-	۱	-	-	کنارآبزی
چنگر	<i>Fulica atra</i>	۱۳۵۵۶	۱۰۴۹۰	۱۸۲۵۵	۱۳۰۰۰	۱۸۹۰۰	۷۸۵۰	۷۸۰۰	۷۲۰۰	-	آبزی
خروس کولی	<i>Vanellus vanellus</i>	۳	۸۵	۷۹	۹۵	-	۳۱	-	۱۵۰	۳۱۰	کنارآبزی
خروس کولی دم سفید	<i>Vanellus leucurus</i>	۲	-	-	-	-	-	-	-	-	کنارآبزی
پاشلک معمولی	<i>Gallinago gallinago</i>	۱۰۲	۵۱۶	۹۸	۲۶۵	۳۰۹	۳۴۸	۷۸	۱۰۲	۱۱۲	کنارآبزی
پاشلک کوچک	<i>Lymnocyptes minimus</i>	-	-	-	۱	۲	-	-	-	-	کنارآبزی
کاکایی خزری	<i>Larus cachinnans</i>	۴	۹	۲۳۴	۳	۷	۱۹	۱۱	۳	۲	آبزی
کاکایی سربزرگ	<i>Larus ichthyaetus</i>	۱	-	۸	-	-	-	-	-	-	آبزی
کاکایی سرسیاه	<i>Larus ridibundus</i>	۱	-	-	-	۷	۲	۱	۴	-	آبزی
کاکایی کوچک	<i>Larus minutus</i>	-	۱۰	-	۳۳۰	۸۵۰	۵۲	۶	-	-	آبزی
کورکور سیاه	<i>Milvus migrans</i>	۱۱	-	-	-	-	-	-	-	-	خشکی‌زی
عقاب دریایی دم سفید	<i>Haliaeetus albicilla</i>	-	۴	۱	۳	۱	-	۱	-	۲	خشکی‌زی
سارگپه معمولی	<i>Buteo buteo</i>	-	-	-	-	۱	-	-	-	-	خشکی‌زی
سنقر تالابی	<i>Circus aeruginosus</i>	۱۴	۵۸	۱۷	۱۳	۱۶	۱۷	۲۰	۱۰	۱۹	خشکی‌زی
سنقر خاکستری	<i>Circus cyaneus</i>	-	۱	-	-	۱	-	-	-	-	خشکی‌زی
عقاب تالابی	<i>Aquila clanga</i>	۶	۹	۱۲	۱۰	۱	۳	۳	۶	۳	خشکی‌زی
ماهی‌خورک کوچک	<i>Alcedo atthis</i>	-	-	۱	۱	۳	-	-	-	-	آبزی
تعداد کل											
۴۸۷۶											
۷۲۱۸											
۴۵۱۱۵											
۲۷۳۶۶											
۳۰۷۰۶											
۱۹۹۵۰											
۲۶۷۶۱											
۲۴۴۱۴											
۱۸۷۷											
۱۷۷۸۶											

با توجه به سرشماری صورت گرفته، شمار کل پرندگان آبی، کنارآبزی و خشکی‌زی وابسته به تالاب در سال ۱۳۸۷ دارای بیشترین مقدار بوده است. این در حالی است که در سال ۱۳۹۴ تنها ۱۸۷۸ قطعه پرند به تالاب امیرکلایه مهاجرت کرده‌اند. در مجموع از تیره‌های به ثبت رسیده در این تالاب، تیره‌های مرغابی‌سانان و یلوه‌سانان بیشترین فراوانی و تیره ماهی‌خورک‌ها کمترین فراوانی را دارند. در تالاب امیرکلایه، پرندگان آبی نسبت به سایر پرنده‌ها، دارای فراوانی بسیار بیشتری بوده و طی سال‌های مختلف این برتری را حفظ کرده‌اند. به‌طوری که در سال ۱۳۹۰، بیشترین تعداد پرندگان آبی با تعداد ۲۲ گونه مختلف در این تالاب به ثبت رسیده است. تعداد گونه‌های کنارآبزی در سال ۱۳۸۶ با ۷ گونه ثبت شده، بیشترین و سال ۱۳۹۵ با ۳ گونه کنارآبزی کمترین تعداد را به خود اختصاص داده است. از نظر غنای گونه‌ای سال ۱۳۹۰ با تعداد ۳۵ گونه شناسایی شده شامل: ۲۵ گونه آبی، ۶ گونه کنارآبزی و ۶ گونه خشکی‌زی وابسته به تالاب، بیشترین تعداد و سال ۱۳۹۳ با ۱۹ گونه ثبت شده شامل: ۱۲ گونه آبی، ۵ گونه کنارآبزی و ۲ گونه خشکی‌زی وابسته به تالاب، دارای کمترین تعداد گونه‌های شناسایی شده است. تعداد گونه‌های خشکی‌زی وابسته به تالاب نسبت به سایر گونه‌ها کمترین تعداد را به خود اختصاص داده است (شکل ۲). در نهایت تراکم پرندگان تالاب بین‌المللی امیرکلایه به تفکیک سال در شکل ۳ نشان داده شده است.

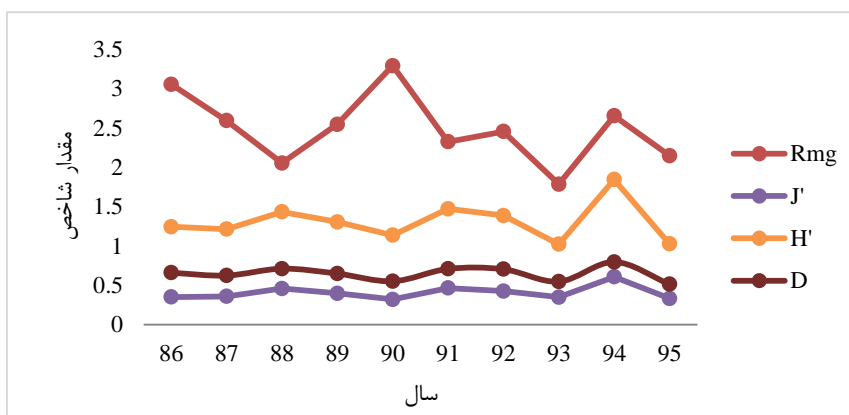


شکل ۲- تعداد گونه‌های آبزی، کنارآبزی و خشکی‌زی وابسته به تالاب در تالاب امیرکلاپه در دوره آماری ۱۰ ساله



شکل ۳- تراکم پرندگان تالاب امیرکلاپه به تفکیک سال

مقایسه شاخص‌های تنوع زیستی محاسبه شده در تالاب بین‌المللی امیرکلاپه به گونه‌ای است که بر اساس دو شاخص تنوع گونه‌ای شانون-وینر و سیمپسون، بیشترین تنوع گونه‌ای مربوط به سال ۱۳۹۴ و کمترین آن مربوط به سال ۱۳۹۵ است. بیشترین غنای گونه‌ای محاسبه شده بر اساس شاخص غنای مارگالف را سال ۱۳۹۰ و کمترین آن را سال ۱۳۹۳ دارا است. همینطور بیشترین و کمترین یکنواختی گونه‌ای بر اساس شاخص یکنواختی پیلو به ترتیب به سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۰ مربوط می‌شود (شکل ۴).



شکل ۴- مقایسه شاخص‌های تنوع زیستی، در شکل فوق Rmg شاخص غنای مارگالف، J' شاخص یکنواختی پیلو، H' شاخص تنوع شانون-وینر و D شاخص جامع تنوع سیمپسون است.

بحث و نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج حاصل از داده‌های ثبت شده اداره کل حفاظت محیط‌زیست استان گیلان، در دوره آماری ۱۰ ساله در فاصله زمانی سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۵ تعداد ۴۶ گونه پرنده (آبزی، کنارآبزی و خشکی‌زی وابسته به تالاب) در زیستگاه تالاب بین‌المللی امیرکلایه زمستان‌گذرانی نموده‌اند. این مقدار در مقایسه با تالاب‌های آلاگل (۴۵ گونه)، آلاگل (۳۳ گونه)، آجی گل (۲۱ گونه)، گل شاهی و همکاران، (۱۳۸۸) بیشتر و از تعداد گونه‌های شناسایی شده در دریاچه تامپارا در هند (Mohanta *et al.*, 2017) و تالاب بین‌المللی انزلی (عاشوری و وارسته مرادی، ۱۳۹۳) با تعداد ۷۰ گونه پرنده کمتر بوده است که این عامل می‌تواند به دلیل کمتر بودن وسعت تالاب بین‌المللی امیرکلایه نسبت به تالاب بین‌المللی انزلی باشد. به نظر می‌رسد در تالاب‌ها، اندازه و تنوع در زیستگاه مهم‌ترین نقش را در جلب توجه پرندگان مهاجر داشته و به مقدار زیادی تنوع و جمعیت پرندگان را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Goss-Custard *et al.*, 1977). بر اساس پژوهش‌های صورت گرفته، تغییرات آب و هوایی، تغییر زیستگاه و از دست رفتن زیستگاه به طرق مختلف از عوامل مهاجرت پرندگان در سرتاسر کره زمین است (Faaborg *et al.*, 2011). از طرفی مساحت بیشتر، امنیت بهتر و تنوع گیاهان آبزی نیز نقش مهمی در مهاجرت پرندگان به تالاب دارند (Fox & Bell., 1994). به نظر می‌رسد مواردی از این قبیل در تالاب بین‌المللی امیرکلایه باعث شده است که در بعضی از سال‌ها مانند سال ۱۳۸۷، این تالاب از شرایط مناسب‌تری برای پرندگان مهاجر برخوردار باشد. این تراکم به میزانی است که در کل به طور میانگین در سال ۱۳۸۷ حدود ۶۰ قطعه پرنده در هر هکتار از تالاب مشاهده شده که به شرایط مطلوب‌تر تالاب به عنوان یک پناهگاه امن برای پرندگان مهاجر برمی‌گردد.

عمق آب یکی از کلیدی‌ترین عوامل برای دستیابی پرندگان به مواد غذایی در تالاب‌های آب شیرین است (Ntiemoa *et al.*, 1998). همچنین بیشترین مقدار مواد مغذی در تالاب‌های با عمق بیشتر و به ترتیب مربوط به خرچنگ‌ها، حلزون‌ها، موجودات ریز غوطه‌ور در آب است (Skorping, 1996). بنابراین می‌توان این‌چنین نتیجه گرفت که عمق تالاب و به تبع آن فراوانی مواد مغذی می‌تواند دو فاکتور مهم در فراوانی پرندگان در تالاب‌های آب شیرین باشد. طبق نتایج به دست آمده در مطالعه حاضر، بیشترین تعداد و فراوانی پرندگان شناسایی شده در تالاب بین‌المللی امیرکلایه مربوط به پرندگان آبزی بوده است که می‌تواند به دلیل شرایط مناسب تالاب از جهت تامین آب برای تغذیه و استراحت پرندگان در یک محیط امن باشد. همچنین تالاب امیرکلایه، مکان مناسبی جهت استراحت پرندگانی است که برای تغذیه به شالیزارهای اطراف تالاب پرواز می‌کنند. فراوانی بیشتر پرندگان آبزی در مقایسه با سایر دسته جات پرندگان (کنارآبزی و خشکی‌زی وابسته به تالاب) در این زیستگاه، مشابه با تالاب‌های آلاگل، آجی گل، آلاگل (گل‌شاهی و همکاران، ۱۳۸۸) و منطقه حفاظت شده حله است (طبیعی و شریفی، ۱۳۹۰). همچنین نتایج به دست آمده از مطالعه حاضر، مغایر با نتایج مربوط به تالاب‌هایی نظیر کلاهی و تیاب در تنگه هرمز (بهروزی‌راد و حسن‌زاده کیابی، ۱۳۸۷) و تالاب خورخارگی (طبیعی و راستی، ۱۳۹۰) است. زیرا این زیستگاه‌ها پوشیده از گیاهان ساحلی شورپسند بوده و وسعت زیاد، ساختار باغات کشاورزی اطراف تالاب و ساختار سیمای طبیعی باعث شده است که گنجشک‌سانان در آن غالب باشند و به همین دلیل پرندگان آبزی در این زیستگاه‌ها کمتر به چشم می‌خورند. همچنین جزایر بزرگ و کوچک و تپه‌های شنی در این بوم‌سازگان‌ها مکان مناسبی برای پرندگان خشکی‌زی و کنارآبزی است. علاوه بر این شمار گونه‌های آبزی در تالاب امیرکلایه با نتایج Ahmadpour و همکاران همخوانی داشته زیرا حاشیه محدود و کم‌عمق تالاب برای گونه‌های کنارآبزی برای دستیابی به غذا یکی از دلایل جمعیت کم‌تر آن‌ها است (Ahmadpour *et al.*, 2011). از این رو پرندگان کنارآبزی در حاشیه مرطوب و کم‌عمق تالاب دیده شده و قادر به استفاده مواد غذایی در این بخش از تالاب هستند (Simpson, 1949). به همین سبب تعداد کمتری از گونه‌های کنارآبزی در این تالاب به ثبت رسیده است. بنابراین با توجه به عمق متوسط تالاب و همچنین مواد غذایی که در عمق‌های مختلف تالاب یافت می‌شوند می‌توان این‌چنین نتیجه گرفت که شرایط و تیپ زیستگاهی در تالاب بین‌المللی امیرکلایه به گونه‌ای است که از شرایط مطلوب‌تری برای پرندگان آبزی در مقایسه با سایر پرندگان برخوردار است. همچنین تیره مرغابی‌سانان به خصوص دو گونه کله‌سبز و خوتکا و تیره یلوه سانان به خصوص گونه چنگر به دلیل وابستگی بیشترشان به آب و عمق مناسب تالاب برای آن‌ها، به تعداد بیشتری در این تالاب دیده شده‌اند و به استراحت و تغذیه در آن پرداخته‌اند.

زمین‌های کشاورزی ارگانیک در اطراف تالاب و به خصوص علف‌ها و دانه آن‌ها به همراه بندپایانی که در بین علف‌ها زیست می‌کنند، مواد غذایی مناسبی را در فصل زمستان برای پرندگان فراهم می‌کنند (Vickery *et al.*, 2009). بنابراین تالاب بین‌المللی امیرکلایه با توجه به فراوانی مواد غذایی تالاب به همراه مزارع اطراف آن، همه‌ساله پذیرای شمار زیادی از پرندگان مهاجر شده است. علاوه بر گیاه و دانه، تالاب امیرکلایه از نظر تنوع جانوری و مواد معلق در آب مانند تکه‌های نان، ته‌مانده مواد خوراکی، غذای دام و بقایای گیاهان و جانوران که از زهکشی‌های اطراف تالاب وارد آن می‌شود نیز غنی بوده و زیستگاه نسبتاً مناسبی را برای گونه‌های همه‌چیزخوار فراهم کرده است.

بررسی شاخص‌های تنوع زیستی در تالاب بین‌المللی امیرکلايه طی دوره ۱۰ ساله مورد بررسی، حاکی از این مطلب است که بیشترین میزان شاخص‌های تنوع گونه‌های شانون-وینر، غنای گونه‌ای مارگالف و یکنواختی گونه‌ای پیلو به ترتیب در سال‌های ۱۳۹۴، ۱۳۹۰ و ۱۳۹۴ با مقادیر ۱/۸۴، ۳/۲۹ و ۰/۶۰ بوده است که نشان‌دهنده توزیع یکنواخت گونه‌ها و تنوع گونه‌ای بیشتر در سال ۱۳۹۴ نسبت به سال‌های دیگر است (جدول ۳). این در حالی است که در سال ۱۳۹۴ کمترین تعداد پرنده در تالاب امیرکلايه به ثبت رسیده است. طبق آمار سازمان هواشناسی استان گیلان مقدار بارش در سال ۱۳۹۴ در قسمت‌های شرقی استان در فصل پاییز و زمستان، در مقایسه با سال ۱۳۹۳، ۳۰ درصد کاهش یافته است و به دلیل وقوع باد گرم در زمستان آن سال دمای هوا نیز افزایش یافته که خود می‌تواند از دلایل احتمالی تأثیر بر تراکم و تعداد کم پرندگان مهاجر در تالاب امیرکلايه باشد. از طرفی طبق نتایج حاصل از شاخص‌های تنوع گونه‌ای، میزان شاخص‌های غنا، تنوع سیمپسون و تنوع شانون-وینر طی ۱۰ سال مورد مطالعه، روند کاهشی به خود گرفته است که احتمالاً به دلیل عواملی چون کاهش سطح آب تالاب، شکار بی‌رویه و غیرمجاز، ناامنی و پایین بودن حفاظت فیزیکی در منطقه و شرایط آب و هوایی در این سال‌ها مربوط می‌شود. میزان شاخص یکنواختی پیلو در طی ۱۰ سال مورد بررسی تقریباً ثابت بوده که نشان‌دهنده توزیع یکنواخت گونه‌ها در طی سال‌های مورد مطالعه، علی‌رغم وقوع تغییرات شرایط زیستگاهی در تالاب امیرکلايه است.

تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از سرشماری نیمه‌زمستانه پرندگان تالاب امیرکلايه نشان‌دهنده کاهش میزان پذیرش پرندگان زمستان‌گذران از حیث تنوع و تراکم در بازه زمانی ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۵ است. از جمله عوامل تأثیر گذار بر تراکم و تنوع گونه‌های تالابی، تغییر شرایط و عوامل محیطی حاکم بر زیستگاه‌های تالابی است که بر مطلوبیت این زیستگاه‌ها برای تأمین نیازهای پرندگان وابسته به تالاب تأثیر می‌گذارد (Baldassarre & Bolen, 1994).

مشکلات متعددی نظیر عدم آگاهی مردم از اهمیت این منبع ارزشمند، عدم دانش کافی در حفاظت و مدیریت مناسب از تالاب، فقر اقتصادی روستاییان محلی و رجوع به تالاب بعنوان محل امرار معاش، فشار جمعیت، ورود سموم و پساب‌های کشاورزی و زهکشی آب برای کشاورزی وجود دارد که تهدیدی برای جانوران و ماهی‌ها محسوب می‌شود. لازم به ذکر است که این عوامل به صورت ترکیبی و کاملاً پیچیده عمل می‌کنند و ممکن است بر یکدیگر اثر هم بیشتری داشته باشند. هجوم گیاهان مهاجم نظیر آژولا موجب اختلال احتمالی در حیات پرندگان آبی و سایر زیست‌مندان تالاب می‌شود (Hashemloian & Azimi, 2009). تخریب ساختار تالاب و تغییر کاربری‌ها توسط انسان و ایجاد عدم امنیت از طریق عبور بومیان از اطراف و میان تالاب، صدای شلیک گلوله شکارچیان که امنیت منطقه را به هم می‌زند، می‌تواند از دیگر عوامل احتمالی باشد که موجب کاهش تراکم پرندگان در این تالاب می‌شود.

بنابراین پیشنهاد می‌گردد با توجه به اهمیت‌های این تالاب در پذیرش پرندگان مهاجر به خصوص پرندگان آبی و تأثیر مثبت در تعدیل آب و هوا و همین‌طور معیشت ساکنان اطراف تالاب، اقدامات حفاظتی این زیستگاه افزایش یابد و تمهیدات لازم جهت جلوگیری از شکار بی‌رویه و ورود زه‌آب کشاورزی صورت گیرد. همچنین آموزش‌های لازم جهت افزایش آگاهی مردم درباره ارزش تنوع زیستی و این زیستگاه ارزشمند، جایگزینی برای امرار معاش افراد بومی، رونق اکوتوریسم بالقوه تالاب، حفاظت از گیاهان و جانوران بومی شاخص و دارای جذبه، در اولویت طرح‌های حفاظتی قرار گیرد.

سپاسگزاری

بر خود لازم می‌دانیم به علت در اختیار قرار دادن آمار و داده‌های خام مربوط به سرشماری پرندگان زمستان‌گذران تالاب بین‌المللی امیرکلايه توسط مدیرکل و کارشناسان نظارت بر حیات وحش اداره کل حفاظت محیط زیست استان گیلان، تشکر و قدردانی به عمل می‌آوریم.

منابع

بهروزی‌راد، بهروز و حسن‌زاده کیایی، بهرام. ۱۳۸۷. شناسایی و مقایسه فصلی تنوع و تراکم پرندگان آبی تالاب‌های بین‌المللی کلاهی و تیاب در تنگه هرمز. فصلنامه علمی پژوهشی علوم محیطی؛ ۵(۳): ۱۱۳-۱۲۶.

حسینی موسوی، سیدمسعود؛ امینی، اردشیر و صبا، محمدصادق (۱۳۹۱). روند تغییر شاخص‌های تنوع و تراکم پرندگان آبی و کنارآبی زمستان‌گذران تالاب‌های هورالعظیم و شادگان (۱۳۸۵ تا ۱۳۸۸). فصلنامه علمی پژوهشی اکوبیولوژی تالاب، ۳(۱۲): ۶۹-۸۰.

طبیعی، امید و راستی، علیرضا (۱۳۹۰). بررسی تنوع زیستی پرندگان آبی و کنارآبچر زمستان‌گذران خورخارگی استان هرمزگان. فصلنامه علمی پژوهشی اکوبیولوژی تالاب، ۳(۷): ۳۵-۶۵.

- طبیعی، امید و شریفی، رکسانا (۱۳۹۰). بررسی تنوع گونه‌ای پرندگان آبی و کنارآبچر مهاجر زمستان‌گذران منطقه حفاظت شده حله در استان بوشهر. فصلنامه علمی پژوهشی اکوبیولوژی تالاب، ۳(۹)، ۷۱-۸۳.
- عاشوری، عباس و وارسته مرادی، حسین (۱۳۹۳). بررسی تنوع گونه‌ای پرندگان آبی و کنارآبچر مهاجر زمستان‌گذران در تالاب بین‌المللی انزلی. فصلنامه علمی پژوهشی اکوبیولوژی تالاب، ۲(۶)، ۵۵-۶۶.
- گل‌شاهی، امین؛ همای، محمدرضا و خلیلی‌پور، اولیاقلی (۱۳۸۸). بررسی تنوع گونه‌ای پرندگان آبی و کنارآبچر زمستان‌گذران در تالاب‌های آلاگل، آماگل، آجی گل و گمیشان. مجله علمی تخصصی تالاب، ۱(۱)، ۱۸-۳۲.
- منصوری، جمشید (۱۳۷۹). راهنمای صحرایی پرندگان ایران. تهران: نشر ذهن‌آور دانشگاه تهران. ص. ۴۹۱-۴۹۸.
- Ahmadpour, M., Karimi, M. H. S., Ghasempouri, S. M., Ahmadpour, M., & Yaghobzadeh, Y. (2011). A three years study of the diversity and density of waterfowl and waders in Sorkhrud International Wetland (October 2007 March 2010). *Scientific Research and Essays*, 6(30), 6317-6324.
- Amat, J. A., & Green, A. J. (2010). Waterbirds as bioindicators of environmental conditions. *In Conservation monitoring in freshwater habitats* (pp. 45-52). Springer, Dordrecht.
- Baldassarre, G.A., Bolen, E.G., (1994). Waterfowl ecology and management. John Willey & Sons. Inc. New York, USA. 567 p.
- Baqerzadeh Karimi, M., Rouhani Rankouhi, M., (2007). Guide to Iranian Wetlands Registered in the Ramsar Convention, Roseno Publications, First Edition, pp. 33-38.
- Chattoraj, S., Dey, S. R., Ambiya, G., & Bhattacharya, S. (2016). Vertebrate Biodiversity in and Around Ahiran: An Important Wetland of Murshidabad, West Bengal, India. *Indian Journal of Biology*, 3(1), 57-66.
- Chowdhury, M., & Nandi, B. (2014). Avifauna in five wetlands of Diara and Barind region in Maldah District of West Bengal, India. *Journal of Threatened Taxa*, 6(4), 5660-5666.
- Clifford, H.T., Stephenson, W., (1975). An introduction to numerical classification. Academic Press, London, England.
- Dale, M. R., & Thomas, A. G. (1987). The structure of weed communities in Saskatchewan fields. *Weed Science*, 348-355.
- Faaborg, J., Holmes, R. T., Anders, A. D., Bildstein, K. L., Dugger, K. M., Gauthreaux Jr, S. A., ... & Warnock, N. (2010). Conserving migratory land birds in the New World: Do we know enough? *Ecological applications*, 20(2), 398-418.
- Feest, A. (2006). Establishing baseline indices for the quality of the biodiversity of restored habitats using a standardized sampling process. *Restoration Ecology*, 14(1), 112-122.
- Fox, A. D., & Bell, M. C. (1994). Breeding bird communities and environmental variable correlates of Scottish peatland wetlands. *In Aquatic birds in the trophic web of lakes* (pp. 297-307). Springer, Dordrecht.
- Goss-Custard, J. D., Jones, R. E., & Newbery, P. E. (1977). The ecology of the Wash. I. Distribution and diet of wading birds (Charadrii). *Journal of Applied Ecology*, 681-700.
- Hashemloian, B. D., & Azimi, A. A. (2009). Alien and exotic Azolla in northern Iran. *African Journal of Biotechnology*, 8(2).
- Keddy, P.A., (2010). Wetland ecology: principles and conservation (2nd ed.). New York: Cambridge University Press. ISBN 978-0521519403.
- Mitra, S., Wassmann, R., & Vlek, P. L. (2003). Global inventory of wetlands and their role in the carbon cycle (No. 1546-2016-132267).
- Mohanta, R., Behera, S. K., Mishra, S. S., Sethy, J., Swain, K. K., & Sahu, A. K. (2017). Status, distribution, habitat type of threatened bird diversity, potential eco-tourism site and conservation strategy for wetland in Tamapara Lake Southern Odisha. *India. Spring*, 6(7), 14-21.
- Ntiamoa- Baidu, Y. A. A., Piersma, T., Wiersma, P., Poot, M., Battley, P., & Gordon, C. (1998). Water depth selection, daily feeding routines and diets of waterbirds in coastal lagoons in Ghana. *Ibis*, 140(1), 89-103.
- Quan, R. C., Wen, X., & Yang, X. (2002). Effects of human activities on migratory waterbirds at Lashihai Lake, China. *Biological Conservation*, 108(3), 273-279.
- Shannon, C. E., & Weaver, W. (1949). The mathematical theory of communication. Univ. Ill. Press. *Urbana*, 20. Illinois: University of Illinois Press. pp144.
- Simpson, E. H. (1949). Measurement of diversity. *nature*, 163(4148), 688-688.
- Skorping, A. (1996). Why should marine and coastal bird ecologists bother about parasites. *Bulletin of the Scandinavian Society for Parasitology*, 6(2), 98-102.
- Vickery, J. A., Feber, R. E., & Fuller, R. J. (2009). Arable field margins managed for biodiversity conservation: a review of food resource provision for farmland birds. *Agriculture, ecosystems & environment*, 133(1-2), 1-13.



بررسی کیفیت آب سدهای شاخص استان گیلان با استفاده از روش های چند

متغیره

هانیه میربلوکی^۱، بابک رازدار^{۲*}، متین محافظت کار^۳

۱- کارشناس پژوهشی گروه پژوهشی مهندسی محیط زیست، پژوهشکده محیط زیست جهاد دانشگاهی، گیلان

۲- کارشناس پژوهشی گروه پژوهشی پایش منابع آب، پژوهشکده محیط زیست جهاد دانشگاهی، گیلان

۳- دانش آموخته کارشناسی ارشد، موسسه آموزش عالی جهاد دانشگاهی، گیلان

چکیده

امروزه اهمیت آب، به عنوان عامل حیات و محور توسعه پایدار بیش از پیش شناخته شده است که برای حفاظت و مدیریت آن نیاز به کنترل کیفیت با استفاده از تست های آزمایشگاهی و اندکس های مختلف می باشد. هدف این تحقیق بررسی کیفیت آب در سدهای انحرافی شاخص استان گیلان بوده که با استفاده از روش های آنترپی شانون و تاپسیس به رتبه بندی کیفیت آب سدها اقدام شده است. سدهای موردنظر شامل پسیخان، شاخزر، پلرود و تاریک بودند و شاخص های مورد اندازه گیری نیز شامل هدایت الکتریکی (EC)، pH، کل جامدات محلول (TDS)، دما، سولفات (SO₄)، بی کربنات (HCO₃)، کلر (Cl)، کلسیم (Ca)، منیزیم (Mg)، سدیم، مواد معلق در آب (TSS)، اکسیژن محلول (DO)، اکسیژن موردنیاز واکنش های بیوشیمیایی (BOD₅)، اکسیژن مورد نیاز واکنش های شیمیایی (COD) بود. نتایج آنترپی شانون نشان داد که در بین شاخص ها، بیشترین وزن شاخص مربوط به مواد معلق در آب (TSS) با مقدار ۰/۱۹۷۳ و کمترین آن مربوط به pH با مقدار صفر می باشد. نتایج آزمون تاپسیس نشان داد که بر اساس وزن های برگرفته از آنترپی و شاخص های کیفیت آب، سد پسیخان رتبه اول، سد پلرود رتبه دوم، سد شاخزر رتبه سوم و سد تاریک در رتبه آخر قرار دارد. بر این اساس می توان با توجه به روش های انتخاب چند متغیره، به بررسی کیفیت آب در سدهای مختلف پرداخت.

کلید واژه ها: سد، آنترپی، تاپسیس، کیفیت آب



Investigation of Gilan index dams' water quality using multivariate methods

Hanieh Mirbolooki¹, Babak Razdar^{2*}, Matin Mohafezatkar³

- 1- Research Expert of Environmental Engineering Research Group, Environmental Research Institute, The Academic Center for Education, Culture and Research (ACECR), Gilan, Iran.
- 2- Research Expert of Water Resources Monitoring Research Group, Environmental Research Institute, The Academic Center for Education, Culture and Research (ACECR), Gilan, Iran.
- 3- MSc Graduated student, The Academic Center for Education, Culture and Research (ACECR), Gilan, Iran.

Abstract

Nowadays, the importance of water is known more than before as a life factor and the axis of sustainable development that to protect and manage it, it needs to be controlled using laboratory tests and various water quality indexes. The purpose of this study was to investigate water quality in diversion dams in Gilan province in which the dams have been ranked using Shannon and TOPSIS entropy methods. The dams included Pasikhan, Shakhzar, Polrud and Tarik and the measured indicators included Ec, pH, TDS, Temperature, SO₄, HCO₃, Cl, Ca, Mg, Na, TSS, DO, BOD₅ and COD. Shannon entropy results showed that among the indicators, the highest index weight is related to TSS with the amount of 0.1973 and the lowest one is related to pH with the amount of zero. Topsis tests results showed that based on the weights derived from entropy and water quality indicators, Pasikhan dam is in the first rank, Polrud dam is in the second rank, Shakhzar dam is in the third rank and Tarik dam is in the last rank. So, according to multivariate selection methods, water quality in different dams with similar conditions can be investigated.

Keywords: Dam, Entropy, Topsis method, Water quality

* Corresponding author E-mail address: babak.razdar@gmail.com

مقدمه

افزایش رشد جمعیت و تقاضای بیشتر برای فعالیت‌های کشاورزی و آبی‌پروری اهمیت کیفیت و کمیت منابع آبی را دوچندان کرده است. بنابراین منابع آب سطحی بیش از دیگر منابع آب در معرض آلودگی قرار دارند (قلی‌زاده و علی‌نژاد، ۱۳۹۷؛ دفتر معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی). با توجه به آسیب‌پذیر بودن منابع آبی، کنترل کیفیت آب‌های سطحی یکی از موارد کلیدی در برنامه‌های حفظ محیط زیست است (فلاح و همکاران، ۱۳۹۷؛ اصلی هاشمی و تقی‌پور، ۱۳۸۹) از لحاظ تاریخی سلامت انسان و آب به شدت به یکدیگر وابسته هستند، به طوری که بیماری‌های ناشی از آب و مرتبط با آن علت اصلی مرگ‌ومیر در انسان بوده است. پاتوژن‌ها علت بیماری‌ها هستند. آب به‌عنوان حامل یا ناقل ارگانسیم‌ها به انسان بوده است (حیدری نژاد و همکاران، ۱۳۹۷). افزایش آلودگی آب به دلیل فعالیت‌های انسانی، صنعتی شدن و شهرسازی رخ می‌دهد که نه تنها اثرات مخرب بر کیفیت آب دارد، بلکه بر سلامت انسان، تعادل اکوسیستم آبیان، توسعه اقتصادی و اجتماعی نیز تأثیرگذار است (حیدری‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۷؛ بران و هنریخش، ۱۳۸۷؛ بریتو^۱ و همکاران، ۲۰۱۸). کیفیت آب از موضوعات مهمی است که با توسعه اقتصادی و اجتماعی، اهمیت زیادی یافته و علاوه بر هزینه‌های هنگفت بهبود آب شرب، مخاطرات سلامت انسان‌ها و محیط زیست را نیز به همراه دارد (تیموری و همکاران، ۱۳۹۷). بررسی پارامترهای کیفیت آب به منظور افزایش بهره‌وری و مدیریت و برنامه‌ریزی بهتر منابع آب به خصوص در کشورهای در حال توسعه از اهمیت شایانی برخوردار است (سلیمان پور و همکاران، ۱۳۹۷). به‌دلیل واقع شدن کشور ایران در منطقه خشک و نیمه خشک و رویارویی با بحران‌های کمی آبی، تدوین برنامه‌های کیفی برای کلیه منابع آبی، از راهکارهای ضروری و غیرقابل اجتناب در جهت حفاظت و بهره‌برداری پایدار از منابع آبی است. حفاظت کیفی آب رودخانه‌ها و آبخوان‌ها نیاز به سرمایه‌گذاری‌های اضافی برای تصفیه پساب‌ها، یا سیستم‌های جمع‌آوری و کنترل آب‌ها داشته و از طرفی ممکن است منجر به محدود کردن توسعه فعالیت‌ها در حوضه آنها گردد و در نتیجه اثرات اقتصادی قابل توجهی داشته باشد. از این‌رو بررسی اثرات کیفیت آب‌های سطحی ضروری است (صادق‌زاده سادات، ۱۳۹۶؛ شیخی و همکاران، ۱۳۹۶). کاهش کیفیت آب‌های سطحی به‌علت ورود آلاینده‌های صنعتی و کشاورزی منجر به کاهش کیفیت آب، کاهش عملکرد محصول کشاورزی و مسائل اقتصادی و اجتماعی طولانی‌مدت می‌شود. استان گیلان نیز از این امر مستثنی نیست. بیشترین آب‌های سطحی در استان گیلان در سد منجیل و در ادامه آن در پشت سدهای انحرافی استان ذخیره می‌شوند و از این سدها برای آبیاری مزارع استفاده می‌شود. شناسایی کیفیت آب از نظر فیزیکی و شیمیایی در این سدها از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد که در این تحقیق به این امر پرداخته شده است (ستاری و همکاران، ۱۳۹۶؛ جهانگیر و همکاران، ۱۳۹۷؛ کینا^۲، ۲۰۱۴).

مواد و روش‌ها

- اندکس کیفیت آب (WQI^۳)

جهت مقایسه کیفیت آب در بخش‌های مختلف یک کشور و برای ایجاد استانداردهای شاخص کیفی منابع آب (اعم از رودخانه، دریاچه و ...) بیش از صد کارشناس کنترل کیفیت فراخوان می‌شوند که اساساً این شاخص از طریق محاسبه نتایج چندین آزمایش بدست می‌آید که نشان‌دهنده سطح کیفیت منابع آب می‌باشد (حسینی و همکاران، ۱۳۹۷؛ حاتمی‌منش و همکاران، ۱۳۹۷). اندکس کیفیت آب که اخیراً در دهه ۱۹۷۰ توسعه یافته در جهت کنترل تغییرات کیفیت آب در منابع آبی خاص در طی یک دوره زمانی برای پی بردن به تغییرات یک اکوسیستم آبی استفاده می‌شود. شاخص کیفیت می‌تواند سلامت منابع آبخیز را در نقطه‌های مختلف نشان دهد و برای حفظ تغییرات خط سیر و آنالیز در طی زمان می‌تواند کاربرد داشته باشد. همچنین می‌تواند برای مقایسه کیفیت منابع آب با منابع دیگر یا منابع ناحیه‌ای یا سایر منابع موجود در جهان بکار روند و این نتایج برای تعیین سلامتی آب از لحاظ کیفی نیز کاربرد دارد (هاشمی و تقی‌پور، ۱۳۸۹؛ اقدر و همکاران، ۱۳۹۶؛ هاشمی فرد، ۱۳۹۷).

مراحل محاسبه شاخص کیفیت آب سطحی^۴ IRWQI_{SC} عبارتند از (سازمان حفاظت محیط زیست ایران):

- انتخاب پارامترها

- تبدیل غلظت اکسیژن محلول (بر حسب میلی‌گرم بر لیتر) به درصد اشباع (در صورت نیاز)

- تعیین وزن هر پارامتر با استفاده از جدول

¹ Britto

² Kibena

³ Water Quality Index

⁴ Iran Water Quality Index

- به دست آوردن مقدار شاخص برای هر پارامتر با استفاده از منحنی‌های رتبه‌بندی برای محاسبه مقدار شاخص باید پارامترهای زیر در نظر گرفته شود:
- ✓ برای BOD5 بیشتر از ۵۰ مقدار شاخص معادل یک در نظر گرفته شود.
 - ✓ برای COD بیشتر از ۲۰۰ مقدار شاخص معادل یک در نظر گرفته شود.
 - ✓ برای اکسیژن محلول بیش از ۱۴۰ درصد اشباع مقدار شاخص معادل ۸۰ در نظر گرفته شود.
 - ✓ برای EC بیش از ۲۵۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر مقدار شاخص معادل یک در نظر گرفته شود.
 - ✓ برای کلیفرم مدفوعی بیش از ۱۰۶ MPN/100ml مقدار شاخص معادل یک در نظر گرفته شود.
 - ✓ برای آمونیم بیش از ۱۵ میلی گرم بر لیتر مقدار شاخص معادل یک در نظر گرفته شود.
 - ✓ برای نیترات بیش از ۳۰ میلی گرم بر لیتر مقدار شاخص معادل یک در نظر گرفته شود.
 - ✓ برای فسفات بیش از ۱۵ میلی گرم بر لیتر مقدار شاخص معادل یک در نظر گرفته شود.
 - ✓ برای سختی کل بیش از ۵۰۰۰ میلی گرم بر لیتر کربنات کلسیم مقدار شاخص معادل یک در نظر گرفته شود.
 - ✓ برای کدورت بیش از ۱۰۰۰ واحد مقدار شاخص معادل ۲ در نظر گرفته شود.
 - ✓ برای pH بیش از ۱۰ و کمتر از ۶ مقدار شاخص معادل پنج در نظر گرفته شود.
- جدول پارامترهای شاخص IRWQI_{SC} و وزن‌های آنها در جدول (۱) آورده شده است (سازمان حفاظت محیط زیست ایران):

جدول ۱. پارامترهای شاخص IRWQI_{SC} و وزن‌های آنها

ردیف	پارامتر	وزن	توضیحات
۱	کلیفرم مدفوعی	۰/۱۴۰	بر حسب MPN/100ml
۲	BOD5	۰/۱۱۷	بر حسب میلی گرم بر لیتر
۳	نیترات	۰/۱۰۸	بر حسب میلی گرم بر لیتر
۴	اکسیژن محلول	۰/۰۹۷	بر حسب درصد اشباع
۵	هدایت الکتریکی	۰/۰۹۶	بر حسب میکروزیمنس بر سانتیمتر
۶	COD	۰/۰۹۳	بر حسب میلی گرم بر لیتر
۷	آمونیم	۰/۰۹۰	مجموع آمونیم
۸	فسفات	۰/۰۸۷۰	بر حسب میلی گرم بر لیتر
۹	کدورت	۰/۰۶۲۰	بر حسب NTU
۱۰	سختی کل	۰/۰۵۹	بر حسب میلی گرم بر لیتر کربنات کلسیم
۱۱	pH	۰/۰۵۱	واحد استاندارد

این تحقیق به صورت کیفی با رویکرد آزمایشی انجام شده است. در ابتدا با توجه به مطالعات کتابخانه‌ای و نظر کارشناسان به شناسایی شاخص‌های کیفی آب‌ها از نظر فیزیکی و شیمیایی اقدام شده و در مرحله بعد با روش انترپوی شانون^۱ به وزن دهی هر یک از این شاخص‌ها پرداخته شد. سپس از طریق روش تاپسیس^۲ به رتبه‌بندی هر یک از سدهای انحرافی با توجه به شاخص‌های مورد نظر اقدام می‌شود (گیامفی^۳، ۲۰۱۲).

- متغیرهای تحقیق

پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب شامل (اکسیژن محلول، نیترات، فسفات، کدورت، pH و TSS) و شاخص هیلسنهوف (شاخص کیفیت آب)، دمای آب، کلیفرم مدفوعی، منیزیم، کلسیم، سدیم، پتاسیم، کل جامدات محلول و سختی کل (طبق روش‌های استاندارد) می‌باشد.

- محل انجام تحقیق

^۱ Shanon Entropy

^۲ TOPSIS

^۳ Gyamfi

سدهای انحرافی نیز شامل سد پسیخان، سد شاخرز، سد پلرود و سد تاریک هستند. مشخصات سدهای انحرافی مورد مطالعه در جدول (۲) آورده شده است.

جدول ۲- مشخصات سدهای انحرافی مورد مطالعه

نام سد	محل	ظرفیت (مترمکعب بر ثانیه)
پسیخان	رشت- رودخانه پسیخان	۴
شاخزر	فومنات- رودخانه بازارجمعه	۲
پلرود	رحیم آباد- رودخانه پلرود	۳۱/۵
تاریک	امام زاده هاشم- رودخانه سفیدرود	۳۵

روش تاپسیس

در این روش m گزینه به وسیله n شاخص مورد ارزیابی قرار می‌گیرند و هر مساله را می‌توان به عنوان یک سیستم هندسی شامل m نقطه در یک فضای n بعدی در نظر گرفت. این تکنیک بر این مفهوم بنا شده است که گزینه انتخابی باید کمترین فاصله را با راه حل ایده‌آل مثبت (بهترین حالت ممکن، A_j^+) و بیشترین فاصله را با راه حل ایده‌آل منفی (بدترین حالت ممکن، A_j^-) داشته باشد. فرض بر این است که مطلوبیت هر شاخص به طور یکنواخت افزایشی و یا کاهششی است (آذر و رجبزاده، ۱۳۹۱؛ مهدی و همکاران، ۲۰۱۱؛ ابراهیم و همکاران، ۲۰۱۳).

مراحل روش تاپسیس

۱- ماتریس تصمیم‌گیری (D) را با استفاده از رابطه نرم اقلیدسی زیر به یک ماتریس بی‌مقیاس (ماتریس تصمیم‌گیری نرمال) تبدیل می‌کنیم (در این رابطه r_{ij} نشان‌دهنده امتیاز کسب شده توسط گزینه i در معیار j است).

$$r_{ij} = \frac{r_{ij}}{\left(\sum_{i=1}^m r_{ij}^2\right)^{\frac{1}{2}}}, (i = 1, \dots, m)$$

ماتریس بدست آمده N_D نامیده می‌شود.

۲- ماتریس بی‌مقیاس موزون بدست می‌آید.

$$V = N_D \times W_{n \times n}$$

که در آن V ماتریس بی‌مقیاس موزون و W یک ماتریس قطری از وزن‌های به دست آمده برای شاخص‌ها می‌باشد.

۳- راه حل ایده‌آل مثبت (بهترین حالت ممکن، A_j^+) و بیشترین فاصله را با راه حل ایده‌آل منفی (بدترین حالت ممکن، A_j^-) را مشخص می‌کند.

- گزینه ایده‌آل مثبت:

$$A^+ = \left\{ \left(\max_j v_{ij} \mid i \in I_1 \right), \left(\min_j v_{ij} \mid i \in j \right) \right\} \quad i=1, 2, \dots, n, j=1, 2, \dots, m.$$

- گزینه ایده‌آل منفی:

$$A^- = \left\{ \left(\min_j v_{ij} \mid i \in I_1 \right), \left(\max_j v_{ij} \mid i \in j \right) \right\} \quad i=1, 2, \dots, n, j=1, 2, \dots, m.$$

$$A_j^+ = (v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+)$$

$$A_j^- = (v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-)$$

بطوری‌که

به ازای عناصر مثبت شاخص‌ها

$$J_1 = \{1, 2, \dots, n \text{ associated with the criteria having a positive impact}\}$$

به ازای عناصر منفی شاخص‌ها

¹ Mohd

² Ebrahim

$$J_2 = \{1, 2, \dots, n \text{ associated with the criteria having a negative impact}\}$$

۴- اندازه فاصله بر اساس نرم اقلیدسی به ازاء راه حل ایده آل منفی و گزینه مثبت و همین اندازه را به ازای راه حل ایده آل مثبت و گزینه منفی به صورت زیر به دست می آید:

$$d_i^+ = \left\{ \sum_{i=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2 \right\}^{\frac{1}{2}}, (i = 1, 2, \dots, m)$$

$$d_i^- = \left\{ \sum_{i=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2 \right\}^{\frac{1}{2}}, (i = 1, 2, \dots, m)$$

۵- نزدیکی نسبی A_i به راه حل ایده آل به صورت زیر محاسبه می شود:

$$C_i = \frac{d_i^-}{(d_i^- + d_i^+)}, (i = 1, 2, \dots, m)$$

چنانچه $A_i = A_i^+$ باشد، آنگاه $d_i^+ = 0$ و $C_i = 1$ می شود و در صورتی که $A_i = A_i^-$ آنگاه $d_i^- = 0$ و $C_i = 0$ خواهد شد. بنابراین هر گزینه A_i به راه حل ایده آل نزدیکتر باشد، مقدار C_i آن به یک نزدیکتر خواهد بود.

۶- رتبه بندی گزینه ها در این مرحله انجام می گیرد و براساس ترتیب نزولی C_i می توان گزینه های موجود را رتبه بندی نمود.

- روش آنتروپی شانون

آنتروپی شانون یکی از مفاهیم کاربردی در علوم اجتماعی، فیزیکی و تئوری اطلاعات و از طرفی یکی از تکنیک های تصمیم گیری چند معیاره برای محاسبه وزن معیارها می باشد. این تکنیک نیازمند ماتریسی بر مبنای معیار و گزینه می باشد. در صورتی که داده های ماتریس تصمیم گیری مشخص باشد، می توان از تکنیک آنتروپی برای ارزیابی وزن ها استفاده کرد. بر این اساس، هرچه پراکندگی در مقادیر یک شاخص، بیشتر باشد، آن شاخص از اهمیت بیشتری برخوردار است (مینس، ۱، ۲۰۱۵؛ کانه، ۲، ۲۰۱۶).

- مراحل روش آنتروپی

مرحله اول: اولین مرحله از مراحل روش آنتروپی شانون تشکیل جدول تصمیم گیری می باشد. بنابراین برای محاسبه وزن شاخص ها با استفاده از روش آنتروپی ابتدا باید جدول تصمیم گیری مساله تشکیل داد:

$$X_{ij} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix}$$

مرحله دوم: نرمال سازی جدول تصمیم گیری: مرحله دوم از مراحل روش آنتروپی نرمال سازی یا بی مقیاس کردن جدول تصمیم گیری می باشد. برای نرمال سازی از روش نرمال سازی ساده یعنی همان روش میانگین حسابی استفاده می شود. رابطه نرمال سازی ساده به صورت زیر می باشد.

$$P_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^m X_{ij}} \quad j = 1, \dots, n$$

مرحله سوم: محاسبه آنتروپی هر شاخص: در این مرحله باید آنتروپی هر یک از شاخص ها را با استفاده از رابطه زیر محاسبه نمود.

$$E_j = -k \sum_{i=1}^m p_{ij} \times \ln p_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$k = \frac{1}{\ln m}$$

نکته: مقدار K باعث می شود که مقدار آنتروپی هر شاخص بین صفر و یک باقی بماند.

¹ Meneses

² Cunha

مرحله چهارم: محاسبه فاصله هر شاخص از آنتروپی آن (d_j): در این مرحله باید فاصله هر یک از شاخص‌ها را از مقدار آنتروپی آن که در مرحله قبل محاسبه شد به دست آوریم. برای این کار از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$d_j = 1 - E_j$$

مرحله پنجم: محاسبه وزن هر شاخص: در این مرحله وزن هر شاخص با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$w_j = \frac{d_j}{\sum d_j}$$

یافته‌های پژوهش

در جدول (۳) شاخص‌های اندازه‌گیری شده در چهار سد پسیخان، شاخزر، پلرود و تاریک نشان داده شده است.

جدول ۳- شاخص‌های اندازه‌گیری شده در چهار سد پسیخان، شاخزر، پلرود و تاریک

پارامتر	سد تاریک	سد پلرود	سد شاخزر	سد پسیخان
Ec	۱۷۰۷	۳۷۱	۵۱۳	۶۵۴
pH	۸	۸	۸	۸
TDS	۱۰۷۶	۲۳۴	۳۲۳	۴۱۲
Temperature	۲۰	۱۶	۱۳	۱۳
SO ₄	۵	۰	۱	۱
HCO ₃	۲	۳	۲	۲
Cl	۱۰	۰	۲	۳
Ca	۵	۲	۲	۳
Mg	۳	۱	۱	۱
Na	۲۶	۵	۱۵	۱۷
TSS	۱۶/۷	۳۴۵/۳	۵۹۸	۱۳/۴
DO	۱۰	۱۰/۸	۱۱/۱	۹/۷۴
BOD ₅	۱۵	۲	۵	۵
COD	۴۱	۶/۷	۸/۹	۱۱

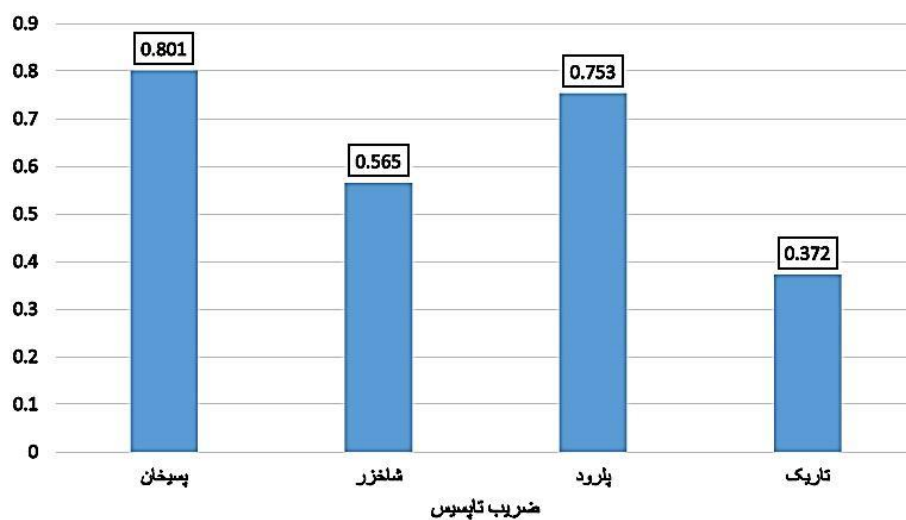
انتخاب بهترین سد با استفاده از روش تاپسیس

در ابتدا ماتریس تصمیم و وزن دهی تشکیل می‌دهیم. جدول (۴) وزن هر شاخص را به همراه ماتریس تصمیم بیان می‌کند و شکل (۱) ضرایب تاپسیس را نشان می‌دهد. همانطور که در این شکل مشاهده می‌شود سد پسیخان بیشترین ضریب و سد تاریک کمترین ضریب را به خود اختصاص داده است. توجه به شاخص‌های کیفیت آب، سد پسیخان رتبه اول، سد پلرود رتبه دوم، سد شاخزر رتبه سوم و سد تاریک در رتبه آخر قرار دارد.

جدول ۴- وزن هر شاخص به همراه ماتریس تصمیم

شاخص	سد پسیخان	سد تاریک	سد پلرود	سد شاخزر	وزن
Ec	۶۵۴	۱۷۰۷	۳۷۱	۵۱۳	۰/۰۶۲
pH	۸	۸	۸	۸	۰
TDS	۴۱۲	۱۰۷۶	۲۳۴	۳۲۳	۰/۰۶۲
Temperature	۱۳	۲۰	۱۶	۱۳	۰/۰۰۶
SO ₄	۱	۵	۰	۱	۰/۱۹۷
HCO ₃	۲	۲	۳	۲	۰/۰۰۶
Cl	۳	۱۰	۰	۲	۰/۱۷۶
Ca	۳	۵	۲	۲	۰/۰۲۶

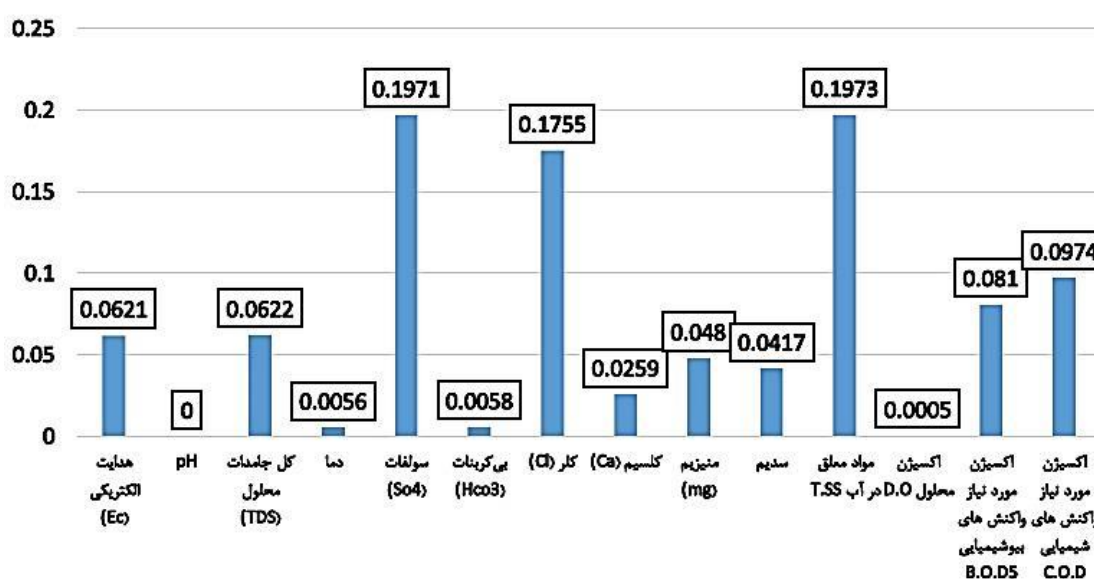
شاخص	سد پسیخان	سد تاریک	سد پلرود	سد شاخزر	وزن
mg	۱	۳	۱	۱	۰/۰۴۸
Na	۱۷	۲۶	۵	۱۵	۰/۰۴۲
TSS	۱۳/۴	۱۶/۷	۳۴۵/۳	۵۹۸	۰/۱۹۷
DO	۹/۷۴	۱۰	۱۰/۸	۱۱/۱	۰/۰۴
BOD ₅	۵	۱۵	۲	۵	۰/۰۸۱
COD	۱۱	۴۱	۶/۷	۸/۹	۰/۰۹۷



شکل ۱- ضریب تاپسیس

محاسبه وزن‌های شاخص‌ها با روش انتروپی شانون

برای این منظور ابتدا ماتریس تصمیم تشکیل می‌شود. با توجه به شکل (۲)، بیشترین وزن شاخص مربوط به مواد معلق در آب (TSS) با مقدار ۰/۱۹۷۳ و کمترین آن مربوط به pH با مقدار صفر می‌باشد.



شکل ۲- وزن هر شاخص

در ادامه به بررسی تحقیقات انجام شده و مقایسه نتایج پرداخته می‌شود:

فلاح و همکاران در تحقیق خود ارزیابی کیفیت آب با استفاده از روش TOPSIS در تالاب بین‌المللی انزلی پرداختند. براساس نتایج، ایستگاه ۵ (سرخانکل) بهترین وضعیت کیفی آب و ایستگاه ۸ (پیربازار) کمترین وضعیت کیفی آب را داشت. همچنین نتایج فصلی مقادیر TOPSIS نشان داد که بیشترین مقدار کیفیت آب هم در فصل بهار اندازه‌گیری شد (فلاح و همکاران، ۱۳۹۷).

ترابی پوده و هم‌زاده در تحقیق خود به بررسی روند تغییرات کیفی در رودخانه‌های حوضه کشکان پرداختند. به این منظور روند تغییرات کیفی طولانی‌مدت در دو سرشاخه کشکان (خرم‌آباد و هرود) ارزیابی شد؛ برای تعیین روند یابی داده‌ها از آزمون من‌کنندال استفاده شد. برای بررسی کیفیت آب با استفاده از نرم افزار AqQA، دیاگرام شولر برای هر ایستگاه استخراج و تحلیل شد. برای بررسی کیفیت آب از نظر کشاورزی اطلاعات مورد نیاز به دیاگرام ویل کاکس منتقل و دسته‌بندی آب مشخص شد. در همه ایستگاه‌ها روند دبی منفی و برای بیشتر شاخص‌های کیفی آب روند مثبتی مشاهده شد. نتایج نشان داد در هر دو سرشاخه پارامترهای کیفی آب کاهش یافته است. تغییرات کیفی آب پس از پیوستن دو سرشاخه خرم‌آباد و هرود به یکدیگر، در ایستگاه پلدختر بررسی شد. در ایستگاه پلدختر بسیاری از پارامترها در محدوده‌های بین مقدار آنها در دو سرشاخه قبل از پیوستن قرار گرفتند، اما در برخی از آنها نیز این قانون نقض شد و در ایستگاه پلدختر افزایش یافتند (ترابی‌پور و هم‌زاده، ۱۳۹۷).

حسینی و همکاران در تحقیق خود به بررسی کاربرد شاخص کیفیت آب (WQI) و هیدروژئوشیمی در ارزیابی کیفی آب سطحی در استان سیستان و بلوچستان پرداختند. یافته‌ها نتایج تحلیل هیدروژئوشیمیایی نشان‌دهنده تغییر تیپ آب از بی‌کربناته سدیک و سولفات سدیک به کلروره سدیک در طی دوره‌های نمونه‌برداری است. نمودار گیبس نشان داد که هوازدگی سنگ‌ها به طور عمده کنترل‌کننده شیمی یون‌های اصلی آب بوده است. نتایج تحلیل‌های آماری مشخص کرد که همبستگی بالایی میان پارامترهایی مانند کلیرم، نترات، سولفات و کلر با شاخص کیفیت آب وجود دارد (حسینی و همکاران، ۱۳۹۷).

میرزایی و همکاران در تحقیق خود به بررسی کیفیت آب رودخانه‌های جاری در استان بوشهر با استفاده از شاخص کیفیت آب طی سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۹۰ پرداختند. ایشان کیفیت آب رودخانه‌های جاری شاپور، دالکی، حله، باغان، مند و باهوش در استان بوشهر با استفاده از دو شاخص IRWQISC و NSFQI به دلیل اهمیت آب این رودخانه‌ها در شرب، مصارف کشاورزی و صنعتی بررسی کردند. پارامترهای BOD، COD، DO، PO₄ و NO₃ برای محاسبه شاخص IRWQISC، و پارامترهای DO، NO₃، PO₄ و BOD برای محاسبه شاخص NSFQI استفاده شد. یافته‌های حاصل از این مطالعه نشان داد که بر اساس شاخص IRWQISC کیفیت آب رودخانه باغان و دالکی با مقادیر ۳/۳۱ و ۸/۳۹ در طبقه آب‌های با کیفیت نسبتاً بد و رودخانه‌های شاپور، مند، باهوش و حله با مقادیر بین ۴۶ تا ۵۳ در وضعیت متوسطی از کیفیت آب قرار گرفتند. همچنین از نظر شاخص NSFQI رودخانه باغان با مقدار ۶۸ در رده آب‌های با کیفیت متوسط قرار گرفت و سایر رودخانه‌ها با مقادیر ۷۳ تا ۸۰ در طبقه آب‌های با کیفیت خوب قرار گرفتند. نتایج نشان داد که آب رودخانه‌های شاپور، دالکی، حله، مند، باهوش و باغان، برای کشاورزی مناسب بوده ولی برای شرب باید تصفیه شود (میرزایی و همکاران، ۱۳۹۶).

دونکا^۱ در مقاله خود به ارزیابی آلودگی آب و کیفیت آب رودخانه بنات^۲ رومانی پرداختند. در این مطالعه از شاخص کیفیت آب (WQI) استفاده کردند و پارامترهای مورد بررسی ایشان pH، DO، BOD₅، دما، فسفر کل، N-NO₂- و شفافیت در دوره زمانی ۲۰۱۴-۲۰۰۴ بود (دونکا، ۲۰۱۸).

بویان و باکار^۳ (۲۰۱۷) در تحقیق خود به ارزیابی کیفیت آب رودخانه‌ای در بنگلادش پرداختند. پارامترهای مورد اندازه‌گیری ایشان غلظت‌های DO، BOD₅، COD، pH، EC، کلرید، قلیایی و سختی بود. در این تحقیق، از تجزیه و تحلیل آماری چند متغیره، مانند تجزیه و تحلیل مؤلفه اصلی (PCA) و همچنین ماتریس همبستگی (CM) استفاده شد. نتایج نشان داد شاخص آلودگی رودخانه، از آلودگی کم تا زیاد متغیر است که این امر به دلیل وجود فاضلاب منطقه صنعتی در نزدیکی رودخانه است (بویان و باکار، ۲۰۱۷).

بحث و نتیجه‌گیری

هدف این تحقیق ارزیابی کیفیت آب در سدهای انحرافی شاخص استان گیلان می‌باشد. در این تحقیق با استفاده از روش‌های چند متغیره انترپوی شانون و تاپسیس به رتبه‌بندی سدها اقدام شد. سدهای موردنظر شامل پسیخان، شاخزر، پلرود و تاریک بودند. شاخص‌های مورد اندازه‌گیری نیز شامل هدایت الکتریکی (Ec)، pH، کل جامدات محلول (TDS)، دما، سولفات (SO₄)، بی‌کربنات (HCO₃)، کلر (Cl)، کلسیم (Ca)، منیزیم (Mg)، سدیم، مواد معلق در آب (TSS)، اکسیژن محلول (DO)، اکسیژن موردنیاز واکنش‌های بیوشیمیایی

¹ Dunca

² Banat

³ Bhuyan and Bakar

(BOD₅)، اکسیژن مورد نیاز واکنش‌های شیمیایی (COD) بودند. نتایج آنالیز شانون نشان داد که در بین شاخص‌ها، بیشترین وزن شاخص مربوط به مواد معلق در آب (TSS) با مقدار ۰/۱۹۷۳ و کمترین آن مربوط به پارامتر pH با مقدار صفر می‌باشد. نتایج آزمون تاپسیس نشان داد که براساس وزن‌های برگرفته از آنالیز و شاخص‌های کیفیت آب، سد پسیخان رتبه اول، سد پلرود رتبه دوم، سد شاخزر رتبه سوم و سد تاریک در رتبه آخر قرار دارد. این تحقیق نشان داد که می‌توان با توجه به روش‌های انتخاب چند متغیره به بررسی کیفیت آب در سدهای مختلف با شرایط مشابه اقدام کرد.

منابع

- اصلی هاشمی، احمد و تقی پور، حسن؛ (۱۳۸۹). اندکس کیفیت آب (WQI). کاربرد شیمی در محیط زیست، ۷-۱: (۴)۱.
- اقدرد، حسین؛ محمدیاری، فاطمه؛ بیگ محمدی، فوزیه. (۱۳۹۶). کاربرد مدل تصمیم‌گیری FAHP باکلی در ارزیابی و پهنه بندی کیفیت آب زیرزمینی ۹ شهر استان ایلام برای مصارف شرب و کشاورزی. پژوهش‌های محیط زیست، ۱۲۳-۱۱۳: (۱۵)۸.
- آذر، عادل؛ رجب زاده، علی. (۱۳۹۷). تصمیم‌گیری کاربردی رویکرد MADM انتشارات نگاه دانش، تهران، ۲۳۰ صفحه.
- بیران، صدیقه؛ هنربخش، نازلی. (۱۳۸۷). بحران وضعیت آب در ایران و جهان. فصلنامه راهبرد، سال شانزدهم، شماره ۲، ۴۸.
- ترابی پوده، حسن؛ همه‌زاده، پرستو. (۱۳۹۷). بررسی کیفیت شیمیایی آب و روند تغییرات پارامترهای کیفی در حوضه کشکان. اکوهیدرولوژی، ۵ (۱): ۲۳ - ۳۶.
- تیموری، مهدی؛ شیخ واحد، بردی؛ سعدالدین، امیر. (۱۳۹۷). ارزیابی و مقایسه کیفیت آب با استفاده از روش‌های تحلیل رابطه خاکستری و NSFQI در مخزن سد شیرین دره. فصلنامه سلامت و محیط زیست، ۱۱ (۲): ۱۶۹-۱۸۲.
- جهانگیر، محمدحسین؛ حقیقی، پارسا؛ ساداتی‌نژاد، سیدجواد. (۱۳۹۷). ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی برای مصارف شرب با استفاده از مدل استنتاج فازی (مطالعه موردی: دشت مرودشت). اکوهیدرولوژی، ۶۷۳-۶۶۳: (۲)۵.
- حاتمی منش، مسعود؛ حق‌شناس، آرش؛ میرزایی، محسن؛ سلگی، عیسی؛ محمدی بردکشی، بهزاد. (۱۳۹۷). سنجش غلظت فلزات سنگین و استفاده از شاخص‌های WQI، TRIX در ارزیابی کیفیت آب سواحل بین جزرومدی منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس در فصول مختلف. طب جنوب، ۴۵۸-۴۳۹: (۶)۲۱.
- حسن زاده نفوتی، محمد؛ امامی میبیدی، احسان. (۱۳۹۷). گزارش فنی: تغییرات زمانی و مکانی پارامترهای کیفیت آب زیرزمینی دشت مروست. مهندسی و مدیریت آب‌خیز، ۱۳۲-۱۲۱: (۱)۱۰.
- حسینی، علیرضا؛ پورمحمد، پژمان؛ یارمحمدی، احسان. (۱۳۹۷). بررسی کیفیت آب زیرزمینی در محدوده شبکه‌های آبیاری و زهکشی با اهداف کشاورزی و شرب (مطالعه موردی دشت عباس). مجله علوم و مهندسی آب‌خیزداری ایران، ۱۲ (۲۰): ۵۱ - ۵۸.
- حیدری‌نژاد، ضحی؛ حیدری، محسن؛ سلیمانی، حامد؛ حسین نجفی، صالح. (۱۳۹۷). ارزیابی کیفیت فیزیکی و شیمیایی منابع آب زیرزمینی شهرستان‌های خواف، تایباد و رشتخوار طی سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۸۴. مجله طب پیشگیری، ۵ (۱): ۳۶-۴۴.
- سازمان حفاظت محیط زیست ایران.
- ستاری، محمدتقی؛ میرعباسی نجف آبادی؛ رسول؛ عباسقلی نایب زاد، مهدی. (۱۳۹۶). استفاده از داده کاوی در پیش بینی کیفیت آب‌های سطحی (مطالعه موردی: رودخانه‌های دامنه شمالی سهند). اکوهیدرولوژی، ۴۱۹-۴۰۷: (۲)۴.
- سلیمان پور، سید مسعود؛ مصباح، سید حمید؛ هدایتی، بهرام. (۱۳۹۷). کاربرد تکنیک داده کاوی درخت تصمیم CART در تعیین مؤثرترین فاکتورهای کیفیت آب آشامیدنی (مطالعه موردی: دشت کازرون استان فارس). فصلنامه سلامت و محیط زیست، ۱۱ (۱): ۱-۱۴.
- شیخی آلمان آباد، زهرا؛ اسدزاده، فرخ؛ پیرخراطی، حسین. (۱۳۹۶). کاربرد شاخص DWQI برای ارزیابی جامع کیفیت آب در آبخوان اردبیل. اکوهیدرولوژی، ۲ (۴): ۴۳۶-۴۲۱.
- صادق زاده سادات، مصطفی؛ ناظمی، امیرحسین؛ صدرالدینی، علی اشرف. (۱۳۹۶). اثرات کیفیت آب‌های سطحی بر کیفیت آب‌های زیرزمینی (مطالعه موردی: دشت تبریز). دانش آب و خاک، ۲۳۷-۲۲۵: (۳)۲۷.
- فلاح، مریم؛ پیرعلی، احمدرضا؛ هدایتی، سید علی اکبر. (۱۳۹۷). ارزیابی کیفیت آب با استفاده از روش TOPSIS در تالاب بین‌المللی انزلی. فصلنامه سلامت و محیط زیست، ۱۱ (۲): ۲۲۵-۲۳۶.
- قلی زاده، محمد؛ علی نژاد، مجید. (۱۳۹۷). بررسی تغییرات مکانی برخی از پارامترهای مؤثر بر کیفیت آب رودخانه زرین‌گل در استان گلستان. فصلنامه علوم محیطی، ۱۶ (۱): ۱۱۱-۱۲۶.

میرزایی، مزگان؛ سلگی، عیسی؛ سلمان ماهینی، عبدالرسول. (۱۳۹۷). نقش کاربری اراضی در کیفیت آب رودخانه زاینده‌رود. مهندسی منابع آب، ۱۱ (۳۸): ۶۱ - ۷۰.

نگاهی به وضعیت منابع آب در ایران و جهان. (۱۳۸۷). (دفتر معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی) هاشمی فرد، اکبر؛ کردوانی، پرویز؛ اسدیان، فریده. (۱۳۹۷). تحلیل اثرات مواد آلاینده با منشأ انسانی بر کیفیت آب رودخانه کارون (حداصل سد گتوند تا اهواز). برنامه ریزی منطقه‌ای، ۳۰ (۸): ۱۶۴-۱۵۵.

Bhuyan, M.S. and Bakar, M.A. (2017). Assessment of water quality in Halda River (the Major carp breeding ground) of Bangladesh. *Pollution*, 3(3): 429-441.

Cunha, D. G. F., Sabogal-Paz, L. P., & Dodds, W. K. (2016). Land use influence on raw surface water quality and treatment costs for drinking supply in São Paulo State (Brazil). *Ecological Engineering*, 94, 516-524.

Britto, F. B., Vasco, A. N. D., Aguiar Netto, A. D. O., Garcia, C. A. B., Moraes, G. F. O., & Silva, M. G. D. (2018). Surface water quality assessment of the main tributaries in the lower São Francisco River, Sergipe. *RBRH*, 23.

Dunca, A. M. (2018). Water pollution and water quality assessment of major transboundary rivers from Banat (Romania). *Journal of Chemistry*, 2018.

Ebrahim, N., Kershi, R.M., Saif, B.N., and Rastrelli, L., (2013), "Physico-chemical analysis of drinking water from Maoh (Zafar) village, Yemen", *World Applied Sciences Journal*, 26(2), 244-247.

Gyamfi, E.T., Ackah, M., Anim, A.K., Hanson, J.K., Kpattah, L., Enti-Brown, S., Adjei-Kyereme, Y., and Nyarko, E.S., (2012). "Chemical analysis of potable water samples from selected suburbs of Accra, Ghana", *Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences*, 2(2), 118-127.

Kibena, J., Nhapi, I., & Gumindoga, W. (2014). Assessing the relationship between water quality parameters and changes in landuse patterns in the Upper Manyame River, Zimbabwe. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 67, 153-163.

Meneses, B.M., R. Reis, M.J., Vale and Saraiva. R.(2015). Land use and land cover changes water quality parameters and changes in landuse patterns in the Upper Manyame River, Zimbabwe. *Physics and Chemistry of the Earth*. 67, 153-163.

Mohd, I., Mansor, M.A., Awaluddin, M.R.A., Nasir, M.F.M., Samsudin, M.S., Juahir, H. and Ramli, N., (2011). Pattern recognition of Kedah River water quality data by implementation of principal component analysis. *World Applied Sciences*. 14, 66-72.



بررسی تخریب کاربری اراضی جنگلی در اثر احداث سد با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای

ماندانا عزیزی^{۱*}، محمد پناهنده^۲

۱- دانش آموخته محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان، رشت، ایران
۲- عضو هیئت علمی گروه پژوهشی فراوری پسماند، پژوهشکده محیط زیست جهاد دانشگاهی، رشت، ایران

چکیده

شناسایی کاربری‌ها و تغییرات کاربری اراضی جهت بررسی و پایش مناطق حساس به منظور طرح‌ریزی و مدیریت پایدار سرزمین امری ضروری می‌باشد. هدف اصلی از این مطالعه بررسی تغییرات کاربری اراضی ناشی از احداث سد سفارود در عرصه جنگل‌های هیرکانی شمال کشور طی یک دوره ۱۷ ساله با استفاده از تصاویر ماهواره لندست می‌باشد. برای این کار ۳ تصویر ماهواره‌ای متعلق به سال‌های ۲۰۱۳، ۲۰۱۷ و ۲۰۱۷ استفاده شد و تصحیح‌های (هندسی و اتمسفری) بر روی تصاویر اعمال و با روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال نقشه کاربری اراضی منطقه برای هر مقطع تهیه شد که به ترتیب دارای صحت کاربری و ضریب کاپای بالاتر از ۰/۸۶ و ۰/۸۳ بودند. روش مقایسه پس از طبقه‌بندی برای پایش تغییرات کاربری اراضی مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد بیش‌ترین پوشش اراضی حوزه سفارود در هر سه سال متعلق به طبقه جنگل و در رتبه بعدی طبقه مرتع می‌باشد. نتایج تحقیق کاهش مستمر کلاس جنگل از ۶۳/۰۵ درصد در مقطع نخست به ترتیب به مقادیر ۵۷/۲۷ و ۵۷/۲۲ برای سال‌های ۲۰۱۳ و ۲۰۱۷ کاهش یافته است که شواهد تأیید کننده این موضوع افزایش مستمر کلاس‌های صخره (۸/۱۵-۹/۱۰-۱۰/۴۵) و بدون پوشش (۳/۵-۴/۴۷-۵/۰۸ درصد) می‌باشد. چالش‌های محیط‌زیستی ساخت سد مورد بررسی تأکیدی دیگر بر اهمیت انجام مطالعات تخصصی مبتنی بر دانش اکولوژی و ارتقای نوع نگرش تصمیم‌گیران به جنگل به عنوان یک زیستگاه پیچیده و شکل گرفته در مقیاس زمانی طولانی مدت می‌باشد.

کلید واژه‌ها: حوزه آبخیز سفارود، پوشش جنگلی، ماهواره لندست، طبقه بندی حداکثر احتمال

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: azizi_mandana@yahoo.com



Investigation of forest land use degradation due to dam construction using satellite images processing

Mandana Azizi^{1*}, Mohammad Panahandeh²

1- Graduated Student of Environment, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Rasht, Iran

2- Assistant Professor of Environmental Research Institute, The Academic Center for Education, Culture and Research (ACECR), Rasht, Iran

Abstract

Identify land uses and land use changes to investigate and monitor sensitive areas is essential for sustainable land planning and management. The main objective of this study is to investigate the land use changes caused by the construction of Shafarood Dam in the Hyrcanian forests in the north of Iran during a 17-year period using Landsat satellite imagery. To do this, three satellite imagery of the years 2000, 2013 and 2017 were used, and the corrections (geometric and atmospheric) were applied on the images and the map of the land use for each section in the region was prepared using the classification method of the maximum likelihood that the produced map have Kappa coefficient more than 86% and usage accuracy of 0.83. After classification, the comparison method was used to monitor the land use changes. The results revealed that in every three years, the most land cover of Shafarood watershed belongs to the forest class and in the next rank belongs to the rangeland class. As a result, the continuous decline of the forest class accrued from 63.05 percent to 57.27 and 57.22 percent in the first section for the years 2013 and 2017 respectively. The continuous increase of the rock class (8.15-9.10-10.45) and bare lands (3.5- 4.47-5.08%) confirms it in the study area. Environmental challenges of constructing the Shafaroud dam is another emphasis on the importance of conducting advanced and specialized studies based on ecological methodologies and also increasing the decision makers awareness of Hyrcanian forests complexity which has formed in a very long-time period.

Keywords: Shafarood watershed, Forest Cover, Landsat satlitte, Classification method of the maximum likelihood

* Corresponding author E-mail address: azizi_mandana@yahoo.com

مقدمه

اثرات اکولوژیک سدها می‌تواند بر اساس معیارهای مختلفی بر طبق اثرات کوتاه‌مدت و درازمدت، اثرات بر سطح منطقه و نواحی که تحت تأثیر تأسیسات سد قرار دارد و اثرات اجتماعی و مزایا و خسارات طبقه‌بندی شود (پیرستانی و شفقتی، ۱۳۸۸). با توجه به نقش منابع طبیعی در زندگی بشر، لازم است اطلاع دقیقی از چگونگی منابع طبیعی و روند تغییرات آنها به دست آید. از طرفی نظارت بر روند تغییرات و دسترسی به آمار و اطلاعات بهنگام شده، از عوامل کلیدی در برنامه‌ریزی‌ها، تصمیم‌گیری‌ها و مدیریت می‌باشد (زهتابیان و طباطبایی^۱، ۱۹۹۹). تغییر کاربری موضوعی است که ممکن است در اثر عواملی طبیعی نظیر خشکسالی، آتش‌سوزی، سیلاب، فعالیت‌های آتشفشانی و فعالیت‌های انسانی نظیر چرای دام، گسترش شهرها و اراضی کشاورزی و نحوه مدیریت منابع طبیعی ایجاد شود (اوستین^۲، ۲۰۰۴). کاربری سرزمین همواره یکی از مهم‌ترین عواملی بوده است که انسان از طریق آن محیط‌زیست خود را تحت تأثیر قرار داده است و از نظر تاریخی مهم‌ترین تغییر کاربری اراضی که انسان انجام داده است، از میان بردن جنگل‌ها و تبدیل آنها به اراضی کشاورزی و سکونتگاه‌ها بوده است (لائوچ و هرزوغ^۳، ۲۰۰۲). تغییرات در کاربری سرزمین یک حوزه آبخیز می‌تواند بر کیفیت آب و ذخایر آب تأثیر بگذارد. برای مثال، تغییرات الگوی کاربری سرزمین به دلیل توسعه آبخیز، باعث افزایش سطح رواناب، کاهش سطح تغذیه آب‌های زیرزمینی و انتقال آلاینده‌ها می‌شود (بات^۴ و همکاران، ۲۰۱۵). شناسایی، نظارت و پایش تغییرات پوشش سطح زمین یک فرایند پیچیده است (سان و ژو^۵، ۲۰۱۶). اما، آشنایی با میزان تغییرات کاربری اراضی طی گذشت زمان می‌تواند زمینه مدیریت و برنامه‌ریزی دقیق برای آینده را فراهم آورد (محمدپور و همکاران، ۱۳۹۳). در حال حاضر در جهان و به خصوص در کشورهای در حال توسعه با توجه به رشد جمعیت و نیازهای متفاوت بشر، منابع طبیعی از جمله جنگل‌ها با تخریب و نابودی روبه‌رو هستند که این عامل منجر به برهم خوردن اکوسیستم طبیعی در بلندمدت می‌شود (جوان و حسنی مقدم، ۱۳۹۶). بنابراین تهیه نقشه‌های کاربری به روز از مناطق مختلف و بررسی تغییرات صورت گرفته در خصوص کاربری و پوشش زمین در سال‌های گذشته، برای مدیران و برنامه‌ریزان مناطق جهت اتخاذ تصمیمات مدیریتی بسیار حایز اهمیت است. پایش تغییرات در سال‌های گذشته اطلاعات با ارزشی را از مکانیزم تغییرات مکانی برای تصمیم‌گیران فراهم می‌کند (شیان^۶ و همکاران، ۲۰۰۹). یکی از مهم‌ترین روش‌ها برای بررسی تغییرات کاربری‌ها، استفاده از داده‌های حاصل از سنجش از دور و GIS می‌باشد. داده‌های حاصل از تصاویر ماهواره‌ای به دلیل به‌روز بودن، امکان مقایسه آن با داده‌های گذشته و نهایتاً سهولت دسترسی آن از اهمیت به‌سزایی برخوردار است (پل، ۱۳۸۷). تاکنون، مطالعات بسیاری در دنیا به بررسی و تحلیل تغییرات در حوزه آبخیز با روش‌های مختلف پرداخته‌اند که تمامی این مطالعات استراتژی‌های مؤثر و مناسبی جهت مدیریت حوزه‌های آبخیز سراسر دنیا ارائه می‌کنند (بات و همکاران، ۲۰۱۵؛ بازگرا^۷، ۲۰۰۸؛ کارسو^۸، ۲۰۰۵؛ دایتزل^۹، ۲۰۰۵؛ گاجهیو و شارما^{۱۰}، ۲۰۱۲؛ استوارت^{۱۱} و همکاران، ۲۰۰۴؛ وانگ^{۱۲} و همکاران، ۲۰۰۴؛ هو^{۱۳} و همکاران، ۲۰۱۲؛ پارکر و مترسکی^{۱۴}، ۲۰۰۴).

در ایران نیز هادیان و همکاران (۱۳۹۲) در مطالعه‌ای تغییرات کاربری اراضی و تخریب پوشش گیاهی در محدوده سد ملاصدرا (استان فارس) را طی یک دوره ۲۴ ساله با استفاده از تصاویر ماهواره لندست بررسی کردند و سپس مشخص شد که در اثر احداث سد ملاصدرا سطح وسیعی از زمین‌های کشاورزی و مراتع از بین رفته‌اند و بیشتر زمین‌های دارای پوشش گیاهی و نیز اراضی قابل کشت به مخزن سد تبدیل شده‌اند، به طوری که ۹۹٪ درصد حجم مخزن در اثر تخریب پوشش به وجود آمده‌اند و تنها ۱٪ حجم مخزن حاصل تغییرات کاربری خاک بدون پوشش می‌باشد. در مطالعه دیگری که توسط متکان و همکاران (۱۳۸۹) انجام گرفته با استفاده از تصاویر ماهواره لندست تغییرات کاربری اراضی را در حوزه سد طالقان در یک دوره زمانی ۲۰ ساله با استفاده از ۳ تصویر لندست در زمان قبل، هم‌زمان و

1. Zehabian, & Tabatabai

2. Ustine

3. Lausch & Herzog

4. Butt

5. Sun & Zhou

6. Xian

7. Bazgeera

8. Caruso

9. Dietzel

10. Gajbhiye & Sharma

11. Stewart

12. Wang

13. Hu

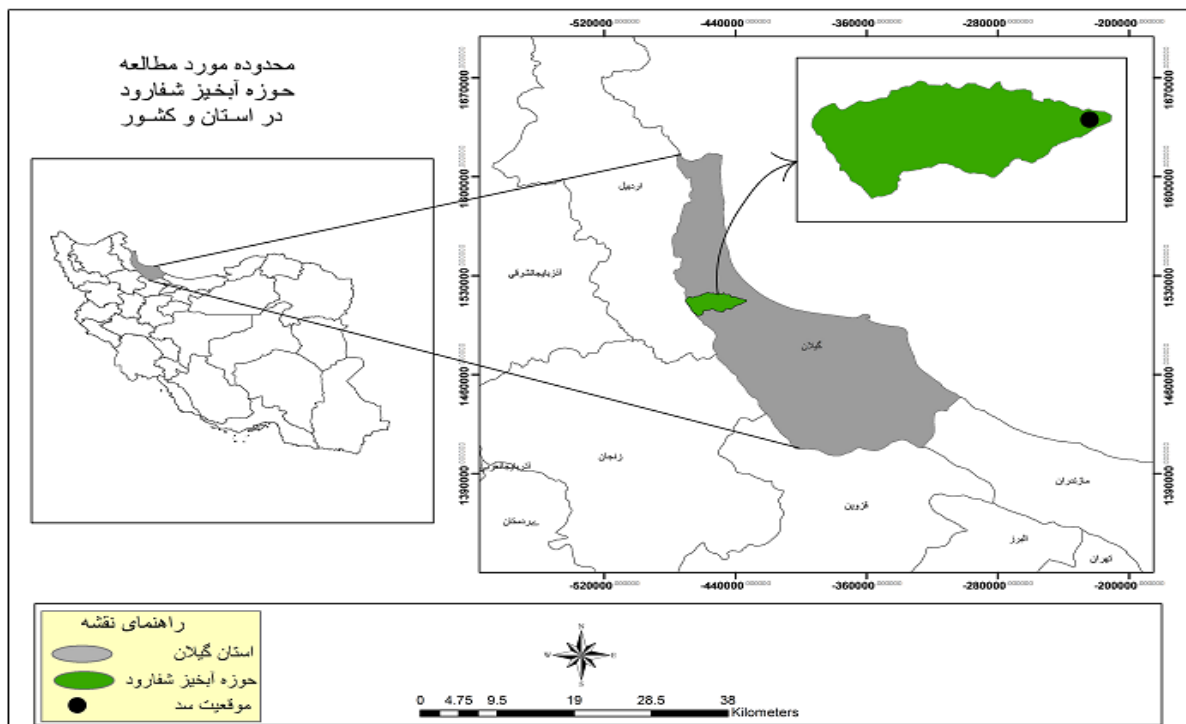
14. Parker & Meretsky

چند سال بعد از احداث بررسی کردند و نتایج آنها نشان داد که سدسازی موجب تخریب پوشش گیاهی منطقه شده است و سطح اراضی کشاورزی و دیم به دلیل مهاجرت و بازگشت مردم دارای نوسان بوده اما افزایش قابل توجهی در مناطق مسکونی به دلیل ساخت تفرجگاهها در اطراف سد نام برده ایجاد شده است. همچنین در مطالعه دیگری پرور و همکاران (۱۳۹۵) با استفاده از سه بازه زمانی با توجه به زمان احداث سد به طوری که گویای تغییرات کاربری‌های اراضی قبل و بعد احداث و آبیگری سد باشد؛ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست شناسایی و پایش تغییرات پوشش/کاربری سرزمین در حوزه آبریز سد شیرین دره را بررسی کردند و نشان دادند که وضعیت کنونی حوزه با توجه به اینکه تنها ده سال از ساخت سد می‌گذرد، دستخوش تغییرات بسیاری شده است. کاهش محسوس در سطح کاربری‌های کشاورزی و زراعت دیم و جنگل‌ها و روند تغییرات بیانگر تهدید منطقه به تخریب در آینده‌ای نه چندان دور است. بات و همکاران (۲۰۱۵) در مطالعه خود از روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال به منظور تعیین تغییرات پوشش و کاربری اراضی در حوزه آبریز سد Simly در پاکستان استفاده نمودند. پنج طبقه کاربری عمده با استفاده از تصاویر ماهواره‌های اسپات و لندست مربوط به سال‌های ۱۹۹۲ و ۲۰۱۲ تهیه شد. بررسی تغییرات پوشش و کاربری و تبدیل عمده پوشش‌های گیاهی و آبی را به کشاورزی و اراضی بایر و بدون پوشش نشان می‌دهد که این تبدیل کاربری‌ها تهدیدی جدی برای منابع حوزه آبخیز به حساب می‌آید. بررسی‌های فوق بیانگر تأثیرات جدی احداث سد بر منابع محیط زیستی بویژه پوشش‌های زمینی می‌باشد، بنابراین پیش‌بینی زود هنگام تغییرات احتمالی احداث سد‌ها بر منابع محیط زیستی پیرامونی، رویکردی فعال و مبتنی بر پیشگیری در فرایند برنامه‌ریزی محیط‌زیست می‌باشد. با در نظر گرفتن این رویکرد، هدف این تحقیق، بررسی تغییرات کاربری ناشی از احداث سد شفاورد می‌باشد که در عرصه جنگل‌های هیرکانی شمال کشور در حال انجام است. لایه تغییرات کاربری اراضی مهم‌ترین لایه اطلاعاتی در کاربرد روش‌های شبیه‌سازی تغییرات می‌باشد که با تلفیق آن با عوامل محرک تغییر، می‌توان جهت‌گیری آتی پوشش‌های منطقه را تجزیه و تحلیل نمود.

مواد و روش‌ها

- منطقه مورد مطالعه

حوزه شفاورد در طول جغرافیایی $30^{\circ}46'48''$ الی $41^{\circ}48'48''$ شرقی و $30^{\circ}25'37''$ الی $34^{\circ}34'37''$ عرض شمالی قرار گرفته است. حوزه شفاورد با مساحتی معادل ۳۹۴ کیلومتر مربع در غرب استان گیلان بین شهرستان‌های رضوانشهر و پره‌سر و شرق ارتفاعات تالش قرار گرفته است (شکل ۱). این حوزه از سمت شمال به حوزه رودخانه پیلمبرا، از شرق به دریای خزر، از جنوب و جنوب غرب به حوزه چاف رود، از سمت غرب به حوزه آبریز شاهرود در استان اردبیل محدود می‌گردد. حوزه موردنظر در دو دهستان خوشابر و ارده واقع شده است. این حوزه جزء واحد مورفوتکتونیک البرز- تالش است. حوزه‌های منطقه تالش عموماً کشیدگی غربی- شرقی دارند و حوزه شفاورد نیز چنین وضعیتی دارد. حداکثر ارتفاع آن ۲۹۰۳ متر و حداقل آن ۶۰ متر است. این حوزه براساس تقسیم‌بندی سازمان جنگل‌ها و مراتع، به‌عنوان حوزه شفاورد نامگذاری گردیده است. این حوزه دارای اقلیم مرطوب با بارندگی سالیانه ۱۴۳۱/۷۶ میلی‌متر بوده و دارای رژیم پرآبی پاییزه است. بالای ۷۰٪ از مساحت حوزه پوشیده از جنگل و مرتع بوده و مابقی زمین‌های زراعی و آبادی می‌باشد. پوشش جنگلی از ارتفاع ۱۰۰ متری شروع شده و تا ارتفاع ۲۷۰۰ متری گسترش می‌یابد و از گونه‌های فراوانی مانند افرا، بلوط، ممرز، آزاد، راش تشکیل شد که برخی از گونه‌ها مثل راش در سطح دنیا بی‌نظیر و منحصر به فرد می‌باشد. با تلاش وزارت نیرو عملیات اجرایی ساخت بدنه سد مخزنی شفاورد با استفاده از تسهیلات بین‌المللی فاینانس خارجی از نیمه دوم سال ۹۲ آغاز شد. سد مخزنی شفاورد با هدف تأمین آب شرب شهرستان‌های رضوانشهر و پره‌سر به میزان ۷/۵ میلیون متر مکعب در سال ۲- تأمین آب کشاورزی قریب ۱۰۸۳۰ هکتار از اراضی منطقه طرح (۶۹۰۰ هکتار اراضی بهبود و ۳۹۳۰ هکتار اراضی توسعه) به میزان ۹۸ میلیون متر مکعب در سال ۳- تأمین آب صنعتی (صنایع چوکا) به میزان ۱۲ میلیون متر مکعب در سال ۴- تولید انرژی برق آبی (دو واحد نیروگاهی هرکدام به توان ۳/۸ مگاوات ساعت) ۵- کنترل سیلاب‌های فصلی ۶- توسعه آبی‌پروری ایجاد شد. سابقه مطالعاتی- اجرایی طرح در قالب توسعه منابع آب از سال ۱۳۵۳ آغاز شده است و مطالعات فاز ۱ و ۲ به ترتیب در سال ۱۳۶۰ و ۱۳۶۹ و مطالعات فاز سوم با شروع عملیات اجرایی انجام شد. پیشرفت فیزیکی طرح تا دی ماه سال ۹۷ به میزان ۴۰٪ می‌باشد (شرکت آب منطقه‌ای گیلان، ۱۳۹۳).



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه

داده‌های مورد استفاده

در این تحقیق از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۷ (ETM+) به تاریخ 13 MAY سال 2000 و لندست ۸ (OLI) به تاریخ 25 MAY سال 2013 و 20 MAY سال 2017، استفاده شده است. در انتخاب تصاویر، فصل اوج رشد پوشش گیاهی، نبود ابر و یکسان بودن ماه برداشت در سه سال مختلف مورد توجه قرار گرفت. با توجه به هدف این تحقیق که بررسی روند تغییرات ساختاری همگام با احداث سد است، به دلیل اینکه شروع عملیات اجرایی ساخت بدنه سد و قطع درختان در نیمه دوم سال ۱۳۹۲ انجام گرفته است، مقطع زمانی دوم با فاصله کمی قبل از شروع عملیات در نیمه اول سال ۱۳۹۲ انتخاب شده است.

روش تحقیق

پس از تهیه تصاویر ماهواره‌ای برای منطقه مورد مطالعه از نرم‌افزار ENVI 5.1 به منظور آماده‌سازی داده‌ها و پردازش اطلاعات استفاده شده است. قبل از تجزیه و تحلیل اطلاعات ماهواره‌ای لازم است، تصحیحاتی بر روی تصاویر خام صورت گیرد (عبدلهی، ۱۳۹۶). مرحله پیش‌پردازش داده‌ها شامل دو مرحله کلی، تصحیحات رادیومتریک و تصحیحات هندسی است. به منظور استخراج اطلاعات مفید، عملیات تطابق هندسی برای تصویر ۲۰۱۷ با ۱۵ نقطه با پراکنش مناسب روی نرم‌افزار Google Earth گرفته شد و با معادله درجه اول و عمل نمونه‌گیری مجدد با استفاده از روش نزدیک‌ترین همسایه^{۱۵} (NN) اقدام به کنترل تصحیح مکانی تصویر شد. در مرحله بعد، دو تصویر بعدی با تصویر مبنا مورد مطابقت قرار گرفتند. در گام بعدی تصحیح طیفی تصاویر به منظور بارز ساختن پدیده‌ها و حذف تاثیرات نامطلوب نور و اتمسفر با استفاده از الگوریتم FLAASH صورت گرفت. پس از اعمال تصحیح اتمسفریک، وضوح تصویر به میزان قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد. سپس ترکیب رنگی کاذب ۲-۳-۴ برای سال‌های موردنظر ایجاد و طبقه‌بندی حداکثر^{۱۶} احتمال انجام شد. با توجه به هدف تحقیق و نوع پوشش‌های موجود در منطقه، بررسی مطالعات قبلی و استفاده از نقشه‌های موجود شش طبقه شامل پوشش جنگل، مرتع، مناطق بدون پوشش، مناطق صخره‌ای، مناطق آبی و کشاورزی مورد شناسایی و طبقه‌بندی قرار گرفت جدول (۱). به منظور بررسی دقت طبقه‌بندی تصویرها، با استفاده از نمونه‌های آزمایشی، نسبت به محاسبه صحت با استفاده از ماتریس خطا و محاسبه

¹⁵. Nearest neighbor

¹⁶. Maximum likelihood

پارامترهای آماری صحت کل و ضریب کاپا اقدام شد که نتایج مربوط به آن در جدول ۲ آورده شده است. سپس، فیلتر حداکثر برای به دست آوردن تصویر یکنواخت و حذف پیکسل‌های پراکنده بر تصویرهای حاصل از طبقه‌بندی اعمال شد.

جدول ۱- مفاهیم طبقات پوشش/کاربری اراضی در این پژوهش

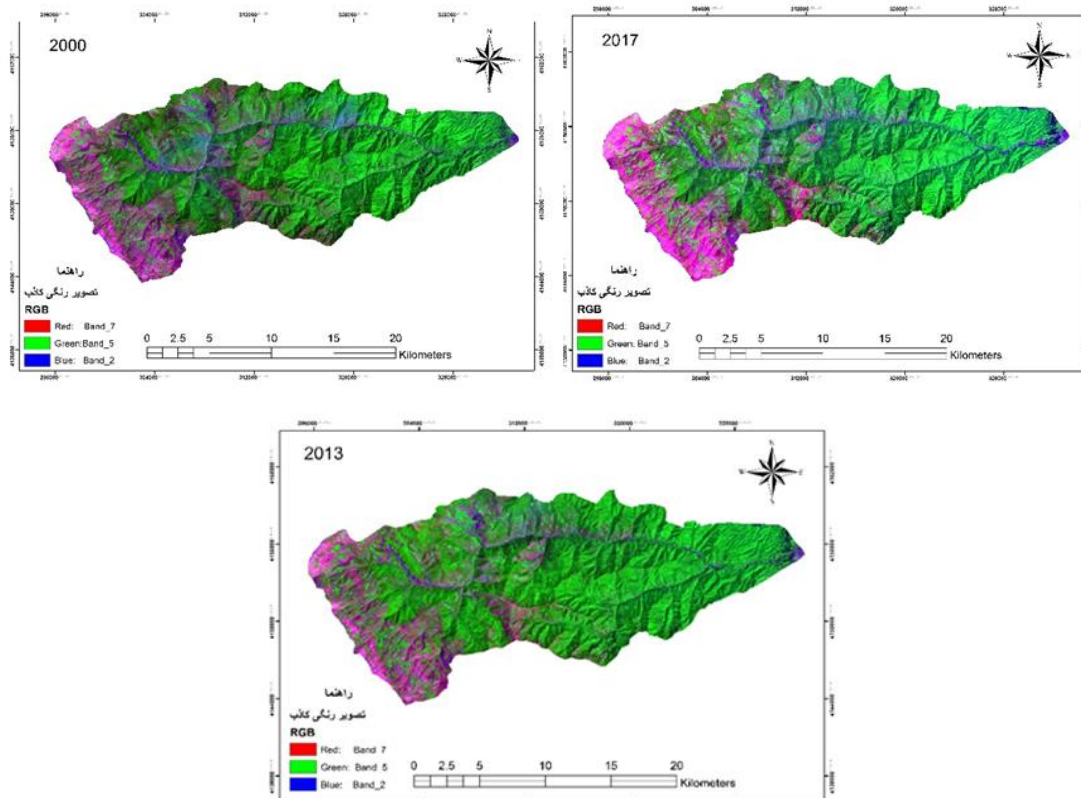
طبقه سرزمین	جزئیات
جنگل	جنگل‌های متراکم و کم تراکم
مرتع	مراتع غنی، ضعیف، بوته ای، علفی و مخلوط
پیکره آب	رودخانه
صخره	مناطق با رخنمون‌های سنگی
بدون پوشش	مناطق انسان ساخت، اراضی بایر و مناطق خاکی و رسوبات رودخانه ای بدون پوشش
کشاورزی	کشتزارها، باغات و دیمزارها

یافته‌های پژوهش

نقشه پوشش/ کاربری سرزمین با طبقه‌بندی نظارت شده به روش حداکثر احتمال تهیه شد که نتایج به دست آمده از طبقه‌بندی‌ها در شکل‌های (۳، ۴ و ۵) ارائه شده است و جهت افزایش اعتبار و درستی نقشه‌ها مورد ارزیابی صحت قرار گرفت که مبین هم‌خوانی نقشه تولید شده با واقعیت زمینی است. نتایج تصاویر کاذب رنگی سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۳ و ۲۰۱۷ به منظور تهیه دید کلی از محدوده مورد مطالعه در شکل (۲) نشان داده شده است. پس از انجام پیش پردازش‌ها و اصلاحات اولیه بر روی تصاویر، برای آشکارسازی و تعیین دقیق میزان تغییرات کاربری حوزه سفارود طی دوره مطالعه، پس از تهیه نقشه‌های کاربری/ پوشش اراضی برای هر سال، مساحت مربوط به هر کاربری در هر سال در نرم‌افزار Arc GIS 10/3 محاسبه شد. جدول (۳) مساحت هر طبقه در سه سال مورد بررسی را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج به دست آمده از نقشه‌های کاربری اراضی بیش‌ترین پوشش اراضی حوزه سفارود در هر سه سال متعلق به طبقه جنگل می‌باشد و در رتبه بعدی طبقه مرتع در منطقه به ترتیب با ۹۱۷۶/۱۱، ۹۲۴۰/۶۶ و ۸۸۶۷/۴۳ در سال‌های ۲۰۱۷، ۲۰۱۳ و ۲۰۰۰ بیش‌ترین مساحت این حوزه را پوشش می‌دهد. درصد تغییرات کاربری‌ها نیز نشان‌دهنده کاهش پوشش جنگلی و آب و افزایش مرتع، مناطق صخره‌ای، بدون پوشش و کشاورزی طی دوره اول بوده است. بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۳ بیش‌ترین کاهش در پوشش اراضی مربوط به جنگل و بیش‌ترین افزایش مربوط به کاربری کشاورزی است. اما طی دوره دوم (۲۰۱۳-۲۰۱۷) همزمان با احداث سد، مناطق صخره و بدون پوشش به دلیل پاک‌تراشی جنگل‌ها و ایجاد تأسیسات سد افزایش و بقیه کاهش یافته‌اند که بیش‌ترین کاهش مربوط به کشاورزی و بیش‌ترین افزایش مربوط به مناطق صخره‌ای بوده است. به طور کلی از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۷ به جز پوشش جنگل و پهنه آبی همه کاربری‌ها افزایش یافته‌اند که بیش‌ترین افزایش را پوشش صخره‌ای به سبب رانش زمین به خود اختصاص داده و بعد از آن به ترتیب کاربری بدون پوشش، مرتع و کشاورزی روندی افزایشی را نشان می‌دهند (جدول ۴).

جدول ۲- نتایج کلی دقت طبقه‌بندی

تصویر	صحت کلی %	ضریب کاپا
ETM+ 2000	89.39	0.87
OLI 2013	86.89	0.83
OLI 2017	88.52	0.85



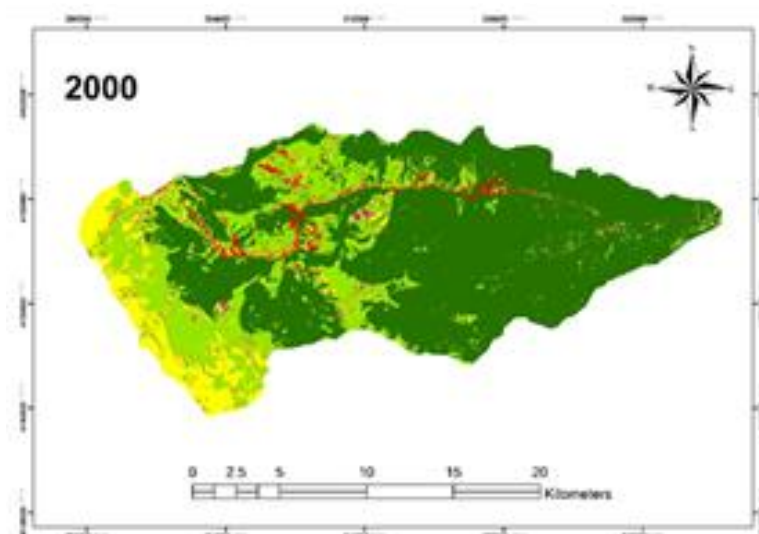
شکل ۲- تصویر کاذب رنگی تولیدی برای سال‌های ۲۰۱۷ و ۲۰۱۳، ۲۰۰۰ (R=7, G=5, B=2)

جدول ۳- مساحت کاربری‌های منطقه از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۷

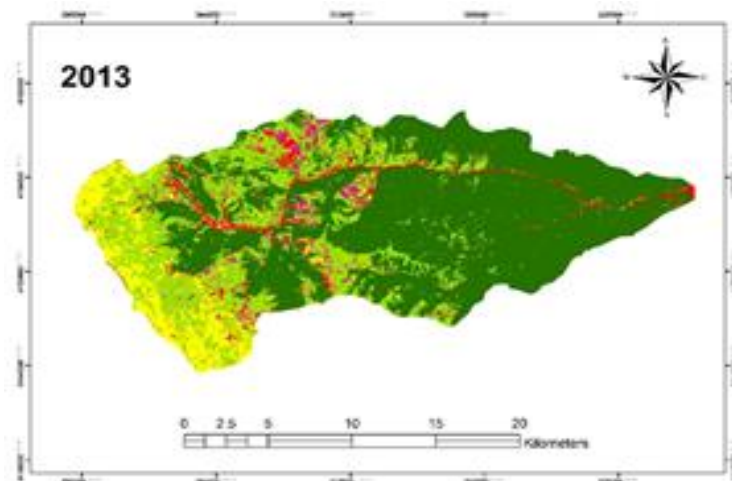
سال کاربری	۲۰۰۰	درصد کاربری سال ۲۰۰۰	۲۰۱۳	درصد کاربری سال ۲۰۱۳	۲۰۱۷	درصد کاربری سال ۲۰۱۷
جنگل	۲۲۱۷۰/۷۹	۶۳/۰۵	۲۰۱۴۷/۵۱	۵۷/۲۷	۲۰۱۳۲/۳۳	۵۷/۲۲
مرتع	۸۸۶۷/۴۳	۲۵/۲۱	۹۲۴۰/۶۶	۲۶/۲۶	۹۱۷۶/۱۱	۲۶/۰۸
پیکره آب	۵۰/۷۶	۰/۰۹	۷/۹۹	۰/۰۲	۳/۸۵	۰/۰۱
صخره	۲۸۶۸/۹۹	۸/۱۵	۳۱۷۱/۸۵	۹/۰۲	۳۶۷۵/۰۲	۱۰/۴۵
بدون پوشش	۱۰۷۲/۶۲	۳/۰۵	۱۵۷۱/۸۸	۴/۴۷	۱۷۸۴/۸۴	۵/۰۸
کشاورزی	۱۵۰/۸۹	۰/۴۵	۱۰۴۰/۱۸	۲/۹۶	۴۰۹۰/۰۳	۱/۱۶

جدول ۴- تغییرات مساحت کاربری‌ها در دوره‌های مورد مطالعه

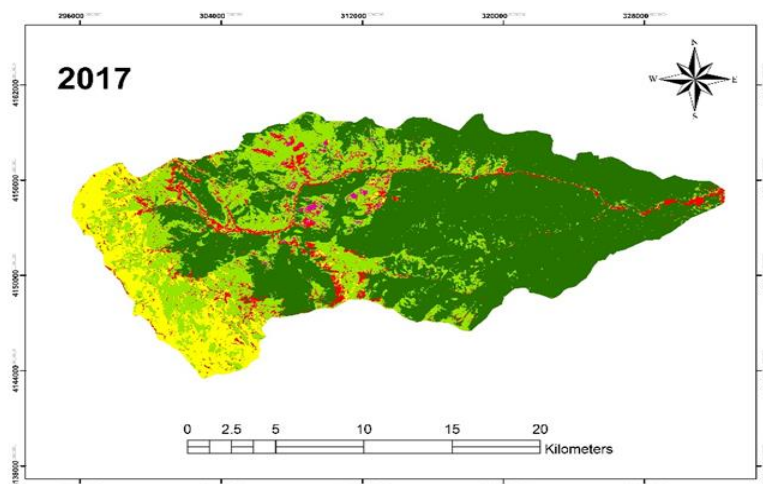
سال	۲۰۱۳-۲۰۰۰		۲۰۱۷-۲۰۱۳		۲۰۱۷-۲۰۰۰	
	مساحت(هکتار)	مساحت(درصد)	مساحت(هکتار)	مساحت(درصد)	مساحت(هکتار)	مساحت(درصد)
جنگل	-۲۰۲۳/۲۷۲۵	-۵/۷۸	-۱۵/۱۸۷۵	-۰/۰۵	-۲۰۳۸/۴۶	-۵/۸۳
مرتع	+۳۷۳/۲۳	+۱/۰۵	-۶۴/۵۵۲۵	-۰/۱۸	+۳۰۸/۶۷۷۵	+۰/۸۷
پیکره آبی	-۴۲/۷۷۲۵	-۰/۰۷	-۴/۱۴	-۰/۰۱	-۴۶/۹۱۲۵	-۰/۰۸
صخره	+۳۰۲/۸۵	+۰/۸۷	+۵۰۳/۱۶۷۵	+۱/۴۳	+۸۰۶/۰۱۷۵	+۲/۳
بدون پوشش	+۴۹۹/۲۵۲۵	+۱/۴۲	+۲۱۲/۹۶۲۵	+۰/۶۱	+۷۱۲/۲۱۵	+۲/۰۳
کشاورزی	+۸۸۹/۲۹	+۲/۵۱	-۶۳۱/۱۴۷۵	-۱/۸	+۲۵۸/۱۴۲۵	+۰/۷۱



شکل ۳- نقشه کاربری/پوشش اراضی برای سال ۲۰۰۰



شکل ۴- نقشه کاربری/پوشش اراضی برای سال ۲۰۱۳



شکل ۵- نقشه کاربری/پوشش اراضی برای سال ۲۰۱۷

بحث و نتیجه‌گیری

یکی از مهم‌ترین و محسوس‌ترین اثراتی که سدها بر طبیعت می‌گذارند، تغییر در نوع کاربری زمین‌های اطراف آن می‌باشد. آشکارسازی و تجزیه و تحلیل تغییرات پوشش / کاربری اراضی مبنای شناخت مسائل و مشکلات محیط‌زیست می‌باشد. در میان تغییرات مختلف سرزمین، این مطالعه بیشتر بر تغییرات پوشش جنگلی متمرکز شده است. پوشش جنگلی یکی از مهم‌ترین اجزای پوشش زمین به شمار می‌آید و یکی از عوامل مؤثر در نفوذ آب به زمین و جلوگیری از سیل‌های مخرب به شمار می‌رود، بنابراین در مدیریت مناطق مختلف، پایش تغییرات پوشش گیاهی از اهمیت بسیاری برخوردار است. با توجه به اینکه اجرای سامانه تونل انحراف آب از سال ۱۳۷۵ آغاز شده تصویر اول مربوط به سال ۱۳۷۹ (۲۰۰۰ میلادی) و تصویر بعدی مربوط به سال ۱۳۹۲ (۲۰۱۳ میلادی) فعالیت اجرایی بدنه سد و قطع درختان در محدوده بلافاصله سد است و تصویر آخر مربوط به ۱۳۹۶ می‌باشد. بنابراین شروع فعالیت سدسازی در خلال مطالعه اتفاق افتاده است. بررسی جدول تغییر کاربری‌ها در محدوده مورد بررسی بیانگر کاهش مستمر کلاس جنگل در طی مقاطع زمانی مورد بررسی می‌باشد. به طوری که از مقدار ۶۳/۰۵ درصد در مقطع نخست به ترتیب به مقادیر ۵۷/۲۷ و ۵۷/۲۲ برای سال‌های ۲۰۱۳ و ۲۰۱۷ کاهش یافته است. روند عمومی کاهش کلاس جنگل در محدوده مورد بررسی بیانگر آن است که این کلاس پوشش در معرض تغییرات ناشی از عوامل طبیعی و انسانی بوده است. شواهد تایید کننده این موضوع افزایش مستمر کلاس‌های صخره (۸۰۱۵-۹۰۱۰-۱۰۴۵) و بدون پوشش (۳۰۵-۴۰۸-۵/۰۸) درصد) می‌باشد. این نتایج تایید کننده کارهای انجام شده توسط هادیان و همکاران (۱۳۹۲) و متکیان و همکاران (۱۳۸۹) و پرور و همکاران (۱۳۹۵) می‌باشد که احداث سدها باعث تغییرات گسترده در پوشش زمینی می‌شوند. نکته حایز اهمیت در این بررسی آن است که کاهش کلاس جنگل در مقطع زمانی کوتاه مدت ۲۰۱۳-۲۰۱۷ نیز در مقیاس تصویر مورد استفاده قابل تشخیص می‌باشد که تطابق آن با سطح برداشت شده سد برای فعالیت‌های آماده‌سازی و ساختمانی بیانگر تبدیل کلاس جنگل به سطوح بدون پوشش می‌باشد. این در حالیست که هنوز ساختمان سد و نیازمندی‌های آن مانند دسترسی‌ها و کلیه تأسیسات سد کامل نشده است که در صورت انجام آنها روند کاهش سطوح جنگلی بلافاصله بیشتر خواهد شد. همچنین قابل پیش‌بینی است که اثر القایی توسعه سد در مرحله بهره‌برداری با شدت بیشتری کلاس جنگل را تخریب خواهد کرد. فرخزاده و رستم‌زاده (۱۳۸۶) بیان می‌کنند که احداث سد آثار مستقیم و غیرمستقیم زیان‌باری بر مناطق اطراف خود خواهد داشت. نتایج این تحقیق نیز تأییدی بر نتایج نامبردگان است. براساس نقشه‌های پوشش/کاربری اراضی، محل احداث این سد در میان جنگل‌های خزان کننده هیرکانی بوده که در حالت اوج توالی خود قرار دارند، و با توجه به تغییر اقلیم و افزایش بیابان‌زایی در منطقه، تخریب و بروز توالی ثانویه در آن‌ها منجر به ایجاد آثار برگشت‌ناپذیر در این اکوسیستم ارزشمند خواهد شد.

چالش‌های محیط‌زیستی ساخت سد مورد بررسی تأکیدی بر اهمیت انجام مطالعات تخصصی مبتنی بر دانش اکولوژی و رهیافت‌های زیستگاهی در مکان‌هایی مانند مکان ساخت سد شفارود و ارتقای نوع نگرش تصمیم‌گیران به جنگل از یک سطح مکانی صرفاً دارای درخت به سطح یک فضای زیستگاهی پیچیده و شکل گرفته در مقیاس زمانی بسیار بلندمدت می‌باشد. توجه به این که تغییرات در کاربری اراضی می‌بایست به تدریج و بر مبنای توجیهات منطقی صورت بگیرد، ضرورت استفاده از تکنیک‌های ارزیابی و آمایش سرزمین، در مورد تغییر کاربری اراضی به خوبی آشکار می‌گردد، لذا لازم است که کار تحلیل کاربری اراضی موجود با ابزارهای به روز مانند اکولوژی سیمای سرزمین انجام شود تا تغییرات در کاربری‌ها نمایان و از بروز عدم تناسب میان کاربری‌ها جلوگیری گردد.

منابع

- پرور، زهرا؛ شایسته، کامران؛ بهزادفر، مرتضی (۱۳۹۵). پایش تغییرات ناشی از احداث سد شیرین دره بر پوشش و کاربری اراضی پایین دست حوزه آبخیز. فصلنامه پژوهش‌های محیط زیست، ۷(۱۴)، ۱۹۱-۲۰۲.
- پل، ماطر (۱۳۸۷). پردازش تصاویر ماهواره‌ای. محمد نجفی دیسفانی. تهران. انتشارات سمت
- پیرستانی، محمدرضا و شفقتی، مهدی (۱۳۸۸). بررسی آثار زیست محیطی احداث سد. فصلنامه پژوهشی جغرافیای انسانی، ۱(۳)، ۳۹-۵۰
- جوان، فرهاد؛ حسنی مقدم، حسن (۱۳۹۶). آشکارسازی میزان تخریب جنگل‌های هیرکانی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و الگوریتم ماشین بردار پشتیبان (مورد مطالعه: شهرستان رضوانشهر). فصلنامه استرانی راهبردی جنگل، ۲(۵)، ۱-۱۱
- عبداللهی، جلال؛ چراغی، سیدمحمدعلی؛ رحیمیان، محمدحسن (۱۳۹۶). مقایسه آثار زیست محیطی تغییر کاربری اراضی بر تغییر پوشش گیاهی و دمای سطحی در مناطق شهری و غیرشهری با به کارگیری سنجش از دور. فصلنامه محیط‌شناسی، ۳۴(۴۵): ۸۵-۹۶

- فرج‌زاده، منوچهر و رستم‌زاده، هاشم (۱۳۸۶). ارزیابی اثر سدهای بزرگ در تغییر کاربری اراضی با استفاده از سنجش از دور و GIS. سد ستارخان اهر. فصلنامه مدرس علوم انسانی، ۱۱(۱)، ۴۷-۶۶
- متکیان، علی‌اکبر؛ سعیدی، خاطره؛ شکیبیا، علیرضا؛ حسینی اصل، امین (۱۳۸۹). ارزیابی تغییرات پوشش اراضی در ارتباط با سد طالقان با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۰(۱۳)، ۴۵-۶۴
- محمدپور، مهدی؛ عبدی، ناصر؛ المدرسی، سیدعلی (۱۳۹۳). آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای و متریک‌های سیمای سرزمین: مطالعه موردی شهر ارومیه. نخستین همایش ملی کاربرد مدل‌های پیشرفته تحلیل فضایی سنجش از دور و GIS در آمایش سرزمین، (صص ۱-۱۷). یزد: دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد
- هادیان، فاطمه؛ جعفری، رضا؛ بشری، حسین؛ رضانی، نفیسه (۱۳۹۲). بررسی آثار سد حنا بر تغییرات سطح کشت و کاربری اراضی. مجله اکولوژی کاربردی، ۴(۲)، ۱۱۳-۱۰۱.
10. Bazgeera, S ; Sharma, P.K ; Maheya, R.K.; Hundala, S.S. & Sood, A. (2008). Assessment of land use changes using remote sensing and GIS and their implications on climatic variability for Balachaur watershed in Punjab, India. *Desert* 12: 139-147.
11. Butt, A.; Shabbir, R.; Saeed Ahmad, S. & Aziz, N. 2015. Land use change mapping and analysis using Remote Sensing and GIS: A case study of Simly watershed, Islamabad, Pakistan. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 18: 251-259
12. Caruso, G.; Rounsevell, M.D.A. & Cojaccarus, G. 2005. Exploring a spatiodynamic neighborhood-based model of residential behavior in the Brussels peri-urban area. *Int. J. Geograph. Inf. Sci.* 19: 103-123.
13. Dietzel, C.; Herold, M.; Hemphill, J.J. & Clarke, K.C. 2005. Spatialtemporal dynamics in Californias central Valley: empirical links to urban theory. *Int. J. Geograph. Inf. Sci.* 19: 175-195.
14. Gajbhiye, S. & Sharma, S.K. 2012. Land use and land cover change detection of Indra river watershed through remote sensing using multi-temporal satellite data. *Int. J. Geomatics Geosci.* 3: 89-96.
15. Hu, H.B.; Liu, H.Y.; Hao, J.F. & An, J. 2012. Analysis of land use change characteristics based on remote sensing and GIS in the Jiuxiang river watershed. *Int. J. Smart Sens. Intell. Syst.* 5: 811-823.
16. Lausch, A., Herzog, f. 2002. Applicability of Landscape Metrics for the Monitoring of Landscape Change: Issues of Scale, Resolution and Interpretability. *Journal of Ecological Indicators*. Vol, 2. No, 1. Pp: 3-15.
17. Parker, D. & Meretsky, V. 2004. Measuring pattern outcomes in an agent-based model of edge-effect externalities using spatial metrics. *Agric. Ecosyst. Environ.* 101: 233-250.
18. Sun, B. & Zhou, Q. 2016. Expressing the spatio-temporal pattern of farmland change in arid lands using landscape metrics. *Arid Environments*. 124:118-127.
19. Stewart, T.J.; Janssen, R. & Van Herwijnen, M. 2004. A genetic algorithm approach to multiobjective land use planning. *Comput. Oper. Res.* 31: 2293-2313.
20. Ustine. S. L., 2004 , *Remote Sensing for Natural Resource Management and Environmental Monitoring*. 3rd Ed, Vol. 4, 522p. John wiley & sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
21. Wang, X.; Yu, S. & Huang, G.H. 2004. Land allocation based on integrated GIS-optimization modeling at a watershed level. *Landscape Urban Plann.* 66: 61-74.
22. Xian, G., Homer, C., Fry, J., 2009. Updating the 2001 National Land Cover Data base land cover classification to 2006 by using Landsat imagery change detection methods. *Remote Sensing of Environment*, 113: 1133-1147.
23. Zehtabian, Gh., & Tabatabai, M. R. 1999. The Study process of desertification using satellite images and Geographical Information System. *Journal Desert*, 4(2): 57-67.



مقایسه روش‌های طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان و شبکه عصبی مصنوعی در تهیه نقشه کاربری اراضی (مطالعه موردی: پارک ملی بوجاق)

مهسا عبدلی لاکتاسرای،^۱ مریم حقیقی خمایی^{۲*}

۱- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی

گرگان، گلستان

۲- عضو هیئت علمی گروه پژوهشی محیط زیست طبیعی، پژوهشکده محیط زیست جهاد دانشگاهی، رشت، گیلان

چکیده

پارک‌های ملی و پناهگاه‌های حیات وحش از مهم‌ترین سرمایه‌های اکولوژیکی به شمار می‌روند. از این رو اطلاع از تغییرات کمی و کیفی کاربری اراضی آن‌ها نقش اساسی در کیفیت مدیریت این مناطق دارد. الگوریتم‌های متنوعی برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای در سنجش‌ازدور توسعه یافته‌اند، انتخاب الگوریتم مناسب طبقه‌بندی در دستیابی به نتایج صحیح نقش بسیار مهمی را ایفا می‌کند. در این تحقیق با مقایسه صحت طبقه‌بندی دو الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی و ماشین بردار پشتیبان، الگوریتم دقیق‌تر تعیین و از آن برای بررسی روند تغییرات کاربری اراضی استفاده شد. تحقیق حاضر در پارک ملی بوجاق واقع در استان گیلان طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۷ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ETM⁺ و OLI لندست ۷ و ۸ انجام گرفت. نتایج نشان داد که الگوریتم ماشین بردار پشتیبان به ترتیب با دقت کل و ضریب کاپا، ۸۶/۴۲ و ۰/۸۳ برای سال ۲۰۰۰ و ۹۰/۶۵ و ۰/۸۸ برای سال ۲۰۱۷، در مقایسه با الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی به ترتیب با دقت کل و ضریب کاپا، ۸۳/۷۱ و ۰/۸۰ برای سال ۲۰۰۰ و دقت کل و ضریب کاپا، ۸۹/۲۵ و ۰/۸۷ برای سال ۲۰۱۷، تصاویر ماهواره‌ای را بهتر طبقه‌بندی کرده است؛ بنابراین، از نقشه‌های کاربری اراضی حاصل از الگوریتم ماشین بردار پشتیبان جهت بررسی تغییرات کاربری استفاده شد. بررسی روند تغییرات کاربری اراضی با این روش مشخص کرد که در طی دوره بررسی شده، مساحت کاربری‌های پیکره آبی، دریا، پوشش غلفی و کشاورزی کاهش یافته است در حالی که کلاس کاربری‌های باتلاقی، درختی و بدون پوشش افزایش یافته است.

کلیدواژه‌ها: سنجش‌ازدور، کاربری اراضی، ماشین بردار پشتیبان، شبکه عصبی مصنوعی، طبقه‌بندی، پارک ملی بوجاق

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: maria_haghyghy@yahoo.com



Comparison of support vector machine and artificial neural network classification methods to produce landuse maps (Case study: Bojagh National Park)

Mahsa Abdoli Laktasaraei¹, Maryam Haghighi^{2*}

1- PhD Student of Environmental Sciences and Engineering, Faculty of Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

2- Faculty Member of Environmental Research Institute, The Academic Center for Education, Culture and Research (ACECR), Gilan, Iran.

Abstract

National parks and wildlife shelter are the most important natural heritages; therefore, knowing of quantitative and qualitative changes in their land use plays an essential role in the quality of these areas' management. various algorithms have been developed to classify satellite imagery in remote sensing, selecting an appropriate classification algorithm is very important in achieving the accurate results. In this research, a more accurate algorithm was determined by comparing the classification accuracy of two artificial neural network and support vector machine algorithms, and it was used to examine the process of the land use changes. The present study was performed in Boujagh National Park, in the Guilan Province, during the years 2000 to 2017, using satellite imagery ETM and OLI of Landsat 7 and 8. The results of the research revealed that the support vector machine algorithm with overall accuracy and Kappa coefficient of 86.42 and 0.83 respectively for the year 2000 and, 90.65 and 0.88 for the year 2017, classified the satellite images more precisely, in comparison with the artificial neural network algorithm with overall accuracy and Kappa coefficient of 83.71 and 0.80 respectively for the year 2000 and overall accuracy and Kappa coefficient of 89.25 and 0.87 for the year 2017. Therefore, the land use maps of the support vector machine algorithm were used to determine the land use changes. The study of land use change by this method concluded that the areas of the waterbody, sea, grassland and agriculture have decreased and marshland, woody and bare lands classes showed an increase during the study period.

Keywords: Remote sensing, Land use, Support vector machine, Artificial Neural Network, Classification, Bojagh national park

* Corresponding author E-mail address: maria_haghyghy@yahoo.com

مقدمه

پوشش زمین به هر نوع پوشش فیزیکی و بیولوژیکی موجود در سطح زمین شامل آب، پوشش گیاهی، زمین بایر، تالاب‌ها، یخ و برف و همچنین ساخت‌وسازهای مصنوعی اطلاق می‌شود (کان^۱ و همکاران، ۲۰۱۴). کاربری زمین یکی از مهم‌ترین عواملی است که انسان از طریق آن محیط‌زیست را تحت تأثیر قرار می‌دهد (لاوس و هرتسوک^۲، ۲۰۰۲). آگاهی از انواع پوشش سطح زمین و فعالیت‌های انسانی در قسمت‌های مختلف آن و به بیان دیگر، نحوه استفاده از زمین، به‌عنوان اطلاعات پایه برای برنامه‌ریزی‌های مختلف از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. نقشه‌های پوشش اراضی حاصل از تصاویر ماهواره‌ای نقش مهمی در ارزیابی‌های منطقه‌ای و ملی ایفا می‌کنند (نرن^۳ و همکاران، ۲۰۰۹). تصاویر ماهواره‌ای لندست به‌دلیل رزولوشن مکانی نسبتاً خوب و رایگان بودن داده‌ها، دارای کاربرد گسترده، در مطالعات سنجش‌ازدور می‌باشند (جین^۴ و همکاران، ۲۰۱۳). یکی از رویکردهای عمده برای به دست آوردن اطلاعات از تصاویر سنجش‌ازدور، طبقه‌بندی است. روش‌های متعدد طبقه‌بندی برای پردازش تصاویر وجود دارد، اکثر رویکردهای سنجش‌ازدور بر اساس تکنیک‌های تشخیص الگوی کلاسیک مثل طبقه‌بندی‌های حداکثر احتمال، نزدیک‌ترین همسایه یا ترکیبی از حداکثر احتمال و خوشه‌بندی است (جنسن^۵، ۲۰۰۰)؛ عموماً روش‌های طبقه‌بندی به دو روش پارامتریک و نا پارامتریک تقسیم می‌شود که از روش‌های نا پارامتریک، روش‌های ماشین بردار پشتیبان^۶ و شبکه عصبی مصنوعی^۷ را می‌توان نام برد این روش‌ها از ویژگی‌های آماری داده‌ها استفاده نمی‌کنند و جزو تکنیک‌های طبقه‌بندی قرار گرفته‌اند. تئوری ماشین بردار پشتیبان توسط "واپتیک و همکاران" پیشنهاد شد و در سال ۲۰۰۰ جزئیات آن مورد بررسی قرار گرفت (سری و استاوا^۸ و همکاران، ۲۰۱۲). روش ماشین بردار پشتیبان با توجه به نتایج مطلوبی که در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای داشته است، با بهترین روش‌های طبقه‌بندی موجود، مانند شبکه‌های عصبی، طبقه‌بندی درختی و ... امکان رقابت دارد (آرخی و ادیب‌نژاد، ۱۳۹۰). تاکنون تحقیقات و مطالعات گوناگونی در داخل و خارج از کشور به مقایسه الگوریتم‌های مورد استفاده برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای پرداخته‌اند. برای نمونه هوانگ^۹ و همکاران (۲۰۰۲)، دقت حاصل از به‌کارگیری الگوریتم ماشین‌های بردار پشتیبان را با سه الگوریتم طبقه‌بندی شبکه‌های عصبی مصنوعی (NNC)، حداکثر احتمال و ساختار درخت تصمیم‌گیری مقایسه کردند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که الگوریتم ماشین‌های بردار پشتیبان، در مقایسه با سه الگوریتم دیگر، دقت بالاتری دارد. در تحقیقی دیگر گوا^{۱۰} و همکاران (۲۰۱۲) برای استخراج کاربری اراضی شهر ووهان چین به مقایسه بین دو طبقه‌بندی شبکه عصبی و ماشین بردار پشتیبان بر روی تصاویر ETM⁺ پرداختند و نتیجه گرفتند که هر دو نوع طبقه‌بندی دارای دقت بالای ۹۷ درصد هستند، اما ماشین بردار پشتیبان با دقت کلی ۱/۴ درصد بهتر است. دیکسون و کنداد (۲۰۰۸)، از الگوریتم‌های ماشین‌های بردار پشتیبان برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای استفاده کردند و نتایج این طبقه‌بندی کننده را با الگوریتم شبکه عصبی مقایسه کردند و نتیجه گرفتند که الگوریتم ماشین‌های بردار پشتیبان دارای دقت و صحت بالایی در امر طبقه‌بندی می‌باشد. مختاری و نجفی (۱۳۹۴) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست TM و با مقایسه دو روش طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان و شبکه عصبی مصنوعی کاربری اراضی را به‌دست آوردند. نتایج حاصل از ارزیابی دقت این دو روش نشان داد که ماشین بردار پشتیبان با دقت کلی ۹۱/۶۷ درصد نسبت به الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی با دقت کلی ۹۰/۶۷ درصد از دقت بیشتری برخوردار است. فاطمی‌طلب و همکاران (۱۳۹۴) جهت تهیه نقشه پوشش جنگل‌های رودسر به مقایسه دو روش حداکثر احتمال و شبکه عصبی برای طبقه‌بندی پرداختند، نتایج نشان داد صحت کلی در روش شبکه عصبی برای تصاویر سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۳ به ترتیب معادل ۰/۹۵ و ۰/۹۵ و ضریب کاپا ۰/۹۱ و ۰/۹۱ برآورد شد؛ و صحت کلی در روش حداکثر احتمال برای تصاویر سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۳ به ترتیب معادل ۰/۹۵ و ۰/۸۵ و ضریب کاپا ۰/۸۶ و ۰/۸۴ محاسبه گردید، با توجه به نتایج این تحقیق، روش شبکه عصبی از دقت بالاتری برخوردار بود. آرخی (۱۳۹۳) از سه الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی، ماشین بردار پشتیبان و حداکثر احتمال برای تهیه نقشه کاربری اراضی دشت عباس استفاده کرد و نتیجه گرفت الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی نسبت به دو الگوریتم دیگر عملکرد بهتری دارد. دانشی و همکاران (۱۳۹۵) با مقایسه‌ی کارایی صحت طبقه‌بندی دو الگوریتم حداکثر احتمال و

1. Kun

2. Lausch & Herzog

3. Knorn

4. Jin

5. Jensen

6. Support Vector Machines

7. Neural Network Artificial

8. Srivastava

9. Huang

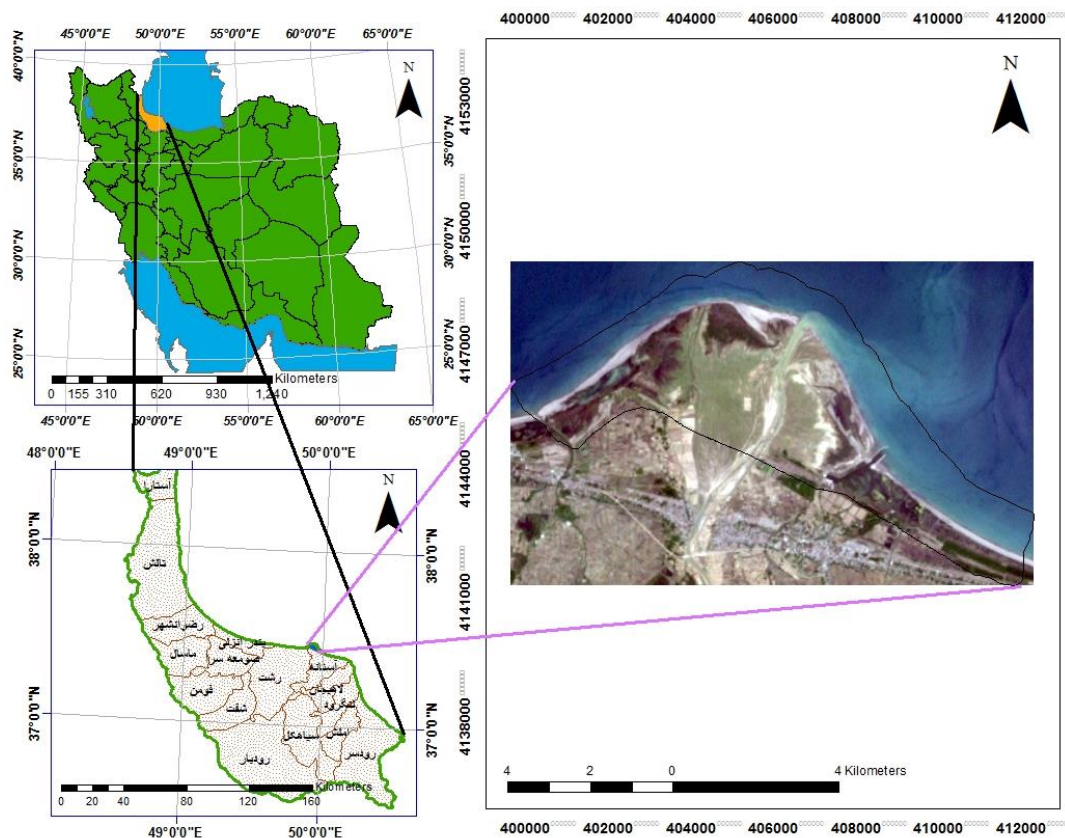
10. Guo

ماشین‌های بردار پشتیبان، تغییرات کاربری اراضی را به دست آوردند و نتیجه گرفتند الگوریتم ماشین‌های بردار پشتیبان با کرنل تابع پایه‌ی شعاعی (RBF) کارایی بهتری داشته است. مرور منابع و تئوری بحث نشانگر آن است که تهیه نقشه‌های کاربری و پوشش اراضی بخشی از دانش سنجش‌ازدور است که با توجه به توسعه روزافزون در اطلاعات، تصاویر و امکانات موجود، امکان ابداع و توسعه روش‌های جدید استخراج و بهره‌وری از داده‌های به‌دست آمده را میسر می‌سازد که این خود نیازمند تحقیقات دامنه‌دار در این زمینه می‌باشد. از طرف دیگر هر یک از این روش‌ها با توجه به شرایط خاص منطقه موردنظر، از کارایی متفاوتی در مقایسه با روش‌های دیگر برخوردار می‌باشند. بنابراین، هدف از این تحقیق مقایسه روش‌های شبکه عصبی مصنوعی و ماشین بردار پشتیبان که از روش‌های درحال توسعه سنجش‌ازدوری هستند، می‌باشد تا ابتدا مقایسه کارایی آن‌ها در تهیه نقشه کاربری و پوشش اراضی انجام شود، مناسب‌ترین روش در تهیه نقشه کاربری و پوشش اراضی مطابق با شرایط منطقه معرفی و روند تغییرات کاربری اراضی در منطقه بررسی گردد.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد بررسی

پارک ملی بوجاق با مختصات جغرافیایی $37^{\circ} 26' 55''$ N و $49^{\circ} 55' 20''$ E و وسعت ۳۲۶۰ هکتار در استان گیلان، شهرستان آستانه اشرفیه و در شهر کیشهر قرار گرفته است (شکل ۱). این پارک از سمت شمال به دریای خزر، از سمت جنوب به شهر بندری کیشهر، از سمت شرق به تأسیسات صداوسیما و روستای امیر کیاسر و از سمت غرب به رودخانه اوشمک محدود می‌شود. ارتفاع این پارک ۲۱ متر پایین‌تر از سطح دریا می‌باشد. اهمیت بوم‌شناختی، اکوتوریستی و تنوع زیستی نواحی ساحلی جنوبی دریای خزر، پارک‌های ملی و تالاب‌های بین‌المللی آن در استان گیلان که مآمن پرندگان مهاجر و آبزیان بسیاری است، اهمیت و انگیزه بررسی تغییرات پوشش اراضی را فراهم می‌کند. در سال ۱۳۷۷ با وسعت ۸۰۰ هکتار به مدت ۵ سال بانام منطقه شکار ممنوع بوجاق کیشهر و سپس در سال ۱۳۸۲ با افزایش سطح به میزان فعلی به‌عنوان نخستین پارک ملی خشکی - دریایی کشور تحت مدیریت قرار گرفت (طرح جامع پارک ملی بوجاق، ۱۳۹۲).



شکل ۱- نقشه موقعیت پارک ملی بوجاق

- داده‌های مورد استفاده

از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ سنجنده OLI^۱ در تاریخ ۲۳/۷/۲۰۱۷ و لندست ۷ سنجنده ETM⁺ تاریخ ۲۵/۷/۲۰۰۰ به منظور تهیه نقشه کاربری پوشش اراضی استفاده شد. در انتخاب تصاویر فصل اوج پوشش گیاهی، نبود ابر در هر دو سال مورد توجه قرار گرفت. داده‌های مرجع شامل نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۰۶ موجود در اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان گیلان بوده و از نرم‌افزارهای ENVI5.1، ArcMap10.3 و gis earth جهت تهیه نمودار، طبقه‌بندی تصاویر، تعیین مساحت کاربری اراضی و بررسی‌های مربوط به آن‌ها استفاده شد.

- روش تحقیق

در این تحقیق پیش‌پردازش تصاویر شامل تصحیح هندسی با ۱۸ نقطه کنترل زمینی از طریق سامانه گوگل ارث در سطح منطقه و خطای برآورد برابر با ۰/۰۰۵ انجام شد. سپس تصویر سال ۲۰۱۷ به‌عنوان مبنا انتخاب شد و تصویر سال ۲۰۰۰ به روش تصویر به تصویر در نرم‌افزار ENVI مورد مطابقت قرار گرفت. از روش کاهش تیرگی به‌منظور تصحیح رادیومتریک تصاویر استفاده شد. همچنین به‌منظور افزایش وضوح تصویر و نمایان‌تر شدن پدیده‌ها و عوارض موجود از تصویر رنگی کاذب باندهای ۴،۳،۲ برای لندست ۷ و باندهای ۵،۴،۳ برای لندست ۸ استفاده شد. جمع‌آوری نمونه جهت استخراج نقشه‌های کاربری اراضی با استفاده از داده‌های سنجنده‌ها در طی دو مرحله با عملیات میدانی صورت گرفت. مرحله اول قبل از طبقه‌بندی که در این مرحله جمع‌آوری نمونه‌ها برای آشنایی با محدوده مورد مطالعه و همچنین به دست آوردن نمونه‌های آموزشی مورد نیاز برای طبقه‌بندی انجام گرفت و مرحله دوم پس از انجام طبقه‌بندی باهدف بازبینی صحت و تصحیح نتایج طبقه‌بندی انجام شد. در این مطالعه برای تهیه نمونه‌های واقعی زمینی تصویر سال ۲۰۱۷ از بازدید میدانی، دستگاه موقعیت‌یاب جهانی (GPS)، تفسیر بصری و سامانه Google earth و در تعیین نمونه‌های واقعی زمینی برای تصویر سال ۲۰۰۰ از ترکیب رنگی کاذب، Google earth همچنین اطلاعات موجود از منطقه مورد مطالعه در نرم‌افزار ENVI5.1 استفاده شد. با استفاده از اطلاعات بدست آمده از برداشت میدانی و توان تفکیک مکانی تصویر مورد استفاده، شش کلاس پوششی شامل کلاس دریا، پیکره آبی، کشاورزی، پوشش علفی، بدون پوشش و باتلاقی جهت طبقه‌بندی مشخص گردید. در انتخاب نمونه‌های تعلیمی ضمن اینکه معرف خوبی برای طبقات مورد نظر می‌باشند، از پراکنش مناسبی نیز برخوردارند. به‌طور مثال برای جداسازی و تفکیک دوطبقه پیکره آبی و مناطق باتلاقی از نقاط برداشت‌شده با GPS استفاده شد، کلاس مناطق باتلاقی شامل زمین‌های مرطوب و پوشش نیزاری مترکم بوده و کلاس پیکره آبی، اکوسیستم‌های تالابی و استخرهای پرورش ماهی را شامل می‌شود.

در این پژوهش از دو الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی و ماشین بردار پشتیبان جهت طبقه‌بندی نظارت‌شده استفاده شد و نمونه‌های تعلیمی برای هر دو روش یکسان در نظر گرفته شد تا بتوان به‌طور مؤثری به مقایسه طبقه‌بندی‌ها پرداخت. طبقه‌بندی با روش شبکه عصبی مصنوعی: از ساختار مغز و اعصاب انسان پیروی می‌کنند (دیکسون و کندا، ۲۰۰۸) و شاید در میان طبقه‌بندی‌کننده‌های شبکه‌ای بیشترین محبوبیت را در طی دو دهه گذشته داشته باشد که به چندین شکل وجود دارد که عمومی‌ترین آن پرسپترون چندلایه است (ریچاردز^۲، ۲۰۱۳). یک پرسپترون چندلایه معمولاً از یک‌لایه ورودی، یک یا چندلایه پنهان و به لایه خروجی خروجی تشکیل شده است که به ترتیب اطلاعات را دریافت و پردازش کرده و نمایش می‌دهند (فودی، ۲۰۰۰). در این تحقیق جهت استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی از یک‌لایه پنهان استفاده شد. کارکرد این روش بر اساس رابطه (۱) است که در این رابطه θ نشان دهنده حد آستانه، W^T نشان‌دهنده بردار وزنی ضرایب و X بردار ورودی هست (مهدویان چشمه گل و محمدحسینیان، ۱۳۹۳).

$$g = f(w^T x + \theta) \quad \text{رابطه (۱)}$$

طبقه‌بندی با روش ماشین‌های بردار پشتیبان: این روش طبقه‌بندی یک روش آماری غیرپارامتریک نظارت‌شده است (پاو^۳، ۱۹۸۹). در این روش با استفاده از همه باندها و یک الگوریتم بهینه‌سازی، نمونه‌هایی که مرزهای کلاس‌ها را تشکیل می‌دهند به دست می‌آیند و با استفاده از آن‌ها یک مرز تصمیم‌گیری خطی بهینه برای جدا کردن کلاس‌ها محاسبه می‌شود. این نمونه‌ها را بردارهای پشتیبان می‌گویند (کشاورز و قاسمیان یزدی، ۱۳۸۴). با توجه به شکل ۲ به نمونه‌های مرزی بردارهای پشتیبان می‌گویند و برای محاسبه مرز تصمیم‌گیری دو کلاس کاملاً جدا از هم از روش حاشیه بهینه استفاده می‌شود. این حاشیه به‌گونه‌ای محاسبه می‌شود که تمام نمونه‌های کلاس +1 در یک طرف

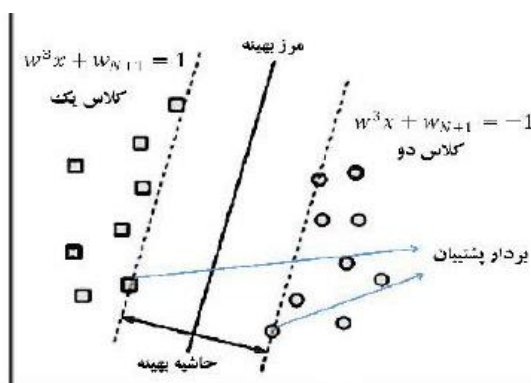
^۱. Operational Land Imager

^۲. Richards

^۳. Pao

مرز و تمام نمونه‌های کلاس 1- در طرف دیگر مرز واقع شوند و مرز تصمیم‌گیری به‌گونه‌ای می‌باشد که فاصله نزدیک‌ترین نمونه‌های آموزشی هر دو کلاس از هم در راستای عمود بر مرز تصمیم‌گیری تا جایی که ممکن است حداکثر شود (کشاوری و قاسمیان یزدی، ۱۳۸۴). اگر بخواهیم مرز تصمیم‌گیری را به‌طور موازی توسط دو خط از دو طرف گسترش دهیم تا از بین نزدیک‌ترین نمونه‌های دو کلاس بگذرد مرز تصمیم‌گیری بهینه^۱ به وجود می‌آید که مرزی است که بیشترین فاصله بین نمونه‌های دو کلاس دارد. آن دو خط موازی را مرز حاشیه‌ای می‌نامیم. برای پیکسل‌هایی که بیرون از مرزهای حاشیه‌ای قرار می‌گیرند رابطه (۲) برقرار است (ریچاردز، ۲۰۱۳).

$$\text{for class 1 pixels } w^T x + w_{N+1} = -1 \quad \text{رابطه (۲)}$$



شکل ۲- بردارهای پشتیبان به همراه مرز و حاشیه بهینه

یکی از مزایای الگوریتم ماشین بردار پشتیبان این است که با نمونه‌های تعلیمی کوچک نیز می‌تواند تصویر طبقه‌بندی شده با دقت خوبی ارائه دهد که در نتیجه آن، هزینه‌ها کاهش و سرعت کار افزایش می‌یابد (گالتیری و کرامپ^۲، ۱۹۹۸). نرم‌افزار ENVI 5.1 چهار نوع کرنل (Kernel) برای ماشین بردار پشتیبان در بخش طبقه‌بندی مربوط به SVM به نام‌های خطی (Linear)، چندجمله‌ای (Polynomial)، شعاعی (Radial basic function (RBF)) و پیچشی (Sigmoid) تعریف کرده است (Dixon and Candade, 2008) با توجه به مطالعات کاوزگلو و کوکسین^۳ (۲۰۰۹)، گواو همکاران (۲۰۱۲) و جیانگ^۴ و همکاران (۲۰۱۱) بهترین کرنل برای طبقه‌بندی کاربری اراضی را کرنل شعاعی (RBF) پیشنهاد کرده‌اند. در مطالعه حاضر از این کرنل جهت طبقه‌بندی استفاده شد.

برای اطمینان از کارایی طبقه‌بندی، دقت طبقه‌بندی ارزیابی می‌شود. بعد از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از نمونه‌های تعلیمی که در روند طبقه‌بندی دخالت داده نشده‌اند اقدام به ارزیابی صحت تصویر طبقه‌بندی شده می‌گردد. در این تحقیق، از دو شاخص ضریب کاپا^۵ و دقت کل^۶ استفاده شد، دقت کلی عبارت است از نسبت پیکسل‌های به‌درستی طبقه‌بندی شده بر تعداد کل پیکسل‌های طبقه‌بندی شده که از رابطه (۳) محاسبه می‌شود (رسولی، ۱۳۸۷).

$$OA = \frac{1}{N} \sum P_{ii} \quad \text{رابطه (۳)}$$

در این رابطه، OA دقت کل، N معرف تعداد کل پیکسل‌های آموزشی و $\sum P_{ii}$ جمع عناصر قطر اصلی ماتریس خطاست. به دلیل ایرادات وارد بر دقت کلی، غالباً در کارهای اجرایی که مقایسه دقت طبقه‌بندی مورد توجه است، از شاخص کاپا استفاده می‌شود، چون شاخص کاپا پیکسل‌هایی را که نادرست طبقه‌بندی شده‌اند، مورد توجه قرار می‌دهد و از رابطه (۴) محاسبه می‌شود (بنیاد و حاجی‌قادر، ۱۳۸۶).

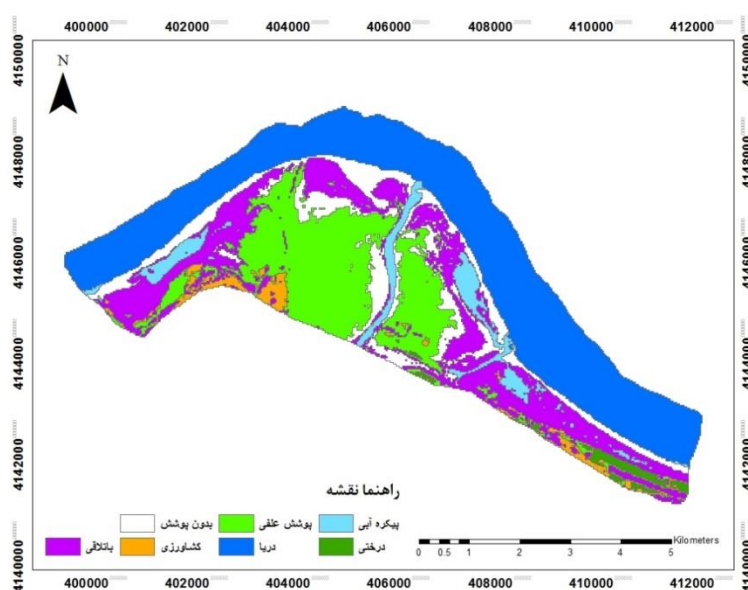
$$Kappa = \frac{P_0 - P_c}{1 - P_c} \times 100 \quad \text{رابطه (۴)}$$

برای این کار از نقاط مرجع برداشت شده در مطالعات صحرایی توسط دستگاه موقعیت‌یاب جهانی و سامانه گوگل ارث استفاده شد.

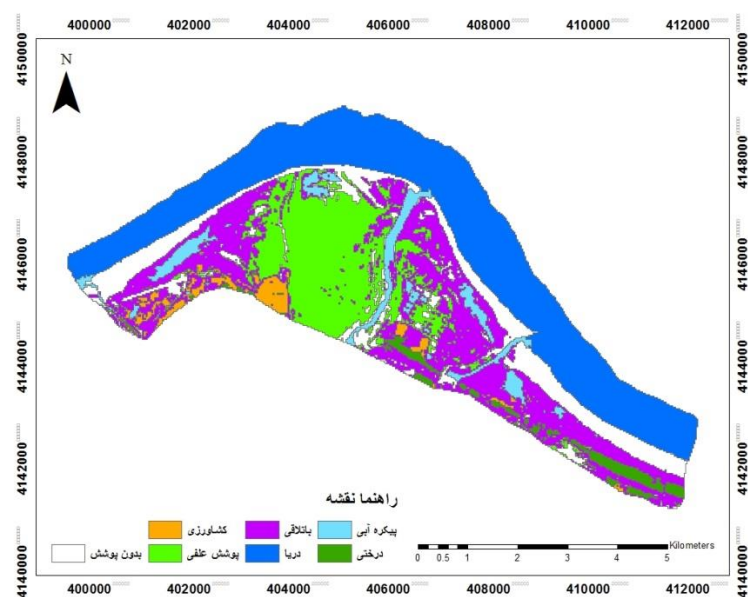
1. Optimal hyperplane
2. Gualtieri & Cromp
3. Kavzoglu & Colkesen
4. Jiang
5. Kappa coefficient
6. Overall accuracy

یافته‌های پژوهش

نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه شامل کاربری کشاورزی، باتلاقی، درختی، دریا، پیکره آبی، بدون پوشش، پوشش علفی می‌باشد که از طریق روش‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده ماشین بردار پشتیبان و شبکه عصبی در شکل‌های (۲،۳،۴ و ۵) تهیه شده است. نتایج مقادیر دقت کلی و شاخص کاپا برای تصاویر مورد استفاده در جدول ۱ آمده است که نشان می‌دهد در هر دو روش طبقه‌بندی در هر دو سال دقت کلی و شاخص کاپا بالاتر از ۸۰ به دست آمده است که با استناد به لفسکی و کوهن^۱ (۲۰۰۳) ضرایب صحت کلی و ضریب کاپای بزرگ‌تر از ۰/۷ از نظر صحت خیلی خوب و کمتر از ۰/۴ ضعیف است. نتایج حاصل از آنالیز آماری ضرایب صحت نشان داد که ماشین بردار پشتیبان با صحت کلی ۸۶/۴۲ برای سال ۲۰۰۰ و ۹۰/۶۵ برای سال ۲۰۱۷ نسبت به روش شبکه عصبی مصنوعی با صحت کلی ۸۳/۷۱ برای سال ۲۰۰۰ و ۸۹/۲۵ برای سال ۲۰۱۷ دارای دقت بیشتری است.

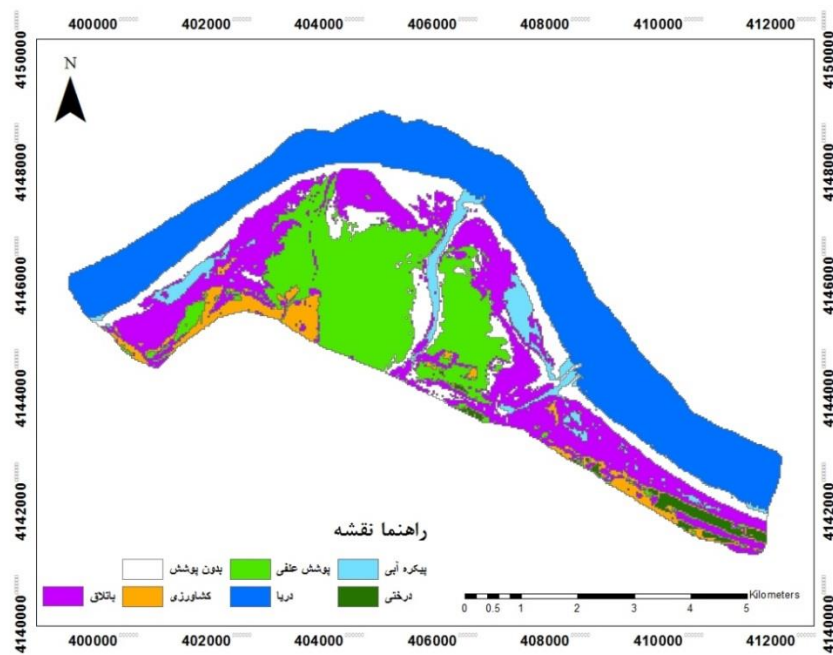


شکل ۲- نقشه طبقه‌بندی پوشش زمین با استفاده از روش ماشین بردار پشتیبان برای سال ۲۰۰۰

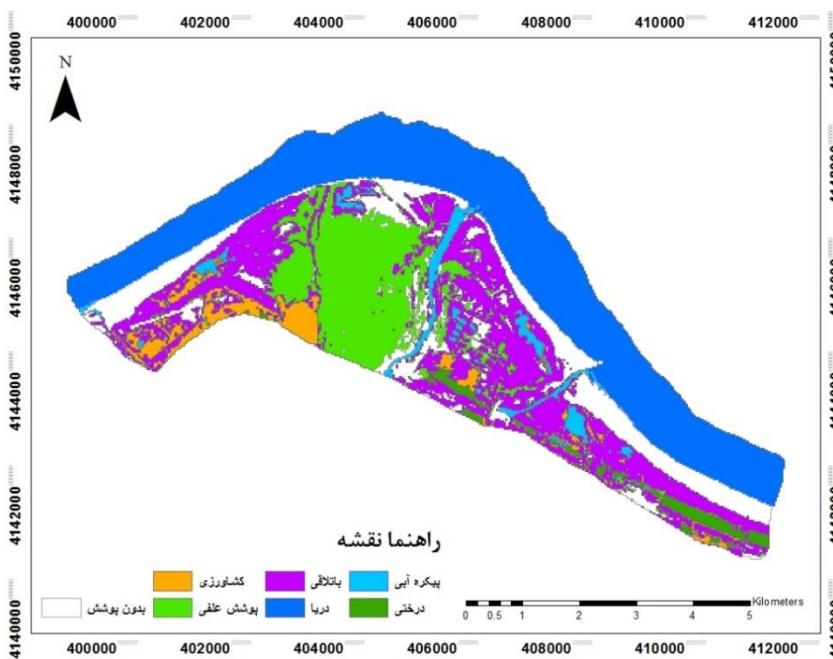


شکل ۳- نقشه طبقه‌بندی پوشش زمین با استفاده از روش ماشین بردار پشتیبان برای سال ۲۰۱۷

^۱. Lefsky and Cohen



شکل ۴- نقشه طبقه‌بندی پوشش زمین با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی برای سال ۲۰۰۰



شکل ۵- نقشه طبقه‌بندی پوشش زمین با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی برای سال ۲۰۱۷

جدول ۱- صحت کلی و ضریب کاپا نقشه تولیدی سال‌های ۲۰۱۷ و ۲۰۰۰

سال ۲۰۱۷		سال ۲۰۰۰		
ضریب کاپا	دقت کلی	ضریب کاپا	دقت کلی	
۰/۸۸	۹۰/۶۵	۰/۸۳	۸۶/۴۲	ماشین بردار پشتیبان
۰/۸۷	۸۹/۲۵	۰/۸۰	۸۳/۷۱	شبکه عصبی

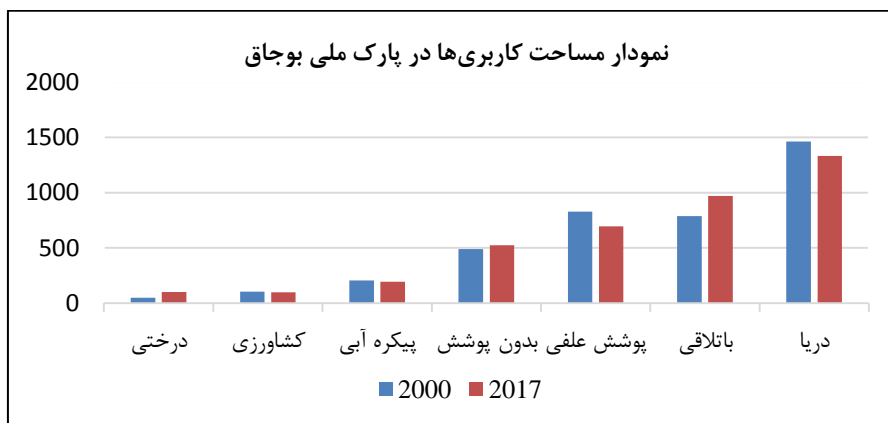
جدول ۲- مشخصات آماری صحت تولیدکننده و استفاده‌کننده برای طبقه‌بندی تصویر ETM+ با استفاده از دو روش طبقه‌بندی (درصد)

کلاس	روش شبکه عصبی مصنوعی (سال ۲۰۰۰)		روش ماشین بردار پشتیبان (سال ۲۰۰۰)	
	صحت تولیدکننده (%)	صحت استفاده‌کننده (%)	صحت تولیدکننده (%)	صحت استفاده‌کننده (%)
دریا	۹۲/۲۴	۹۷/۲۷	۹۶/۵۵	۹۵/۷۳
پیکره آبی	۶۹/۱۲	۸۱/۰۳	۷۹/۴۱	۸۱/۸۲
بدون پوشش	۸۲/۵۰	۸۸	۸۶/۲۵	۹۴/۵۲
پوشش علفی	۸۳/۳۳	۹۴/۸۳	۸۶/۳۶	۹۵
کشاورزی	۸۳/۳۳	۸۰	۷۰/۸۳	۸۰/۹۵
درختی	۱۰۰	۸۲/۶۱	۹۴/۷۴	۸۱/۸۲
باتلاقی	۸۲/۶۱	۶۱/۲۹	۷۹/۷۱	۶۶/۲۷

جدول ۳- مشخصات آماری صحت تولیدکننده و استفاده‌کننده برای طبقه‌بندی تصویر OLI با استفاده از دو روش طبقه‌بندی (درصد)

کلاس	روش شبکه عصبی مصنوعی (سال ۲۰۱۷)		روش ماشین بردار پشتیبان (سال ۲۰۱۷)	
	صحت تولیدکننده (%)	صحت استفاده‌کننده (%)	صحت تولیدکننده (%)	صحت استفاده‌کننده (%)
دریا	۱۰۰	۸۸/۸۹	۱۰۰	۸۸/۸۹
پیکره آبی	۶۶/۶۷	۹۵/۲۴	۶۶/۶۷	۹۰/۹۱
بدون پوشش	۱۰۰	۷۹/۴۹	۹۶/۷۷	۸۳/۳۳
پوشش علفی	۹۱/۶۷	۱۰۰	۹۱/۶۷	۹۴/۲۹
کشاورزی	۱۰۰	۹۴/۴۴	۱۰۰	۱۰۰
درختی	۷۰/۸۳	۱۰۰	۷۹/۱۷	۱۰۰
باتلاقی	۹۲/۸۶	۸۳/۸۷	۹۶/۴۳	۹۰

مساحت مربوط به هر کاربری در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۷ در محیط نرم‌افزار ArcMap10.3 محاسبه شد و در جدول (۴) مشاهده می‌شود و همچنین به‌صورت مقایسه‌ای در سال‌های موردنظر در شکل (۶) آمده است.



شکل ۶- مقایسه مساحت کلاس‌های نقشه کاربری اراضی به‌دست آمده در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۷

جدول ۴- تغییرات کاربری‌های پارک ملی بوجاق مربوط به سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۷

کاربری	کشاورزی	باتلاقی	پیکره آبی	دریا	پوشش علفی	بدون پوشش	مساحت کل در تصویر
درختی	۱۰۴/۶۷	۷۸۸/۴	۲۰۴/۹۳	۱۴۶۲/۶۸	۸۲۷/۰۱	۴۸۸/۶۱	مساحت کل در تصویر سال ۲۰۰۰
درختی	۲/۱۱	۲۰/۱۲	۵۰/۴	۳۷/۳۳	۲۱/۱۱	۱۲/۴۷	درصد
کشاورزی	۹۹/۹۹	۹۷۱/۲۸	۱۹۳/۴۱	۱۳۳۰/۹۲	۶۹۵/۶۱	۵۲۳/۵۳	مساحت کل در تصویر سال ۲۰۱۷
کشاورزی	۲/۵۵	۲۴/۷۹	۴/۹۴	۳۳/۹۷	۱۷/۷۵	۱۳/۳۶	درصد
کشاورزی	۵۹/۸۴۵	۳۲/۷۱۷	۴۷/۹۷۳	۱۳/۷۵۸	۳۴/۶۹۴	۶۴/۳۷۶	مساحت تغییر یافته (درصد)
کشاورزی	-۴/۴۷۱	۲۳/۱۹۶	-۲/۰۹۶	-۹/۰۰۸	-۱۵/۸۸۹	۷/۱۴۷	اختلاف تصاویر (درصد)

بر اساس نتایج جدول (۴)، در بررسی پوشش زمین در منطقه مورد مطالعه بیشترین مساحت در سال ۲۰۰۰ مربوط به پهنه دریا با ۱۴۶۲/۶۸ هکتار و سپس پوشش علفی با ۸۲۷/۰۱ هکتار بوده است و عرصه‌های باتلاقی با ۷۸۸/۴ هکتار، بدون پوشش با ۴۸۸/۶۱ هکتار، پیکره آبی با ۲۰۴/۹۳ هکتار، کشاورزی با ۱۰۴/۶۷ هکتار و درختی با ۴۹/۴۱ هکتار در رتبه‌های بعدی قرار دارند. همچنین بیشترین مساحت در سال ۲۰۱۷ مربوط به پهنه دریا با ۱۳۳۰/۹۲ هکتار و سپس پهنه باتلاقی با ۹۷۱/۲۸ هکتار در رتبه دوم قرار دارد و کاربری‌های پوشش علفی با ۶۹۵/۶۱ هکتار، بدون پوشش با ۵۲۳/۵۳ هکتار، پیکره آبی با ۱۹۳/۴۱ هکتار، درختی با ۱۰۳/۵۹ هکتار و کشاورزی با ۹۹/۹۹ هکتار در رتبه‌های بعدی قرار دارند. بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۷ عرصه‌های دریا، پوشش علفی، پیکره آبی و کشاورزی دارای کاهش مساحت بودند و سایر کاربری‌ها افزایش مساحت داشتند.

مشخصات آماری دقت تولیدکننده و استفاده‌کننده طبقه‌بندی تصویر ETM^+ سال ۲۰۰۰ بر اساس دو روش ماشین بردار پشتیبان و شبکه عصبی مصنوعی در جدول (۲) آمده است. نتایج نشان می‌دهد که کلاس بدون پوشش و درختی با دقت تولیدکننده و استفاده‌کننده بالای ۸۰٪ و بالای ۹۰٪ برای کلاس پوشش علفی و دریا طبقه‌بندی شده است. این نشان‌دهنده قابلیت تفکیک طیفی بالا برای این کلاس‌هاست. طبق نتایج مشاهده شد که پایین‌ترین دقت تولیدکننده در مورد کلاس باتلاقی با صحت استفاده‌کننده ۶۱/۲۹٪ با روش شبکه عصبی مصنوعی می‌باشد در حالی که الگوریتم ماشین بردار پشتیبان دقت بالاتری را برای این کلاس نشان می‌دهد.

طبقه‌بندی تصویر OLI سال ۲۰۱۷ برای روش ماشین بردار پشتیبان دقت استفاده‌کننده ۱۰۰٪ برای کلاس کشاورزی، بالای ۹۰٪ برای کلاس‌های پیکره آبی، پوشش علفی و باتلاقی و بالای ۸۰٪ برای دریا و بدون پوشش نشان می‌دهد همچنین دقت تولیدکننده بالای ۹۰٪ برای کلاس‌های بدون پوشش، پوشش علفی، دریا، باتلاقی و کشاورزی را نشان می‌دهد که نشان‌دهنده دقت بالای این روش می‌باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

به‌طور کلی طبقه‌بندی و تهیه نقشه کاربری‌های اراضی یکی از پرکاربردترین موارد استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور است و از ضروری‌ترین اطلاعات موردنیاز مدیران و متولیان منابع طبیعی، نقشه‌های کاربری اراضی هست. با توجه به اهمیت زیاد انتخاب الگوریتم مناسب طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، لازم است که دقت الگوریتم‌های گوناگون در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای مقایسه و الگوریتم‌های دقیق‌تر شناسایی شوند. به همین منظور در پژوهش حاضر، دقت تصاویر حاصل از طبقه‌بندی دو الگوریتم ماشین بردار پشتیبان و شبکه عصبی مصنوعی برای تصاویر ماهواره‌ای پارک ملی بوجاق مقایسه شدند.

طبق جدول‌های (۲ و ۳) مشاهده شد که پهنه دریا با دقت تولیدکننده بالای ۹۰٪ (با هر دو روش) طبقه‌بندی شده است. کاربری‌های پوشش علفی، بدون پوشش و کشاورزی نیز از دقت تولیدکننده بالایی برخوردار هستند که این نشان‌دهنده قدرت تفکیک طیفی بالا برای این کلاس‌ها است.

در این مطالعه پس از تصحیحات لازم و پیش‌پردازش‌های اولیه تصویر، اقدام به طبقه‌بندی تصویر به دو روش فوق گردید. هدف این مطالعه مقایسه دو روش شبکه عصبی مصنوعی و ماشین بردار پشتیبان و تعیین بهترین روش برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه بود. طبق نتایج روش ماشین بردار پشتیبان با صحت کل و ضریب کاپا بالاتر نسبت به روش شبکه عصبی مصنوعی عملکرد بهتری در تهیه نقشه کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه داشته است. نتایج این پژوهش مشابه نتایجی است که برخی از محققان در مناطق گوناگون به آن دست‌یافته‌اند. به‌عنوان مثال، فتحی‌زاد و همکاران (۱۳۹۵)، رضایی‌مقدم و همکاران (۱۳۹۴)، جهت طبقه‌بندی کاربری اراضی طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان و شبکه عصبی مصنوعی را مقایسه کردند و نتیجه گرفتند ماشین بردار پشتیبان عملکرد بهتری دارد. یوسفی و همکاران (۱۳۹۳) جهت تهیه نقشه کاربری اراضی شهرستان نور الگوریتم‌های مختلف طبقه‌بندی را مقایسه کردند و نتیجه گرفتند ماشین بردار پشتیبان با میانگین ضرایب کلی و کاپا به ترتیب ۹۰/۹۴ درصد و ۰/۹۵ درصد نسبت به روش‌های دیگر دارای دقت بالاتری است. میرزایی‌زاده و همکاران (۱۳۹۴) سه الگوریتم ماشین بردار پشتیبان، شبکه عصبی مصنوعی فازی آرتمپ و درخت تصمیم‌گیری جهت تهیه نقشه پوشش زمین حوزه آبخیز اركواز استفاده کردند که ماشین بردار پشتیبان صحت کل بالاتری داشت. اسلمی و همکاران (۱۳۹۴) به مقایسه روش‌های شبکه عصبی مصنوعی، ماشین بردار پشتیبان و شیء‌گرا برای استخراج کاربری و پوشش اراضی پرداختند که صحت کلی به ترتیب ۸۹/۹۱، ۸۵/۶۸ و ۹۴/۳۷ درصد برآورد شد که نشان‌دهنده برتری روش شیء‌گرا در مقایسه با دو روش دیگر بود و در رتبه‌های بعدی ماشین بردار پشتیبان و شبکه عصبی از صحت قابل قبولی برخوردار بودند. با توجه به تحقیقات انجام‌شده می‌توان نتیجه گرفت که علاوه بر الگوریتم ماشین بردار پشتیبان، الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی نیز دارای دقت قابل قبولی است که با نتایج آرخو و ادیب‌نژاد (۱۳۹۰)، مظاهری و همکاران (۱۳۹۲)، نیازی و همکاران (۱۳۸۹) مطابقت دارد. این نتایج نشان‌دهنده وابستگی روش‌های مختلف طبقه‌بندی به شرایط منطقه و نوع تصاویر مورد استفاده بوده و همچنین ضرورت دارد با مقایسه روش‌های مختلف طبقه-

بندی کاربری اراضی هر منطقه، روش مناسب‌تر معرفی گردد. نتایج به‌دست‌آمده از تغییرات مساحت کاربری‌ها نشان‌دهنده کاهش عرصه دریا، پوشش علفی، پیکره آبی و کشاورزی و افزایش عرصه بدون پوشش، درختی، باتلاقی بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۷ است. کاربری پیکره آبی که زیستگاه مهم پرندگان این پارک ملی است به‌شدت در حال تخریب است. پارک ملی بوجاق همچون پارک‌های بین‌المللی از ارزش علمی، آموزشی، کشاورزی، اقتصادی و توریستی برخوردار است. اهمیت علمی و اقتصادی آن به لحاظ تنوع زیستی گونه‌های پرندگان و ماهیان آن است. سواحل ماسه‌ای به‌عنوان یکی از رایج‌ترین مناطق تفریحی در ایران به شمار می‌رود. سواحل دریاها علاوه بر زیبایی، نمونه‌ای از زیستگاه‌های بسیار فعال و زنده و درعین‌حال آسیب‌پذیر است. با توجه به نقش مهم پارک ملی بوجاق در حفظ تنوع زیستی و خدماتی که ارائه می‌دهد، حفاظت از آن و جلوگیری از تخریب آن ضروری است.

منابع

- آرخی، صالح (۱۳۹۳). تهیه نقشه کاربری اراضی دشت عباس ایلام با استفاده از روش‌های شبکه عصبی مصنوعی، ماشین بردار پشتیبان و حداکثر احتمال. *نشریه علمی مرتع‌داری*، ۱(۲)، ۳۰-۴۳.
- آرخی، صالح؛ ادیب‌نژاد، مصطفی (۱۳۹۰). ارزیابی کارایی الگوریتم‌های ماشین بردار پشتیبان جهت طبقه‌بندی کاربری اراضی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای ETM⁺ لندست (مطالعه موردی: حوزه سد ایلام). *تحقیقات مرتع و بیابان‌زایی*، ۱۸(۳)، ۴۲۰-۴۴۰.
- اسلمی، فرنوش؛ قربانی، اردوان؛ سبجانی، بهروز؛ پناهنده، محسن (۱۳۹۴). مقایسه روش‌های شبکه عصبی مصنوعی، ماشین بردار پشتیبان و شی‌گرا در استخراج کاربری و پوشش اراضی از تصاویر لندست ۸. *سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*، ۶(۳)، ۱-۱۴.
- بنیاد، امیراسلام؛ حاجی قادری، طه (۱۳۸۶). تهیه نقشه جنگل‌های طبیعی استان زنجان با استفاده از داده‌های سنجنده ETM⁺ ماهواره لندست ۷. *علوم آب‌و خاک*، ۱۱(۴۲)، ۶۲۷-۶۳۸.
- دانشی، علیرضا؛ وفاخواه، مهدی؛ پناهی، مصطفی (۱۳۹۵). مقایسه کارایی الگوریتم‌های ماشین بردار پشتیبان و حداکثر احتمال در آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز سیمین‌رود). *سنجش‌ازدور و GIS/ایران*، ۸(۲)، ۷۳-۸۶.
- رضایی‌مقدم، محمدحسین؛ ولیزاده کامران، خلیل؛ اندریانی، صغری؛ الماس‌پور، فرهاد (۱۳۹۴). مقایسه روش‌های شبکه عصبی و ماشین بردار پشتیبان در استخراج نقشه‌های کاربری و پوشش اراضی با استفاده از تصاویر لندست ۸ (مطالعه موردی: حوضه صوفی چای). *نشریه علمی-پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ۱۹(۵۲)، ۱۶۳-۱۸۳.
- رسولی، علی‌اکبر (۱۳۸۷). *مبانی سنجش‌ازدور کاربردی با تأکید بر پردازش تصاویر ماهواره‌ای*. تبریز: دانشگاه تبریز.
- فاطمی‌طلب، سیدرضا؛ معدنی‌پور کرمانشاهی، مرتضی؛ هاشمی، سیدآرمین (۱۳۹۴). برآورد تغییرات سطح پوشش جنگل‌های رودسر با استفاده از روش‌های طبقه‌بندی شبکه عصبی مصنوعی و حداکثر احتمال. *نشریه سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*، ۶(۲)، ۳۳-۴۴.
- طرح جامع پارک ملی بوجاق (۱۳۹۲). پژوهشکده محیط‌زیست، جهاد دانشگاهی، استان گیلان.
- فتحی‌زاد، حسن؛ صفری، عطا؛ بازگیر، مسعود؛ خسروی، غلامرضا (۱۳۹۵). ارزیابی و مقایسه روش‌های ماشین‌بردار پشتیبان با کرنل‌های خطی، چند جمله‌ای و پایه شعاعی با شبکه عصبی مصنوعی برای طبقه‌بندی کاربری اراضی. *فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان‌ایران*، ۲۳(۴)، ۷۲۹-۷۴۳.
- کشاورز، احمد؛ قاسمیان یزدی، حمید (۱۳۸۴). یک الگوریتم سریع مبتنی بر ماشین بردار پشتیبان برای طبقه‌بندی تصاویر ابر طیفی با استفاده از همبستگی مکانی. *نشریه مهندسی برق و مهندسی کامپیوتر ایران*، ۱(۳)، ۳۷-۴۴.
- مختاری، محمدحسین؛ نجفی، احمد (۱۳۹۴). مقایسه روش‌های طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان و شبکه عصبی مصنوعی در استخراج کاربری‌های اراضی از تصاویر ماهواره‌ای لندست TM. *مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی*، ۱۹(۷۲)، ۳۵-۴۵.
- مظاهری، محمودرضا؛ اسفندیاری، مهرداد؛ مسیح‌آبادی، محمدحسن؛ کمالی، اردوان (۱۳۹۲). پایش تغییرات زمانی کاربری اراضی با استفاده از فن‌های سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: جیرفت، استان کرمان). *سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*، ۴(۲)، ۲۵-۳۹.
- مهدویان چشمه گل، علی‌اکبر؛ محمدحسینیان، شهرام (۱۳۹۳). مقایسه روش‌های طبقه‌بندی ماکزیم شباهت، نزدیک‌ترین همسایه و شبکه عصبی برای تصاویر ماهواره‌ای، نخستین همایش ملی کاربرد مدل‌های پیشرفته تحلیل فضایی (سنجش‌ازدور و GIS) در آمایش سرزمین، ۵ و ۶ اسفندماه، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد.

میرزایی زاده، وحید؛ نیک نژاد، مریم؛ اولادی قادیکلایی، جعفر (۱۳۹۴). ارزیابی الگوریتم‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده غیرپارامتریک در تهیه نقشه پوشش زمین با استفاده از تصاویر لندست ۸. *سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*، ۶(۳)، ۲۹-۴۴.

نیازی، یعقوب؛ اختصاصی، محمدرضا؛ ملکی نژاد، حسین؛ حسینی، زین‌العابدین (۱۳۸۹). مقایسه دو روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال و شبکه عصبی مصنوعی در استخراج نقشه کاربری اراضی (مطالعه موردی: حوزه سد ایلام). *جغرافیا و توسعه*، ۸(۲۰)، ۱۱۹-۱۳۳.

یوسفی، صالح؛ تازه، مهدی؛ میرزایی، سمیه؛ مرادی، حمیدرضا؛ توانگر، شهلا (۱۳۹۳). مقایسه الگوریتم‌های مختلف طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای در تهیه نقشه کاربری اراضی (مطالعه موردی: شهرستان نور). *سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*، ۵(۳)، ۶۷-۷۵.

- Dixon, B., & Candade, N. (2008). Multispectral Land Use Classification Using Neural Networks and Support Vector Machines: One or the other, or Both? *International Journal of Remote Sensing*, 29(4), 1185-1206.
- Foody, G.M. 2000. Mapping Land Cover from Remotely Sensed Data with a Softened Feedforward Neural Network Classification. *Journal of Intelligent and Robotic Systems*. 29, 433-449.
- Foody, G.M. 2000. Mapping Land Cover from Remotely Sensed Data with a Softened Feedforward Neural Network Classification. *Journal of Intelligent and Robotic Systems*. 29, 433-449.
- Gualtieri, J.A., & Crompton, R.F. (1998). Support Vector Machines for Hyperspectral Remote Sensing Classification, in: *Proceedings of the 27th AIPR Workshop: Advances in Computer Assisted Recognition*, Washington, DC, 27 October, SPIE, Washington, DC, PP. 221-232.
- Guo, Y., De Jong, K., Liu, F., Wang, X., & Li, C. (2012). A Comparison of Artificial Neural Networks and Support Vector Machines on Land Cover Classification. *Springer-verlag Berlin Heidelberg, ISICA, CCIS*, 316, 531-539.
- Huang, C., Davis, L.S., & Townshend, J.R.G. (2002). An Assessment of Support Vector Machines for Land Cover Classification. *International Journal of Remote Sensing*, 23(4), 725-749.
- Jensen, J.R. (2000). *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective* (Upper Saddle River, NJ: Princeton Hall). pp:592.
- Jiang, X., Lin, M., & Zhao, J. (2011). Woodland cover change assessment using decision trees, support vector machines and artificial neural networks classification algorithms, *Fourth International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation*, 312-315.
- Jin, S., Homer, C., Yang, L., Xian, G., Fry, J., & Danielson, P. (2013). Automated cloud and shadow detection and filling using two-date Landsat imagery in the USA. *International Journal of Remote Sensing*, 34, 1540-1560.
- Kavzoglu, T., & Colkesen, I. (2009). A kernel functions analysis for support vector machines for land cover classification. *Int. J. of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 11, 352-359.
- Knorn, J., Rabe, A., Radeloff, V.C., Kuemmerle, T., Kozak, J., & Hostert, P. (2009). Land cover mapping of large areas using chain classification of neighboring Landsat satellite images. *Remote Sens. Environ*, 113, 957-964.
- Kun, J., Shunlin, L., Ning, Zh., Xiangqin, W., Xingfa, G., Xiang, Zh., Yunjun, Y., & Xianhong, X. (2014). Land cover classification of finer resolution remote sensing data integrating temporal features from time series coarser resolution data. *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 93, 49-55.
- Lausch, A., & Herzog, F., (2002). Applicability of Landscape Metrics for the Monitoring of Landscape Change: Issues of Scale, Resolution and Interpretability, *Ecological Indicators*, 2, 3-15.
- Lefsky, M.A., & Cohen, W.B. (2003). Selection of remotely sensed data. In: *Remote sensing of forest environments*. Springer, pp 13-46.
- Pao, Y.H. (1989). *Adaptive pattern recognition and neural networks*. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc.
- Richards J., A. (2013). *Remote sensing digital image analysis*, fifth edition, springer, 494 pp.
- Srivastava, P.K., Han, D., Rico-Ramirez, M.A., Bray, M., & Islam, T. (2012). Selection of classification techniques for land use/land cover change investigation. *Advances in Space Research*, 50, 1250-1265.
- Yao, X., Tham, L.G., & Dai, F.C. (2008). Landslide Susceptibility Mapping Based on Support Vector Machine: A Case Study on Natural Slopes of Hong Kong, China, *Geomorphology*, 101, 572-582.
- Arekhi, S. (2014). Comparing accuracy of artificial neural network, Support Vector Machine and maximum likelihood Algorithms for land use classification (Case study: Dashat Abbas arid region, Ilam Province). *Journal of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 1(2), 30-43. (In Persian).
- Arekhi, S., & Adibnejad, M. (2011). Efficiency assessment of the of Support Vector Machines for land use classification using Landsat ETM+ data (Case study: Ilam Dam Catchment). *Iranian Journal of Rangeland and Desert Research*, 18(3), 420-440. (In Persian). Doi: 10.22092/IJRDR.2011.102175

- Aslami, F., Ghorbani, A., Sobhani, B., & Panahande, M. (2015). Comparing artificial neural network, support vector machine and object-based methods in preparation land use/cover maps using landSat-8 images. *RS and GIS Techniques in Natural Resources*, 6(3), 1-14. (In Persian).
- Bonyad, A.A., & Hajighaderi, T. (2008). Inventorying and Mapping of Natural Forest Stands of Zanjan Province Using Landsat ETM+ Image Data. *Water and Soil Science*, 42(11), 627-638. (In Persian).
- Daneshi, A., Vafakhah, M., & Panahi, M. (2016). Efficiency Comparison of Support Vector Machine and Maximum Likelihood Algorithms for Monitoring Land Use Changes. *Remote sensing and GIS of Iran*, 8(2), 73-86. (In Persian).
- Dixon, B., & Candade, N. (2008). Multispectral Land Use Classification Using Neural Networks and Support Vector machines: One or the other, or Both? *International Journal of Remote Sensing*, 29(4), 1185-1206.
- Foody, G.M. 2000. Mapping Land Cover from Remotely Sensed Data with a Softened Feedforward Neural Network Classification. *Journal of Intelligent and Robotic Systems*. 29, 433-449.
- Fatemi Talab, R.S., Madanipour, M., & Hashemi, S.A. (2015). Estimating changes in forest cover in the Rudsar county by using neural network and maximum likelihood methods. *Remote sensing and GIS in natural resources*, 2(6), 33-44. (In Persian).
- Fathizad, H., Safari, A., Bazgir, M., & Khosravi, GH. (2017). Evaluation of SVM with Kernel method (linear, polynomial, and radial basis) and neural network for land use classification. *Iranian Journal of Rangeland and Desert Research*, 4(23), 729-743. (In Persian).
- Gualtieri, J.A., & Crompton, R.F. (1998). Support Vector Machines for Hyperspectral Remote Sensing Classification. In: *Proceedings of the 27th AIPR Workshop: Advances in Computer Assisted Recognition*, Washington, DC, 27 October, SPIE, Washington, DC, PP. 221-232.
- Guo, Y., De Jong, K., Liu, F., Wang, X., & Li, C. (2012). A Comparison of Artificial Neural Networks and Support Vector Machines on Land Cover Classification. *International Symposium on Intelligence Computation and Applications*, 316, 531-539.
- Huang, C., Davis, L.S., & Townshend, J.R.G. (2002). An Assessment of Support Vector machines for Land Cover Classification. *International Journal of Remote Sensing*, 23(4), 725-749.
- Jensen, J.R. (2000). *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective* (Upper Saddle River, NJ: Princeton Hall). pp:592.
- Jiang, X., Lin, M., & Zhao, J. (2011). Woodland cover change assessment using decision trees, support vector machines and artificial neural networks classification algorithms, *Fourth International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation*, 312-315.
- Jin, S., Homer, C., Yang, L., Xian, G., Fry, J., & Danielson, P. (2013). Automated cloud and shadow detection and filling using two-date Landsat imagery in the USA. *International Journal of Remote Sensing*, 34, 1540-1560.
- Kavzoglu, T., & Colkesen, I. (2009). A kernel functions analysis for support vector machines for land cover classification. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 11, 352-359.
- Keshavarz, A., & Ghasemian yazdi, H. (2006). A fast algorithm based on support vector machine for classification of spectral cloud images using spatial correlation. *Iranian Journal of Electrical Engineering and Computer Engineering*, 3, 37-44. (In Persian).
- Knorn, J., Rabe, A., Radeloff, V.C., Kuemmerle, T., Kozak, J., & Hostert, P. (2009). Land cover mapping of large areas using chain classification of neighboring Landsat satellite images. *Remote Sensing of Environment*, 113, 957-964.
- Kun, j., Shunlin, L., Ning, Zh., Xiangqin, W., Xingfa, G., Xiang, Zh., Yunjun, Y., & Xianhong, X. (2014). Land cover classification of finer resolution remote sensing data integrating temporal features from time series coarser resolution data. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 93, 49-55.
- Lausch, A., & Herzog, F., (2002). Applicability of Landscape Metrics for the Monitoring of Landscape Change: Issues of Scale, Resolution and Interpretability. *Ecological Indicators*, 2, 3-15. [https://doi.org/10.1016/S1470-160X\(02\)00053-5](https://doi.org/10.1016/S1470-160X(02)00053-5)
- Lefsky, M.A., & Cohen, W.B. (2003). Selection of remotely sensed data. In: *Remote sensing of forest environments*. Springer, pp 13-46.
- Mahdavian Cheshmeh Gol, A.A., & Mohammad Hoseinian, Sh. (2014). Comparison of maximum likelihood classification, nearest neighbor and neural network for satellite imagery. The first national conference on the use of advanced spatial analysis (remote sensing and GIS) models in landing. 5 and 6 March 2015, Islamic Azad University, Yazd, Iran. (In Persian).
- Master Plan of Bojagh National Park. (2011). Environmental Research Institute Academic Center for Education culture and Research., Rasht, Iran. (In Persian).
- Mazaheri, M.R., Esfandiari, M., Masih Abadi, M.H., & Kamali, A. (2013). Detecting temporal land use changes using remote sensing and GIS techniques (Case study: Jiroft, Kerman Province). *Remote sensing and GIS in natural resources*, 4(2), 25-40. (In Persian).

- Mirzaei Zadeh, V., Nik Nezhad, M., & Oladi, J. (2015). Evaluating non-parametric supervised classification algorithms in land cover map using LandSat-8 Images. *Remote sensing and GIS in natural resources*, 6(3), 1-14. (In Persian).
- Mokhtari, M.H., & Najafi, A. (2015). Comparison of Support Vector Machine and Neural Network Classification Methods in Land Use Information Extraction through Landsat TM Data. *Water and Soil Science*, 19(72), 25-45. (In Persian).
- Neiazi, Y., M.R. Ekhtesasi., H. Malekinezhad., S.Z. Hoseini., and J. Morshedi. 2010. Comparibson Between Two Classification Methods of Maximum likelihood and Artificial Neural Network for Providing Land Use Maps Case Study: Ilam Dam Area. *Geography and Development*, 8(20), 119-132. (In Persian).
- Pao, Y.H. (1989). *Adaptive pattern recognition and neural networks*. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc.
- Rasuli, A.A. (2008). *principles of applied remote sensing*. Tabriz: Tabriz University. (In Persian).
- Rezaei Moghaddam, M.H., & Valizadeh Kamran, Kh. (2015). Comparison of ANN and SVM methods in extraction Land Use/ Land Cover maps from Landsat 8 satellite image (Case Study: Sufi Chay Basin). *Geography and Planning journal*, 19(52), 163-183. (In Persian).
- Richards J., A. (2013). *Remote sensing digital image analysis, fifth edition*, springer, 494 pp.
- Srivastava, P.K., Han, D., Rico-Ramirez, M.A., Bray, M., & Islam, T. (2012). Selection of classification techniques for land use/land cover change investigation. *Advances in Space Research*, 50, 1250-1265.
- Yao, X., Tham, L.G., & Dai, F.C. (2008). Landslide Susceptibility Mapping Based on Support Vector Machine: A Case Study on Natural Slopes of Hong Kong, China, *Geomorphology*, 4(101), 572-582. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2008.02.011>
- Yosefi, S., Tazeh, M., Mirzaei, S., Moradi, H.R., & Tavangar, Sh. (2014). Comparison of different classification algorithms in satellite imagery to produce land use maps (Case study: Noor city). *Remote sensing and GIS in natural resources*, 5(3), 67-76. (In Persian).



تأثیر استفاده از پودر گیاه کامل شوید (*Anethum graveolens*) بر عملکرد، برخی فراسنجه‌های خونی و سیستم اسکلتی جوجه‌های گوشتی

علی ریعان محمصی^{۱*}، حسن درمانی کوهی^۱، رضا ناصری هرسینی^۲، حامد کیومرثی^۲، هوشنگ دهقان‌زاده^۲

۱- گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان، ایران

۲- بخش تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

چکیده

به منظور بررسی اثرات سطوح مختلف پودر گیاه کامل شوید (*Anethum graveolens*) بر عملکرد، غلظت برخی فراسنجه‌های خون و ویژگی‌های استخوان درشت‌نی جوجه‌های گوشتی، از ۲۰۰ قطعه جوجه یک روزه (راس ۳۰۸) در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار و پنج تکرار (۱۰ قطعه در هر تکرار) استفاده شد. جوجه‌ها به طور تصادفی در بین تیمارهای آزمایشی شامل سطوح صفر، ۰/۵، ۱/۰ و ۲/۰ درصد پودر گیاه کامل شوید توزیع شدند. در رابطه با میانگین خوراک مصرفی و افزایش وزن جوجه‌ها در کل دوره پرورش، تیمار یک درصد پودر شوید بالاترین و تیمار دو درصد پودر شوید ضعیف‌ترین عملکرد را نشان دادند و تیمارهای حاوی سطوح صفر و ۰/۵ درصد پودر شوید در حد واسط دو تیمار نخست قرار گرفتند ($P < 0.05$). از نظر ضریب تبدیل خوراک، تنها تفاوت معنی‌دار مشاهده شده در بین تیمارها به افزایش مقدار این ضریب در جوجه‌های تیمار حاوی دو درصد پودر گیاه شوید در کل دوره پرورش معطوف بود ($P < 0.05$). غلظت آنزیم آلکالین فسفاتاز سرم در دوره‌های ارزیابی (۲۱ و ۴۲ روزگی) در تیمار حاوی دو درصد پودر گیاه شوید افزایش معنی‌داری را در مقایسه با دیگر تیمارها نشان داد ($P < 0.05$). غلظت عناصر کلسیم و فسفر سرم تحت تأثیر جیره‌های آزمایشی قرار نگرفت. وزن، طول، عرض و درصد خاکستر استخوان درشت‌نی تفاوت معنی‌داری را در بین تیمارهای آزمایشی نشان نداد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که استفاده از یک درصد پودر گیاه شوید در جیره جوجه‌های گوشتی ضمن بهبود عملکرد رشد، تأثیر نامطلوبی بر روند رشد و نمو سیستم اسکلتی جوجه‌ها ندارد.

کلید واژه‌ها: پودر شوید (*Anethum graveolens*)، جوجه گوشتی، سیستم اسکلتی، عملکرد، فراسنجه‌های خون

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: ali_reyan2012@yahoo.com



Effect of using dill (*Anethum graveolens*) whole plant powder on performance of some blood parameters, and skeletal system of broilers

Ali Reyan Mohasesi^{1*}, Hasan Darmani Koochi¹, Reza Naseri Harsini², Hamed Kioumarsi²,
Houshang Dehghanzadeh²

1- Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Guilan, Rasht, Iran

2- Animal Science Research Department, Gilan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Gilan, Iran

Abstract

To investigate the effects of the whole dill plant powder different levels on performance of some blood parameters and tibial characteristics of broilers, 200 one-day-old male chicks (Ross-308) were used in a completely randomized design with four treatments and five replicates (10 chicks per replicate). Chicks were randomly distributed among the experimental treatments including 0, 0.5, 0.1, and 0.2% levels of whole dill plant powder. In regards to feed intake and weight gain during the entire growing period, the treatments contained 1% and 2% of dill plant powder had the highest and the lowest feed intake, respectively, and treatments containing 0.5% dill powder and control group were in the middle of the first two treatments ($P < 0.05$). In terms of feed conversion ratio, the only significant difference observed between treatments throughout the entire experimental period was a significant increase in the amount of feed conversion ratio in the chicks treated with 2% dill plant powder. Serum alkaline phosphatase concentration showed a significant increase in both assessing periods (21 and 42 days) for the 2% dill plant powder treatment compared to the other experimental treatments ($P < 0.05$). Serum calcium and phosphorus concentrations were not affected by experimental diets. The weight, length, width, and ash percentage of the tibial bone did not show any significant difference between the experimental treatments. The results of this study showed that using 1% of dill plant powder in broiler chicken diets, while improving growth performance, did not have any adverse effect on skeletal growth and development of chickens.

Keywords: Dill (*Anethum graveolens*) powder, Broiler chicken, Skeletal system, Performance, Blood parameters

* Corresponding author E-mail address: ali_reyan2012@yahoo.com

مقدمه

استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها در جیره طیور به عنوان محرک رشد به علت وجود باقی‌مانده آنتی‌بیوتیک و بروز مقاومت باکتری‌ها در اثر مصرف فرآورده‌ها و محصولات دام و طیور همواره مورد انتقاد پژوهشگران حوزه سلامت و مصرف کنندگان قرار گرفته و در سطح جهانی به عنوان مشکلی بهداشتی در رابطه با سلامت انسان و محیط زیست شناخته شده است (خان^۱ و همکاران، ۲۰۱۲). بسیاری از ترکیبات آنتی‌بیوتیکی مورد استفاده انسان، دام و طیور و آبزیان دارای درصدهای بالای دفع تغییر نیافته و یا متابولیت‌های دارویی هستند (داکو^۲ و همکاران، ۲۰۱۷). نکته مهم آن‌است که فقط کمتر از ۱۰ درصد مواد دارویی در بدن تغییر شکل می‌یابند و باقیمانده آن بدون هیچ تغییری از بدن دفع می‌گردد (ساغری^۳ و همکاران، ۲۰۱۴). با توجه به این که آنتی‌بیوتیک‌ها بر اساس تأثیر بر میکروارگانیسم‌ها طراحی می‌گردند، می‌توانند ارگانیسم‌هایی مانند باکتری‌ها، قارچ‌ها و جلبک‌های ریز را نیز تحت تأثیر قرار دهند. گسترش باکتری‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک، برهم زنده تعادل محیط زیست بوده و ایجاد عوارض پیش‌بینی نشده بر انسان و حیوانات از عواقب حضور این ترکیبات در محیط زیست خواهد بود (هادی^۴ و همکاران، ۲۰۱۱). در پی بروز این موارد، طیف گسترده‌ای از افزودنی‌ها با هدف معرفی جایگزینی مناسب و ایمن برای آنتی‌بیوتیک‌های محرک رشد مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفتند (خان و همکاران، ۲۰۱۲). هرچند مصرف آنتی‌بیوتیک‌های سنتتیک در دهه‌های گذشته توانسته در درمان بیماری‌های عفونی نقش مهمی را ایفا نماید، اما مشکلات عمده این مواد، شامل ایجاد مقاومت میکروبی، قیمت بالا و مشکلات محیط زیستی آنتی‌بیوتیک‌ها در فرد مصرف کننده موجب شده است که امروزه تمایل به مصرف مواد جایگزین با اثرات جانبی کمتر، بیش از پیش افزایش یابد (ارسلان^۵ و همکاران، ۲۰۰۴).

گیاهان دارویی و اسانس آن‌ها از جمله مهم‌ترین جایگزین‌های بالقوه برای آنتی‌بیوتیک‌ها بوده (ویندیسچ^۶ و همکاران، ۲۰۰۸) و از جمله مزایای احتمالی مرتبط با استفاده از این ترکیبات در تغذیه طیور می‌توان به مواردی شامل تحریک اشتها و مصرف خوراک، بهبود افزایش وزن و ضریب تبدیل خوراک (کریستاک^۷ و همکاران، ۲۰۱۱؛ بهادری^۸ و همکاران، ۲۰۱۳)، بهبود ترشح آندوژن آنزیم‌های هضمی و فعال‌سازی پاسخ ایمنی (ویندیسچ و همکاران، ۲۰۰۸؛ گراشورن^۹، ۲۰۱۰)، کاهش جمعیت میکروارگانیسم‌های پاتوژنیک و پایدارسازی اکوسیستم باکتریایی دستگاه گوارش (ویندیسچ و همکاران، ۲۰۰۸؛ ویسپات^{۱۰} و همکاران، ۲۰۱۹) و در نتیجه بهبود شرایط برای جذب مواد مغذی (حاجی‌آقاپور^{۱۱} و رضایی‌پور^{۱۲}، ۲۰۱۸) اشاره کرد.

شوید (*Anethum graveolens* L.) یک گیاه دارویی یکساله و متعلق به خانواده چتریان (Apiaceae) است که با دو رویکرد دارویی و خوراکی کشت و مورد استفاده قرار می‌گیرد. از جمله ترکیبات مؤثره موجود در اسانس شوید می‌توان به لیمونن (Limonen، ۳۰-۶۰ درصد)، کارون (Carvone، ۳۳ درصد) و آلفا-فلاندرن (α -phellandrene، ۲۰/۶۱) اشاره کرد (استاروی^{۱۳} و گیبونز^{۱۴}، ۲۰۰۵؛ سینتیم^{۱۵} و همکاران، ۲۰۱۶). آلفا-پینن (α -pinene)، دی‌ترپن (diterpene)، سینیئول (cineole)، میرسن (myrcene)، آپپول (apiol)، کامف (Campho) و بتا-سیمن (β -cymene) از دیگر ترکیبات مؤثره شناخته شده در گیاه شوید هستند (مجید^{۱۶}، ۲۰۰۶؛ رادولسکو^{۱۷} و همکاران، ۲۰۱۰). شوید به عنوان یک گیاه دارویی کاربرد فراوانی در بهبود اختلالات گوارشی مانند نفخ، سوءهاضمه و درد معده (حسین‌زاده^{۱۸} و همکاران، ۲۰۰۲؛ یزدان‌پرست و بهرامی‌کیا، ۲۰۰۸؛ کائور^{۱۹} و آرورا^{۲۰}، ۲۰۱۰) در انسان و کاهش سطوح کلسترول کل،

¹ Khan

² Duque

³ Sagheri

⁴ Hadi

⁵ Arsalan

⁶ Windisch

⁷ Christaki

⁸ Bahadori

⁹ Grashorn

¹⁰ Vispute

¹¹ Hajiaghapour

¹² Rezaei pour

¹³ Stavri

¹⁴ Gibbons

¹⁵ Sintim

¹⁶ Majeed

¹⁷ Radulescu

¹⁸ Hosseinzadeh

¹⁹ Kaur

²⁰ Arora

LDL-C و تری گلیسرید خون و افزایش سطح HDL-C خون در انسان و طیور (یزدان پرست و علوی^۱، ۲۰۰۱؛ یزدان پرست و بهرامی کیا، ۲۰۰۸؛ ترکی^۲ و همکاران، ۲۰۱۸) دارد. برگ شوید نیز حاوی مقادیر زیادی ویتامین A و ویتامین C بوده و دارای فیبر مناسبی است که به عنوان یک پری بیوتیک می تواند اثرات مثبتی را بر فلور میکروبی روده ها و روند جذب مواد مغذی در انسان و طیور بر جای گذارد (همود^۳ و همکاران، ۲۰۱۹).

در بررسی گزارش های منتشر شده در رابطه با تأثیر مصرف گیاه شوید بر معیارهای عملکردی، غلظت فراسنجه های خونی و ویژگی های فیزیولوژیک پرندگان نتایج متفاوتی مشاهده می شود. صرف نظر از تعدد عوامل تأثیرگذار حاکم بر هر پژوهش، شدت تفاوت ها در بین نتایج به دست آمده در حوزه هایی مانند عملکرد و ویژگی های فیزیولوژیک بیشتر بوده (برای مثال بهادری و همکاران، ۲۰۱۳؛ اسدی فیروزآبادی و طاهرپور، ۱۳۹۳؛ رفیعی طاری^۴ و همکاران، ۲۰۱۶) و در مواردی مانند تأثیر بر غلظت برخی فراسنجه های خونی اتفاق نظر بیشتری در بین نتایج ارائه شده مشاهده می شود (برای مثال ترکی و همکاران، ۲۰۱۸؛ همود و همکاران، ۲۰۱۹). از این روی پرداخت بیشتر به شناخت اثرات این گیاه دارویی بر پروسه پرورش طیور و عوامل مؤثر بر بروز این اثرات ضروری به نظر می رسد. علی رغم ارائه مطالبی در زمینه تأثیرگذاری مصرف گیاه شوید بر غلظت هورمون های تیروئیدی (آجیث^۵ و جاناردهانان^۶، ۲۰۰۷)، تا کنون عواقب ناشی از این تأثیرگذاری بالقوه بر روند سوخت و ساز بدن، به ویژه در زمینه شکل گیری و رشد سیستم استخوانی بدن پرنده، پژوهشی به انجام نرسیده است. با توجه به پتانسیل متابولیک استفاده از گیاهان دارویی، به عنوان جایگزینی برای آنتی بیوتیک های محرک رشد، در بهبود عملکرد طیور گوشتی و لذا کاهش اثرات نامطلوب محیط زیستی ناشی از مصرف ترکیبات سنتتیک محرک رشد، پژوهش حاضر با هدف بررسی میزان افزودن سطوح مختلف پودر گیاه کامل شوید بر عملکرد رشد، غلظت برخی فراسنجه های خونی و ویژگی های استخوان درشتنی جوجه های گوشتی طراحی و انجام شد.

مواد و روش ها

در مطالعه حاضر از ۲۰۰ قطعه جوجه خروس گوشتی یک روزه (راس ۳۰۸) بر اساس طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار و پنج تکرار و ۱۰ مشاهده در هر تکرار انجام شد. دمای محیطی سالن با توجه به توصیه های ارائه شده برای سویه راس (راس ۲۰۰۷) در طول دوره تنظیم گردید. برنامه نوردی در سه روز نخست به صورت نوردی پیوسته و از روز چهارم به صورت اعمال ۲۳ ساعت روشنایی و یک ساعت تاریکی اجرا شد. برنامه غذایی شامل جیره های آغازین (۲۱-۱ روزگی) و رشد (۴۲-۲۲ روزگی) بود و به شکل آردی و دسترسی آزادانه به پرنده ها خوراندن شد (جدول ۱). پس از تهیه گیاه شوید از منابع محلی، به منظور خشک کردن گیاه به مدت ۷۲ ساعت بر روی بستر توری با ارتفاع نیم متر از سطح زمین در مقابل هوا قرار گرفت، از محصول خشک شده پنج زیر نمونه به منظور تعیین مقدار مواد مغذی شامل ماده خشک، پروتئین خام، عصاره اتری، فیبر خام، عصاره عاری از ازت و خاکستر اخذ و طبق روش های AOAC (۱۹۹۰) آنالیز شدند. انرژی قابل متابولیسم نمونه ها بر مبنای این آنالیز و با استفاده از معادله ارائه شده توسط مدوگو^۷ و همکاران (۲۰۱۰) محاسبه شد. میانگین نتایج حاصل شده برای ترکیب شیمیایی گیاه شوید در جدول (۲) ارائه شده است. تیمارهای آزمایشی در دوره های آغازین و رشد با افزودن سطوح مختلف پودر گیاه کامل شوید به جیره پایه شکل گرفته و عبارت بودند از: تیمار ۱: جیره پایه (فاقد پودر گیاه شوید) به عنوان تیمار شاهد، تیمار ۲: جیره پایه حاوی ۰/۵ درصد پودر گیاه شوید؛ تیمار ۳: جیره پایه حاوی ۱/۰ درصد پودر گیاه شوید و تیمار ۴: جیره پایه حاوی ۲/۰ درصد پودر گیاه شوید.

به منظور ثبت رکوردهای عملکردی، جوجه ها در هر تکرار، در بدو ورود به سالن پرورش و در ادامه در پایان هر هفته به صورت گروهی توزین شدند. میزان خوراک مصرفی برای هر تکرار نیز به صورت هفتگی در هر تکرار اندازه گیری شد و در نهایت با استفاده از این اطلاعات ضریب تبدیل خوراک جوجه ها در هر تکرار محاسبه گردید. در انتهای دوره آغازین (۲۱ روزگی) یک پرنده از هر تکرار با وزن بدن نزدیک به میانگین وزنی تکرار مربوطه انتخاب و پس از اعمال دو ساعت گرسنگی، مقدار یک سی سی خون از طریق ورید زیربالب گرفته شد. پیش از برگرداندن جوجه ها به پنه های مربوطه، جوجه ها با استفاده از حلقه پا علامت گذاری شدند و در ۴۲ روزگی نیز بار دیگر از همان جوجه ها خونگیری شد. نمونه های خون اخذ شده در هر دوره با هدف جداسازی سرم بلافاصله به لوله های آزمایشی فاقد ماده ضد انعقاد منتقل

¹ Alavi

² Turki

³ Hammod

⁴ Raffiei-Tari

⁵ Ajith

⁶ Janardhanan

⁷ Medugu

شدند. سرم لوله‌های حاوی خون لخته شده از طریق سانتریفیوژ نمونه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۱۰۰۰ دور در دقیقه جدا شد. نمونه‌های سرم جدا شده در میکروتیوب‌های ۰/۵ میلی‌لیتری تخلیه و ابتدا در دمای ۱۰- و سپس در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت نگهداری شده و در ادامه غلظت آنزیم آلکالین فسفاتاز (ALP) و غلظت عناصر کلسیم (Ca) و فسفر (P) در این نمونه‌ها بر مبنای روش‌های رنگ‌سنجی و با استفاده از کیت‌های تشخیص طبی شرکت پارس آزمون اندازه‌گیری شد.

جدول ۱- ترکیب مواد خوراکی و مواد مغذی در دوره‌های آغازین و رشد

اجزای خوراک (درصد)	دوره آغازین (۱ تا ۲۱ روزگی)				دوره رشد (۲۲ تا ۴۲ روزگی)			
	صفر درصد	۰/۵ درصد	۱ درصد	۲ درصد	صفر درصد	۰/۵ درصد	۱ درصد	۲ درصد
ذرت	۵۲/۱۵	۵۱/۵۸	۵۱/۰۲	۴۹/۸۵	۵۹/۲۱	۵۸/۷۷	۵۷/۸۲	۵۷/۸۲
کنجاله سویا	۳۹/۶۸	۳۹/۷۸	۳۹/۸۳	۴۰/۰۱	۳۳/۸۵	۳۳/۳۱	۳۳/۳	۳۳/۳
روغن سویا	۳/۵	۳/۵	۳/۵۱	۳/۴۹	۲/۸۱	۲/۸	۲/۷۴	۲/۷۴
پوسته صدف	۱/۲۵	۱/۲۵	۱/۲۵	۱/۲۵	۱/۰۳	۱/۰۳	۱/۰۳	۱/۰۳
دی کلسیم فسفات	۱/۹۲	۱/۹۱	۱/۸۹	۱/۸۹	۱/۷۰	۱/۶۹	۱/۶۹	۱/۶۹
نمک	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۴۰
لیزین	۰/۲۲	۰/۲۲	۰/۲۲	۰/۲۲	۰/۱۷	۰/۱۹	۰/۱۹	۰/۱۹
متیونین	۰/۳۸	۰/۳۸	۰/۳۸	۰/۳۸	۰/۳۱	۰/۳۲	۰/۳۲	۰/۳۲
مکمل معدنی و ویتامینی ^۱	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵
گیاه کامل شوید	۰	۰/۵	۱	۲	۰	۱	۲	۲
ترکیب شیمیایی جیره ^۲								
انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری در کیلوگرم)	۲۹۵۰	۲۹۵۰	۲۹۵۰	۲۹۵۰	۲۹۵۰	۳۰۰۰	۳۰۰۰	۳۰۰۰
پروتئین خام (درصد)	۲۲/۰۴	۲۲/۱۳	۲۲/۲۲	۲۲/۴۱	۲۰/۰۲	۲۰/۰۲	۲۰/۱۴	۲۰/۱۴
کلسیم (درصد)	۱/۰۵	۱/۰۵	۱/۰۵	۱/۰۵	۰/۹	۰/۹	۰/۹	۰/۹
فسفر (درصد)	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۴۵	۰/۴۵	۰/۴۵	۰/۴۵
لازین (درصد)	۱/۴۳	۱/۴۳	۱/۴۳	۱/۴۳	۱/۲۴	۱/۲۴	۱/۲۴	۱/۲۴
متیونین+سیستئین (درصد)	۱/۰۷	۱/۰۷	۱/۰۷	۱/۰۷	۰/۹۵	۰/۹۵	۰/۹۵	۰/۹۵

^۱ پرمیکس (در کیلوگرم جیره): ویتامین A، ۴۰۰ واحد بین‌المللی؛ ویتامین D، ۲۵۰ واحد بین‌المللی؛ ویتامین E، ۳۰ میلی‌گرم؛ ویتامین C، ۳۰ میلی‌گرم؛ ویتامین K3، ۱۳ میلی‌گرم؛ ویتامین B1، ۱۰ میلی‌گرم؛ ویتامین B2، ۱۶ میلی‌گرم؛ ویتامین B6، ۱۲ میلی‌گرم؛ ویتامین B12، ۰/۱ میلی‌گرم؛ پنتوتنات کلسیم، ۶۰ میلی‌گرم؛ اسید فولیک، ۰/۲ میلی‌گرم؛ اسید نیکوتینیک، ۸۳ میلی‌گرم؛ کولین، ۱۰۵ میلی‌گرم؛ کبالت، ۰/۴ میلی‌گرم؛ مس، ۳/۷ میلی‌گرم؛ ید، ۰/۵ میلی‌گرم؛ منگنز، ۸۶ میلی‌گرم؛ منیزیم، ۱۰۸ میلی‌گرم؛ روی، ۶۲ میلی‌گرم؛ آهن، ۴۲ میلی‌گرم؛ کلسیم، ۱۱ میلی‌گرم؛ سدیم، ۳۹۰ میلی‌گرم؛ کلر، ۶۷۱ میلی‌گرم؛ پتاسیم، ۷۸ میلی‌گرم و متیونین، ۴۵ میلی‌گرم.

^۲ با استناد به جداول NRC (۱۹۹۴).

به منظور ارزیابی اثرات مصرف پودر گیاه شوید بر ویژگی‌های استخوان درشت‌نی جوجه‌ها، در روزهای ۲۱ و ۴۲ از دوره پرورش، از هر تکرار یک جوجه با وزن بدن نزدیک به میانگین وزنی تکرار مربوطه انتخاب و ذبح شد. در ادامه، پس از جدا سازی امعاء و احشاء، لاشه در راستای محور طولی بدن به دو نیم تقسیم شده و استخوان درشت‌نی نیمه راست هر لاشه جهت بررسی ویژگی‌های استخوانی از لاشه جدا شد. هر استخوان پس از پاکسازی کامل عضلات، لیگامنت‌ها، عروق خونی و غضروف ایبی‌فیز، برای خشک شدن به مدت ۲۴ ساعت در آون (Memert- UN 55، آلمان) با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. پس از پایان این زمان هر استخوان به مدت ۳۰ دقیقه در دسیکاتور قرار گرفته و سپس با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم توزین شد و طول و عرض (در میانه طول استخوان) هر استخوان با استفاده از ابزار کولیس اندازه‌گیری شد. به منظور تعیین درصد خاکستر استخوان درشت‌نی، استخوان‌های خشک شده به ترتیب و در هر نوبت به مدت ۲۴ ساعت در محلول‌های متانول و دی‌متیل اتر چربی زدایی شده و در ادامه به وسیله هاون چینی آسیاب شدند. سپس یک گرم از هر استخوان در بوتله چینی توزین و به مدت ۲۴ ساعت در درون کوره الکتریکی با دمای ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد (آرچر^۱ و تیلور^۱، ۱۹۹۶).

^۱ Archer

پژوهش حاضر در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار و پنج تکرار طراحی و اجرا شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS ویرایش ۹/۱ (۲۰۰۴) تجزیه شد. قبل از تجزیه داده‌ها، نرمال بودن توزیع داده‌ها به کمک آزمون کولموگروف-اسمیرنوف انجام شد. پارامترهای موردنظر با استفاده از رویه GLM آنالیز شد (رابطه ۱) و میانگین آثار معنی‌دار در تجزیه واریانس با آزمون دانکن دو دامنه و فرض خطای ۰/۰۵ مقایسه شد.

$$X_{ij} = \mu + T_i + e_{ij} \quad (1)$$

در این رابطه μ اثر میانگین، T_i اثر تیمار i ام و e_{ij} اثر اشتباه آزمایشی مربوط به تیمار i ام در تکرار j ام است.

جدول ۲- آنالیز تقریبی گیاه کامل شوید (ماده خشک)^۱

ماده مغذی	ماده خشک	پروتئین	عصاره اتری	فیبرخام	عصاره عاری از ازت	خاکستر	انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری/کیلوگرم) ^۲
درصد	۹۱/۸۵	۱۴/۴۸	۱۱/۵۴	۱۵/۶۳	۴۰/۱۸	۷/۷۰	۲۸۷۶

^۱ مقادیر این جدول میانگین چهار نمونه بودند.

^۲ مقدار انرژی قابل متابولیسم ظاهری (کیلوکالری در کیلوگرم) با معادله پیشنهادی زیر بدست آمده است (مدوگو و همکاران، ۲۰۱۰):
(۳۵×درصد عصاره عاری از ازت)+(۳۷×درصد پروتئین خام)+(۸۱×درصد عصاره اتری)

یافته‌های پژوهش

- عملکرد رشد

تأثیر استفاده از پودر گیاه شوید بر میانگین خوراک مصرفی، افزایش وزن و ضریب تبدیل خوراک جوجه‌ها در جدول (۳) نشان داده شده است. در دوره آغازین، میزان خوراک مصرفی جوجه‌های تغذیه شده با سطح یک درصد پودر گیاه شوید به طور بسیار معنی‌داری بیش از مقدار مشاهده شده در دیگر تیمارهای آزمایشی بود ($P < 0/01$). در این دوره مصرف خوراک جوجه‌های تغذیه شده با سطوح صفر و دو درصد پودر گیاه شوید به طور بسیار معنی‌داری کمتر از جوجه‌های سایر تیمارهای آزمایشی بود ($P < 0/01$) و گروه تغذیه شده با سطح ۰/۵ درصد از پودر گیاه شوید با اختلافی معنی‌دار ($P < 0/01$) در حدواسط دو دسته فوق قرار داشت. در دوره رشد، جوجه‌های تغذیه شده با سطح دو درصد پودر گیاه شوید مصرف خوراک کمتری در مقایسه با جوجه‌های سایر تیمارهای آزمایشی داشتند ($P < 0/01$); در حالی که در این دوره تفاوت معنی‌داری بین میزان خوراک مصرفی سایر جوجه‌ها مشاهده نشد ($P > 0/05$). در کل دوره آزمایش نیز جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با یک درصد از پودر گیاه شوید بالاترین میزان مصرف خوراک و گروه تغذیه شده با سطح دو درصد از این گیاه کمترین میزان مصرف خوراک را در مقایسه با جوجه‌های سایر تیمارها داشتند ($P < 0/01$). در این بازه زمانی تفاوت معنی‌داری بین مصرف خوراک جوجه‌های تیمارهای شاهد و جوجه‌های تغذیه شده با سطح ۰/۵ درصد پودر گیاه شوید وجود نداشت ($P > 0/05$). میانگین افزایش وزن تیمارهای آزمایشی در طی دوره آغازین تفاوت معنی‌داری را نشان نداد ($P > 0/05$). با این وجود، در دوره رشد و نیز در کل دوره آزمایش، جوجه‌های تغذیه شده با سطح یک درصد از پودر گیاه شوید بالاترین و گروه تغذیه شده با سطح دو درصد از پودر این گیاه کمترین میانگین افزایش وزن را در مقایسه با سایر تیمارها از خود نشان دادند ($P < 0/01$). در رابطه با ضریب تبدیل خوراک جوجه‌ها در دوره آغازین تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی مشاهده نشد ($P > 0/05$). در دوره رشد، ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های تغذیه شده با دو درصد پودر گیاه شوید به طور معنی‌داری بالاتر از مقدار مربوط به جوجه‌های تغذیه شده با سطوح ۰/۵ و یک درصد پودر گیاه شوید بود ($P < 0/05$) و گروه شاهد در این دوره با تفاوتی غیرمعنی‌دار در حدواسط تیمارهای فوق قرار داشت ($P > 0/05$). در کل دوره آزمایش نیز جوجه‌های تغذیه شده با دو درصد پودر گیاه شوید بالاترین ضریب تبدیل خوراک را در مقایسه با سایر تیمارهای آزمایشی نشان دادند ($P < 0/05$) و از این نظر، علی‌رغم برتری نسبی تیمار حاوی یک درصد پودر شوید، تفاوت معنی‌داری در بین دیگر تیمارهای آزمایشی مشاهده نشد ($P > 0/05$).

جدول ۳- اثر خوراندن پودر گیاه کامل شوید بر عملکرد جوجه‌های گوشتی در دوره‌های مختلف پرورش

P-value	SEM	۲ درصد	۱ درصد	۰/۵ درصد	صفر درصد	تیمارها/پودر گیاه شوید مصرف خوراک (گرم)
۰/۰۰۰۱	۱۰/۰۰	۹۲۸/۳ ^c	۱۰۲۲/۷ ^a	۹۸۴/۴ ^b	۹۴۱/۸ ^c	۱-۲۱ روزگی
۰/۰۰۲۵	۴۷/۹۳	۳۰۰۷/۹ ^b	۳۴۵۵/۴ ^a	۳۲۷۰/۵ ^a	۳۲۵۸/۴ ^a	۲۲-۴۲ روزگی
۰/۰۰۰۸	۵۵/۳۱	۳۹۳۶/۳ ^c	۴۴۷۸/۲ ^a	۴۲۵۵/۰ ^b	۴۲۰۰/۳ ^b	۱-۴۲ روزگی
افزایش وزن (گرم)						
۰/۰۶۰۲	۷/۸۲	۶۱۰/۹	۶۶۷/۳	۶۳۸/۶	۶۳۹/۰	۱-۲۱ روزگی
۰/۰۰۰۱	۴۰/۲۰	۱۳۸۷/۶ ^c	۱۸۲۱/۱ ^a	۱۶۶۰/۳ ^b	۱۶۱۴/۱ ^b	۲۲-۴۲ روزگی
۰/۰۰۰۱	۴۴/۵۳	۱۹۹۸/۶ ^c	۲۴۸۸/۴ ^a	۲۳۰۰/۲ ^b	۲۲۶۳/۱ ^b	۱-۴۲ روزگی
ضریب تبدیل خوراک						
۰/۳۴۵۷	۰/۰۲۵	۱/۵۲	۱/۵۳	۱/۵۴	۱/۴۷	۱-۲۱ روزگی
۰/۰۱۱۱	۰/۰۳۴	۲/۱۶ ^a	۱/۸۹ ^b	۱/۹۷ ^b	۲/۰۲ ^{ab}	۲۲-۴۲ روزگی
۰/۰۱۵۴	۰/۰۲۲	۱/۹۷ ^a	۱/۸۰ ^b	۱/۸۵ ^b	۱/۸۵ ^b	۱-۴۲ روزگی

^{a,b,c} میانگین‌های با حروف غیرمشابه در هر ردیف از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر دارند ($P < 0/05$).

- فراسنجه‌های سرم

نتایج مربوط به تأثیر استفاده از سطوح مختلف پودر گیاه شوید بر غلظت کلسیم، فسفر و آنزیم آلکالین فسفاتاز سرم خون جوجه‌های گوشتی در جدول (۴) ارائه شده است. در ارزیابی‌های به عمل آمده در پایان دوره‌های آغازین (۲۱ روزگی) و رشد (۴۲ روزگی) مشاهده شد که افزایش درصد پودر گیاه شوید در جیره تا سطح یک درصد، علی‌رغم نمایش روند افزایشی، تأثیر معنی‌داری بر غلظت آنزیم آلکالین فسفاتاز سرم جوجه‌ها در مقایسه با گروه شاهد ندارد ($P > 0/05$). با این وجود، استفاده از دو درصد پودر گیاه شوید در ترکیب جیره، غلظت آنزیم آلکالین فسفاتاز سرم را به طور معنی‌داری در قیاس با دیگر تیمارها افزایش داد ($P < 0/05$). در پژوهش حاضر غلظت عناصر کلسیم و فسفر سرم در هیچ یک از دو دوره ارزیابی تفاوت معنی‌داری را در بین تیمارهای آزمایشی نشان نداد ($P > 0/05$), هر چند روندی کاهشی در غلظت این عناصر با افزایش سطح پودر گیاه شوید در جیره قابل مشاهده است.

جدول ۴- اثر خوراندن پودر گیاه کامل شوید بر غلظت کلسیم، فسفر و آنزیم آلکالین فسفاتاز سرم جوجه‌های گوشتی در سنین ۲۱ و ۴۲ روزگی

پودر گیاه شوید	۲۱ روزگی			۴۲ روزگی		
	آلکالین فسفاتاز (mg/dL)	فسفر (mg/dL)	کلسیم (mg/dL)	آلکالین فسفاتاز (mg/dL)	فسفر (mg/dL)	کلسیم (mg/dL)
صفر درصد	۵۳۶۱/۲۲ ^b	۵/۳۳	۶/۷۳	۳۴۷۴/۳۰ ^b	۵/۵۳	۸/۲۹
۰/۵ درصد	۵۳۸۳/۵۴ ^b	۵/۱۷	۶/۵۲	۳۴۸۳/۶۹ ^b	۵/۵۶	۸/۱۷
۱ درصد	۵۴۹۰/۷۱ ^b	۵/۶۱	۶/۴۷	۳۷۷۷/۵۵ ^b	۵/۴۴	۸/۰۴
۲ درصد	۶۲۳۵/۰۵ ^a	۴/۹۹	۶/۳۴	۴۴۴۵/۲۹ ^a	۵/۲۲	۸/۰۱
SEM	۱۳۰/۲۱۴	۰/۱۶۸	۰/۱۱۲	۱۰۵/۸۹۰	۰/۱۵۳	۰/۰۷۹
P-value	۰/۰۳۷۲	۰/۶۵۳۳	۰/۶۵۸۱	<۰/۰۰۰۱	۰/۸۷۵۵	۰/۶۰۹۴

^{a,b} میانگین‌های با حروف غیرمشابه در هر ستون از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر دارند ($P < 0/05$).

- ویژگی‌های استخوان درشتنی

با توجه به مشاهده روند کاهشی در غلظت عناصر کلسیم و فسفر خون توأم با افزایش درصد پودر گیاه شوید در جیره، در پژوهش حاضر به منظور بررسی بیشتر تأثیر مصرف این گیاه بر روند متابولیسم این عناصر، ویژگی‌های استخوان درشتنی جوجه‌های گوشتی نیز مورد سنجش قرار گرفت. طبق نتایج به دست آمده ویژگی‌های استخوان درشتنی، شامل وزن، طول، عرض و درصد خاکستر این استخوان، در هیچ یک از دو دوره ارزیابی تحت تأثیر افزودن پودر گیاه شوید به جیره یا سطح مصرف آن قرار نگرفت ($P > 0/05$; جدول ۵). با این حال می‌توان در سن ۴۲ روزگی برتری عددی درصد خاکستر استخوان درشتنی در جوجه‌های تغذیه شده با جیره حاوی پودر گیاه شوید در

مقایسه با گروه شاهد را مشاهده نمود. با استناد به این نتایج می‌توان اظهار داشت که مصرف پودر گیاه شوید، علی‌رغم بروز نشانه‌هایی از تغییر در غلظت عناصر اصلی سازنده شالوده استخوان‌ها، در طول دوره پرورش جوجه‌های گوشتی تأثیر معنی‌داری بر پروسه استخوان‌سازی در بدن نخواهد داشت.

جدول ۵- اثر خوراندن پودر گیاه کامل شوید بر ویژگی‌های استخوان درشت‌نی^۱ جوجه‌های گوشتی در سنین ۲۱ و ۴۲ روزگی

پودر گیاه شوید	۲۱ روزگی				۴۲ روزگی			
	وزن (gr)	طول (cm)	عرض (cm)	خاکستر (%)	وزن (gr)	طول (cm)	عرض (cm)	خاکستر (%)
صفر درصد	۱/۴۰	۶/۱۸	۰/۴۴	۳۲/۷۴	۴/۹۸	۹/۴۲	۰/۷۴	۳۷/۸۱
۰/۵ درصد	۱/۳۴	۶/۱۳	۰/۴۷	۳۲/۰۰	۴/۹۶	۹/۵۰	۰/۷۵	۳۹/۷۵
۱ درصد	۱/۴۱	۶/۳۱	۰/۴۷	۳۲/۵۵	۴/۹۴	۹/۴۵	۰/۷۲	۳۹/۵۰
۲ درصد	۱/۳۱	۶/۳۰	۰/۴۳	۳۱/۹۵	۴/۹۲	۹/۴۲	۰/۷۴	۳۹/۰۳
SEM	۰/۰۲۱	۰/۰۳۹	۰/۰۱۰	۰/۴۱۰	۰/۱۲۸	۰/۰۵۳	۰/۰۱۰	۰/۵۹۷
P-value	۰/۳۱۹	۰/۵۲۵	۰/۰۵۴۳	۰/۹۰۲	۰/۹۹۷	۰/۹۶۵	۰/۸۷۵	۰/۰۷۱

^۱ استخوان درشت‌نی نیمه راست بدن پنج قطعه جوجه گوشتی به ازای هر تیمار برای تعیین ویژگی‌های استخوان مورد استفاده قرار گرفت.

بحث و نتیجه‌گیری

در گزارش‌های متعددی به مشاهده اثرات مثبت ناشی از مصرف گیاهان دارویی یا اسانس آن‌ها بر عملکرد رشد پرندگان اشاره شده است (گارسیا^۱ و همکاران، ۲۰۰۷؛ ارتر^۲ و همکاران، ۲۰۱۰). بروز این اثرات عمدتاً به ماهیت و عملکرد آنتی‌بیوتیکی و ضدویروسی این گیاهان و نیز تحریک ترشح آنزیم‌های هضمی نسبت داده شده است (ژانگ^۳ و همکاران، ۲۰۰۷، ارتر و همکاران، ۲۰۱۰). رفیعی طاری و همکاران (۲۰۱۶) افت معنی‌دار میانگین مصرف خوراک بلدرچین‌های ژاپنی در طی دوره یک ماهه افزودن سه درصد پودر دانه شوید به جیره را مشاهده کردند ($P < 0/05$). در مقابل، بهادری و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که مصرف پودر شوید در دوره آغازین (۱ تا ۲۱ روزگی) تأثیری بر میزان خوراک مصرفی جوجه‌های گوشتی نداشت ($P > 0/05$)؛ اما در طی دوره رشد (۲۲ تا ۴۲ روزگی) جوجه‌های تغذیه شده با پودر شوید در مقایسه با گروه شاهد (جیره پایه فاقد پودر گیاه دارویی) مصرف خوراک بالاتری داشتند ($P < 0/05$). اسدی فیروزآبادی و طاهرپور (۱۳۹۳) نیز مشاهده کردند که افزودن یک درصد پودر شوید یا یک درصد پودر شوید و پونه، با نسبت مشابه، به جیره جوجه‌های گوشتی تأثیر معنی‌داری بر میانگین مصرف خوراک جوجه‌ها نداشت ($P > 0/05$). با بررسی نتایج به دست آمده در پژوهش حاضر و نیز نتایج گزارش شده در دیگر پژوهش‌ها به نظر می‌رسد که تفاوت در سطح مصرف گیاه شوید از مهمترین دلایل بروز نتایج متفاوت در بین پژوهش‌ها در رابطه با الگوی تغییر خوراک مصرفی پرندهاست. از طرف دیگر، کاهش مشاهده شده در میزان خوراک مصرفی جوجه‌های تغذیه شده با تیمار حاوی دو درصد پودر گیاه شوید در مقایسه با سایر تیمارهای آزمایشی پژوهش حاضر می‌تواند تا حدی ناشی از غلبه مزه تند این گیاه باشد که از طریق تغییر در طعم جیره مقدار مصرف خوراک را در پرندگان تحت تأثیر قرار می‌دهد (پاندا^۴، ۲۰۰۸). بهادری و همکاران (۲۰۱۳) اثر سطوح مختلف پودر گیاه شوید بر عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی را مورد بررسی قرار داده و گزارش کردند در حالی که افزودن پودر گیاه شوید به جیره تأثیر معنی‌داری بر میانگین افزایش وزن جوجه‌ها در دوره آغازین نداشت، اما در دوره رشد (۲۲-۴۲ روزگی) بهبود معنی‌دار ($P < 0/05$) این شاخص عملکردی را سبب شد؛ نتیجه‌ای که با یافته‌های پژوهش حاضر تا سطح یک درصدی افزودن پودر گیاه شوید به جیره همخوانی کامل دارد. در پژوهش اسدی فیروزآبادی و طاهرپور (۱۳۹۳) نیز مصرف تیمار حاوی یک درصد از ترکیب پودر گیاهان شوید و پونه، با نسبت مشابه، در دوره رشد (۲۹ تا ۴۲ روزگی) و نیز در کل دوره آزمایش بهبود معنی‌دار میانگین افزایش وزن روزانه در مقایسه با گروه تغذیه شده با جیره پایه (فاقد پودر گیاهان دارویی) را موجب شد ($P < 0/05$) که نتیجه‌گیری اخیر با یافته‌های به دست آمده در تیمار سوم پژوهش حاضر (سطح یک درصد پودر شوید) همخوانی دارد.

^۱ Garcia

^۲ Erenner

^۳ Zhang

^۴ Panda

گیاه شوید از یک سوی به واسطه وجود ترکیبات آروماتیکی که پتانسیل افزایش خوشخوراکی جیره را دارند و از سوی دیگر با دارا بودن ترکیبات پری بیوتیکی می تواند در تحریک اشتها، کاهش جمعیت میکروارگانسیم های پاتوژنیک روده و بهبود پروسه های هضم و جذب مواد مغذی در دستگاه گوارش نقش داشته باشد (تلیز^۱ و همکاران، ۲۰۰۲؛ ابراهیم، ۲۰۰۵؛ ویندیسچ و همکاران، ۲۰۰۸؛ گراشورن، ۲۰۱۰؛ همود و همکاران، ۲۰۱۹). با این وجود، همان طور که اشاره شد به نظر می رسد بروز اثرات مثبت یا منفی ناشی از مصرف گیاهان دارویی تا حد زیادی وابسته به مقدار استفاده از آن هاست. برای مثال، گزارش شده است که مصرف گیاه شوید می تواند به واسطه سازوکارهایی نامشخص، افزایش ترشح و غلظت هورمون های تریپتوفان و تیروکسین و کاهش غلظت تیروتروپین را سبب شود (آجیث و جاناردهانان، ۲۰۰۷). افزایش غلظت هورمون های تیروئیدی به معنی صدور فرمان افزایش نرخ سوخت و ساز در بدن است (ساک^۲ و همکاران، ۲۰۱۱). لذا، به نظر می رسد استفاده طولانی مدت از این گیاه، به ویژه در مقادیر بالا، بروز پرکاری تیروئید و عوارض ثانویه ناشی از آن، از جمله کاهش وزن، را در پی داشته باشد (والدنستد^۳، ۲۰۰۶)؛ پدیده ای که در پژوهش حاضر نیز در گروه تغذیه شده با سطح دو درصد از پودر گیاه شوید قابل مشاهده است. نمونه های دیگری از این دست اثرات منفی ناشی از مصرف سطوح بالای گیاهان دارویی در جوجه های گوشتی نیز گزارش شده است (ابراهیم و همکاران، ۲۰۰۷).

در پژوهش حاضر افزودن پودر گیاه شوید به جیره تا سطح یک درصد تأثیر معنی داری بر ضریب تبدیل خوراک جوجه های گوشتی نداشت؛ با این حال افزایش سطح پودر این گیاه از یک به دو درصد با افزایش معنی دار ضریب تبدیل خوراک جوجه ها همراه بود ($P < 0.05$)؛ جدول ۳. در همخوانی نسبی با یافته های مذکور، بهادری و همکاران (۲۰۱۳) در دوره های مختلف پرورش تغییر معنی داری در ضریب تبدیل خوراک جوجه های گوشتی در اثر مصرف پودر شوید مشاهده نکردند ($P > 0.05$). محمدی علی آبادی^۴ و امیری اندی^۵ (۲۰۱۴) گزارش کردند که در اثر خوراندن یک درصد پودر گیاه شوید به جوجه های گوشتی تغییر معنی داری در ضریب تبدیل خوراک و دیگر معیارهای عملکرد رشد شامل میانگین خوراک مصرفی و افزایش وزن حاصل نشد. در مقابل، اسدی فیروزآبادی و طاهرپور (۱۳۹۳) در پی تغذیه جوجه های گوشتی با یک درصد از پودر دو گیاه شوید و پونه و نیز رفیعی طاری و همکاران (۲۰۱۶) با تغذیه بلدرچین های ژاپنی با سه درصد دانه شوید کاهش معنی دار ضریب تبدیل خوراک را مشاهده کردند ($P < 0.05$). ال-گندی^۶ و همکاران (۱۹۹۴) نیز بهبود ضریب تبدیل خوراک جوجه های گوشتی بر اثر خوراندن گیاهان دارویی را گزارش کرده ($P < 0.05$) و بروز این مشاهده را به بهبود قابلیت هضم پروتئین جیره در روده باریک نسبت دادند. جامروز^۷ و کامل^۸ (۲۰۰۲) و ریچتر^۹ (۲۰۱۰) نیز بهبود احتمالی ضریب تبدیل خوراک در اثر مصرف گونه های مختلف گیاهان دارویی را ناشی از تأثیر مثبت مواد مؤثره گیاهان دارویی روی پروسه هضم مواد مغذی به واسطه بهبود فعالیت آنزیم های هیدرولیزکننده دانسته اند. ویسپات و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند که کربوهیدرات های موجود در گیاهان دارویی از قبیل اولیگوساکاریدها در شرایط تخمیر بی هوازی باعث کاهش pH در بخش پایینی روده کوچک می شوند که این خود از طریق کاهش جمعیت باکتریایی های بیماری زا در روده منجر به بهبود در راندمان استفاده از خوراک مصرفی خواهد شد.

ارنر و همکاران (۲۰۱۰) تحریک سیستم اندوکراین و ایمنی بدن را از جمله اثرات مرتبط با مصرف گیاهان دارویی دانسته اند. بسته به شدت و ضعف بروز این اثرات، برخی گزارش ها حاکی از آن هستند که تحریک سیستم ایمنی بدن ممکن است اثرات منفی بر عملکرد رشد داشته باشد؛ چرا که در چنین شرایطی بخش بیشتری از مواد مغذی در یافت شده برای تولید پادتن ها و توسعه اندام های ایمنی مورد استفاده قرار می گیرد تا این که به مهیا کردن شرایط رشد حیوان اختصاص یابد (خداماشی امامی^{۱۰} و همکاران، ۲۰۱۲). یکی از دلایل احتمالی کاهش معنی دار میانگین افزایش وزن بدن و افزایش ضریب تبدیل خوراک در تیمار حاوی دو درصد پودر گیاه شوید در مقایسه با گروه شاهد می تواند مرتبط با این موضوع باشد؛ هر چند در پژوهش حاضر معیارهای سنجش وضعیت ایمنی جوجه های گوشتی مورد بررسی قرار نگرفت. با این وجود، اسدی فیروزآبادی و طاهرپور (۱۳۹۳) وزن بالاتر اندام های لنفاوی بورس و تیموس را در جوجه های تغذیه شده با یک درصد پودر شوید در مقایسه با گروه شاهد گزارش کرده ($P < 0.05$) و عنوان کردند که ترکیبات مؤثره موجود در گیاه شوید به واسطه

¹ Tellez

² Saki

³ Waldenstedt

⁴ Mohammadi Ali Abadi

⁵ Amiri Andi

⁶ El-Gendi

⁷ Jamroz

⁸ Kamel

⁹ Richter

¹⁰ Khodambashi Emami

ویژگی‌های ضد باکتریایی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ضد التهابی (شیو^۱ و همکاران، ۲۰۰۹؛ کرکپینار^۲ و همکاران، ۲۰۱۱) دارای اثرات مثبتی روی رشد و توسعه این اندام‌ها هستند. در مقابل، میرزاوند^۳ و همکاران (۲۰۱۵) در پی افزودن ۱/۵ درصد پودر شوید به جیره جوجه‌های گوشتی تغییری در وزن اندام‌های بورس و تیموس و نیز پاسخ آنتی‌بادی به واکسن سویه لاسوتای بیماری نیوکاسل مشاهده نکردند ($P > 0.05$). در هر حال، در تفسیر نتایج پژوهش‌های مختلف می‌بایست توجه داشت که وجود تفاوت‌های حاکم در حوزه عوامل محیطی، مدیریتی و تغذیه‌ای و نیز وجود متغیرهایی مانند نوع و میزان مصرف گیاه و عوامل مرتبط با پرندها (سن، گونه و مرحله پرورش) هر یک می‌تواند تا حدی در بروز نتایج متناقض بین پژوهش‌های مختلف مؤثر باشند.

ویسپات و همکاران (۲۰۱۹) مشاهده کردند که افزودن ۰/۳ درصد دانه شوید به همراه ۰/۲ درصد دانه گیاه شاهدانه تأثیری بر سطح آنزیم آلکالین فسفاتاز سرم جوجه‌های گوشتی نداشت ($P > 0.05$)؛ که صرف‌نظر از نتیجه رخ داده در پژوهش حاضر در ارتباط با تیمار حاوی دو درصد پودر شوید، با مشاهدات حاصل از افزودن ۰/۵ و یک درصد پودر شوید به جیره جوجه‌ها همخوانی نسبی دارد. غلظت آنزیم‌های کبدی آلکالین فسفاتاز، آلانین آمینوترانسفرا و آسپاراتات آمینوترانسفراز به عنوان شاخص بیوشیمیایی غیرمستقیم برای شناسایی آسیب‌های کبدی مورد استفاده قرار می‌گیرد (لمهادری^۴ و همکاران، ۲۰۰۶) و بروز مسمومیت‌ها عموماً به واسطه آسیب وارد شده به غشای سلول‌های کبدی با افزایش قابل توجه غلظت آنزیم‌های مذکور در خون همراه است (مسارها^۵ و همکاران، ۲۰۱۲). لذا، افزایش معنی‌دار غلظت آنزیم آلکالین فسفاتاز در سرم خون جوجه‌های تغذیه شده با دو درصد از پودر گیاه شوید می‌تواند نشان‌دهنده بروز آسیب کبدی در جوجه‌های این تیمار باشد که نتیجه‌ای همراستا با افت معیارهای عملکردی در این گروه را نشان می‌دهد. از سوی دیگر، اشاره شد که مصرف گیاه شوید می‌تواند افزایش غلظت هورمون‌های تری‌پدوتیرونین و تیروکسین را به دنبال داشته باشد (آجیث و جاناردهانان، ۲۰۰۷).

افزایش یا کاهش هورمون‌های تیروئیدی به نوبه خود می‌تواند ساخت و جذب استخوان را تحت تأثیر قرار داده و سبب تغییراتی عمده در فعالیت طبیعی استخوان شود. بر همین اساس در بیماری‌های تیروئیدی می‌توان تغییراتی را در غلظت آنزیم آلکالین فسفاتاز، فسفر و کلسیم خون مشاهده نمود (گارنرو^۶ و همکاران، ۱۹۹۴؛ آرچر و تیلور، ۱۹۹۶). در پژوهش حاضر نیز بر مبنای گزارش‌های فوق و با توجه به کمبود اطلاعات منتشر شده در این زمینه، ردپای تغییر در غلظت هورمون‌های تیروئیدی و در ادامه تغییر در روند بازچرخ استخوانی در اثر مصرف پودر گیاه شوید مورد بررسی قرار گرفت. در واقع، افزایش غلظت آنزیم آلکالین فسفاتاز خون علاوه بر این که به عنوان معیاری برای تشخیص آسیب کبدی مورد استفاده قرار می‌گیرد، از سوی دیگر احتمال وقوع پرکاری تیروئید را نیز مطرح می‌سازد. لذا، در پژوهش حاضر جهت اطمینان یافتن از تأثیر احتمالی مصرف سطوح مختلف پودر شوید بر عملکرد غده تیروئید و در ادامه بر روند فعالیت سلول‌های استخوانی، غلظت کلسیم و فسفر سرم نیز مورد بررسی قرار گرفت و همان‌طور که اشاره شد علی‌رغم عدم مشاهده تغییری معنی‌دار در غلظت این عناصر، روندی کاهشی بر اثر افزایش مقدار مصرف پودر شوید به وضوح قابل مشاهده است. متأسفانه در بررسی به عمل آمده توسط نویسندگان اطلاعات چندانی در رابطه با پتانسیل تأثیرگذاری شوید بر روند بازچرخ استخوان در طیور جهت انجام مقایسات یا شرح سازوکارهای احتمالی دیگر یافت نشد. در هر حال، نتیجه‌گیری قطعی در مورد تأثیر میزان مصرف گیاه دارویی شوید بر فعالیت غده تیروئید و سایر عوارض مترتب با آن نیز تنها با استناد به مشاهدات به عمل آمده در پژوهش حاضر امکان‌پذیر نبوده و در این رابطه به انجام بررسی‌ها و پژوهش‌های بیشتری نیاز است.

در زمینه تأثیر استفاده از گیاهان دارویی، به ویژه گیاه شوید، بر ویژگی‌های استخوانی جوجه‌های گوشتی اطلاعات چندانی در دسترس نیست. مشابه نتایج به دست آمده در پژوهش حاضر، بررسی تأثیر مصرف دانه گیاه آنیسون بر استخوان درشت‌نی جوجه‌های گوشتی نشان داد که این گیاه تأثیری بر طول، عرض و درصد خاکستر این استخوان ندارد (آلسیسک^۷ و همکاران، ۲۰۰۳). گیاه آنیسون نیز به مانند شوید حاوی آنتول بوده و ماهیت استروژنیک دارد (جیرووتز^۸ و همکاران، ۲۰۰۳). البته تیلز و همکاران (۲۰۰۲) اشاره کردند که استفاده از پری‌بیوتیک فرمکتو موجب افزایش غلظت میکروفلور مفید در روده پوله‌های بوقلمون شده و افزایش ضخامت و وزن استخوان درشت‌نی را به دنبال داشته است.

¹ Shyu

² Kirkpinar

³ Mirzavand

⁴ Lemhadri

⁵ Messaraha

⁶ Garnero

⁷ Alcicek

⁸ Jirovetz

به نظر می‌رسد پری‌بیوتیک‌ها با بهبود فعالیت باکتری‌های دستگاه گوارش و افزایش سطح جذب روده، موجب افزایش میزان جذب مواد مغذی و افزایش میزان ذخیره مواد معدنی در استخوان درشت‌نی می‌شوند (تلیز و همکاران، ۲۰۰۲؛ لطفان و همکاران، ۱۳۸۹). افزودن الیگوساکارید اینولین به جیره (۲۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خوراک) در مقایسه با گروه شاهد بهبود ضخامت پوسته تخم‌مرغ را به دنبال داشته است ($P > 0.05$)؛ پارک^۱ و پارک، ۲۰۱۲. این پژوهشگران دلیل این امر را افزایش نرخ جذب مواد مغذی، به ویژه کلسیم، در اثر استفاده از اینولین در ترکیب جیره دانسته‌اند. علاوه بر این، گزارش شده که اینولین ممکن است نرخ جذب مواد مغذی را از طریق عملکرد سینرژیک بیفیدوباکترها و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر در کولن انسان بهبود دهد (میتسوکا^۲، ۱۹۹۰). طبق گزارش ویاتکیویسز^۳ و همکاران (۲۰۱۰) فروکتان‌ها اثرات قابل ملاحظه‌ای بر کیفیت پوسته تخم‌مرغ دارند. نتایج ارائه شده توسط چن^۴ و چن (۲۰۰۴) نشان داد که افزودن یک درصد اولیگوفروکتوز یا اینولین به جیره مرغ‌های تخم‌گذار افزایش معنی‌دار وزن پوسته تخم‌مرغ و نیروی لازم برای شکستن آن را به دنبال دارد ($P < 0.05$). از طرف دیگر، یلدیز^۵ و همکاران (۲۰۰۶) مشاهده کردند که خوراندن اینولین در قالب سیب-زمینی ترش تأثیر معنی‌داری بر وزن، ضخامت و نیروی لازم برای شکستن پوسته تخم‌مرغ ندارد ($P > 0.05$). با استناد به نتایج حاصل شده در پژوهش حاضر به نظر می‌رسد که ضمن پرهیز از مصرف سطوح بالای پودر گیاه شوید، افزودن یک درصد از پودر این گیاه به جیره جوجه‌های گوشتی علاوه بر این که می‌تواند بهبود عملکرد رشد را موجب شود، به عنوان جایگزینی مناسب برای آنتی‌بیوتیک‌های محرک رشد، می‌تواند در کاهش اثرات محیط زیستی و بهداشتی نامطلوب ناشی از مصرف غیردرمانی ترکیبات آنتی‌بیوتیکی نیز مطرح باشد.

منابع

- لطفان، مسعود؛ ابراهیم‌نژاد، یحیی؛ ناظر عدل، کامبیز؛ مقدم، محمد (۱۳۸۹). اثر منابع و سطوح مختلف پری‌بیوتیک بر متابولیت‌های خونی، خاکستر استخوان پنجه پا و ریخت‌شناسی روده کوچک جوجه‌های گوشتی. *فصلنامه پژوهش‌های علوم دامی*، ۲۰، ۱۳-۱۹.
- اسدی فیروزآبادی، شکوه؛ طاهرپور، کامران (۱۳۹۳). اثر پونه کوهی، شوید و الیگوساکارید مانان بر عملکرد، خصوصیات لاشه و فراسنجه‌های خونی و بیوشیمیایی سرم جوجه‌های گوشتی. *مجله تحقیقات تولیدات دامی*، ۳، ۳۲-۵۰.
- Ajith, T. A., & Janardhanan, K. K. (2007). Indian medicinal mushroom as a source of antioxidant and antitumor agents. *Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition*, 40(3), 157-162.
- Alcicek, A., Bozkurt, M., & Cabuk, M. (2003). The effect of essential oil combination derived from selected herbs growing wild in turkey on broiler performance. *South African Journal of Animal Science*, 33, 89-94.
- AOAC. (1990). *Official methods of analysis*, 15th Edition. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA. pp: 931-932.
- Archer, F. J., & Taylor, S. M. (1996). Alkaline phosphatase bone isoenzyme and osteocalcin in the serum of hyper thyroid cats. *The Canadian Veterinary Journal*, 37(12), 735-739.
- Arsalan-Alantonand, I., & Gurse, F. (2004). Photo-fenton-like oxidation of procaine penicillin g formulation effluent. *Journal of photochemistry and photobiology. Chemistry*, 165, 165-75.
- Bahadori, M. M., Irani, M., Ansari Pirsaraei, Z., & Koochaksaraie, R. R. (2013). The effects of dill powder in diet on some blood metabolites, carcass characteristics and broiler performance. *Global Veterinaria*, 10, 500-504.
- Chen, Y. C., & Chen, T. C. (2004). Mineral utilization in layers as influenced by dietary oligofructose and inulin. *International Journal of Poultry Science*, 3, 442-445.
- Christaki, E. V., Bonos, E. M., & Florou-Paneri, P. C. (2011). Use of anise seed and/or α -tocopheryl acetate in laying Japanese quail diets. *South African Journal of Animal Science*, 41, 126-133.
- Duque, A. S., Ferreira, A. F., Cezario, R. C., & Gontijo Filho, P. P. (2017). Nosocomial infections in two hospitals in Uberlandia, *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, 9(4), 14-18.
- El-Gendi, G. M. I., Ismail, F. A. S., & El-Aggoury, S. M. (1994). Effect of Cocci-Nel and Lomoton dietary supplementation as herbal growth promoters on productive performance of broilers. *Annals of Agricultural Science*, 32, 1511-1528.

¹ Park

² Mitsuoka

³ Swiatkiewicz

⁴ Chen

⁵ Yildiz

- Erener, G., Altop, A., Ocak, N., Aksoy, H. M., Cankaya, S., & Ozturk, E. (2010). Influence of black cumin seed (*Nigella sativa* L.) and seed extract on broilers performance and total coliform bacteria count. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, 5(2), 128-135.
- Garcia, V., Catala-Gregori, P., Hernandez, F. M., Megias, M. D., & Madrid, J. (2007). Effect of formic acid and plant extracts on growth, nutrient digestibility, intestine mucosa morphology, and meat yield of broilers. *Journal of Applied Poultry Research*, 16(4), 555-562.
- Garnero, P., Vassy, V., Bertholin, A., Riou, J. P., & Delmas, P. O. (1994). Markers of bone turnover in hyperthyroidism and the effects of treatment. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 78(4), 955-959.
- Grashorn, M. A. (2010). Use of phytobiotics in broiler nutrition an alternative to infeed antibiotics? *Journal of Animal and Feed Science*, 19, 338-347.
- Hadi, M., Shokuhi, R., Ebrahimzadeh Namvar, A. M., Karimi, M., & Soleymani Aminabad, M. (2011). Antibiotic resistance of isolated bacteria from urban and hospital wastewater in hamadan city. *Iran Journal of Health and Environment*, 4(1), 105-114.
- Hajiaghapour, M., & Rezaei-pour, V. (2018). Comparison of two herbal essential oils, probiotic, and mannan-oligosaccharides on egg production, hatchability, serum metabolites, intestinal morphology, and microbiota activity of quail breeders. *Livestock Science*, 210, 93-98.
- Hammod, A. J., Areaaer, A. H., & Gatea, S. M. (2019). The effect of adding dill (*Anethum graveolens*) leaves powder in the diets of broiler on some physiological properties. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 388. doi:10.1088/1755-1315/388/1/012020.
- Hosseinzadeh, H., Karimi, G. R., & Ameri, M. (2002). Effects of *Anethum graveolens* L. seed extracts on experimental gastric irritation models in mice. *BMC Pharmacology and Toxicology*, 2, 21-25.
- Ibrahim, I. A., Elbadwi, S. M. A., Bakhiet, A. O., Abdel Gadir, W. S., & Adam, S. E. I. (2007). A 9-week feeding study of *Cuminum cyminum* and *Hibiscus sabdariffa*. *Journal of Pharmacology and Toxicology*, 2, 666-671.
- Ibrahim, S. A. (2005). Effect of some medicinal plants as feed additives on growth and some metabolic changes in rabbits. *Egyptian Journal of Nutrition and Feeds*, 8, 207-219.
- Jamroz, D., & Kamel, C. (2002). Plant extracts enhance broiler performance. Plant extracts enhance broiler performance. In non ruminant nutrition: antimicrobial agents and plant extracts on immunity, health and performance. *Journal of Animal Science*, 80(1), 41-46.
- Jirovetz, L., Buchbauer, G., & Stoyanova, A. S. (2003). Composition, quality control and antimicrobial activity of the essential oil of long-time stored dill seeds from Bulgaria. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 51, 3854-3857.
- Kaur, G. J., & Arora, D. S. (2010). Bioactive potential of *Anethum graveolens*, *Foeniculum vulgare* and *Trachyspermum ammi* belonging to the family Umbelliferae - Current status. *Journal of Medicinal Plants Research*, 4(2), 87-94.
- Khan, R. U., Naz, S., Javdani, M., Nikousefat, Z., Selvaggi, M., & Tufarelli, V. (2012). The use of turmeric (*Curcuma longa*) in poultry feed. *Worlds Poultry Science Journal*, 68(1), 97-103.
- Khodambashi Emami, N., Samie, A., Rahmani, H. R., & Ruiz-Feria, C. A. (2012). The effect of peppermint essential oil and fructooligosaccharides, as alternatives to virginiamycin, on growth performance, digestibility, gut morphology and immune response of male broilers. *Animal Feed Science and Technology*, 175, 57-64.
- Kirkpinar, F., Bora Ünlü, H., Özdemir, G., & Baaliouamer, A. (2011). Effects of oregano and garlic essential oils on performance, carcass, organ and blood characteristics and intestinal microflora of broilers. *Livestock Science*, 137, 219-225.
- Lemhadri, A., Hajji, L., Michel, J. B., & Eddouks, M. (2006). Cholesterol and triglycerides lowering activities of caraway fruits in normal and streptozotocin in diabetic rats. *Journal of Ethno Pharmacology*, 106, 321-326.
- Majeed, B. H. (2006). Effect of some plants extracts on the storability of potato tubers (*Solanum tuberosum* L.) Desiree Cv. (Baghdad, Iraq: M.S.c. thesis, Collage of Agriculture, University of Baghdad).
- Medugu, C., Kwari, I., Igwebuikwe, J., Nkama, I., Mohammed, I., & Hamaker, B. (2010). Carcass and blood components of broiler chickens fed sorghum or millet as replacement for maize in the semi arid zone of Nigeria. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 1(3), 326-329.
- Messaraha, M., Klibeth, F., Boumendjel, A., Abdennourb, C. H., Bouzernab, N., & Boulakouda, M. (2012). Hepatoprotective role and antioxidant capacity of selenium on arsenic-induced liver injury in rats. *Experimental and Toxicologic Pathology*, 64(3), 167-74.
- Mirzavand, M., Rahimi, S., & Sahari, M. A. (2015). Evaluation the effects of mint, parsley, dill, coriander, garlic and basil on broiler performance, blood factors, immune system, intestinal morphology and taste of meat. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 31(3), 446-458.
- Mitsuoka, T. (1990). Bifidobacteria and their role in human health. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 6, 263-268.

- Mohammadi Ali Abadi, K., & Amiri Andi, M. (2014). Effects of using coriander (*Coriandrum sativum* L.), savory (*Satureja hortensis* L.) and dill (*Anethum graveolens* L.) herb powder in diet on performance and some blood parameters of broilers. *International Journal of Biosciences*, 5(6), 95-103.
- National Research Council, 1994: Nutrient Requirements for Poultry, 9th rev, ed. National Academy Press, Washington, DC.
- Panda, S. (2008). The effect of *Anethum graveolens* L. (dill) on corticosteroid induced diabetes mellitus: involvement of thyroid hormones. *Phytotherapy Research*, 22(12), 1695–1697.
- Park, S. O., & Park, B. S. (2012). Effect of feeding inulin oligosaccharides on cecum bacteria, egg quality and egg production in laying hens. *African Journal of Biotechnology*, 11(39), 9516–9521.
- Radulescu, V., Popescu, M. L., & Ilies, D. C. (2010). Chemical composition of the volatile oil from different plant parts of *Anethum graveolens* L. (Umbelliferae). *Farmacia*, 58, 594-600.
- Rafiei-Tari, A., Karimi, K., Hosseini, S. A., & Meimandipour, A. (2016). Growth performance, carcass characteristics and serum biochemicals of japanese quails fed with oat bran (*Avena sativa*) and dill seed (*Anethum graveolens*). *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 6(2), 423-428.
- Richter, C. (2010). Celebrating dill, herb of the year 2010. Available at: <http://www.richters.com/show.cgi>.
- Sagheri, S. (2014). *Comparison of coagulation, filtration membranes and adsorbents impregnated in wastewater treatment polluted with antibiotic*. MSc thesis, Khajeh Nasir University.
- Saki, A. A., Naseri Harsini, R., Tabatabaei, M. M., Zamani, P., Haghghat, M., & Hemati Matin, H. R. (2011). Thyroid function and egg characteristics of laying hens in response to dietary methionine levels. *African Journal of Agricultural Research*, 6(20), 4693-4698.
- SAS Institute. (2004). *STAT user's guide: Statistics. Version 9.1*. Cary, NC: Statistical Analysis System Institute, Inc.
- Shyu, Y. S., Lin, J. T., Chang, Y. T., Chiang, C. J., & Yang, D. J. (2009). Evaluation of antioxidant ability of ethanolic extract from dill (*Anethum graveolens* L.) flower. *Food Chemistry*, 115, 515–521.
- Sintim, H. Y., Burkhardt, A., Gawde, A., Cantrell, C. L., Astatkie, T., Obour, A. E., Zheljzkov, V. D. & Schlegel, V. (2016). Hydrodistillation time affects dill seed essential oil yield, composition, and bioactivity. *Industrial Crops and Products*, 63, 190-196.
- Stavri, M., & Gibbons, S. (2005). The antimycobacterial constituents of Dill (*Anethum graveolens*). *Phytotherapy Research*, 19, 938-941.
- Świątkiewicz, S., Koreleski, J., & Arczewska, A. (2010). Laying performance and eggshell quality in laying hens fed diets supplemented with prebiotics and organic acids. *Czech Journal of Animal Science*, 55(7), 294–306.
- Tellez, G., Nava, G., Vicente, J. L., Donghue, A. M., Huff, W. E., & Balog, J. (2002). Evaluation of the effect of dietary *Aspergillus* sp. Meal prebiotic (Fermacto) on poult performance, intestinal strength, tibial diameter and tibial strength: Hatch to 30 days of age. *Poultry Science*, 83(4), 142 (Abstr.).
- Torki, M., Sedgh-Gooya, S., & Mohammadi, H. (2018). Effects of adding essential oils of rosemary, dill and chicory extract to diets on performance, egg quality and some blood parameters of laying hens subjected to heat stress. *Journal of Applied Animal Research*, 46(1), 1118-1126.
- Vispute, M. M., Sharma, D., Mandal, A. B., Rokade, J. J., Tyagi, P. K., & Yadav, A. S. (2019). Effect of dietary supplementation of hemp (*Cannabis sativa*) and dill seed (*Anethum graveolens*) on performance, serum biochemicals and gut health of broiler chickens. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 1, 1–9.
- Waldenstedt, L. (2006). Nutritional factors of importance for optimal leg health in broilers: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 126, 291–307.
- Windisch, W., Schedle, K., Plitzner, C., & Kroismayr, A. (2008). Use of phytogetic products as feed additives for swine and poultry. *Journal of Animal Science*, 86, E140-E148.
- Yazdanparast, R., & Alavi, M. (2001). Anti hyperlipidaemic and anti hypercholesterolaemic effects of *Anethum graveolens* leaves after the removal of furocoumarins. *Cytobios*, 105, 85–91.
- Yazdanparast, R., & Bahramikia, S. (2008). Evaluation of the effect of *Anethum graveolens* L. crude extracts on serum lipids and lipoproteins profiles in hypercholesterolaemic rats. *DARU Journal of Pharmaceutical Science*, 16(2), 88–94.
- Yildiz, G., Sacakli, P., & Gungor, T. (2006). The effect of dietary Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) on performance, egg quality characteristics and egg cholesterol content in laying hens. *Czech Journal of Animal Science*, 51(8), 349–354.
- Zhang, Y., Zhang, H., Hua, S., Ma, L., Chen, C., Liu, X., Jiang, L., Yang, H., Zhang, P., Yu, D., Guo, Y. L., Tan, X., & Liu, J. (2007). Identification of two herbal compounds with potential cholesterol-lowering activity. *Biochemical Pharmacology*, 74, 940-947.



بررسی کارایی نانوکامپوزیت آهن (III) اکسید/ خاک اره در حذف COD از شیرابه لندفیل: بهینه‌سازی و بررسی ایزوترم جذب

نیلوفر عابدین‌زاده^۱، حمید شرفی نسب^۲، فریبا استوار^{۳*}

۱- استادیار، عضو هیات علمی، پژوهشکده محیط زیست جهاد دانشگاهی، رشت، ایران

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه عمران- محیط زیست، موسسه آموزش عالی جهاد دانشگاهی، رشت، ایران

۳- مربی پژوهشی، عضو هیات علمی، پژوهشکده محیط زیست جهاد دانشگاهی، رشت، ایران

چکیده

یکی از مشخصه‌های زباله‌های شهری، درصد بالای مواد آلی فسادپذیر است که با تولید میزان قابل توجهی شیرابه همراه است. شیرابه حاصل از زباله، اعم از زباله‌های تازه، توده‌های کمپوست و یا محل دفن، دارای انواع مواد آلی و معدنی به شکل معلق و محلول بوده و همچنین ممکن است دارای انواع عوامل بیماری‌زا و ترکیبات فلزات سنگین نیز باشد. بنابراین شیرابه حاصله می‌تواند منجر به مشکلات محیط زیستی بسیاری شود. هدف از این پژوهش، حذف COD شیرابه مراکز دفن زباله با استفاده از نانوکامپوزیت مغناطیسی زیستی آهن (III) اکسید/خاک اره است. ابتدا نانوکامپوزیت مغناطیسی Fe_3O_4/SD به روش رسوب‌دهی شیمیایی سنتز شد و بررسی ساختار و مورفولوژی نانوکامپوزیت سنتز شده، با تکنیک اسکن اشعه ایکس (XRD) و میکروسکوپ الکترونی روبشی میدانی (FE-SEM) انجام گرفت. سپس، اثر متغیرهای تأثیرگذار بر فرآیند جذبی شامل pH، زمان تماس، مقدار جاذب و دما بر حذف شاخص COD بررسی شد. نتایج پارامترهای تأثیرگذار نشان داد که بیشترین راندمان حذف COD در pH برابر ۷، مقدار جاذب ۰/۴ گرم، زمان تماس ۴۵ دقیقه و دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد با راندمان حذف حدود ۷۰ درصد مشاهده شده است. بررسی‌های ایزوترمی نیز نشان داد که فرآیند حذف از ایزوترم فروندلیچ تبعیت بیشتری کرده ($R^2 = 0.9243$) و ناهمگن بودن و چند لایه بودن فرآیند جذب تایید شد. در نهایت، نتایج نشان داد که تصفیه بار آلی شیرابه مراکز لندفیل با استفاده از فرآیند جذبی نانوکامپوزیت مغناطیسی آهن (III) اکسید/خاک اره امکان‌پذیر بوده و می‌توان به عنوان روشی کارآمد در تصفیه شیرابه مراکز لندفیل و کارخانجات کمپوست بکار برد.

کلید واژه‌ها: نانوذرات مغناطیسی، شیرابه لندفیل، نانوکامپوزیت، تصفیه، COD، ایزوترم



Evaluation of the Iron (III) oxide/sawdust nanocomposite efficiency in COD removal from landfill leachate: optimization and evaluation of adsorption isotherms

Niloofer Abedinzadeh¹, Hamid Sharafinasab², Fariba Ostovar*³

1- Assistant Professor, Faculty Member, Environmental Institute, The Academic Center for Education, Culture and Research (ACECR), Rasht, Iran

2- MSc Graduated Student, Department of Civil Engineering- Environment, Institute of Higher Education of ACECR, Rasht, Iran

3- Research Instructor, Faculty Member, Environmental Institute, The Academic Center for Education, Culture and Research (ACECR), Rasht, Iran

Abstract

One of the characteristics of municipal wastes is the high percentage of perishable organic matter, which is associated with a significant amount of leachate production. Waste leachate, whether fresh, compost or landfill leachate, has a variety of suspended and soluble organic and inorganic materials, and may also contain a variety of pathogens and heavy metal compounds. Therefore, the leachate can lead to many environmental problems. The purpose of this study is COD removal from landfill leachate using bio-magnetic iron (III) oxide/sawdust nanocomposite. First, Fe₃O₄/SD magnetic nanocomposite was synthesized by the chemical precipitation method and the structure and morphology of the synthesized nanocomposite were investigated using X-ray Diffraction (XRD) and Field Scanning Electron Microscopy (FE-SEM) technique. Then, the effect of influential variables on the adsorption process including pH, contact time, adsorbent amount, and temperature on the removal of COD were investigated. The results of effective parameters showed that the highest COD removal efficiency was observed at pH 7, the adsorbent amount of 0.4 g, the contact time of 45 minutes, and the temperature of 45°C with a removal efficiency of about 70%. Also, the isotherm studies confirmed that the removal process followed the Freundlich isotherm more closely ($R^2 = 0.9243$) and the heterogeneity and multilayers of the adsorption process were confirmed. Finally, the results showed that treatment of the landfill centers leachate's organic load is possible using the adsorption process of Fe₃O₄/SD magnetic nanocomposite and can be used as an efficient method in leachate treatment of landfill centers and compost plants.

Keywords: Magnetic nanoparticles, Landfill leachate, Nanocomposite, Treatment, COD, Isotherm

* Corresponding author E-mail address: Fariba_ostovar@yahoo.com

مقدمه

الگوی ناصحیح مصرف در میان شهروندان در کنار توسعه بی‌رویه و غیراصولی در شهرسازی، افزایش نرخ مهاجرت از نواحی روستایی به شهری، افزایش جمعیت شهرها، تنوع تولید روزافزون انواع محصولات و کالاها به‌ویژه بسته‌بندی‌های آن‌ها، افزایش تبلیغات در استفاده از کالاها و محصولات گوناگون و بسیاری از عوامل دیگر امروزه به مشکلات پیچیده زندگی شهری دامن زده و تبدیل به یکی از معضلات بهداشتی و زیست محیطی شده است. امروزه روند صعودی تولید مواد زائد جامد مشکلی است که تقریباً از حالت ناملموس به یکی از چند معضل بزرگ جوامع بشری تبدیل شده است (دانشگاهی، ۱۳۸۸).

زباله‌ها در یک دسته‌بندی کلی شامل زباله‌های تر و خشک هستند؛ از زباله‌های تر می‌توان به پوست میوه، سبزیجات و پسماندهای فضای سبز اشاره کرد. از زباله‌های خشک و فسادناپذیر نیز می‌توان انواع فلزات، پلاستیک، پارچه، شیشه، چوب و کاغذ را نام برد. یکی از مشخصه‌های زباله‌های شهری درصد بالای مواد آلی فسادپذیر (۶۰ تا ۷۰ درصد) است که با تولید میزان قابل توجه شیرابه همراه است. شیرابه در اثر آزاد شدن رطوبت مازاد مواد زائد، تجزیه مواد آلی و یا منابع خارجی مانند زه‌کش آب‌های سطحی، آب باران و یا آب‌های زیرزمینی که وارد زباله می‌شوند، به وجود می‌آید. شیرابه حاصل از زباله‌های تازه، توده‌های کمپوست و یا محل دفن، دارای انواع مواد آلی و معدنی به شکل معلق و محلول بوده و همچنین ممکن است دارای انواع عوامل بیماری‌زا و ترکیبات فلزات سنگین نیز باشد. بنابراین دفع مستقیم شیرابه در طبیعت و زمین‌های زراعی و یا عدم اعمال مدیریت صحیح آن می‌تواند منجر به مشکلات زیست‌محیطی حادی از جمله: آلوده‌سازی آب‌های سطحی و عمقی، تخریب خاک‌ها، تولید بوهای نامطبوع، انتقال بیماری‌ها و گسترش حشرات موذی شود (El-Fadel, Findikakis, & Leckie, 1997).

تصفیه شیرابه به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مسائل زیست‌محیطی به‌ندرت در ایران مورد مطالعه قرار گرفته است و از طرفی آلودگی شیرابه می‌تواند خطرات محیط زیستی جبران‌ناپذیری به محیط‌زیست وارد نماید؛ لذا تصفیه شیرابه با استفاده از روش‌ها و تکنیک‌های ارزان و در دسترس، امری اجتناب‌ناپذیر به نظر می‌رسد (عمرانی، ۱۳۸۹).

از روش‌های مختلف تصفیه شیرابه می‌توان فرآیندهای فیزیکی (Bashir, Aziz, Yusoff, Huqe, & Mohajeri, 2010; Erabee et al., 2018; Guo et al., 2019; Sletten, Benjamin, Horng, & Ferguson, 1995; Zamri, Kamaruddin, Yusoff, Aziz, & Foo, 2017; Bioloژیکی (2017; Pashaki, Khojastehpour, Ebrahimi-Nik, & Rohani; Yong, Bashir, Ng, 2019; Han, Duan, Cao, Zhu, & Ho, 2020; Umamaheswari, 2018; Sethupathi, & Lim, 2018) و فرآیندهای شیمیایی (Bharathkumar, Shanthakumar, & Gothandam, 2020; Yang, Karczewska-Golec, Styczynski, Bajda, & Drewniak) را نام برد.

اخیراً فرآیندهای جذبی به دلیل کارایی آسان، هزینه پایین و راندمان بالا بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند. پدیده جذب در اکثر سیستم‌های فیزیکی، بیولوژیکی و شیمیایی به‌کار می‌رود. جذب با استفاده از جامدهایی مانند کربن فعال (Qu, Huang, Yu, Chen, & Kong, 2011; Wu et al., 2011)؛ هیدریدهای فلزی (Al-Saad et al., 2012; Hou et al., 2020; Liu et al., 2019; Setayesh, Nazari, 2008; Wu et al., 2011)؛ پلیمرهای رسانا (Maghbool, 2020)؛ پلیمرهای رسانا (Ansari & Mosayebzadeh, 2011; Saçak, Akbulut, & Batchelder, 1998) و غیره که به‌طور گسترده در صنعت برای تصفیه آب و پساب به‌کار می‌رود؛ انجام می‌گیرد. یکی از جاذب‌های مورد استفاده در تصفیه آب و پساب، اکسیدهای آهن می‌باشند که به‌دلیل قابلیت حذف بالا و هزینه کمتر، جاذب‌های بسیار مؤثری برای تصفیه پساب هستند. همچنین، استفاده از جاذب‌های زیستی مانند خاک اره به دلیل هزینه پایین، به عنوان یکی از بسترهای مناسب در سنتز نانوکامپوزیت‌ها مطرح می‌شوند.

مطالعات بسیاری در زمینه تصفیه شیرابه‌های مراکز دفن و کارخانجات کمپوست انجام گرفته است که تعدادی از مطالعات جدید به شرح زیر است.

در بررسی مطالعات پیشین، Al-Saad و همکارانش در سال ۲۰۱۲ به بررسی کاربرد نانوذرات اکسید آهن در حذف فلزات سنگین از آب آلوده پرداختند. آن‌ها ۱۰ میلی‌لیتر از محلول‌های آبی آلوده به فلزات مختلف شامل آلومینیوم (Al III)، آرسنیک (As III)، کادمیوم (Cd II)، و کبالت (Cd II) را به‌طور سنتزی تهیه و با نانوذرات اکسید آهن تیمار دادند. بررسی شرایط پارامترهای عملیاتی مانند pH، زمان تماس، دما، مقدار $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ و غلظت فلز نشان داد که حداکثر درصد حذف (%) برای تمام فلزات آزمایش شده در مدت زمان کوتاهی (۵ دقیقه) حاصل شد. حداکثر درصد حذف (%) هر دو Cu (II) و As (II) به بیش از ۹۵٪ رسید، در حالی که فلز دیگر بین ۳۵٪ و ۶۵٪ حذف داشت. همچنین، افزایش pH محلول منجر به افزایش درصد حذف برای همه فلزات به جز Al که دارای شکل فلات با pH بود، شد. درصد حذف فلز آلومینیوم در pH برابر ۵ به حداکثر رسید و در pH بالاتر کاهش درصد حذف مشاهده شد (Al-Saad et al., 2012).

همچنین، Hou و همکارانش در سال ۲۰۲۰، از نانوذرات Fe_3O_4 به عنوان یک کاتالیزور در تولید کامپوزیت کربن فعال از کود گاو (Fe_3O_4 @ CDAC) در تصفیه فاضلاب گاوداری به روش ازن زنی حباب کاتالیزوری استفاده کردند تا جهت تصفیه فاضلاب گازدار تصفیه شده از نظر بیولوژیکی به روش BPCGW اصلاح شود. نتایج نشان داد هنگامی که pH، مقدار ازن، قطر حباب ازن و دوز کاتالیزور ازن سازی به ترتیب ۷، ۰/۴ لیتر در دقیقه، ۵ میکرومتر و ۳ گرم در لیتر بود، راندمان حذف COD به ۷۴ درصد و نسبت اکسیژن بیوشیمیایی به اکسیژن خواهی شیمیایی (BOD_5/COD) از ۰/۰۴ به ۰/۵۲ افزایش یافت، که به انتقال الکترون Fe^{2+} و Fe^{3+} در Fe_3O_4 و افزایش رادیکال های هیدروکسیل با واکنش یون های آهن و ازن نسبت داده شد. در همین حال، مشتقات بنزن، نفتالین و پروتئین های معطر نیز به طور قابل توجهی حذف شدند (Hou et al., 2020).

Umamaheswari و همکارانش نیز در سال ۲۰۲۰ به مطالعه امکان سنجی بهینه سازی فرآیندهای ترکیبی اکسیداسیون پیشرفته ازن زنی، پروکسون و ازن زنی فوتولیتیک برای تصفیه شیرابه حاصل از زباله جامد شهری پرداختند. شرایط بهینه شده فرآیند ازن زنی فوتولیتیک (با شدت زیر ۱۵ W-UVC؛ طول موج ۲۵۴ نانومتر) در مقادیر پارامترهای عملیاتی، pH برابر ۹؛ زمان تماس: ۶۰ دقیقه و غلظت ازن: ۵ گرم در ساعت برای یک لیتر شیرابه با حداکثر کاهش COD و NH_3-N به ترتیب ۷۰ و ۸۰ درصد مشاهده شد؛ در حالی که تحت همان شرایط عملیاتی، فرآیند ازن زنی ۴۵٪ حذف COD و ۵۰٪ حذف NH_3-N را فراهم کرد. فرآیند پراکسون نیز با غلظت H_2O_2 برابر ۸۰۰ میلی گرم در لیتر، حداکثر بازده حذف COD و NH_3-N به ترتیب برابر ۶۱ و ۵۹/۷ درصد را نشان داد (Umamaheswari et al., 2020). در مطالعه ای دیگر، Guo و همکارانش در سال ۲۰۱۸، کامپوزیت گرافیت لایه ای / Co_3O_4 / Fe_2O_3 را ساخته و در تصفیه شیرابه مرکز دفن زباله با فعال سازی پرسولفات پتاسیم استفاده نمودند. شناسایی جاذب سنتزی با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی، پراش اشعه X، و طیف سنجی فوتوالکترون اشعه X انجام گرفت. با بررسی تأثیر پارامترهای عملیاتی مهم در حذف شیرابه زباله به طور سیستماتیک، نتایج نشان داد که جاذب مذکور، ۹۰/۱۶٪ NH_4^+-N و ۶۷/۱٪ COD شیرابه محل دفن زباله را می تواند در شرایط بهینه شده pH برابر ۵، غلظت پتاسیم پرسولفات ۵M٪ و مقدار جاذب EG / Co_3O_4 / Fe_2O_3 برابر ۰/۱ گرم حذف نماید (Guo et al., 2019).

مطالعه دیگری تحت عنوان اثرات رزین های تبادل یونی در اشکال مختلف یونی متحرک در تصفیه شیرابه زباله های نیمه هوایی توسط Bashir و همکارانش در سال ۲۰۱۰ انجام گرفت. از رزین مصنوعی INDION 225 Na به عنوان مبدل کاتیونی در دو فرم H^+ و Na^+ و رزین INDION FFIP MB به عنوان مبدل آنیونی به دو شکل هیدروکسید از OH_2 و کلسیمی از Cl_2 در این مطالعه استفاده شد. نتایج نشان داد که حذف بهتر رنگ، COD و NH_3-N با استفاده از INDION 225 Na در H^+ در مقایسه با فرم Na^+ ، مشاهده شده است؛ در حالی که با استفاده از INDION FFIP MB در فرم OH_2 یا Cl_2 تفاوت عملکرد مشاهده نشد. با استفاده از رزین کاتیونی و به دنبال آن رزین آنیونی، ۹۷، ۸۸، و ۹۴ درصد به ترتیب حذف رنگ، COD و NH_3-N حاصل شد (Bashir et al., 2010).

Deng و همکارانش نیز در سال ۲۰۲۰ به بررسی و مرور سیستم های الکتروشیمیایی برای تصفیه شیرابه دفن زباله: عملکرد، مکانیسم، کاربرد، کاستی و طرح بهبود پرداختند. در این بررسی، فرایندهای مستقل الکتروشیمیایی (اکسیداسیون الکتروشیمیایی، کاهش الکتروشیمیایی، انعقاد الکتروشیمیایی، فرآیند الکتروفنتون، فرآیند الکتروکود سب بعدی و فرآیند الکتروشیمیایی غشای تبادل یونی) و فرایندهای یکپارچه الکتروشیمیایی (فرآیند اکسیداسیون پیشرفته الکتروشیمیایی و فرآیند الکتروشیمیایی بیولوژیکی) برای تصفیه شیرابه دفن زباله خلاصه شدند، که شامل عملکرد، مکانیسم، کاربرد، مشکلات موجود و طرح های بهبودی مانند مقرون به صرفه بودن است. با توجه به اینکه فرآیند الکتروشیمیایی یک فناوری پایدار است و پتانسیلی برای پیش تصفیه یا تصفیه پیشرفته شیرابه دفن زباله در کاربردهای مهندسی عملی دارد؛ آنها تأیید کردند که می توان از فرایندهای مستقل الکتروشیمیایی یا فرآیند ادغام الکتروشیمیایی برای حذف موثر بخشی از آلاینده ها از شیرابه محل دفن زباله استفاده نمود. همچنین، برای دستیابی به استاندارد تصفیه شیرابه محل دفن زباله، فرایندهای مختلف الکتروشیمیایی برای تولید سیستم الکتروشیمیایی کامپوزیت باید یکپارچه شود (Deng et al., 2019).

در پژوهشی دیگر، Erabee و همکارانش در سال ۲۰۱۷ تصفیه شیرابه دفن زباله با استفاده از کربن فعال (AC) اصلاح شده با سه روش مختلف اصلاحی را بررسی نمودند. این مطالعه با استفاده از سه روش اصلاح AC تولید شده از پوسته نارگیل با تیمار آن با اسید (HNO_3) ، پرمنگنات پتاسیم ($KMnO_4$) و کلسینه کردن در دمای ۶۰۰ درجه سانتی گراد برای بهبود ظرفیت جذب مورد بررسی قرار گرفت. مورفولوژی AC از طریق میکروسکوپ الکترونی روبشی^۱، آنالیز الگوی طیف سنجی اشعه ایکس پراکندگی انرژی^۲ و آنالیز مادون قرمز تبدیل فوریه^۳ مورد مطالعه قرار گرفت. پارامترهای کیفیت آب مانند pH، TSS، آمونیاک-نیترژن و چند فلز سنگین در نظر گرفته

¹ Scanning Electron Microscope: SEM

² Energy Dispersive X-Ray Analysis: EDX

³ Fourier-transform infrared spectroscopy: FT-IR

شد. بهترین کارایی حذف زمانی حاصل شد که AC با KMnO_4 برای تصفیه و جهت حذف $\text{NH}_3\text{-N}$ ، روی، TSS و سولفید مورد استفاده قرار گرفت و راندمان‌های حذف ۹۱، ۹۹، ۸۶، ۱۰۰ و ۵۷ درصد در زمان تماس ۱۲۰ دقیقه به ترتیب برای حذف TSS، $\text{NH}_3\text{-N}$ ، روی، مس و S^{2-} مشاهده شد. از این رو می‌توان نتیجه گرفت که روش ترکیبی با استفاده از فرآیند الکترولیز با جذب AC راهی موثر برای حذف مواد معلق و فلزات سنگین از شیرابه محل دفن زباله است و می‌تواند آلودگی محیط زیست را کاهش دهد (Erabee et al., 2018). هدف از این پژوهش، سنتز نانوکامپوزیت مغناطیسی زیستی آهن (III) اکسید در بستر خاک اره و بررسی میزان حذف اکسیژن‌خواهی شیمیایی^۱ شیرابه لندفیل است. پارامترهای تأثیرگذار بر فرآیند حذف مانند اثر pH، مقدار جاذب، زمان تماس و دما بر فرآیند حذف بررسی شد و مدل‌های ایزوترمی لانگویئر، فروندلیچ و هالسی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

- مواد شیمیایی

مواد شیمیایی به کار رفته در این پژوهش، از جمله اسید سولفوریک، آهن (III) کلرید، سدیم سولفیت، آمونیاک ۳۳٪، اسید هیدروکلریک، سدیم هیدروکسید، نقره سولفات، جیوه سولفات، و پتاسیم دی‌کرومات با درجه خلوص بالا از شرکت مرک آلمان تهیه شد. از خاک اره چوب نراد به عنوان بستر زیستی تهیه شده از کارگاه نجاری و با مش ۵۰-۳۵ استفاده شد. همچنین، در کلیه آزمایش‌ها از آب دو بار تقطیر و شیشه آلات حجمی با دقت مناسب استفاده شده است.

- تجهیزات

جهت آنالیز COD به عنوان شاخص بررسی تصفیه‌پذیری شیرابه لندفیل از دستگاه ترمو راکتور و هاضم COD، مدل AL 125 ساخت شرکت Aqualytic کشور آلمان و به روش Close Reflux استفاده شد (Federation & Association, 2005). همچنین، آنالیز اولیه غلظت نیترات، آمونیاک، و فسفات به روش اسپکتروفتومتری با دستگاه اسپکتروفتومتر GENWAY انجام گرفت (Federation & Association, 2005). پارامتر BOD_5 با استفاده از دستگاه دیجیتال BOD ۶متر خانه AQUA LYTIC AL و انکوباتور اندازه‌گیری شد و جهت وزن نمودن مواد شیمیایی از ترازوی دیجیتال ELECTRONIC BALANCE HR 120i مدل B2004FA با دقت ۴ رقم اعشار استفاده شد. همچنین، از دستگاه مولتی پارامتر AQUA LYTIC AL 610 جهت اندازه‌گیری pH، و هدایت الکتریکی استفاده شد.

- سنتز نانوکامپوزیت $\text{SD/Fe}_3\text{O}_4$

سنتز نانوکامپوزیت خاک اره مغناطیسی به روش احیا شیمیایی انجام گرفت. ابتدا نمونه ۱ با افزودن ۳۰ میلی لیتر محلول $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ با غلظت ۲ مولار و ۵۰ میلی لیتر سدیم سولفیت (Na_2SO_3) ۱ مولار و همزدن روی استیر با دور ملایم تهیه شد. سپس نمونه ۲ با آماده‌سازی ۲ گرم خاک اره با مش ۵۰-۳۵ و ۵۱ میلی لیتر آمونیاک ۳۰ درصد و همزدن روی استیر با دور ملایم به مدت ۲۰ دقیقه آماده شد. پس از هم خوردن کامل نمونه ۱ و تغییر رنگ محلول به رنگ نارنجی پررنگ، نمونه ۲ به نمونه ۱ اضافه شده و به مدت ۴ ساعت همزده شد تا نانوذرات Fe_3O_4 به طور کامل سنتز شود. سپس، با استفاده از مگنت سوپرمغناطیسی، نانوکامپوزیت سنتزی از محلول آبی جداسازی شد و جهت حذف آمونیاک باقیمانده، چندین بار با آب مقطر تا رسیدن به pH خنثی شستشو داده شد. در نهایت نانوکامپوزیت سنتزی به مدت ۲ ساعت در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد و سپس به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۵۰ °C خشک شد (Hou et al., 2020; Liu et al., 2019; Tavakoli, Safa, & Abedinzadeh, 2019).

- شناسایی جاذب

جهت تأیید سنتز نانوکامپوزیت، الگوی پراش اشعه ایکس (XRD) نانوکامپوزیت مغناطیسی $\text{SD/Fe}_3\text{O}_4$ با دستگاه اشعه ایکس Philips مدل pw1840 در محدوده $2\theta = 10\text{-}70^\circ$ گرفته شد ($\lambda = 1.5418 \text{ \AA}$). همچنین، جهت پی بردن به خصوصیات سطح نانوکامپوزیت، مورفولوژی سطح و هم چنین اندازه ذرات روی سطح آن، از تکنیک تصاویر میکروسکوپ الکترونی نشری میدانی^۲ با میکروسکوپ الکترونی MIRA3 ساخت شرکت TESCAN دارای قدرت تفکیک در حد ۱/۵ nm در ولتاژ ۱۵ KV و ۴/۵ nm در ولتاژ ۱ KV استفاده شد.

- روش آزمون

جهت بررسی اثر پارامترهای تأثیرگذار بر فرایند جذب، اثر پارامترهایی از قبیل pH (۳-۱۳)، زمان تماس (۲۵-۶۵ دقیقه)، مقدار جاذب

¹ Chemical Oxygen Demand: COD

² Field Emission Scanning Electron Microscopes: FE-SEM

(۱/۰۰ - ۰/۰۵ گرم) و دما (۶۵-۲۵ درجه سانتی‌گراد) مورد بررسی قرار گرفت. تنظیم pH با محلول‌هایی با غلظت ۰/۱ مولار از HCl و NaOH انجام شد. در پایان هر آزمون، آنالیز COD جهت تعیین میزان بار آلی باقیمانده و اکسیژن‌خواهی شیمیایی انجام گرفت و مقایسه‌ای بین نتایج به دست آمده، جهت تعیین مقادیر بهینه حذف انجام شد. هر کدام از آزمون‌های آزمایشگاهی ۳ بار تکرار شد و میانگین نتایج گزارش شد.

- بررسی ایزوترمی

ایزوترم جذب سطحی براساس این فرضیه است که عمل جذب در تمام سطح انجام می‌گیرد و مستقل از سطوح اشغال شده است. مدل‌های ایزوترم، ارتباط بین غلظت‌های یون فلزی در محلول و مقدار یون جذب شده روی جاذب خاص را در دمای ثابت نشان می‌دهد. جهت تعیین ظرفیت جذب نانوجاذب مغناطیسی Fe₃O₄/SD جهت حذف COD شیرابه، مدل‌های ایزوترم لانگمویر (معادله ۱)، فروندلیچ (معادله ۲) و ایزوترم هالسی (معادله ۳) مورد بررسی قرار گرفتند.

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{q_m} + \frac{1}{K_L q_m} \frac{1}{C_e} \quad (1)$$

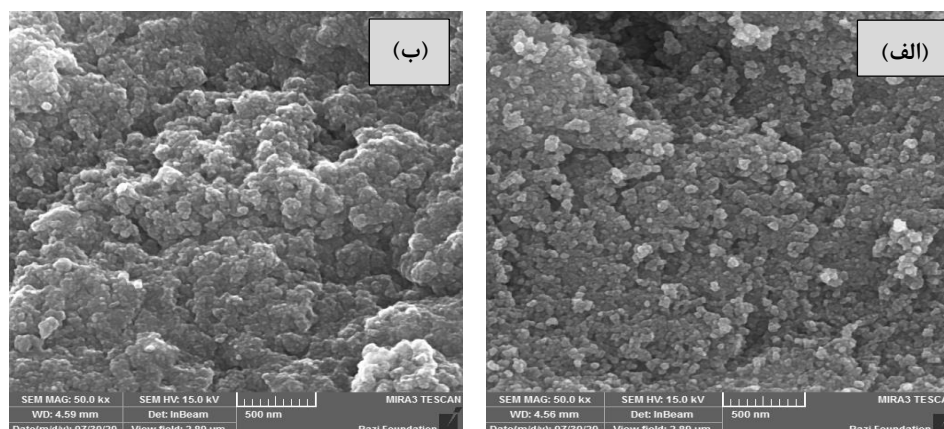
$$\log q_e = \log K_F + \frac{1}{n} \log C_e \quad (2)$$

$$\ln q_e = \frac{1}{n_H} (\ln K_H) - \frac{1}{n_H} \left(\ln \frac{1}{C_e} \right) \quad (3)$$

در رابطه (۱)، C_e غلظت تعادلی جذب‌شونده (mg/L)، q_m ماکزیمم مقدار ماده جذب‌شونده (mg/g)، K_L ثابت لانگمویر در ارتباط با وابستگی سایت‌های سطح (L/mg) (Srivastava & Hasan, 2011)، و در رابطه (۲)، n و K_F ثابت‌های معادله فروندلیچ بوده و مشخص‌کننده ظرفیت جذب و شدت آن می‌باشند. بزرگی ثابت فروندلیچ (n) معیاری از میزان مطلوب بودن جذب است. مقادیر n بین ۱ تا ۱۰ نشان‌دهنده جذب مطلوب است (Joshi, Garg, Kataria, & Kadirvelu, 2019). همچنین، در رابطه (۳)، n و K_H ثابت‌های ایزوترم هالسی هستند که از شیب و عرض از مبدا نمودار Lnq_e در برابر LnC_e به دست می‌آیند (Tavakoli et al., 2019).

یافته‌های پژوهش

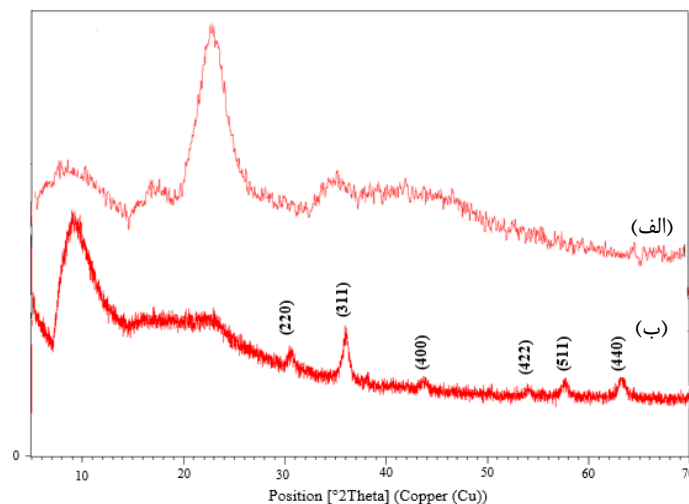
- مورفولوژی سطح نانوکامپوزیت با استفاده از تصاویر میکروسکوپ الکترونی نشر میدانی (FE-SEM) مورفولوژی نانوکامپوزیت سنتزی، قبل و بعد از تصفیه شیرابه با استفاده از تصاویر میکروسکوپ الکترونی نشر میدانی بررسی شد. تصاویر FE-SEM نانوکامپوزیت Fe₃O₄/SD قبل و پس از فرآیند تصفیه به ترتیب در شکل ۱ (الف) و (ب) نشان داده شده است.



شکل ۱: تصاویر FE-SEM نانوکامپوزیت Fe₃O₄/ خاک اره با وضوح ۵۰۰ nm، (الف) قبل از فرآیند تصفیه، (ب) بعد از فرآیند تصفیه

- آنالیز پراش اشعه ایکس (XRD)^۱

جهت تأیید تشکیل نانوکامپوزیت مغناطیسی سنتزی و ساختار کریستالوگرافی، از الگوی پراش اشعه ایکس استفاده شد. الگوی XRD بستر خاک اره و نانوکامپوزیت Fe_3O_4/SD ، به ترتیب در شکل ۲ (الف)، (ب) نشان داده شده است.



شکل ۲: آنالیز پراش اشعه ایکس، (الف) خاک اره، (ب) نانوکامپوزیت Fe_3O_4/SD

- مشخصات عمومی شیرابه

چندین نمونه از شیرابه مرکز دفن زباله سراوان در بازه‌های زمانی مختلف گرفته شد و تحت دمای $4^{\circ}C$ به آزمایشگاه منتقل شد. سپس، در آزمایشگاه مورد آنالیز فیزیکوشیمیایی قرار گرفت. هرکدام از آزمون‌ها سه بار تکرار شد و میانگین نتایج بررسی شده گزارش شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی شیرابه مورد آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱: شناسایی و آنالیز شیرابه مرکز دفن سراوان

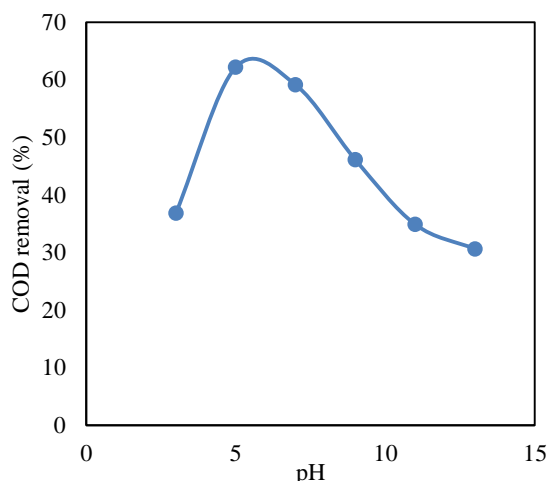
عنوان	pH	TDS (mg/L)	EC (mS/cm)	COD (mg/L)	BOD ₅ (mg/L)	آمونیاک (mg/L)	نیترات (mg/L)	فسفات (mg/L)
میانگین	۸/۴۴	۱۰۱۰۶/۶۷	۱۵/۸۲	۳۸۰۲/۳	۸۴۸	۴۴/۰۷	۱۴/۳۶	۶/۰۸۱
انحراف استاندارد	۰/۰۵۴	۱۵۵/۲۰۶	۰/۲۶۶	۷/۱۳۵	۲۸/۶۰	۰/۰۴۱	۰/۰۶۱	۰/۰۴۵

- بررسی پارامترهای موثر بر حذف COD شیرابه لندفیل با استفاده از نانوکامپوزیت آهن (III) اکسید/خاک اره

• اثر pH

pH محلول، یکی از مهمترین پارامترهای کنترل کننده بر فرایند حذف به روش جذبی است. برای مطالعه تاثیر این پارامتر بر میزان تصفیه شیرابه با استفاده از نانوکامپوزیت آهن (III) اکسید/خاک اره، محدوده pH ۳ تا ۱۳ با افزودن محلول‌های رقیق HCl و NaOH به نمونه شیرابه گرفته شده بررسی شد. حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر از شیرابه با مقدار ۰/۲ گرم نانوکامپوزیت مغناطیسی در دمای $25^{\circ}C$ و زمان تماس ۴۵ دقیقه توسط شیکر و با سرعت ۱۵۰ rpm همزده شد. پس از پایان زمان واکنش، مقداری از محلول را برداشته و با جداسازی نانوکامپوزیت مغناطیسی با استفاده از آهنربای سوپر مغناطیس، میزان آلاینده‌های آلی قابل اکسید شدن با آنالیز COD مورد آزمایش و ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل در شکل ۳ نشان داده شده است.

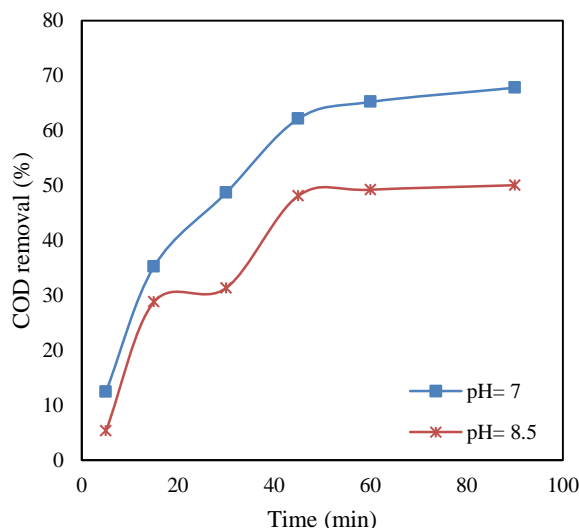
^۱ X-ray diffraction



شکل ۳: تأثیر pH بر میزان تصفیه شیرابه با استفاده از نانوکامپوزیت Fe_3O_4/SD (مقدار جاذب: ۰/۲۰ g، زمان تماس: ۴۵ دقیقه، دما: ۲۵ درجه سانتی‌گراد، pH=۳-۱۳)

• اثر زمان تماس

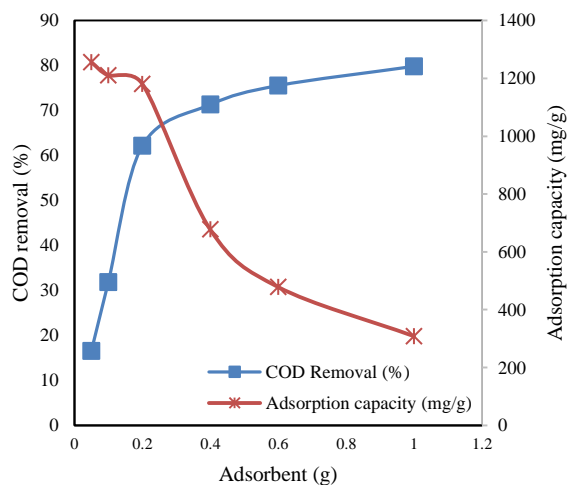
زمان تماس آنالیت و جاذب، یکی از پارامترهای اساسی در مطالعه فرایند بر جذب و ارزیابی قابلیت جاذب‌ها و مقایسه آنها با یکدیگر است. یقیناً دستیابی به ظرفیت جذب مطلوب در کوتاه‌ترین بازه زمانی و برقراری تعادل، از ویژگی‌های بارز یک جاذب ارزشمند است. به منظور تعیین زمان تماس مناسب برای حداکثر جذب و حذف COD، ۰/۲ g از جاذب Fe_3O_4/SD با ۱۰۰ mL نمونه شیرابه در مدت زمان‌های مختلف (۵-۹۰ دقیقه) همراه با هم زدن در دمای محیط و دو pH مختلف ۷ و ۸/۵ که به ترتیب pHهای بهینه و pH شیرابه می‌باشند؛ تماس داده شد. نتایج بدست آمده در شکل ۴ آورده شده است.



شکل ۴: اثر زمان تماس بر میزان تصفیه شیرابه با استفاده از نانوکامپوزیت Fe_3O_4/SD (مقدار جاذب: ۰/۲۰ g، زمان تماس: ۵-۹۰ دقیقه، دما: ۲۵ درجه سانتی‌گراد، pH=۸/۵ و ۷)

• اثر مقدار نانوکامپوزیت مغناطیسی

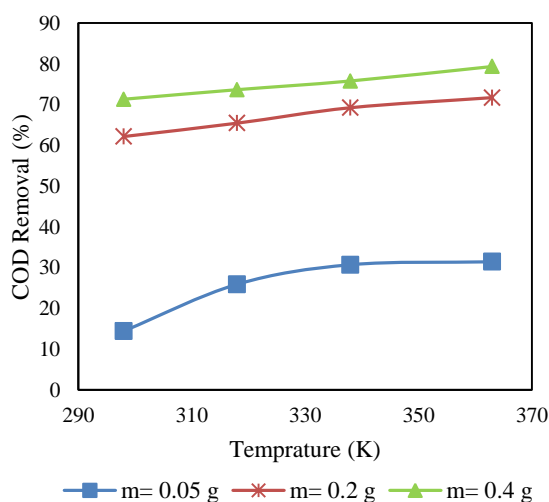
مقدار نانوکامپوزیت مغناطیسی مورد استفاده در فرایند حذف COD، یک عامل مهم در تعیین ظرفیت جذب در فرآیندهای تصفیه است. به منظور بررسی این اثر، مقادیر مختلف جاذب (۱/۰۰g - ۰/۰۵g) به ۱۰۰ mL شیرابه در pH ۷ و زمان بهینه برابر ۴۵ دقیقه اضافه و توسط شیکر با دور ۱۵۰ rpm و دمای محیط هم زده شد. در نهایت، پس از جداسازی جاذب با استفاده از مگنت سوپرمغناطیس، میزان COD باقیمانده در شیرابه و ظرفیت جذب جاذب اندازه‌گیری شد. نتایج حاصل در شکل ۵ ارائه شده است.



شکل ۵: اثر مقدار جاذب بر میزان تصفیه شیرابه با استفاده از نانوکامپوزیت $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SD}$ (مقدار جاذب: $0.1/0.05$ - $1.0/0.05$ ، زمان تماس: ۴۵ دقیقه، دما: ۲۵ درجه سانتی گراد، $\text{pH}=7$)

• اثر دما بر فرآیند حذف

دما پارامتر مهمی است که بر ظرفیت جذب در کاربردهای صنعتی تأثیر می‌گذارد. همچنین دما اطلاعات مهمی در مورد کمیت‌های ترمودینامیکی مانند انرژی آزاد گیبس جهت بررسی خود به خودی بودن واکنش (ΔG°)، تغییر آنتالپی استاندارد (ΔH°) و آنتروپی استاندارد (ΔS°) در اختیار می‌گذارد. به منظور بررسی اثر دما بر میزان حذف COD شیرابه توسط نانوکامپوزیت مغناطیسی $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SD}$ ، گستره دمایی $298-363$ K معادل ۲۵ تا ۹۰ درجه سانتی‌گراد انتخاب شد. سه مقدار وزنی برابر 0.05 ، 0.20 و 0.40 g از جاذب مورد نظر به 100 mL از شیرابه گرفته شده افزوده شد و به مدت ۴۵ دقیقه توسط شیکر دارای حمام آب در دماهای ذکر شده و در pH بهینه هم زده شد. پس از پایان زمان تماس، جاذب مغناطیسی توسط مگنت سوپرمغناطیس از شیرابه جداسازی شد و میزان COD باقیمانده در نمونه آنالیز و ثبت شد. نتایج بدست آمده در شکل ۶ آورده شده است.

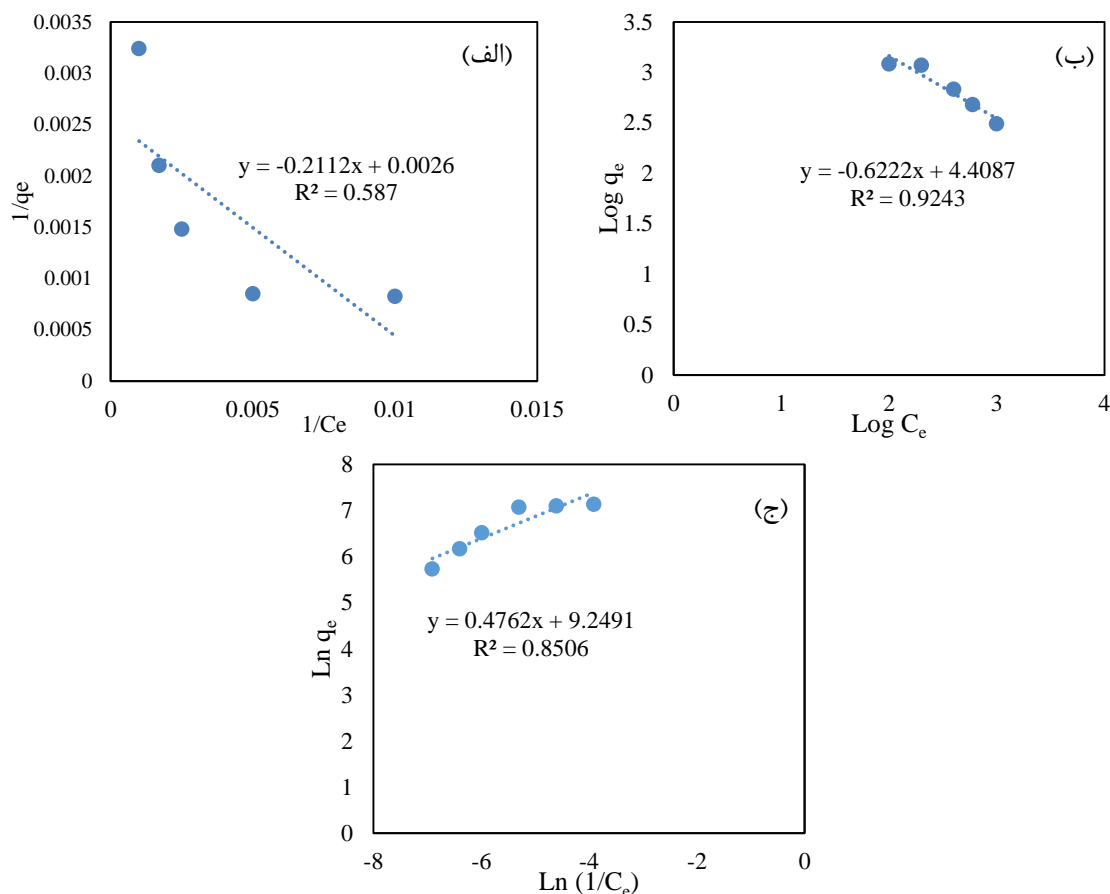


شکل ۶: اثر دما بر میزان تصفیه شیرابه با استفاده از نانوکامپوزیت $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SD}$ (مقدار جاذب: $0.05/0.05$ ، $0.20/0.05$ و $0.40/0.05$ ، زمان تماس: ۴۵ دقیقه، دما: ۲۵-۹۰ درجه سانتی گراد، $\text{pH}=7$)

• ایزوترم فرآیند حذف COD شیرابه لندفیل با استفاده از نانوکامپوزیت $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SD}$

ایزوترم جذب سطحی براساس این فرضیه است که عمل جذب در تمام سطح انجام می‌شود و مستقل از سطوح اشغال شده است. مدل‌های ایزوترم، ارتباط بین غلظت‌های یون فلزی در محلول و مقدار یون جذب شده روی جاذب خاص را در دمای ثابت نشان می‌دهد. جهت

تعیین ظرفیت جذب نانوجاذب مغناطیسی Fe_3O_4/SD جهت حذف COD شیرابه، مدل‌های ایزوترم لانگمویر، فروندلیچ و هالسی مورد بررسی قرار گرفتند. نمودار خطی ایزوترم‌های لانگمویر، فروندلیچ و هالسی برای حذف COD شیرابه به ترتیب در شکل‌های ۷ (الف)، (ب) و (ج) نمایش داده شده‌اند. همچنین مقادیر ثابت‌های مربوط به مدل‌های مذکور، همراه با ضریب همبستگی آنها در جدول ۲ ارائه شده است.



شکل ۷: (الف) ایزوترم خطی لانگمویر (ب) ایزوترم فروندلیچ و (ج) ایزوترم هالسی برای جذب COD شیرابه با استفاده از نانوکامپوزیت Fe_3O_4/SD

جدول ۲: مقادیر مربوط به ثابت‌های لانگمویر، فروندلیچ و هالسی برای حذف COD شیرابه با استفاده از جاذب مغناطیسی Fe_3O_4/SD

ثابت‌های لانگمویر			
q_m (mg/g)	K_L (L/mg)	R^2	R_L
۳۸۴/۶۱	۰/۰۱۲	۰/۵۸۷	۰/۹۱۳
ثابت‌های فروندلیچ			
n	K_F	R^2	
۱/۶۰۷	۲۵۶۲۷/۱۳	۰/۹۲۴۳	
ثابت‌های هالسی			
n_H	K_H (mg/L)	R^2	
۲/۰۹۹	$۳/۷ \times 10^{-۱۰}$	۰/۸۵۰۶	

بحث و نتیجه‌گیری

- بررسی مورفولوژی سطح نانوکامپوزیت با استفاده از تصاویر میکروسکوپ الکترونی نشر میدانی (FE-SEM) با توجه به تصاویر شکل ۱ (الف) که مربوط به نانوکامپوزیت Fe_3O_4/SD قبل از حذف آلاینده‌ها است؛ پوشش نانوذرات Fe_3O_4 روی بستر خاک اره کاملاً مشهود است و نانوذرات کروی Fe_3O_4 روی خاک اره تجمع کرده‌اند و این یافته در مقالات مشابه تأیید شده است (Fan et

(al., 2019; Kataria & Garg, 2019; Yusoff, Salimi, & Jamlos, 2017) اندازه نانوذرات پوشش داده شده روی خاک اره با متوسط اندازه ۲۸/۳۶ nm است که تاییدی بر سنتز کامل و دقیق نانوکامپوزیت و قرار گرفتن در محدوده نانوذرات است و تخلل نانوکامپوزیت سنتزی نیز مشاهده می‌شود. شکل ۱ (ب)، نانوکامپوزیت سنتزی بعد از فرآیند تصفیه را نشان می‌دهد. با توجه به شکل، وجود آلاینده‌ها روی سطح جاذب با ظهور ذرات بیشتر و سطح شلوغ‌تر نمایان شده است و اندازه ذرات نانوکامپوزیت نسبت به قبل از فرآیند حذف، بزرگتر شده و در محدوده متوسط ۳۲/۹۱ nm قرار گرفته است که نشان‌دهنده ایجاد واکنش بین نانوکامپوزیت سنتزی و آلاینده‌های آلی و معدنی موجود در شیرابه است.

- تفسیر و بررسی تصاویر پراش اشعه ایکس نانوکامپوزیت سنتزی Fe₃O₄/SD

الگوی XRD مربوط به خاک اره در شکل ۲ (الف) آورده شده که به علت ساختار آمورف خاک اره، پیک زیادی مشاهده نشده و فقط یک پیک مشخص در ناحیه حدود $2\theta = 23^\circ$ ظاهر شده است. با توجه به شکل ۲ (ب)، تمام قله‌های پراش را می‌توان به نقاط hkl برابر (۲۲۰)، (۳۱۱)، (۴۰۰)، (۴۲۲)، (۵۱۱)، (۴۴۰) و (۵۳۳) صفحه Fe₃O₄ با ساختار اسپینل معکوس اختصاص داد (شماره JCPDS 19-0629، $a = 8.396 \text{ \AA}$). بنابراین، صفحات حاصل با ساختار اسپینل معکوس مطابقت دارند و از یون‌های اکسید در یک آرایش بسته‌بندی شده مکعب با فرم کامپوزیت مرکزی (fcc) تشکیل شده‌اند. شکل باریک قله‌ها نشان می‌دهد که نانوذرات Fe₃O₄ از کیفیت بلوری خوبی برخوردار هستند. این مشاهدات در مقالات مشابه که به بررسی ساختار نانوذرات Fe₃O₄ پرداخته‌اند؛ توسط Abdullah و همکارانش در سال ۲۰۲۰، Kataria و Garg در سال ۲۰۱۹، Silva و همکارانش در سال ۲۰۱۳، Taimoory و همکارانش در سال ۲۰۱۷ و Wang و همکارانش در سال ۲۰۱۶ تایید شد (Abdullah et al., 2020; Kataria & Garg, 2019; Silva, Andrade, Silva, Valladares, & Aguiar, 2013; Taimoory et al., 2017; Wang et al., 2016). همچنین، پیک مربوط به بستر خاک اره در دو محدوده $2\theta = 10^\circ$ و $2\theta = 23^\circ$ به دلیل برهمکنش با نانوذرات روی بستر پدیدار شده است و شیفت در مقدار 2θ به دلیل واکنش خاک اره با سطح نانوذرات Fe₃O₄ صورت گرفته است.

- بررسی اثر پارامترهای تاثیرگذار بر فرآیند جذب COD

• بررسی اثر pH

با توجه به نتایج شکل ۳، با افزایش pH درصد حذف COD شیرابه افزایش می‌یابد. همانطور که مشاهده می‌شود؛ بیشترین میزان حذف در pH=۵ اتفاق می‌افتد و با افزایش بیشتر pH درصد جذب کاهش می‌یابد. pH نمونه شیرابه مورد بررسی حدود ۸/۵ اندازه‌گیری شد؛ درحالی‌که بیشترین راندمان حذف در pH ۵ مشاهده شد اما تفاوت کمی در میزان حذف COD در pH برابر ۵ و ۷ مشاهده شد. در حقیقت می‌توان اینگونه تفسیر کرد که به دلیل قلیایی بودن محیط شیرابه و سطح مثبت نانوکامپوزیت سنتزی با بستر خاک اره، جذب سطحی کم بوده و زمانیکه pH شیرابه کاهش می‌یابد؛ جاذبه الکتروستاتیک بین نانوکامپوزیت مغناطیسی و آلاینده‌های موجود در شیرابه بوجود آمده و حذف COD بالاتری مشاهده می‌شود. همچنین به دلیل تخریب ساختار آهن (III) اکسید در محیط‌های بسیار اسیدی، راندمان حذف در pHهای پایینتر کم است (Guo et al., 2019). این نتیجه در پژوهشی دیگر که توسط Katariaa و همکارانش در بررسی راندمان حذف نانوکامپوزیت مغناطیسی استفاده شده بود حاصل شد و pH ۷، به عنوان pH بهینه انتخاب شد (Kataria & Garg, 2019). در نهایت جهت بررسی‌های بیشتر، pH برابر ۷ به عنوان pH بهینه انتخاب شد.

• بررسی اثر زمان تماس

با توجه به نتایج شکل ۴، جذب در ۶۰ دقیقه نخست سریع بوده و با گذشت زمان آهسته‌تر می‌شود و نهایتاً جاذب اشباع می‌شود. از این لحظه به بعد با افزایش زمان تماس، تغییر قابل ملاحظه‌ای در ظرفیت جذب جاذب پدید نمی‌آید و در واقع شرایط تعادل برقرار می‌شود. برای توجیه این روند می‌توان اینگونه اظهار نمود که در مراحل اولیه، تعداد زیادی از سایت‌های سطحی برای جذب در دسترس هستند اما با گذشت زمان، سایت‌های جذبی باقیمانده به دلیل دافعه بین مولکول‌های حل شونده و فاز جامد به سختی اشغال می‌شود. در این حالت جذب آلاینده از سایت‌های سطحی به سایت‌های درونی جاذب نفوذ می‌کند. این نتایج در مطالعات بسیاری مانند Aminzadeh, Ostovar و Soubh و همکاران مشاهده شده و مورد تایید قرار گرفته است و افزایش زمان تماس، به عنوان عاملی مثبت در جهت افزایش راندمان حذف با افزایش برخورد آلاینده و جاذب تعیین شده است (Moafi, Ansari, & Ostovar, 2016; Soubh, Baghdadi, Abdoli, & Aminzadeh, 2018). همچنین، اثر زمان در pH شیرابه خام برابر ۸/۵ بررسی شد و نتایج بدست آمده با نتایج حاصل از pH بهینه

مطابقت داشت با این تفاوت که راندمان حذف COD کمتری مشاهده شد. مجموع این عوامل موجب کاهش سرعت فرایند بر جذب با گذشت زمان می‌شود. در فرآیند حذف COD از شیرابه لندفیل، میزان جذب بعد از گذشت ۴۵ دقیقه تغییر محسوسی نمی‌کند و در نتیجه، زمان فرآیند ۴۵ دقیقه با ظرفیت جذب ۱۱۸۰/۹ mg/g به عنوان زمان بهینه انتخاب شد.

• بررسی اثر مقدار جاذب

بر اساس نتایج نشان داده شده در شکل ۵، افزایش مقدار جاذب، به دلیل افزایش مساحت سطح و در دسترس بودن سایت‌های جذبی، حذف COD را افزایش داده است اما با افزایش بیشتر مقدار جاذب، جذب آلاینده تقریباً ثابت می‌ماند. برخلاف آن با توجه به شکل ۵، ظرفیت جذب جاذب با افزایش مقدار جاذب کاهش چشمگیری پیدا می‌کند که به این دلیل است که با افزایش مقدار جاذب تعدادی از سایت‌های جذبی در طول فرآیند جذب غیر اشباع باقی می‌مانند (Esdaki, Ansari, & Ostovar, 2019; Pourkarim, Ostovar, & Xiaoduo, Mahdavianpour, & Moslemzadeh, 2017). همکارانش نیز در سال ۲۰۱۹ با بررسی جاذب کربن فعال اصلاح شده با نانوذرات Fe_3O_4 دریافتند که افزایش مقدار جاذب، به دلیل افزایش سطح تماس و وجود سایت‌های بیشتر، افزایش راندمان حذف را در پی دارد (Liu et al., 2019). در بررسی ظرفیت جذب و رابطه معکوس با درصد حذف می‌توان اینگونه بیان نمود که افزایش مقدار جاذب سبب بزرگ شدن عدد مخرج کسر در رابطه ظرفیت جذب شده و به همین دلیل، ظرفیت جذب با افزایش مقدار جاذب کاهش می‌یابد. بنابراین با توجه به مشاهدات بدست آمده، مقدار ثابت ۰/۴۰ گرم جاذب برای حفظ ظرفیت جذب بالا با راندمان حذف COD حدود ۷۰ درصد و همچنین مقایسه بهتر به عنوان مقدار بهینه در نظر گرفته شد.

• بررسی اثر دمای واکنش

با توجه به نتایج نشان داده شده در شکل ۶، افزایش دما، تأثیر مثبتی بر فرآیند حذف داشته و در هر سه مقدار جاذب، با افزایش دما، راندمان حذف COD افزایش یافته است. این اثر را می‌توان به دلیل تحرک بیشتر آلاینده‌ها و در نتیجه تماس بیشتر با سطح جاذب دانست که در مطالعه انجام شده توسط Ghasemi و همکارانش در سال ۲۰۱۸ نیز به تایید رسید و جاذب مگنیت اکسید آهن/کربن فعال استفاده شده، افزایش راندمان حذف با افزایش دما (تا محدوده مشخصی) را نشان داد (Ghasemi, Mashhadi, & Azimi-Amin, 2018). اما از آنجائی که با افزایش دما از ۴۵ درجه سانتی گراد به بالا، تفاوت چشمگیری در راندمان حذف COD مشاهده نمی‌شود؛ و افزایش بیشتر دما، به معنی افزایش هزینه بهره‌برداری و فرآیند تصفیه است؛ دمای ۴۵ درجه سانتی گراد برابر با ۳۱۸ کلوین به عنوان دمای بهینه انتخاب شد.

• بررسی ایزوترم جذب

نتایج شکل ۷ و داده‌های جدول ۲ نشان می‌دهد که مقدار R^2 ایزوترم فروندلیچ (۰/۹۲۴۳) نسبت به مدل لانگمویر (۰/۵۸۷) و مدل هالسی (۰/۸۵۰۶)، برای نانوکامپوزیت مغناطیسی Fe_3O_4/SD بزرگتر بوده و نشان‌دهنده تطابق بهتر این مدل با فرایند بر جذب است. به دلیل تبعیت بیشتر فرآیند حذف COD از ایزوترم فروندلیچ، جذب آلاینده‌ها و حذف COD شیرابه توسط نانوکامپوزیت مغناطیسی، چند لایه و ناهمگن است و مطابق با مقدار n بدست آمده که مقداری بین $1 < n < 10$ بدست آمده؛ فرآیند حذف مطلوب است که این نتایج در مطالعات صورت گرفته توسط González-Ipia و همکارانش در سال ۲۰۲۰ و Ghasemi و همکارانش در سال ۲۰۱۸ به تایید رسید و فرآیند ایزوترمی فروندلیچ در بررسی فرآیند جذبی مطالعات صورت گرفته به ترتیب در تصفیه پساب معدنی با استفاده از کربن فعال گرانولی و حذف آلاینده آلی با استفاده از نانوکامپوزیت Fe_3O_4/AC انتخاب شد (Ghasemi et al., 2018; González-Ipia, Bolaños, & Chamorro, Acuña-Bedoya, Machuca-Martínez, & Castilla-Acevedo, 2020).

نتایج

در این پژوهش، نانوکامپوزیت مغناطیسی آهن (III) اکسید/خاک اره (Fe_3O_4/SD) به روش هم‌رسوبی سنتز شد. تأیید روش سنتز و مورفولوژی سطح نانوکامپوزیت سنتزی با استفاده از آنالیزهای پراش اشعه ایکس (X-ray) و میکروسکوپ الکترونی نشری میدانی (FE-SEM) مورد آنالیز و ارزیابی قرار گرفت. سپس تأثیر پارامترهای تأثیرگذار بر فرآیند جذبی مانند اثر pH، زمان تماس، مقدار نانو کامپوزیت و دمای فرآیند بر میزان حذف COD شیرابه لندفیل گرفته شده با استفاده از نانوکامپوزیت مغناطیسی Fe_3O_4/SD مورد ارزیابی قرار گرفت. همچنین، جهت بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی جاذب مغناطیسی سنتزی و نوع جذب فرآیند، ایزوترم جذب مورد تجزیه و

تحلیل قرار گرفت. نتایج بررسی‌های تجربی نشان داد که افزایش pH، اثر نامطلوبی بر راندمان حذف COD داشته و بالاترین راندمان حذف در pH حدود ۵ بدست آمد. اما از آنجائی که pH برابر ۵ اسیدی بوده و تفاوت چشمگیری در راندمان حذف در pH ۵ و ۷ مشاهده نشد؛ pH ۷ به عنوان pH بهینه انتخاب شد. همچنین، نتایج نشان داد که با افزایش مقدار جاذب، به دلیل افزایش سطح تماس، راندمان حذف COD شیرابه افزایش یافته و افزایش زمان تماس نیز، اثری افزایش‌دهنده بر فرآیند داشته است. افزایش دمای واکنش، سبب افزایش راندمان حذف COD شده اما افزایش نامحسوسی در راندمان مشاهده شد. در نتیجه دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد به عنوان دمای بهینه انتخاب شد. نتایج بررسی‌های ایزوترمی نیز نشان داد که فرآیند جذبی مذکور، با توجه به مقدار R^2 ایزوترم فروندلیچ (۰/۹۲۴۳) نسبت به مدل لانگمویر (۰/۵۸۷) و مدل هالسی (۰/۸۵۰۶)، از ایزوترم فروندلیچ تبعیت کرده در نتیجه، فرآیند جذب شیرابه توسط نانوکامپوزیت Fe_3O_4/SD ناهمگن و چند لایه بوده و مطابق با مقدار n که مقداری بین ۱ تا ۱۰ بدست آمده است؛ جذب مطلوب است. با بررسی‌ها و مطالعات انجام گرفته، نانوکامپوزیت مغناطیسی Fe_3O_4/SD ، جذبی مناسب برای حذف COD از شیرابه‌های مراکز لندفیل بوده و می‌تواند در ترکیب با سایر فرآیندها، جهت حذف کامل آلاینده‌ها استفاده نمود.

منابع

- دانشگاهی. پ. م. ز. ج. (۱۳۸۸). طرح جامع مدیریت پسماند استان گیلان. Retrieved from
- عمرانی، ق. ع. (۱۳۸۹). مواد زائد جامد، مدیریت، جمع‌آوری و حمل و نقل، دفن بهداشتی و تهیه کمپوست: دانشگاه آزاد اسلامی.
- Abdullah, N. H., Shameli, K., Nia, P. M., Etesami, M., Abdullah, E. C., & Abdullah, L. C. (2020). Electrocatalytic activity of starch/ Fe_3O_4 /zeolite bionanocomposite for oxygen reduction reaction. *Arabian Journal of Chemistry*, 13(1), 1297-1308.
- Al-Saad, K., Amr, M., Hadi, D., Arar, R., Al-Sulaiti, M., Abdulmalik, T., . . . Kwak, J. (2012). Iron oxide nanoparticles: applicability for heavy metal removal from contaminated water. *Arab Journal of Nuclear Sciences and Applications*, 45(2), 335-346.
- Ansari, R., & Mosayebzadeh, Z. (2011). Application of polyaniline as an efficient and novel adsorbent for azo dyes removal from textile wastewaters. *Chemical Papers*, 65(1), 1-8.
- Bashir, M. J., Aziz, H. A., Yusoff, M. S., Huqe, A., & Mohajeri, S. (2010). Effects of ion exchange resins in different mobile ion forms on semi-aerobic landfill leachate treatment. *Water Science and Technology*, 61(3), 641-649.
- Deng, Y., Chen, N., Feng, C., Chen, F., Wang, H., Kuang, P., . . . Hu, W. (2019). Treatment of organic wastewater containing nitrogen and chlorine by combinatorial electrochemical system: Taking biologically treated landfill leachate treatment as an example. *Chemical Engineering Journal*, 364, 349-360.
- El-Fadel, M., Findikakis, A. N., & Leckie, J. O. (1997). Environmental impacts of solid waste landfilling. *Journal of environmental management*, 50(1), 1-25.
- Erabee, I., Ahsan, A., Jose, B., Aziz, M. M. A., Ng, A., Idrus, S., & Daud, N. (2018). Adsorptive treatment of landfill leachate using activated carbon modified with three different methods. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 22(4), 1083-1095.
- Esdaki, Z., Ansari, R., & Ostovar, F. (2019). Removal of Nickel (II) ions from aqueous solutions using Iron (III) oxide nanoparticles: study of kinetic, isotherm and thermodynamic models. *Iranian Journal of Health and Environment*, 12(3), 383-396.
- Fan, S., Pei, S., Shen, T., Xu, G., Li, Y., & Fan, W. (2019). Fabrication of Superhydrophobic Magnetic Sawdust as Effective and Recyclable Oil Sorbents. *Materials*, 12(20), 3432.
- Federation, W. E., & Association, A. P. H. (2005). Standard methods for the examination of water and wastewater. *American Public Health Association (APHA): Washington, DC, USA*.
- Ghasemi, M., Mashhadi, S., & Azimi-Amin, J. (2018). Fe_3O_4/AC nanocomposite as a novel nano adsorbent for effective removal of cationic dye: Process optimization based on Taguchi design method, kinetics, equilibrium and thermodynamics. *Journal of Water and Environmental Nanotechnology*, 3(4), 321-336.
- González-Ipia, N., Bolaños-Chamorro, K. C., Acuña-Bedoya, J. D., Machuca-Martínez, F., & Castilla-Acevedo, S. F. (2020). Enhancement of the adsorption of hexacyanoferrate (III) ion on granular activated carbon by the addition of cations: A promissory application to mining wastewater treatment. *Journal of environmental chemical engineering*, 8(5), 104336.
- Guo, R., Meng, Q., Zhang, H., Zhang, X., Li, B., Cheng, Q., & Cheng, X. (2019). Construction of Fe_2O_3/Co_3O_4 /exfoliated graphite composite and its high efficient treatment of landfill leachate by activation of potassium persulfate. *Chemical Engineering Journal*, 355, 952-962.
- Han, M., Duan, X., Cao, G., Zhu, S., & Ho, S.-H. (2020). Graphitic nitride-catalyzed advanced oxidation processes (AOPs) for landfill leachate treatment: A mini review. *Process Safety and Environmental Protection*.
- Hou, S., Jia, S., Jia, J., He, Z., Li, G., Zuo, Q., & Zhuang, H. (2020). Fe_3O_4 nanoparticles loading on cow dung based activated carbon as an efficient catalyst for catalytic microbubble ozonation of biologically pretreated coal gasification wastewater. *Journal of environmental management*, 267, 110615.
- Joshi, S., Garg, V., Kataria, N., & Kadirvelu, K. (2019). Applications of $Fe_3O_4@AC$ nanoparticles for dye removal from simulated wastewater. *Chemosphere*, 236, 124280.
- Kataria, N., & Garg, V. (2019). Application of EDTA modified Fe_3O_4 /sawdust carbon nanocomposites to ameliorate methylene blue and brilliant green dye laden water. *Environmental research*, 172, 43-54.

- Liu, X., Tian, J., Li, Y., Sun, N., Mi, S., Xie, Y., & Chen, Z. (2019). Enhanced dyes adsorption from wastewater via Fe₃O₄ nanoparticles functionalized activated carbon. *Journal of Hazardous Materials*, 373, 397-407.
- Moafi, H., Ansari, R., & Ostovar, F. (2016). Ag₂O/Sawdust nanocomposite as an efficient adsorbent for removal of hexavalent chromium ions from aqueous solutions. *Journal of Materials and Environmental Science*, 7(6), 2051-2068.
- Pashaki, S. G. A., Khojastehpour, M., Ebrahimi-Nik, M., & Rohani, A. Treatment of municipal landfill leachate: Optimization of organic loading rate in a two-stage CSTR followed by aerobic degradation. *Renewable Energy*, 163, 1210-1221.
- Pourkarim, S., Ostovar, F., Mahdavianpour, M., & Moslemzadeh, M. (2017). Adsorption of chromium (VI) from aqueous solution by Artist's Bracket fungi. *Separation Science and Technology*, 52(10), 1733-1741.
- Qu, S., Huang, F., Yu, S., Chen, G., & Kong, J. (2008). Magnetic removal of dyes from aqueous solution using multi-walled carbon nanotubes filled with Fe₂O₃ particles. *Journal of Hazardous Materials*, 160(2-3), 643-647.
- Saçak, M., Akbulut, U., & Batchelder, D. N. (1998). Characterization of electrochemically produced, two-component films of conducting polymers by Raman microscopy. *Polymer*, 39(20), 4735-4739.
- Setayesh, S. R., Nazari, P., & Maghbool, R. (2020). Engineered FeVO₄/CeO₂ nanocomposite as a two-way superior electro-Fenton catalyst for model and real wastewater treatment. *Journal of Environmental Sciences*, 97, 110-119.
- Silva, V., Andrade, P., Silva, M., Valladares, L. D. L. S., & Aguiar, J. A. (2013). Synthesis and characterization of Fe₃O₄ nanoparticles coated with fucan polysaccharides. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 343, 138-143.
- Sletten, R. S., Benjamin, M. M., Horng, J., & Ferguson, J. F. (1995). Physical-chemical treatment of landfill leachate for metals removal. *Water Research*, 29(10), 2376-2386.
- Soubh, A. M., Baghdadi, M., Abdoli, M. A., & Aminzadeh, B. (2018). Zero-valent iron nanofibers (ZVINFs) immobilized on the surface of reduced ultra-large graphene oxide (rULGO) as a persulfate activator for treatment of landfill leachate. *Journal of environmental chemical engineering*, 6(5), 6568-6579.
- Srivastava, P., & Hasan, S. H. (2011). Biomass of *Mucor heimalis* for the biosorption of cadmium from aqueous solutions: equilibrium and kinetic studies. *BioResources*, 6(4), 3656-3675.
- Taimoory, S. M., Trant, J. F., Rahdar, A., Aliahmad, M., Sadeghfar, F., & Hashemzaei, M. (2017). Importance of the inter-electrode distance for the electrochemical synthesis of magnetite nanoparticles: synthesis, characterization, computational modelling, and cytotoxicity. *e-Journal of Surface Science and Nanotechnology*, 15, 31-39.
- Tavakoli, M., Safa, F., & Abedinzadeh, N. (2019). Binary nanocomposite of Fe₃O₄/MWCNTs for adsorption of Reactive Violet 2: Taguchi design, kinetics and equilibrium isotherms. *Fullerenes, Nanotubes and Carbon Nanostructures*, 27(4), 305-316.
- Umamaheswari, J., Bharathkumar, T., Shanthakumar, S., & Gothandam, K. (2020). A feasibility study on optimization of combined advanced oxidation processes for municipal solid waste leachate treatment. *Process Safety and Environmental Protection*, 143, 212-221.
- Wang, X., Liu, Y., Arandiyani, H., Yang, H., Bai, L., Mujtaba, J., . . . Sun, H. (2016). Uniform Fe₃O₄ microflowers hierarchical structures assembled with porous nanoplates as superior anode materials for lithium-ion batteries. *Applied Surface Science*, 389, 240-246.
- Wu, H., Liu, G., Zhuang, Y., Wu, D., Zhang, H., Yang, H., . . . Yang, S. (2011). The behavior after intravenous injection in mice of multiwalled carbon nanotube/Fe₃O₄ hybrid MRI contrast agents. *Biomaterials*, 32(21), 4867-4876.
- Yang, Z., Karczewska-Golec, J., Styczynski, M., Bajda, T., & Drewniak, L. Characterization of Fe-based sediments received from chemical pre-treatment of hydrometallurgical waste leachate from the recycling of alkaline batteries. *Journal of Hazardous Materials*, 403, 123988.
- Yong, Z. J., Bashir, M. J., Ng, C. A., Sethupathi, S., & Lim, J.-W. (2018). A sequential treatment of intermediate tropical landfill leachate using a sequencing batch reactor (SBR) and coagulation. *Journal of environmental management*, 205, 244-252.
- Yusoff, A., Salimi, M. N., & Jamlos, M. F. (2017). *Synthesis and characterization of biocompatible Fe₃O₄ nanoparticles at different pH*. Paper presented at the AIP Conference Proceedings.
- Zamri, M. F. M. A., Kamaruddin, M. A., Yusoff, M. S., Aziz, H. A., & Foo, K. Y. (2017). Semi-aerobic stabilized landfill leachate treatment by ion exchange resin: isotherm and kinetic study. *Applied Water Science*, 7(2), 581-590.



ارزیابی پتانسیل آلاینده‌گی در خلیج گرگان با استفاده از مدل تحلیلی SWOT و ارائه‌ی راهکارهای قابل قبول

نیلوفر نوروزی^{*۱}

۱- دانش‌آموخته دکتری، بوم‌شناسی آبریزان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

چکیده

خلیج گرگان در استان گلستان از مناطق مهم زیستی و شیلاتی می‌باشد؛ در حالی که در سالیان اخیر به شدت آلوده شده است؛ بنابراین در مطالعه حاضر مهم‌ترین عوامل آلاینده، با استفاده از مدل SWOT مورد بررسی قرار گرفتند. برای این منظور نقاط ضعف، قوت، تهدید و فرصت در اکوسیستم شناسایی شده و توسط ۱۰ تن از محققین علوم اکولوژی و هیدرولوژی مورد بررسی و امتیازدهی قرار گرفتند. نتایج بدست آمده شامل ارقام ۲/۴ در مورد عوامل خارجی و ۱/۸۹ در مورد عوامل داخلی بوده است. بر این اساس، هر دو مقدار در محدوده راهبردهای تدافعی قرار می‌گیرند. راهبردهای تدافعی برای بهبود شرایط اکوسیستم، ضعف‌ها و تهدیدهای موجود را کنترل می‌کنند. مهم‌ترین عوامل فشار بر اکوسیستم نیز، بسته بودن کانال‌های اصلی دریا به خلیج، ورود آلاینده‌های مختلف به اکوسیستم و فیزیوگرافی ضعیف خلیج گرگان تعیین شدند. با توجه به اهمیت منابع آب سطحی از نظر تولید مواد غذایی مورد نیاز جامعه، لازم است مدیریت آگاهانه‌ای را بر آن‌ها، در راستای توسعه پایدار اعمال نمود تا علاوه بر حفاظت منابع آبی، محیطی مناسب جهت زیست انواع آبریزان فراهم شود.

کلید واژه‌ها: خلیج گرگان، آلاینده‌ها، مدل SWOT، راهبردهای تدافعی

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: norouziniloufar67@gmail.com



Assessment of Pollutant Potential in Gorgan Bay, Using SWOT Analytical Model and Providing Acceptable Solutions

Niloufar Norouzi^{1*}

1- PhD Graduated Student in Aquatic Ecology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

Abstract

Gorgan Bay in Golestan Province is important biological and fisheries area; while in recent years, it has been contaminated Severely; Therefore, the most important pollutant factors were studied using SWOT model in this study. For this purpose, weaknesses, strengths, threats and opportunities have been identified in the ecosystem and were evaluated by 10 ecology and hydrology scientists. The results included 2.4 for external factors and 1.89 for internal factors. Accordingly, both values are in the range of defensive strategies. Defensive strategies control existing weaknesses and threats to improve ecosystem conditions. The most important pressure factors on the ecosystem are being the main canals of the sea closed to the bay, the entry of various pollutants into the ecosystem and poor physiography of Gorgan Bay. According to the importance of the surface water resources in terms of food production for society, and in order to sustainable development, we should manage them consciously to provide suitable habitat for aquatic species in addition to protecting water resources.

Keywords: Gorgan bay, Pollutants, SWOT model, Defensive strategies

* Corresponding author E-mail address: norouziniloufar67@gmail.com

مقدمه

کشور ایران در ناحیه خشک و نیمه خشک قرار گرفته است که میزان بارندگی و حجم آب‌های شیرین در این ناحیه به اندازه کافی نیست. در این میان رشد بی‌رویه جمعیت، گسترش صنایع و نیاز به آب برای تامین غذا نیز، موجب رشد تصاعدی آلودگی آب و محدودتر شدن منابع آبی شده است (آذرم دل، ۱۳۸۹).

پایش تغییرات مکانی و زمانی کیفیت منابع آب، از مهم‌ترین اولویت‌های حفاظت محیط زیست و از عوامل مهم در دستیابی به توسعه پایدار در بیشتر جوامع است (آذرم دل، ۱۳۸۹). در این میان، ارزیابی، طبقه‌بندی و بررسی منابع آلاینده اکوسیستم‌های آبی و تعیین میزان پتانسیل آلوده‌کنندگی آن‌ها، به روش‌های مختلف و یا با تلفیقی از روش‌ها صورت می‌گیرد. مدل^۱ SWOT یکی از ابزارهای استراتژیک موجود در این زمینه است که جهت تطابق نقاط ضعف و قوت درون‌سیستمی و یا فرصت‌ها و تهدیدات برون‌سیستمی مورد استفاده قرار می‌گیرد. منطق رویکرد مذکور این است که راهبرد اثربخش باید قوت‌ها و فرصت‌های سیستم را به حداکثر و ضعف‌ها و تهدیدها را به حداقل برساند. این منطق اگر درست به کار برده شود نتایج بسیار خوبی برای انتخاب و طراحی یک راهکار اثربخش خواهد داشت (حکمت‌نیا و موسوی، ۱۳۸۵).

بر این اساس نوروزی و همکاران (۱۳۹۴) پژوهشی جهت پهنه‌بندی کیفی رودخانه زیارت در استان گلستان با بهره‌گیری از مدل SWOT به انجام رساندند که نتایج حاصل از پژوهش نشان داد که بیشترین پتانسیل آلوده‌کنندگی مربوط به قسمت‌های میانی حوضه در روستای زیارت و کمترین پتانسیل مربوط به پای آبشار زیارت در بخش بالایی حوضه می‌باشد، همچنین بحرانی‌ترین مسئله، ورود بی‌رویه فاضلاب‌های روستایی و شهری به اکوسیستم اعلام گردید.

نوری و همکاران (۱۳۹۶) پژوهشی در راستای بررسی تاثیر اقدامات مدیریتی در کاهش منابع آلاینده نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای در حوضه آبخیز سیمره، با استفاده از مدل SWOT به انجام رساندند. در نتایج حاصل از پژوهش، ۹ زیرحوضه به عنوان مناطق بحرانی برای نیتروژن کل و فسفر کل شناسایی شده و بهترین اقدامات مدیریتی جهت کنترل هدررفت مواد مغذی در اکوسیستم نیز، کاهش مصرف کودهای شیمیایی و ایجاد نوار فیلتر در طول رودخانه معرفی شدند.

Abbaspour و همکاران (۲۰۰۷) برای شناسایی تمام فرآیندهایی که روی کیفیت آب، رسوب و چرخه عناصر غذایی در حوضه رودخانه تور موثر می‌باشد، از مدل SWOT استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که شبیه‌سازی رواناب و نیترات بسیار خوب و شبیه‌سازی رسوب و فسفر کل، نسبتاً خوب بوده است.

غلامی و نصیری (۱۳۹۴) به شبیه‌سازی جریان ماهانه رودخانه اترک با استفاده از مدل SWOT در حوزه آبخیز مراوه تپه در استان گلستان پرداختند. نتایج نهایی حاکی از آن بود که دقت مدل در شبیه‌سازی رواناب نسبتاً مطلوب بوده است.

Mwangi و همکاران (۲۰۱۵) در پژوهشی به ارزیابی تاثیر اقدامات حفاظتی آب و خاک بر روی کیفیت آب و تولید رسوب در حوضه ساسوموا^۲ در کنیا، با استفاده از مدل SWOT پرداختند. نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که ترکیب نوار فیلتر و آبروی سبز، منجر به کاهش ۸۰ درصد تولید رسوب، نوار فیلتر ۱۰ متری و آبروی سبز منجر به کاهش ۷۳ درصد و کشت روی خط تراز و آبروی سبز منجر به کاهش ۶۶ درصد در تولید رسوب خواهد شد.

با توجه به مطالب عنوان شده در فوق و اهمیت بالای مبحث آب در جوامع امروزی، پژوهش حاضر به هدف ارزیابی پتانسیل آلاینده‌های خلیج گرگان (که یکی از مهم‌ترین اکوسیستم‌های آبی ایران است)، با استفاده از مدل تحلیلی SWOT و ارائه راهکارهای قابل قبول تدوین گردید.

مواد و روش‌ها

- حوضه مورد مطالعه

حوضه آبخیز خلیج گرگان یکی از زیرحوضه‌های دریای خزر محسوب می‌شود که به طور عمده در استان گلستان و بخش کمی از آن در استان مازندران واقع شده است. اکولوژی این اکوسیستم تحت تاثیر دریای خزر، رودهای مجاور و شبه‌جزیره میانکاله قرار گرفته و در رشد و تکثیر آبزیان، ماهیان استخوانی، ماهیان غضروفی (یکی از بزرگ‌ترین تولیدکنندگان خاویار کشور) و جذب پرندگان مهاجر زمستانی نقش مهمی دارد، این در حالی است که توسعه صنایع، دامداری، ورود فاضلاب‌های شهری و روستایی و غیره سبب افزایش انواع آلودگی‌ها در آن شده، به طوری که وضعیت آب آن بسیار نامطلوب گزارش شده است (درویش بسطامی و همکاران، ۱۳۹۱، نوروزی و همکاران، ۱۳۹۶). این

¹ Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats

² Sasumua

موضوع اهمیت پایش این اکوسیستم را بیش از پیش نمایان ساخته است. موقعیت خلیج گرگان در استان گلستان در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱: موقعیت خلیج گرگان در استان گلستان

- نحوه جمع آوری اطلاعات در مدل SWOT

روش جمع آوری اطلاعات در این پژوهش به دو صورت کتابخانه‌ای- اسنادی و پیمایشی مبتنی بر پرسش از متخصصین امر می‌باشد. روش کتابخانه‌ای در ارتباط با پیشینه موضوع و مبانی نظری تحقیق است که در آن کلیه جریان‌های ورودی به مناطق مختلف اکوسیستم، منابع آلاینده ورودی، استعداد فیزیوگرافی هر بخش از حوضه آبخیز جهت آلودگی و غیره مطالعه می‌گردد. همچنین مطالعات جمعیتی، اجتماعی و اقتصادی با هدف تعیین نقش جمعیت ساکن، شاغل و توریسم در تولید انواع آلاینده‌های اکوسیستم انجام می‌گیرد. مطالعه میدانی نیز به منظور شناخت واقعیت موجود بر زمین، بر اساس مشاهدات میدانی و پرسش از متخصصین امر (شامل ۱۰ متخصص علوم اکولوژی و هیدرولوژی) صورت گرفته و در نهایت لیستی از نقاط ضعف و قوت (عوامل داخلی) و تهدیدها و فرصت‌ها (عوامل خارجی) تهیه خواهد شد.

- تجزیه و تحلیل عوامل داخلی

پس از تهیه لیستی شامل نقاط قوت و ضعف در اکوسیستم که در مجموع عوامل داخلی موثر بر آلودگی می‌باشند، جدولی ترسیم نموده و هر کدام از عوامل داخلی بین صفر تا ۰/۱، امتیازدهی می‌شوند که ضریب اهمیت نامیده می‌شود. سپس با توجه به عالی یا معمولی بودن قوت‌ها به ترتیب رتبه ۴ یا ۳ و با توجه به جدی یا معمولی بودن ضعف‌ها به ترتیب رتبه ۱ یا ۲ به آن‌ها اختصاص داده می‌شود. پس از آن ضریب اهمیت هر عامل در رتبه آن ضرب شده و امتیاز وزنی هر عامل مشخص می‌گردد. در نهایت مجموع امتیازهای وزنی محاسبه می‌گردد. بر این اساس اگر مجموع امتیازات وزنی بیش از ۲/۵ باشد، قوت‌ها بر ضعف‌های آن غلبه دارد و اگر امتیاز نهایی کمتر از ۲/۵ باشد، حاکی از غلبه ضعف‌ها بر قوت‌ها می‌باشد (فیروز و همکاران، ۱۳۹۶).

- تجزیه و تحلیل عوامل خارجی

پس از تهیه لیستی شامل فرصت‌ها و تهدیدها در اکوسیستم که در مجموع عوامل خارجی موثر بر آلودگی می‌باشند، جدولی ترسیم نموده و هر کدام از عوامل خارجی بین صفر تا ۰/۱ امتیازدهی می‌شوند که ضریب اهمیت نامیده می‌شود. سپس با توجه به عالی یا معمولی بودن قوت‌ها به ترتیب رتبه ۴ یا ۳ و با توجه به جدی یا معمولی بودن ضعف‌ها به ترتیب رتبه ۱ یا ۲ به آن‌ها اختصاص می‌یابد. پس از آن ضریب اهمیت هر عامل در رتبه آن ضرب شده و امتیاز وزنی هر عامل مشخص می‌گردد. در نهایت مجموع امتیازهای وزنی محاسبه می‌گردد و اگر مجموع امتیازات وزنی بیش از ۲/۵ باشد، نشان می‌دهد که فرصت‌ها بر تهدیدها غلبه دارند و اگر امتیاز نهایی کمتر از ۲/۵ باشد، حاکی از غلبه تهدیدها بر فرصت‌ها می‌باشد (فیروز و همکاران، ۱۳۹۶).

- ماتریس تحلیل

پس از تجزیه و تحلیل عوامل داخلی و خارجی، جهت تحلیل اطلاعات موجود، ماتریس تحلیلی ترسیم می‌گردد. بر این اساس اگر موقعیت اکوسیستم مورد بررسی از نظر نمرات عوامل داخلی و خارجی در ناحیه اول نمودار باشد، استراتژی تهاجمی، اگر در ناحیه دوم باشد، استراتژی رقابتی، اگر در ناحیه سوم باشد استراتژی محافظه کارانه و اگر در ناحیه چهارم باشد، استراتژی تدافعی جهت بهبود شرایط اکوسیستم پیشنهاد می‌گردد و در نهایت راهبرهای متناسب با استراتژی مذکور ارائه می‌شود (فیروز و همکاران، ۱۳۹۶).

یافته‌های پژوهش

به منظور جمع‌بندی نتایج حاصل از مشاهدات میدانی و مطالعات کتابخانه‌ای و ارزیابی دقیق پهنه‌ها، جدول SWOT تهیه شد. در مرحله اول عوامل داخلی و خارجی مورد بررسی قرار گرفتند که به ترتیب در جدول ۱ و ۲ به آن‌ها اشاره شده است.

جدول ۱: عوامل داخلی تأثیرگذار بر آلودگی خلیج گرگان

نقاط قوت (S)	نقاط ضعف (W)
S1: دارای جریان دائمی قره‌سو می‌باشد.	W1: غالبیت بستر گلی که جایگاه‌های زیستی اندکی دارد.
S2: اتصال به دریاچه خزر و بهره‌مندی از آب آن.	W2: تراکم پایین پوشش گیاهی.
S3: ورود جریان آب متعدد به اکوسیستم از شرق، غرب و جنوب.	W3: حواشی بسیار سست.
S4: وجود فون زیستی که منجر به حذف زیستی آلاینده‌ها می‌گردد.	W4: عمق اندک اکوسیستم.
S5: پناهگاه پرندگان مهاجر و سایر حیوانات موجب پویایی بیشتر اکوسیستم و حذف زیستی آلاینده‌ها می‌شوند.	W5: غالبیت آب و هوای گرم و خشک در منطقه و تبخیر بالا.
	W6: احاطه شده توسط مساحت بالایی از زمین‌های بایر

جدول ۲: عوامل خارجی تأثیرگذار بر آلودگی خلیج گرگان

فرصت‌ها (O)	تهدیدها (T)
O1: پرورش محصولات شیلاتی که قابلیت حذف زیستی آلاینده‌ها را در اکوسیستم افزایش می‌دهد.	T1: وجود گردشگر بیش از ظرفیت.
O2: آموزش استفاده صحیح از اکوسیستم و فرهنگ‌سازی.	T2: تولید انبوه زباله.
O3: اشتغال‌زایی برای اهالی با توجه به فارغ‌التحصیلان دانشگاهی و نیروهای غیرماهر که منجر به بهره‌برداری اصولی از اکوسیستم می‌گردد.	T3: رشد بی‌رویه جمعیت مخصوصاً جمعیت مهاجر.
O4: مدیریت گردشگری و آشناسازی سایر ملل به اهمیت اکوسیستم که منجر به افزایش کمک‌های مالی و انسانی از سوی آن‌ها خواهد شد.	T4: وجود صید قاچاق در اکوسیستم.
O5: ایجاد صنایع تبدیلی با توجه به وجود مواد اولیه دامی، باغی و شیلاتی به منظور ایجاد فرصت‌های شغلی که به نوبه خود صید قاچاق و متعاقب آن آلودگی زیستی اکوسیستم را کاهش می‌دهد.	T5: انجام پروژه‌های تحقیقاتی غیراصولی در اکوسیستم که موجب از بین رفتن جایگاه‌های زیستی می‌گردد.
	T6: استقرار مناطق شهرنشینی مانند بندر گز و تولید فاضلاب.
	T7: انجام کشاورزی غیراصولی در زمین‌های اطراف و تولید کود و فاضلاب سمی.
	T8: کاهش ۳۰ سانتی‌متری سطح آب دریای خزر (در دوران پسروی آب دریای خزر قرار گرفته‌ایم).
	T9: خشک شدن برخی مناطق ساحلی و استفاده نامناسب افراد از این مناطق.
	T10: بسته شدن و عدم لایروبی مهمترین کانال‌های منتهی به دریای خزر که منجر به کاهش چشمگیر سطح آب در خلیج گرگان شده است.
	T11: استفاده بی‌رویه از جنگل‌ها و زمین‌های زراعی خلیج گرگان که باعث تشدید سیل و هدایت رسوبات به سمت اکوسیستم می‌گردد.
	T12: کاهش بسیار زیاد سطح جریان آب ورودی به اکوسیستم.

پس از ارزیابی عوامل داخلی و خارجی بر اساس مطالعات پیشین صورت گرفته در این زمینه و مشاهدات میدانی، در مورد هر یک امتیازدهی صورت می‌گیرد و امتیاز وزنی نهایی محاسبه می‌گردد که در جداول ۳ و ۴ به آن‌ها پرداخته شده است.

جدول ۳: تحلیل عوامل داخلی موثر بر آلودگی اکوسیستم

رتبه*ضریب اهمیت=امتیاز وزنی	رتبه	ضریب اهمیت	عوامل داخلی استراتژیک (نقاط قوت و ضعف)
۰/۳۶	۴	۰/۰۹	S1: دارای جریان دائمی قره‌سو می‌باشد.
۰/۳۶	۴	۰/۰۹	S2: اتصال به دریاچه خزر و بهره‌مندی از آب آن.
۰/۲۱	۳	۰/۰۷	S3: ورود جریان‌های آبی موقت متعدد به اکوسیستم از شرق، غرب و جنوب.
۰/۲۴	۴	۰/۰۶	S4: وجود فون زیستی که منجر به حذف زیستی آلاینده‌ها می‌گردد.
۰/۱۲	۳	۰/۰۴	S5: پناهگاه پرندگان مهاجر و سایر حیوانات موجب پویایی بیشتر اکوسیستم و حذف زیستی آلاینده‌ها می‌شوند.
۰/۰۹	۱	۰/۰۹	W1: غالبیت بستر گلی که جایگاه‌های زیستی اندکی دارد.
۰/۰۹	۱	۰/۰۹	W2: تراکم پایین پوشش گیاهی
۰/۰۹	۱	۰/۰۹	W3: حواشی بسیار سست
۰/۱۴	۲	۰/۰۷	W4: عمق اندک اکوسیستم
۰/۱	۲	۰/۰۵	W5: غالبیت آب و هوای گرم و خشک در منطقه و تبخیر بالا
۰/۰۹	۱	۰/۰۹	W6: احاطه شده توسط مساحت بالایی از زمین‌های بایر
۱/۸۹			امتیاز نهایی

جدول ۴: تحلیل عوامل خارجی موثر بر آلودگی اکوسیستم

رتبه*ضریب اهمیت=امتیاز وزنی	رتبه	ضریب اهمیت	عوامل خارجی استراتژیک (فرصت‌ها و تهدیدها)
۰/۲۱	۳	۰/۰۷	O1: پرورش محصولات شیلاتی که قابلیت حذف زیستی آلاینده‌ها را در اکوسیستم افزایش می‌دهد.
۰/۳۶	۴	۰/۰۹	O2: آموزش استفاده صحیح از اکوسیستم و فرهنگ‌سازی.
۰/۱۵	۳	۰/۰۵	O3: اشتغال‌زایی برای اهالی با توجه به فارغ‌التحصیلان دانشگاهی و نیروهای غیرماهر که منجر به بهره‌برداری اصولی از اکوسیستم می‌گردد.
۰/۳۶	۴	۰/۰۹	O4: مدیریت گردشگری و آشناسازی سایر ملل به اهمیت اکوسیستم که منجر به افزایش کمک‌های مالی و انسانی از سوی آن‌ها خواهد شد.
۰/۱۵	۳	۰/۰۵	O5: ایجاد صنایع تبدیلی با توجه به وجود مواد اولیه دامی، باغی و شیلاتی به منظور ایجاد فرصت‌های شغلی که به نوبه خود صید قاچاق و متعاقب آن آلودگی زیستی اکوسیستم را کاهش می‌دهد.
۰/۰۹	۱	۰/۰۹	t1: وجود گردشگر بیش از ظرفیت.
۰/۰۹	۱	۰/۰۹	t2: تولید انبوه زباله.
۰/۰۹	۱	۰/۰۹	t3: رشد بی‌رویه جمعیت مخصوصاً جمعیت مهاجر.
۰/۱	۲	۰/۰۵	t4: وجود صید قاچاق در اکوسیستم.
۰/۱۲	۲	۰/۰۶	t5: انجام پروژه‌های تحقیقاتی غیراصولی در اکوسیستم که موجب از بین رفتن جایگاه‌های زیستی می‌گردد.
۰/۰۹	۱	۰/۰۹	t6: استقرار مناطق شهرنشینی مانند بندر گز و تولید فاضلاب.
۰/۰۹	۱	۰/۰۹	t7: انجام کشاورزی غیراصولی در زمین‌های اطراف و تولید کود و فاضلاب سمی
۰/۰۹	۱	۰/۰۹	t8: کاهش ۳۰ سانتی‌متری سطح آب دریای خزر (در دوران پسروی آب دریای خزر قرار گرفته‌ایم).
۰/۰۹	۱	۰/۰۹	T9: خشک شدن برخی مناطق ساحلی و استفاده نامناسب افراد از این مناطق.
۰/۰۹	۱	۰/۰۹	T10: بسته شدن و عدم لایروبی مهمترین کانال‌های منتهی به دریای خزر که منجر به کاهش چشمگیر سطح آب در خلیج گرگان شده است.
۰/۱۴	۲	۰/۰۷	T11: استفاده بی‌رویه از جنگل‌ها و زمین‌های زراعی خلیج گرگان که باعث تشدید سیل و هدایت رسوبات به سمت اکوسیستم می‌گردد.
۰/۰۹	۱	۰/۰۹	T12: کاهش بسیار زیاد سطح جریان‌های آب ورودی به اکوسیستم.
۲/۴			امتیاز نهایی

- ماتریس تحلیل

همانطور که قبلا اشاره شد، اگر موقعیت خلیج گرگان از نظر نمرات عوامل داخلی و خارجی، در ناحیه اول نمودار باشد، استراتژی تهاجمی، اگر در ناحیه دوم باشد، استراتژی رقابتی، اگر در ناحیه سوم باشد، استراتژی محافظه کارانه و اگر در ناحیه چهارم باشد، استراتژی تدافعی پیشنهاد می‌گردد (فیروز و همکاران، ۱۳۹۶). نتایج بدست آمده شامل ارقام ۲/۴ در مورد عوامل خارجی و ۱/۸۹ در مورد عوامل داخلی می‌باشد و همانطور که در جدول ۵ نشان داده شده است، این دو مقدار در محدوده WT یا همان راهبردهای تدافعی قرار می‌گیرند و جهت برطرف نمودن آلودگی ایجاد شده در اکوسیستم، بهتر است از مجموعه این راهبردها استفاده نمود. راهبردهای تدافعی یا حداقل-حداقل که می‌توان آن‌ها را راهبرد بقا نیز نامید، به کاهش ضعف‌های اکوسیستم برای کاستن و خنثی‌سازی تهدیدها تاکید دارد.

جدول ۵: ماتریس تحلیل عوامل داخلی و خارجی

		امتیاز نصابی ارزیابی عوامل داخلی	
		ضعیف ۱-۲	میانگین ۳/۵
امتیاز نصابی ارزیابی عوامل خارجی	قوی ۳-۴	WO	SO
	میانگین ۲/۵	۲/۴ WT	ST
	ضعیف ۱-۲	۱/۸۹	

بحث و نتیجه‌گیری

محیط‌های آبی بسته و نیمه‌بسته نظیر خلیج‌ها و تالاب‌ها با توجه به تاثیرپذیر بودن از ترکیبات شیمیایی، محیط‌های بسیار آسیب‌پذیری محسوب می‌شوند. همین حساسیت باعث می‌شود که چنین محیط‌هایی به ورود انواع آلاینده‌های مختلف طبیعی و انسان‌ساز، پاسخ‌های سریع و گاه شدید شیمیایی، زیست‌شناختی و بوم‌شناختی نشان دهند (Taylor and Perry, 2007).

مجموعه تالاب‌های میانکاله و دو فروافتادگی زاغ‌مرز در غرب آن به عنوان اولین تالاب بین‌المللی معرفی شده از ایران و سی و ششمین تالاب بین‌المللی، در فهرست تالاب‌های حائز اهمیت جهانی در کنواسیون رامسر بوده است. خلیج گرگان از نظر فیزیوگرافی، اقلیم، موقعیت اکولوژیکی و منطقه‌ای، انواع جریان‌ات ورودی به اکوسیستم و غیره، دارای نقاط ضعفی می‌باشد که زمینه را برای آلودگی فیزیوشیمیایی و زیستی در آن مهیا می‌سازد.

در مورد فیزیوگرافی خلیج گرگان، مهمترین ضعف‌های موجود شامل عمق اندک و حواشی بسیار سست می‌باشد. در تقسیم‌بندی انواع تالاب‌ها، تالاب میانکاله و خلیج گرگان از نوع A (آب‌های دریایی کم‌عمق دائمی) و از دسته تالاب‌های دریایی ساحلی محسوب می‌شوند که عمق کم و نسبتا ثابتی دارند (Classification System for Wetland Type, 2012). بر این اساس، در مطالعه امیری و همکاران (۲۰۱۲) حداکثر عمق آب در خلیج ۴/۵ متر بیان شد که مربوط به بخش میانی و جنوبی خلیج بوده است. محمدخانی و همکاران (۱۳۹۲) نیز در پژوهش خود، حداکثر عمق خلیج را ۳/۵ متر تعیین کردند که این مقدار در بخش میانی خلیج مشاهده شد. در این پژوهش یکی از دلایل کم شدن عمق خلیج نسبت به مطالعات پیشین مشابه، انجام رسوب‌گذاری مستمر در طول سال‌های اخیر ذکر گردید که ادامه این روند برای خلیجی با حداکثر عمق ۳/۵ متر می‌تواند یک تهدید به شمار آید، به طوری که اولین اثر پدید رسوب‌گذاری برای کفزیان و به تبع آن زنجیره غذایی اکوسیستم خلیج است که به لحاظ زیست‌محیطی پیامدهای غیرقابل جبرانی را به همراه دارد.

کرانه‌های خلیج گرگان نیز کم‌شیب و اغلب باتلاقی هستند (آمارنامه استان مازندران، ۱۳۷۶) که این امر موجب افزایش نرخ ریزش حواشی شده که این موضوع در کنار ویژگی نیمه‌بسته بودن خلیج گرگان و دانه‌بندی ریز رسوبات، سبب کاهش سرعت تجزیه نسبت به دریای خزر می‌گردد که به نوبه خود موجب افزایش آلودگی اکوسیستم می‌شود. رسوبات موجود در بستر خلیج گرگان برآیند رسوبات رسیده از دریای خزر و نیز رودخانه‌های منتهی به خلیج هستند و مجموعه‌ای از رسوبات ماسه‌ای و گلی می‌باشند. رسوبات ماسه‌ای سواحل شمالی و غربی و بخش‌هایی از ساحل جنوب غربی خلیج را پوشانده‌اند و با حرکت به سمت خاور خلیج، دانه‌بندی رسوبات از ماسه به گل و ماسه گلی تغییر می‌کند (لاهیجانی و همکاران، ۱۳۸۹). رسوبات گلی علاوه بر افزایش کدورت در اکوسیستم، دارای جایگاه‌های زیستی اندکی بوده و جهت ماواگزینی بسیاری از موجودات زنده نامناسب می‌باشند. ذکر این نکته حائز اهمیت است که به علت نیمه‌محصور بودن خلیج گرگان،

امواج دریای خزر مستقیماً نمی‌توانند وارد خلیج شوند. قرارگیری خلیج گرگان در منتهی‌الیه جنوب خاوری دریای خزر باعث شده است که رژیم جریان در آن ویژگی خاصی پیدا کند. در ناحیه شمالی خلیج با ورود دو جریان باختری- خاوری از ساحل جنوبی و جریان شمالی- جنوبی از ساحل خاوری، بار رسوبی و تجمع آلاینده‌های حمل شده توسط این دو جریان در ناحیه شبه‌جزیره میانکاله و شمال آن را سبب می‌شود (Lahijani, 1997).

قابل ذکر است که قطعا آب و هوای نیمه‌گرمسیری این منطقه (احمدی، ۱۳۸۱) نیز، به نوبه خود موجب کاهش بارندگی و افزایش تبخیر و افزایش فشار محیطی بر اکوسیستم می‌گردد.

برخی از جریانات ورودی به خلیج گرگان نیز جزء عوامل آلوده‌کننده اکوسیستم می‌باشند. بخش عمده‌ای از حوضه آبریز خلیج گرگان شامل رودخانه‌های گرگانرود، قره‌سو، باغو و شاخه‌هایی از نکارود است که از این میان، گرگانرود از بخش خاوری خلیج، به درون دریای خزر تخلیه می‌شود. تعداد اندکی رودخانه‌های فصلی نیز از باختر به خاور در حاشیه جنوبی خلیج گرگان وجود دارند که آب و رسوب را از مناطق کوهستانی به سمت خلیج هدایت می‌کنند. این رودخانه‌ها با توجه به فصلی بودن و بهره‌برداری بی‌رویه جهت اهداف مصرفی کشاورزی، سهم ناچیزی در تامین آب خلیج گرگان دارند. از مهمترین رودخانه‌هایی که به خلیج گرگان منتهی می‌شود رودخانه قره‌سو بوده که سهم عمده‌ای در برآورد رسوب برعهده دارد (بشری و همکاران، ۱۳۹۳). رودخانه قره‌سو طولانی‌ترین رودخانه استان گلستان است که در طول مسیر خود فاضلاب‌های شهری و کشاورزی که سرشار از مواد سمی و شیمیایی هستند را دریافت می‌کند، همچنین رودخانه قره‌سو در مسیر خود مسافتی طولانی از زمین‌های بایر عبور می‌کند که این امر سبب حمل مقادیر بالای رسوبات توسط این رودخانه می‌شود که سبب افزایش کدورت و کاهش تولید می‌گردد. این موارد در کنار عواملی همچون تمرکز بیشتر شهرنشینی در این قسمت و استفاده نامناسب از آب قره‌سو جهت کاربری‌های مختلف، سبب آلودگی بسیار شدید آن توسط مواد آلی و معلق شده و در بسیاری از نقاط آن شرایط بی‌هوایی ایجاد شده است (نوروزی و همکاران، ۱۳۹۶)، از این رو ورود این رودخانه به خلیج گرگان در طول سال‌های اخیر، نه تنها موجب تهویه اکوسیستم و بهبود شرایط نشده، بلکه منجر به افزایش کدورت و آلودگی تروفي در آن نیز گردیده است، بر این اساس بشری و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهش خود با عنوان مطالعه هیدروژئوشیمی و عوامل موثر بر شیمی خلیج گرگان، اعلام نمودند که با توجه به گسترش فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی و ورود فاضلاب‌های مختلف، می‌توان پیش‌بینی نمود که به مرور زمان تاثیر حوضه آبریز بر شیمی آب خلیج گرگان افزایش خواهد یافت، همچنین در پژوهش انجام شده توسط لاهیجانی (۱۳۸۱) گزارش شد که توزیع عناصر فلزی در رسوبات نواحی نیمه‌عمیق پیرامون خزر نشان می‌دهد که در مواردی (مانند باریوم) غلظت آن‌ها بیشتر از مقدار زمینه است که بیانگر ورود آن‌ها از طریق فعالیت‌های انسانی است، گرچه بخش عمده آن‌ها از رسوبات تخریبی حوضه آبریز تامین می‌شود. بذرافشان و همکاران (۱۳۷۷) نیز در پژوهشی که بر روی آلاینده‌ها در منطقه نکا و بندرترکمن صورت دادند، اعلام کردند که آلودگی فلزات سنگین در رسوبات رودخانه‌ای و منطقه فلات قاره خزر بیشتر از خط ساحلی است که این پدیده ناشی از تخلیه مواد آلاینده شهری و صنعتی در رودها و پسماندهای گل حفاری در فلات قاره می‌باشد.

در کنار موارد اشاره شده در فوق، بسته شدن و عدم رسوب‌گیری کانال‌های اصلی ورودی جریانات آبی دریای خزر به داخل خلیج گرگان مانند کانال خزینی را نیز می‌توان یکی از مهمترین عوامل کاهش سطح آب خلیج گرگان و متعاقب آن افزایش آلودگی در آن ذکر کرد. این موضوع در کنار کاهش آب جریانات ورودی به اکوسیستم از جمله مهمترین دلایل عدم تهویه و ایجاد خفگی در اکوسیستم می‌باشند، این در حالی است که خشک شدن بخش زیادی از اراضی اکوسیستم در برخی فصول سال و بهره‌برداری نامناسب از این اراضی، مشکل جدید به وجود آمده می‌باشد که سازمان حفاظت از محیط زیست را وارد چالشی جدید نموده است.

به طور کلی علل اصلی آلودگی خلیج گرگان شامل: تغییر کاربری اراضی حاشیه خلیج گرگان و انجام کشاورزی به صورت غیراصولی (که نتیجه آن ورود مقادیر بالای آفات، سموم، فلزات سنگین، فاضلاب‌های صنعتی و شهری و غیره به اکوسیستم می‌باشد)، ورود مقادیر بالای رسوبات به داخل اکوسیستم، افزایش کدورت و کاهش عمق مفید (در نتیجه‌ی تخریب پوشش گیاهی حاشیه‌ای خلیج و بهم‌خوردگی تقارن فیزیوگرافی اکوسیستم)، ورود مواد غذایی نیتروژنه و فسفات در مقادیر غیراستاندارد، بسته شدن و عدم لایروبی کانال‌های ورودی آب خزر به داخل خلیج گرگان و پایین آمدن سطح آب رودخانه‌های ورودی به این حوضه (سبب کاهش حجم آب، کاهش هوادهی، افزایش فرآیندهای بی‌هوایی مضر و آلوده‌کننده، تولید گازهای سمی، عدم اختلاط آب و نامتعادل شدن پارامترهای کیفی می‌گردد)، افزایش صید قاچاق، ساخت سازه‌های حاشیه‌ای، عدم مدیریت گردشگران و دفع نادرست زباله‌ها می‌باشند.

با توجه به ماتریس تحلیلی که راهبردهای تدافعی را جهت بهبود وضعیت کیفی و زیستی خلیج گرگان پیشنهاد می‌دهد، می‌توان مهمترین راهبردهای مورد نیاز جهت اصلاح اکوسیستم را موارد ذیل نامید:

۱: لایروبی و رسوب‌زدایی کانال‌های اصلی ارتباط‌دهنده خلیج گرگان و دریای خزر.

- ۲: کنترل فرسایش خاک و کاهش رسوب‌زایی اراضی بالادست رودخانه‌های استان.
- ۳: اصلاح و احیاء بخش‌هایی از خطوط ساحلی مردابی به منظور کاهش فرسایش خاک و افزایش خشکی‌های ساحلی مناسب که می‌تواند ضمن توسعه تفریحات دریایی و ورزش‌های آبی، سبب رونق صنعت گردشگری در این منطقه شود (کاشت گیاهان چوبی رودکنار مانند توسکا در زون ۱ و ۲ در لبه اکوسیستم، برداشت دوره‌ای گیاهان به صورت انتخابی در زون ۲ به منظور جذب نیتروژن، کاشت گیاهان علفی و مرتعی در زون ۳ به منظور فیلتر کردن رسوبات و گرفتن مواد غذایی و در نهایت کاشت گیاهان در مناطقی با شیب بیشتر، نزدیک تالاب و با جذب بیشتر سموم و کودهای شیمیایی).
- ۴: اصلاح شیوه‌های دفع زباله‌های شهری و روستایی، مکان‌یابی علمی محل دفع، جلوگیری از فعالیت صنایع آلاینده، ارائه تسهیلات تصفیه فاضلاب به واحدهای تولیدی- صنعتی و بیمارستان‌ها و احداث کارخانه بازیافت زباله.
- ۵: کنترل مهاجرت مردم به نواحی ساحلی و اعمال مقررات جدی در این مورد.
- ۶: تعبیر تاسیسات مناسب زهکشی در مناطق بحرانی و جلوگیری از ورود پساب‌ها.
- ۷: به حداقل رساندن مصرف کودها و سموم در بخش کشاورزی و انجام کشاورزی اصولی با تکیه بر متون علمی موجود در این زمینه.
- ۸: تدوین برنامه جلب مشارکت مردمی در حفظ تالاب به وسیله سازمان حفاظت محیط زیست.
- ۹: کاهش بهره‌برداری از جنگل‌های منطقه جهت تجدید حیات جنگل‌های طبیعی منطقه.
- ۱۰: ممنوعیت یا کاهش قابل ملاحظه بهره‌برداری اقتصادی در داخل خلیج گرگان (تاسیسات آبی‌پروی و غیره) که مخل و بر هم زننده اکوسیستم طبیعی آن می‌باشد.
- ۱۱: مدیریت گردشگری.

- پیشنهادات پژوهشی که در این زمینه می‌توان ارائه نمود نیز شامل موارد ذیل می‌باشد:

۱. انجام مطالعات کاربردی در خصوص آمایش سرزمین نواحی ساحلی استان و مهندسی سواحل.
۲. توصیه می‌شود که شبیه‌سازی کیفی آب خلیج گرگان به وسیله منابع آلاینده نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای به صورت توأم صورت بگیرد تا اثر متقابل آن‌ها بررسی شود.
۳. تعیین کاربری‌های غالب اراضی حاشیه خلیج گرگان و تعریف دقیق هریک از نظر نوع و شدت آلاینده‌های ورودی به داخل اکوسیستم با تلفیق تکنیک‌های نوین مانند تکنیک‌های ایزوتوپی (ایزوتوپ‌های پایدار) و نیز کارکرد سامانه اطلاعات جغرافیایی.
- آبخیز خلیج گرگان شامل محدوده‌ای است که در برگیرنده بخش‌های اعظم شهرستان‌های گرگان، بندرترکمن، کردکوی، بندرگز، نوکنده، گلوگاه و بهشهر می‌باشد. این نواحی از پتانسیل‌های طبیعی و انسانی بسیاری برخوردار است، لیکن علیرغم پتانسیل‌های ذکر شده، متأسفانه آبخیز مذکور از محروم‌ترین مناطق کشور می‌باشد و آنچنان‌که شایسته است نتوانسته نقش موثری در اوضاع اجتماعی و اقتصادی کشور ایفا نماید. به نظر می‌رسد با مدیریت مطلوب و برنامه‌ریزی‌های علمی میان‌مدت و بلندمدت، می‌توان پتانسیل‌های این نواحی را به فعل تبدیل و افق‌های روشنی جهت توسعه همه‌جانبه سواحل استان گشود.

منابع

- احمدی، ر.، ۱۳۸۱. طرح مدیریت پناهگاه حیات وحش میانکاله. جلد ششم. مطالعات اقلیم و هواشناسی. مهندسی مشاور رواناب. سازمان حفاظت محیط زیست. ۲۸ صفحه.
- آذرم دل، ح.، مصطفی‌زاده، ر. و قاسمی، الف.، ۱۳۸۹. ارزیابی شبکه ایستگاه‌های سنجش کیفیت آب سطحی رودخانه گرگانرود استان گلستان. مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران. ۴ (۱۰): ۵۸-۶۱.
- آمارنامه استان مازندران، ۱۳۷۶. سازمان برنامه و بودجه. ۸۰۲ صفحه.
- بذرافشان، ع.، حاجی پورفرد، ح. و امین‌نژاد، ۱۳۷۷. بررسی اثرات زیست‌محیطی ناشی از اکتشاف و حفاری در آب‌های ساحلی و فلات قاره دریای خزر در منطقه نکا و بندر ترکمن. مجموعه مقالات همایش دریا انسان توسعه. مرکز ملی اقیانوس‌شناسی بابلسر.
- بشری، ل.، محمودی قرائی، م.ح.، موسوی حرمی، ر. و علیزاده لاهیجانی، ۱۳۹۳. مطالعه هیدروژئوشیمی و عوامل موثر بر شیمی آب خلیج گرگان. مجله اقیانوس‌شناسی. سال پنجم. ۲۰ (۱۲): ۳۱-۴۲.
- حکمت‌نیا، ح. و موسوی، م.، ۱۳۸۵. کاربرد مدل در جغرافیا با تأکید بر برنامه‌ریزی شهری و ناحیه ای. انتشارات دانشگاه تبریز. ۹۳ص.
- درویش‌بسطامی، ک.، طاهری، م.، باقری، ح.، یزدانی فشتمی، م.، سلطانی، ف.، حق‌پرست، س.، حمزه‌پور، ع. و لطفی‌آشتیانی، م.، ۱۳۹۱.

ارتباط بین غلظت برخی فلزات سنگین در رسوبات و جمعیت ماکروبتوزها در خلیج گرگان. فصلنامه علمی- پژوهشی محیط زیست جانوری. ۴ (۴): ۹۱-۱۰۲.

غلامی، ش. و نصیری، م.، ۱۳۹۴. شبیه‌سازی تخلیه ماهانه رودخانه اترک با استفاده از مدل SWOT، مطالعه موردی: حوزه آبخیز مراوه تپه، استان گلستان. مجله آبخیزداری مهندسی و مدیریت، ۷ (۲): ۱۲۶-۱۳۵.

فیروز، س.، استقلال، ا. و تشکری بافقی، ب.، ۱۳۹۶. کاربرد مدل SWOT-QSPM در تعیین عوامل موثر بر ارتقا و حفظ کیفیت محیطی در طراحی پارک ۵۸۰ هکتاری در شیراز. دومین همایش بین‌المللی ایده‌های نوین در معماری، شهرسازی، جغرافیا و محیط زیست پایدار. مشهد.

لاهیجانی، ح.، حایری اردکانی، ا.، شریفی، آ. و نادری بنی، ع.، ۱۳۸۹. شاخص‌های ژئوشیمیایی و رسوب‌شناختی رسوبات خلیج گرگان. مجله اقیانوس‌شناسی. ۱ (۱): ۴۵-۵۵.

لاهیجانی، ح.، ۱۳۸۱. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی رسوب‌شناسی و کانی‌شناسی خلیج گرگان. پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی. ۶۶ صفحه.

محمدخانی، ح.، عوفی، ف.، روشن طبری، ا.، نگارستان، ح.، منصوری، ب. و ایری، ی.، ۱۳۹۲. بررسی جامع اکولوژیک رودخانه‌ها و تالاب‌های مهم حوزه جنوبی دریای خزر، فاز دوم: خلیج گرگان. موسسه تحقیقات شیلات ایران. مرکز تحقیقات ذخایر آبزیان آب‌های داخلی گرگان. نوروزی، ن.، قربانی، ر.، حسینی، س.ع.، هدایتی، ع.ا. و ندافی، ر.، ۱۳۹۶. کاربرد ایزوتوپ‌های پایدار نیتروژن (^{15}N) و کربن (^{13}C) در بررسی پویایی شبکه غذایی خلیج گرگان در استان گلستان. پایان‌نامه دکتری. گروه شیلات. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

نوری، ز.، سلاجقه، ع.، ملکیان، آ. و مقدم‌نیا، ع.، ۱۳۹۶. بررسی تأثیر بهترین اقدامات مدیریتی در کاهش منابع آلاینده نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای آب با استفاده از مدل SWOT (مطالعه موردی: حوضه آبخیز سیمره، رودخانه سیمره). مجله تحقیقات آب و خاک ایران، ۴۸ (۵): ۹۹-۱۰۶.

Abbaspour, c., Yang, J., Maximov, I., Siber, R., Bogner, K., Mieleitner, J., Zobrist, J., Srinivasan, R., 2007. Modelling hydrology and water quality in the pre-alpine/alpine Thur watershed using SWAT. *Journal of Hydrology*, 333: 413-430

Amini, A., Moussavi Harami, R., Lahijani, H., Mahboubi, A., 2012. Holocene sedimentation rate in Gorgan Bay and adjacent coasts in southeast of Caspian Sea. *Journal of Basic and Applied Scientific Research*, 2 (1): 289-297.

Classification System for Wetland Type., 2012. The Ramsar convention Definition of "Wetland" and Classification System for Wetland Type.

Lahijani, H., 1997. Riverine sediment and stability of the Iranian coast of the Caspian Sea. *Russian Academy of Sciences. SCC. Caspy*. 120 p.

Mwangi, J.K., Shisanya, C.A., Gathenya, J.M., Namirembe, S., Moriasi., 2015. A modelling approach to evaluate the impact of conservation practices on water and sediment yield in Sasumua Watershed, Kenya. *Soil and Water Conservation*, 70 (2):75-90.

Perry, C. and Taylor, K., 2007. *Environmental Sedimentology*. Blackwell Publishing. 441 p.



اکوتوریسم به عنوان مکانیسمی جهت نیل به اقتصاد سبز در ایران

فروغ شادمان^{۱*}، مریم جعفری^۲

۱- استادیار، گروه مدیریت محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران غرب، تهران، ایران

۲- استادیار، گروه حسابداری و مدیریت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، البرز، ایران

چکیده

اکوتوریسم یا بوم‌گردشگری به دنبال به حداقل رساندن تأثیر ایجاد شده توسط توریسم بر محیط‌زیست می‌باشد. اقتصاد سبز به عنوان یک سیستم اقتصادی مبتنی بر رفاه انسان و برابری اجتماعی است که به دنبال کاهش قابل ملاحظه مخاطرات محیط‌زیستی است. مطالعه حاضر به بررسی یکی از پتانسیل‌های تخصصی توریسم در کشور- اکوتوریسم- جهت بکارگیری اصول این مدل توسعه‌ای می‌پردازد. اکوتوریسم با مدیریت طبیعی به یک منطقه توریستی می‌تواند بدون اقدامات مخرب و استثماری در طبیعت، شغل ایجاد کرده که در آینده نیز برای منطقه سودمند است. همچنین، اکوتوریسم به عنوان یک پتانسیل بالقوه ضمن ارتقاء سطح آگاهی از محیط‌زیست و تامین منافع و توانمندسازی مالی مردم محلی می‌تواند جامعه را در حرکت گسترده به سمت اقتصادسبز یاری نماید. لذا، مطالعه حاضر، علاوه بر بررسی پیشینه ملی و بین‌المللی موجود، با استفاده از تجزیه و تحلیل SWOT به شناسایی فرصت‌های و تهدیدهای عوامل خارجی و نقاط قوت و ضعف عوامل داخلی جهت توسعه اکوتوریسم به عنوان نیروی محرکه اقتصاد سبز در کشور می‌پردازد. نتایج حاکی از نیاز به بهره‌گیری از فرصت‌هایی مانند جلب همکاری‌های منطقه‌ای، بین‌المللی و سرمایه‌گذاری خارجی با بهره‌گیری اصولی از تنوع زیستی و موقعیت جغرافیایی موجود در کشور در کنار مشارکت جامعه محلی در تصمیم‌گیری، اشتغال‌زایی و کسب درآمد می‌باشد. بنابراین، علاوه بر نقشی که رونق بوم‌گردشگری در توسعه اقتصادسبز بازی می‌کند، سهم قابل توجهی نیز در تولید ناخالص داخلی و درآمد ارزی کشور ایفا خواهد نمود.

کلید واژه‌ها: اکوتوریسم، اقتصاد سبز، قوت‌ها، ضعف‌ها، تهدیدها، فرصت‌ها



Ecotourism as a mechanism to achieve a green economy in Iran

Foroogh Shadman^{1*}, Maryam Jafary²

1- Assistant Professor, Department of Environmental Management, Islamic Azad University (IAU) of West Tehran Branch, Tehran, Iran

2- Assistant Professor, Department of Accounting and Management, Islamic Azad University (IAU) of Karaj Branch, Alborz, Iran

Abstract

Ecotourism seeks to minimize the impact of tourism on the environment. Green economy as an economic system is based on human welfare and social equality that seeks to significantly reduce environmental risks. The present study surveys one of the specialized potentials of tourism in the country- ecotourism- to apply the principles of this development model. Ecotourism with natural management of a tourist area can create jobs without destructive and exploitative actions in nature, which will be beneficial for the region in the future. Also, ecotourism, as a possible potential can encourage the community to extensively implement green economy, in addition to promoting environmental awareness and providing benefits and financial empowerment of local people. Therefore, the present study, identifies the opportunities and threats of external factors and the strengths and weaknesses of internal factors for the development of ecotourism as a driving force of green economy in the country meanwhile examining the existing national and international background using SWOT analysis. The results indicate the need to take advantage of opportunities such as attracting regional, international cooperation and foreign investment by taking principles advantage of biodiversity and geographical location in the country along with the participation of local communities in decision-making, job creation and earning money. Therefore, in addition to the role that the tourism boom plays in the development of a green economy, it will also performs a significant role in the country's GDP (Gross Domestic Product) and foreign exchange income of the country.

Keywords: Ecotourism, Green economy, Strengths, Weaknesses, Threats, Opportunities

* Corresponding author E-mail address: Foroogh.shadman@gmail.com

مقدمه

گردشگری به عنوان یک عامل تاثیرگذار در افزایش رشد اقتصادی بلندمدت که به افزایش رفاه اقتصادی جوامع محلی کمک می‌کند، شناخته می‌شود. تحقیقات در مورد اندازه‌گیری سهم گردشگری در رشد اقتصادی در دهه‌های اخیر به سرعت توسعه یافته است (برایدا و ریسو^۱، ۲۰۰۹ و تانگ و تن^۲، ۲۰۱۳). گردشگری به ایجاد اشتغال و افزایش درآمد کمک می‌کند و می‌تواند باعث بهره‌وری مثبت از اقتصاد در مقیاس ملی شود (شوبرت و همکاران^۳، ۲۰۱۰). بنابراین، گردشگری بر روی میزان کمی توسعه اقتصادی مانند تولید ناخالص داخلی تأثیر گذار است. اگرچه، اندازه‌گیری تأثیر اقتصادی گردشگری کار ساده‌ای نیست (ایوانوف و وبستر^۴، ۲۰۰۷ و رودریگز و همکاران^۵، ۲۰۱۲). طبق آمار گزارش شده توسط سازمان جهانی جهانگردی (UNWTO)، تقریباً ۱۱٪ از اشتغال موجود جهان (مستقیم و غیرمستقیم) در سال ۲۰۱۶ از گردشگری بوده است (سازمان جهانی جهانگردی، ۲۰۱۷a). هرچند، این سهم بزرگ در توسعه اقتصادی، اثرات قابل توجهی نیز بر محیط‌زیست دارد. به عنوان مثال، میزان انتشار CO₂ در سفرهای توریستی جهان در سال ۲۰۱۰، با احتساب بازدیدهای یکروزه، حدود ۱۳۰۲ میلیون تن (پیترز و دابیس^۶، ۲۰۱۰)، یعنی ۵٪ انتشار انسانی جهانی CO₂ بوده است (اعضای بین دولتی تغییر اقلیم، ۲۰۰۷). لذا با توجه به میزان انتشار CO₂ از گردشگری، سهم مشارکت توریسم در تغییر اقلیم در مقایسه با سایر بخش‌ها کمتر نیست (باوز و همکاران^۷، ۲۰۰۹). اگرچه توریسم یا گردشگری با افزایش سرمایه‌گذاری زیربنایی (فرودگاه، هتل‌ها، راه آهن و غیره)، یک مشارکت بزرگ مثبت را در توسعه اقتصادی ارائه می‌دهد، اغلب به دلیل تخریب کیفیت محیط‌زیست و افت منابع طبیعی از طریق فعالیت‌های بشری و مدیریت نامناسب مورد سرزنش قرار می‌گیرد.

اجرای گردشگری سبز یا پایدار، به ویژه در کشورهای در حال توسعه، به عنوان روشی سبز برای رفع فقر، اشتغال و تنوع اقتصادی مدنظر قرار گرفته است (هونک^۸، ۲۰۱۲). اکوتوریسم یا بوم‌گردی طی سال‌های گذشته محبوبیت بیشتری پیدا کرده است. اصطلاح اکوتوریسم به مسافرت‌هایی اطلاق می‌شود که در محیط‌های طبیعی بدون ایجاد مزاحمت و آسیب به زیستگاه‌های طبیعی سپری می‌شود. از این‌رو، بوم‌گردی را می‌توان به عنوان روشی دوستدار محیط زیست برای سفرهای طبیعت برشمرد. تحول گردشگری به سمت پایداری و اقتصاد سبز نیازمند رویکردی بین‌رشته‌ای مانند سیاست‌های تلفیقی (بین‌المللی، ملی و محلی)، سرمایه‌گذاری در فن‌آوری‌های نوآورانه، مشارکت‌های قوی بین دولت‌ها و شرکت‌های گردشگری و ترویج شیوه‌های سبز (به عنوان مثال، استفاده کارآمد از انرژی و آب و مدیریت تلفیقی زباله) برای اجرا است. اگرچه در بیانیه ریو ۲۰+ سازمان ملل، اقتصاد سبز به عنوان ابزاری برای رسیدن همزمان به توسعه پایدار و حفظ محیط زیست و منابع طبیعی معرفی شده، هنوز به عنوان یک تعهد الزام‌آور حقوقی در سطح بین‌الملل مطرح نیست، درحالی‌که جهت نیل به توسعه پایدار باید دوره گذار به سمت اقتصاد سبز را پشت‌سر گذارد. از نظر سازمان ملل متحد، اقتصاد سبز در صدد تقویت و همگرایی بیشتر بین ابعاد چهارگانه رشد اقتصادی، توسعه اجتماعی، سیاسی و حفاظت از محیط زیست است (وولونس^۹، ۲۰۱۲).

اکوتوریسم یا بوم‌گردشگری به عنوان یکی از بخش‌های کلیدی اقتصاد سبز (شامل هفت بخش کلیدی انرژی تجدیدپذیر، ساختمان‌های سبز، حمل‌ونقل پایدار، گردشگری سبز، مدیریت منابع آب، مدیریت پسماندها و مدیریت زمین و خاک)، علاوه بر نقش آفرینی پتانسیل‌های طبیعی و محیط‌زیستی حتی در ترسیم زیرساخت‌های فرهنگی جوامع نیز نقش به‌سزایی ایفا می‌کند (ویرجیل و اسپانو^{۱۰}، ۲۰۱۴). اکوتوریسم به دلیل عدم نیاز به هزینه‌های هنگفت سرمایه‌گذاری، نقش مهمی در رشد سبز کشورهای در حال توسعه با موهبت‌های طبیعی قابل توجه دارد. همچنین می‌تواند با جوامع محلی که فعالیت‌های گردشگری و عملیات حفظ اکوسیستم را هدایت می‌کنند، ارتباط برقرار کند. بنابراین، بوم‌گردی می‌تواند برای نیروی کار غیرماهر در جوامع روستایی، اشتغال ایجاد کند و فرصت‌های بی‌شمار صادرات را در مکان‌های دورافتاده در حمایت از اقتصاد سبز ایجاد کند. بنابراین، بوم‌گردی به عنوان یک صنعت برای ارتقا توسعه اقتصادی در کشورهای در حال توسعه که با کمبود سرمایه و فراوانی منابع طبیعی مواجهند، در نظر گرفته می‌شود (ویلجوین^{۱۱}، ۲۰۱۱).

¹ Brida, J. G., & Risso,

² Tang, CF., Tan, EC.,

³ Schubert, F.S., Brida, J.G., & Risso, W.A.,

⁴ Ivanov, S., & Webster, C.,

⁵ Rodriguez, A. X., Martinez, R. F., & Pawlowka, E.,

⁶ Peeters, P., Dubois, G.,

⁷ Bows, A., Anderson, B., Peeters, P.M.,

⁸ Honeck, D.,

⁹ L'avenir que nous voulons

¹⁰ Virgil Nicula, Simona Spanu,

¹¹ Viljoen, W.,

علی‌رغم مطالعات متعددی (اربابیان و همکاران، ۱۳۹۳ و اسمعیل‌زاده، ۱۳۹۳ و حاجلو، ۱۳۹۲ و رضوانی و بیات، ۱۳۹۳ و رهنمایی و همکاران، ۱۳۹۶ و زرافشانی و همکاران، ۱۳۹۲ و عبداله‌زاده، ۱۳۹۴ و مالکی و دماوندی، ۱۳۹۳ و مطیعی و رضائیه، ۱۳۹۲ و مهدوی و همکاران، ۱۳۹۵) که زمینه گردشگری در انجام گرفته، ولی مطالعات اندکی به بررسی بوم‌گردشگری یا اکوتوریسم در کشور، پرداخته‌اند. امروزه، اکوتوریسم با هدف مشترک افزایش کیفیت محیط‌زیست و پذیرش اجتماعی که با حفاظت و حمایت گسترده از دارایی‌های تنوع زیستی مورد توجه قرار گرفته است (حبیبی و همکاران، ۱۳۹۷ و تیمورتاش، ۱۳۹۷). هرچند، علی‌رغم موقعیت جغرافیایی ویژه و تنوع پدیده‌های طبیعی ایران، در این بازار سهم اندکی به ایران اختصاص یافته است (رخشانی نسب و ضرابی، ۱۳۸۸ و فتاح‌پور، ۱۳۹۲). توسعه صنعت طبیعت‌گردی اگرچه به عنوان یک منبع مهم کسب درآمد بوده و می‌تواند در بهبود وضعیت معیشتی سایر بخش‌های اقتصادی موثر است، اما این امر نباید محیط‌زیست را فدای گسترش و توسعه اکوتوریسم نماید (میرزایی و اجیرلو، ۱۳۹۶ و یوسفی و اکبریان، ۱۳۹۴). مطالعات نشان می‌دهد که اکوتوریسم در کشور با چالش‌های اقتصادی نظیر نبود راه‌های ارتباطی مناسب درجاذبه‌ها، نبود امکانات اقامتی، خدماتی و رفاهی، ضعف تبلیغات و عدم تمایل مردم جهت سرمایه‌گذاری روبرو می‌باشد (قنبری و محمود صالحی، ۱۳۹۴). بنابراین توسعه اکوتوریسم از طریق توانمندسازی جوامع محلی امکان‌پذیر بوده و موجب پایداری فرهنگی، اجتماعی و محیط‌زیستی منطقه‌ای می‌شود. ضمن آنکه به حفاظت محیط‌زیست و حیات‌وحش و کاهش فقر و توسعه اجتماعی، اقتصادی مناطق نیز کمک می‌نماید (ورامش و حیدری‌نیا، ۱۳۹۸). در سیاست‌های کلی محیط‌زیست، ابلاغی محیط زیست مقام معظم رهبری نیز اکوتوریسم به‌عنوان یک اولویت مهم شمرده شده و بر گسترش آن به‌عنوان یکی از محورهای توسعه در حرکت به سمت اقتصاد سبز تأکید شده است. لذا، تحقیق حاضر با توجه به اهمیت فزاینده اکوتوریسم در حفاظت از اکوسیستم‌های طبیعی، افزایش هم‌افزایی‌های بومی و پتانسیل بالای ایجاد اشتغال و درآمد در مناطق کمتر توسعه‌یافته، به بررسی چالش‌ها و فرصت‌های پیش‌روی این صنعت نو پا با بهره‌گیری از تجزیه و تحلیل SWOT به عنوان ابزاری کارآمد برای شناسایی شرایط محیطی و توانایی‌های درونی سازمان جهت برنامه‌ریزی استراتژیک در زمان حال می‌پردازد.

مزایا و معایب اکوتوریسم^۱

مزایای اکوتوریسم

- محافظت از گیاهان و جانوران محلی

بوم‌گردی برخلاف سایر اشکال گردشگری، با هدف حفاظت از زیستگاه‌های طبیعی و حفظ شرایط زندگی طبیعی حیوانات و گیاهان، در حالی که به گردشگران این امکان را می‌دهد تا ضمن بازدید از مناطق طبیعی، نسبت به حفظ محیط‌زیست بی‌تفاوت نباشند.

- اکوسیستم‌ها می‌توانند در حالت طبیعی پایدار بمانند.

بوم‌گردی نه تنها با هدف محافظت از گیاهان و جانوران، بلکه به حفظ اکوسیستم‌های طبیعی ما را به بهترین شکل ممکن می‌پردازد.

- افزایش آگاهی از مشکلات محیط‌زیستی

بسیار مهم است که آگاهی مردم در مورد موضوعات مهم به گونه ای افزایش یابد. یکی از راه‌های انجام این کار نشان دادن مشکلات اکولوژیکی از طریق بوم‌گردی است. با انجام این کار مردم تمایل بیشتری داشته باشند تا هنگام بازگشت از سفر، رفتارهای سازگار با محیط زیست را نیز انجام دهند.

- بهبود ردپای اکولوژیک

نکته مثبت دیگر در مورد اکوتوریسم این است که مردم نه تنها با مشکلات محیط‌زیستی و نحوه حل آنها آشنا می‌شوند، بلکه می‌آموزند که چگونه می‌توانند ردپای اکولوژیکی خود را در بخش‌های مختلف زندگی روزمره بهبود بخشند.

- آموزش به فرزندان

بسیاری از کودکان، به ویژه اگر در شهرهای بزرگ پرورش یابند، هیچ ارتباطی با طبیعت نخواهند داشت. با این کار، این احتمال وجود دارد که فرزندان ما نیز ویژگی‌های سازگار با محیط زیست را در بزرگسالی به کار گیرند، که برای تأمین معیشت میلیون‌ها یا حتی میلیارد‌ها انسان در آینده بسیار مهم است.

¹ <https://environmental-conscience.com/ecotourism-pros-cons/>

- بوم‌گردی می‌تواند احساس خوبی ایجاد کند.
- بسیاری ناخودآگاه می‌دانیم که روش معمول سفر ما برای محیط‌زیست کاملاً مضر است و برای محافظت از سیاره خود باید تغییراتی ایجاد کنیم. بنابراین، از طریق اکوتوریسم، این احساس به‌وجود می‌آید که به سهم خود در آینده بهتر کمک کرده‌اید و از تعطیلات خود نیز لذت بیشتری خواهید برد.
- کشف طبیعت دست نخورده
- یکی دیگر از مزایای اکوتوریسم این است که می‌توانید تعطیلات خود را در مناطق طبیعی دست نخورده سپری کنید. اغلب اوقات، اکوتوریسم در نقاط دور افتاده سیاره ما انجام می‌شود که تاکنون گردشگران زیادی آن را ندیده‌اند.
- برای مردم محلی کاملاً هیجان‌انگیز است.
- اکوتوریسم نه تنها می‌تواند به نفع گردشگران باشد، بلکه ممکن است برای افراد محلی نیز فرصتی را فراهم کند که با افراد جدید از سراسر جهان ملاقات کرده و از طریق شبکه‌های اجتماعی با آنها در ارتباط باشند.
- حفظ دانش باستانی
- اکوتوریسم برای حفظ دانش باستانی در مورد برخی از سنت‌ها یا همچنین دانش پزشکی که در غیر این صورت از بین می‌رود، کاملاً مهم است.
- استفاده پایدار از منابع طبیعی
- بوم‌گردی با هدف بهره‌مندی هرچه بهتر از منابع طبیعی ما انجام می‌شود. این نه تنها باعث می‌شود سفرها از نظر منابع بیشتر کارآمد باشند، بلکه می‌توانند آگاهی از اهمیت صرفه‌جویی را در منابع طبیعی افزایش دهند.
- کشف فرهنگ‌های جدید
- به دلیل سبک زندگی کاملاً اصیل جوامع بومی، بوم‌گردی این فرصت را فراهم می‌کند تا افق دید خود را گسترش و مطالب زیادی درباره دیدگاه‌های فرهنگی جایگزین در مورد جهان و همچنین در مورد سبک‌های زندگی جایگزین بیاموزیم.
- بهبود زیرساخت‌های کلی یک منطقه.
- این امر می‌تواند به ویژه برای مناطق فقیرنشین سیاره ما که دولت‌ها و شهرداری‌های محلی اغلب بودجه کافی برای تأمین اعتبار این پروژه‌های مهم زیرساختی ندارند، اهمیت دارد.
- منبع مهم درآمد برای افراد محلی
- بسیاری از مردم کره زمین به عنوان منبع اصلی درآمد به گردشگری اعتماد می‌کنند. اکوتوریسم می‌تواند راهی برای گسترش این منبع مهم درآمد در مناطق بیشتری از جهان باشد تا افراد بیشتری بتوانند از طریق گردشگری امرار معاش کنند.
- حفظ طبیعت از درآمد مازاد بوم‌گردی
- حفاظت از اکوسیستم‌های طبیعی رایگان نیست و پول اضافی که می‌توان از طریق اکوتوریسم بدست آورد، می‌بایست برای حفظ زیستگاه‌های طبیعی یا پروژه‌های جنگل‌کاری مجدد استفاده شود تا کیفیت کلی زیستگاه‌های طبیعی بهبود یابد.
- کمک به کاهش بیکاری در یک منطقه
- گردشگری همچنین فرصت‌های شغلی را برای میلیون‌ها نفر در سراسر جهان فراهم می‌کند و می‌تواند به محافظت از آنها در برابر بیکاری کمک کند.

معایب اکوتوریسم

- سبب ایجاد مزاحمت برای حیوانات وحشی محلی
- اگرچه اکوتوریسم تمام تلاش خود را می‌کند تا تأثیر سو بر محیط‌زیست ما را به حداقل برساند، اما این احتمال وجود دارد که تا حدی سبب ایجاد مزاحمت برای حیوانات وحشی محلی شوند.

- ممکن است منجر به رهاسازی زباله شود.
- رهاسازی طولانی مدت زباله منجر می‌شود محیط‌های طبیعی به زباله‌دانی تبدیل شوند.
- ممکن است حیوانات وحشی به انسان عادت کنند.
- مشکل دیگر اکوتوریسم این است که حیوانات وحش ممکن است با گذشت زمان به انسان عادت کنند. حتی اگر این مورد برای گردشگران، به ویژه برای کودکان بسیار خوب باشد، زیرا آنها می‌توانند با آن حیوانات تماس بگیرند و همچنین می‌توانند به آنها غذا دهند، اما برای محیط‌زیست ما بسیار بد خواهد بود، زیرا این طبیعت اصلی آنها است.
- اکوتوریسم منوط به سطح قابل توجهی از هوشیاری است.
- در بسیاری از کشورها، عبارت بوم‌گردی به درستی استفاده نمی‌شود و بسیاری از آژانس‌های مسافرتی از این اصطلاح به عنوان طعمه استفاده می‌کنند تا گردشگران را به فعالیت‌های خود سوق دهند.
- قبایل طبیعی ممکن است مجبور شوند خانه خود را ترک کنند.
- برخی موارد قبایل طبیعی مجبور هستند خانه خود را ترک کنند، زیرا فضای لازم برای ساختن اقامتگاه برای گردشگران مورد نیاز بوده است.
- درآمد حاصل از اکوتوریسم اغلب به نفع عموم مردم نخواهد بود.
- اگرچه افراد محلی می‌توانند از صنعت بوم‌گردی درآمد کسب کنند، آن‌ها به جای اینکه واقعاً صاحب تجارت بوم‌گردی شوند، فقط به عنوان کارمند کار می‌کنند و یک بنگاه مالی کوچک تمام سود را بدست می‌آورد.
- برخی از فعالیت‌های اکوتوریسم ممکن است بیش از حد محبوب شوند.
- به محض عمومی شدن بهترین مکان‌های بوم‌گردی، این احتمال وجود دارد که آن مکان‌ها و فعالیت‌ها مملو از گردشگرانی از سراسر جهان شود.
- اکوتوریسم می‌تواند بسیار وقت‌گیر باشد.
- از آنجا که اکوتوریسم غالباً در مکان‌های کاملاً دور افتاده انجام می‌شود، گاهی زمان زیادی را برای رسیدن به آن مکان‌ها صرف می‌شود. بنابراین، زمان کافی برای رفتن به آن مکان‌های دور افتاده و بازگشت لازم است تا تجربه طبیعی کامل را بدست آید.
- بسیاری از افراد آنچه را آموخته‌اند فراموش خواهند کرد.
- مسئله دیگر بوم‌گردی این است که بسیاری از افراد نیز آنچه را که در طول سفر بوم‌گردی خود آموخته‌اند خیلی سریع فراموش کنند. بنابراین، لازم است آنچه را آموخته‌اند در خانه خود پیاده سازی کرده تا بتوانید ردپای اکولوژیکی کلی خود را در طولانی مدت بهبود بخشند.
- ممکن است مردم محلی به جاذبه تبدیل شوند.
- بوم‌گردی همچنین می‌تواند برای فرهنگ محلی مضر باشد. در بعضی موارد، افراد بومی حتی به جاذبه تبدیل می‌شوند و حتی گاهی اوقات، گردشگران سبب آزار افراد بومی شوند.
- ممکن است سوغاتی حیوانات فروخته شود.
- اغلب اوقات، دندان‌ها یا سایر قسمت‌های حیوانات به گردشگران فروخته می‌شود. لذا، برای ساخت آن سوغاتی، بسیاری از حیوانات باید زندگی خود را از دست بدهند.
- عدم تعادل اکولوژیکی
- اگرچه انسان‌ها ممکن است از احترام به طبیعت و به حداقل رساندن تأثیر سو آنها بر اکوسیستم‌های محلی از طریق اکوتوریسم بسیار مراقبت کنند، اما این احتمال وجود دارد که این نوع گردشگری در طولانی مدت منجر به عدم تعادل اکولوژیکی شود.

- آلودگی مربوط به رسیدن به مقصد در سفرهای طولانی است.
- سفر به نقاط کاملاً دورافتاده، ناگزیر از هواپیما برای رسیدن به مقصد استفاده می‌شود. بنابراین، اکوتوریسم با هدف به حداقل رساندن سطح آلودگی، گاهاً ناگزیر از تولید برخی آلودگی‌ها است.
- گردشگران ممکن است مورد سو استفاده قرار بگیرند.
- افراد محلی ممکن است برای افزایش سود خود، از گردشگران بهره‌برداری کنند. مردم محلی اغلب فکر می‌کنند گردشگران ثروتمند بوده و توانایی پرداخت مبالغ زیادی برای فعالیت‌های گردشگری را دارند که این امر ممکن است به تصویر اکوتوریسم آسیب برساند.
- بوم‌گردی ممکن است با گذشت زمان ارزش‌های سنتی افراد را تغییر دهد.
- بوم‌گردی ممکن است در طولانی‌مدت ارزش‌های فرهنگی مردم بومی را به دلیل ایجاد منبع درآمدی مستقل از فرآیندهای طبیعی تغییر دهد.

جدول ۱- خلاصه ۱۰ نکته مثبت و منفی اکوتوریسم

جنبه‌های منفی اکوتوریسم	جوانب مثبت اکوتوریسم
حیوانات وحشی ممکن است به انسان عادت کنند	کمک به حفاظت از سیاره زمین
اکوتوریسم کاملاً سبز نیست	افزایش آگاهی از مشکلات اکولوژیکی
هنوز باید مسافت‌های طولانی را پرواز کنید	حفاظت از حیوانات و گیاهان بومی
"اکوتوریسم" منوط به هوشیاری قابل توجهی است	آموزش به فرزندان
درآمد بوم‌گردی ممکن است به نفع مردم محلی نباشد	بهبود ردپای اکولوژیکی
ممکن است بسیاری از افراد چیزهای زیادی یاد نگیرند	استفاده پایدار از منابع طبیعی
خرید سوغاتی حیوانات	بهبود کلی زیرساخت‌ها
عدم تعادل در اکوسیستم‌ها	کمک به حفظ دانش باستانی
بهره‌برداری از گردشگران از طریق بوم‌گردی	کشف فرهنگ‌های جدید
ممکن است ارزش‌های سنتی را از بین ببرد	کمک از بین رفتن فقر

مبانی نظری تحقیق

صنعت گردشگری یک سیستم پویا است، جایی که تغییرات تحول‌آفرین به عوامل متعددی از جمله سازگاری فرهنگی بازیگران مختلف درگیر بستگی دارد. گردشگری پایدار و نه فقط یک نوع گردشگری، طیف گسترده‌ای از اصول میان رشته‌ای را در بر می‌گیرد. به عنوان مثال، این اصول پایداری می‌تواند شامل (i) بهینه‌سازی ارتباط بین غذا، آب- انرژی، مانند افزایش استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و مصرف آب کمتر، (ii) استقرار اقتصاد دوار یا چرخشی، مانند به حداقل رساندن ضایعات و تبدیل ضایعات به محصولات با ارزش، (iii) حفاظت از محیط‌زیست و حوزه‌های اکولوژیکی، مانند استفاده از محصولات قابل تجزیه بیولوژیکی و حفظ تنوع زیستی، (IV) ایجاد ارزش‌های فرهنگی، مانند حفظ میراث فرهنگی و ارزش‌های سنتی، و حمایت از درک و تحمل میان فرهنگی، و (V) سبز کردن تجارت گردشگری، مانند درآمدزایی محلی، ادغام جوامع محلی با هدف بهبود معیشت و کاهش فقر، و توانمندسازی کسب و کارهای گردشگری برای سرمایه‌گذاری بلندمدت (پن و همکاران^۱، ۲۰۱۸).

از اواخر دهه ۱۹۸۰، تحقیقات در زمینه گردشگری تمرکز قابل توجهی بر مسئله پایداری (یا توسعه پایدار) یافته است (هال^۲، ۲۰۱۰). در آن زمان، مفهوم اتصال فعالیت گردشگری و محیط‌زیست، با نام "گردشگری جایگزین"، ارائه و توسعه یافت (عال^۳، ۲۰۱۴). سپس در سال ۱۹۹۲، برنامه اقدام سازمان ملل (UN) برای "برنامه توسعه پایدار ۲۱" در کنفرانس ریو تصویب شد و پس از آن، UNWTO چشم‌اندازهای خود را در مورد گردشگری پایدار ارائه داده است. پس از کنفرانس محیط زیست و توسعه ملل متحد در سال ۱۹۹۲، زمانی که کشورها حمایت از توسعه پایدار یعنی مدیریت منابع طبیعی با حفظ منابع آبی را پذیرفتند، هیچ فعالیت اقتصادی دیگری بهتر از

¹ Shu-Yuan Pan, Mengyao Gao, Hyunook Kim, Kinjal J. Shah, Si-Lu Pei, Pen-Chi Chiang,

² Hall, C. M.,

³ Aall, C.,

گردشگری این راهبرد را تأمین نمی‌کرد (رمضانی، ۱۳۹۳)، ضمن اینکه اکوتوریسم به هر صورت غیرمستقیم نیز باعث احیا و پایداری محیط زیست طبیعی می‌شود (روند نگرانی توریسم^۱، ۱۹۹۱).

در سال ۱۹۹۶، دستور کار ۲۱ که با مشارکت UNWTO، شورای جهانی سفر و جهانگردی (WTTC) و شورای زمین (EC) به صورت جداگانه برای گردشگری تدوین شده بود، منتشر شد. به دنبال این سند، بیانیه کبک در مورد "اکوتوریسم" در اجلاس جهانی اکوتوریسم در سال ۲۰۰۲ اعلام شد. بیانیه کبک در سال ۲۰۰۲، پتانسیل‌ها و چالش‌های اکوتوریسم را در کمک به توسعه پایدار بیان نمود و کمیسیون توسعه پایدار این سازمان (UNDP) و سازمان جهانی گردشگری را موظف به انجام فعالیت‌هایی با هدف مرور مجدد تجربیات گذشته در زمینه بوم‌گردشگری، تشخیص و ترویج انواع اکوتوریسم که در آن‌ها از اکوسیستم‌های در معرض خطر حفاظت می‌شود، تقسیم فواید حاصل از فعالیت‌ها با جوامع محلی و احترام به فرهنگ‌های بومی نمود (شجاعت‌الحسینی، ۱۳۹۲). در سال ۲۰۰۷، پنجمین سالگرد نشست کبک تحت عنوان کنفرانس جهانی اکوتوریسم در اسلو که با هدف ارزیابی یافته‌ها و چالش‌های پیش آمده در زمینه اکوتوریسم از ابتدای سال ۲۰۰۲ تا سال ۲۰۰۷ بود، برگزار شد. تا قبل از ریبو +۲۰ در سال ۲۰۱۲، سند نتیجه خروجی "آینده‌ای که می‌خواهیم" تا حد زیادی نقش گردشگری را در انتقال به یک اقتصادسبز در زمینه توسعه پایدار و ریشه‌کنی فقر ارتقا داد (باکلی^۲، ۲۰۱۲). سازمان جهانی گردشگری (UNWTO) به عنوان آژانس پیشرو در سازمان ملل^۴ (۲۰۱۷)، پنج قطب گردشگری پایدار (بوم‌گردی) برای توسعه را به شرح زیر شناسایی نموده است:

۱. رشد اقتصادی فراگیر و پایدار

به اعتقاد UNWTO "سرمایه‌گذاری بر این پتانسیل قدرتمند اقتصادی برای اطمینان از پیشرفت‌های گردشگری همراه با رشد اقتصادی واقعاً پایدار منوط است به:

- پرورش یک محیط تجاری مطلوب، که با ثبات و سیاست‌های حمایتی مشخص می‌شود.
- اطمینان از عدم وجود محدودیت و درجه بالایی از پیوستگی، و
- تقویت تاب‌آوری در برابر بخش گردشگری

۲. شمول اجتماعی، اشتغال و کاهش فقر

بر اساس UNWTO، "برای مهار پتانسیل‌های گردشگری جهت یکپارچگی، کار شایسته و فقرزدایی - ضمن غلبه بر چالش فعالیت‌های ناپایدار گردشگری - مهم است که:

- رویکرد "رشد فراگیر" را دنبال کنید.
- ایجاد مشاغل شایسته ضمن رفع شکاف مهارت‌ها و تضمین ایجاد اشتغال مناسب و بهره‌ور.
- حمایت از جوامع محلی و توانمندسازی زنان و جوانان؛ و
- فراهم نمودن تجربیات گردشگری برای همه از طریق تمرکز بر دسترسی جهانی (کمیسیون سازمان جهانی جهانگردی ملل متحد برای اروپا، ۲۰۱۷).

۳. بهره‌وری منابع، حفاظت از محیط زیست و تغییرات آب و هوا

بر اساس بررسی‌های UNWTO، "بخش گردشگری باید در تلاش‌های خود در نظارت، گزارش و کاهش میزان مصرف منابع و انتشار سختگیرانه‌تر رفتار نماید. یک رویکرد یکپارچه برای پایداری محیط زیست مورد نیاز است، که مبتنی بر استراتژی‌هایی برای تفکیک رشد گردشگری از تخریب محیط زیست و استفاده بیش از حد از منابع، با تمرکز بر:

- افزایش استفاده کارآمد از منابع؛
- حفاظت از تنوع زیستی و محیط زیست؛
- سرمایه‌گذاری در کاهش تغییرات آب و هوایی و افزایش سازگاری. و

¹ Tourism trends worides

² World Tourism Organization (2002)

³ Buckley, R.,

⁴ UNWTO Commission for Europe

• افزایش دانش درباره چگونگی مسائل محیط‌زیستی مربوط به گردشگری و افزایش آگاهی بین ذینفعان اصلی (کمیسیون سازمان جهانی جهانگردی ملل متحد برای اروپا، ۲۰۱۷).

۴. ارزش‌های فرهنگی، تنوع و میراث فرهنگی

- بر اساس UNWTO، "تقویت روابط بین گردشگری پایدار و فرهنگ تا حدودی مستلزم:
- تعیین موقعیت "گردشگری فرهنگی" به عنوان ابزاری برای توسعه پایدار.
 - پاسداری و ترویج میراث فرهنگی - هم به صورت ملموس و هم نامحسوس. و
 - پیوند گردشگری با زندگی، فرهنگ معاصر و صنایع خلاق (کمیسیون سازمان جهانی جهانگردی ملل متحد برای اروپا، ۲۰۱۷)

۵- درک متقابل، صلح و امنیت

- بر اساس UNWTO، "پیشبرد سهم گردشگری تا حدودی به درک متقابل، صلح و امنیت نیازمند است:
- تقویت "فرهنگ صلح" و شهروندی جهانی از طریق گردشگری؛
 - استفاده از توریسم به عنوان عامل صلح و آشتی
 - حفظ ایمنی و امنیت در سراسر بخش گردشگری (کمیسیون سازمان جهانی جهانگردی ملل متحد برای اروپا، ۲۰۱۷)

توسعه اکوتوریسم در کشور

ایران با داشتن چشم‌اندازهای طبیعی و زیبا و بکر و وجود اقلیم‌های متفاوت آب و هوایی و گونه‌های متنوع گیاهی و جانوری می‌تواند تأثیر شگرفی در جذب گردشگران طبیعت‌گرد ایفاء نموده و لذا در منطقه خاورمیانه یکی از قطب‌های اکوتوریسمی قلمداد و باعث افزایش درآمد ارزی کشور می‌شود. شناسایی آیین‌هایی که همه ساله در گوشه و کنار کشور برپا می‌شود، نیز سبب مضاعف‌سازی جاذبه‌ها شده و شمار متقاضیان آن را افزایش می‌دهد.

اکوتوریسم تنها شاخه‌ای از گردشگری است که به مشارکت جوامع محلی نیاز اساسی دارد، چرا که بهترین و توانمندترین راهنمایان تورهای گردشگری طبیعی، بومیان ساکن این مناطق می‌باشند. اکوتوریسم به‌عنوان ابزاری جهت توسعه پایدار محلی، اغلب در روستاها و مناطق دورافتاده‌ای که با کمبود منابع معیشتی جایگزین مواجه بوده و میزان فقر در این مناطق بالا است، می‌تواند علاوه بر ایجاد درآمد برای افراد بومی، موجبات بهبودحفاظت از طبیعت را نیز فراهم کند و سبب کاهش مهاجرت‌های بی رویه روستائیان به کلان شهرها شود. در عین حال چرخ بسیاری از مراکز اقامتی در دورافتاده‌ترین نقاط کشور به حرکت در آمده که باعث اشتغال‌زایی و ارتقای سطح زندگی مردم روستایی خواهد بود. هرچند، پایداری اقتصادی این طرح منوط بر داشتن برنامه‌ریزی تجاری و دسترسی آن به بازار است، بدلیل عدم وجود آگاهی و مهارت کافی در بازاریابی و مدیریت بازدیدکنندگان، تجارت اکوتوریسم در کشور بسیار شکننده و حساس است.

از آنجا که بسیاری از محصولات اکوتوریسم به وسیله سرمایه‌گذاری‌های خرد و کوچک تامین می‌شود، مردم در این بخش برای با هم کار کردن، نیازمند توسعه مهارت‌ها و تشویق نفوذ در بازار می‌باشند. بنابراین، روزرسانی اطلاعات قابل دسترس در مورد بازارهای اکوتوریسم و افزایش امکان دسترسی به آنها، قوی‌تر کردن جوامع بومی، ملی و ناحیه‌ای اکوتوریسم و ارتباط آنها با جامعه بین‌المللی اکوتوریسم (TIES)^۱ و ایجاد یک شبکه بسیار قوی در میان سایر شبکه‌ها و بهبود مهارت‌های افراد بومی در راهنمایی و آموزش به عنوان یک بخش مهم در ارائه اکوتوریسم معتبر و با کیفیت بالا، ضروری بنظر می‌رسد.

به‌رغم تلاش سازمان میراث فرهنگی، صنایع‌دستی و گردشگری کشور جهت جذب سرمایه‌گذاران داخلی و خارجی برای سرمایه‌گذاری‌های میلیاردی (ساخت هتل‌های باستاره)، توسعه اکوتوریسم بیش از همه نیازمند آموزش و زیرساخت فرهنگی و رفع موانع ذهنی همچون برخورد‌های سخت‌گیرانه از جهت صدور روادید، احساس مخاطره و تصور غلط جهانیان از کشورمان است. هرچند به لحاظ تاریخی قدرت جذب بالقوه‌ای در زمینه طبیعت‌گرد در کشور وجود دارد (عبداللهی، ۱۳۸۶).

متأسفانه در منابع مورد بررسی در پژوهش‌ها، درآمد صنعت اکوتوریسم به تنهایی بیان نشده است، اما در گزارش‌ها آمده است که در منطقه آسیا و اقیانوسیه حدود ۱۰٪ از درآمد گردشگری ناشی از اکوتوریسم است، بررسی‌ها نشان می‌دهد هرچند در برخی از کشورهای جهان سهم درآمد اکوتوریسم بیش از ۱٪ تولید ناخالص داخلی است؛ اما این رقم در کشور ما تنها حدود پنج درصد از GDP است (جدول ۲ و شکل ۱). مقایسه جایگاه ایران با کشورهای مهم جهان در این زمینه و حتی کشورهای همسایه، می‌توان به سهم بسیار اندک درآمد

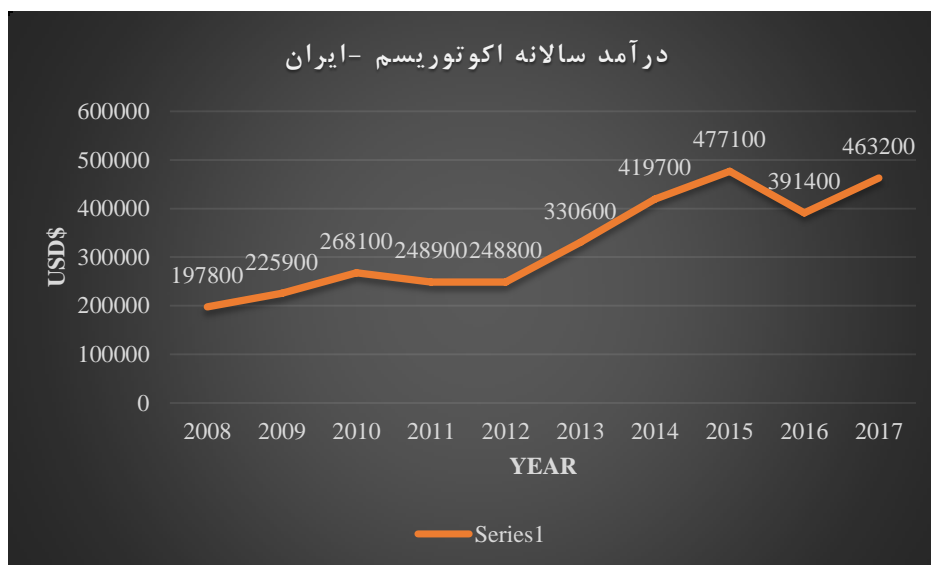
^۱ The International Ecotourism Society (TIES., 2002).

اکوتوریسم در اقتصاد ایران پی برد، این در حالی است که قابلیت‌های اکوتوریسمی ایران به واسطه موقعیت جغرافیایی و تنوع زیستی فراوان بسیار چشم‌گیر است و جا دارد تا برنامه‌ریزی مدونی به منظور افزایش سهم این شاخص در درآمد کشور صورت پذیرد.

جدول ۲- درآمد ناشی از اکوتوریسم ایران در سال‌های مختلف (میلیون دلار)

سال	۲۰۰۸	۲۰۰۹	۲۰۱۰	۲۰۱۱	۲۰۱۲	۲۰۱۳	۲۰۱۴	۲۰۱۵	۲۰۱۶	۲۰۱۷
درآمد اکوتوریسم	۱۹۷۸۰۰	۲۲۵۹۰۰	۲۶۸۱۰۰	۲۴۸۹۰۰	۲۴۸۸۰۰	۳۳۰۶۰۰	۴۱۹۷۰۰	۴۷۷۱۰۰	۳۹۱۴۰۰	۴۶۳۲۰۰

مأخذ: World Bank 2020



شکل ۱- درآمد سالانه اکوتوریسم در ایران

مواد و روش‌ها

• تجزیه و تحلیل SWOT (فرصت‌ها، تهدیدها، قوت‌ها و ضعف‌ها)

یک سیستم همواره تحت تأثیر یک سری عوامل درون سیستمی و برون سیستمی می‌باشد و برنامه‌ریزی بلندمدت یا استراتژیک برای یک سیستم متأثر از فرایند تعامل عوامل درونی با محیط بیرونی آن است (شکل ۲) و تجزیه و تحلیل SWOT (Strength & Weaknesses & Opportunity & Threats) برای تسهیل نگاه واقع‌بینانه، و برنامه‌های یک سازمان یا صنعت طراحی شده است (موسوی و حکمت‌نیا، ۱۳۸۵). SWOT درحقیقت ابزاری است که عموماً برای کنار هم قرار دادن یافته‌های تحلیلی فشارهای خارجی و قابلیت‌های داخلی استفاده می‌شود و تحلیل قوت‌ها، ضعف‌ها، فرصت‌ها و تهدیدهاست که مستلزم شناسایی نقاط قوت و ضعف موجود، فرصت‌ها و تهدیدهایی است که براساس روندهای پیش‌بینی شده محیطی ارائه شده است. از این روش برای تحلیل وضعیت موجود و بررسی نقاط قوت، ضعف‌ها، فرصت‌ها و تهدیدها به منظور شناسایی مسائل استراتژیک و ارائه استراتژی مناسب در بلندمدت، برای یک ناحیه استفاده می‌شود (ازکیا، ۱۳۸۷).



شکل ۲- فرصت‌ها، تهدیدها، قوت‌ها و ضعف‌ها

یافته‌های پژوهش

• تجزیه و تحلیل عوامل داخلی و خارجی

برای سازماندهی عوامل خارجی (EFAS) در قالب فرصت‌ها و تهدیدهای فراروی آن در کشور، با توجه به اهمیت هر یک از عوامل و میزان اثرگذاری آن‌ها، با استفاده از وزندهی و درجه‌بندی، امتیاز وزنی عوامل محاسبه و در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳- نتایج تجزیه و تحلیل عوامل خارجی (فرصت‌ها و تهدیدها)

امتیاز وزنی	فهرست عوامل خارجی اثرگذار	
۰/۱۱۶	- اشتغال‌زایی و ایجاد درآمد برای مردم محلی	فرصت‌ها
۰/۱۲۴	- استفاده از توان مردم بومی و مشارکت جامعه محلی در تصمیم‌گیری	
۰/۱۶۳	- بهبود تنوع زیستی در اثر حفاظت مردم از محل درآمد آن‌ها از بازدیدکنندگان	
۰/۱۸۶	- ایجاد انگیزه و تمایل گردشگران به سفر به محیط روستایی و مناطق بکر	
۰/۱۱۶	- افزایش جذب همکاری‌های منطقه‌ای، ملی و بین‌المللی و سرمایه‌گذاری خارجی	
۰/۰۶۲	- ایجاد زیرساخت‌ها در مناطق اکوتوریستی	
۰/۲۷۹	- تخریب محیط بکر و دست نخورده طبیعی	تهدیدها
۰/۲۷۹	- آلودگی زیست محیطی	
۰/۲۶۴	- برهم خوردن نظم اکوسیستم منطقه در اثر ساخت و سازها	
۰/۱۸۶	- اثرات منفی بر فرهنگ بومی و ارزش‌های محلی منطقه	
۰/۲۴۸	- ساخت و سازهای نامناسب با محیط طبیعی	
۰/۲۳۳	- عدم استفاده از برنامه‌های اصولی و از پیش مطالعه شده	
۰/۳۱۰	- عدم استفاده بهینه از توان‌های بومی در توسعه اکوتوریسم منطقه	
۰/۱۲۴	- ایجاد نارضایتی محلی به خاطر ازدیاد آمد و شد بوم گردشگران	
۰/۳۴۹	- عدم بازگشت سود اکوتوریسم به مردم محلی	
۰/۲۴۸	- عدم انطباق برنامه‌های بیرونی با برنامه‌های محلی	
۳/۲۸۷	جمع	

با توجه به جدول فوق و شکل ۳، مهمترین فرصت‌ها در مبحث اکوتوریسم عبارتند از:

ایجاد انگیزه و تمایل گردشگران به سفر به محیط روستایی و مناطق بکر با بالاترین امتیاز وزنی و سپس بهبود تنوع زیستی منطقه در اثر حفاظت مردم از محل درآمد آن‌ها از بازدیدکنندگان و استفاده از توان مردم بومی و مشارکت جامعه محلی در تصمیم‌گیری به ترتیب حائز بالاترین امتیاز وزنی فرصت‌های اکوتوریسم در کشور می‌باشند. در حالی که مولفه‌های عدم بازگشت سود بوم گردشگری به مردم محلی، عدم استفاده بهینه از توان بومیان در توسعه اکوتوریسم و تخریب محیط بکر و دست نخورده طبیعی به ترتیب از مهمترین تهدیدهای اثرگذار بر گسترش اکوتوریسم به شمار می‌آیند.

برای سازماندهی و طبقه‌بندی عوامل داخلی (IFAS) در نقاط قوت و ضعف، به منظور ارزیابی روش مدیریت و واکنش سیستم به این عوامل، با توجه به میزان اهمیت، امتیازهای وزنی محاسبه و ضرایب اثرگذاری آنها در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۴- نتایج تجزیه و تحلیل عوامل داخلی (قوت‌ها و ضعف‌ها)

امتیاز وزنی	فهرست عوامل داخلی اثرگذار	
۰/۳۰۰	- تنوع آب و هوایی	قوت‌ها
۰/۲۸۵	- طبیعت بکر و توان اکوتوریستی بالا	
۰/۲۷۰	- زیستگاه‌های جنگلی	
۰/۲۸۵	- نیاز به سرمایه‌گذاری کم	
۰/۲۷۰	- موقعیت جغرافیایی مناسب	
۰/۳۰۰	- تنوع زیستی، گیاهی و جانوری	
۰/۲۸۵	- توجه پایدار به محیط زیست	
۰/۲۴۰	- آشنایی با فرهنگ و ارزش‌های مناطق بومی	

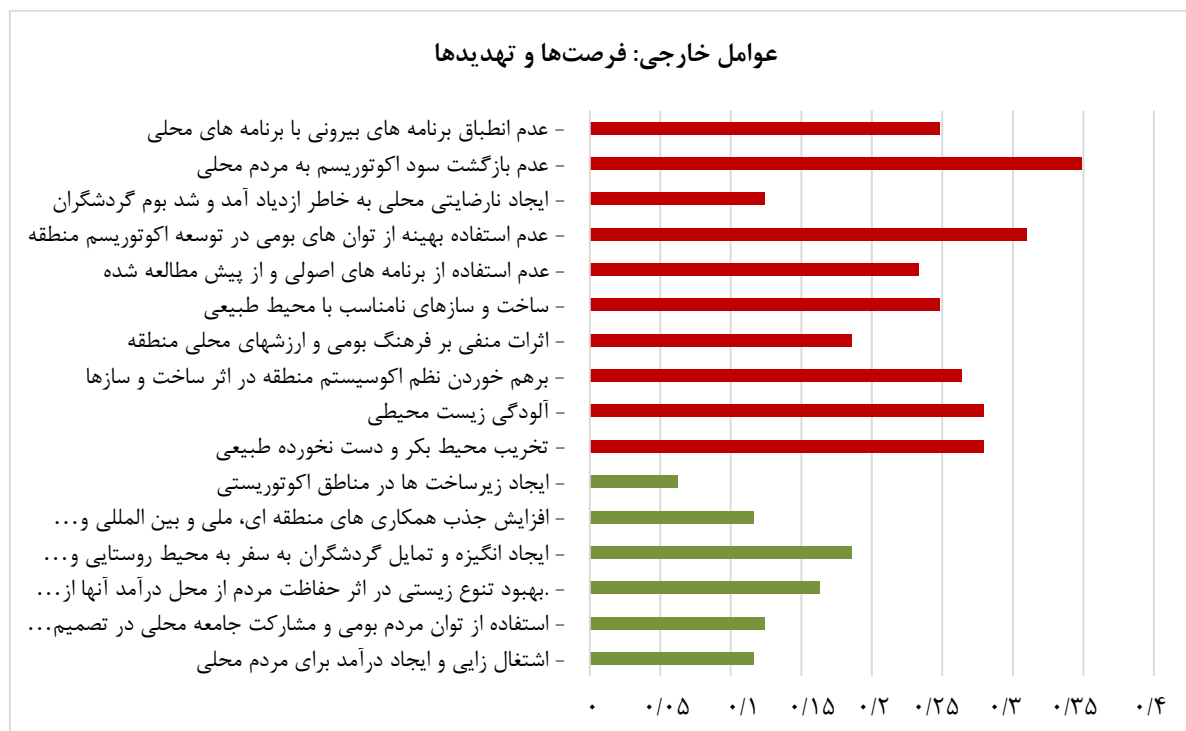
۰/۲۰۴	- ضعف مدیریت صحیح و کارآمد جهت برنامه ریزی جلب اکوتوریسم	معیار
۰/۲۷۰	- عدم معرفی صحیح جاذبه‌های بوم گردشگری به مردم	
۰/۳۰۰	- کمبود اقامتگاه بوم‌گردی مناسب برای بوم‌گردشگران	
۰/۲۸۵	- نامناسب بودن زیرساخت‌های اکوتوریستی موجود	
۰/۲۸۵	- عدم استفاده از توان بومیان منطقه در ایجاد اشتغال	
۰/۲۰۴	- کمبود علائم راهنمایی در مناطق مختلف برای اطلاع‌رسانی به اکوتوریست‌ها	
۰/۲۸۵	- استفاده بیش از اندازه و بدون برنامه از توانهای طبیعی	
۰/۲۷۰	- عدم توجه به جاذبه‌های اکوتوریستی منطقه در جهت شکوفایی اقتصادی	
۰/۲۸۵	- عدم آگاهی صحیح و کافی بومیان نسبت به نیازمندی‌های جذب اکوتوریسم	
۰/۲۷۰	- فقدان فرهنگ سازی مناسب برای جذب بوم‌گردشگران	
۴/۸۹۸	جمع	

با توجه به جدول فوق، مهمترین نقاط قوت در زمینه اکوتوریسم عبارتند از:

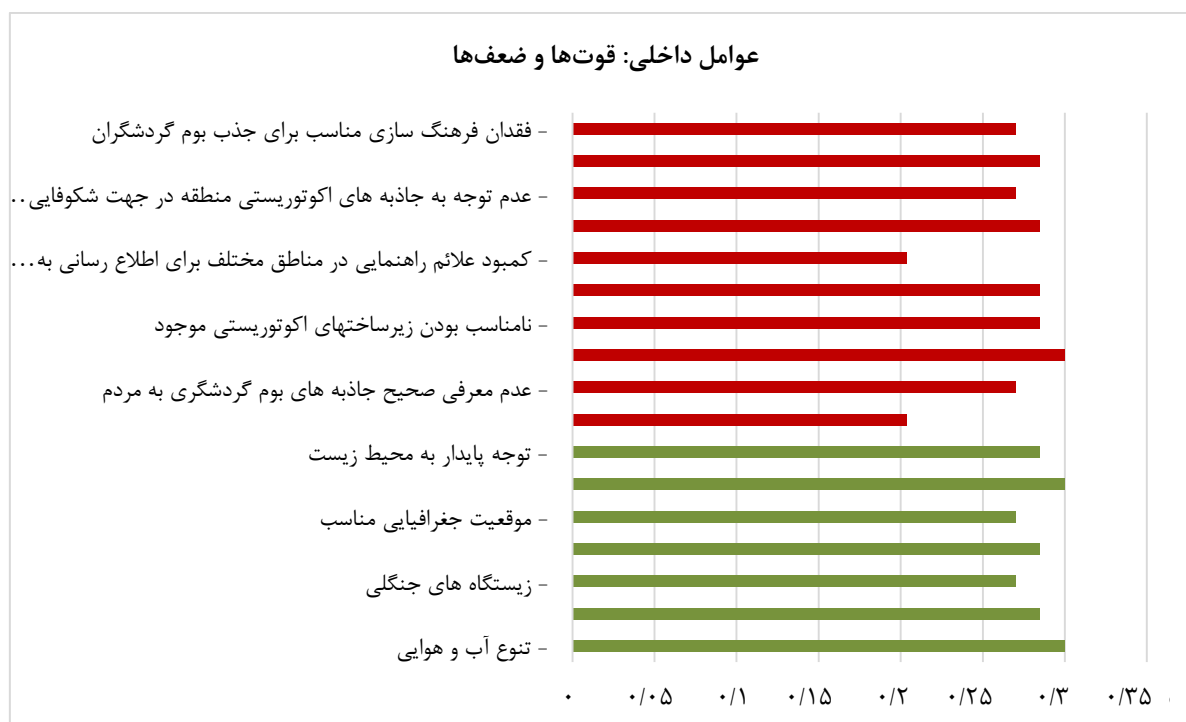
در حالی که کمبود اقامتگاه بوم‌گردی مناسب برای بوم‌گردشگران، نامناسب بودن زیرساخت‌های اکوتوریستی موجود و عدم استفاده از توان‌های منطقه در ایجاد اشتغال به ترتیب با بیشترین امتیازهای وزنی مهمترین نقاط ضعف در صنعت اکوتوریسم کشور می‌باشند، تنوع آب و هوایی در کنار تنوع زیستی، گیاهی و جانوری با بیشترین امتیاز وزنی و طبیعت بکر و توان اکوتوریستی بالا از با اهمیت‌ترین نقاط قوت توسعه بوم‌گردشگری در کشور می‌باشند.

• تجزیه و تحلیل عوامل استراتژیک

با تجزیه و تحلیل عوامل استراتژیک بر اساس عوامل داخلی و خارجی تاثیرگذار بر اکوتوریسم (شکل‌های ۳ و ۴) در کشور، برنامه‌ریزان می‌توانند نقاط قوت، ضعف، تهدیدها و فرصت‌ها را به تعداد کمتری از عوامل محدود نمایند. این کار با بررسی دوباره وزن‌های هر یک از عوامل موجود در جدول تجزیه و تحلیل عوامل داخلی و خارجی، انجام می‌گیرد. در واقع، سنگین‌ترین عوامل موجود در این دو جدول از حیث وزن، باید به جدول تجزیه و تحلیل عوامل استراتژیک منتقل شوند (هانگر و ویلن، ۱۳۹۲).



شکل ۳- عوامل خارجی (فرصت‌ها و تهدیدها)



شکل ۴- عوامل داخلی تاثیرگذار (قوت‌ها و ضعف‌ها)

با تجزیه و تحلیل عوامل داخلی و خارجی و ترکیب آن‌ها، مهمترین عوامل استراتژیک در توسعه اکوتوریسم در کشور (جدول ۵) ارائه شده است.

جدول ۵- استراتژی تجزیه و تحلیل عوامل استراتژیک



با تداخل هر یک از عوامل بر یکدیگر، به تدوین راهبردهای مختلف توسعه‌ای (SO)، تنوع (ST)، بازنگری (WO) و بالاخره راهبردهای تدافعی (WT) می‌پردازیم.

بررسی جدول ماتریس عوامل داخلی (IFE) حاکی از آنست که اکوتوریسم با امتیاز وزن‌دار ۴/۸۹۸ بزرگتر از میانگین بوده که بیانگر وجود نقاط قوت بیشتر است. همچنین عوامل بیرونی (EFE) با امتیاز وزن‌دار ۳/۲۸۷ بزرگتر از میانگین بوده، که حاکی از فرصت‌های خوبی از جهت عوامل بیرونی است.

جدول ۶- استراتژی‌های توسعه‌ای اثرگذار در اکوتوریسم بر اقتصاد سبز کشور

محیط داخلی		فرصت‌ها	محیط بیرونی
قوت‌ها			
راهبرد حداکثر _ حداکثر (SO)			
۱- استفاده از توان بومی برای توسعه اکوتوریسم			
۲- بهره‌گیری از تنوع زیستی و موقعیت جغرافیایی جهت جذب اکوتوریست			
۳- مشارکت جامعه محلی در تصمیم‌گیری و ایجاد درآمد برای مردم محلی			
۴- افزایش جذب همکاری‌های منطقه‌ای و بین‌المللی			
۵- جلب سرمایه‌گذاری خارجی در جهت اشتغال‌زایی از طریق جلب اکوتوریسم			

همان گونه که در جدول ۶ ملاحظه می‌شود اکوتوریسم در استراتژی‌های توسعه‌ای SO جای می‌گیرد و نیاز است با استفاده از فرصت‌هایی چون افزایش جذب همکاری‌های منطقه‌ای و بین‌المللی و سرمایه‌گذاری خارجی از طریق جلب اکوتوریسم یا بوم‌گردشگران به تقویت نقاط قوت داخلی مانند توان جامعه محلی، تنوع زیستی و مشارکت در تصمیم‌گیری جوامع محلی و ایجاد درآمد برای آنها پرداخته شود.

بحث و نتیجه‌گیری

در پایان باید به این سوال پاسخ داد که آیا حمایت از اکوتوریسم واقعاً منطقی است؟ همان‌طور که بیان شد اکوتوریسم مزایا و معایب زیادی دارد. در حالی‌که اکوتوریسم آگاهی مردم را از مشکلات محیط‌زیستی افزایش می‌دهد تا به موقع آنها را برطرف کند، اما چنانچه اکوتوریسم با هدف حداکثرسازی سود سازماندهی شود، آسیب‌های آن بیش از فوایدش نمایان می‌شود. بنابراین، دولت‌ها در سراسر جهان باید مقرراتی تنظیم کنند تا اکوتوریسم واقعاً سازگار با محیط زیست باشد تا در طولانی‌مدت از اثرات محیط‌زیستی مثبت آن اطمینان حاصل شود.

در ایران مانند دیگر کشورهای در حال توسعه، صنعت گردشگری به طور فزاینده یکی از منابع مهم سرازیر شدن ارز است. اکوتوریسم یا گردشگری در طبیعت، از گونه‌های مهم گردشگری است که بیشترین سازگاری را با توسعه پایدار دارد. نقش مهمی که بوم‌گردشگری در اقتصاد سبز بازی می‌کند، می‌تواند به صورت سهم قابل‌توجهی در تولید ناخالص داخلی، درآمد ارزی و اشتغال آشکار شود. اکوتوریسم به دلیل نیاز بسیار کم به سرمایه‌گذاری در کنار مشارکت و هدایت تخصصی جوامع محلی، ابزاری مهم برای ایجاد اشتغال و درآمد در مناطق کمتر توسعه یافته است. لذا رونق اکوتوریسم در نواحی روستایی و به تبع آن رونق اقتصادی این نواحی موجبات کاهش فقر و افزایش درآمد گشته و زمینه را برای کاهش فشار بر منابع طبیعی و محیط‌زیست فراهم می‌سازد. همچنین بوم‌گردشگری خدمات را به بسترهای طبیعی منطبق بر روستاهای کوچک و پراکنده که مبتنی بر امکانات و پتانسیل‌های نقطه‌ای پراکنده شده‌اند منتقل ساخته و با پویایی این نقاط که به عنوان احیاگر و محافظ سنتی چنین پتانسیل‌هایی در پهنه گسترده‌ی کشور مطرح می‌باشند، نقشی اساسی در حفظ محیط‌زیست ایفا کند. بدین ترتیب در کاهش مهاجرت‌های بی‌رویه روستائیان به کلان شهرها نیز نقش اساسی دارد. از طرف دیگر، چرخ بسیاری از مراکز اقامتی در دورافتاده‌ترین نقاط کشور به حرکت در می‌آید و باعث اشتغال‌زایی، و در نتیجه ارتقای سطح زندگی مردم روستایی خواهد شد.

منابع

- اربابیان، شیرین، زمانی، زهرا، رحیمی، معصومه (۱۳۹۳)، «بررسی اثر گردشگری در توسعه کارآفرینی»، *مجله برنامه‌ریزی و توسعه گردشگری*، سال ۳، شماره ۱، صص ۲۹-۴۹.
- ازکیا، مصطفی، فیروزآبادی، سید احمد، رستمعلی‌زاده، ولی‌الله. (۱۳۸۷). نقش و اثرات انجمن‌های زادگاهی بر توسعه روستایی (مطالعه موردی روستای دریان). *مطالعات توسعه اجتماعی ایران*، ۱(۱)، ۱۲۵-۱۵۳.
- تیمورتاش، امیرحسین (۱۳۹۷)، "رویکرد بین‌المللی به اکوتوریسم و اقتصاد سبز"، *نهمین همایش سراسری کشاورزی و منابع طبیعی پایدار، تهران، ایران*.
- حاجلو، امیر، تولایی، الهام، زنگانه، احمد، زنگانه، ابوالفضل (۱۳۹۲). «ارزیابی و اولویت‌بندی اثرات گردشگری در سطح ملی با استفاده از فن TOPSIS»، *فصلنامه برنامه‌ریزی منطقه‌ای*، سال سوم، شماره ۱۰، صص ۲۶-۱۵.
- دیویدهانگر، جی. و ویلن، تی. (۱۳۹۲)، "مبانی مدیریت استراتژیک"، چاپ چهارم، ترجمه اعرابی و رضوانی، *انتشارات فرهنگ و هنر*، صص ۱۲۷-۱۳۰.
- رخشانی نسب، حمیدرضا و ضرابی، اصغر (۱۳۸۸)، "چالش‌ها و فرصت‌های توسعه اکوتوریسم در ایران"، *فضای جغرافیایی*، دوره ۹، شماره ۲۸، صص ۴۱-۵۵.
- رضوانی، محمدرضا، بیات، ناصر (۱۳۹۳)، «تحلیل جایگاه گردشگری روستایی در برنامه‌های کلان توسعه کشور با تأکید بر برنامه‌های پنج ساله توسعه ملی»، *مجله برنامه‌ریزی و توسعه گردشگری*، سال ۴، شماره ۳، صص ۳۱-۱۱.
- رهنمایی، محمدتقی، علی اکبری، اسماعیل، صفر علی‌زاده، اسماعیل، (۱۳۹۶)، «بررسی وضعیت عوامل موثر بر توانمندسازی توسعه گردشگری (مطالعه موردی: استان آذربایجان غربی)»، *نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی*، دوره ۲۱، شماره ۵۹، صص ۱۷۴-۱۵۳.
- رضوانی قوام آبادی، محمدحسین، (۱۳۹۳) "اقتصاد سبز: گامی به سوی تحقق توسعه پایدار و حقوق بین‌الملل محیط زیست"، *فصلنامه دانش حقوق اقتصادی*، شماره ۶، صص ۱۴۱-۱۱۴.

- زرافشانی، کیومرث، شرفی، لیدا، گراوندی، شهپر، قبادی، پرستو (۱۳۹۲)، «بررسی تأثیرات توسعه گردشگری در ارتقاء شاخص‌های اقتصادی-اجتماعی نواحی روستایی (مطالعه موردی: منطقه گردشگری ریجاب در استان کرمانشاه)»، *اقتصاد فضا و توسعه روستایی*، دوره ۲، شماره ۵، صص ۱۳۴-۱۱۹.
- شجاعت‌الحسینی، سید جواد، (۱۳۹۲)، «اکوتوریسم و توریسم پایدار»، *اولین همایش ملی گردشگری، جغرافیا و محیط زیست پایدار*، دانشکده شهید مفتاح همدان، ایران.
- عبدالله‌زاده، غلامحسین، صالحی، خدیجه، شریف زاده، محمد شریف، خواجه شاهکوهی، علیرضا (۱۳۹۴)، «بررسی تأثیر گردشگری بر معیشت پایدار روستایی در استان گلستان»، *برنامه ریزی توسعه گردشگری*، دوره ۴، شماره ۱۵، صص ۱۶۹-۱۴۸.
- عبدلهی، عیوض، (۱۳۸۶)، اکوتوریسم سازگار با حفاظت از محیط زیست و پایداری منابع طبیعی، ششمین کنفرانس اقتصاد کشاورزی ایران، مشهد، ایران.
- فتاح‌پور، داراب (۱۳۹۲)، «تحلیلی بر جایگاه اکوتوریسم در توسعه پویا و پایدار نواحی غربی کشور»، *فصلنامه علمی-پژوهشی اطلاعات جغرافیایی*، دوره ۲۲، صص ۴۷-۵۰.
- قنبری، یوسف، محمود صالحی، سمیه (۱۳۹۴)، «اکوتوریسم در ایران و چالش‌های پیش روی آن»، *راهبرد توسعه*، شماره ۴۳، صص ۸۴-۱۰۳.
- مالکی، رسول، دماوندی، عاطفه (۱۳۹۳)، «تبیین رویکرد معیشت پایدار با تأکید بر توسعه پایدار روستایی در استان همدان»، *دومین همایش ملی و تخصصی پژوهش‌های محیط زیست ایران*، همدان، ایران.
- مطیعی لنگرودی، سید حسن، رضائیه آزادی، مریم (۱۳۹۲)، «ارزیابی اثرات اقتصاد گردشگری از دیدگاه جامعه میزبان در تفرجگاه بند ارومیه»، *اقتصاد فضا و توسعه روستایی*، شماره ۴، صص ۹۱-۷۵.
- موسوی، میرنجف و حکمت نیا، حسن (۱۳۸۵)، «کاربرد مدل در جغرافیا با تأکید بر برنامه‌ریزی شهری و ناحیه‌ای»، *انتشارات علم نوین*.
- مه‌دوی، داوود، رکن‌الدین افتخاری، عبدالرضا، سجاسی قیداری، حمدالله، (۱۳۹۵)، «طراحی راهبردهای توسعه پایدار گردشگری روستاهای تاریخی فرهنگی ایران»، *نشریه جغرافیا و برنامه ریزی*، دوره ۲۰، شماره ۵۶، صص ۳۰۰-۲۷۵.
- میرزایی، محمد و فومن اجیرلو، پری (۱۳۹۶)، بررسی اثرات اکوتوریسم بر محیط زیست و ارتباط آن با توسعه پایدار، *اولین همایش بین‌المللی گردشگری، جغرافیا و محیط زیست پاک*، همدان، ایران.
- ورامش، سعید و حیدری نیا، سارا (۱۳۹۸)، «اثرات توسعه اکوتوریسم بر جوامع محلی و حفاظت از عرصه‌های منابع طبیعی»، *اولین کنفرانس بین‌المللی و چهارمین کنفرانس ملی صیانت از منابع طبیعی و محیط زیست*، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
- Aall, C., (2014), Sustainable tourism in practice: promoting or perverting the quest for a sustainable development? *Sustain. For.* 6, 2562-2583.
- Brida, J. G., & Risso, W. A. (2009). Tourism as a factor of long-run economic growth: An empirical analysis for Chile. *European Journal of Tourism Research*, 2(2), 178-185.
- Bows, A., Anderson, B., Peeters, P.M., (2009). Air transport, climate change and tourism. *Tour. Hosp. Plann. Develop.* 6, 7-20.
- Buckley, R., (2012), Sustainable tourism: research and reality. *Ann. Tour. Res.* 39, 528-546.
<https://environmental-conscience.com/ecotourism-pros-cons/>
<https://data.worldbank.org/indicator/ST.INT.XPND.CD?locations=IR>
- Fateh Habibi, MehranRahmati and Adel Karimi, (2018), Contribution of tourism to economic growth in Iran's Provinces: GDM approach, *Future Business Journal*, Vol.4, 2, pages 261-271.
- Hall, C. M., (2010), Changing paradigms and global change: from sustainable to steady-state tourism. *Tour. Recreat. Res.* 35, 131-143.
- Honeck, D., (2012), LDC Export Diversification, Employment Generation and the "Green Economy": What Roles for Tourism Linkages? *World Trade Organization Economic Research and Statistics Division*.
- Ivanov, S., & Webster, C., (2007), Measuring the impact of tourism on economic growth. *Tourism Economics*, 13(3), 379-388.
- L'avenir que nous voulons, A/conf.216/L.1, 19 juin 2012.
- Peeters, P., Dubois, G., (2010), Tourism travel under climate change mitigation constraints. *J. Transp. Geogr.* 18, 447-457.
- Rodriguez, A. X., Martinez, R. F., & Pawlowka, E., (2012). Academic tourism demand in Galicia, Spain. *Tourism Management*, 33(6), 580-590.
- Shu-Yuan Pan, Mengyao Gao, Hyunook Kim, Kinjal J. Shah, Si-Lu Pei, Pen-Chi Chiang, (2018), Advances and challenges in sustainable tourism toward a green economy, *Science of the Total Environment*, 635, 452-469.

- Schubert, F.S., Brida, J.G., & Rizzo, W.A., (2010), The impacts of international tourism demand on economic growth of small economies dependent of tourism. *Tourism Management*, 32(2), 377-385.
- Tang, CF., Tan, EC., (2013), How stable is the tourism-led growth hypothesis in Malaysia? Evidence from disaggregated tourism markets, *Tourism Management*, Volume 37, Pages 52-57.
- The International Ecotourism Society. TIES., (2002), Ecotourism: In collaboration with Principles, Practices and Policies for Sustainability, <http://www.uneptie.org/pc/tourism/library/ecotourism.htm>.
- Tourism trends worides, (1991), Worldtourism organization, VOL.91-1950.
- UNWTO, 2017a. Discussion Paper on the Occasion of the International Year of Sustainable Tourism for Development 2017. United Nations World Tourism Organization, Madrid, Spain, p. 84.
- UNWTO. "Why Tourism." <http://www.tourism4development2017.org/why-tourism/>
- UNWTO Commission for Europe. (June 6, 2017). Item 8 of the provisional agenda: International Year of Sustainable Tourism for Development 2017. http://cf.cdn.unwto.org/sites/all/files/pdf/item_8_-_iystd_2017_english.pdf.
- UNWTO. "Why Tourism." <http://www.tourism4development2017.org/why-tourism/>
- Viljoen, W., 2011. Aid for trade and the green economy in Africa. *Bridges Trade BioRes Review*. Vol. 5. International Centre for Trade and Sustainable Development, Switzerland.
- Virgil Nicula, Simona Spanu, (2014), "Ways of Promoting Cultural Ecotourism for Local Communities in Sibiu Area", 21st International Economic Conference, 16-17 May 2014, Sibiu, Romania.
- World Tourism Organization (2002), "The world ecotourism summit: Final report". Available on: <http://www.world-ourism.org/sustainable/IYE/quebec/anglais/Final-Report-QuebecSummit-web.pdf>



مدل سازی پراکنش آلاینده های نیروگاه نکا با چشم انداز دستیابی به معیارهای طراحی اکوپارک صنعتی

حنظله شعبانی^{۱*}، عبدالرضا کرباسی^۲، ناصر مهرداد^۲

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، مهندسی طراحی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران

۲- استاد، گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران

چکیده

در طراحی پارک های صنعتی اکولوژیک سعی بر آن است خود پالایندگی سیستم به وسیله مکانیزم های تعریف شده به حداکثر برسد تا نخست آلودگی های تولید شده توسط صنایع کاهش یابد و همچنین تولیدات فرعی حاصل از فرآیندهای صنعتی مورد استفاده مجدد قرار گیرد. با توجه به آسیب پذیری بالای بخش ساحلی، تنوع گونه ای و توالی سریع در منطقه، بهره گیری از شیوه های محیط زیستی در محیط اطراف نیروگاه شهید سلیمی (نکاء) امری اجتناب ناپذیر است. هدف از انجام این پژوهش محاسبه و مدل سازی پراکنش آلاینده های SO_2 ، NO_x است تا به صورت فصلی و سالیانه با استفاده از نرم افزار ADMS در غالب لایه های GIS نمایش داده شود و محاسبه دبی جرمی SO_2 و NO_x بر حسب gr/sec و همچنین آنالیز دود خروجی دودکش نیروگاه به تفکیک سوخت مصرفی در فصول سرد و گرم سال است تا به معیارهای طراحی اکوپارک صنعتی در محدوده مورد مطالعه دست یافت. نتایج نشان داد که در نیروگاه نکا میانگین غلظت گاز NO_x در واحد بخار $304 \mu g/m^3$ و در واحد سیکل ترکیبی $77/75 \mu g/m^3$ و همچنین میانگین SO_2 در واحد بخار $267/25 \mu g/m^3$ در طول سال است که هیچکدام از استانداردهای WHO و استانداردهای هوای پاک اروپایی را رعایت نمی کند.

کلید واژه ها: طراحی اکوپارک صنعتی، نیروگاه شهید سلیمی نکا، پراکنش آلاینده، مدل سازی، دود خروجی



Modeling the emission distribution of Neka power plant with the prospect of achieving the design of eco-industrial park

Hanzale Shabani^{1*}, Abdolreza Karbasi², Naser Mehrdadi²

1- MSc Graduated Student of Environmental Design Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran

2- Professor, Department of Environmental Engineering, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran

Abstract

In designing ecological industrial parks, an attempt is to maximize the self-purification of the system by defined mechanisms in order to reduce the pollution produced by industries first and then, to reuse the by-products of industrial processes. Due to the high vulnerability of the coastal sector, species diversity and rapid sequence in the region, the use of environmental methods in the environment of shahid salimi powerplant (Neka) is inevitable. The purpose of this study is to calculate and model the distribution of SO₂, NO_x pollutants to be displayed seasonally and annually using ADMS software in the form of GIS layers and to achieve the design criteria of an eco- industrial park in the study area, the mass flow of SO₂ and NO_x is calculated in gr/sec and also the flue smoke of the powerplant fuel consumption is analyzed in cold and hot seasons of the year separately. The results showed that in Neka power plant, the average concentration of NO_x gas per unit of steam is 304 µg/m³ and in combined cycle unit is 77.75 µg/m³ and also the average concentration of SO₂ per unit of steam is 267.25 µg/m³ during the year which does not meet any of WHO and European clean air standards.

Keywords: Eco-industrial park design, Shahid salimi Neka powerplant, Pollutant distribution, Modeling, Exhaust smoke

* Corresponding author E-mail address: Hanzale.eip@gmail.com

مقدمه

استفاده از نیروگاه‌های حرارتی جهت تولید برق از اواخر قرن نوزدهم به جوامع بشری راه یافت. ابتدا از زغال سنگ و بعدها از فرآورده‌های سنگین نفت و نهایتاً گاز به‌عنوان سوخت در این نیروگاه‌ها استفاده شد. تاریخچه‌ی احداث نیروگاه حرارتی در ایران به برنامه عمرانی سال ۱۳۵۲-۱۳۵۶ برمی‌گردد که مقرر شد که در شمال و جنوب کشور به‌دلیل دسترسی آسان‌تر به منابع سوخت و سواحل دریا این تأسیسات احداث شدند. به‌طور کلی نیروگاه تالسیساتی است که شکل‌های گوناگون انرژی را به انرژی برق تبدیل می‌کند (سعیدی و همکاران، ۱۳۸۴). فشار زیاد بر اکوسیستم و بیوسفر با افزایش جمعیت و افزایش در سطوح مصرف وجود دارد. در نتیجه، جهان با چالش‌های زیادی مثل گرمایش جهانی، افزایش سطوح آلودگی هوا، بحران اقتصادی، فقر و از دست رفتن جهانی غنای زیستی روبرو است (sustainable development office, 2010). سیستم‌های اکولوژیکی با فرهنگ و جوامع انسانی و ساختارهای زیستی در ارتباط هستند. از سویی سیستم‌های صنعتی بیشتر فناوری را مدنظر قرار داده و علاوه بر آن شامل سیستم‌های صنعتی وابسته به منابع و خدمات فراهم شده از بیوسفر نیز هستند (Jelinski et al., 1992; Graedel & Allenby, 1995). اکوپارک صنعتی در سال ۱۹۶۸ با پروژه استفاده از آب‌های سطحی دریاچه تیسو برای یک پالایشگاه نفت کالندبرگ، شروع شد که به منظور صرفه‌جویی در عرضه‌های محدود شده از آب‌های زیرزمینی بود. متعاقب آن شمار دیگری از پروژه‌های اشتراکی معرفی شده و شمار شراکت به تدریج افزایش یافته است. طراحی و اجرای یک اکوپارک صنعتی می‌تواند منافع محیط زیستی، اجتماعی و اقتصادی بسیاری را برای جوامع به ارمغان آورد (Industrial Symbiosis, 2013). لذا آنچه که از گذشته در سطوح مختلف فکری نهادهای صنعتی و همچنین تعاملاتشان وجود دارد به اجرای یک اکوپارک صنعتی می‌انجامد (Saikku, 2006). همچنین ایجاد رقابتی بهینه بین صنایع مجزا با رویکرد همکاری در مبادلات فیزیکی مواد، انرژی، آب و محصولات فرعی تحت عنوان همزیستی صنایع امکان‌پذیر است (Cote & Cohen-Rosental, 1998; Chertow, 2000; Heeres, 2004). به این ترتیب پسماند صنعتی نه تنها برای محیط‌زیست ایجاد کننده خسارت نیست بلکه باعث بهبود و رفع کاستی‌های محیط طبیعی نیز می‌شوند (Galloway et al., 2011). وضعیتی که اکوپارک صنعتی می‌تواند برای اکوسیستم ایجاد کند شامل اعمال تنظیم‌ها برای صرفه‌جویی انرژی و کاهش انتشار، ارزش افزوده برای کاهش استفاده از منابع و انرژی و با تطابق رشد اقتصادی و فشار محیط زیستی، بالا بردن کیفیت ساختاری جهت استفاده مسکونی است (Gnanapragasam, 2013). در واقع اکوسیستم صنعتی، باعث افزایش تناسبات و همزیستی صنایع می‌شود که نهایت به ارتباط سینرژیک و همزیستی بین صنایع می‌انجامد و همواره بر همکاری بین صنایع تأکید دارد و گاهی نیز می‌تواند به عنوان چتر مشارکتی از ایده‌های کاهش مصرف و افزایش بازه به کار برده شود (Saikku, 2006). کلید همزیستی صنایع در گرو همکاری مجموعه‌های صنعتی و ایجاد ارتباط سینرژیک بواسطه همجواری جغرافیایی آن‌ها است (Chertow, 2004). از جمله ارتباطات همزیست می‌توان به کاشت گیاهان مشابه در مناطق صنعتی اشاره کرد که جهت بهینه‌سازی اکوپارک صنعتی با توجه به ساختار و طراحی‌شان صورت می‌گیرد (Boix et al., 2014). تمرکز اصلی اکوپارک صنعتی بر فعالیت‌هایی است که داخل مرز جغرافیایی سایت صنعتی انجام شده و پیرو اصول و ضوابط طرح بوده است (Galloway et al., 2011). توسعه سینرژیک بین زیرساخت‌ها، صنایع و مناطق مسکونی اتفاق می‌افتد که افزایش به اشتراک‌گذاری زمین‌های صنعتی، افزایش خدمات شهری و افزایش فعالیت‌های مسکونی را به همراه دارد (Chang Yu et al., 2015). توسعه نظری برای هدایت چگونگی مدیریت گروهی از صنایع یک سایت صنعتی که سازماندهی شده‌اند و اینکه چگونه این صنایع با جوامع انسانی و سیستم‌های محیط زیستی اطراف یکپارچه می‌شوند (Korhonena & Juha-Pekka, 2005; Fauchoux, 1998; Reymond & Smolenaars, 1997) همپوشانی زیاد بین یک اکوسیستم با یک شهر که انتشار بسیار پایین از کربن دارد و با تمرکز روی تجزیه و تحلیل رشد اقتصاد شهری و انتشار کم کربن مثلاً تحولات حمل و نقلی سازگار با محیط زیست می‌تواند تضمین کننده توسعه پایدار باشد (Chen and Zhu, 2013). از جمله روش‌هایی که در جهت بهینه‌سازی می‌توان اشاره نمود مبادله مواد، آب و انرژی، احیای واحدهای آبی و به‌کارگیری گرما به‌منظور کاهش اثرات محیط‌زیستی در اکوپارک صنعتی است و با هدف به حداقل سازی هزینه‌ها استفاده می‌شود (Boix et al., 2014). حداکثر سود بهینه از اثرات متقابل بر محیط‌زیست محاسبه شده است که همکاری سازگار با فرآیند را فراهم می‌آورد (Haskins, 2008). با وجود شناخت بیشتر از کمیت‌ها در مقابل کیفیت، اهداف مدیریتی و اجتماعی در ابعاد اقتصادی، محیط‌زیستی و فنی قابل ارائه هستند (Industrial Estate Authority of Thailand, 2011). استفاده از ابزارها و با بازبینی عمیق شیوه‌نامه‌ها و با یک دیدگاه چندبخشی و همچنین مصاحبه اولیه از بازاریابان برای شناسایی موفقیت و محدودیت‌ها، می‌توان به دنبال مقدمه‌ای برای اجرای اکوپارک صنعتی بود (D. Sakr et al., 2011). با شناخت در جوامع آکادمیک، جوامع تجاری و حلقه‌های دولتی به مانند سیستم‌های صنعتی، می‌توان در جهت توسعه شیوه‌نامه‌ها و اطلاعات اکوپارک صنعتی برای به انجام رسیدن آن گام برداشت (Erkman, 2001). تمرکز روی تولیدات و مواد با رویکرد اکولوژی صنعتی در یک ناحیه صنعتی، می‌تواند امکان‌پذیر باشد که با تحلیل جریان مواد اصلی، تحلیل چرخه زندگی و طراحی برای

محیط زیست همراه است و علاوه بر آن با دربرداشتن رویکرد محلی، در برگزیده ویژگی‌های یک اکوپارک صنعتی نیز است (Korhonen, 2002). سیستم‌های صنعتی در اکوپارک صنعتی، تحت لوای بخشی از سیستم چرخه‌ای قرار می‌گیرند. سیستم‌هایی که بازیافت و بازاستفاده از مواد و زائدات به منظور کاهش منابع ماده و انرژی ورودی و زائدات و پسماندهای خروجی صورت می‌گیرد (Garner & Keoleian, 1998). یک اکوپارک صنعتی منافعی را برای مجموعه‌های صنعتی همجوار نیز در نظر دارد تا تضمین کننده توسعه‌ی رو به رشد باشد (Lowe, 2001). بنابراین در این کار باید به دنبال ارتقای فعالیت گروهی بود، چرا که قطعاً مزیت اقتصادی بیشتری را به همراه دارد و مانع از آلودگی محیط‌زیستی می‌شود که هزینه بالا اقتصادی را با خود به همراه می‌آورد. لذا اهداف متعدد و در عین حال مخالف موجود در فعالیت گروهی، همکاری جهت بهینه‌سازی این فعالیت‌ها را به ارمغان می‌آورد. به طوری که بتوان در تشخیص این که چه چیزی اتفاق افتاده و مسیر در حال حرکت به چه صورت است، موفق عمل کرد (Gussow and Meyers, 1970; Hoffman, 1971). هدف از این مطالعه، شناخت از نحوه پراکنش SO_2 , NO_x و آنالیز دود خروجی و طراحی محیط‌زیستی نیروگاه شهید سلیمی نکا با چشم‌انداز شروع عمل نوآورانه در منطقه است. قرارگیری محدوده مورد مطالعه در بخش ساحلی و صنعتی و کشاورزی و همچنین در همسایگی تالاب میانکاله، امکان و ضرورت انجام طراحی اکوپارک صنعتی در منطقه را امری اجتناب‌ناپذیر کرده است.

مواد و روش‌ها

• منطقه مورد مطالعه

استان مازندران با وسعت $23756/4$ کیلومتر مربع هجدهمین استان کشور از نظر مساحت است و حدود $1/46$ درصد از مساحت کشور را در بر دارد. شهرستان نکا یکی از شهرستان‌های استان مازندران است. در مختصات جغرافیایی 53 درجه و 20 دقیقه طول شرقی و 36 درجه و 40 دقیقه عرض شمالی واقع شده است. این شهرستان با وسعت تقریبی 1865 کیلومتر مربع در شرق مازندران قرار دارد. (سازمان میراث فرهنگی و گردشگری استان مازندران، ۱۳۹۳). نیروگاه شهید سلیمی نکا واقع در 25 کیلومتری شمال شهرستان نکا و در حاشیه دریای خزر با مساحت 130 هکتار و ظرفیت کلی تولید برق $2000 MW/hr$ و وظیفه تامین $4-5\%$ از کل برق تولیدی کشور را با توجه به نیاز به‌عهده دارد. نیروگاه نکا متشکل از 4 واحد بخاری 440 مگاواتی که با دو سوخت گاز و مازوت کار می‌کند و یک واحد سیکل ترکیبی 165 مگاواتی است که با سوخت گاز کار می‌کند. واحد بخاری از سال 1356 و واحد سیکل ترکیبی در سال 1386 به بهره‌برداری رسیده است. اکنون نیروگاه نکا یکی از بزرگترین واحدهای تولید برق خاورمیانه و بزرگترین واحد سیکل ترکیبی در ایران محسوب می‌شود. (سازمان حفاظت محیط زیست استان مازندران، ۱۳۹۵).

• واحدهای فعال و غیرفعال نیروگاه نکا

واحدهای صنعتی نیروگاه نکا، در سه بخش اصلی واحد بخار، واحد سیکل ترکیبی و واحد مخازن مازوت فعال هستند. علاوه بر این بخش‌های خدماتی، آموزشی، تفریحی، اقامتی نیز در داخل نیروگاه فعال هستند. انتقال گاز در نیروگاه از واحد تقلیل فشار به واحد بخار، سیکل ترکیبی و توربین انبساطی انجام می‌گیرد. منبع تامین کننده آب در واحد بخار و سیکل ترکیبی نیروگاه نکا آب شهری و آب دریای خزر است و آب خروجی در مسیرهای سرپوشیده و روباز به همراه کلر باقی مانده در آب وارد دریا می‌شود. ضایعات کف کوره از مخازن سوخت مازوت به بستر لجن خشک‌کن فرستاده می‌شوند و خروجی آن فلزات نیکل و وانادیوم هستند که عناصر بسیار با ارزشی هستند. علاوه بر این پساب حاصل از اسیدشویی و قلیاشویی بویلر، پیش‌گرم‌کن و کندانسور به استخر خنثی‌سازی فرستاده می‌شوند. واحد بخار جهت احتراق سوخت مازوت در بویلرها به اکسیژن احتیاج دارد و آلاینده‌های خروجی آن NO_x , SO_2 , CO است. آلاینده‌های حاصل از مصرف سوخت گاز در واحد سیکل ترکیبی NO_x , CO است. با گسترش شهرها بسیاری از کارخانه‌هایی که در حاشیه شهرها قرار دارند جزئی از پیکره شهر می‌شوند و آلودگی محیط‌زیستی آنها نیز به عنوان یک مسئله خودنمایی خواهد کرد. آنچه که در تغییر و تحولات سایت نیروگاه نکا حائز اهمیت است انتقال حضور سایت صنعتی به نسل بعد است. در واقع با ایجاد لایه‌های شناختی و آنالیز لایه‌ها می‌توان گام مهمی در جهت کاهش انتشار آلاینده‌ها و کاهش استفاده از منابع و انرژی برداشت. در واقع در طراحی اکوپارک صنعتی سایت تخریب نمی‌شود بلکه با ایجاد فضاهای جدید، بهبود فرآیند تولید برق، استفاده مجدد از مواد زائد و البته استفاده از عناصر و المان‌های موجود در سایت به فضا جانی دوباره می‌بخشد و کارکنان سایت علاوه بر مرور گذشته از امکانات به روز شده آن نیز استفاده می‌کنند.



شکل ۲: واحدهای فعال و غیر فعال نیروگاه نکا

• روش کار

جهت انجام مدل سازی پراکنش آلاینده ها ساعات کارکرد نیروگاه در هر ماه به تفکیک سوخت مصرفی بر حسب اطلاعات مصرف سوخت در این نیروگاه و بازده واحدها محاسبه شده است. اطلاعات ساعتی هواشناسی و فایل اطلاعات توپوگرافی منطقه مورد بررسی (فایل DEM) به عنوان ورودی به نرم افزار داده شده است. سپس نرم افزار ADMS با استفاده از اطلاعات مذکور به صورت فصلی و سالیانه میزان پراکنش SO_2 و NO_x به عنوان دو آلاینده اصلی نیروگاه نکا که در محدوده تحقیق تعریف شده است را در غالب لایه های GIS و در فاصله ۳۰ کیلومتری نیروگاه محاسبه و روی نقشه نمایش می دهد. همچنین با توجه به نتایج آنالیز دود خروجی دودکش در حداکثر بار و به تفکیک سوخت مصرفی در فصول گرم و سرد سال، دبی جرمی SO_2 و NO_x بر حسب gt/sec به دست می آید.

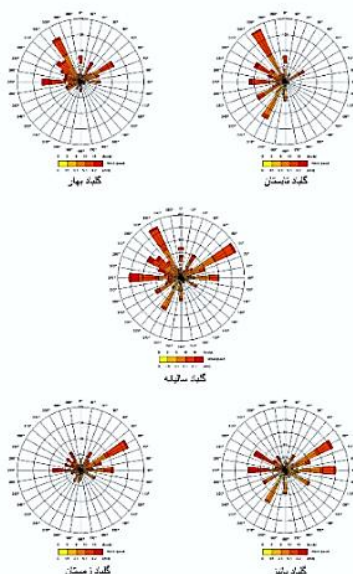
• تحلیل اطلاعات هواشناسی محل استقرار نیروگاه نکا

از اطلاعات هواشناسی ایستگاه سینوپتیک بابلسر که میانگین سی سال اخیر بوده است جهت تهیه فایل هواشناسی مورد نیاز برای مدل سازی پراکنش آلاینده های SO_2 و NO_x استفاده شده است. در این فایل اطلاعات هواشناسی به صورت ساعتی مشتمل بر سرعت باد، جهت وزش باد، دمای محیط، رطوبت محیط، درجه ابرناکی و سایر اطلاعات هواشناسی مورد نیاز مانند ساعات آفتابی، با توجه به موقعیت جغرافیایی محل که توسط نرم افزار ADMS مورد محاسبه قرار می گیرد، به عنوان ورودی طبق یک الگوی مشخص به این نرم افزار داده می شود.

جدول ۱: متوسط فاکتورهای هواشناسی و ساعت کارکرد نیروگاه نکا به تفکیک هر فصل

فصل	نوع سوخت	روزهای کارکرد واحد سیکل ترکیبی	روزهای کارکرد واحد بخاری	متوسط سرعت باد (m/Sec)	متوسط دمای محیط (C°)	متوسط درجه ابرناکی	متوسط درصد رطوبت نسبی
بهار	گاز	۲۵	۵۲	۲/۹۳	۲۰	۴/۵۱	۷۷/۹۶
	مازوت	۰	۳				
تابستان	گاز	۶۰	۸۰	۲/۴۴	۲۶/۵۴	۴/۴۱	۷۸/۷۵
	مازوت	۰	۱				
پاییز	گاز	۸۱	۳۴	۲/۴۴	۲۶/۵۴	۴/۴۱	۷۸/۷۵
	مازوت	۰	۲۶				
زمستان	گاز	۶۴	۳۴	۲/۵۷	۹/۳۱	۴/۷۶	۸۲/۸۴
	مازوت	۰	۴۱				

برحسب دوره آماری سال ۱۳۸۷ در شکل (۳) مشاهده می‌شود باد غالب سالیانه در این ایستگاه از شمال غرب به سمت جنوب شرق و غرب به شرق همچنین شمال شرق به جنوب غرب است که این پدیده موجب پراکنش بیشتر آلاینده‌ها در این جهت‌ها خواهد شد.



شکل ۳: گلباد سالیانه و فصلی در ایستگاه سینوپتیک هواشناسی بابلسر

- اطلاعات وضعیت توپوگرافی منطقه جغرافیایی محل استقرار نیروگاه نکا

اختلاف ارتفاع محل استقرار نیروگاه، نسبت به بقیه نقاط اطراف آن ۶۳ متر پایین‌تر است. نقشه محل استقرار نیروگاه در سیستم تصویر UTM در مقیاس $\frac{1}{1000000}$ زمین مرجع شده است. جهت مقایسه تأثیرگذاری ارتفاعات اطراف نیروگاه بر روی مدل پراکنش آلاینده‌های گازی از فایل DEM زمین مرجع شده در این سیستم تصویر استفاده شده است.

- مشخصات دود خروجی و میزان نشر جرمی منبع انتشار آلاینده‌های SO_2 و NO_x

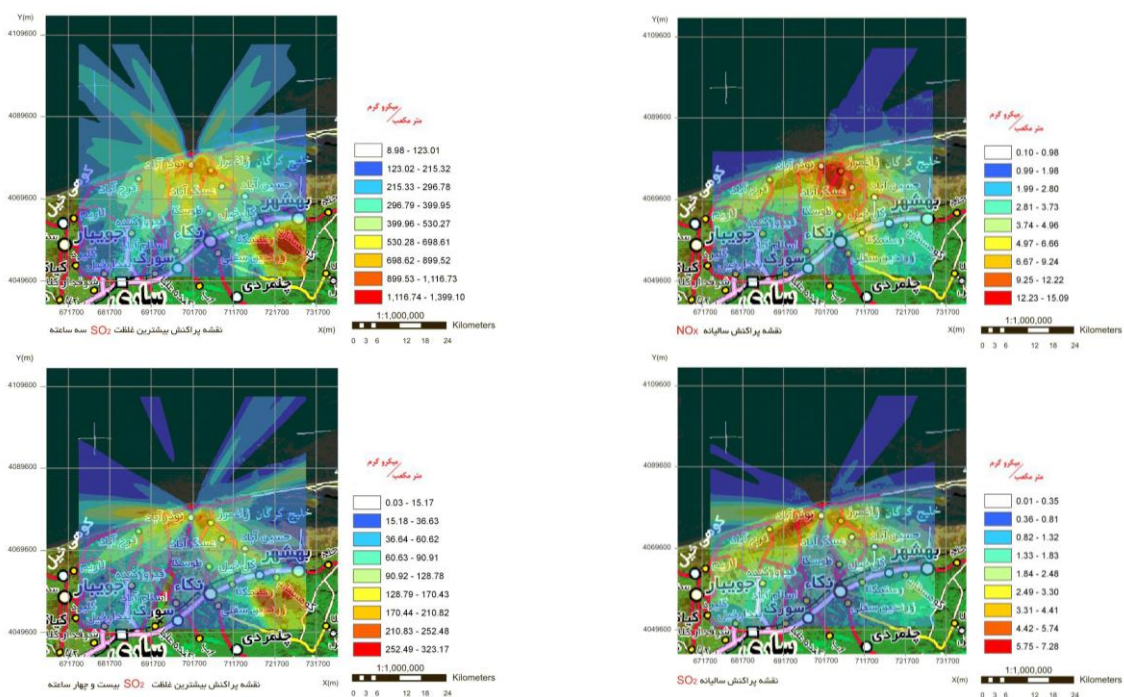
مشخصات منبع انتشار آلاینده‌های SO_2 و NO_x که جهت مدل‌سازی موردنیاز است در جدول (۲) ارائه شده است. میزان انتشار و نشر جرمی آلاینده‌های SO_2 و NO_x با توجه به سوخت مصرفی وضعیت بهره‌برداری متفاوت است.

جدول ۲: مشخصات دود خروجی و میزان نشر جرمی آلاینده‌های SO_2 و NO_x در نیروگاه نکا

نام واحد	نوع سوخت	قطر دودکش	طول دودکش	دمای خروجی (C°)	سرعت گاز خروجی از دودکش (m/Sec)	نشر جرمی SO_2 (g/Sec)	نشر جرمی NO_x (g/Sec)
سیکل ترکیبی	گاز	۵/۴	۵۰	۱۱۹/۵	۳۴/۱۶	۰	۴۷۶/۸۴
بخاری	گاز	۷/۵	۱۳۴	۱۳۵/۵	۱۳/۲۴	۰	۳۱۷۴/۴۶
	مازوت	۷/۵	۱۳۴	۱۳۷/۶	۱۵/۴۲	۶۱۹۷/۴۳	۱۵۵۶/۷

- اجرای مدل‌سازی پراکنش آلاینده‌های گازی NO_x و SO_2

جهت مدل‌سازی پراکنش آلاینده‌های نیروگاه نکا کلیه اطلاعات شامل منبع انتشار، فایل هواشناسی به صورت ساعتی و فایل DEM منطقه به‌عنوان ورودی به نرم‌افزار ADMS داده می‌شود. پس از اجرای نرم‌افزار خروجی‌های گرافیکی آن به صورت میانگین‌های فصلی و سالیانه در محیط ArcGIS روی نقشه جغرافیایی زمین مرجع شده در سیستم تصویر UTM نمایش داده می‌شود. جهت مقایسه تأثیرگذاری ارتفاعات و توپوگرافی اطراف نیروگاه بر روی مدل پراکنش آلاینده‌های گازی از فایل DEM زمین مرجع شده در این سیستم تصویر استفاده شده است. نقشه پراکنش آلاینده‌های NO_x و SO_2 به صورت سالیانه در شکل (۴) و به صورت میانگین ۳ ساعته و ۲۴ ساعته در شکل (۵) ارائه شده است.



شکل ۴: نقشه پراکنش سالیانه آلاینده SO₂ و NO_x نیروگاه نکا (غلظت آلاینده برحسب µg/m³)

شکل ۵: نقشه پراکنش بیشترین غلظت SO₂ نیروگاه نکا به صورت میانگین های ۳ ساعته و ۲۴ ساعته (غلظت آلاینده برحسب µg/m³)

علاوه بر این در جدول (۳) مقدار حداکثر غلظت NO_x و SO₂ در نیروگاه نکا به تفکیک هر فصل و به صورت سالیانه که در روی این نقشه ها مشاهده می شود، ارائه شده است.

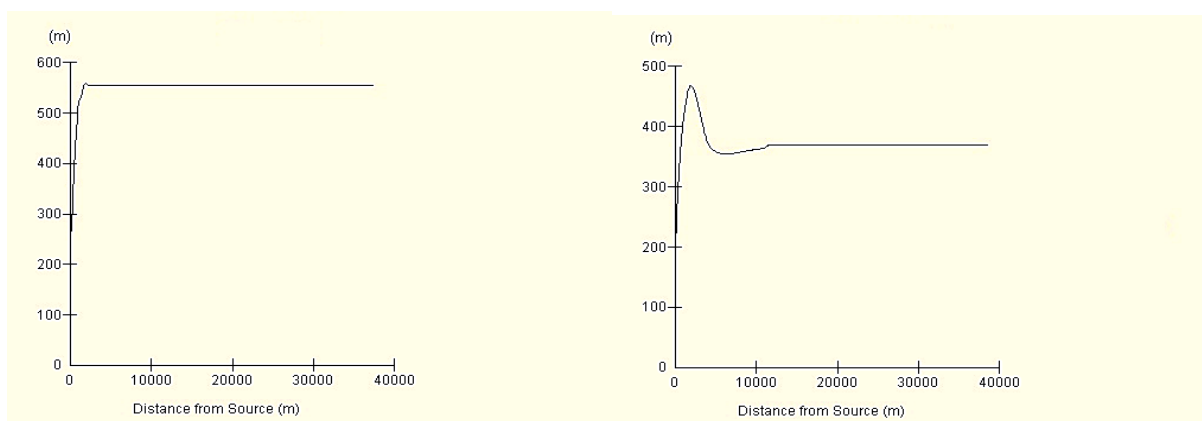
جدول ۳: حداکثر غلظت NO_x و SO₂ هر فصل و سالیانه در نیروگاه نکا بر اساس نقشه های پراکنش

فصل	حداکثر غلظت NO _x (MG/M ³)	حداکثر غلظت SO ₂ (MG/M ³)
بهار	۲۱/۰۳	۲/۷۲
تابستان	۳۸/۸۷	۱/۱۳
پاییز	۱۱/۶۷	۸/۰۹
زمستان	۱۱/۵۱	۱۶/۲۱
سالیانه	۱۵/۰۹	۷/۲۸

یافته های پژوهش

جهت تحلیل نتایج مدل سازی پراکنش آلاینده های گازی SO₂ و NO_x با نرم افزار ADMS، ابتدا نمودار خیزش دود و رفتار دود خروجی از نیروگاه و سپس نمودار میانگین غلظت برحسب فاصله از دودکش در جهت باد غالب، فواصل نزدیک شدن و برخورد دود خروجی به زمین و رفتار آن با توجه کلاس پایداری هوا به راحتی قابل بررسی است. نمودار خیزش دود خروجی از دودکش و رفتار آن در فواصل ۳۰ کیلومتری دودکش طبق معادله Holland در شکل های (۶ و ۷) ارائه می شود.

بر این اساس دو الگوی متفاوت رفتار دود خروجی دودکش نیروگاه در واحد بخار و سیکل ترکیبی مشاهده شده است. یکی در فصل بهار نیروگاه و دیگری در فصول دیگر سال الگوی یکسانی را از خود نشان داده اند. همان گونه که مشاهده می شود در واحد بخاری و سیکل ترکیبی خیزش دود در فصل بهار ۴۷۸ متر و در فاصله ۱/۸ کیلومتری دودکش است که در فاصله ۱۲ کیلومتری به ارتفاع ثابت ۳۸۰ متر از سطح زمین می رسد. در فصول دیگر سال خیزش دود ۵۶۰ متر از سطح زمین و در فاصله ۲/۵ کیلومتری دودکش است و در این فاصله در همین ارتفاع ثابت می ماند. جدول (۴) تغییرات غلظت NO_x منتشر شده در اطراف نیروگاه نکا را در جهت باد غالب با توجه به شکل های (۶ و ۷) نشان می دهد.



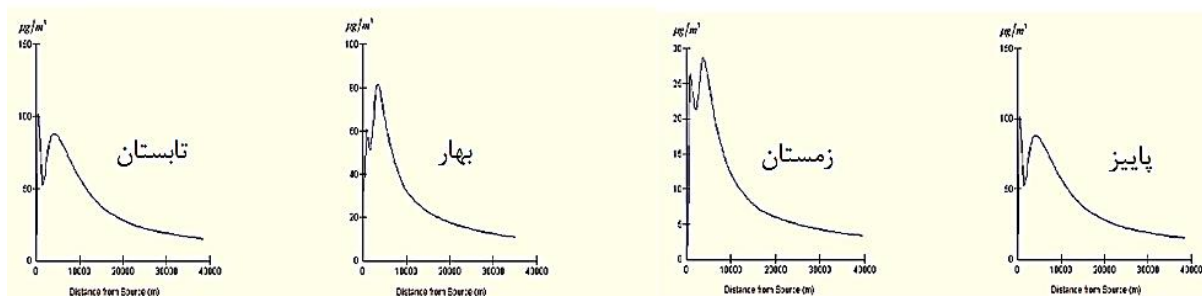
شکل ۶: نمودار خیزش دود و رفتار دود خروجی از دودکش نیروگاه نکا واحد بخاری و سیکل ترکیبی در فصل بهار
شکل ۷: نمودار خیزش دود و رفتار دود خروجی از دودکش نیروگاه نکا واحد بخاری و سیکل ترکیبی در فصول مختلف سال

همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌شود، در واحد سیکل ترکیبی میانگین غلظت گاز NOx در طول سال $77/75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ است که هیچ‌کدام از استانداردهای هوای پاک استاندارد اروپایی و WHO را رعایت نمی‌کند و در واحد بخاری میانگین غلظت گاز NOx در طول سال $304 \mu\text{g}/\text{m}^3$ است که هیچ‌کدام از استانداردهای هوای پاک استاندارد اروپایی و WHO را رعایت نمی‌کند.

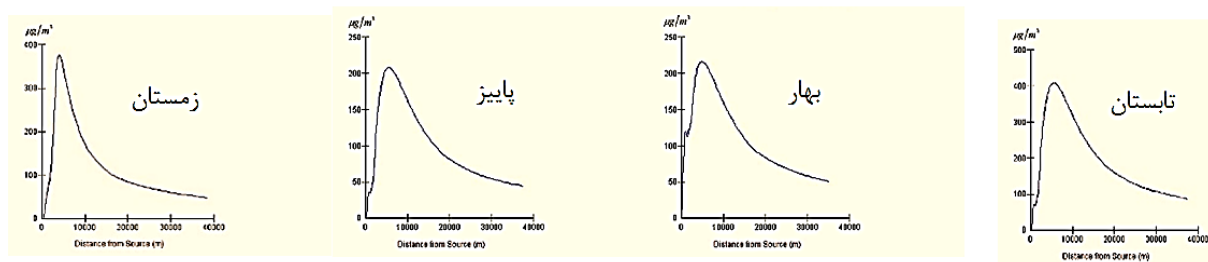
جدول ۴: تغییرات غلظت NOx منتشر شده در اطراف نیروگاه نکا در جهت باد غالب

فصل	سرعت باد غالب M/SEC	حداکثر غلظت (MG/M3)		فاصله دودکش (KM)		غلظت کاهش یافته (MG/M3)		فاصله غلظت کاهش یافته از دودکش (KM)	
		سیکل ترکیبی	بخاری	سیکل ترکیبی	بخاری	سیکل ترکیبی	بخاری	سیکل ترکیبی	بخاری
بهار	۲/۹۳	۲۸	۳۸۰	۳/۷	۴	۳/۷	۶۰	۳۲	۳۰
تابستان	۲/۴۴	۱۰۰	۴۱۰	۰/۵	۵/۶	۱۶/۲	۹۵	۳۳	۳۳/۶
پاییز	۲/۴۴	۱۰۰	۲۰۵	۰/۵	۵/۶	۱۶/۲	۵۰	۳۳	۳۴/۳
زمستان	۲/۵۷	۸۳	۲۲۰	۳/۲	۴/۶	۱۱/۵	۵۰	۳۲/۸	۳۴/۶

در شکل‌های (۸ و ۹) نمودار میانگین غلظت برحسب فاصله از دودکش در جهت باد غالب به تفکیک فصول سال ارائه شده‌اند. تغییرات غلظت آلاینده‌های NOx و SO₂ در کل سال بیانگر این موضوع است که در بعضی ساعت‌ها غلظت این آلاینده‌ها به حداکثر مقدار خود می‌رسد که به دلیل میانگین‌گیری نرم‌افزار این مقادیر در نقشه‌های پراکنش قابل رؤیت نیستند. با استفاده از نمودارهای (۸ و ۹) بررسی متوسط این مقادیر حداکثر امکان‌پذیر خواهد بود.



شکل ۸: نمودار میانگین فصلی غلظت گاز NOx بر حسب فاصله از دودکش نیروگاه نکا واحد سیکل ترکیبی در جهت باد غالب

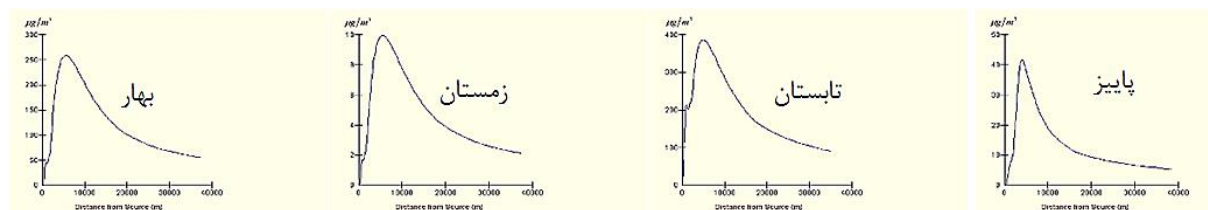


شکل ۹: نمودار میانگین فصلی غلظت گاز NOx بر حسب فاصله از دودکش نیروگاه نکا واحد بخاری در جهت باد غالب

جدول ۵: تغییرات غلظت SO₂ منتشر شده در اطراف نیروگاه نکا در جهت باد غالب

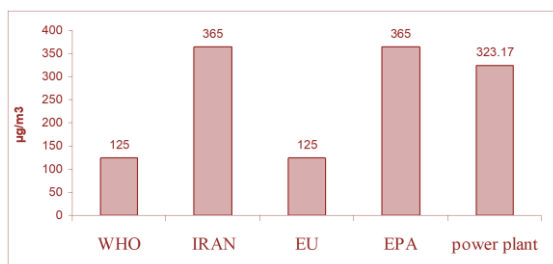
فصل	سرعت باد غالب M/SEC	حد اکثر غلظت (MG/M3)	فاصله دودکش (KM)	غلظت کاهش یافته (MG/M3)	فاصله غلظت کاهش یافته از دودکش (KM)
		سیکل ترکیبی بخاری	سیکل ترکیبی بخاری	سیکل ترکیبی بخاری	سیکل ترکیبی بخاری
بهار	۲/۹۳	-	۴۱۲	-	۳/۷
تابستان	۲/۴۴	-	۱۰	-	۵/۷
پاییز	۲/۴۴	-	۲۵۷	-	۵۶/۵
زمستان	۲/۵۷	-	۳۹۰	-	۴/۳

شکل (۱۰) حداکثر غلظت SO₂ در فصول مختلف سال در نیروگاه نکا را نشان می دهد. همان طور که مشاهده می شود، در واحد بخاری میانگین غلظت گاز SO₂ در طول سال ۲۶۷/۲۵ µg/m³ است که هیچ کدام از استانداردهای هوای پاک استاندارد اروپایی و WHO را رعایت نمی کند.

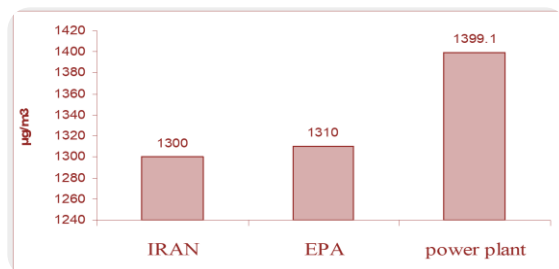


شکل ۱۰: نمودار میانگین فصلی غلظت گاز SO₂ بر حسب فاصله از دودکش نیروگاه نکا واحد بخاری در جهت باد غالب

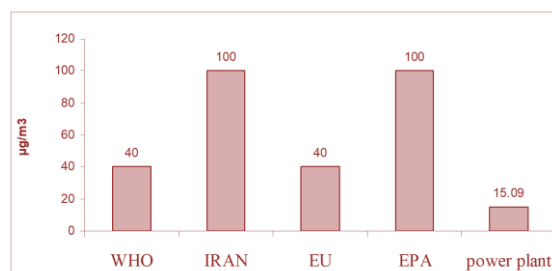
• مقایسه نتایج پراکنش آلاینده های SO₂ و NOx خروجی از نیروگاه نکا با استانداردهای ملی و بین المللی در شکل های (۱۰) تا (۱۳) بیشترین مقادیر میانگین سالیانه گازهای SO₂ و NOx با استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست ایران، EPA و استانداردهای اتحادیه اروپایی مقایسه شده است. همان طوری که در این شکل ها دیده می شود کلیه استانداردهای ملی و بین المللی هوای پاک در مقایسه با غلظت میانگین سالیانه SO₂ و NOx رعایت شده اند. ولی غلظت ۲۴ ساعته SO₂ استاندارد اتحادیه اروپایی و WHO را رعایت نکرده و غلظت ۳ ساعته SO₂ نیز استانداردهای موجود را رعایت نمی کند.



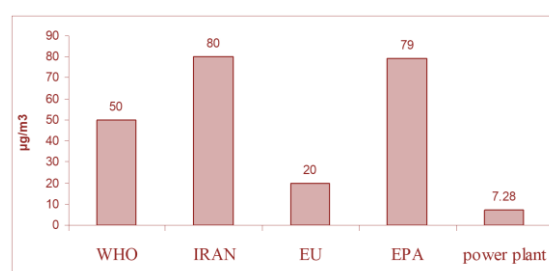
شکل ۱۱: بیشترین مقدار غلظت ۲۴ ساعته SO₂ نیروگاه نکا در مقایسه با استانداردهای ملی و بین المللی



شکل ۱۰: بیشترین مقدار غلظت ۳ ساعته SO₂ نیروگاه نکا در مقایسه با استانداردهای ملی و بین المللی



شکل ۱۳: بیشترین مقدار غلظت سالیانه NOx نیروگاه نکا در مقایسه با استانداردهای ملی و بین المللی



شکل ۱۴: غلظت میانگین سالیانه SO2 نیروگاه نکا در مقایسه با استانداردهای ملی و بین المللی

بحث و نتیجه گیری

جهت بررسی و مطالعه میزان حداکثر پراکنش آلاینده های NOx و SO2 فرض شده است که دبی جرمی هر یک از این دو آلاینده در جهت باد غالب منتشر می شود. لذا این محاسبات با توجه به متوسط فاکتورهای هواشناسی مؤثر در مدل سازی مشتمل بر سرعت باد، دمای محیط، رطوبت و درجه ابرناکی و ساعت کارکرد نیروگاه به تفکیک هر فصل انجام شده است. نتایج نشان داد که در نیروگاه نکا میانگین غلظت گاز NOx در واحد بخار 3304 µg/m³ و در واحد سیکل ترکیبی 377.75 µg/m³ و همچنین میانگین SO2 در واحد بخار 3267.25 µg/m³ در طول سال است که هیچکدام از استانداردهای WHO و استانداردهای هوای پاک اروپایی را رعایت نمی کند. بیشترین مقادیر انتشار مطابق نقشه های پراکنش آلاینده های گازی SO2 و NOx بصورت سالیانه و میانگین ۳ ساعته و ۲۴ ساعته که در منطقه جنوب شرق نیروگاه بوده است که با توجه به گلباد منطقه، این رویداد در مدل انتشار گازهای آلاینده خروجی از نیروگاه آشکار شده است. بنابراین در مدل ارائه شده، تاثیر پراکنش این آلاینده ها بر روی شهر نکا ناچیز است و بیشتر بر بخش های زاغمرز، نوروزآباد و عسگر آباد تأثیر نامطلوب دارد. طراحی اکوپارک صنعتی منجر به ساماندهی شهری به عنوان محرک توسعه به کارگرفته می شوند. ساماندهی فضاهای صنعتی و شهری به یکپارچه سازی پروژه در زمینه و بسترش وابسته است. بنابراین برای محقق شدن معیارهای اصلی اکوپارک صنعتی باید تمامی صنایع یک منطقه در این راستا طراحی محیط زیستی و بهسازی شوند تا قابل قیاس با مطالعات جهانی در این زمینه باشد. با توجه به اینکه صنایع متعدد منطقه نکا از جمله کارخانه سیمان و کارخانه چوب که به همراه نیروگاه برق به عنوان صنایع پایه در توسعه شهری شناخته می شوند، آلودگی ها و مشکلات زیست محیطی حاصل از این صنایع در منطقه، گسترش تفکر اکوپارک صنعتی را امری الزامی و اجتناب ناپذیر کرده است تا به پیوند طبیعت و پارک های صنعتی منجر شود.

منابع

- سازمان حفاظت محیط زیست استان مازندران. (۱۳۹۵). بررسی مشخصات، شرح فعالیت و ملاحظات زیست محیطی نیروگاه شهید سلیمی نکا. ۲۱ صفحه.
- سازمان میراث فرهنگی و گردشگری استان مازندران. (۱۳۹۴). موقعیت جغرافیایی و پیشینه تاریخی استان مازندران. ۶ صفحه.
- جهاد کشاورزی شهرستان نکا. (۱۳۹۵). مساحت شهرستان نکا. ۴ صفحه.
- سعیدی، م؛ کرباسی، ع؛ سهراب، ت؛ صمدی، ر. (۱۳۸۴). مدیریت زیست محیطی نیروگاه ها. وزارت نیرو- سازمان بهره وری انرژی ایران (سایا). ۳۴۸ صفحه.

- Sustainable Development Office, Environment Canada. (2010). Planning for a sustainable future: A federal sustainable development strategy for canada Environment Canada.
- Kalundborg Symbiosis. (2013, April). Kalundborg system: Evolution. Retrieved from <http://www.symbiosis.dk/da/evolution> .
- Chertow, M. (2000). Industrial symbiosis: Literature and taxonomy. Annual Review of Energy and Environment 25: 313-337.
- Cote, R. and E. Cohen-Rosenthal).1998(. Designing eco-industrial parks: A synthesis of some experiences. Journal of Cleaner Production 6(3-4): 181-188.
- Galloway D., (2011), Oakajee Industrial State Structure Plan, cartin university.
- Gnanapragam J., (2013), The city of hamiltons sustainable development through eco-industrial park, master of engineering and public policy MC Master university.

- Heeres, R., Vermeulen W. & de Walle F.)2004(. Eco-industrial park initiatives in the USA and the Netherlands. *Journal of Cleaner Production* 12 (8–10) 985–996.
- Saikku L., (2006), A Background Report for the Eco-Industrial Park Project at rantasalmi, Regional Council of EtelA-Savo 71.
- Boix, M. & Montastruc, L. & Azzaro-Pantel, C. & Domenech, S.(2014). Optimization methods applied to the design of Eco-industrial parks. *Jurnal of cleaner production* 87 (2015) 303-317.
- Chen, F., Zhu, D., 2013. Theoretical research on low-carbon city and empirical study of Shanghai. *Habitat Int.* 37, 10.
- Korhonen J.)2002(. Two paths to industrial ecology: applying the product- based and geographical approaches. *Journal of Environmental Planning and Management* 45 (1), 39–57.
- Jelinski, L. W., Graedel, T. E., Laudise, R. A., McCall, D.W. & Patel, C. K. N.)1992(. Industrial ecology: Concepts and approaches. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 89: 793–797.
- Graedel, T. and B. Allenby.)1995(. *Industrial ecology*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Garner, A., & Keoleian, G. A. (1995). *Industrial ecology: an introduction*. Ann Arbor, Michigan: National Pollution Prevention Center for Higher Education, University of Michigan.
- Erkman, S., 2001. *Industrial ecology: a new perspective on the future of the industrial system*. *Swiss Medical Weekly* 131, 531e538.
- Sakr, D., Baas, L., El-Haggag, S.,and Huisingh, D.,(2011). Critical success and limiting factors for eco-industrial parks: global trends andEgyptian context. *Journal of cleaner production* 19(2011) 1158-116.
- Park, H., Won, J., 2007. Ulsan eco-industrial park: challenges and opportunities. *Journal of Industrial Ecology* 11 (3).
- Gussow, D., Meyers, J., 1970. *Industrial Ecology*, vol. 1.
- Hoffman, C., 1971. *The Industrial Ecology of Small and Intermediate-sized Technical Companies: Implications for Regional Economic Development*. Report Prepared for the Economic Development Administration COM-74-10680. Texas University, USA.
- Watanabe, C., 1972. *Industrial-ecology: Introduction of Ecology into Industrial Policy*. Ministry of International Trade and Industry (MITI), Tokyo.
- Haskins, C. (2008). Using systems engineering to address socio-technical global changes. *NTNU*, 1, 1-19.
- Chertow, M.)2004(. Industrial symbiosis. In *Encyclopediaof energy*, edited by C. J. Cleveland. Oxford:Elsevier.
- Lowe, E.(2001). *Handbook of industrial ecology*. *Eco-industrial Park Handbook for Asian Developing Countries*. A Report to Asian Development Bank, Environment Department, Indigo Development, Oakland, CA.
- Korhonen, J; Juha-Pekka Analysing the evolution of industrial ecosystems: concepts and application *Ecological Economics* 52 (2005) pp169– 186.
- Faucheux, S; Nicola, I; Environmental technological change and governance in sustainable development policy *Ecological Economics* 27 (1998) pp. 243–256.
- Raymond, P; Smolenaars, T; Supporting pillars for industrial ecosystems *Journal of Cleaner Production* Vol. 5 (1997) No. 1-2, pp. 61-1.



بررسی تأثیر عملکرد نگهداری و تعمیرات بر شاخص های HSE (مطالعه موردی: گروه صنعتی چاپ ایران زمین)

احسان مقدم^{۱*}، رضا غلام نیا^۲، زهرا عابدی^۳

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، مدیریت HSE، دانشگاه علوم و تحقیقات، تهران، ایران
- ۲- دانشیار، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
- ۳- استادیار، گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

چکیده

پژوهش حاضر با هدف تأثیر عملکرد نگهداری و تعمیرات بر شاخص های HSE در گروه صنعتی چاپ ایران زمین صورت گرفته است. بنابراین در ابتدا ابعاد و گویه های عملکرد تعمیر و نگهداری و HSE شناسائی شده و سپس روابط بین متغیرهای شناسائی شده ارائه شده است. برای گردآوری داده های مربوط به سنجش متغیرهای تحقیق از یک پرسشنامه محقق ساخته استفاده شده است، که در مجموع شامل ۲ سازه، ۱۰ بعد و ۵۴ سوال است. برای بررسی روایی پرسشنامه از روش اعتبار محتوا و روایی سازه استفاده شده است. برای محاسبه پایایی از ضریب آلفای کرونباخ استفاده شد و پایایی برابر ۰/۸۶۱ به دست آمد که پایایی پرسشنامه بسیار مطلوب ارزیابی شده است. جامعه آماری این تحقیق شامل کارکنان و کارشناسان گروه صنعتی چاپ ایران زمین است. پس از اطمینان از روایی و پایایی مقیاس های طراحی شده براساس محاسبات انجام شده، پرسشنامه ها در نمونه ای به حجم ۱۰۸ نفر توزیع شد. برای تجزیه و تحلیل داده های گردآوری شده و تعیین روابط بین متغیرها نیز از مدل معادلات ساختاری بهره گرفته شده است. همچنین تجزیه و تحلیل داده های به دست آمده با استفاده از نرم افزار آماری SPSS و لیزرل صورت گرفته است. طبق تجزیه و تحلیل های صورت گرفته عملکرد تعمیر و نگهداری بر سازه و ابعاد ایمنی، بهداشت و محیط زیست در گروه صنعتی چاپ ایران زمین تأثیر معنادار دارد.

کلید واژه ها: عملکرد نگهداری و تعمیرات، HSE، مدل معادلات ساختاری



Investigation of the effect of repair and maintenance performance on the HSE indexes (Case study: Iran Zamin Printing Industrial Group)

Ehsan Moghadam^{1*}, Reza Gholamnia², Zahra Abedi³

1- MSc Student of HSE Management, University of Science and Research, Tehran, Iran

2- Associate Professor, Faculty of Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

3- Assistant Professor, Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, University of Science and Research, Tehran, Iran

Abstract

The aim of this study was to investigate the effect of maintenance performance on HSE indexes in Iran Zamin Printing Industrial Group. Therefore, at first the dimensions of maintenance and performance and HSE indexes were identified and then the relationships between the identified variables were presented. A researcher-made questionnaire was used to collect data related to the measurement of the research variables, which included a total of 2 structures, 10 dimensions and 54 questions. To investigate the validity of the questionnaire, the content validation method and the structural validity method were used. Cronbach's alpha coefficient was used for reliability calculation and the reliability was equal to 0.861, which the reliability of the questionnaire has been evaluated as very desirable. The statistical population of this study includes employees and experts of Iran Zamin Printing Industrial Group. After confirming the validity and reliability of the designed scales based on the calculations performed, the questionnaires were distributed in a sample of 108 people. Structural equation modeling has been used to analyze the collected data and determine the relationships between the variables. Also, the obtained data were analyzed using SPSS and LISREL statistical software. According to the analysis of the research hypotheses: Repair and maintenance performance has a significant effect on the structure and dimensions of safety, health and environment in Iran Zamin Printing Industrial Group.

Keywords: Maintenance and repair performance, Safety, Health and Environment (HSE), Structural Equation Model (SEM)

* Corresponding author E-mail address: ehsan.moghadam67@gmail.com

مقدمه

امروزه HSE در کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه به امری مهم بدل شده است که تأثیر بسزایی بر بهره‌وری دارد. بنابراین بهبود مداوم در عملکرد HSE، از اهداف سازمان‌های موفق است (زندیه، ۱۳۹۰). یکی از آثار سوء صنعتی شدن افزایش روزافزون تعداد حوادث شغلی است (هودن و همکاران^۱، ۲۰۱۰). سالانه حدود ۱۲۰ میلیون حادثه شغلی در سراسر دنیا رخ می‌دهد و بیش از ۲ میلیون کارگر دچار معلولیت می‌شوند. هر سال حدود ۱۷۰ میلیون روز کاری در سراسر جهان به خاطر حوادث ناشی از کار تلف می‌شوند و در هر ثانیه حداقل چهار نفر مجروح می‌شوند (محمود اقدم، ۲۰۱۳). حوادث شغلی علاوه بر تحمیل خسارات انسانی، هزینه‌های اقتصادی زیادی را نیز سبب می‌شوند. بر همین اساس سازمان بهداشت جهانی این مسئله را به‌عنوان یک اپیدمی در حوزه HSE تلقی می‌کند (زوهار^۲، ۲۰۱۰). تمام دستگاه‌ها دارای عمر محدود هستند. زیرا از مجموعه‌ای از اجزای الکتریکی و مکانیکی، تشکیل شده‌اند که هر لحظه امکان خرابی آن‌ها و در نتیجه از کار افتادگی دستگاه یا حتی کل سیستم وجود دارد (شهانقی و همکاران، ۱۳۹۰). ترکیب تمامی اقدامات فنی، اجرایی و مدیریتی در طول چرخه عمر تجهیز که هدفش نگهداری یا بازایی تجهیز به وضعیتی است که آن تجهیز بتواند کارکردی مطابق انتظار داشته باشد (آسمانی، ۱۳۹۶). نگهداری و تعمیرات یکی از مفاهیم اساسی در سازمان‌های پیشرفته و در حال حرکت به سمت کلاس جهانی است که از جایگاه ویژه‌ای در سطح مدیران به‌ویژه مدیران ارشد و کارکنان سازمان برخوردار است (ایران‌زاده و تقی‌پور، ۱۳۹۶). نگهداری و تعمیرات عبارت است از ترکیبی از فعالیتهای فنی، مدیریتی و اجرایی در طول عمر وسیله، برای حفظ یا برگشتن به وضعیت مطلوب (شیخ‌علیشاهی و آزاده، ۱۳۹۴).

رشد روزافزون صنعت و به تبع آن پیچیدگی فرآیند تولید، زمینه را برای تکامل دانش نگهداری و تعمیرات فراهم ساخت که درصد زیادی از هزینه به نسبت هزینه‌ی تولید را برای سازمان در بردارد (تقی‌پور و آوخ داستانی، ۱۳۹۸). اهمیت مقوله نگهداری و تعمیرات از آنجاست که مدیریت کارآمد آن می‌تواند در تداوم خطوط تولید و کاهش هزینه‌ها بسیار موثر باشد (شاکری و همکاران، ۱۳۹۸).

برای جلوگیری از تأثیرات منفی خرابی‌های غیرمنتظره، نیاز به انتخاب روش مناسب تعمیرات و نگهداری برای تأسیسات و دارایی‌ها در صنایع مختلف است (شفیعی، ۲۰۱۵). تغییرات ایجاد شده برای بالا بردن کارایی ماشین‌آلات و بالا بردن ایمنی کارکنان شامل رشد سریع آگاهی درباره وسعت تأثیر خرابی تجهیزات بر HSE و افزایش آگاهی درباره کیفیت محصول و تعمیر و نگهداری است (جان موبری؛ ترجمه: زواشکیانی و آزادگان، ۱۳۹۱). بررسی مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که ارتباط نزدیکی بین تعمیر و نگهداری (نت) و بروز حوادث عمده و بزرگ وجود دارد (آزاده و همکاران، ۲۰۰۷). در همین راستا در مطالعات مختلف مواردی نظیر افزایش عملکرد دستگاه و کاهش نظارت مستمر بر وضعیت دستگاه به واسطه استفاده از تجهیزات ایمنی و همچنین افزایش ایمنی کاربر و محیط را از مزایای طراحی و پیاده‌سازی برنامه تعمیر و نگهداری ذکر کرده‌اند (محمدمفام و همکاران، ۱۳۹۶). با توجه به مطالب یاد شده انتخاب و تدوین استراتژی‌های مناسب تعمیر و نگهداری می‌تواند به عنوان یک رویکرد پیشگیرانه مناسب برای کاهش میزان بروز و شدت حوادث و ارتقای سطح HSE محسوب شود (فضل‌الله و همکاران، ۱۳۹۳).

امروزه هر سازمانی برای ادامه حیات و توسعه خود به داشتن نیروی انسانی سالم و کارآمد و به‌کارگیری به‌جا و شایسته از این سرمایه نیازمند است و تحقق این امر تنها با اجرای برنامه‌هایی در قالب مدیریت ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست امکان‌پذیر است (پاک‌جو و همکاران، ۱۳۹۵). سازمان‌های مختلف چون مراکز بهداشتی و درمانی هر ساله با میلیاردها دلار خسارات انسانی، تجهیزاتی و حیثیتی به علت حوادث و بیماری‌های ناشی از کار و رفع آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از فعالیت‌های خود مواجه هستند. این خسارات از موانع مهم توسعه محسوب می‌شوند و لذا منطقی است که مدیریت بر جنبه‌های ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست نیز مدنظر قرار گیرند (عباسپور و همکاران، ۱۳۸۸).

امروزه شرکت‌ها پذیرفته‌اند که سیستم نگهداری و تعمیرات نقش مهمی در دستیابی به اهداف سازمانی و بهبود شاخص‌های قابلیت اطمینان، کاهش زمان توقف تجهیزات، کیفیت تولیدات، افزایش بهره‌وری، ایمنی تجهیزات و غیره ایفا می‌کند (شفیعی نیک‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۴). معمولاً تجهیزات بر اساس فرآیند زوال تدریجی با الگوی تصادفی دچار خرابی می‌شوند. علاوه بر آن ممکن است عوامل اغتشاش محیطی مانند دما، رطوبت، فشار و نظایر آن با تغییرات غیرقابل کنترل مواجه شده و الگوهای خرابی را تغییر و یا تسریع کنند. از آنجائی که تخمین باقیمانده طول عمر تجهیز اهمیت بسیاری در موثر بودن برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات پیش‌بینانه دارد و این برآورد متکی بر شناسائی الگوهای تسریع شده خرابی می‌بایست انجام شود (دیوسالار و رئیسی، ۱۳۹۵).

¹ Hovden et al.

² Zohar

برنامه‌ریزی فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات، به خصوص برای سازمان‌ها و صنایع بزرگ اهمیت زیادی دارد. چنانچه ملاحظات ایمنی و اقتصادی را به‌طور هم‌زمان در نظر بگیریم، اهمیت مسئله را از دیدگاه مدل‌سازان و مدیران بیشتر می‌سازد (شیخ‌علی‌شاهی و آزاده، ۱۳۹۴). جایگزینی ماشین به جای انسان و اتوماسیون و هوشمند نمودن ماشین‌آلات در دنیای امروزه موجب شد که آماده به کار بودن ماشین‌آلات در زنجیره ارائه خدمات به‌طور کامل توجه شود. نظر به این که نگهداری و تعمیرات یکی از ارکان مهم و اصلی بهره‌وری است لذا می‌توان به آن به‌عنوان یک فرهنگ که سعی در بهبود شرایط موجود دارد نگاه کرد. فرهنگی که به نیروی انسانی می‌آموزد چه جیتی را انتخاب کند و چه مسیری را بپیماید تا بهترین و بیشترین بازدهی حاصل شود. با توجه به این که طرح لزوم بهبود و اداره نظام‌های متشکل از انسان، تاسیسات، ماشین‌آلات تجهیزات، معابر، ابنیه و مواد جهت ایجاد بهره‌برداری بهتر، افزایش عمر مفید تجهیزات، کارایی نظام و نیز به‌کارگیری مطلوب منابع اعم از بودجه، پرسنل و غیره مستلزم وجود یک نظام مناسب برنامه‌ریزی، تجزیه و تحلیل، کنترل و اعمال روش‌های صحیح مدیریت است لذا تدوین یک نظام نگهداری و تعمیرات موثر و پویا از اهمیت به‌سزایی برخوردار بوده و اجتناب‌ناپذیر است (ایزدی‌خواه و گرشاسبی، ۱۳۹۸). اهمیت مقوله نگهداری و تعمیرات از آنجاست که مدیریت کارآمد آن می‌تواند در تداوم خطوط تولید و کاهش هزینه‌ها بسیار موثر باشد (شاکری کناری و همکاران، ۱۳۹۸).

نگهداری و تعمیرات بخش اجتناب‌ناپذیر و ضروری برای فعالیت‌های هر واحد تولیدی است که می‌تواند از طریق روش‌های پیشگیرانه و یا واکنشی در پیشگیری و یا کنترل آسیب‌های ایمنی ناشی از فرسودگی و یا کاهش کارایی تجهیزات مؤثر باشد (آسمانی، ۱۳۹۶). تعمیر و نگهداری به موقع و صحیح تجهیزات فعال در گروه صنعتی چاپ ایران زمین منجر به شناسایی و رفع به موقع نقص‌های احتمالی موجود خواهد شد که در این تحقیق سعی بر آن است تا تأثیرات عملکرد نگهداری و تعمیرات بر روند HSE این شرکت مورد بررسی قرار گیرد. بنابراین این تحقیق بر آن شده است که تأثیر عملکرد تعمیرات و نگهداری را بر HSE و هر یک از ابعاد آن بررسی نماید.

مطالعاتی با موضوع مشابه انجام شده است که از آن تعداد می‌توان به این موارد اشاره کرد؛ ایزدی‌خواه و گرشاسبی (۱۳۹۸) به این نتیجه رسیدند که خصیصه‌های عمر دستگاه، نام ماشین و مدت زمان تا آخرین خرابی به‌عنوان مهمترین خصیصه‌ها در نظر گرفته شده‌اند. بر این اساس عمر دستگاه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بابایی مراد و همکاران (۱۳۹۸) یک مدل ریاضی و یک رویکرد عددی برای به‌دست آوردن هم‌زمان مقادیر بهینه متغیرها استفاده کردند که به‌طور متوسط هزینه کل را به حداقل برساند و محدودیت دسترسی را برآورده کند و در مدل ارائه شده هزینه کل و متغیرهای تصمیم نسبت به هزینه موجودی حساس بوده ولی سناریوی محتمل نسبت به آن حساسیت کمی دارد. اسکندرزاده و ترکمان (۱۳۹۸) با بهره‌گیری از علم پایش وضعیت که در گذشته به واسطه نبود ابزار تحلیلی مناسب مورد استفاده قرار نمی‌گرفت، عنوان کردند. در واقع با تلفیق مراقبت وضعیت، تحلیل اطلاعات اسکادا و پردازش سیگنال یک روش جدید ارائه دادند که به‌واسطه‌ی پایش تمامی اجزا مکانیکی و الکتریکی هزینه‌های نگهداری و تعمیرات کاهش می‌یابد. شرافت و همکاران (۱۳۹۸) مدلی با چهار مقوله اصلی شامل؛ بازرسی، سرویس و نگهداری، خرابی مزمن، خرابی حاد و نحوه ارتباط آن‌ها طراحی کردند و از طریق نرم‌افزار FCMapper میزان تأثیر هر یک از شرایط علی، میانجی، راهبردی و پیامد بر یکدیگر و روش‌های گوناگون دستیابی به پیامد در هر یک از مقوله‌های بازرسی، سرویس و نگهداری، خرابی مزمن و خرابی حاد بررسی و در قالب سناریو ارائه دادند. واقف کودهی و همکاران (۱۳۹۸)، به کمک فضای فازی جهت رویکرد جدید مدیریتی تصمیم برتر معین کردند. بر اساس این تحقیقات منطبق با مدل فازی-انتخابی، «تجزیه و تحلیل آماری اطلاعات ثبت شده از تجهیزات اولویت‌بندی شده»، با کسب نمره ۰/۴۸۹۷ در ستون اهمیت راهکارها، بهترین رویکرد روشک جهت اعمال مدیریت صحیح در روند تعمیرات و نگهداری تجهیزات موجود در صنعت توزیع برق معرفی کردند. شاکری و همکاران (۱۳۹۸) به این نتیجه رسیدند که دستگاه "ژنراتور" به عنوان دستگاه اصلی تولید برق در نیروگاه، با شاخص اولویت ریسک در بعد چهارم نمودار RPN-TI می‌گیرد.

وانزا و موهاوا^۱ (۲۰۱۷)، دریافتند حوادث مرتبط با تعمیر و نگهداری به‌دلیل اشتباهات، نقص فنی و استفاده نادرست از دستگاه‌ها رخ می‌داد. لذا ایشان بر اساس یافته‌ها و بررسی ادبیات گذشته، چارچوبی برای بهبود ایمنی حین عملیات تعمیر و نگهداری ارائه دادند. فلگ^۲ (۲۰۱۷)، بیان کردند بهینه سازی تعمیر و نگهداری، پتانسیل حوادث و درصد عدم اطمینان و عدم شناخت عوامل مؤثر بر خطر را کاهش می‌دهد. صیتی و همکاران^۳ (۲۰۱۷) یک مدل پیشنهادی برای رتبه بندی حالات خرابی در حالت فازی با استفاده از روش طراحی بدیهی در صنعت اتومبیل ارائه دادند. ایگراوه و اکی^۴ (۲۰۱۷) از روش ترکیبی طراحی بدیهی فازی و تاپسیس فازی برای انتخاب استراتژی

¹ Mwanza & Mbohwa

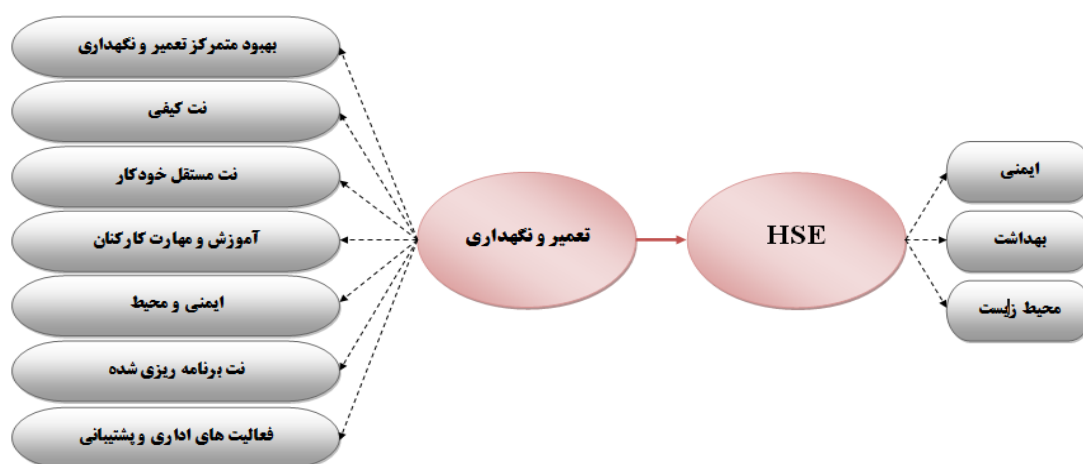
² Flage

³ Seiti et al.

⁴ Ighravwe & Oke

نگهداری و تعمیرات پایدار در شرکت سیمان استفاده کردند. در این مقاله برای وزن‌دهی معیارها از روش وزن‌دهی آنتروپی فازی استفاده شده است. اوزکان و همکاران^۱ (۲۰۱۷) ابتدا با استفاده از روش ترکیبی تاپسیس تحلیل سلسله مراتبی - مهمترین تجهیزات انتخاب شدند و سپس برای تعیین مناسب‌ترین استراتژی نگهداری و تعمیرات برای بحرانی‌ترین تجهیزات الکتریکی در نیروگاه برق آبی از روش ترکیبی تحلیل سلسله مراتبی برنامه‌ریزی آرمانی استفاده کردند.

مدل مفهومی تحقیق در قالب شکل ۱ ارائه شده است، طبق مدل ارائه شده، در این تحقیق تعمیر و نگهداری به‌عنوان متغیر مستقل بوده و بر اساس تحقیقات آقای (۱۳۹۱)، شامل ابعاد بهبود متمرکز تعمیر و نگهداری، نت کیفی، نت مستقل خودکار، آموزش و مهارت کارکنان، ایمنی و محیط، نت برنامه‌ریزی شده، فعالیت‌های اداری و پشتیبانی است. همچنین HSE به‌عنوان متغیر وابسته مورد بررسی قرار می‌گیرد و دارای ابعاد ایمنی، بهداشت و محیط زیست است.



شکل ۱- مدل مفهومی تحقیق. منبع (آقای، ۱۳۹۱)

بر این اساس فرضیه‌ی تحقیق بدین صورت است که عملکرد تعمیر و نگهداری بر HSE و ابعاد آن ایمنی، بهداشت و محیط زیست در گروه صنعتی چاپ ایران زمین تأثیر معنادار دارد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از نظر هدف در حیطه تحقیقات کاربردی است و با توجه به اینکه در این پژوهش از روش‌های مطالعه کتابخانه‌ای و نیز روش‌های میدانی نظیر پرسشنامه نیز استفاده می‌شود، می‌توان بیان کرد که پژوهش حاضر بر اساس ماهیت و روش، یک پژوهش توصیفی-پیمایشی است. به‌منظور جمع‌آوری اطلاعات موردنیاز در این تحقیق در زمینه ادبیات پژوهش و مبانی نظری از مطالعه و اطلاعات کتابخانه‌ای گروه صنعتی چاپ ایران زمین‌ای و برای جمع‌آوری داده‌های میدانی از پرسشنامه استفاده می‌شود. جامعه آماری در این تحقیق کلیه کارکنان و کارشناسان گروه صنعتی چاپ ایران زمین هستند. برای تعیین حجم نمونه آماری این پژوهش و تحقیق از فرمول کوکران استفاده شده است، که با مدنظر قرار دادن اینکه جامعه آماری برابر ۱۵۰ نفر است حجم نمونه ۱۰۸ نفر به‌دست می‌آید که پرسشنامه میان این تعداد توزیع می‌شود. در این پژوهش برای جمع‌آوری داده‌های پژوهش از ابزار پرسشنامه^۲ استفاده شد.

در این پژوهش برای بررسی روایی پرسشنامه از روش روایی صوری و محتوایی استفاده شد. بدین صورت که پرسشنامه به تعدادی از صاحب‌نظران و اساتید مدیریت داده شده و از آن‌ها در مورد پرسش‌ها و ارزیابی فرضیه‌ها نظرخواهی شد که به اتفاق پرسشنامه را تأیید کردند. همچنین برای تأیید پرسشنامه از تحلیل عاملی تأییدی استفاده شده است. همچنین برای بررسی پایایی پرسشنامه از ضریب آلفای کرونباخ استفاده شده است. ضریب آلفای کرونباخ محاسبه شده در این پژوهش، در یک مطالعه مقدماتی با توزیع ۳۰ پرسشنامه، برای کلیه سوالات پرسشنامه برابر ۰/۸۶۱ محاسبه شده است. بنابراین پایایی پرسشنامه بسیار مطلوب ارزیابی شده است.

^۱ Özcanan et al.

^۲ Questionire

جدول ۱- پرسشنامه تحقیق

منبع	سؤالات	بعد	سازه
آقایی و همکاران (۱۳۹۱)	سؤالات ۱ تا ۴	بهبود متمرکز تعمیر و نگهداری	تعمیر و نگهداری
	سؤالات ۵ تا ۷	نت کیفی	
	سؤالات ۸ تا ۱۰	نت مستقل خودکار	
	سؤالات ۱۱ تا ۱۵	آموزش و مهارت کارکنان	
	سؤالات ۱۶ تا ۱۷	ایمنی و محیط	
	سؤالات ۱۹ تا ۲۶	نت برنامه‌ریزی شده	
	سؤالات ۲۷ تا ۳۷	فعالیت‌های اداری و پشتیبانی	
وثوقی و همکاران (۱۳۹۴)	سؤالات ۳۸ تا ۴۷	ایمنی	HSE
جعفرنیا و همکاران (۱۳۹۶)	سؤالات ۴۸ تا ۵۰		
وثوقی و همکاران (۱۳۹۴) و پوراصغر سنگاچین (۱۳۹۴) و پائوریتسچ ^۱ (۲۰۱۴)	سؤالات ۵۱ تا ۵۸	بهداشت	
	سؤالات ۵۹ تا ۶۶	محیط زیست	

روش‌های آماری مورد استفاده در این پژوهش را می‌توان به دو دسته روش‌های آماری استنباطی و روش‌های آماری توصیفی تقسیم کرد. تجزیه و تحلیل داده‌های به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS و LISREL صورت گرفته است. همچنین برای بررسی وضعیت روایی پرسشنامه از تحلیل عاملی تأییدی و بررسی فرضیات تحقیق از مدل معادلات ساختاری استفاده شده است.

یافته‌های پژوهش

جدول ۲ شامل آمار توصیفی برای همه متغیرهای به‌کار رفته در تحقیق نمایش داده شده است.

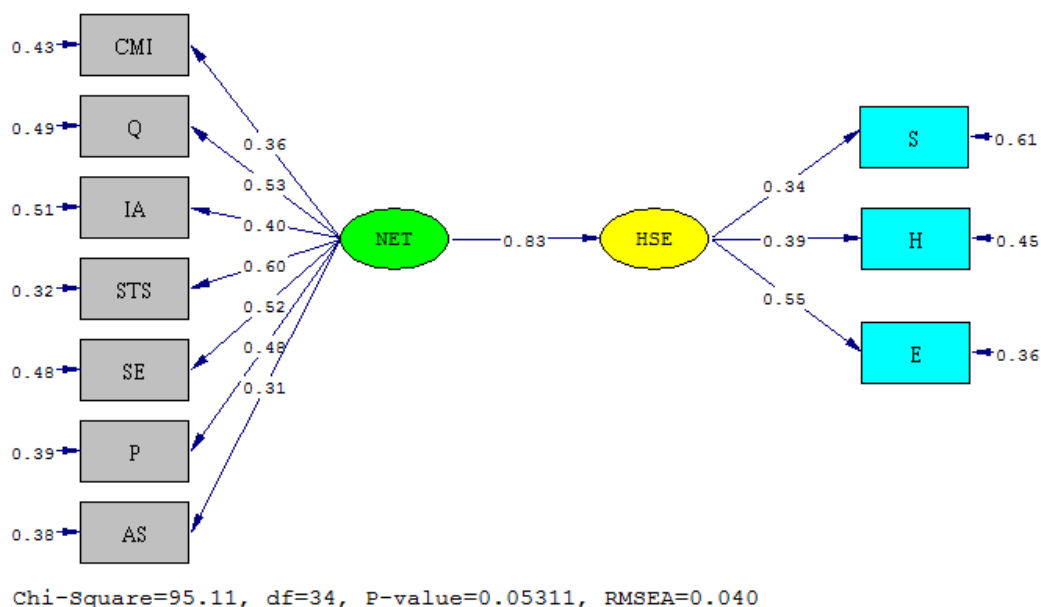
جدول ۲- آمار توصیفی متغیرهای تحقیق

متغیر	نماد	میانگین	انحراف معیار	واریانس	چولگی	کشدگی	مقدار کولموگوروف-اسمیرنوف	وضعیت
بهبود متمرکز تعمیر و نگهداری	CMI	۳/۶۵۵	۰/۵۹۸	۰/۳۵۷	-۰/۲۷۹	۰/۲۲۸	۰/۱۰۷	نرمال
نت کیفی	Q	۳/۶۵۴	۰/۷۵۳	۰/۵۶۷	-۰/۸۲۶	۱/۲۹۳	۰/۱۴۵	نرمال
نت مستقل خودکار	IA	۳/۵۶۲	۰/۶۸۸	۰/۴۷۳	-۰/۰۶۸	۰/۰۳۶	۰/۱۱۵	نرمال
آموزش و مهارت کارکنان	STS	۳/۵۸۳	۰/۶۹۰	۰/۴۷۶	۰/۰۲۲	-۰/۶۰۴	۰/۰۷۴	نرمال
ایمنی و محیط	SE	۳/۷۱۹	۰/۷۴۲	۰/۵۵۱	-۰/۱۱۹	-۰/۷۲۴	۰/۱۳۸	نرمال
نت برنامه‌ریزی شده	P	۳/۵۸۱	۰/۶۴۸	۰/۴۲۰	-۰/۱۴۴	-۰/۴۳۵	۰/۰۵۶	نرمال
فعالیت‌های اداری و پشتیبانی	AS	۳/۷۴۷	۰/۵۲۴	۰/۲۷۴	-۰/۰۱۹	۰/۰۲۵	۰/۰۶۷	نرمال
تعمیر و نگهداری	NET	۳/۶۵۴	۰/۴۷۸	۰/۲۲۸	۰/۱۱۵	-۰/۶۴۰	۰/۰۸۹	نرمال
ایمنی	S	۳/۳۹۲	۰/۶۴۸	۰/۴۲۰	۰/۰۹۰	-۰/۵۱۷	۰/۰۶۳	نرمال
بهداشت	H	۳/۶۶۲	۰/۵۴۷	۰/۲۹۹	-۰/۱۰۸	۰/۷۹۵	۰/۰۶۶	نرمال
محیط زیست	E	۳/۶۶۸	۰/۵۹۸	۰/۳۵۸	-۰/۰۱۸	-۰/۷۰۵	۰/۰۷۶	نرمال
HSE	HSE	۳/۵۴۳	۰/۵۱۷	۰/۲۶۸	۰/۲۳۰	-۰/۴۱۸	۰/۰۹۶	نرمال

جدول ۱ نشان می‌دهد میانگین تمامی مولفه‌ها بالاتر از عدد ۳ است و از آنجایی که در طیف ۵ گزینه‌ای که انتخاب شده میانگین بالاتر از ۳ نشان‌دهنده موافق بودن وضعیت آن متغیر در جامعه آماری است. بعد از تجزیه و تحلیل توصیفی داده‌ها، به تحلیل استنباطی داده‌ها پرداخته می‌شود. در تجزیه تحلیل استنباطی، فرضیه‌های تحقیق مورد ارزیابی و آزمون قرار می‌گیرند. در این قسمت برای مدل اندازه‌گیری

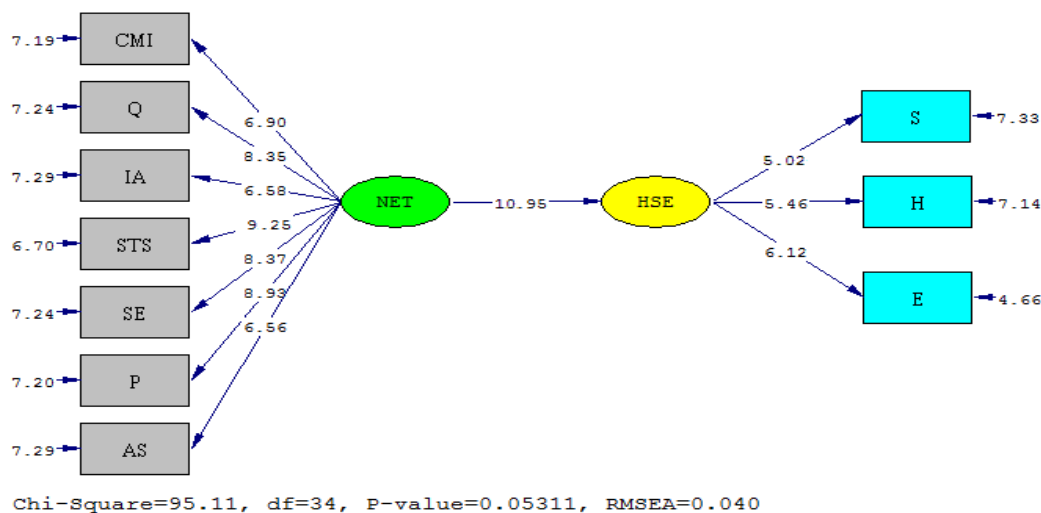
^۱ Pauritsch

ارتباط بین متغیرهای تحقیق از مدل معادلات ساختاری^۱ یا SEM استفاده شد (حافظی کن کت و قدمی، ۱۳۹۰ و محسنین و اسفیدانی، ۱۳۹۳). مدل معادلات ساختاری نهایی برای سنجش رابطه سازه‌های اصلی تحقیق استفاده شده است. مدل نهایی در شکل ۲ ارائه شده است. این مدل با اقتباس از برون‌داد نرم‌افزار لیزرل ترسیم شده است.



شکل ۲- نتایج تأیید مدل نهایی ارتباط بین متغیرهای تحقیق بر اساس فرضیه اصلی تحقیق

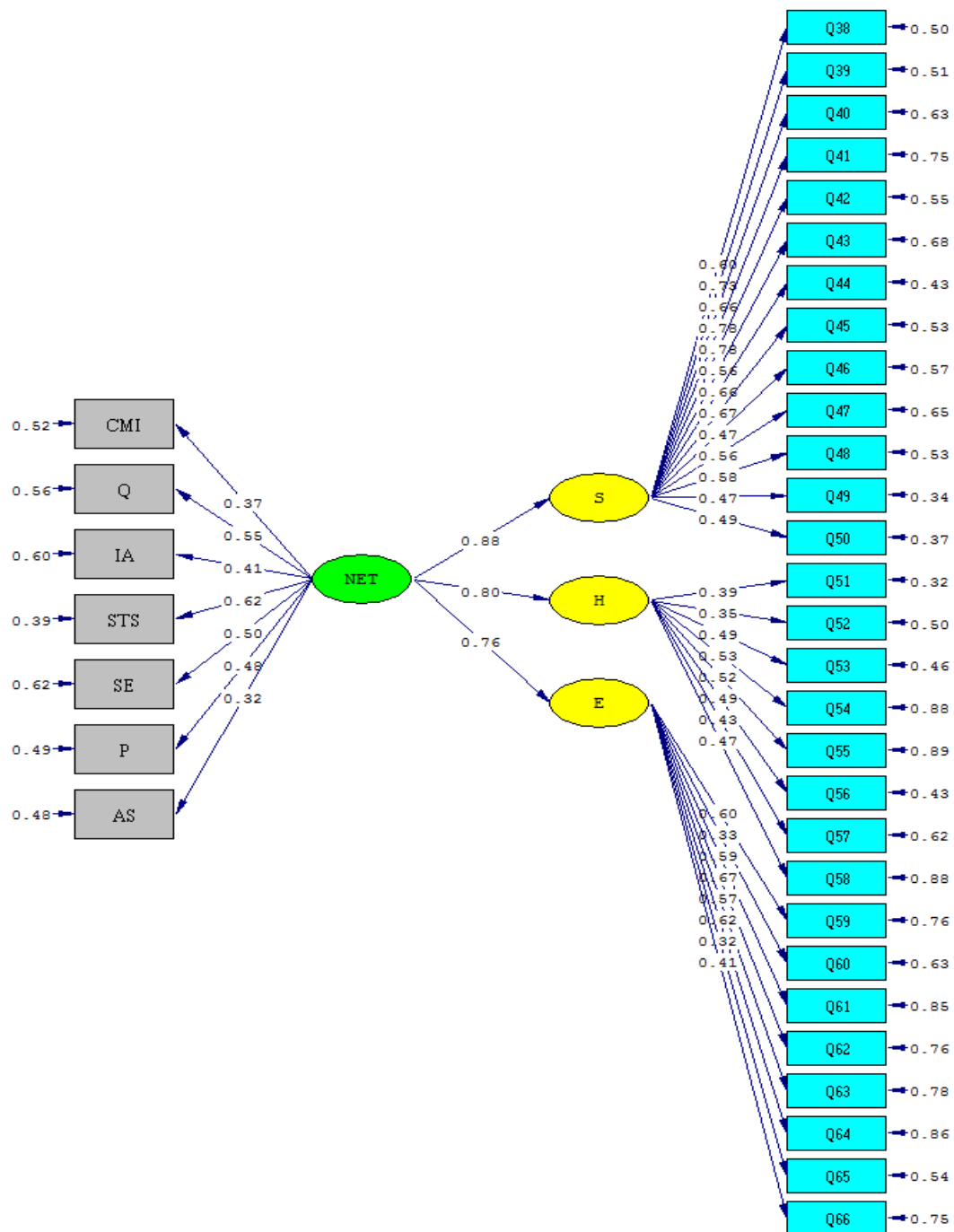
نتایج حاصل از سنجش معناداری داده‌های مدل نیز در شکل ۳ ارائه شده است.



شکل ۳- آماره t-نتایج تأیید مدل نهایی ارتباط بین متغیرهای تحقیق بر اساس فرضیه اصلی تحقیق

تأثیر معنادار عملکرد تعمیر و نگهداری بر HSE در گروه صنعتی چاپ ایران زمین بر اساس شکل‌های ۲ و ۳ قدرت رابطه میان عملکرد تعمیر و نگهداری و HSE در گروه صنعتی چاپ ایران زمین برابر ۰/۸۳ و آماره t آزمون نیز ۱۰/۹۵ به دست آمد. بنابراین فرضیه فوق تأیید می‌شود.

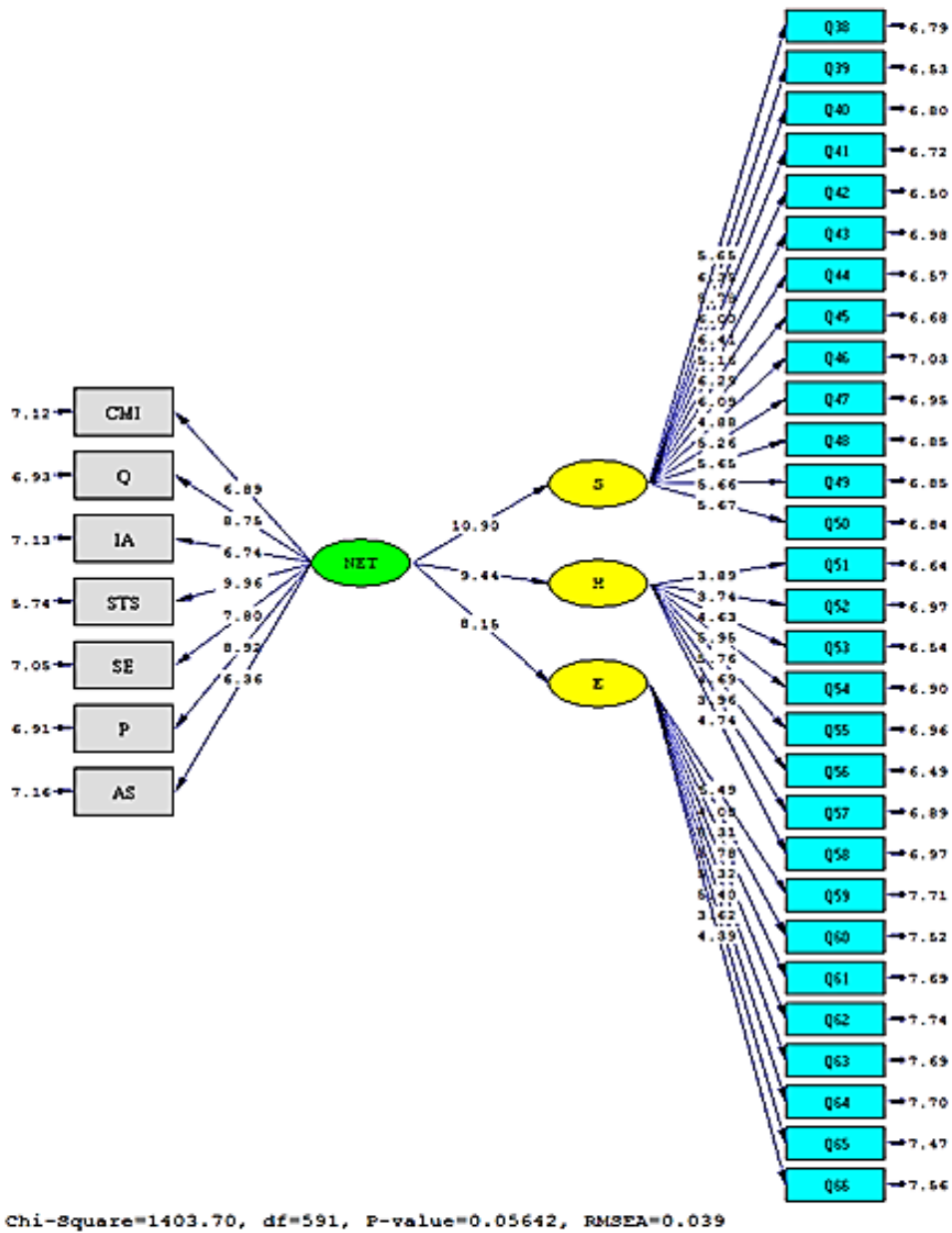
^۱ Structural Equation Model



Chi-Square=1403.70, df=591, P-value=0.05642, RMSEA=0.039

شکل ۴- نتایج تأیید مدل نهایی ارتباط بین متغیرهای تحقیق بر اساس فرضیات فرعی تحقیق

نتایج حاصل از سنجش معناداری داده‌های مدل نیز در شکل ۵ ارائه شده است.



شکل ۵- آماره t-value نتایج تأیید مدل نهایی ارتباط بین متغیرهای تحقیق بر اساس فرضیات فرعی تحقیق

نتایج نیکویی برازش دو مدل در جدول شماره نمایش داده شده است.

جدول ۳- شاخص های نیکویی برازش مدل ساختاری فرضیات فرعی تحقیق

IFI	NNFI	NFI	AGFI	GFI	RMSEA	χ^2 / df	شاخص برازندگی	
۱ - ۰	> ۰/۹	> ۰/۹	> ۰/۹	> ۰/۹	< ۰/۱	بین ۱ تا ۳	مقادیر قابل قبول	
۰/۹۷	۰/۹۶	۰/۹۹	۰/۹۲	۰/۹۳	۰/۰۴۰	۲.۷۹۷	مقادیر محاسبه شده	فرضیه اصلی
۰/۹۶	۰/۹۵	۰/۹۱	۰/۹۴	۰/۹۷	۰/۰۳۹	۲.۷۵	مقادیر محاسبه شده	فرضیات فرعی

تأثیر معنادار عملکرد سیستم شبکه تعمیر و نگهداری بر ایمنی در گروه صنعتی چاپ ایران زمین بر اساس نمودارهای ۴ و ۵ قدرت رابطه میان عملکرد سیستم تعمیر و نگهداری و ایمنی، بهداشت و محیط زیست در گروه صنعتی چاپ ایران زمین برابر ۰/۸۸، ۰/۸ و ۰/۷۶ و آماره t آزمون نیز ۱۰/۹۰، ۹/۴۴ و ۸/۱۵ به دست آمد. بنابراین فرضیات فوق تأیید می شود.

بحث و نتیجه‌گیری

جهت بررسی و مطالعه میزان حداکثر پراکنش آلاینده‌های NOx و SO₂ فرض شده است که دبی جرمی هر یک از این دو آلاینده در جهت باد غالب منتشر می‌شود. لذا این محاسبات با توجه به متوسط فاکتورهای هواشناسی مؤثر در مدل‌سازی مشتمل بر سرعت باد، دمای محیط، رطوبت و درجه ابرناکی و ساعت کارکرد نیروگاه به تفکیک هر فصل انجام شده است. نتایج نشان داد که در نیروگاه نکا میانگین غلظت گاز NOx در واحد بخار 3304 μg/m³ و در واحد سیکل ترکیبی 377.75 μg/m³ و همچنین میانگین SO₂ در واحد بخار 3267.25 μg/m³ در طول سال است که هیچکدام از استانداردهای WHO و استانداردهای هوای پاک اروپایی را رعایت نمی‌کند. بیشترین مقادیر انتشار مطابق نقشه‌های پراکنش آلاینده‌های گازی SO₂ و NOx بصورت سالیانه و میانگین ۳ ساعته و ۲۴ ساعته که در منطقه جنوب شرق نیروگاه بوده است که با توجه به گلباد منطقه، این رویداد در مدل انتشار گازهای آلاینده خروجی از نیروگاه آشکار شده است. بنابراین در مدل ارائه شده، تاثیر پراکنش این آلاینده‌ها بر روی شهر نکا ناچیز است و بیشتر بر بخش‌های زاغمرز، نوروزآباد و عسگر آباد تاثیر نامطلوب دارد. طراحی اکوپارک صنعتی منجر به ساماندهی شهری به‌عنوان محرک توسعه به کارگرفته می‌شوند. ساماندهی فضاهای صنعتی و شهری به یکپارچه‌سازی پروژه در زمینه و بسترش وابسته است. بنابراین برای محقق شدن معیارهای اصلی اکوپارک صنعتی باید تمامی صنایع یک منطقه در این راستا طراحی محیط‌زیستی و بهسازی شوند تا قابل قیاس با مطالعات جهانی در این زمینه باشد. با توجه به اینکه صنایع متعدد منطقه نکا از جمله کارخانه سیمان و کارخانه چوب که به همراه نیروگاه برق به عنوان صنایع پایه در توسعه شهری شناخته می‌شوند، آلودگی‌ها و مشکلات زیست‌محیطی حاصل از این صنایع در منطقه، گسترش تفکر اکوپارک صنعتی را امری الزامی و اجتناب‌ناپذیری کرده است تا به پیوند طبیعت و پارک‌های صنعتی منجر شود.

منابع

- سازمان حفاظت محیط زیست استان مازندران. (۱۳۹۵). بررسی مشخصات، شرح فعالیت و ملاحظات زیست محیطی نیروگاه شهید سلیمی نکا. ۲۱ صفحه.
- سازمان میراث فرهنگی و گردشگری استان مازندران. (۱۳۹۴). موقعیت جغرافیایی و پیشینه تاریخی استان مازندران. ۶ صفحه.
- جهاد کشاورزی شهرستان نکا. (۱۳۹۵). مساحت شهرستان نکا. ۴ صفحه.
- سعیدی، م؛ کرباسی، ع؛ سهراب، ت؛ صمدی، ر. (۱۳۸۴). مدیریت زیست محیطی نیروگاه ها. وزارت نیرو- سازمان بهره‌وری انرژی ایران (سایا). ۳۴۸ صفحه.
- Sustainable Development Office, Environment Canada. (2010). Planning for a sustainable future: A federal sustainable development strategy for canada Environment Canada.
- Kalundborg Symbiosis. (2013, April). Kalundborg system: Evolution. Retrieved from <http://www.symbiosis.dk/da/evolution>.
- Chertow, M. (2000). Industrial symbiosis: Literature and taxonomy. *Annual Review of Energy and Environment* 25: 313-337.
- Cote, R. and E. Cohen-Rosenthal. (1998). Designing eco-industrial parks: A synthesis of some experiences. *Journal of Cleaner Production* 6(3-4): 181-188.
- Galloway D., (2011), Oakajee Industrial State Structure Plan, cartin university.
- Gnanaprasam J., (2013), The city of hamiltons sustainable development through eco-industrial park, master of engineering and public policy MC Master university.
- Heeres, R., Vermeulen W. & de Walle F. (2004). Eco-industrial park initiatives in the USA and the Netherlands. *Journal of Cleaner Production* 12 (8-10) 985-996.
- Saikka L., (2006), A Background Report for the Eco-Industrial Park Project at rantasalmi, Regional Council of Etelä-Savo 71.
- Boix, M. & Montastruc, L. & Azzaro-Pantel, C. & Domenech, S. (2014). Optimization methods applied to the design of Eco-industrial parks. *Journal of cleaner production* 87 (2015) 303-317.
- Chen, F., Zhu, D., 2013. Theoretical research on low-carbon city and empirical study of Shanghai. *Habitat Int.* 37, 10.
- Korhonen J. (2002). Two paths to industrial ecology: applying the product-based and geographical approaches. *Journal of Environmental Planning and Management* 45 (1), 39-57.
- Jelinski, L. W., Graedel, T. E., Laudise, R. A., McCall, D.W. & Patel, C. K. N. (1992). Industrial ecology: Concepts and approaches. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 89: 793-797.
- Graedel, T. and B. Allenby. (1995). *Industrial ecology*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

- Garner, A., & Keoleian, G. A. (1995). *Industrial ecology: an introduction*. Ann Arbor, Michigan: National Pollution Prevention Center for Higher Education, University of Michigan.
- Erkman, S., 2001. Industrial ecology: a new perspective on the future of the industrial system. *Swiss Medical Weekly* 131, 531e538.
- Sakr, D., Baas, L., El-Haggag, S., and Huisingh, D., (2011). Critical success and limiting factors for eco-industrial parks: global trends and Egyptian context. *Journal of cleaner production* 19(2011) 1158-116.
- Park, H., Won, J., 2007. Ulsan eco-industrial park: challenges and opportunities. *Journal of Industrial Ecology* 11 (3).
- Gussow, D., Meyers, J., 1970. *Industrial Ecology*, vol. 1.
- Hoffman, C., 1971. *The Industrial Ecology of Small and Intermediate-sized Technical Companies: Implications for Regional Economic Development*. Report Prepared for the Economic Development Administration COM-74-10680. Texas University, USA.
- Watanabe, C., 1972. *Industrial-ecology: Introduction of Ecology into Industrial Policy*. Ministry of International Trade and Industry (MITI), Tokyo.
- Haskins, C. (2008). Using systems engineering to address socio-technical global changes. *NTNU*, 1, 1-19.
- Chertow, M. (2004). Industrial symbiosis. In *Encyclopedia of energy*, edited by C. J. Cleveland. Oxford: Elsevier.
- Lowe, E. (2001). *Handbook of industrial ecology. Eco-industrial Park Handbook for Asian Developing Countries*. A Report to Asian Development Bank, Environment Department, Indigo Development, Oakland, CA.
- Korhonen, J.; Juha-Pekka Analysing the evolution of industrial ecosystems: concepts and application *Ecological Economics* 52 (2005) pp169– 186.
- Faucheux, S; Nicola, I; Environmental technological change and governance in sustainable development policy *Ecological Economics* 27 (1998) pp. 243–256.
- Raymond, P; Smolenaars, T; Supporting pillars for industrial ecosystems *Journal of Cleaner Production* Vol. 5 (1997) No. 1-2, pp. 61-1.



ارزیابی ریسک بهداشت، ایمنی و محیط زیست در صنعت خودروسازی براساس روش FMEA و FTA

نرگس صیامیان^۱، کامران نصیراحمدی^{۲*}، راضیه احسانی امرئی^۳

۱- کارشناسی ارشد محیط زیست-ارزیابی و آمایش سرزمین، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

۲- دکتری محیط زیست، گروه محیط زیست، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان، ایران

۳- دانشجوی دکتری، دپارتمان مهندسی کامپیوتر، A.R.U کمبریج، انگلستان

چکیده

صنعت خودروسازی به علت گستردگی فراوان، حجم عظیم سرمایه، مخاطرات فراگیر و تعداد افراد زیادی که در این صنعت در حال فعالیت هستند همواره کانون توجه متخصصان و دست‌اندرکاران ایمنی و محیط زیست بوده و تلاش‌های گسترده‌ای در راستای ایمنی بیشتر این صنعت در جهان صورت می‌گیرد. هدف اولیه بررسی ریسک، ارزیابی پتانسیل‌های ریسک یک پروژه و اثرات احتمالی آن بر پارامترهای محیط زیست و سلامت انسان است. این دیدگاه می‌تواند در فرآیندهای طراحی، ساخت، اجرا و نگهداری از طرح‌های توسعه با حداقل خطرات احتمالی و بالاترین ایمنی مورد توجه مدیران و برنامه‌ریزان امر قرار گیرد. در مطالعه حاضر پس از انجام مطالعات کتابخانه‌ای و مطالعات اولیه، با جمع‌آوری اطلاعات از شرکت‌های صنعت خودروسازی در خصوص علل حوادث صورت گرفته به تحلیل آن‌ها پرداختیم. سپس با استفاده از روش FMEA و FTA به ریشه‌یابی انواع حوادث پرداخته شده است. در این مطالعه نتایج نشان می‌دهد که در ارزیابی اولیه ریسک، بالاترین عدد ریسک مربوط به ریسک آتش‌سوزی است و همچنین کمترین عدد ریسک مربوط به گرد و غبار، گرد و غبار پشم شیشه و پرتاب اجسام است.

کلیدواژه‌ها: صنعت خودروسازی، FTA، FMEA، ارزیابی ریسک



Health, Safety and Environmental risk assessment in automobile manufacturing industry based on FTA and FMEA methods

Narges Siamian¹, Kamran Nasirahmadi^{2*}, Razieh Ehsani Amrehee³

1- MSc of Environment, Land Assessment and Planning, IAU, University of Science and Research, Tehran, Iran

2- PhD of Environment, Department of Environment, Faculty of Fisheries and Environment, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

3- PhD Student, Department of Software Engineering, A.R.U, Cambridge, UK

Abstract

The automobile manufacturing industry has always been the focus of experts attention and those involved in safety and environment due to its extensiveness, huge amount of capital, pervasive risks and large number of people working in this industry and extensive efforts takes place to increase the safety of this industry in the world. The primary purpose of risk assessment is to assess the risk potentials of a project and its potential effects on environmental and human health parameters. This viewpoint can be considered by managers and planners in the processes of design, construction, implementation and maintenance of development plans with the least possible risks and the highest safety. In this research, after conducting library and preliminary studies, we collected information from companies in the automobile manufacturing industry to analyze the causes of the accidents. Then, by using FTA and FMEA methods, the roots of different types of accidents were traced. The results show that in the initial risk assessment, the highest number of the risk is related to fire risk and the lowest number of the risk is related to dust, glass fiber dust and throwing objects.

Keywords: Automobile manufacturing industry, FTA, FMEA, Risk assessment

* Corresponding author E-mail address: nasirahmadi.k@gmail.com

مقدمه

صنعت فایبرگلاس به دلیل گسترش قابل توجه در زمینه پلیمر پیشرفت کرده است. فایبرگلاس‌ها به دلیل وزن کم، مقاومت بالا و هزینه کم بر سایر مواد اولیه ترجیح داده می‌شوند (Gul et al., 2020). استفاده از نایلون برای تقویت کامپوزیت‌های پلی‌اورتان مقاومت در برابر ضربه، ترک و فشار را ایجاد می‌کند. مقاومت در برابر سیستم‌های پلی‌اورتان تقویت شده با الیاف شیشه که در برنامه‌های ترکیبی، سیستم‌های پلی‌اورتان ترموز می‌توانند باشند، با الیاف شیشه برای بهبود مقاومت و انعطاف‌پذیری تقویت شده‌اند. تقویت کننده‌های الیاف شیشه اساس یک صنعت کامپوزیت را با تولید جهانی سالانه بیش از ۱۰ میلیون تن مواد با عملکرد بالا و سبک وزن تشکیل می‌دهند. احتمالاً مهمترین ویژگی ترکیبات که در ساخت الیاف شیشه و کامپوزیت‌های آن‌ها نقش دارد، اندازه الیاف است. از ترکیب الیاف پشم شیشه با مواد پلیمری، فایبرگلاس ساخته می‌شود. الیاف پشم شیشه برای استحکام فایبرگلاس به کار می‌روند و مواد پلیمری مثل رزین هم به‌عنوان چسباننده‌ی پایه استفاده می‌شوند. در واقع رزین کمک می‌کند تا نیرو و تنش وارد شده به قطعه در سراسر سطح آن پخش شود. ورق‌های فایبرگلاس بسیار سبک هستند و به همین دلیل در دنیای صنعت کاربردهای خیلی زیادی دارند و می‌توانند جایگزین خوبی برای خیلی از مواد مصرفی قبلی باشند. ورق‌های فایبرگلاس در برابر مواد شیمیایی و همین‌طور اشعه‌ی UV مقاوم هستند. استفاده از انواع فایبرگلاس در صنایع مختلف از نظر اقتصادی به‌صرفه است. فایبرگلاس می‌تواند در شکل‌ها و طرح‌های مختلف تولید شود (Peeters et al., 2018). جنس فایبرگلاس بسیار مقاوم و البته سبک است. از انواع فایبرگلاس در تولید قطعه‌های خودرو مثل سپر، کابین خودرو و غیره استفاده می‌شود. صنعت فایبرگلاس از صنایع رو به رشد در عرصه مهندسی صنعت خودرو است و به‌خاطر مزایایی که دارند توسعه زیادی پیدا کرده‌اند. اکثر قطعاتی که در خودروها به کار برده شده است از فایبرگلاس که از نوع پلیمری هستند می‌باشد و به دلیل مزایا و صرفه جویی در صنعت خودرو جای فلز را گرفتند و امروزه خودروهایی از جنس فایبرگلاس تولید می‌شوند (W. Wang et al., 2019). پس از گذشت نزدیک به یک قرن، محصولات ساخته شده از فایبرگلاس با یافتن کاربرد نوآورانه در بخش حمل‌ونقل ادامه یافتند. قالب‌های مورد استفاده در خودروها، تکیه‌گاه‌های ساختاری و مکانیک‌های مقاوم در برابر خوردگی به‌طور منظم از کامپوزیت‌های فایبرگلاس ساخته می‌شوند. در حالی که آلومینیوم و فولاد همچنان انتخاب اصلی مواد برای صنعت خودرو است، اکنون از محصولات فایبرگلاس به‌طور معمول در ساخت قطعات مختلف خودرو استفاده می‌شود. اجزای مکانیکی و شاسی خودروهای تجاری به‌طور معمول با استفاده از فلزات با استحکام بالا تولید می‌شوند، در حالی که بدنه اغلب از چندین ماده تشکیل شده است به‌طوری که بدون نیاز به ایجاد یکپارچگی بدنی، مشخصات وزن خودرو کاهش می‌یابد. این یک راه‌حل سبک و کم هزینه برای افزایش تقاضای صنعت ارائه می‌دهد. پلیمرهای فایبرگلاس معمولاً برای صفحات جلویی، انتهایی و درهای خودروهای تجاری استفاده می‌شود. پلیمرهای فایبرگلاس مقاومت در برابر ضربه و مقاومت بالا در برابر عناصر هوازدگی را ایجاد می‌کنند. به علت وزن پایین، وزن خودرو تا نصف و بیشتر کاهش پیدا می‌کند که این کاهش وزن در کاهش سوخت و استفاده از موتورهای کوچک و با قدرت موثر است. زمانی که وزن قطعات کاهش یابد، مقاومت مکانیکی آن در ابعاد مختلف افزایش می‌یابد و باعث افزایش عمر قطعات می‌شود (Li et al., 2004). یک مطالعه، حالت بهبود شکست و تجزیه و تحلیل اثر (FMEA) را با شبکه بیزی فازی (FBN) و بهترین و بدترین روش فازی (FBWM) برای ارزیابی شکست در تولید پلاستیک را پیشنهاد می‌کند. برای از بین بردن اشکال محاسبه شماره اولویت خطر کلاس (FMEA (RPN)، توسعه یافته است (Peeters et al., 2018). مطالعه دیگر یک چرخه ارزیابی حیات مقایسه‌ای را انجام داد ارزیابی LCA در پانل‌های دیواره سیمان تقویت شده با الیاف بین الیاف کناف و شیشه سنتی - سایپرز، فیبر عملکرد ساختاری و عملکرد عایق حرارتی صفحات دیواری در نظر گرفته شد و دو واحد عملکردی جداگانه اختصاص داده شد. نتایج LCA نشان داد که تأثیرات محیط‌زیستی با استفاده از الیاف کناف برای جایگزینی الیاف شیشه به‌عنوان تقویت کننده در دیواره سیمان، به‌طور قابل توجهی کاهش می‌یابد (Zhou et al., 2018). مسئله ارزیابی ریسک یکی از موارد مهم در در نظر گرفتن ریسک هر پروژه، از جمله کارگاه فایبرگلاس است.

احتمال وقایع اساسی در FTA از نظر کارشناسان نامشخص است. نتیجه حوادث در درخت رویداد برای ارزیابی شدت آنها با مدل رایانه ای شبیه سازی شده است. در این روش ریسک محاسبه شده دارای واحد هزینه در سال است که به تصمیم گیرندگان اجازه می‌دهد تا سود حاصل از سرمایه گذاری آنها در اقدامات ایمنی و کاهش خطر را تشخیص داده شود (Hosseini et al., 2020). با پیشرفت فناوری خودرو، مواد سبک وزن بیشتری بر روی بدنه خودرو اعمال می‌شود. مواد ترموپلاستیک تشک شیشه ای (GMT) ماده امیدوار کننده ای است که دارای مقاومت مکانیکی خوب، ظرفیت جذب انرژی در اثر ضربه و قابلیت بازیابی است. این مورد بیشتر در بدنه خودرو به منظور سبک سازی و محافظت از محیط زیست مورد استفاده قرار می‌گیرد. شرکت‌های زغال سنگ در چین با عوامل خطر زیادی روبرو هستند که تهدیدی جدی برای ایمنی تولید شرکت محسوب می‌شوند و ارزیابی ریسک ضروری است. ارزیابی ریسک کارخانه‌های ذغال سنگ به متانول - سایپرز، یک حالت شکست و تجزیه و تحلیل اثرات یک روش تجزیه و تحلیل قابل توجه در ارزیابی ریسک است. چین، برای نشان

دادن کاربرد روش FMEA-CM را پیشنهاد داده است. در مقایسه با نتایج به دست آمده از روش سنتی FMEA و TOPSIS فازی، نتایج بدست آمده از پذیرش رویکرد FMEA-CM نشان می‌دهد که FMEA-CM روش دقیق تر و موثرتری برای ارزیابی ریسک زغال سنگ به متانول است (L. Wang et al., 2021). هنگام طراحی برنامه نگهداری کالای سرمایه ای، به ویژه کالای جدید، درک دقیق رفتار شکست آن از اهمیت اساسی برخوردار است. حالت شکست و تجزیه و تحلیل اثرات (FMEA) و تجزیه و تحلیل درخت خطا (FTA) دو روش معمول برای تحلیل خرابی هستند FMEA یک روش از پایین به بالا است که ساختار کمتری دارد و نیاز به دانش تخصصی بیشتری نسبت به FTA دارد که یک روش از بالا به پایین است. هر دو روش کاملاً زمانبر هستند، به همین دلیل در بسیاری از موارد به هیچ وجه اعمال نمی‌شود (Peeters et al., 2018). فایبرگلاس دارای صفحات برشی نیست، بنابراین به جای تقسیم شدن به تعداد زیادی فیبریل با قطر کمتر همان‌طور که از ویژگی‌های آریست است، به بخش‌هایی با طول کوتاه تر تقسیم می‌شود که با کارایی بیشتری توسط ماکروفاژهای آلوئولی پاک می‌شوند (Fayerweather et al., 1997). از بسیاری از ابزارها برای تحلیل دقیق و ارزیابی خطرات استفاده می‌شود. حالت خرابی و تجزیه و تحلیل اثر (FMEA) یکی از رایج‌ترین ابزارها در صنایع مختلف است. با این حال، صحت و قابلیت اطمینان روش FMEA مورد انتقاد بسیاری از محققان این حوزه قرار گرفته است. در این مطالعه، روشی مبتنی بر FMEA که ادغام مزایای روش تحلیل درخت خطا (FTA) به برآورد احتمال فازی الگوریتم زمان (BIFPET) به منظور بهبود عملکرد روش FMEA ارائه شده است. به منظور استفاده عملی از روش پیشنهادی، این امر برای تجزیه و تحلیل و ارزیابی خطرات احتمالی برای یک فرآیند تکمیل در بخش رنگرزی پارچه یک شرکت نساجی استفاده شده است. عملکرد روش پیشنهادی FMEA-FTA-BIFPET با نتایج بدست آمده توسط روش‌های یکپارچه توزیع و ارزیابی برنامه FMEA-FTA (PERT) و FMEA-FTA مقایسه شده است. به منظور کاهش خطرات شکست، در صنایع از روشی به نام Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) از نظر شماره اولویت خطر (RPN) استفاده می‌کنند. عدد RPN محصولی از متغیرهای مقیاس ترتیبی، شدت (S)، وقوع (O) و تشخیص (D) است و محصول این متغیرهای ترتیبی قابل بحث است. به سه ویژگی خطر (S، O و D) به‌طور کلی وزن برابر داده می‌شود، اما این فرض ممکن است برای کاربردها در دنیای واقعی مناسب نباشد (Bhattacharjee et al., 2020). تجزیه و تحلیل حالت‌ها و اثرات شکست (FMEA) یکی از پرکاربردترین روش‌ها برای ارزیابی ایمنی است که می‌تواند اثرات حالت‌های خرابی در اجزا و سیستم را بررسی کند. به‌طور کلی، نتیجه FMEA می‌تواند پایه‌ای برای تجزیه و تحلیل دقیق‌تر ایمنی مانند تجزیه و تحلیل درخت خطا (FTA) باشد، و برخی از نرم‌افزارهای رایانه ای برای کمک به پیوند داده‌ها، محاسبه و مستندات منتشر می‌شوند (Held & Brönnimann, 2016). با این وجود، با دامنه بیشتر و تقاضای بیشتر تجزیه و تحلیل خطر در صنعت در حال ظهور مانند صنعت نیمه‌هادی یا فتوولتائیک (PV)، دشوار و وقت‌گیر است که از طریق روش تجزیه و تحلیل سنتی با کار دستی برای محاسبه عوامل اصلی که ممکن است نقش مهمی در ایمنی و سیستم دارند، که می‌توانند از بروز خطر احتمالی جلوگیری کنند، اما بازرسی و اصلاح اسناد و پیوند داده‌ها نیز بدون اتوماسیون دشوار است (Liu et al., 2013).

صنعت خودروسازی به‌علت گستردگی فراوان، حجم عظیم سرمایه، مخاطرات فراگیر و تعداد زیاد افرادی که در این صنعت در حال فعالیت هستند همواره کانون توجه متخصصان و دست‌اندرکاران ایمنی و محیط زیست بوده و تلاش‌های گسترده‌ای در راستای ایمنی بیشتر این صنعت در جهان صورت می‌گیرد (بحرینی و همکاران، ۱۳۹۵). هدف اولیه بررسی ریسک، ارزیابی پتانسیل‌های ریسک یک پروژه و اثرات احتمالی آن بر پارامترهای محیط زیست و سلامت انسان است. این دیدگاه می‌تواند در فرآیندهای طراحی، ساخت، اجرا و نگهداری از طرح‌های توسعه با حداقل خطرات احتمالی و بالاترین ایمنی مورد توجه مدیران و برنامه‌ریزان امر قرار گیرد. مطالعات ارزیابی ریسک زیست محیطی معمولاً از یک روند مشخص مشتمل بر شناسایی مخاطرات احتمالی و پیامدهای ناشی از آن‌ها، تخمین و برآورد ریسک و پیشنهاد روش‌های تقلیل ریسک و پیامدهای ناشی از آن پیروی می‌کند (پورخباز و همکاران، ۱۳۹۰).

فقدان نگرش سیستمی به موضوع ایمنی، بهداشت و محیط زیست، موجب می‌شود برخی عوامل کلیدی در وقوع حوادث پنهان بماند و باعث افزایش نرخ تکرار حوادث می‌شود. بنابراین ایجاد سیستمی نظام‌مند، جهت ارزیابی ریسک می‌تواند باعث کاهش عوامل بالقوه آسیب‌رسان و همچنین آلودگی زیست محیطی شود که در نهایت رضایت عمومی، تقلیل آمار حوادث صنعتی و آلودگی‌های زیست محیطی را در پی خواهد داشت (بقایی، ۱۳۸۸). بروز حوادث متعدد در فرآیندها که به وقوع فجایع انسانی و محیطی می‌انجامد متخصصان را بر آن داشته که برای برآورد فرکانس و پیامد این گونه حوادث به رهیافت‌های احتمال‌گرا از جمله ارزیابی ریسک زیست محیطی روی آورند.

ارزیابی ریسک یک روش سازمان‌یافته و سیستماتیک برای شناسایی خطرات و برآورد ریسک برای رتبه‌بندی تصمیمات، جهت کاهش ریسک به یک سطح قابل قبول است. ارزیابی ریسک دارای روش‌های مختلف با طیفی از روش‌های کیفی تا کمی قابل انجام است (علیزاده، ۱۳۸۹). به‌طور کلی با توسعه صنایع و رشد تکنولوژی، مسئله ریسک در صنعت و تنوع خطرات به طور چشمگیری افزایش یافته است. در گذشته، پس از وقوع حوادث و بروز خسارات جبران‌ناپذیر اقدام به بررسی علل حوادث می‌گردید و نقایص یک سیستم یا فرآیند تعیین

می‌شد اما امروزه به دلیل وجود انواع مختلف روش‌های ارزیابی خطر، قبل از وقوع نیز می‌توان نقاط حادثه‌زا و بحرانی را مشخص کرد و نسبت به پیش‌گیری از وقوع حوادث و کنترل آن‌ها اقدام نمود. ارزیابی ریسک روشی سازمان‌یافته و نظام‌مند در شناسایی خطرات و برآورد خطر برای رتبه‌بندی تصمیمات، در راستای کاهش خطر به حدی قابل قبول است. ارزیابی خطر با روش‌های کیفی و کمی انجام‌پذیر است. هر چه در روند ارزیابی خطر به سوی کمی کردن آن پیش رفت، نتایج بهتری به دست می‌آید. ارزیابی به روش‌های کمی می‌تواند کانون‌ها و عوامل خطر موجود را شناسایی نموده و با اتخاذ تدابیر پیش‌گیرانه و کنترلی نسبت به حذف یا مهار آن‌ها اقدام نماید. معیارهای شناسایی حوادث ناشی از کار متعدّدند اما مهم‌ترین آن‌ها که در این پروژه نیز مدنظر قرار داشته مباحث مرتبط با انسان و محیط‌زیست است. با توجه به اجتناب‌ناپذیری حوادث در هر صنعتی تلاش در جهت ارایه راه‌کارهایی برای کنترل خسارت ناشی از حوادث یا به عبارتی داشتن نظام مدیریت کنترل خسارات ضروری به نظر می‌رسد. یکی از اهداف اساسی مدیریت کنترل خسارات ارزیابی ریسک مربوط به خسارت است (جوزی و همکاران، ۱۳۸۹).

ارزیابی ریسک‌های ایمنی و زیست محیطی به عنوان ابزاری کارآمد در مطالعات مدیریت ریسک‌های ایمنی محیط زیستی پروژه‌های که از نیروی تخریب بالایی برخوردارند مطرح است. به‌طور کلی ارزیابی ریسک فرآیندی است که در آن با استفاده از تکنیک‌های مختلف میزان احتمال بروز یک ریسک و همچنین اثرات ناشی از آن مورد بررسی قرار می‌گیرد و نتایج حاصله براساس عمق و مرحله مطالعات به صورت کمی یا کیفی ارائه می‌شود. ارزیابی ریسک شامل فرایندهای مختلفی از جمله شناسایی خطرات احتمالی، پیش‌بینی محل وقوع، برآورد احتمال وقوع ارزیابی اثرات حاصل از وقوع ریسک است (کریم‌زاده و همکاران، ۱۳۹۵).

در این تحقیق با توجه به واحدها، فرایندها و تأسیسات کارگاه فایبرگلاس، ارزیابی ریسک به روش FMEA و FTA انتخاب شد که به شناسایی خطرات احتمالی ناشی از حوادث غیرمترقبه که سبب مشکلات ایمنی و بهداشتی و زیست محیطی می‌شود، پرداخته می‌شود.

مواد و روش‌ها

• منطقه مورد مطالعه ارزیابی ریسک در کارگاه فایبرگلاس صنعت خودروسازی

در این تحقیق با توجه به واحدها، فرایندها و تأسیسات کارگاه فایبرگلاس، ارزیابی ریسک به روش FMEA انتخاب گردید. در این مرحله به شناسایی خطرات احتمالی ناشی از حوادث غیرمترقبه که سبب مشکلات ایمنی و بهداشتی و زیست محیطی می‌شود پرداخته می‌شود. با توجه به اینکه ارزیابی ریسک زیست محیطی در این تحقیق بر پایه احتمال و شدت ریسک انجام می‌گیرد بعد از بدست آوردن عوامل ریسک نهایی در مرحله قبل کاربرگی برای فاز بهره‌برداری، در تکنیک تجزیه و تحلیل حالات شکست و درجه شدت، احتمال کشف خطر را به‌دست می‌آوریم. هر کدام از این سه درجه‌بندی بر اساس یک مقیاس ۱۰ نمره‌ای پیشنهاد شده‌اند، که در آن ۱ نمایشگر پایین‌ترین درجه و ۱۰ نمایانگر بالاترین درجه است. درجه شدت به معنی برآوردی از میزان جدی بودن اثر و درجه کشف خطر به چگونگی احتمال کشف یک خطا و یا اثرات آن بستگی دارد. در روش فوق برگه کار تهیه شود. و با توجه به آن که در این روش برای هر سه شاخص (شدت، احتمال وقوع، احتمال کشف) جدول مشخصی وجود دارد، نمره‌دهی ریسک‌ها بر اساس روش طوفان فکری به انجام رسد.

کشف × وقوع × شدت = عدد اولویت ریسک

پارامترهای شدت، احتمال وقوع و کشف خطر در این روش از جدول‌های ۱ و ۲ بدست می‌آید:

جدول ۱- مقیاس درجه‌بندی شدت اثر

رتبه	شدت اثر	شرح
۱۰	بسیار خطرناک	مرگ، انفجار شدید، آتش‌سوزی شدید، آلودگی محیط زیست شدید، آسیب‌های بدنی شدید، بدون هشدار
۹	تأثیر جدی	وخامت تأسف بار است اما همراه با هشدار انفجار متوسط، آسیب‌های بدنی ناتوان‌کننده، نشت نفت و گاز از مخزن با فشار زیاد
۸	خیلی زیاد	وخامت جبران‌ناپذیر است - انفجار خفیف
۷	زیاد	وخامت زیاد است همانند آتش‌سوزی زیاد، آلودگی محیط زیست زیاد، آتش گرفتن تجهیزات، سوختگی بدن
۶	متوسط	وخامت مهم است مانند ضرب‌دیدگی، مسمومیت خفیف غذایی، آسیب‌های بدنی جزئی، مشکلات تنفسی، آلودگی محیط‌زیست متوسط
۵	کم	وخامت کم است، آتش‌سوزی خفیف، آلودگی محیط زیست خفیف
۴	خیلی کم	وخامت خیلی کم است ولی بیشتر افراد آن را احساس می‌کنند
۳	اثرات جزئی	اثر جزئی بر جای می‌گذارد مثل خراش دست به هنگام تراشکاری
۲	خیلی جزئی	اثر خیلی جزئی دارد
۱	هیچ	بدون اثر

مأخذ: عدل، ۱۳۸۷

جدول ۲- مقیاس درجه بندی احتمال وقوع

میزان خطای بالقوه	شرح	درجه بندی
روزانه	یقیناً رخ می دهد غیر قابل اجتناب	۱۰
هر هفته یک بار	بسیار زیاد رخ می دهد	۹
هر ماه یک بار	زیاد رخ می دهد خطاهای پی در پی	۸
هر سه ماه یک بار	اغلب رخ می دهد	۷
هر شش ماه یک بار	معمولاً رخ می دهد	۶
هر سال یک بار	گاه و بیگاه رخ می دهد	۵
هر دو سال یک بار	تعداد رخداد کم	۴
هر پنج سال یک بار	رخداد با شانس ناچیز	۳
هر ده سال یک بار	بعید	۲
بیش از ده سال	بسیار بعید	۱

مأخذ: میرجلیلی

جهت تجزیه و تحلیل ریسکها به طور کلی در روش FMEA هیچ RPN مبنایی وجود ندارد که بتوان دادهها را با آن مقایسه و سطوح ریسکها را تعیین کرد. به همین دلیل به منظور تجزیه و تحلیل دادهها در این روش ابتدا یک شاخص ریسک یا حد اطمینان ریسک تعیین و سپس بر اساس آن سطوح ریسکها معین شد. جهت تعیین حد اطمینان یا شاخص ریسک و حد بالا و پایین ریسک در این تحقیق، ابتدا میانگین RPNها و سپس انحراف معیار آنها به شرح ذیل محاسبه شد:

در ابتدا میانگین حسابی دادهها را با استفاده از فرمول زیر به دست آورده:

فرمول شماره (۱):

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_N}{N}$$

X = میانگین حسابی

N = تعداد دادهها

Xi = دادهها (RPN)

و سپس انحراف معیار دادهها محاسبه شد

فرمول شماره (۲):

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

X = میانگین دادهها

Xi = دادهها (RPN)

N = تعداد دادهها

در نهایت با استفاده از انحراف معیار، پخش شدگی مقادیر RPN حول مقدار میانگین μ محاسبه شده و

حد پایین و حد بالای ریسکها بدست می آید.

$$X - \sigma = \text{حد پایین ریسک}$$

$$X - \sigma < x < X + \sigma = \text{حد متوسط ریسک}$$

$$X + \sigma = \text{حد بالای ریسک}$$

• تکنیک حالات شکست و تجزیه و تحلیل اثرات آن

این تکنیک از جمله تکنیکهای استقرایی است که برای مطالعه نظاممند نقصهای اجزاء یک سامانه و اثرات احتمالی آن به کار می رود. به طور کلی از اهداف این روش می توان به شناسایی حالات نقص مهم که قابلیت دسترسی، قابلیت اطمینان، نگهداشت پذیری و به طور کلی ایمنی سامانه را تحت تاثیر قرار می دهند و تعیین اثرات ناشی از این نقصها بر روی کارکردهای همان سامانه اشاره نمود. حالات نقص،

یک علامت، شرایط یا مدلی از نقص‌های یک سخت‌افزار است که ممکن است در صورت متوقف شدن عملکرد، عملکرد پیش از موعد، تجاوز از شرایط مجاز و یا ویژگی‌های فیزیکی نظیر نشتی مشاهده شده در طول بازرسی مشخص می‌شود تکنیک تجزیه و تحلیل حالات خطا و اثرات ناشی از آن یک روش کیفی است و در هنگام اجرای آن در مورد هر یک از اجزا به سؤال‌های زیر پاسخ داده می‌شود:

جزء موردنظر چگونه می‌تواند دچار نقص شود (یک جز ممکن است چندین نوع نقص داشته باشد).

پیامدهای این نقص‌ها چه می‌تواند باشد؟

نقص اتفاق افتاده در سامانه چگونه شناسایی می‌شود؟

حساسیت و یا بحرانیتهای پیامدهای ناشی از بروز نقص در چه حد است؟

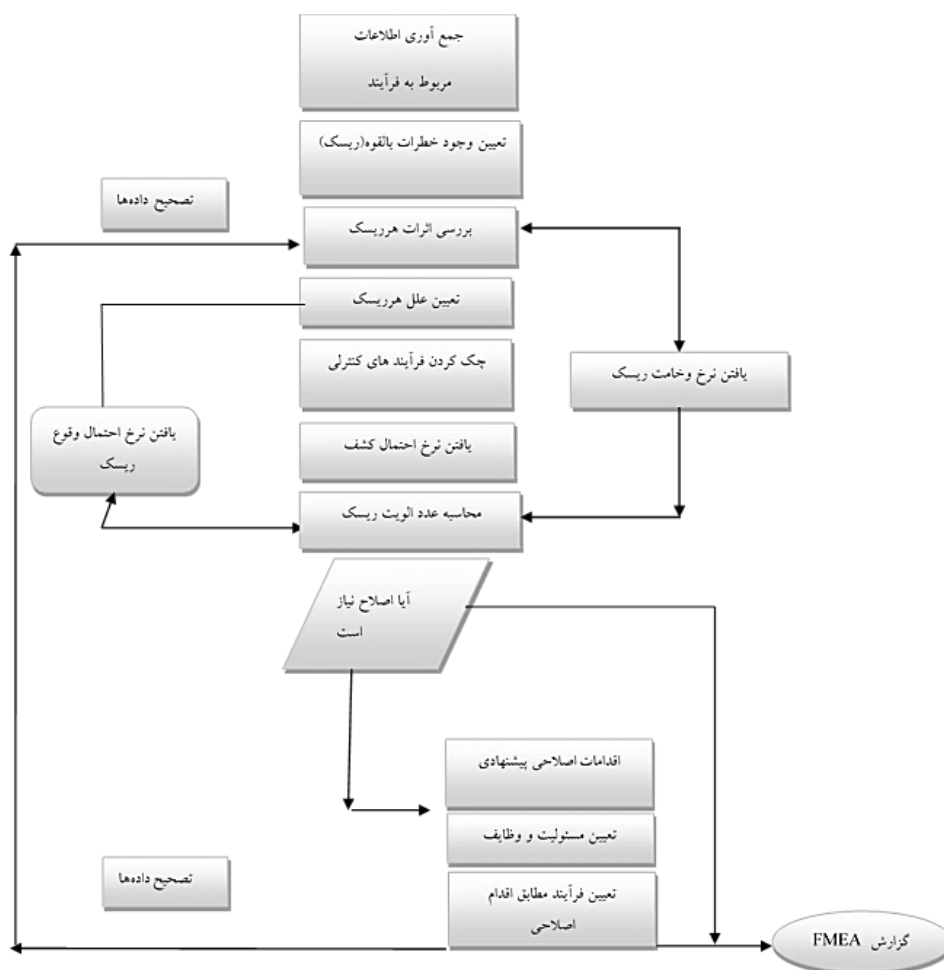
در بعضی از مطالعات، تنها دو سؤال اول و در بعضی از موارد تمام سؤال‌های فوق‌الذکر و حتی سؤال‌های دیگری مطرح می‌شود که این امر بستگی به اهداف، وسعت مطالعه و همچنین محدودیت‌های زمانی، مالی، فنی و غیره خواهد داشت.

در تجزیه و تحلیل خطا و اثرات ناشی از آن سه هدف اصلی ذیل دنبال می‌شود:

۱- جلوگیری از رخداد خطا.

۲- کمک در ایجاد و توسعه یک محصول، فرآیند و یا خدمت جدید

۳- ثبت پارامترها و شاخص‌ها در طراحی و توسعه، فرآیند و یا خدمت این ابزار یکی از مدل‌های موثر برای پیش‌بینی خطا و پیدا کردن کمترین هزینه راه حل برای جلوگیری از بروز خطاست. تجزیه و تحلیل خطا روشی ساختاریافته برای آغاز طراحی و یا بازنگری و توسعه طراحی محصول و یا خدمات در سازمان است که جهت ارتباط بین موارد کلیدی سازمان و مستندات مختص آن‌ها به کار می‌رود. این تکنیک در مراحل مختلف طراحی، اجرا و بعد از آن کاربرد دارد (جوزی، ۱۳۸۷).



شکل ۱- مراحل روش تجزیه و تحلیل حالات شکست

در فرآیند تکنیک FMEA، پس از بدست آوردن احتمال وقوع خطر، نرخ احتمال کشف خطر، و تعیین نرخ وخامت، عدد الویت ریسک (RPN) که حاصل ضرب سه عدد وخامت (شدت)، (رخداد وقوع)، و احتمال کشف است محاسبه می‌شود. عدد الویت ریسک عددی بین ۱-۱۰۰ خواهد بود. برای اعداد ریسک بالا، می‌باید ضمن کار گروهی جهت پایین آوردن این اعداد از طریق اقدامات اصلاحی تلاش نمود.

• ساختار درخت خطا

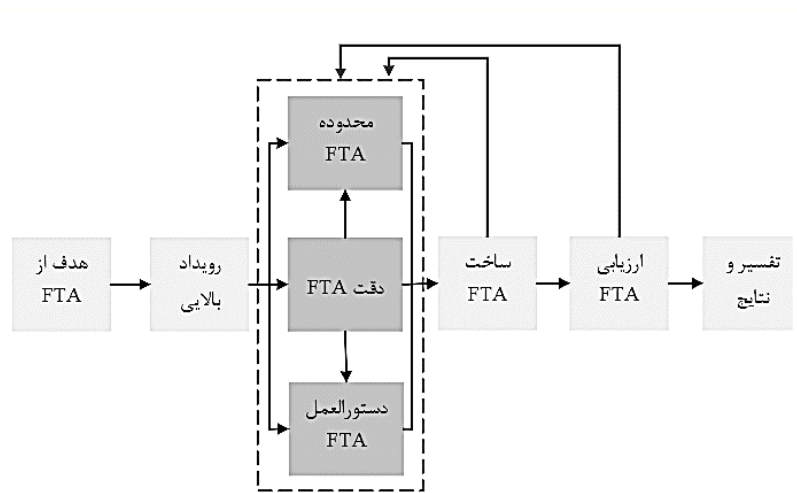
تکنیک تجزیه و تحلیل درخت خطا به‌عنوان یکی از قوی‌ترین ابزارهای تجزیه و تحلیل فرآیند ایمنی سیستم به‌ویژه در هنگام ارزیابی سیستم‌های بسیار پیچیده و دقیق محسوب می‌شود. به‌دلیل استفاده از روش قیاسی (رسیدن از کل به جز) در این روش، بسیاری از تجزیه و تحلیل‌گرهای ایمنی سیستم، به کارگیری روش تحلیل درخت خطا را در بررسی حالت احتمالی مختلف که می‌توانند منجر به بروز رویدادهای مطلوب یا نامطلوب در سطح سیستم شوند، بسیار مفید می‌دانند.

تحلیل درخت خطا یک تکنیک ارزشیابی است که از آن می‌توان برای تخمین احتمال وقوع یک رخداد خطرناک پیش‌بینی شده، استفاده کرد. در این روش ابتدا همه راه‌هایی که می‌توانند سبب بروز این وضعیت ناخواسته و نامطلوب شوند جستجو می‌شود. سپس به‌صورت نظامند، تمامی دلایل خرابی را در یک ساختار بالا به پائین که شبیه درخت است، مرتب کرده و درنهایت از این ساختار برای محاسبه احتمال وقوع رویداد نهایی استفاده می‌شود.

• ارزیابی درخت خطا

تحلیل درخت خطا می‌تواند هم به صورت کمی و هم به‌صورت کیفی یا نظری انجام شود. تحلیل کیفی: تحلیل کیفی به منظور محاسبه مجموعه برشی حداقل انجام می‌شود. یک مجموعه برشی ترکیبی از رویدادهای اساسی است که منجر به وقوع رویداد نهایی می‌شوند. هر یک از مجموعه‌های برشی حداقل نمایانگر یک راه احتمالی برای وقوع رویداد نهایی است. بدین ترتیب که با رخ دادن رویدادهایی که در یک برش حداقل قرار دارد رویداد نهایی به وجود خواهد آمد. بنابراین تجزیه و تحلیل آن‌ها ارزیابی اهمیت هر یک از راه‌های احتمالی بروز رویداد اصلی است.

درخت خطا نمودار منطقی است که رابطه بین خرابی سیستم (رویداد نامطلوب در سیستم) و خرابی اجزای آن سیستم را نشان می‌دهد. رابطه میان این مراحل در شکل ۲ نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود مراحل ۳ تا ۵ می‌توانند به صورت همزمان انجام شده و مراحل ۴ و ۵ می‌توانند طی مراحل ۶ و ۷ اصلاح شوند.



شکل ۲- گام‌های ترسیم درخت خطا

تحلیل کمی: در تحلیل کمی درخت خطا برای محاسبه احتمال وقوع رویداد نهایی باید احتمال وقوع هر یک از رویدادهای اساسی معلوم باشد. با معلوم بودن احتمال وقوع هر یک از رویدادهای اساسی، می‌توان با توجه به نوع درگاه‌های مورد استفاده، احتمال رویداد نهایی را به دست آورد.

احتمال وقوع رویداد نهایی یا رویدادهای میانی که درگاه ارتباطی آنها «و» (AND) است با به کارگیری رابطه (۱) و احتمال وقوع رویداد نهایی یا رویدادهای میانی که درگاه ارتباطی آنها «یا» (OR) است با استفاده از رابطه (۲) بدست می آید:

$$P = \prod_{i=1}^n p_i \quad (1)$$

$$P = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - p_i) \quad (2)$$

که در آن P: احتمال وقوع رویداد خروجی درگاه، n: تعداد رویدادهای ورودی درگاه و p_i : احتمال وقوع هر احتمال ختم شد.

یافته‌های پژوهش

نتایج شناسایی حالت ناقص و تحلیل اثرات آن در کارگاه در جدول ۳ ارائه شده است. جدول ۴ نتایج محاسبات عدد اولویت ریسک کانون‌های خطر شناسایی شده را نشان می‌دهد. بعد از اینکه کانون‌های خطر شناسایی شد، بر اساس جداول روش FMEA از طریق برگزار پنل‌های تخصصی با حضور متخصصان ایمنی و افرادی عملیاتی مربوطه میزان شدت وقوع خطر، نرخ وقوع خطر و درجه تشخیص خطر برای تک تک کانون‌های شناسایی شده تعیین شد و از حاصل ضرب سه پارامتر مذکور، عدد اولویت ریس استخراج شد.

جدول ۳- نتایج شناسایی حالت نقص و تحلیل اثرات آن (FMEA) در کارگاه

فعالیت کاری	ریسک ایمنی و بهداشت شغلی	علت بوجود آمدن ریسک	پیامد/آسیب	احتمال رخداد	الزام قانونی و سایر الزامات	اقدامات کنترلی موجود
تولید قطعات فایبرگلاس و مواد زنی	گرد و غبار پشم شیشه	هنگام لایه گیری	حساسیتهای تنفسی	دو بار در سال	حدود تماس شغلی عوامل بیماریزا	استفاده از ماسک تنفسی مناسب - دستورالعمل ایمنی - نظارت ایمنی سرپرستان
سنگ زنی قطعات	صدا	صدای ناشی از ماهیت کار	افت شنوایی	پنج بار در سال	حدود تماس شغلی عوامل بیماریزا (کمیته فنی بهداشت حرفه ای کشور)	استفاده از گوشی حفاظتی مناسب در حین فعالیت - توجه به معاینات ادواری - دستورالعمل ایمنی - نظارت ایمنی سرپرستان
ژلکوت پاشی	آتش سوزی	حریق ناشی از ترکیبات شیمیایی مورد استفاده	سوختگی، خسارات مالی	پنج بار در سال	آئین نامه حفاظتی مواد خطرناک، قابل اشتعال و انفجار وزارت کار - دستورالعمل ایمنی کار در کارگاه فایبرگلاس	- نصب کپسول اطفاء حریق و تجهیزات ضد انفجار - نگهداری مواد در کابینتهای مخصوص - انجام مانور واکنش در شرایط اضطراری - استفاده از پرسنل مجرب - دستورالعمل ایمنی - نظارت ایمنی سرپرستان
برشکاری پشم شیشه	گرد و غبار پشم شیشه	هنگام لایه گیری	حساسیتهای تنفسی	چهار بار در سال	حدود تماس شغلی عوامل بیماریزا (کمیته فنی بهداشت حرفه ای کشور)	استفاده از ماسک تنفسی مناسب و سیستم تهویه موضعی - تابلوهای MSDS - دستورالعمل ایمنی - نظارت ایمنی سرپرستان
انبارش و میکس مواد	صدا	صدا هنگام میکس مواد	افت شنوایی	پنج بار در سال	حدود تماس شغلی عوامل بیماریزا (کمیته فنی بهداشت حرفه ای کشور)	استفاده از گوشی حفاظتی مناسب در حین فعالیت - توجه به معاینات ادواری - دستورالعمل ایمنی - نظارت ایمنی سرپرستان
فعالیت در کارگاه	تماس با ترکیبات شیمیایی	استنشاق گازها و بخارات رزین، استایرن و ... ناشی از سیستم تهویه مطبوع نامناسب موجود در کارگاه	مشکلات ریوی و حساسیتهای تنفسی	چهار بار در سال	حدود تماس شغلی عوامل بیماریزا (کمیته فنی بهداشت حرفه ای کشور)	استفاده از لباس کار و ماسک تنفسی مناسب - سیستم تهویه عمومی و موضعی - تابلوهای MSDS - نظارت ایمنی سرپرستان

جدول ۴- نتایج شناسایی حالت نقص و تحلیل اثرات آن (FMEA) در کارگاه

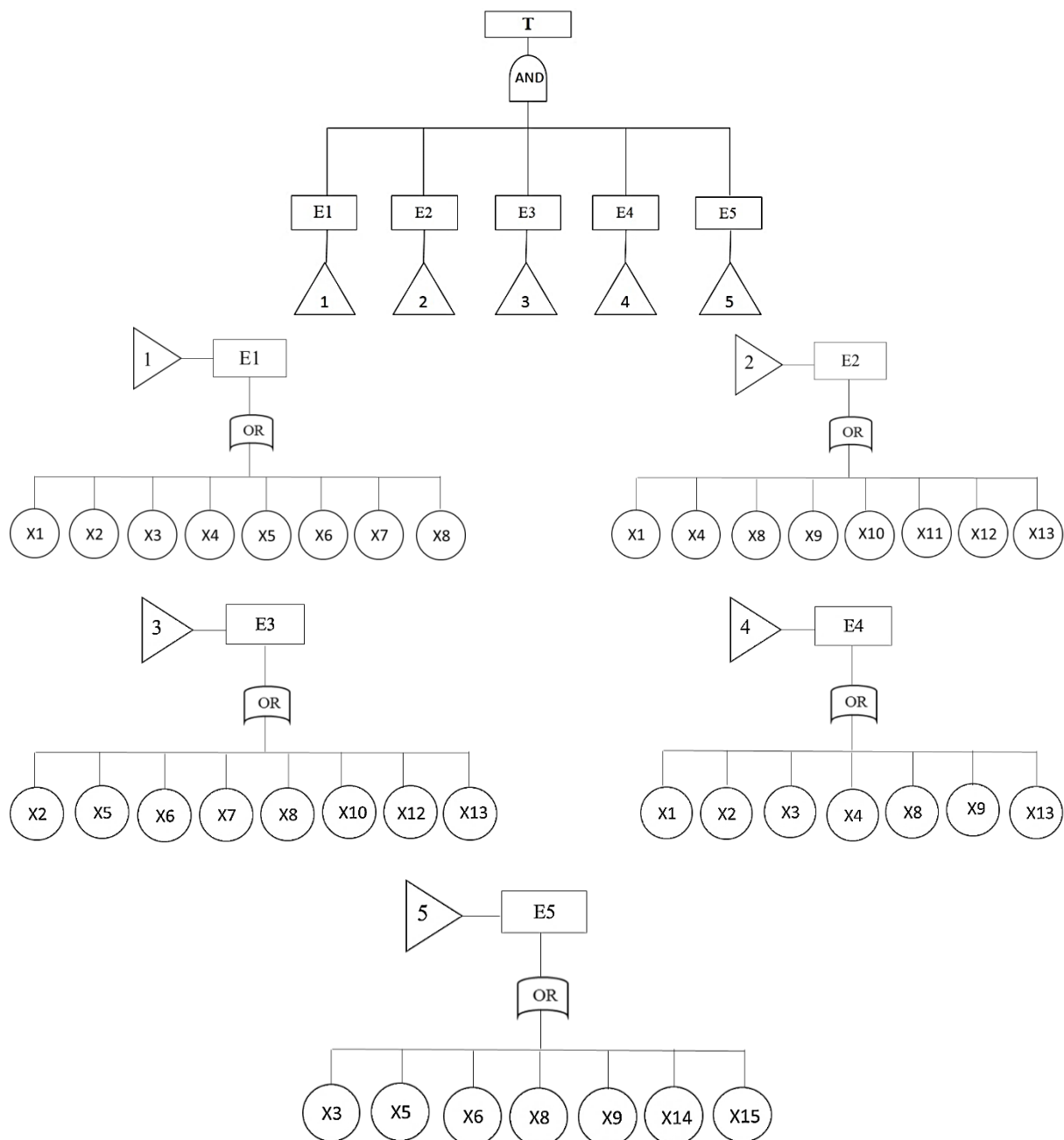
سطح ریسک	RPN	درجه تشخیص (کشف عیب)	نرخ وقوع خطر	شدت وقوع خطر	فعالیت کاری
قابل قبول	۲۴	۳	۲	۴	تولید قطعات فایبرگلاس و مواد زنی
قابل قبول	۴۰	۲	۵	۴	سنگ زنی قطعات
قابل قبول	۴۰	۲	۵	۴	ژلکوت پاشی
قابل قبول	۴۰	۲	۴	۵	برشکاری پشم شیشه
قابل قبول	۴۰	۲	۵	۴	انبارش و میکس مواد
قابل قبول	۹۶	۳	۴	۸	فعالیت در کارگاه

در جدول ۲ محاسبات عدد ریسک کانون‌های خطر شناسایی شده در کارگاه را نشان می‌دهد. بعد از اینکه کانون‌های خطر شناسایی گردید، بر اساس جداول و روش FMEA از طریق برگزار پل‌های تخصصی با حضور متخصصان ایمنی و افرادی عملیاتی مربوطه میزان شدت وقوع خطر، نرخ وقوع خطر و درجه تشخیص خطر برای تک تک کانون‌های شناسایی شده تعیین شد و از حاصل ضرب سه پارامتر مذکور، عدد الویت ریسک استخراج گردید.

نتایج مطالعه نشان داد که بیشترین عدد اولویت ریسک کارگاه مربوط به فعالیت در کارگاه (RPN=۹۶) می‌باشند. در این مقاله با استفاده از روش تحلیل درخت خطا اقدام به تعیین احتمال خطر در کارگاه فایبرگلاس شد. بر اساس مطالعات و بررسی‌های انجام شده در کارگاه رویدادهای میانی و رویدادهای اساسی تهیه شد که در جدول ۵ لیست این رویدادها نشان داده شده است. سپس با توجه به نتایج جدول، درخت خطای مربوطه رسم شده است (شکل ۳).

جدول ۵- رویدادهای میانی و اساسی در کارگاه فایبرگلاس ایران خودرو

نوع رویداد	نام رویداد	نماد رویداد
نهایی	ریسک (خطر) در کارگاه فایبرگلاس شرکت خودروسازی ایران خودرو	T
میانی	تولید قطعات فایبرگلاس و مواد زنی	E1
میانی	سنگ زنی قطعات	E2
میانی	ژلکوت پاشی	E3
میانی	برش کاری پشم شیشه	E4
میانی	انبارش و میکس مواد	E5
میانی	فعالیت در کارگاه	E6
اساسی	گرد و غبار	X1
اساسی	آتش سوزی	X2
اساسی	سقوط اقلام	X3
اساسی	تماس با اجسام تیز	X4
اساسی	تماس با ترکیبات شیمیایی در محل نگهداری مواد	X5
اساسی	تماس با ترکیبات حساسیت آور	X6
اساسی	لغزندگی و ناهمواری کف کارگاه	X7
اساسی	جابجایی اقلام سنگین	X8
اساسی	فشار بیش از حد به یکی از عضلات	X9
اساسی	صدا	X10
اساسی	ارتعاش	X11
اساسی	درگیری با قسمت‌های متحرک ماشین آلات	X12
اساسی	پرتاب اجسام	X13
اساسی	پاشش مواد	X14
اساسی	انفجار	X15



شکل ۳- درخت خطای مربوط به خطر کارگاه فایبرگلاس شرکت ایرانخودرو

• محاسبه خطا با استفاده از روش TESEO

در روش TESEO، خطای اپراتور به صورت تابعی با پنج پارامتر، تعریف می‌شود:

$$P = K1 \times K2 \times K3 \times K4 \times K5$$

P = احتمال وقوع خطای اپراتور

$K1$ = نوع کاری که انجام می‌شود

$K2$ = زمانی که اپراتور لازم دارد تا کار را انجام دهد.

$K3$ = ویژگی‌های فردی اپراتور، میزان تجربه یا مهارت اپراتور

$K4$ = عوامل روانی موثر در عکس العمل اپراتور

$K5$ = شرایط محیطی و عوامل ارگونومیکی محل کار

با توجه به اینکه بخش عمده‌ای از وقوع رویداد رأس به دلیل عکس‌العمل نامناسب و خطای اپراتور است، لذا این پارامتر با دقت بیشتری بررسی شده است. ضرایب در نظر گرفته شده برای خطای اپراتور در حالت‌های مختلف به شرح زیر است:
در مورد اپراتور آموزش ندیده یا تازه وارد:

$$K1=0.01, K2=0.1, K3=3, K4=3, K5=0.7$$

در مورد کار با قسمت‌های متحرک ماشین‌آلات:

$$K1=0.01, K2=0.5, K3=1, K4=1, K5=0.7$$

برای عکس‌العمل کند اپراتور:

$$K1=0.1, K2=0.1, K3=1, K4=3, K5=0.7$$

برای محاسبه احتمال خطای انسانی (HE) همان‌گونه که در بالا اشاره شد، باید حاصل ضرب ضرایب $K1$ تا $K5$ را محاسبه کرد:

$$P1=0.1 \times 0.1 \times 3 \times 3 \times 0.7 = 0.063$$

در مورد اپراتور آموزش ندیده یا تازه وارد:

$$P2=0.1 \times 0.5 \times 1 \times 1 \times 0.7 = 0.035$$

در مورد کار با قسمت‌های متحرک ماشین‌آلات:

$$P3=0.1 \times 0.1 \times 1 \times 3 \times 0.7 = 0.021$$

برای عکس‌العمل کند اپراتور:

$$HE=0.063 + 0.035 + 0.021 = 0.119$$

داده‌های نقص رویدادهای پایه در جدول ۶ ارائه شده است.

جدول ۶- احتمال نقص رویدادهای پایه

نوع رویداد	نام رویداد	نماد رویداد
نرخ نقص در سال	احتمال نقص	رویداد
۰/۰۰۶۵	۰/۰۰۶۳	X2
۰/۰۱۱	۰/۰۱۱	X3
۰/۰۲۳۶	۰/۰۲۱	X4
۰/۰۰۱	۰/۰۰۲۵	X5
۰/۰۰۲۴	۰/۰۰۲۱	X6
۰/۰۰۲۷	۰/۰۰۲۶۹	X7
۰/۰۰۳۵	۰/۰۰۳۵	X10
۰/۰۱	۰/۰۰۹۹۵	X11
۰/۰۰۳	۰/۰۰۲۹	X12
۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	X13
۰/۰۲۹۶	۰/۰۲۵۶	X14
۰/۱	۰/۰۹۵	X15

• احتمال وقوع رویداد رأس

با استفاده از جدول داده‌های نقص و معادله ارائه شده برای T، احتمال وقوع رویداد رأس محاسبه می‌شود:

$$P(T) = X2 \times X3 \times X4 \times X5 \times X6 \times X7 + X4 \times X10 \times X11 \times X12 \times X13 + X2 \times X5 \times X6 \times X7 \times X13 \times X14 + X2 \times X3 \times X4 \times X13 + X3 \times X5 \times X6 \times X14 = 0.063 \times 0.11 \times 0.21 \times 0.025 \times 0.021 \times 0.0269 + 0.21 \times 0.035 \times 0.0995 \times 0.029 \times 0.03 + 0.063 \times 0.025 \times 0.21 \times 0.256 + 0.063 \times 0.11 \times 0.21 \times 0.03 + 0.11 \times 0.025 \times 0.21 \times 0.256 = 0.5851$$

با فرض نمایی و منفی بودن تابع توزیع نقص برای رویداد رأس (انتخاب این توزیع با توجه به ثابت بودن نرخ نقص در زمان عملیات، کاملاً منطقی به نظر می‌رسد) و با در دست داشتن مقدار P معادل $0/5851$ و جاگذاری آن در تابع توزیع نقص و با فرض $t = 1$ زمان یکسال در نظر گرفته شده است مقدار λ یا نرخ نقص در واحد سال به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$P = 1 - e^{-\lambda t}$$

$$\lambda = -\text{Ln}(1 - P)$$

$$\lambda = -\text{Ln}(1 - 0/5851)$$

$$\lambda = 0/8797$$

$$\frac{1}{\lambda} = 1/1$$

این عدد احتمال یکبار نقص در هر ۱/۱ سال است.

بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه برای شناسایی خطرات در سه حوزه ایمنی، بهداشت و محیط زیست در کارگاه مورد مطالعه از روش FMEA استفاده شد که در مجموع ۶ فعالیت شامل تولید قطعات فایبرگلاس، موادزنی، سنگ‌زنی قطعات، ژلکوت‌پاشی، برشکاری پشم شیشه، انبارش و میکس مواد و فعالیت در کارگاه شناسایی شده و فعالیت تولید قطعات فایبرگلاس و انبارش و میکس مواد شامل بیشترین ریسک‌ها بوده و فعالیت در کارگاه شامل کمترین است. در این تحقیق یک رویکرد تلفیقی برای به‌دست آوردن اولویت ریسک‌ها با استفاده از روش FTA بدست آمده است. باتوجه به نواقص و کاستی‌های موجود در روش FMEA، مانند عدم قطعیت، سلیقه‌ای بودن، عدم لحاظ کردن گزینه‌های متعدد در تصمیم‌گیری با استفاده از این روش این نواقص تا حدودی بر طرف شده است.

در این مطالعه نتایج روش FMEA نشان می‌دهد که در ارزیابی اولیه ریسک، بالاترین عدد ریسک مربوط به ریسک آتش‌سوزی است و همچنین کمترین عدد ریسک مربوط به گرد و غبار، گرد و غبار پشم شیشه و پرتاب اجسام است. امیری و همکاران (۱۳۹۶) نیز برای ارزیابی ریسک‌های محیط زیستی، ایمنی و بهداشتی در مرحله ساخت سد و نیروگاه برق آبی بختیاری از روش FMEA با رویکرد فازی استفاده نمودند. مزیت رویکرد فازی نسبت به روش سنتی لحاظ کردن عدم قطعیت موجود در نظرات متخصصان و به کار بردن این اعداد فازی برای ارزیابی ریسک به روش FMEA است که از یکسان شدن عدد اولویت ریسک برای دو ریسک متفاوت جلوگیری می‌کند. در صورتی که در کل اهمیت موضوعی ریسک در روش سنتی نیز کاسته نمی‌شود. امیدوار و نیرومند (۱۳۹۶) نیز وزن سه ریسک فاکتور احتمال، شدت و قابلیت کشف به ترتیب اهمیت این مطالعه وزنی‌دهی نموده بودند. این موضوع نشان دهنده اهمیت بیشتر فاکتور شدت ریسک نسبت به سایر فاکتورهای دخیل در فرایند ارزیابی ریسک می‌باشد. در مطالعه‌ای وزدانی و همکاران در سال ۱۳۹۷ با هدف ارزیابی ریسک‌های زیست محیطی، ایمنی و بهداشتی مخازن ذخیره‌سازی میعانات گازی با استفاده از روش مشابه مطالعه حاضر به این نتیجه رسیدند که بالاترین رتبه ریسک مربوط به آتش‌سوزی بود که از لحاظ رتبه ریسک مشابه نتایج این مطالعه بود.

در نهایت برای جمع‌بندی این بخش باید گفت که از آنجایی که در این مطالعه، تعیین وزن‌ها بر اساس معیارهای در نظر گرفته شده وابسته به نظر کارشناس است، می‌تواند به عنوان یکی از ضعف‌های این روش برشمرده شود. زیرا ممکن است که با تغییر آن، عدد اولویت ریسک دستخوش تغییر شود. لذا برای مطالعات آتی توصیه می‌شود که با افزایش تعداد کارشناسان مجرب عدم قطعیت را در این زمینه کاهش داده شود. یا همچنین پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی اولویت‌بندی و وزن‌دهی به ریسک‌های شناسایی شده با استفاده از سایر روش‌های ارزیابی چند معیاره صورت گیرد و نتایج به‌دست آمده را با این مطالعه مقایسه شود تا روش بهینه‌ای انتخاب شود.

در بخش دوم این مطالعه با استفاده از روش تحلیل درخت خطا (FTA) ابتدا درخت خطا رسم شد و رویدادهای نهایی، میانی و اساسی تعیین شدند. روش تحلیل درخت خطا ابتدا به‌صورت کیفی انجام شد و درنهایت با استفاده از روش TESEO کمی شد. نتایج درخت خطا در مطالعه حاضر شامل یک رویداد نهایی و ۶ رویداد میانی و ۱۵ رویداد اساسی بود. در مطالعه‌ای مشابه جهانی و همکاران در سال ۱۳۹۶ جهت ارزیابی ریسک خودسوزی زغال‌سنگ در انبار زغال‌سنگ، با استفاده از روش تحلیل درخت خطا به ریشه‌یابی خطر خودسوزی زغال‌سنگ پرداخته شد. در مطالعه جهانی و همکاران یک رویداد نهایی و ۱ رویداد میانی و ۷ رویداد اساسی تعیین شد. دلیل این تفاوت نگرشی هدفی مطالعات بود که در مطالعه حاضر جامع‌تر و کامل‌تر بود. همچنین روش کمی نمودن درخت خطا در این روش متفاوت با رویکرد مطالعه حاضر بود.

در نهایت برای جمع‌بندی این بخش باید گفته شود که روش‌های متنوعی برای ارزیابی ریسک وجود دارد که هر یک دارای مزایا و معایبی وابسته به محیط مورد مطالعه هستند. بنابراین نمی‌توان با اطمینان هیچ روشی را رد یا تأیید نمود. این موضوع که روش در مکان یا کارگاه موردنظر تا چه حد از کارایی برخوردار است به شرایط بسیاری از جمله طراحی، ساختار، نوع فعالیت‌های آن مکان یا کارگاه و شرایط آن در داخل و پیرامون و سایر عوامل خاص آنجا (عوامل محیطی) بستگی دارد. همچنین راهکارها و اقدامات کنترلی نیز با توجه به شرایط خاص آن مکان یا کارگاه داده می‌شود. در واقع می‌توان گفت که این فرایند مانند نسخه‌ای است که با توجه به تک تک بیمارها متفاوت نوشته می‌شود.

همان‌طور که آشکار است مهمترین بخش در مدیریت ایمنی و ارزیابی ریسک، انتخاب اقدام کنترلی مناسب برای خطرات است. هدف از ارزیابی ریسک، شناسایی خطرات بالقوه موجود در سیستم و بیان ویژگی‌های هر خطر است. از مهمترین اهداف ارزیابی ریسک انتخاب اقدام کنترلی مناسب برای کاهش خطرات است. در روش‌های ارزیابی ریسک این مطالعه به ارزیابی ریسک فعالیت‌ها و یا شرایط خطرناک پرداخت شد. در حالی که اغلب اقدامات کنترلی مختص به یک فعالیت نبوده و در صورت اجراء مجموع ایی از فعالیت‌های خطرناک را پوشش می‌دهند.

پیشنهادات پژوهشی

- انجام این پژوهش با استفاده از انواع روش‌های ارزیابی ریسک و روش‌های ارزیابی چند معیاره
- انجام این پژوهش با روش‌هایی که نیازمند نظر کارشناسی نباشند و بتوان به صورت دقیق با دستگاه اهمیت ریسک‌ها را تعیین نمود. برای مثال روش شاخص انتخاب ارجحیت (PSI) از روش‌های ارزیابی چند معیاره است که نیازمند نظر کارشناس در هیچ موردی حتی در وزن دادن نیز نیست.
- انجام پژوهش‌های بیشتر به منظور اندازه‌گیری دقیق میزان ریسک‌های مانند صوت و ارتعاش که بتوان به صورت تخصصی تر با ریسک برخورد کرده و راهکارهای کنترلی تخصصی ارائه داد.
- انجام پژوهش به منظور بررسی میزان شعاع ریسک‌های خارجی و بررسی اثرات آن بر داخل کارگاه پیشنهادات اجرایی (کاربردی)

منابع

- امیری، مهران و اردشیر، عباسی، علی (۲۰۱۸). روش ترکیبی برای ارزیابی مخاطرات شغلی در پروژه‌های راه‌سازی. بهداشت و ایمنی کار، ۸(۴)، ۳۴۵-۳۵۸.
- بقایی، علی و مرادی قادی، بهار (۱۳۸۸). ارائه نرم‌افزاری برای مدیریت یکپارچگی خطوط لوله انتقال نفت و گاز، سومین همایش ملی مهندسی ایمنی و مدیریت HSE، تهران.
- پورخباز، حمیدرضا کاظمی؛ سوده، جوانمردی؛ سعیده و عیسی پوربان، زهرا (۱۳۹۰). بررسی بار آلودگی پساب کارخانه نمکزدایی نفت کارون اهواز، پنجمین همایش ملی مهندسی محیط زیست، تهران.
- جهانبانی، زینب؛ عطایی، محمد؛ سرشکی، فرهنگ؛ قنبری، کرامت (۲۰۱۷). ارزیابی ریسک خودسوزی زغال سنگ در انباشت گاه زغال به روش تحلیل درخت خطای فازی.
- جوزی، سید علی و پادش، امین (۱۳۸۵). ارزیابی و مدیریت ریسک و نقش آن در بهبود سیستم مدیریت HSE، اولین کنفرانس بین‌المللی مدیریت و برنامه‌ریزی انرژی، مؤسسه پژوهش در مدیریت و برنامه‌ریزی انرژی و گروه مهندسی صنایع پردیس دانشکده فنی دانشگاه. ۱۳۸۵ خرداد ۳۱ - ۳۰، تهران.
- جوزی، سیدعلی و کعب زاده، ایرانخواهی (۲۰۱۰). ارزیابی و مدیریت خطر ایمنی، بهداشتی و زیست محیطی شرکت لوله سازی اهواز به روش «ویلیام فاین». مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی ایلام، ۱۱(۱)، ۸-۱.
- شریفی، سید روح‌اله و رضویان، فاطمه (۲۰۲۰). شناسایی خطرات و شبیه‌سازی پیامد حوادث احتمالی ناحیه مخازن و فلر پالایشگاه گاز ایلام به روش ETBA و نرم افزار PHAST فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۲۲(۸)، ۳۰۹-۳۲۲.
- کریم‌زاده، زینب و عباسی، منصوره (۱۳۹۵). ارزیابی ریسک‌های بهداشت شغلی، ایمنی و محیط زیست (HSE) در صنایع با نگرشی بر توسعه پایدار، هشتمین همایش ملی و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست، تهران.
- محسن، امیدوار و فرشته نیرومند (۱۳۹۶). فصلنامه بهداشت و ایمنی کار جلد ۱-۱ شماره ۷.
- وزدانی، صغری؛ صغری، سبزیبایی؛ دشتی، سولماز؛ چراغی، میترا؛ علیزاده، رضا و همتی، اعظم (۱۳۹۵). کاربرد مدل FMEA جهت ارزیابی

ریسک‌های زیست‌محیطی، ایمنی و بهداشتی مخازن ذخیره‌سازی میعانات گازی شرکت پالایش گاز پارسین. مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان ۱۷(۴)، ۳۴۵-۳۵۸.

- Bhattacharjee, P., Dey, V., & Mandal, U. K. (2020). Risk assessment by failure mode and effects analysis (FMEA) using an interval number based logistic regression model. *Safety Science*, 132(July), 104967. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104967>
- Fayerweather, W. E., Bender, J. R., Hadley, J. G., & Eastes, W. (1997). Quantitative risk assessment for a glass fiber insulation product. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 25(2), 103-120. <https://doi.org/10.1006/rtp.1997.1087>
- Gul, M., Yucesan, M., & Celik, E. (2020). A manufacturing failure mode and effect analysis based on fuzzy and probabilistic risk analysis. *Applied Soft Computing Journal*, 96, 106689. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2020.106689>
- Held, M., & Brönnimann, R. (2016). Safe cell, safe battery? Battery fire investigation using FMEA, FTA and practical experiments. *Microelectronics Reliability*, 64, 705-710. <https://doi.org/10.1016/j.microrel.2016.07.051>
- Hosseini, N., Givehchi, S., & Maknoon, R. (2020). Cost-based fire risk assessment in natural gas industry by means of fuzzy FTA and ETA. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 63, 104025. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2019.104025>
- Hussain, I., Ali, B., Akhtar, T., Jameel, M. S., & Raza, S. S. (2020). Comparison of mechanical properties of concrete and design thickness of pavement with different types of fiber-reinforcements (steel, glass, and polypropylene). *Case Studies in Construction Materials*, 13, e00429. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2020.e00429>
- Li, Y., Lin, Z., Jiang, A., & Chen, G. (2004). Experimental study of glass-fiber mat thermoplastic material impact properties and lightweight automobile body analysis. *Materials and Design*, 25(7), 579-585. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2004.02.018>
- Liu, C. T., Hwang, S. L., & Lin, I. K. (2013). Safety analysis of combined FMEA and FTA with computer software assistance - Take photovoltaic plant for example. In *IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline)* (Vol. 46, Issue 9). IFAC. <https://doi.org/10.3182/20130619-3-RU-3018.00370>
- Mutlu, N. G., & Altuntas, S. (2019). Risk analysis for occupational safety and health in the textile industry: Integration of FMEA, FTA, and BIFPET methods. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 72(May), 222-240. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2019.05.013>
- Peeters, J. F. W., Basten, R. J. I., & Tinga, T. (2018). Improving failure analysis efficiency by combining FTA and FMEA in a recursive manner. *Reliability Engineering and System Safety*, 172(November 2017), 36-44. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2017.11.024>
- Wang, L., Yan, F., Wang, F., & Li, Z. (2021). FMEA-CM based quantitative risk assessment for process industries—A case study of coal-to-methanol plant in China. *Process Safety and Environmental Protection*, 149, 299-311. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.10.052>
- Wang, W., Liu, X., Chen, X., & Qin, Y. (2019). Risk assessment based on hybrid FMEA framework by considering decision maker's psychological behavior character. *Computers and Industrial Engineering*, 136(July), 516-527. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.07.051>
- Zhou, C., Shi, S. Q., Chen, Z., Cai, L., & Smith, L. (2018). Comparative environmental life cycle assessment of fiber reinforced cement panel between kenaf and glass fibers. *Journal of Cleaner Production*, 200, 196-204. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.200>