



وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور

**ارزیابی جامع خشکیدگی تالابها
با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و سنجش از دور
(رویکردی نوین برای مدیریت پایدار تالابها)**

نگارش:

سکینه لطفی نسب اصل، محمد خسروشاهی، سمیرا زندی‌فر و مریم نعیمی
اعضای هیئت علمی مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور

عنوان طرح منتج به دستورالعمل فنی	کد مصوب
پایش روند خشکیدگی تالاب جازموریان و نقش آن در تولید گردوغبار	۹۵۰۱۱۳-۰۰۶-۰۹-۰۹-۰



عنوان دستورالعمل: ارزیابی خشکیدگی تالابها با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و سنجش از دور: رویکردی نوین برای مدیریت پایدار تالابها
نویسندگان:

سکینه لطفی نسب اصل - استادیار پژوهش بخش تحقیقات بیابان، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
محمد خسروشاهی - استاد پژوهش بخش تحقیقات بیابان، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
سمیرا زندی فر - استادیار پژوهش بخش تحقیقات بیابان، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
مریم نعیمی - استادیار پژوهش بخش تحقیقات بیابان، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
تهیه شده در: مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور / اداره ترویج و انتقال یافته‌های تحقیقاتی / بخش تحقیقات بیابان

مدیر داخلی: فاطمه عباسپور

ویراستار ادبی: اصغر احمدی

صفحه آرا: مریم نوبخت

نشانی: بزرگراه تهران-کرج، خروجی پیکانشهر، شهرک سرو آزاد، خیابان شهید گودرزی، بلوار باغ گیاه‌شناسی ملی ایران، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور.

صندوق پستی: ۱۳۱۸۵-۱۱۶. **تلفن:** ۵-۴۴۷۸۷۲۸۲-۰۲۱ **وبسایت:** www.rifr-ac.ir

نوبت و سال انتشار: اول - ۱۴۰۳

این نشریه به شماره ۶۶۳۸۳ در تاریخ ۱۴۰۳/۰۹/۰۴ در مرکز اطلاعات و مدارک علمی

کشاورزی به ثبت رسیده است.

ISBN : 978-964-473-562-2



9 789644 735622

فهرست

۱	مقدمه
۳	مراحل گام به گام اجرای دستورالعمل
۶	عوامل مؤثر بر خشکیدگی تالاب‌ها
۷	بررسی داده‌های اقلیمی در سطح حوضه آبریز تالاب
۳۲	نتیجه‌گیری
۳۴	توصیه‌های فنی
۳۶	آنچه که از اجرای دستورالعمل می‌توان انتظار داشت
۳۷	منابع

مخاطبان

مدیران و کارشناسان منابع طبیعی، مسئولان حفاظت از تالابها، دانشجویان، محققان و علاقه‌مندان به محیط‌زیست

شما با مطالعه این دستورالعمل با موارد زیر آشنا می‌شوید:

ارائه روشی جامع و گام به گام برای بررسی علل خشکیدگی تالابها
اتخاذ برنامه‌ها و سیاست‌های مؤثر برای حفاظت و بازسازی اکوسیستم‌های طبیعی

مقدمه

تالاب‌ها، به عنوان نگین‌های آبی در طبیعت، نقشی حیاتی در حفظ تعادل اکوسیستم ایفا می‌کنند، این اکوسیستم‌های منحصربه‌فرد، محل امنی برای تنوع‌زیستی بی‌نظیری از گیاهان، جانوران و میکروارگانیسم‌ها هستند. تالاب‌ها با تصفیه آب، کنترل سیل، تعدیل آب و هوا و ذخیره کربن خدمات ارزشمندی به انسان‌ها ارائه می‌دهند، با این حال، این گنجینه‌های طبیعی و اکوسیستم‌های مهم و حیاتی در معرض خطر خشکیدگی قرار دارند و شناسایی علل خشکیدگی آنها برای مدیریت و حفاظت از این اکوسیستم‌ها ضروریست.

خشکیدگی تالاب‌ها پیامدهای ناگوار زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی به دنبال دارد، به‌طوری‌که از بین رفتن تالاب‌ها، به معنای از دست رفتن تنوع‌زیستی، افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای و اختلال در چرخه آب است، این موضوع می‌تواند به سیل، فرسایش خاک و بیابان‌زایی منجر شود. علاوه بر این، خشکیدگی تالاب‌ها، منبع معیشت جوامع محلی را که به صید، کشاورزی و گردشگری وابسته هستند از بین می‌برد.

حفاظت از تالاب‌ها، به عنوان یک ضرورت حیاتی برای حفظ سلامت سیاره زمین و تضمین آینده‌ای پایدار، نیازمند اقدامات فوری و جامع از سوی همه ذینفعان است، این اقدامات شامل، ترویج آگاهی عمومی در مورد اهمیت تالاب‌ها و خطرات خشکسالی، تقویت قوانین و مقررات مربوط به حفاظت از تالاب‌ها، استفاده از روش‌های مدیریت پایدار منابع آب، احیای تالاب‌های تخریب‌شده و آسیب‌دیده و حمایت از جوامع محلی در تلاش‌هایشان برای حفظ تالاب‌ها با تعهد به حفاظت از تالاب‌ها می‌باشد؛ بنابراین طبق توضیحات بالا می‌توانیم به حفظ تنوع‌زیستی، ارتقای سلامت اکوسیستم و تضمین یک آینده پایدار برای نسل‌های آینده کمک کنیم.

۲ / ارزیابی جامع خشکیدگی تالاب‌ها
با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و سنجش از دور
(رویکردی نوین برای مدیریت پایدار تالاب‌ها)

تالاب جازموریان، در سال‌های اخیر با چالش خشکسالی و خشک شدن روبرو شده است. این پدیده نگران‌کننده، ضررهای جبران‌ناپذیری به محیط‌زیست، اقتصاد و معیشت مردم منطقه وارد کرده است.

درک عمیق علل این فاجعه زیست‌محیطی، گامی ضروری برای احیای تالاب و جلوگیری از تکرار چنین فاجعه‌ای در دیگر تالاب‌های کشور است.

اهداف

این دستورالعمل، روشی جامع و گام به گام برای انجام تحقیق برای بررسی علل خشکیدگی تالاب‌ها ارائه می‌دهد. این روش با الهام از مطالعه موردی ارائه شده در گزارش «شناسایی علل خشکیدگی تالاب جازموریان و نقش آن در تولید گردوغبار» و با بهره‌گیری از روش‌های مختلف و تلفیقی برای مدیران و کارشناسان منابع طبیعی، مسئولان حفاظت از تالاب‌ها، دانشجویان، محققان و علاقه‌مندان به محیط‌زیست تدوین شده است. استفاده از روش‌های تلفیقی امکان شناسایی و تحلیل همه‌جانبه عوامل خشکیدگی را فراهم می‌کند تا بتوان برنامه‌ها و سیاست‌های مؤثری برای حفاظت و بازسازی این اکوسیستم‌های ارزشمند طبیعی اتخاذ کرد.

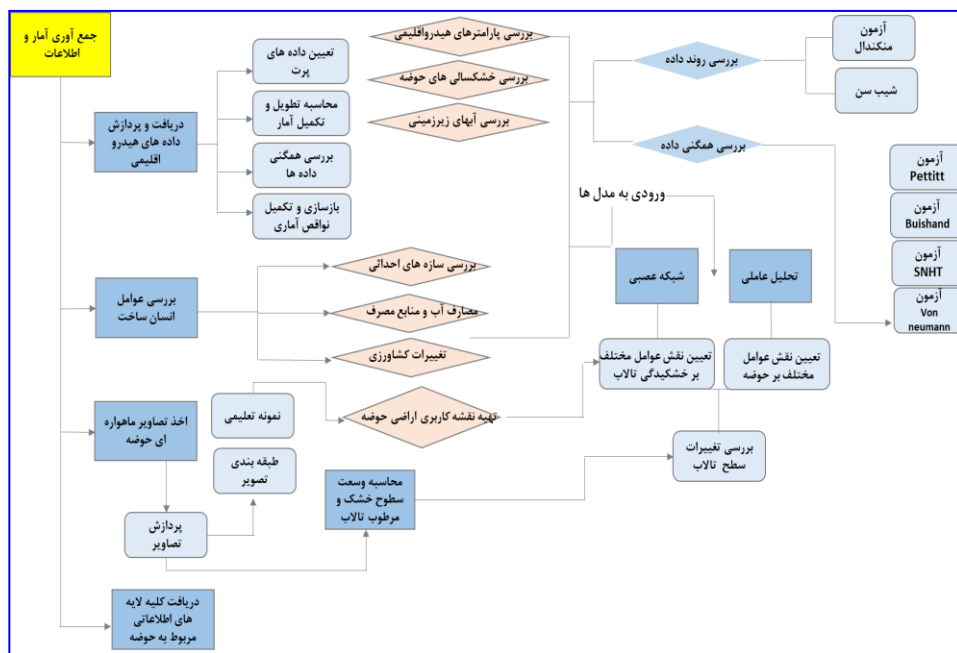
اهداف این دستورالعمل به‌طور کلی عبارتند از:

- ✓ ایجاد الگویی برای شناسایی و علل خشکیدگی تالاب‌ها.
- ✓ شناسایی و تحلیل عوامل مؤثر بر خشکیدگی تالاب جازموریان از طریق به‌کارگیری رویکردهای تلفیقی
- ✓ ارائه راه‌حل‌های علمی و عملی برای احیای تالاب

ارزیابی جامع خشکیدگی تالاب‌ها / ۳
 با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و سنجش از دور
 (رویکردی نوین برای مدیریت پایدار تالاب‌ها)

مراحل گام به گام اجرای دستورالعمل

برای بررسی و شناسایی عوامل خشکیدگی تالاب جازموریان، از روش‌های مختلفی مطابق شکل ۱ می‌توان استفاده کرد.



شکل ۱- مدل مفهومی شناسایی و تحلیل عوامل خشکیدگی تالاب جازموریان

اصول و مبانی نظری

تعاریف اهمیت و کارکرد تالاب

تالاب‌ها به عنوان اکوسیستم‌هایی که در حدفاصل خشکی و آب قرار دارند، نقشی حیاتی در سلامت سیاره ما ایفا می‌کنند. این پهنه‌های آبی، چه دائمی و چه موقت، شور، لب‌شور یا

۴ / ارزیابی جامع خشکیدگی تالابها
با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و سنجش از دور
(رویکردی نوین برای مدیریت پایدار تالابها)

شیرین، محل امنی برای تنوع‌زیستی منحصربه‌فرد و ارائه دهنده خدمات ارزشمندی به جوامع بشری هستند. معمولاً عمق آنها در پایین‌ترین حد جزر از ۶ متر تجاوز نمی‌کند.

تنوع‌زیستی

تالاب‌ها به دلیل دارا بودن تنوع‌زیستی فوق‌العاده، از جمله مهمترین اکوسیستم‌های کره زمین به شمار می‌روند، این گنجینه‌های طبیعی، زیستگاه طیف گسترده‌ای از گیاهان، جانوران و میکروارگانیسم‌ها هستند؛ از پرندگان مهاجر گرفته تا ماهی‌ها، دوزیستان، حشرات و گیاهان آبی. بنابراین تالاب‌ها بستر حیات موجودات بی‌شماری را فراهم می‌کنند.

کارکردهای حیاتی

نقش تالاب‌ها در حفظ سلامت سیاره ما فراتر از تنوع‌زیستی است، این اکوسیستم‌های ارزشمند خدمات حیاتی متعددی را به انسان‌ها ارائه می‌دهند، از جمله:

کنترل سیل

تالاب‌ها مانند اسفنج عمل کرده و آب‌های اضافی ناشی از بارندگی و سیل را جذب و ذخیره می‌کنند و به این ترتیب از طغیان رودخانه‌ها و سیلاب‌ها جلوگیری می‌نمایند.

تصفیه آب

تالاب‌ها با تصفیه طبیعی آب، آلودگی‌ها را از بین می‌برند و به حفظ کیفیت آب‌های آشامیدنی و کشاورزی کمک می‌کنند.

ارزیابی جامع خشکیدگی تالابها / ۵
با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و سنجش از دور
(رویکردی نوین برای مدیریت پایدار تالابها)

تغذیه آب‌های زیرزمینی

آب ذخیره شده در تالاب‌ها به تدریج به سفره‌های آب زیرزمینی نفوذ کرده و به این ترتیب آبخوان‌ها را تغذیه می‌کنند.

تنظیم آب و هوا

تالاب‌ها با تبخیر و تعرق آب، به تنظیم دمای هوا و رطوبت محیط کمک می‌کنند.

محل تفریح و گردشگری

تالاب‌ها با چشم اندازهای زیبا و تنوع‌زیستی منحصر به فرد، مکان‌های مناسبی برای تفریح، گردشگری و گذران اوقات فراغت هستند.

تصفیه‌کننده‌های طبیعی

تالاب‌ها نقش مهمی در تنظیم چرخه مواد مغذی و حفظ کیفیت آب دارند. آن‌ها می‌توانند مواد مغذی اضافی مانند نیترژن و فسفر را که می‌تواند منجر به آلودگی آب شود، ذخیره و حذف کنند. تالاب‌ها همچنین کربن را جذب و ذخیره می‌کنند و به این ترتیب به کاهش تغییرات آب و هوایی کمک می‌نمایند. علاوه بر این، تالاب‌ها می‌توانند فلزات سنگین و سایر آلاینده‌ها را از آب فیلتر کرده و رسوب دهند.

تالاب‌ها در معرض خطر

با وجود ارزش‌های فراوان، تالاب‌ها در سراسر جهان با خطرات متعددی از جمله آلودگی، تخریب زیستگاه، تغییرات اقلیمی و برداشت بی‌رویه آب روبرو هستند، بنابراین از بین رفتن تالاب‌ها نه تنها تنوع زیستی را به خطر می‌اندازد، بلکه خدمات حیاتی آن‌ها را نیز از بین می‌برد.

مسئولیت حفظ تالاب‌ها

حفاظت از تالاب‌ها نیازمند تعهد و اقدام جهانی است، ما می‌توانیم با کاهش آلودگی، استفاده پایدار از منابع آب، حمایت از تالاب‌های باقی‌مانده و احیای تالاب‌های تخریب‌شده، به حفظ این گنجینه‌های ارزشمند کمک کنیم.

با درک اهمیت تالاب‌ها و نقش حیاتی آن‌ها در سلامت سیاره زمین، می‌توانیم گامی مؤثر در جهت حفظ محیط‌زیست و تضمین آینده‌ای پایدار برای نسل‌های آینده برداریم.

عوامل مؤثر بر خشکیدگی تالاب‌ها

خشکیدگی دریاچه‌ها و تالاب‌ها از مصادیق اصلی عدم نهادینه شدن مدیریت یکپارچه منابع آب و تخریب سرزمین در بسیاری از کشورهای جهان است. در این راستا عوامل محیطی و تغییرات اقلیمی بر شدت این تخریب‌ها افزوده است. دلایل خشکیدگی تالاب‌ها بسیار گسترده و متنوع می‌باشند. مهمترین عواملی که منجر به خشکیدگی تالاب‌ها شده است، شامل عوامل اکولوژیکی، مدیریتی، اقتصادی و اجتماعی می‌باشد.

ارزیابی جامع خشکیدگی تالاب‌ها / ۷
با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و سنجش از دور
(رویکردی نوین برای مدیریت پایدار تالاب‌ها)

برخی عوامل تخریب و تهدید تالاب‌های ایران عبارتند از:

- ✓ بهره‌برداری بیش از حد از آب‌های سطحی و زیرزمینی
- ✓ عدم نگرش‌های حوضه‌ای و وجود دیدگاه‌های فقط منطقه‌ای و متعصبانه
- ✓ احداث غیر اصولی سدها بر روی رودخانه‌های منتهی به تالاب‌ها
- ✓ تخریب پوشش گیاهی
- ✓ چرای مفرط و بی‌رویه دام
- ✓ شرایط اقلیمی و خشکسالی‌های اخیر
- ✓ رسوبات حمل شده به تالاب توسط باد و حرکت ماسه‌های روان

بررسی داده‌های اقلیمی در سطح حوضه آبریز تالاب

جمع‌آوری داده‌ها

ابتدا برای بررسی روند تغییرات پارامترهای هیدرواقليمی در منطقه مطالعاتی، آمار ماهیانه ایستگاه‌های مختلف سینوپتیک، کلیماتولوژی، باران سنجی، تبخیرسنجی، هیدرومتری و چاه‌های پیزومتریک از سازمان‌های مربوط گرفته شود. در این مطالعه از اطلاعات سازمان هواشناسی و دفتر مطالعات منابع آب کشور اطلاعات دریافت شد.

تعیین داده‌های پرت

به‌منظور کنترل‌آمار و حذف داده‌های پرت بطور معمول از آزمون‌اوت‌لایر استفاده می‌شود. اگرچه روش‌های دیگری مثل آزمون Z و چارک‌ها نیز برای اینکار معرفی شده است. در روش انجمن منابع آب آمریکا (USWRC، ۱۹۸۲) برای ابقاء یا حذف داده‌های پرت ابتدا چولگی

۸ / ارزیابی جامع خشکیدگی تالابها
با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و سنجش از دور
(رویکردی نوین برای مدیریت پایدار تالابها)

داده‌ها محاسبه می‌شود چنانچه مقدار چولگی از $+0.4$ بیشتر بود آزمون برای داده‌های پرت بالا انجام می‌شود و چنانچه از -0.4 کمتر بود آزمون برای داده‌های پرت از پایین شروع می‌شود. اگر مقدار چولگی در دامنه دو حد فوق قرارگیرد آزمون مربوطه برای هر دو وضعیت داده‌های بالا و پایین انجام می‌شود.

▪ برای تعیین آستانه اوت‌لایرهای بالا از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$YH = Y + knSy$$

YH = آستانه اوت‌لایر بالا kn = ضریبی است که از جدول مربوطه به تعداد داده‌ها انتخاب می‌شود. Sy = انحراف از معیار داده‌ها

مقدار به دست آمده پس از آنتی‌لگاریتم گرفتن با بزرگترین داده‌ها مقایسه می‌شود چنانچه داده‌های مشاهده شده بزرگتر از YH بود حذف می‌شوند در غیر این صورت داده‌ای از بالا حذف نمی‌شود.

▪ برای آزمون داده‌های پایین از معادله زیر استفاده می‌شود.

$$YL = Y - KnSy$$

YL = آستانه اوت‌لایرهای پایین به صورت لگاریتمی، در این قسمت هم پس از مقایسه مقدار YL با داده‌های پایین مشاهده شده، چنانچه داده‌های مشاهداتی از YL کمتر باشند حذف می‌شوند در غیر این صورت داده‌ها به همان وضعیت اولیه برای تجزیه و تحلیل‌های بعدی باقی می‌مانند.

ارزیابی جامع خشکیدگی تالابها / ۹
با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و سنجش از دور
(رویکردی نوین برای مدیریت پایدار تالابها)

تعیین تعداد سال‌های مجاز برای تطویل آمار

در هر مطالعه‌ای برای تطویل آمار هیدرومتری یا اقلیمی باید مشخص شود که تا چند سال مجاز به تطویل و تولید آمار می‌باشیم، برای این کار روابطی معرفی شده است که معروفترین آنها روش سازمان جهانی هواشناسی (WMO، ۱۹۸۲) است. در این روش برای تعیین سال‌های مجاز تطویل از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$N_e = \frac{N_s + N_{ext}}{1 + \left(\frac{N_{ext}}{N_s - 2} \right) (1 - R^2)}$$

N_e = طول دوره آمار جدید + آمار ایستگاه کوتاه مدت، N_s = طول دوره آمار ایستگاه با آمار کوتاه، N_{ext} = تفاوت طول دوره آمار ایستگاه بلند مدت و کوتاه مدت، R = ضریب همبستگی اعداد طبیعی یا لگاریتمی (هر کدام بیشتر بود)، اگر $N_s > N_e$ باشد می‌توانیم از این رابطه استفاده کنیم.

آزمون توالی

معمولاً عوامل مختلفی مانند تغییر محل اندازه‌گیری، تغییر اشخاص مسئول، قرائت داده‌ها، منظم نبودن زمان اندازه‌گیری، تعویض دستگاه‌ها و تغییرات شدید موضعی آب و هوای یک منطقه ممکن است باعث ناهمگنی در داده‌ها شود. برای بررسی همگنی داده‌ها، روش‌ها و آزمون‌های مختلفی وجود دارند که از میان روش‌های گرافیکی می‌توان به روش منحنی جرم مضاعف و از میان روش‌های عددی به آزمون توالی یا ران تست اشاره کرد که بایستی مورد استفاده قرار بگیرند (علیزاده، ۱۳۸۲).

محاسبه متوسط پارامترهای اقلیمی منطقه مطالعاتی در مقیاس ماهانه و سالانه در دوره آماری مورد مطالعه

روش‌های مختلفی برای محاسبه متوسط پارامترهای هیدرواقليمی وجود دارد که شامل روش‌های میانگین حسابی، روش تیسن، روش خطوط همباران و روش هیپسومتریک می‌باشد (علیزاده، ۱۳۷۱). در مناطق با پستی و بلندی کم معمولاً از روش تیسن استفاده می‌شود و از سویی در روش تیسن با محاسبه ضریب وزنی هر ایستگاه می‌توان پارامترهای اقلیمی مختلف در زمان‌های متفاوت را در سطح حوضه محاسبه کرد.

استفاده از شاخص‌های خشکسالی هواشناسی (CZI & SPI) و هیدرولوژی (SDI)

خشکسالی یکی از مهمترین عوامل مؤثر بر خشک شدن تالاب‌ها در سراسر جهان است. کاهش بارندگی، افزایش تبخیر و کاهش جریان‌های آبی سطحی و زیرزمینی ناشی از خشکسالی، به‌طور مستقیم بر کاهش سطح آب تالاب‌ها و در نهایت خشک شدن آنها تأثیر می‌گذارد. بنابراین، بررسی دقیق و جامع دوره‌های خشک و تر و شدت خشکسالی در یک منطقه، گام نخست برای درک بهتر دلایل خشک شدن تالاب‌ها و ارائه راهکارهای مناسب برای احیای آنها تالاب‌ها است که بایستی بررسی شوند. به‌منظور بررسی دقیق‌تر نقش خشکسالی در خشکیدگی تالاب‌ها، بطور معمول از شاخص‌های خشکسالی هواشناسی (CZI و SPI) و هیدرولوژیکی (SDI) به کمک نرم‌افزار DIP استفاده می‌شود. این شاخص‌ها به ترتیب نشان‌دهنده شدت و مدت خشکسالی در جو و در رودخانه‌ها هستند. (جدول ۱).

ارزیابی جامع خشکیدگی تالابها / ۱۱
 با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و سنجش از دور
 (رویکردی نوین برای مدیریت پایدار تالابها)

جدول ۱- حدود شاخص‌های خشکسالی و وضعیت رخداد

وضعیت رخداد	CZI, SPI & SDI
ترسالی بسیار شدید	کمتر از ۲
ترسالی شدید	۱/۵ تا ۱/۹۹
ترسالی معمولی	۱ تا ۱/۴۹
سال نرمال	۰/۹۹ تا ۰/۹۹
خشکسالی معمولی	۱- تا ۱/۴۹-
خشکسالی شدید	۱/۵- تا ۱/۹۹-
خشکسالی بسیار شدید	بیشتر از ۲-

بررسی عوامل مؤثر بر تغییرات سطوح خشک و مرطوب تالابها

درک عمیق از دلایل خشکیدگی تالابها مستلزم بررسی دقیق عوامل مؤثر بر بیلان آبی این اکوسیستم‌ها است. در این مورد مهمترین عامل، تغییرات در حجم و جریان آب ورودی به تالاب می‌باشد.

✓ کاهش جریان‌های ورودی به تالاب به دلیل عوامل مختلفی مانند تغییر اقلیم، افزایش برداشت آب برای مصارف کشاورزی و صنعتی، ساخت سد و سازه‌های آبی و تغییر کاربری اراضی، می‌تواند به‌طور مستقیم بر کاهش سطح آب تالاب و در نهایت خشکیدگی آن تأثیرگذار باشد. به‌منظور بررسی دقیق‌تر علل خشکیدگی تالاب، داده‌های جریان و حجم آب ورودی به تالاب از ایستگاه‌های هیدرومتری موجود در حوضه آبریز جمع‌آوری و تحلیل می‌شود.

۱۲ / ارزیابی جامع خشکیدگی تالابها
با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و سنجش از دور
(رویکردی نوین برای مدیریت پایدار تالابها)

✓ با توجه به نقش کلیدی سدها در مدیریت منابع آب، تامین حقایق تالابها و نقش آنها در خشکیدگی تالابها، بررسی تغییرات تعداد و ظرفیت سدهای احداث شده در حوضه‌های آبریز نیز ضروری است.

✓ یکی از عوامل اصلی مؤثر در خشکیدگی تالابها، افزایش برداشت آب از منابع زیرزمینی در حوضه آبریز است. برداشت بی‌رویه آب برای مصارف کشاورزی، صنعتی و شرب، باعث کاهش سطح آب زیرزمینی و کاهش جریان پایه رودخانه‌ها و ورودی آب به تالاب می‌شود. بنابراین، بررسی میزان برداشت آب و تأثیر آن بر نوسانهای سطح آب زیرزمینی، گامی ضروری در شناخت دلایل خشکیدگی تالابهاست.

✓ بررسی وضعیت پوشش زمین و کاربری اراضی محدوده تالابها نیز یکی دیگر از موارد ضروری برای مطالعه تغییرات وضعیت تالاب است. یکی از عوامل کلیدی که به‌طور مستقیم بر وضعیت تالابها تأثیر می‌گذارد، تغییرات کاربری اراضی در سطح حوضه آبریز است، تغییراتی مانند تبدیل اراضی طبیعی به کشاورزی، توسعه مناطق مسکونی و صنعتی و ساخت‌وسازهای بی‌رویه، می‌تواند به‌طور قابل توجهی بر الگوهای هیدرولوژیکی، کیفیت آب و در نهایت بقای تالابها تأثیر بگذارد. در این مورد استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و تکنیک‌های دورسنجی به دلیل صرف هزینه و زمان کمتر می‌تواند کمک شایانی در زمینه پایش کلی تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین داشته باشد (حمید و احمد، ۲۰۱۴؛ زسوزانا و همکاران، ۲۰۰۵؛ کالرسون و آزوفیفا، ۱۹۹۹). از این رو برای بررسی تغییرات مکانی و زمانی تالابها، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نرم‌افزارهای پردازش تصویر مانند ENVI، این امکان را فراهم می‌آورد تا تغییرات مکانی و زمانی تالاب به صورت دقیق و کمی اندازه‌گیری گردد و

ارزیابی جامع خشکیدگی تالابها / ۱۳
با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و سنجش از دور
(رویکردی نوین برای مدیریت پایدار تالابها)

روند تغییرات سطوح خشک و مرطوب تالاب به صورت تصویری و نموداری نمایش داده شود.

✓ خشکیدگی تالابها یک معضل جدی و پیچیده است که نیاز به تحلیل دقیق دارد. یکی از ابزارهای پیشرفته برای شناسایی و کمی‌سازی تأثیرات مختلف، استفاده از هوش مصنوعی (AI) و شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN) است. این شبکه‌ها به دلیل توانایی در مدل‌سازی روابط پیچیده بین متغیرها، به ویژه در تحلیل مسائل محیطی مانند خشکیدگی تالابها، بسیار مفید هستند. این شبکه‌ها با قابلیت تحلیل داده‌های پیچیده و شناسایی الگوها، می‌توانند عوامل مؤثر بر خشکیدگی تالابها را شناسایی و میزان اثرگذاری هر یک را اندازه‌گیری کنند. شبکه‌های عصبی مصنوعی، با استفاده از داده‌های موجود مانند میزان بارش، دمای هوا، مصرف آب در مناطق اطراف تالابها و سایر عوامل محیطی، مدلی دقیق و جامع از وضعیت تالابها ارائه می‌دهند. این مدل‌ها می‌توانند پیش‌بینی‌های دقیقی ارائه داده و هشدارهای لازم را برای جلوگیری از خشکیدگی تالابها ارائه دهند. این تحلیل می‌تواند به مدیریت بهتر منابع آب و تدوین استراتژی‌های مناسب برای حفاظت از تالابها کمک کند.

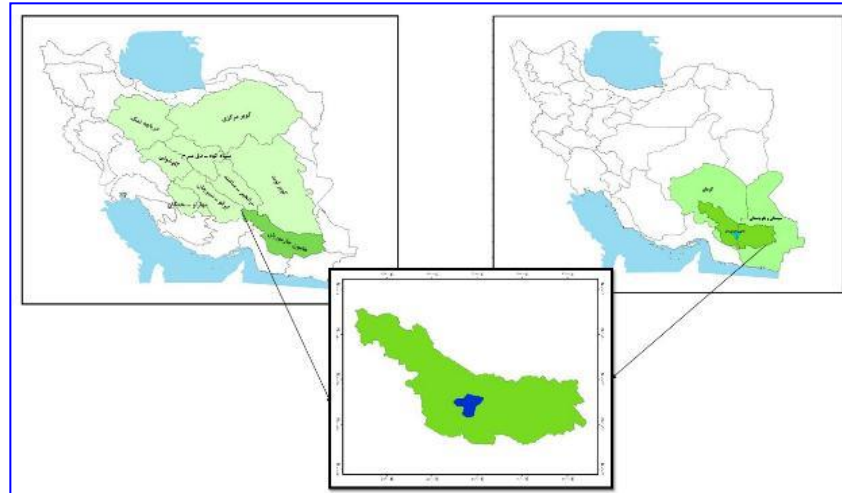
✓ تحلیل عاملی (Factor Analysis)، یک روش آماری پیشرفته است که برای شناسایی ساختارهای پنهان در مجموعه‌ای از داده‌ها استفاده می‌شود. این روش می‌تواند در بررسی عوامل مؤثر بر خشکیدگی تالابها به کار گرفته شود. به کمک تحلیل عاملی می‌توان تأثیر متغیرهای مختلف را بر روی خشکیدگی تالابها بررسی کرد و روابط پیچیده بین این متغیرها را کشف نمود. تحلیل عاملی با بررسی همبستگی‌های موجود بین متغیرهای مختلف، می‌تواند عامل‌های اصلی که بیشترین تأثیر را بر خشکیدگی

تالاب‌ها دارند شناسایی کند. این روش به ما کمک می‌کند تا اهمیت نسبی هر یک از این عوامل را تعیین کرده و به این ترتیب استراتژی‌های مؤثرتری برای مدیریت منابع آب و حفاظت از تالاب‌ها ارائه دهیم. با استفاده از تحلیل عاملی، می‌توان به دیدگاه‌های جدیدی در مورد تعاملات پیچیده محیطی دست یافت و اقدامات پیشگیرانه‌ای را برای جلوگیری از خشکیدگی تالاب‌ها اتخاذ نمود.

منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز جازموریان با دریاچه‌ای به همین نام در جنوب شرقی ایران واقع گردیده است. این حوضه از لحاظ تقسیم بندی هیدرولوژیکی ایران، بخشی از حوضه آبخیز کویر مرکزی ایران می‌باشد. نیمه غربی این حوضه در استان کرمان و نیمه‌ی شرقی آن در استان سیستان و بلوچستان جای دارد (شکل ۲). دشت‌های حاصلخیز جیرفت، فاریاب و رودبار جیرفت در استان کرمان، و دشت‌های ایرانشهر، بمپور، سردگان، دلگان، سرتختی و اسپکه در استان سیستان و بلوچستان در محدوده این حوضه آبخیز واقع‌اند. بعضی از این دشت‌ها مانند دشت جیرفت از مساعدترین نقاط فلات ایران برای کشت گیاهان گرمسیری به شمار می‌آیند. حوضه آبخیز جازموریان از شمال توسط کوه‌های لاله هزار، جبال بارز و شهبواران از حوضه آبخیز کویرلوت، و از جنوب توسط رشته کوه‌های زاگرس (کوه‌های بشاگرد) از حوضه آبخیز دریای عمان و خلیج فارس جدا می‌شود. به طور کلی ۳۰۹۸۱/۸ کیلومترمربع سطح حوضه مربوط به گستره دشت‌ها و مابقی آن ارتفاعات را شامل می‌شود.

ارزیابی جامع خشکیدگی تالاب‌ها / ۱۵
با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و سنجش از دور
(رویکردی نوین برای مدیریت پایدار تالاب‌ها)



شکل ۲- نقشه موقعیت حوضه آبخیز جازموریان

ارزیابی پارامترهای مورد مطالعه در حوضه آبریز جازموریان

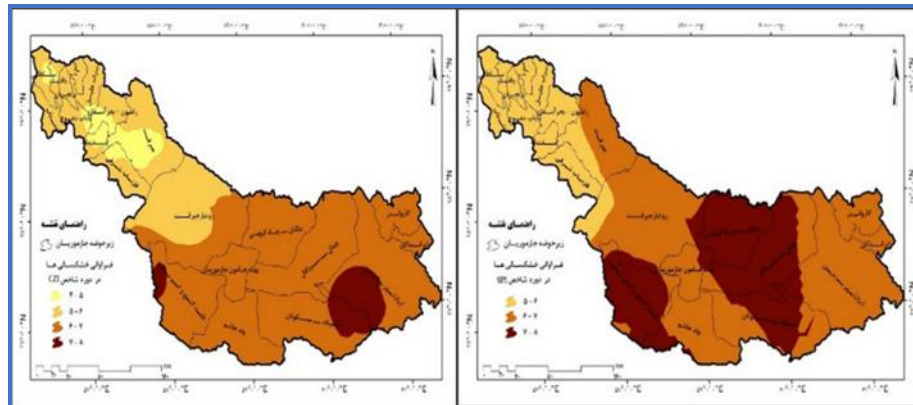
۱- پس از جمع‌آوری، بازسازی و تکمیل داده‌ها، بررسی ارتباط بین تغییرات اقلیمی و خشکیدگی تالاب انجام شد و نتایج زیر از بررسی مطالعه شاخص‌های خشکسالی در حوضه آبریز جازموریان به‌دست آمد:

✓ شاخص SPI در ارائه وضعیت خشکسالی همانند شاخص CZI عمل می‌کند، با این تفاوت که SPI وضعیت خشکسالی را با جزئیات بیشتر و دقیق‌تری ارائه می‌کند

✓ حوضه آبخیز جازموریان به‌ویژه در نواحی شرقی و محدوده استان سیستان و بلوچستان از حساسیت به نسبت بالاتری در مورد پدیده خشکسالی برخوردار است؛ به‌گونه‌ای که بر مقدار فراوانی، تداوم و شدت خشکسالی‌ها به سمت نواحی مرزی شرق و جنوب‌شرقی افزوده شده است (شکل ۳) و افراد ساکن در این مناطق را به شدت از پیامدهای ناشی از خشکسالی متأثر می‌کند.

۱۶ / ارزیابی جامع خشکیدگی تالاب‌ها
با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و سنجش از دور
(رویکردی نوین برای مدیریت پایدار تالاب‌ها)

✓ با توجه به گستره خشکسالی به سمت نواحی شرقی می‌توان نتیجه گرفت
که یکی از علل اصلی خشکیدگی تالاب جازموریان، شدت یافتن خشکسالی بوده است.

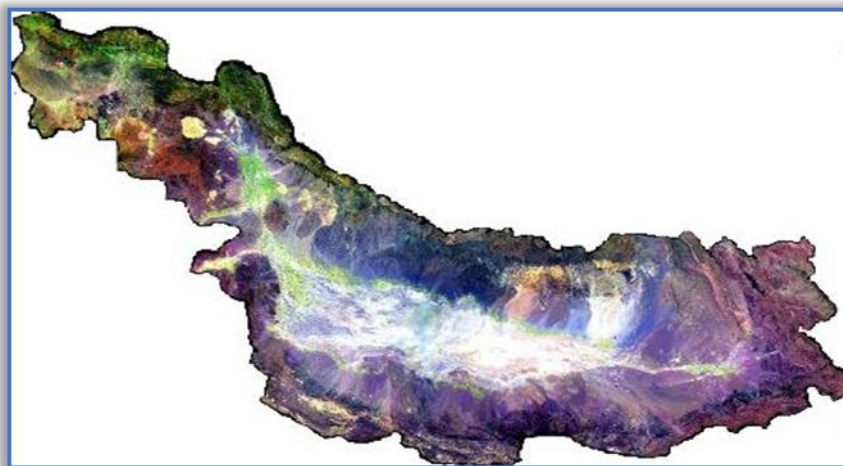


شکل ۳- فراوانی خشکسالی در حوضه آبریز جازموریان

۲- در حوضه جازموریان، با بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای لندست و با کمک نرم‌افزار تخصصی ENVI ۴.۷، تغییرات مساحت بخش‌های خشک و مرطوب تالاب در طول یک دوره ۳۰ ساله با دقت بالایی بررسی شده است.

پس از انجام پردازش‌های لازم و تصحیح هندسی تصاویر در نرم‌افزار ENVI، پیکسل‌های مربوط به آب و خشکی تفکیک شده و تغییرات زمانی آنها تحلیل شده است. نتایج این تحلیل‌ها که در شکل ۴ و جدول ۲ به‌طور مشروح ارائه شده‌اند، نشان می‌دهند که تالاب جازموریان طی سال‌های اخیر به میزان قابل توجهی خشک شده است. کاهش سطح آب تالاب به‌طور مستقیم با کاهش ورودی آب به تالاب و افزایش دمای منطقه مرتبط است.

ارزیابی جامع خشکیدگی تالاب‌ها / ۱۷
 با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و سنجش از دور
 (رویکردی نوین برای مدیریت پایدار تالاب‌ها)



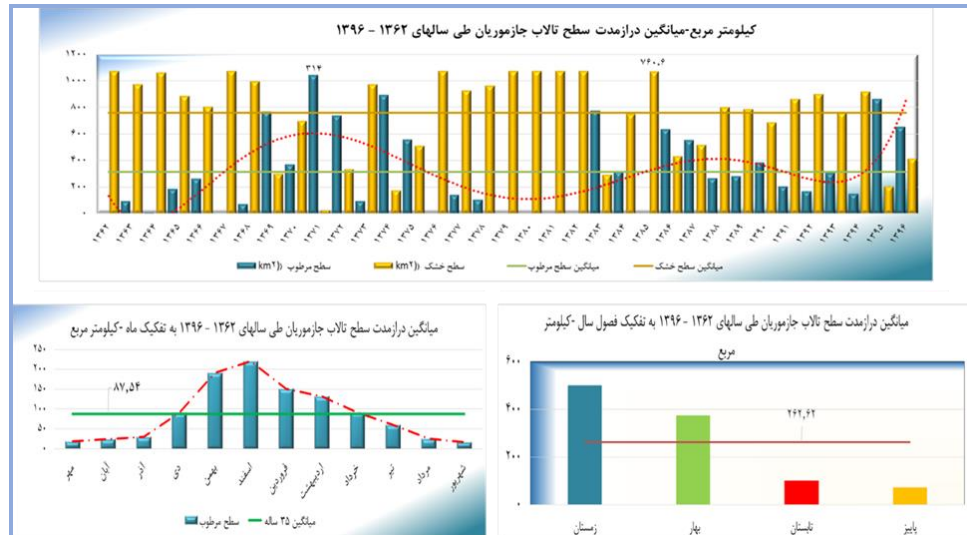
شکل ۴- موزاییک تصویر حوضه آبخیز جازموریان

جدول ۲- شیت‌های تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده

ردیف	Path/Row
۱	۴۱/۱۵۷
۲	۴۱/۱۵۸
۳	۴۱/۱۵۹
۴	۴۰/۱۶۰

همانطور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود، روند خشکیدگی تالاب جازموریان طی سال‌های اخیر به شدت افزایش یافته است. این اطلاعات دقیق و قابل اعتماد، می‌تواند به عنوان ابزاری قدرتمند برای تصمیم‌گیری در مورد مدیریت و احیای تالاب استفاده شود.

۱۸ / ارزیابی جامع خشکیدگی تالاب‌ها
 با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و سنجش از دور
 (رویکردی نوین برای مدیریت پایدار تالاب‌ها)



شکل ۵- سطوح آبدار تالاب جازموریان (سالانه، ماهانه و فصلی)

بررسی وضعیت هیدرولوژیکی تالاب جازموریان

بررسی و تحلیل داده‌های جریان و حجم آب ورودی به تالاب

بررسی داده‌های جریان آب نشان داد کاهش قابل توجه دبی ورودی به تالاب جازموریان، به‌ویژه از سمت غرب حوضه، یکی از عوامل اصلی خشکیدگی این تالاب محسوب می‌شود. تغییرات زمانی دبی نیز نشان می‌دهد که خشکسالی‌های رخ داده تأثیر مستقیمی بر کاهش جریان ورودی به تالاب داشته است. بنابراین، مدیریت صحیح منابع آب در حوضه‌آبریز جازموریان و افزایش جریان ورودی به تالاب، یکی از اقدامات ضروری برای احیای این تالاب به‌شمار می‌رود.

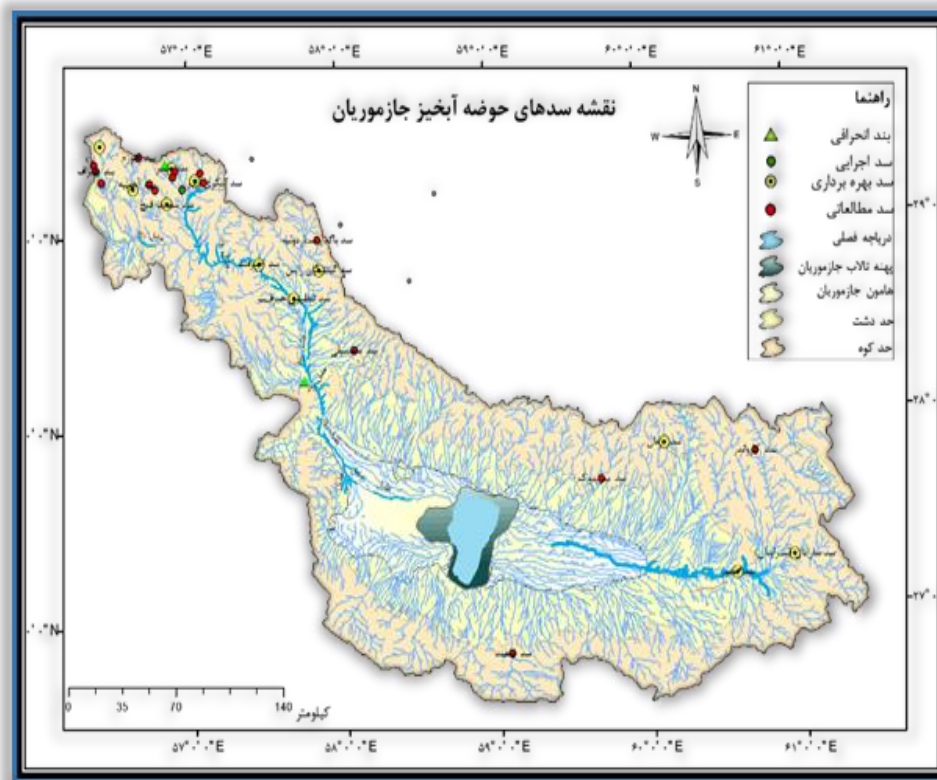
۳- براساس آمار، تعداد سدهای در حال بهره‌برداری حوضه آبخیز جازموریان از سال ۱۳۶۲ تا ۱۳۹۵ افزایش محسوسی داشته است. (شکل ۷ الف). بررسی آمار نشان داد تعداد سدهای مورد بهره‌برداری موجود در حوضه از ۲ سد در سال ۱۳۶۶ با حجم مخزن چهار میلیون

ارزیابی جامع خشکیدگی تالابها / ۱۹

(رویکردی نوین برای مدیریت پایدار تالاب‌ها)

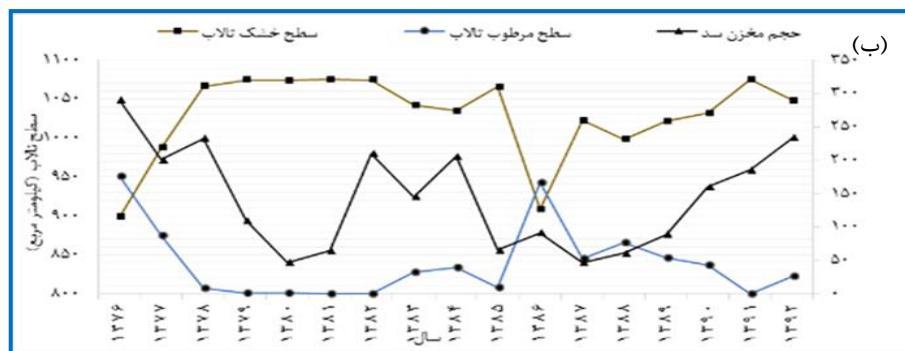
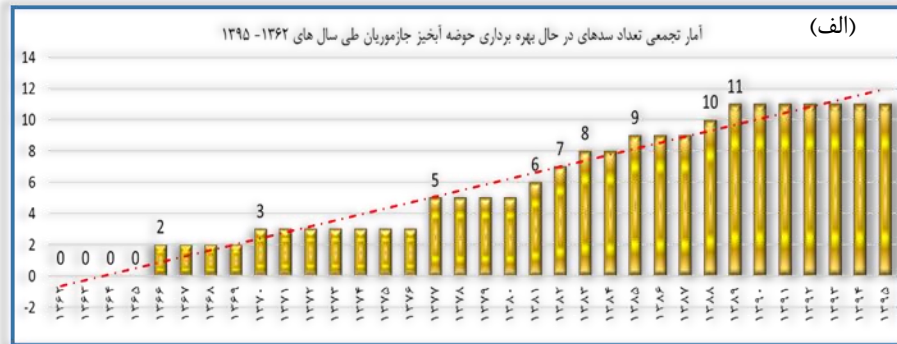
مترمکعب به ۱۱ سد در سال ۱۳۸۹ با حجم مخزن به میزان ۴۲۸/۳۱ میلیون مترمکعب افزایش یافته است.

لذا علاوه بر تعداد سدها، حجم تجمعی مخازن سدهای در حال بهره‌برداری نیز در حوضه افزایش یافته است. این تغییرات در کنار افزایش تقاضای آب و تغییر الگوهای بارندگی، می‌تواند تأثیر مستقیمی بر کاهش جریان ورودی به تالاب و در نهایت خشکیدگی آن داشته باشد (شکل ۷ ب).



شکل ۶- موقعیت سدهای حوضه آبخیز جازموریان

۲۰ / ارزیابی جامع خشکیدگی تالابها
 با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و سنجش از دور
 (رویکردی نوین برای مدیریت پایدار تالابها)



شکل ۷- روند تغییرات تعداد سدها (الف) و
 حجم مخزن سدها در حوضه آبخیز جازموریان (ب)

چنانچه رابطه معکوس بین تغییرات حجم مخزن سدها با سطح خشک تالاب جازموریان تاییدی بر این مطلب است (شکل ۷ ب). از این رو، با استفاده از داده‌های مربوط به تعداد، ظرفیت و محل احداث سدها، می‌توان به ارزیابی دقیق‌تر نقش این سازه‌ها در خشکیدگی تالاب‌ها پرداخت.

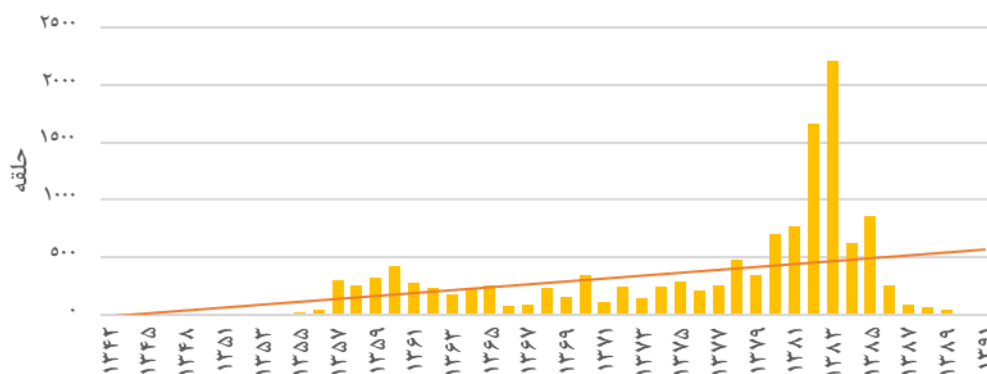
۴- در حوضه آبریز جازموریان تعداد چاه‌های مجاز و غیرمجاز حفر شده ارزیابی شده است. نتایج نشان می‌دهد که تا سال ۱۳۹۲، بیش از ۲۴۷۱۲ حلقه چاه مجاز و ۹۷۰۰ حلقه چاه غیرمجاز در حوضه حفر شده است (جدول ۳). برداشت بی‌رویه از این چاه‌ها، منجر به افت سطح

ارزیابی جامع خشکیدگی تالابها / ۲۱
 با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و سنجش از دور
 (رویکردی نوین برای مدیریت پایدار تالابها)

آب زیرزمینی، کاهش جریان‌های سطحی و در نهایت کاهش ورودی آب به تالاب جازموریان شده است. این موضوع باعث تشدید پدیده فرونشست زمین در برخی مناطق حوضه شده است. بنابراین برای ارزیابی دقیق‌تر اثرهای برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی بر خشکیدگی تالاب، تحلیل روند تغییرات سطح آب زیرزمینی در نقاط مختلف حوضه و مقایسه آن با تغییرات سطح آب تالاب ضروری است.

جدول ۳- تعداد منابع آب زیرزمینی مجاز در حوضه آبریز جازموریان

منبع آب زیرزمینی استان	تعداد چاه نیمه عمیق (حلقه)	تعداد چاه عمیق (حلقه)	تعداد چشمه (دهنه)	تعداد قنات (دهنه)	جمع
کرمان	۱۲۷۲۰	۶۵۱۹	۱۱۴۰	۷۶۵	۲۱۱۴۴
سیستان و بلوچستان	۲۸۰۴	۴۲۴	۱۳۰	۲۱۰	۳۵۶۸
جمع	۱۵۵۲۴	۶۹۴۳	۱۲۷۰	۹۷۵	۲۴۷۱۲



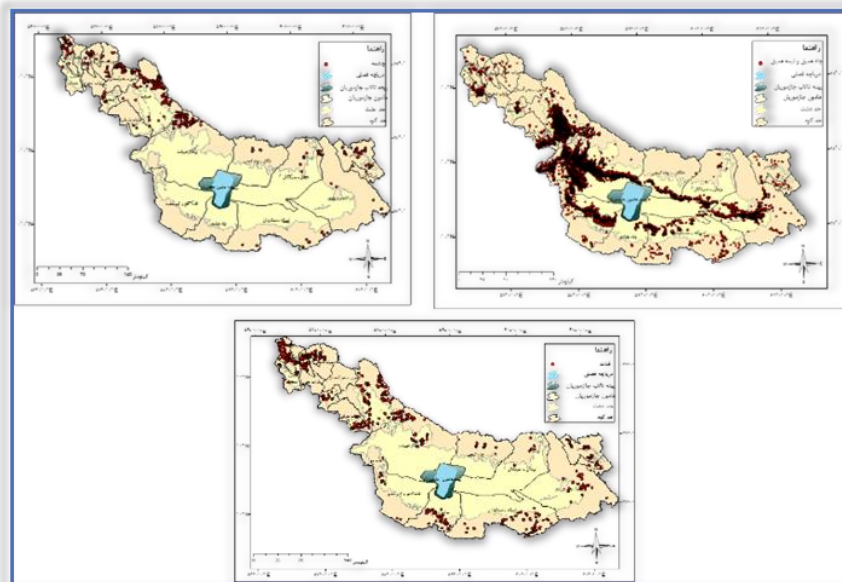
شکل ۸- تعداد حلقه چاه حفر شده طی سال‌های ۹۱-۱۳۴۲

۲۲ / ارزیابی جامع خشکیدگی تالاب‌ها
با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و سنجش از دور
(رویکردی نوین برای مدیریت پایدار تالاب‌ها)

بررسی سطح تراز و میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی در حوضه آبریز تالاب

یکی از عوامل اصلی مؤثر در خشکیدگی تالاب‌ها، افزایش برداشت آب از منابع زیرزمینی در حوضه آبریز است. برداشت بی‌رویه آب برای مصارف کشاورزی، صنعتی و شرب، باعث کاهش سطح آب زیرزمینی و کاهش جریان پایه رودخانه‌ها و ورودی آب به تالاب می‌شود. بنابراین، بررسی میزان برداشت آب و تأثیر آن بر نوسان‌های سطح آب زیرزمینی، گامی ضروری در شناخت دلایل خشکیدگی تالاب‌هاست.

۵- به منظور بررسی نوسان‌های سطح آب زیرزمینی در منطقه مطالعاتی، ابتدا آمار چاه‌های مشاهده‌ای موجود در دشت مجاور تالاب جازموریان (شکل ۹) جمع‌آوری و تحلیل شد. در این مطالعه از پایه مشترک آمار ۲۵ ساله طی سال‌های ۱۳۷۰-۷۱ تا ۱۳۹۴-۹۵ برای بررسی روند تغییرات سطح آب زیرزمینی استفاده گردید.



شکل ۹- موقعیت جغرافیایی منابع برداشت آب زیرزمینی حوضه آبریز جازموریان

ارزیابی جامع خشکیدگی تالابها / ۲۳
با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و سنجش از دور
(رویکردی نوین برای مدیریت پایدار تالابها)

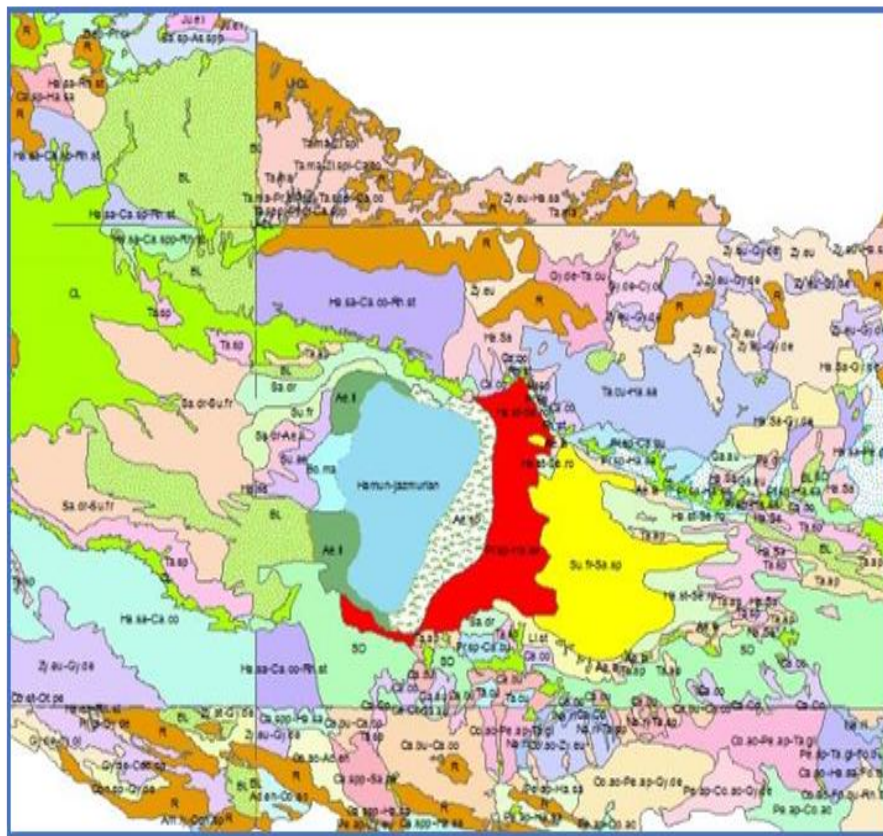
نتایج نشان داد سطح تراز آب زیرزمینی در سطح حوضه با میانگین $606/78$ متر طی سال‌های $92-1371$ ، $5/92$ متر و حجم آب آبخوان‌ها $64/32$ میلیون مترمکعب کاهش یافته، به عبارتی سالانه $1/42$ میلیون مترمکعب از حجم آبخوان‌های حوضه کاسته شده است. به‌طور کلی کاهش چشمگیر سطح آب زیرزمینی و حجم آبخوان‌ها در حوضه آبریز جازموریان، به‌طور مستقیم با افزایش برداشت آب از منابع زیرزمینی مرتبط است. این موضوع نشان می‌دهد که برداشت بی‌رویه آب یکی از عوامل اصلی خشک شدن تالاب جازموریان محسوب می‌شود. بنابراین، برای احیای تالاب جازموریان، مدیریت پایدار منابع آب زیرزمینی و کاهش برداشت از این منابع ضروری است.

۶- یکی از فرضیات موجود، بررسی اثر تغییرات کاربری اراضی بر نوسان‌های سطح آب تالاب‌ها می‌باشد. برای بررسی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر خشک شدن تالاب جازموریان، از تصاویر ماهواره لندست سنجنده‌های TM5 و Landsat 7 مربوط به ماه جولای سال‌های 1996 و 2010 (تیر ماه 1375 و 1389) استفاده گردید و با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، تغییرات کاربری اراضی در این دوره زمانی شناسایی و تحلیل شده است.

در حوضه آبریز جازموریان نتایج نشان داد کاربری‌های منطقه مورد مطالعه نوسان‌هایی را در طی زمان داشته‌اند؛ به‌طوری‌که این تغییرات، بر روی اکوسیستم تالاب‌ها نیز تأثیر گذاشته و موجب نوسان مساحت آن در طی زمان شده است. به‌عبارتی در سال‌های اخیر میزان آب و پوشش گیاهی در سطح حوضه کاهش داشته است و با کاهش اراضی بایر، در اراضی کشاورزی و جنگلی و مرتعی افزایش رخ داده است. براساس نتایج بدست آمده می‌توان گفت که یکی از دلایل اصلی افت آب در سال‌های اخیر افزایش اراضی زراعی و در پی آن بهره‌برداری بیش از

۲۴ / ارزیابی جامع خشکیدگی تالاب‌ها
با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و سنجش از دور
(رویکردی نوین برای مدیریت پایدار تالاب‌ها)

حد از سفره‌های آب زیرزمینی بوده است. همچنین افزایش خشکسالی‌ها و وقایع اقلیمی رخ داده منجر به کاهش آب‌های سطحی و پوشش گیاهی سطح مرطوب شده است. به‌طور کلی روند تغییرات کاربری پوشش اراضی در سال‌های مورد مطالعه در جهت تبدیل عرصه‌های طبیعی به مناطق تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی بوده است که منجر به از دست رفتن سطح زیادی از منابع طبیعی شده است.

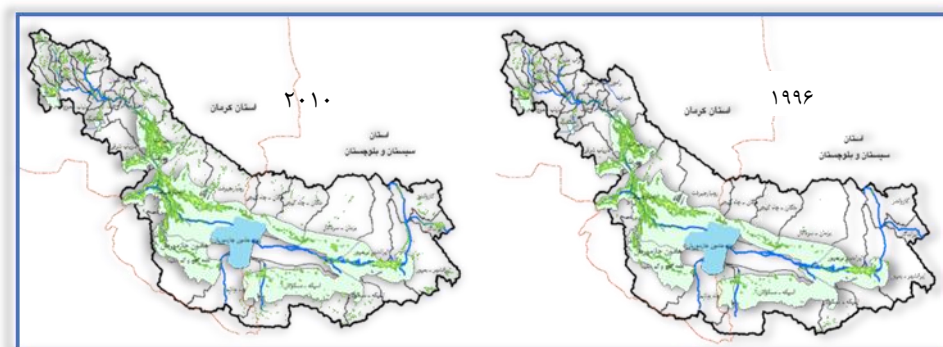


شکل ۱۰- نقشه پوشش گیاهی محدوده تالاب جازموریان

ارزیابی جامع خشکیدگی تالاب‌ها / ۲۵
 با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و سنجش از دور
 (رویکردی نوین برای مدیریت پایدار تالاب‌ها)

جدول ۴- گونه‌های گیاهی محدوده اکولوژیک تالاب جازموریان

گروه	گونه	محل رویش
بونو	<i>Aeluropus littoralis</i> - <i>Aeluropus lagopoides</i>	حاشیه دریاچه جازموریان
گونه کلم	<i>Balboschoenus maritimus</i>	باتلاق‌های غرب دریاچه جازموریان
اسکنبیل	<i>Calligonum comosum</i> - <i>Calligonum bungei</i>	در نقاط مختلف هامون پراکنده شده‌اند
علف خرگوش	<i>Gymnocarpus decander</i>	مناطق کوهستانی و تپه‌ها
ترات	<i>Hammada salicornia</i>	دشت‌های دامنه‌ای و رودخانه‌ای
کهور	<i>Prosopis spicigera</i>	دشت‌های دامنه‌ای و سیلابی
<i>Salsola</i>	<i>Salsola drummondii</i>	در اراضی شور حاشیه دریاچه جازموریان
<i>Suaeda</i>	<i>Suaeda fruticosa</i>	در اراضی شور حاشیه دریاچه جازموریان
<i>Taverniera</i>	<i>Taverniera cuneifolia</i>	دشت‌های دامنه‌ای
قیچ	<i>Zygophyllum eurypterum</i>	مناطق کوهستانی



شکل ۱۱- تغییرات کاربری کشاورزی در حوضه آبریز جازموریان

تحلیل و ارزیابی ارتباط بین عوامل اقلیمی، هیدرولوژیکی، خشکسالی، تغییرات پوشش زمین و کاربری اراضی با وضعیت خشکیدگی تالاب‌ها

درک عمیق از دلایل خشک شدن تالاب‌ها مستلزم بررسی دقیق روابط بین پارامترهای مختلف مؤثر بر تراز آب این اکوسیستم‌ها است، با تحلیل این روابط، می‌توان عوامل اصلی کاهش سطح آب تالاب را بهتر و دقیق‌تر شناسایی کرد. با توجه به اهمیت روابط بین پارامترهای مختلف، تحلیل دقیق این روابط برای تدوین برنامه‌های مدیریت پایدار منابع آب و احیای تالاب‌ها ضروری است. بنابراین از طریق مدل‌سازی و سناریوپردازی می‌توان تأثیر تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی بر تراز آب تالاب را پیش‌بینی کرد و براساس آن، راهکارهای مناسبی برای حفظ این اکوسیستم‌های ارزشمند به کار گرفت. از این‌رو، در بررسی رابطه بین پارامترهای مورد بررسی با سطح تالاب در حوضه‌آبریز جازموریان نتایج زیر بدست آمد.

در مطالعه بارش و دبی بیشترین میزان بارش حوضه در بهمن ماه و بیشترین میزان دبی ورودی به تالاب با تأخیر یک ماهه در اسفند ماه انجام شده است. بدین ترتیب بیشترین پوشش سطح مرطوب تالاب از نظر ماه در بازه بهمن و اسفند رخ داده است. همچنین از لحاظ سالانه نیز بیشترین سطح تالاب در بازه سال‌های ۶۹، ۷۱ و ۷۴ به وقوع پیوسته است که بیشترین بارش و آب به تالاب وارد شده است. البته در مطالعه پارامتر رطوبت نسبی نیز چنین روند مشابهی مشاهده شد.

در بحث تبخیر و دما، رابطه معکوس مشاهده شد به‌طوری‌که کمترین تبخیر و دما در سه ماهه زمستان در سطح حوضه به وقوع پیوسته است که در این سه ماه تالاب دارای بیشترین سطح مرطوب بوده است. همچنین رابطه تغییرات تراز آب زیرزمینی و سطح تالاب به‌گونه‌ای

ارزیابی جامع خشکیدگی تالاب‌ها / ۲۷
با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و سنجش از دور
(رویکردی نوین برای مدیریت پایدار تالاب‌ها)

بود که در بازه ده سال اخیر با افت شدید سطح تراز، ارتباط این پارامتر با سطح تالاب کاهش یافت و تغییرات سایر پارامترها قادر به جبران افت زیاد سطح آب زیرزمینی نبودند. مصارف آب در سطح حوضه روند افزایشی داشته که با روند تغییرات سطح تالاب نیز دارای رابطه بود. در سال ۱۳۸۳ که کمترین میزان مصرف در سطح حوضه وجود داشت سطح تالاب نیز به‌طور محسوسی افزایش یافت. یکی از دلایل کاهش مصرف و افزایش سطح تالاب در این سال را می‌توان همزمانی این سال با بارش‌های فراوان در سطح حوضه دانست. همچنین با افزایش تعداد چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق و قنات‌ها به‌ویژه از سال ۱۳۸۸ به بعد سطح تالاب کاهش یافت. طی این دوره (سال ۸۸ به بعد) سدها نیز به بیشترین میزان خود رسیدند که سبب تشدید این کاهش گردید.

بررسی سهم اثرگذاری پارامترهای مختلف بر خشکیدگی تالاب جازموریان به کمک شبکه عصبی مصنوعی

یکی از اهداف اصلی این دستورالعمل، شناسایی دقیق و کمی‌سازی تأثیر عوامل مختلف بر خشکیدگی تالاب و تعیین میزان اهمیت و اثرگذاری هریک از این عوامل بوده است. برای دستیابی به این هدف، از ابزار قدرتمند هوش مصنوعی و یادگیری ماشین به نام شبکه‌های عصبی مصنوعی می‌توان استفاده کرد. شبکه‌های عصبی به دلیل توانایی در مدل‌سازی روابط پیچیده بین متغیرها، ابزاری بسیار مناسب برای تحلیل مسائل محیطی مانند خشک شدن تالاب‌ها هستند. در این مطالعه، از شبکه عصبی و دو ساختار پرکاربرد این شبکه شامل توابع شعاع مدار و پرسپترون چندلایه و چندین مدل ساختار انتقال لایه‌های پنهان و خروجی آنها استفاده گردید. سپس کارایی این مدل‌ها براساس مجموع مربعات خطا (SSE) و خطای نسبی (RE) داده‌های آموزش و آزمایش و ضریب همبستگی (R^2) بین مقادیر اندازه‌گیری شده و

۲۸ / ارزیابی جامع خشکیدگی تالاب‌ها
با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و سنجش از دور
(رویکردی نوین برای مدیریت پایدار تالاب‌ها)

تخمین زده شده سطح مرطوب تالاب سنجیده شد و بهترین مدل انتخاب گردید. براساس آن میزان تأثیر هریک از پارامترها بر سطح تالاب در بازه زمانی مورد مطالعه مشخص شد. نتایج حاصل از این بررسی در جدول ۵ ارائه شده است. براساس نتایج جدول ۵ مدل MLP_4 بهترین مدل برای تخمین سطح تالاب انتخاب شد. استفاده از شبکه عصبی MLP_4 امکان تحلیل دقیق‌تر روابط بین متغیرهای ورودی (مانند بارندگی، دبی، تبخیر و ...) و متغیر خروجی (سطح تالاب) را فراهم کرده است. با استفاده از این مدل، می‌توان به‌طور کمی میزان تأثیر هریک از این متغیرها را بر سطح تالاب تعیین کرد. در ادامه، با آنالیز حساسیت پارامترهای مختلف نسبت به تغییرات سطح تالاب پرداخته شد و درجه اهمیت مهمترین پارامترهای تأثیرگذار تعیین گردید (جدول ۶ و شکل ۱۲).

جدول ۵- ارزیابی ساختارهای متفاوت شبکه عصبی در برآورد سطح مرطوب تالاب

نوع شبکه	ساختار	تابع انتقال لایه پنهان	تابع انتقال لایه خروجی	خطای آموزش		خطای تست		ضریب همبستگی
				RE	SSE	RE	SSE	
MLP_1	Automatic	Hyperboic tangent	Identity	۰/۳۵۹	۲/۶۹۵	۵/۸۲۱	۰/۴۶۶	۰/۷۴۳
MLP_2	Custom	Hyperboic tangent	Identity	۰/۳۱	۲/۳۲۲	۷/۶۶۳	۰/۶۱۳	۰/۷۶۲
MLP_3	Custom	Hyperboic tangent	Hyperboic tangent	۰/۹۷۱	۲/۲۸۹	۱/۷۵۹	۰/۴۴۷	۰/۷۵۸
MLP_4	Custom	Hyperboic tangent	sigmoid	۰/۲۴۶	۰/۱۴۵	۰/۷۷	۰/۷۸۳	۰/۷۶۸
MLP_5	Custom	Sigmoid	Identity	۰/۴۱۸	۳/۱۳۹	۲/۷۱۲	۰/۶۹۷	۰/۷۵۰
MLP_6	Custom	Sigmoid	Hyperboic tangent	۰/۲۸۹	۰/۶۸۳	۲/۳۸۷	۰/۶۰۷	۰/۷۷۱
MLP_7	Custom	Sigmoid	sigmoid	۰/۴۲۹	۰/۲۵۳	۰/۷۷۹	۰/۷۹۲	۰/۷۵۶
RBF_1	Automatic	Softmax	Identity	۲/۶۱۵	۱/۰۶	۰/۶۹۵	۹/۶۴۹	۰/۷۰۵
RBF_2	Automatic	Exponential	Identity	۲/۶۱۵	۱/۱۲	۰/۶۵۹	۹/۱۴۸	۰/۷۱۸

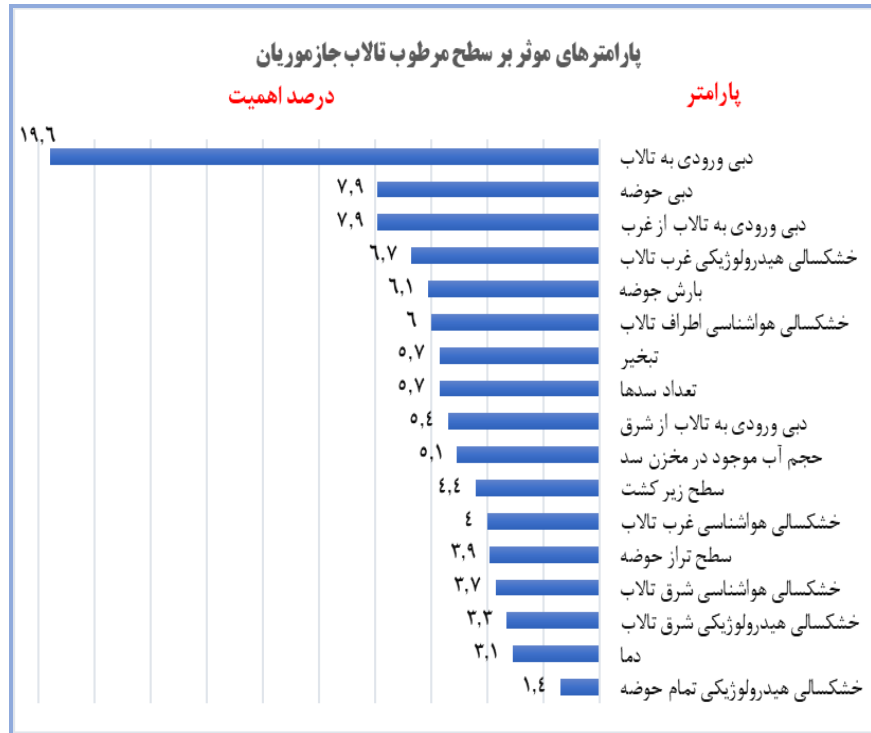
ارزیابی جامع خشکیدگی تالاب‌ها / ۲۹
 با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و سنجش از دور
 (رویکردی نوین برای مدیریت پایدار تالاب‌ها)

در ادامه، با آنالیز حساسیت پارامترهای مختلف نسبت به تغییرات سطح تالاب پرداخته شد و درجه اهمیت مهمترین پارامترهای تأثیرگذار تعیین گردید (جدول ۶ و شکل ۱۲).

جدول ۶- میزان اهمیت متغیرهای تأثیرگذار بر تغییرات سطح تالاب

متغیر	اهمیت	درصد اهمیت	درصد اهمیت نرمال شده
دبی ورودی به تالاب	۰/۱۹۶	۱۹/۶	۱۰۰
دبی حوضه	۰/۰۷۹	۷/۹	۴۰/۴
دبی ورودی به تالاب از غرب	۰/۰۷۹	۷/۹	۴۰/۴
خشکسالی هیدرولوژیکی غرب تالاب	۰/۰۶۷	۶/۷	۳۴/۳
بارش حوضه	۰/۰۶۱	۶/۱	۳۱/۱
خشکسالی هواشناسی اطراف تالاب	۰/۰۶۰	۶	۳۰/۵
تبخیر	۰/۰۵۷	۵/۷	۲۹/۱
تعداد سدها	۰/۰۵۷	۵/۷	۲۹
دبی ورودی به تالاب از شرق	۰/۰۵۴	۵/۴	۲۷/۳
حجم آب موجود در مخزن سد	۰/۰۵۱	۵/۱	۲۵/۹
سطح زیر کشت	۰/۰۴۴	۴/۴	۲۲/۶
خشکسالی هواشناسی غرب تالاب	۰/۰۴	۴	۲۰/۲
سطح تراز حوضه	۰/۰۳۹	۳/۹	۲۰/۱
خشکسالی هواشناسی شرق تالاب	۰/۰۳۷	۳/۷	۱۸/۷
خشکسالی هیدرولوژیکی شرق تالاب	۰/۰۳۳	۳/۳	۱۶/۷
دما	۰/۰۳۱	۳/۱	۱۵/۸
خشکسالی هیدرولوژیکی تمام حوضه	۰/۰۱۴	۱/۴	۷/۳

۳۰ / ارزیابی جامع خشکیدگی تالاب‌ها
با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و سنجش از دور
(رویکردی نوین برای مدیریت پایدار تالاب‌ها)



شکل ۱۲- میزان اهمیت متغیرهای تأثیرگذار بر تغییرات سطح تالاب

بررسی‌ها نشان داد مهمترین پارامتر تأثیرگذار بر تغییرات سطح آب تالاب، دبی‌های ورودی به تالاب به‌ویژه دبی‌های ورودی از سمت هلیل رود می‌باشد. خشکسالی‌های هیدرولوژیکی رخ داده در غرب تالاب (محدوده استان کرمان) در رتبه بعدی اهمیت و جزء مهمترین عوامل تأثیرگذار بر تغییرات سطح تالاب بوده است. دما و خشکسالی‌های هواشناسی و هیدرولوژیکی رخ داده در شرق تالاب (محدوده استان سیستان و بلوچستان) کمترین تأثیر را بر تغییرات سطح تالاب نشان داده است.

ارزیابی جامع خشکیدگی تالابها / ۳۱
با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و سنجش از دور
(رویکردی نوین برای مدیریت پایدار تالابها)

شناسایی عوامل (انسانی و اقلیمی) ایجاد کننده تغییرات در حوضه و تعیین سهم آنها با کمک تحلیل عاملی

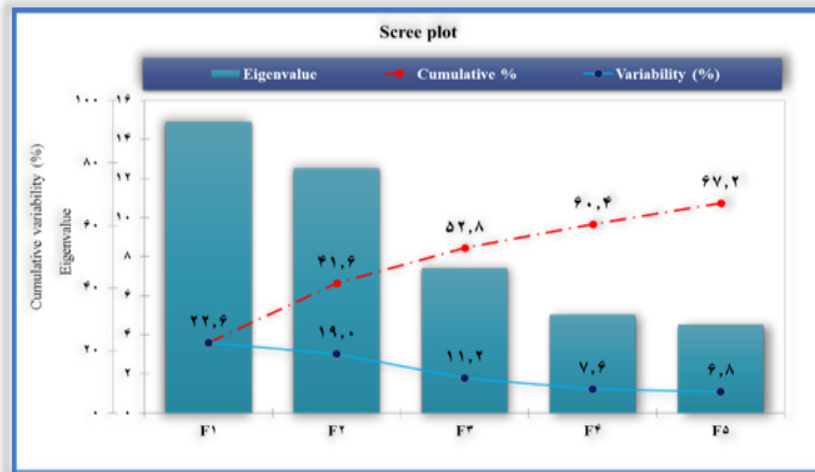
تحلیل عاملی (Factor Analysis) ابزاری قدرتمند برای شناسایی عوامل مؤثر بر تغییرات سطح حوضه است. با استفاده از این روش، می‌توان به درک بهتری از سازوکارهای کنترل‌کننده تغییرات در سطح حوضه دست یافت و برنامه مدیریت بهتری برای حفاظت از تالابها تدوین کرد.

هدف اصلی از این روش، شناسایی و کاهش تعداد متغیرهای اولیه به تعداد محدودی عامل است. هریک از این عوامل، در واقع ترکیبی از چندین متغیر اولیه است که به‌صورت همزمان بر پدیده مورد مطالعه (در این مورد، تغییرات سطح تالاب) تأثیر می‌گذارند.

ابتدا در حوضه آبریز جازموریان ۶۶ متغیر اصلی از بین تمامی متغیرهای مورد مطالعه (بر حسب نتایج حاصل از بررسی روابط بین پارامترها) انتخاب و به‌منظور تعیین روابط بین آنها ماتریس همبستگی بین متغیرها تشکیل گردید، هدف این ماتریس وصل کردن متغیرهای مختلف برای ایجاد عامل‌ها است.

درگام بعدی، اقدام به تعیین عامل‌ها گردید و براساس خروجی‌های روش تحلیل‌های عاملی، پنج عامل اصلی (F) مشخص شد (شکل ۱۳). عامل‌ها در واقع سازوکارهای مؤثر بر سطح حوضه و تالاب را نشان می‌دهند. تفسیر و تعیین منشأ هر یک از این عامل‌ها براساس بارهای عاملی و روابط بین متغیرهای مورد بررسی، از جمله شرایط هیدروژئولوژیکی، اقلیمی و عوامل انسان ساخت انجام شد.

۳۲ / ارزیابی جامع خشکیدگی تالاب‌ها
با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و سنجش از دور
(رویکردی نوین برای مدیریت پایدار تالاب‌ها)



شکل ۱۳- عوامل مهم تأثیرگذار بر خشکیدگی تالاب جازموریان

نتیجه‌گیری

عوامل تأثیرگذار بر روی تالاب جازموریان

به‌طور کلی نتایج حاصل از تحلیل عاملی نشان داد که عوامل تأثیرگذار در حوضه و نهایتاً تالاب جازموریان به دو دسته عوامل انسانی ناشی از مدیریت نادرست منابع آب اعم از زیرزمینی و سطحی با سهم ۴۰/۶ درصد (عامل‌های اول، سوم و پنجم) و عوامل اقلیمی ناشی از خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها با سهم ۲۶/۶ درصد (عامل‌های دوم و چهارم) تقسیم می‌شوند که این عوامل نهایتاً بر روی تالاب جازموریان تأثیر می‌گذارند.

بررسی همبستگی بین عوامل

نتایج نشان داد که به‌طور کلی ۵ عامل در حوضه آبریز جازموریان با سهم ۶۷/۲ درصد نقش اساسی در وقوع تغییرات در سطح حوضه با تأکید بر خشکیدگی تالاب جازموریان ایفا می‌کنند.

ارزیابی جامع خشکیدگی تالاب‌ها / ۳۳
 با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و سنجش از دور
 (رویکردی نوین برای مدیریت پایدار تالاب‌ها)

عامل اول (برداشت بی رویه از منابع آب زیرزمینی و حفر چاه) با سهم ۲۲/۶ درصد بیشترین همبستگی منفی را با عامل دوم با سهم ۱۹ درصدی (ترسالی) داشت و این نشان می‌دهد که در حوضه آبریز زمانی که مواجهه با ترسالی و افزایش منابع آب سطحی هستیم برداشت از منابع آب زیرزمینی کاهش می‌یابد.

عامل سوم با سهم ۱۱/۲ درصدی (فعالیت کشاورزی) با عامل چهارم با سهم ۷/۶ درصدی (خشکسالی هواشناسی) بیشترین همبستگی منفی را دارا بود و این نیز بیانگر آن است که با افزایش خشکسالی‌ها فعالیت کشاورزی در حوضه کاهش یافته و محدود می‌گردد.

عامل پنجم با سهم ۶/۸ درصدی (مدیریت نادرست منابع آب سطحی و سدها) با عامل دوم (ترسالی) بیشترین همبستگی مثبت را دارا بود که این نیز نشان می‌دهد که برداشت بی‌رویه از منابع آب سطحی و ذخیره آن در پشت سدها در زمان وقوع ترسالی‌ها بیشتر رخ می‌دهد.

جدول ۷- بررسی همبستگی بین عوامل

عوامل	F1	F2	F3	F4	F5
F1	۱				
F2	-۰/۶	۱			
F3	-۰/۴	۰/۰۰۵	۱		
F4	-۰/۱	۰/۴	-۰/۶۴	۱	
F5	۰/۲	۰/۴	۰/۴	-۰/۱۸	۱

توصیه‌های فنی

راهکارهای کاهش تأثیر عوامل موثر بر خشکیدگی تالاب

- ✓ **عامل اول** و مهمترین عامل تأثیرگذار در سطح حوضه برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی و حفر چاه بوده است. بنابراین مدیریت مصارف منابع آب زیرزمینی به‌ویژه در بخش کشاورزی از طریق آگاه‌سازی کشاورزان در برداشت آب، مسدود کردن چاه‌های غیرمجاز، نصب کنتور هوشمند و تقویت زیرسازها می‌تواند گامی مؤثر در جهت حفظ و توسعه پایدار منابع آب در حوضه باشد.
- ✓ **عامل دوم**، ترسالی‌ها و افزایش منابع آب سطحی حوضه می‌باشد. از آنجایی که وقوع ترسالی‌های اتفاق افتاده در غرب حوضه تأثیر بیشتری در وضعیت حوضه دارد، بایستی بر روی مدیریت منابع آب سطحی در غرب حوضه بیشتر تأکید کرد.
- ✓ **عامل سوم**، فعالیت کشاورزی، به‌ویژه کشاورزی آبی در حوضه بود و روابط نشان داد که فعالیت کشاورزی در حوضه بیشتر از طریق آبیاری با آب‌های زیرزمینی و به‌ویژه چاه‌های عمیق انجام می‌شود، بنابراین هوشمندسازی کشاورزی از طریق کشت محصولات کم آب‌بر و افزایش بهره‌وری آب در حوضه می‌تواند به توسعه فعالیت کشاورزی اصولی و استفاده درست از منابع آب سطحی و زیرزمینی با کاربرد کشاورزی در حوضه کمک کند.
- ✓ **عامل چهارم** با عنوان خشکسالی هواشناسی، بیشترین روابط را با وقوع طوفان‌های گردوغبار در حوضه نشان داد که مدیریت استفاده بهینه از منابع آب در زمان وقوع خشکسالی‌ها تنها راهکار مقابله با این مهم است.

ارزیابی جامع خشکیدگی تالاب‌ها / ۳۵
با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و سنجش از دور
(رویکردی نوین برای مدیریت پایدار تالاب‌ها)

✓ **عامل پنجم**، جریان‌ات سطحی و سدها بودند و از آنجایی که برداشت از این منابع عمدتاً با هدف استفاده به‌منظور کشاورزی از طریق ایستگاه‌های پمپاژ، موتورپمپ‌ها، کانال‌ها، انهار سنتی، بندها و سدها انجام می‌شود. ازاین‌رو به‌کارگیری کشاورزی اصولی با تأکید بر بهره‌وری بالای آب و مدیریت استفاده صحیح از منابع آب سطحی و سدها با هدف رعایت حقابه تالاب جازموریان از جریان‌ات سطحی و رودخانه‌ها به‌ویژه در مواقع خشکسالی گامی مهم در جلوگیری از خشکیدگی این تالاب است.

طراحی برنامه‌های مدیریتی برای پایداری تالاب‌ها

- ✓ مدیریت و تنظیم برداشت آب از منابع آبی حوضه آبریز تالاب جازموریان با هدف تأمین حقابه زیست محیطی تالاب
- ✓ اصلاح الگوی کشت و کاهش کشت محصولات آبربر در اراضی اطراف تالاب
- ✓ اجرای پروژه‌های بیولوژیکی (مانند کاشت گونه‌های بومی مقاوم به خشکی) برای احیای پوشش گیاهی تالاب
- ✓ آموزش و مشارکت جوامع محلی در حفاظت و مدیریت پایدار تالاب
- ✓ پایش مستمر وضعیت هیدرولوژیکی، پوشش گیاهی و سایر پارامترهای کلیدی تالاب‌ها

۳۶ / ارزیابی جامع خشکیدگی تالاب‌ها
با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و سنجش از دور
(رویکردی نوین برای مدیریت پایدار تالاب‌ها)

آنچه که از اجرای دستورالعمل می‌توان انتظار داشت

- ✓ این دستورالعمل می‌تواند برای بررسی و شناسایی علل خشکیدگی سایر تالاب‌های کشور نیز استفاده شود.
- ✓ روش‌های ارائه شده در این دستورالعمل شامل تحلیل تصاویر ماهواره‌ای، بررسی داده‌های هواشناسی و هیدرولوژیکی، ارزیابی فعالیت‌های انسانی و وضعیت اکولوژیکی تالاب‌ها قابل اجرا برای تالاب‌های مختلف است.
- ✓ نتایج حاصل از کاربرد این دستورالعمل در سایر تالاب‌ها می‌تواند به ارائه راهکارهای مدیریتی برای حفاظت از این اکوسیستم‌های ارزشمند کمک کند.

ارزیابی جامع خشکیدگی تالاب‌ها / ۳۷
با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و سنجش از دور
(رویکردی نوین برای مدیریت پایدار تالاب‌ها)

منابع

- ابراهیمی، ع. ۱۳۹۳. پیش‌بینی اثرات تغییر اقلیم بر رواناب حوضه آبخیز مهارلو. پایان‌نامه کارشناسی ارشد منابع طبیعی، دانشگاه زابل.
- ابراهیمی، ع.، لالوزایی، ا. ۱۳۹۲. بررسی اثر تغییر اقلیم بر بارش حوضه آبخیز مهارلو در آینده نزدیک. اولین همایش ملی الکترونیکی کشاورزی و منابع طبیعی پایدار، موسسه آموزش عالی مهر اروند.
- ابطحی، س.م.، سیف، ع.، خسروشاهی، م. ۱۳۹۳. بررسی روند دما و بارش در حوضه دریاچه نمک کاشان طی نیم سده گذشته. فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۲۱ (۱): ۱-۱۲.
- احمدی، ح. ۱۳۸۷. ژئومرفولوژی کاربردی فرسایش بادی. چاپ سوم، انتشارات دانشگاه تهران، ۷۴۶ ص.
- احمدی، ف.، رادمنش، ف. ۱۳۹۳. بررسی روند تغییرات متوسط دمای ماهانه و سالانه نیمه شمالی کشور در نیم قرن اخیر. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۸ (۴): ۸۵۵-۸۶۵.
- اختصاصی، م. ۱۳۷۵. منشأیابی تپه‌های ماسه‌ای دشت یزد - اردکان. انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور.
- اختصاصی، م. ۱۳۸۳. بررسی مورفومتری و مورفودینامیک رخساره‌های فرسایش بادی در دشت یزد. پایان‌نامه دکتری، دانشگاه تهران.
- اسدی، ا.، حیدری، ع. ۱۳۹۱. تحلیل تغییرات سری‌های دما و بارش شیراز طی دوره ۱۹۵۱-۲۰۰۵. مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۲۲، شماره پیاپی ۴۱، شماره ۱، صفحات ۱۴۸-۱۵۲.
- اسدی، ر.، سردشتی، م.، کرمی، م.، گلرزار خرم، ط. ۱۳۸۹. گزارش بازدید از تالاب‌های طشک و بختگان و مهارلو. وزارت نیرو، شرکت مدیریت منابع آب ایران، معاونت حفاظت و بهره‌برداری دفتر مهندسی رودخانه و سواحل، ۱-۱۷.

۳۸ / ارزیابی جامع خشکیدگی تالاب‌ها
با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و سنجش از دور
(رویکردی نوین برای مدیریت پایدار تالاب‌ها)

اصغری پوده، ز.، شفیعی‌زاده، م.، فاخران، س.، گیلانی، ع. ۱۳۹۴. ارزیابی و پهنه‌بندی تغییرات مکانی-زمانی طوفان‌های گردوغبار با استفاده از شاخص DSI در استان خوزستان. دومین همایش ملی تغییرات اقلیمی و مهندسی توسعه پایدار کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه شهید بهشتی، ۱-۱۱.

البرزی، م. ۱۳۸۳. آشنایی با شبکه‌های عصبی، مؤسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف، چاپ دوم، ۱۰۴ صفحه.

امیدوار، ک. ۱۳۹۰. مخاطرات طبیعی. انتشارات دانشگاه یزد، ۳۱۱.

انصافی مقدم، ط. ۱۳۸۶. ارزیابی چند شاخص خشکسالی اقلیمی و تعیین مناسبترین شاخص در حوضه دریاچه مک. فصلنامه تحقیقات مرتع و بیابان، ۱۴(۲).

انصاری رنانی، م. ۱۳۹۰. تحلیل آماری-اقلیمی گردوغبار زهدان در فاصله زمانی (۲۰۰۵-۱۹۸۶). اولین کنگره بین‌المللی پدیده گردوغبار و مقابله با آثار زیانبار آن، ۲۶-۲۸ بهمن‌ماه ۱۳۹۰، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان، ص ۳.

ایرانمنش، ف.، عرب خدری، م.، اکرم، م. ۱۳۸۴. بررسی مناطق برداشت ذرات گردوغبار و ویژگی‌های انتشار آن‌ها در طوفان‌های منطقه سیستان با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای. پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، ۶۷: ۲۵-۳۳.

بهروزی راد، ب. ۱۳۸۵. معضلات و مشکلات تالاب‌های ایران و شاخص‌های مدیریتی اکوسیستمی آن‌ها. سومین همایش ملی بحرآن‌های زیست محیطی ایران و راهکارهای بهبود آن‌ها، اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی- واحد علوم و تحقیقات مرکز اهواز، ۵-۱۵.

سازمان حفاظت محیط‌زیست، ۱۳۸۹. طرح جامع مدیریت زیست‌بوم‌های تالاب کشور.

علیزاده، ا. ۱۳۷۱. اصول هیدرولوژی کاربردی. انتشارات آستان قدس رضوی، چاپ چهارم.

کاظمی، م.، مهدوی، ی.، نوحه‌گر، ا.، رضایی، پ. ۱۳۹۰. برآورد تغییرات پوشش و کاربری اراضی با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز تنگ

ارزیابی جامع خشکیدگی تالابها / ۳۹
با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و سنجش از دور
(رویکردی نوین برای مدیریت پایدار تالابها)

بستانک شیراز). سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی (کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی، ۲ (۱): ۱۰۳-۱۱۶.

- منهاج، م.ب. ۱۳۸۴. مبانی شبکه عصبی. انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۷۱۸ صفحه.
- Abuduwaili, J., DongWei, L., & GuangYang, W. (2010). Saline dust storms and their ecological impacts in arid regions. *Journal of arid land*, 2(2), 144-150.
- Abu-Taleb, A. A., Alawneh, A. J., & Smadi, M. M. (2007). Statistical analysis of recent changes in relative humidity in Jordan. *American Journal of Environmental Sciences*, 3(2), 75-77.
- Alvi, S. H. (1994). Climatic changes, desertification and the Republic of Sudan. *GeoJournal*, 33(4), 393-399.
- Asanuma, J., & Kamimera, H. (2003). Long-term trends of the pan evaporation as an index of the global hydrological change. Paper presented at the Proceeding of International Symposium on Disaster Mitigation and Basin-Wide Water Management. UNESCO, Niigata, Japan.
- Baddock, M. C., Bullard, J. E., & Bryant, R. G. (2009). Dust source identification using MODIS: a comparison of techniques applied to the Lake Eyre Basin, Australia. *Remote sensing of Environment*, 113(7), 511-528.
- Baret, F., Guyot, G., & Major, D. (1989). TSAVI: a vegetation index which minimizes soil brightness effects on LAI and APAR estimation. Paper presented at the 12th Canadian Symposium on Remote Sensing Geoscience and Remote Sensing Symposium.
- Barreca, A. I. (2012). Climate change, humidity, and mortality in the United States. *Journal of Environmental Economics and Management*, 63(1), 19-34.
- Ben-Zvi, A. (1987). Indices of hydrological drought in Israel. *Journal of Hydrology*, 92(1-2), 179-191.
- Birsan, M.-V., Molnar, P., Burlando, P., & Pfaundler, M. (2005). Streamflow trends in Switzerland. *Journal of Hydrology*, 314(1-4), 312-329.
- Change, I. C. (2007). The physical science basis. Contribution of Working Group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 996.
- Chen, L. C., Rau, J. Y., (1998). Detection of shoreline change for tideland area using multi temporal satellite images, *International Journal of Remote Sensing*, 19: 3383-3397.
- USWRC (1982) Guidelines for determining flood flow frequency. United States Water Resources Council Hydrology Committee, Bull. 17B (revised), US Government Office, Washington, DC, USA.
- World Meteorological Organisation, 1970: Guide to Hydrometeorological Practices. WMO No. 168, TP-82.