



دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور

## فصلنامه

# اکوسیستم‌های طبیعی ایران

ISSN: ۲۳۲۲-۲۰۲۶

سال چهاردهم، شماره سوم، پیاپی ۵۳، پائیز ۱۴۰۲

### فهرست

- |     |  |  |
|-----|--|--|
| ۱   | بهروز سعدین، محمد ابراهیم عقیفی  | ● پایش تغییرات وسعت پهنه‌های آب سطحی دریاچه نمک استان فارس با استفاده از شاخص های سنجش از دور)             |
| ۲۴  | محمد ابراهیم عقیفی، وحید سهرابی  | ● پیش‌بینی خشکسالی با استفاده از مدل‌های هوش مصنوعی (مطالعه موردی استان فارس)                              |
| ۵۱  | سید حسن رسولی، صدرالدین متولی<br>فاطمه عاشوری، هانیه یازرلو                  | ● تحلیل نقش صنایع چوب و کاغذ در جنگل زدایی نواحی پیراشهری و توسعه شهر ساری                                 |
| ۷۶  | امیر رضا مصباح، سیده خدیجه<br>مهدوی، مهشید سوری،<br>محمد رضا جوادی           | ● تعیین مناطق مستعد وقوع آتش‌سوزی در حوزه آبخیز شور دره استان گلستان بر اساس روش ELECTRE III               |
| ۱۰۰ | جواد فلاحتکار  | ● سنجش وضعیت شاخص‌های مدیریت شهری در پروژه‌های عمرانی به منظور حفظ اکوسیستم طبیعی (مطالعه موردی: شهر ساری) |
| ۱۲۲ | سید مجید رضا حسینی مفرد،<br>حسن احمدی، علی‌اکبر مهربابی،<br>بهارک معتمدوزیری | ● مقایسه کارایی دو مدل WARSEM و WEPP Road در بررسی تأثیر احداث جاده بر مقدار فرسایش و رسوب                 |

❖ علمی - مروری

● علمی - پژوهشی



دانشگاه آزاد اسلامی

## فصلنامه

# اکوسیستم های طبیعی ایران

سال چهاردهم، شماره سوم، پیاپی ۵۳، پائیز ۱۴۰۲

واحد نور

## فهرست

- |     |   |  |
|-----|---|--|
| ۱   | بهرروز سعدین، محمد ابراهیم عقیفی  | • پایش تغییرات وسعت پهنه های آب سطحی دریاچه نمک استان فارس با استفاده از شاخص های سنجش از دور              |
| ۲۴  | محمد ابراهیم عقیفی، وحید سهرابی   | • پیش بینی خشکسالی با استفاده از مدل های هوش مصنوعی (مطالعه موردی استان فارس)                              |
| ۵۱  | سید حسن رسولی، صدرالدین متولی<br>فاطمه عاشوری، هانیه یازرلو               | • تحلیل نقش صنایع چوب و کاغذ در جنگل زدایی نواحی پیراشهری و توسعه شهر ساری                                 |
| ۷۶  | امیر رضا مصباح، سیده خدیجه مهدوی،<br>مهشید سوری، محمد رضا جوادی           | • تعیین مناطق مستعد وقوع آتش سوزی در حوزه آبخیز شور دره استان گلستان بر اساس روش ELECTRE III               |
| ۱۰۰ | جواد فلاحتکار   | • سنجش وضعیت شاخص های مدیریت شهری در پروژه های عمرانی به منظور حفظ اکوسیستم طبیعی (مطالعه موردی: شهر ساری) |
| ۱۲۲ | سید مجید رضا حسینی مفرد، حسن احمدی،<br>علی اکبر مهربانی، بهارک معتمدوزیری | • مقایسه کارائی دو مدل WEPP Road و WARSEM در بررسی تأثیر احداث جاده بر مقدار فرسایش و رسوب                 |

❖ علمی - مروری

• علمی - پژوهشی

## پایش تغییرات وسعت پهنه‌های آب سطحی دریاچه نمک استان فارس با استفاده از شاخص های سنجش از دور

بهروز سعدین<sup>۱\*</sup> و محمد ابراهیم عفیفی<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۰۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۲۲

### چکیده

منابع آبی یکی از مهم‌ترین مولفه‌های حیات سرزمین و توسعه پایدار به شمار می‌روند. در پژوهش حاضر، بررسی تغییرات سری زمانی مساحت پهنه‌های آبی پلایای دریاچه نمک استان فارس، به کمک داده‌های بازتابش سطحی ماهواره لندست ۸ از سال ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۸ مدنظر قرار گرفت و شاخص اصلاح شده اختلاف آب نرمال شده (MNDWI) به منظور جدا کردن پهنه‌های آبی بر تصاویر مورد نظر اعمال و سپس روند تغییرات مساحتی پهنه‌های آبی برآورد شد. کلیه فرایندهای مزبور و تجزیه و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای در محیط نرم‌افزار Google Earth Engine انجام شد روش کار به منظور بررسی ارتباط همبستگی بین وسعت پهنه های آبی با میزان بارندگی در حوزه آبخیزاز تولیدات بارندگی ماهانه از روش سنجش از دور ماهواره TRMN-3B43V7 استفاده شده یافته‌های پژوهش نشان داد که وسعت پهنه آبی دریاچه فصلی نمک استان فارس براساس شاخص MNDWI حدود ۱۴۲۶ کیلومترمربع و بر اساس شاخص استخراج آب خودکار (AWEI)، ۱۵۱۲ کیلومترمربع و بر اساس شاخص نسبت جذب آب (WRI) ۱۶۱۰ کیلومترمربع تخمین زده شده است. از سوی دیگر، تحلیل تولیدات آب سطحی تصاویر لندست نشان داد که بیشترین میزان تغییرات مربوط به پهنه‌های آبی فصلی موقت و فصلی جدید بوده است، به طوری که تغییرات پهنه‌های فصلی موقت مساحتی ۱۱۴۵ کیلومترمربع و پهنه‌های فصلی جدید سطحی ۳۵۵ کیلومترمربع را در فاصله ۱۳۹۲-۱۳۹۸ به خود اختصاص داده است. آبگیری پلایای دریاچه نمک استان فارس به وقوع سیلاب‌های فصلی و افزایش بارندگی‌ها در حوزه آبخیز ارتباط دارد، به طوری که همبستگی بالایی ( $R^2=0/۸۹$ ) میان بارندگی سالانه حوزه آبخیز و افزایش وسعت پهنه‌های آبی حاصل از شاخص MNDWI مشاهده شده است.

**کلمات کلیدی:** پلایا، پهنه‌های آبی، دریاچه نمک، MNDWI، سنجش از دور.

۱ استاد تمام، گروه خاکشناسی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. نویسنده مسئول [m.torkashvand54@yahoo.com](mailto:m.torkashvand54@yahoo.com)

۲ استاد تمام، گروه خاکشناسی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

## مقدمه

منابع آبی از مهم‌ترین مولفه‌های حیات سرزمین و توسعه پایدار به شمار می‌روند. به طوری که خشکیدگی این منابع آبی مشکلاتی مانند: فقر، مهاجرت، گرد و غبار و کاهش امنیت غذایی را در پی دارد. (۱۱) با توجه به اهمیت موضوع، حفظ و شناسایی منابع آبی از مهم‌ترین مسائل جهانی قلمداد می‌شود (۳). از سوی دیگر، توسعه استفاده از ماهواره‌ها، دسترسی سریع به اطلاعات زمینی را امکانپذیر نموده است که امکان آشکارسازی تغییرات را مهیا نموده است (۴). در این خصوص، روش‌های آستانه<sup>۱</sup>، روش رابطه بین طیفی<sup>۲</sup>، حالت نمایی<sup>۳</sup> و درخت تصمیم<sup>۴</sup> به تدریج توسعه یافته‌اند و استفاده از روش‌های تک باندی و چندباندی مبتنی بر بازتابش سطح زمین به منظور استخراج اطلاعات آبی مورد توجه قرار گرفتند (۱۸). بدیهی است که شناسایی به موقع و دقیق تغییرات ایجاد شده منجر به تصمیم‌گیری بهتر در مدیریت آنها خواهد شد (۴).

تاکنون تحقیقات متعددی در زمینه کاربرد تصاویر ماهواره‌ای در پایش تغییرات پهنه‌های آبی انجام شده است که از آن جمله: شن و همکاران (۲۰۱۰)<sup>۵</sup> در بررسی تغییرات تراز آبی دریاچه هامون با استفاده از تصاویر لندست، با مقایسه عرصه‌های آبگیری شده در دو مقطع زمانی ۱۳۵۵ و ۱۳۸۴، کاهش مساحت دریاچه به ۳۵۷ کیلومتر مربع را گزارش نمودند (۲۷). تانگ و همکاران (۲۰۱۲)<sup>۶</sup> در مطالعات دورسنجی خود، شاخص اصلاح شده اختلاف آب نرمال شده (MNDWI) را بیان نمود که خطای زمینی را در استخراج نواحی آبی کاهش داده است (۲۸). الاسمار و همکاران (۲۰۱۳)<sup>۷</sup> در بررسی تغییرات آب سطحی دریاچه بورولوس<sup>۸</sup> مصر با استفاده از شاخص‌های NDWI و MNDWI نشان دادند که ۴۲/۸ درصد از آب دریاچه به سبب فعالیت‌های انسانی طی سال‌های ۱۹۷۳ تا ۲۰۱۱ از بین رفته است که عموماً ناشی از تجاوز به حریم جنوبی رودخانه با اهداف کشاورزی و تخلیه پسماندهای کشاورزی بوده است (۱۴).

جواک و لوئیس (۲۰۱۵)<sup>۹</sup> در تحقیقات خود بر روی استخراج سریع ویژگی‌های منابع آب در واحه‌های ساحلی قطب جنوب به کمک داده‌های با وضوح بالای ماهواره‌ای پرداختند و بیان داشتند که استفاده از شاخص NDWI اصلاح شده به کمک داده‌های باند ۸ ماهواره World View-2 به طور قابل توجهی در بهبود استخراج ویژگی‌های منابع آب این نواحی و درک بهتر تغییرات اقلیمی راهگشا است (۲۱). گوتم و همکاران (۲۰۱۵)<sup>۱۰</sup> با بررسی تغییرات پهنه‌های آبی بنگلور هند در دوره زمانی ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۴ با استفاده از شاخص‌های WRI، NDWI، MNDWI، طبقه‌بندی نظارت شده و تبدیل K-T، اظهار داشتند که منابع آب سطحی در طول ۱۲ سال، کاهش چشمگیری را نشان داده است. همچنین

<sup>1</sup> Threshold method

<sup>2</sup> Inter-spectral relationship method

<sup>3</sup> Exponential mode

<sup>4</sup> Decision tree

<sup>5</sup> Shen et al

<sup>6</sup> Tang et al

<sup>7</sup> Alsmar et al

<sup>8</sup> Burullus

<sup>9</sup> Joak and Lewis

<sup>10</sup> Gautam et al

از لحاظ بهره‌وری الگوریتم تشخیص آب، عملکرد روش طبقه‌بندی نظارت شده و شاخص WRI با شاخص MNDWI از تطابق بالاتری برخوردار بوده است (۱۷).

عبادی و گلزار (۱۳۹۵) تغییرات مساحت پهنه آبی و پوشش گیاهی دریاچه پریشان را از سال ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۴ مورد بررسی قرار دادند و بیان داشتند که مساحت آبی دریاچه، کاهش تدریجی را داشته است و اشغال بستر توسط گیاهان افزایش داشته است (۸). همچنین فیشر و همکاران (۲۰۱۶)<sup>۱</sup> در تحقیقات خود با استفاده از اطلاعات پنج باند طیفی ماهواره لندست به ارائه شاخص WI پرداختند که قابلیت جداسازی آب‌های سطحی از سایر عوارض زمینی را دارد (۱۶). در همین ارتباط، حسین و نجم (۲۰۱۶)<sup>۲</sup> با استفاده از روش طبقه‌بندی به استخراج سطح آب دریاچه بورولوس<sup>۳</sup> از سال ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۵ پرداختند و کاهش ۴۴/۹۷ درصدی را گزارش نمودند، در حالی که پوشش گیاهی افزایش متفاوتی را نشان داده بود که به دلیل تخلیه زباله‌های کشاورزی و پسماندهای شهری در دریاچه، بدون تصفیه مناسب، بوده است (۱۹).

در پژوهشی دیگر، خسرویان و همکاران (۲۰۱۷) کارایی بالای شاخص اختلاف آب نرمال شده (NDWI<sup>۴</sup>) را در پایش تغییرات سطح آب دریاچه پریشان با استفاده از سنجش از دور و تصاویر ماهواره لندست در دوره ۱۹۸۹ تا ۲۰۰۴- گزارش نمودند (۳). ماسوچا و همکاران (۲۰۱۸) در تحقیقات خود با استفاده از تصاویر ماهواره لندست در زمبابوه، موفقیت شاخص MNDWI را در استخراج سطوح آبی سطح زمین نشان دادند (۲۴).

زارعی و امامی (۲۰۱۸) در بررسی تغییرات زمانی مکانی دوره تثبیت سطح آب دریاچه ارومیه در بازه زمانی ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۶ و به کمک تصاویر ماهواره لندست و ضمن استفاده از چهار شاخص نسبت آب (WRI)، شاخص اتوماتیک استخراج آب (AWEI)، شاخص اختلاف آب نرمال شده (NDWI) و شاخص اختلاف پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI) اظهار داشتند که کاهش محسوس (۷۸ درصد) سطح آب دریاچه ارومیه در بازه ۲۰۱۴-۲۰۰۲ نسبت به سال ۲۰۰۲ رخ داده است و از ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۶ با افزایش ۳۳/۵۷ درصدی، به دوره تثبیت نسبی رسیده است (۴). ستوده پور و همکاران (۲۰۱۹) در مقایسه شاخص‌های استخراج آب با استفاده از تصاویر ماهواره‌های لندست ۸ و سنتینل A2 در سواحل بوشهر نشان دادند که برای تصاویر لندست، شاخص اصلاح شده اختلاف آب نرمال شده (MNDWI) و شاخص دریاچه، تالاب نرمال شده (NDPI) بهترین عملکرد را داشته‌اند. همچنین برای تصاویر سنتینل A2 نیز شاخص اصلاح شده اختلاف آب نرمال شده (MNDWI) و شاخص اختلاف آب نرمال شده (NDWI) دارای بهترین نتیجه بوده‌اند (۵).

باکر و الکاوی (۲۰۲۰)<sup>۵</sup> در تحقیقات خود در اکوسیستم‌های خشک، به کمک شاخص MNDWI بیان داشتند که وسعت آب‌های سطحی در دریاچه مصنوعی نوبریای غربی<sup>۶</sup> از ۵۹۳ تا ۸۸۳ هکتار طی

<sup>1</sup> Fisher et al

<sup>2</sup> Hossein and Najm

<sup>3</sup> Burullus

<sup>4</sup> Normalized Difference Water Index

<sup>5</sup> Bakr and Alkawi

<sup>6</sup> West Nubaria

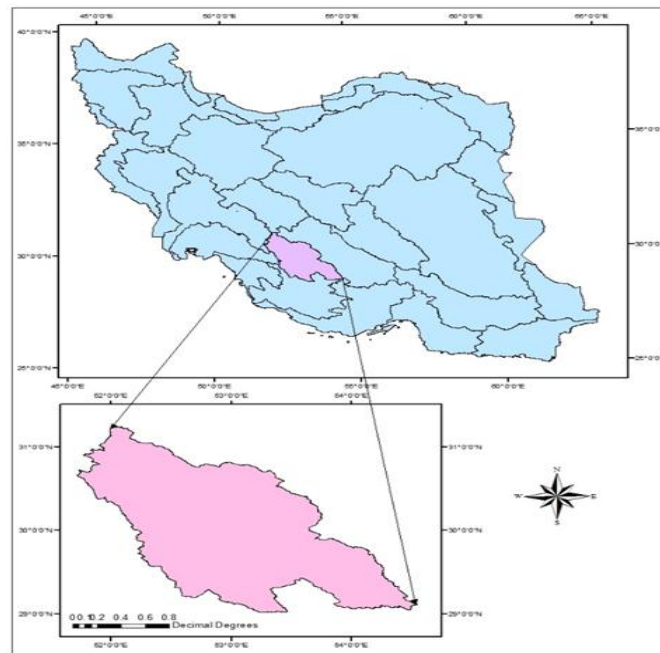
سال‌های ۲۰۱۳ لغایت ۲۰۱۷ تغییر نموده است(۱۱). در پژوهشی دیگر، اصغری سراسکانرود و همکاران(۲۰۲۰) با استفاده از تصاویر لندست به بررسی شاخص‌های استخراج آب در رودخانه گاماسیاب کرمانشاه پرداختند و اظهار داشتند که شاخص AWEI با صحت کلی ۹۹/۰۹ درصد و ضریب کاپای ۰/۹۸ بهترین عملکرد را نشان داده است (۲).

جمع بندی سوابق تحقیق، نشان دهنده اهمیت پایش منابع آب سطحی و لزوم توجه به استفاده از فناوری سنجش از دور به منظور درک بهتر تغییرات پهنه‌های آبی است(۳۲) بدین منظور، ارائه و استفاده از شاخص‌هایی به منظور جدا کردن پهنه‌های آبی از تصاویر ماهواره‌ای، مورد توجه بسیاری از محققین حوزه منابع آب قرار گرفته است که از دقت و اعتبار کافی برخوردارند. از این رو، در پژوهش حاضر به بررسی تغییرات سری‌های زمانی پهنه‌ی آبی پلایای دریاچه نمک استان فارس در جنوب با استفاده از تصاویر ماهواره لندست پرداخته شده است، تا از این طریق نسبت به برآورد سطح وسعت تغییرات منابع آب سطحی دست یابیم(۱۱). شایان ذکر است که با توجه به عدم انجام تحقیقات کافی در خصوص تغییرات پهنه‌های آبی در دریاچه نمک استان فارس، این پژوهش در نوع خود برای اولین بار انجام شده است.

## مواد و روش ها

### معرفی منطقه مورد مطالعه

دریاچه نمک- بختگان در شمال استان فارس و در دامنه‌های شرقی بخش جنوبی رشته کوه‌های زاگرس بین مختصات جغرافیایی "۴۵ ۵۱<sup>۰</sup> تا "۳۰ ۵۴<sup>۰</sup> طول شرقی و "۳۵ ۲۹<sup>۰</sup> تا "۱۵ ۳۱<sup>۰</sup> عرض شمالی واقع شده و مساحت آن ۳۲۲۷۱ کیلومترمربع می باشد که نیمی از آن یعنی حدود ۵۰ درصد را مناطق کوهستانی، ۴۵ درصد را کوهپایه و دشت و ۵ درصد را دریاچه ها تشکیل می‌دهند(۱۲). بخش عمده دشتهای این حوزه آبخیز بین سد درودزن و دریاچه بختگان قرار گرفته است. از نظر تقسیم بندی کلی هیدرولوژی ایران، حوزه آبخیز دریاچه‌های بختگان و مهارلو بخشی از آبخیز مرکزی بوده و به حوزه آبخیز مرداب گاوخونی و کویرهای ابرکوه و هرات از شمال و کویر قطروئیه از شرق، حوزه آبخیز رودخانه‌های کل و مند از جنوب و بلاخره حوزه آبخیز زهره و کارون از غرب محدود می باشد. شهرهای شیراز، مرودشت، استهبان، نیریز، سروستان، ارسنجان، سیوند و سده در این حوزه آبخیز قرار دارند.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

### روش تحقیق

در این پژوهش، ابتدا تغییرات سری زمانی مساحت تالاب دریاچه نمک استان فارس، به کمک داده‌های بازتاب سطحی ماهواره لندست ۸ از سال ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۹ مورد بررسی قرار گرفت. این داده‌ها از وضوح مکانی ۳۰ متر و دوره زمانی ۱۶ روزه برخوردار بوده و فرایند تصحیح اتمسفری به طور اتوماتیک بر آنها اعمال شده است<sup>۱</sup> (USGS). در این خصوص، ۱۳۳ تصویر در دوره زمانی مورد مطالعه، موجود بود که پس از اعمال فیلتر حذف ابر، ۱۱۷ تصویر با پوشش ابری کمتر از ۱۵ درصد انتخاب شدند. سپس، شاخص MNDWI به منظور جدا کردن پهنه‌های آبی بر تصاویر موردنظر اعمال شد و نواحی پوشیده از آب با ابزار ماسک کردن جدا گردید و در نهایت روند تغییرات مساحتی پهنه‌های آبی تخمین زده شد (۱۳)

شاخص اختلاف آب نرمال شده اصلاح شده (MNDWI) از شاخص‌های مناسب جهت نقشه‌برداری منابع آب می‌باشد (۲۲). از آنجا که آب در محدوده مرئی تا مادون قرمز قابلیت جذب بالا و تابش پایین طیف الکترومغناطیس را از خود نشان می‌دهد، لذا با در نظر گرفتن باندهای سبز و مادون قرمز، اطلاعات موثری از منابع آب را می‌توان برآورد نمود. این شاخص، اصلاح شده شاخص NDWI (مک فیتزرز، ۱۹۹۶) است که به منظور بررسی منابع آب، از کاربرد فراوانی در بین محققین دورسنجی برخوردار بوده که طبق رابطه ۱ به دست می‌آید:

$$MNDWI = \frac{Green - SWIR1}{Green + SWIR1} \quad (\text{رابطه ۱})$$

1 - Source: EC JRC/Google'

که در آن، Green: باند سبز، و SWIR1: باند مادون قرمز موج کوتاه است. باندهای مزبور در لندست ۸ به ترتیب معادل باندهای ۳ و ۶ در نظر گرفته شده‌اند. مقادیر مثبت این شاخص بیانگر نواحی پوشیده از آب است.

شاخص خودکار استخراج آب<sup>۱</sup> AWEI نیز به عنوان یکی دیگر از شاخص‌های مورد استفاده در استخراج سطوح آبی قابلیت بالایی را نشان داده است (۱۵) که در این پژوهش مد نظر قرار گرفت. این شاخص با رابطه ۲ معرفی شده است:

$$\text{AWEInsh} = 4 \times (B3 - \text{SWIR1}) - (0.25 \times \text{NIR} + 2.75 \times \text{SWIR2}) \quad (\text{رابطه ۲})$$

که در آن B3 باند سبز بوده، NIR: مادون قرمز نزدیک و SWIR بیانگر مادون قرمز موج کوتاه می‌باشد.

همچنین، شاخص نسبت آب (WRI<sup>۲</sup>) نیز به عنوان یکی دیگر از مهم‌ترین شاخص‌های به کار رفته جهت بارزسازی نواحی مرطوب به شمار می‌رود که مطابق با رابطه (۳) تعریف شده است که در آن مقادیر بالاتر از ۱ عموماً نشان دهنده نواحی پوشیده از آب می‌باشند

$$\text{WRI} = (\text{Green} + \text{red}) / (\text{NIR} + \text{MIR}) \quad (\text{رابطه ۳})$$

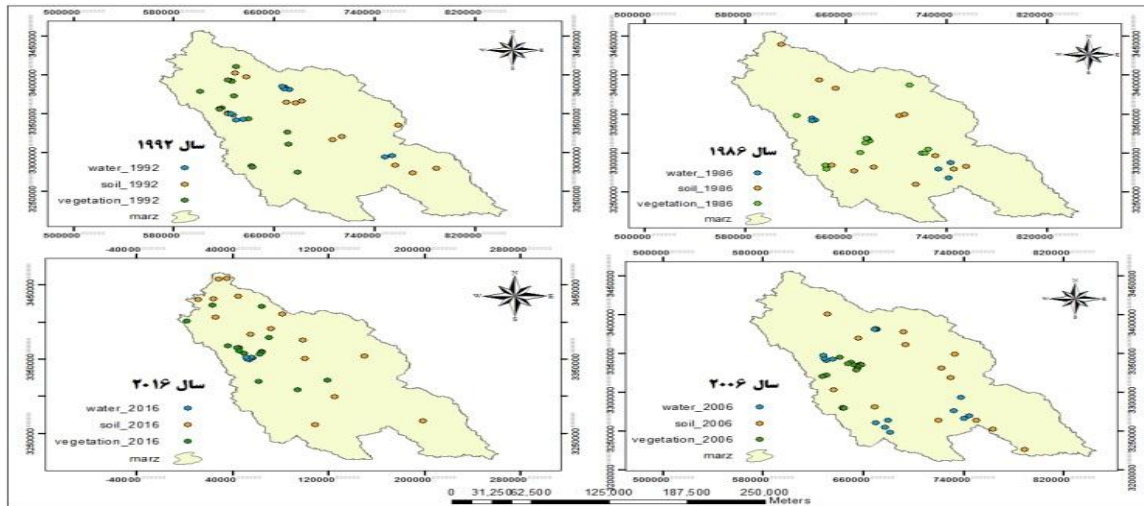
باتوجه به اینکه محدوده جغرافیایی پلایای دریاچه نمک استان فارس در سطر ۴۱ و گذر ۱۵۸ واقع شده است، لذا کلیه عملیات‌ها بر این مشخصه تصویر اعمال گردید (جدول ۱) و شاخص‌های مزبور بر تصویر انتخابی سال ۲۰۱۷ که بیشترین میزان تغییرات پهنه آبی در آن مشهود بوده است، اعمال شدند.

همچنین به منظور بررسی ارتباط همبستگی بین وسعت پهنه‌های آبی با میزان بارندگی در حوزه آبخیز از تولیدات بارندگی ماهانه از روش سنجش از دور و سنجه ماهواره TRMM-3B43V7، استفاده شد (۲۰). TRMM اولین ماهواره هواشناسی به منظور اندازه‌گیری کمی بارندگی‌های نواحی حاره و نیمه حاره‌ای قلمداد شده است (۱۳) که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت. این نوع داده‌ها به عنوان جایگزین مناسبی در مناطق فاقد داده و به ویژه مناطقی که با محدودیت شبکه‌های سینوپتیک و باران‌سنجی مواجه هستند، پیشنهاد می‌شوند. (۱۴)

<sup>۱</sup> Automated Water Extraction Index

<sup>۲</sup> Water Ratio Index



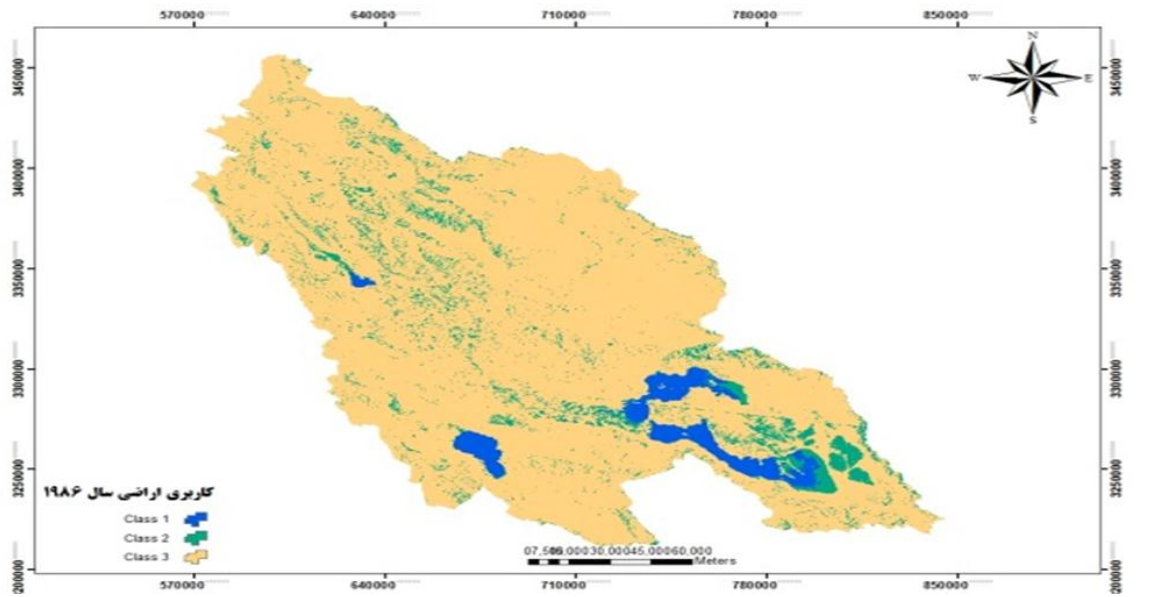


شکل ۲: نقشه مکان های موقعیت زمینی نمونه برداری مقایسه ۴ دوره متناوب

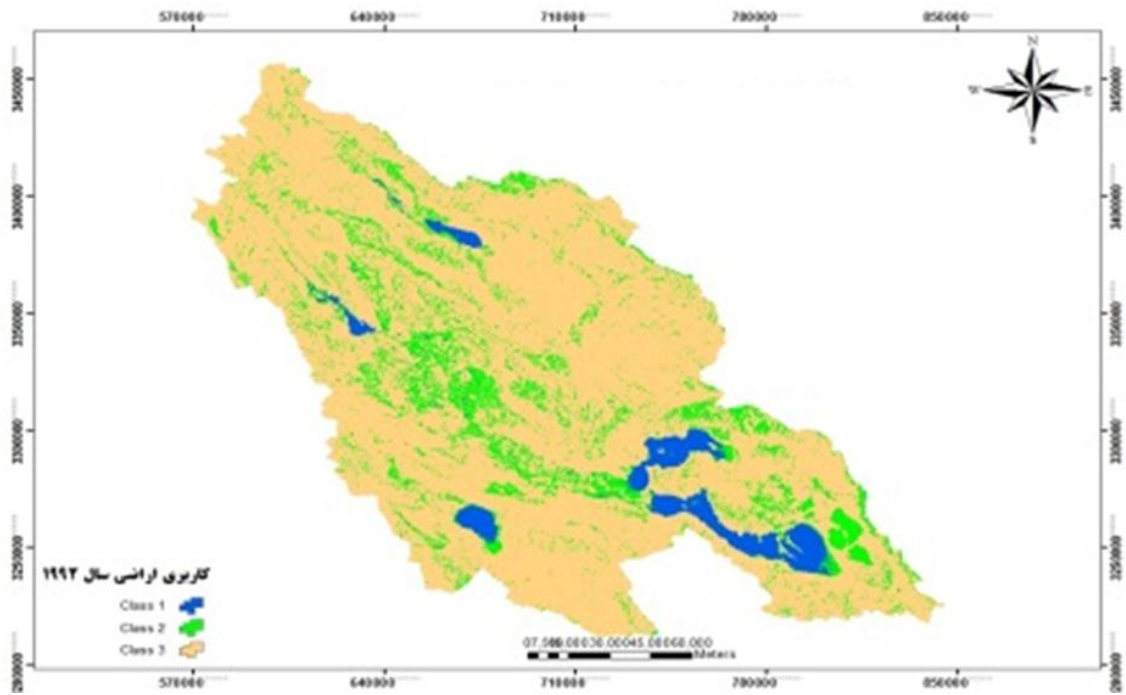
جدول ۱: مشخصات بانندی تصویر لندست مورد استفاده در پژوهش حاضر (ردیف ۴۱، گذر ۱۵۸)

سنسور/ماهواره	باند	طول موج (μm)	دقت مکانی	نام باند
	۱	۰/۰-۴۳/۴۵	۳۰	آثروسل
	۲	۰/۰-۴۵/۵۱	۳۰	آبی
	۳	۰/۰-۵۳/۵۹	۳۰	سبز
	۴	۰/۰-۶۴/۶۷	۳۰	قرمز
	۵	۰/۰-۸۵/۸۸	۳۰	مادون قرمز نزدیک (NIR)
OLI/ لندست ۸	۶	۱/۱-۵۷/۶۵	۳۰	مادون قرمز طول موج کوتاه (SWIR1)
	۷	۲/۲-۱۱/۲۹	۳۰	مادون قرمز طول موج کوتاه (SWIR2)
	۸	۰/۰-۵/۶۸	۱۵	پانکروماتیک
	۹	۱/۱-۳۶/۳۸	۳۰	سیروس
	۱۰	۱۰/۱۱-۶/۱۹	۱۰۰	مادون قرمز گرمایی (TIR-1)
	۱۱	۱۱/۱۲-۵۰/۵۱	۱۰۰	مادون قرمز گرمایی (TIR-2)

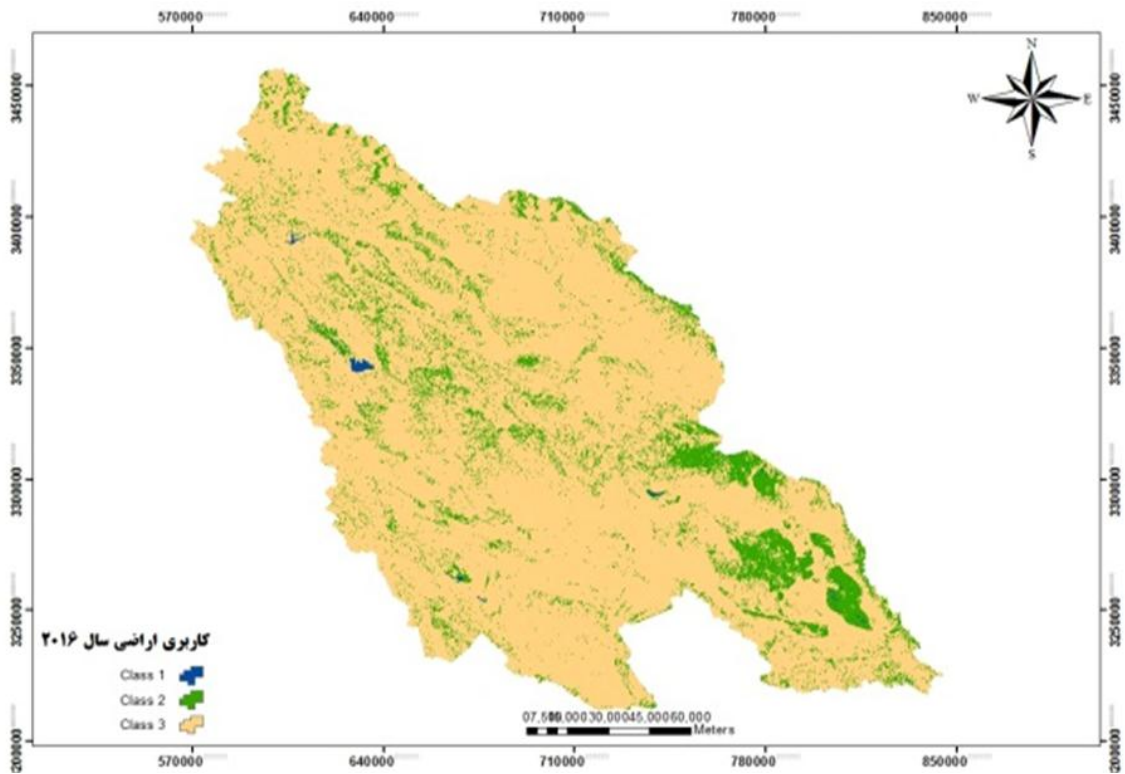
در ادامه مطلب، تغییر مساحت پهنه های آبی در نقشه های شماره ۳ تا ۱۰ نمایش داده شده است.



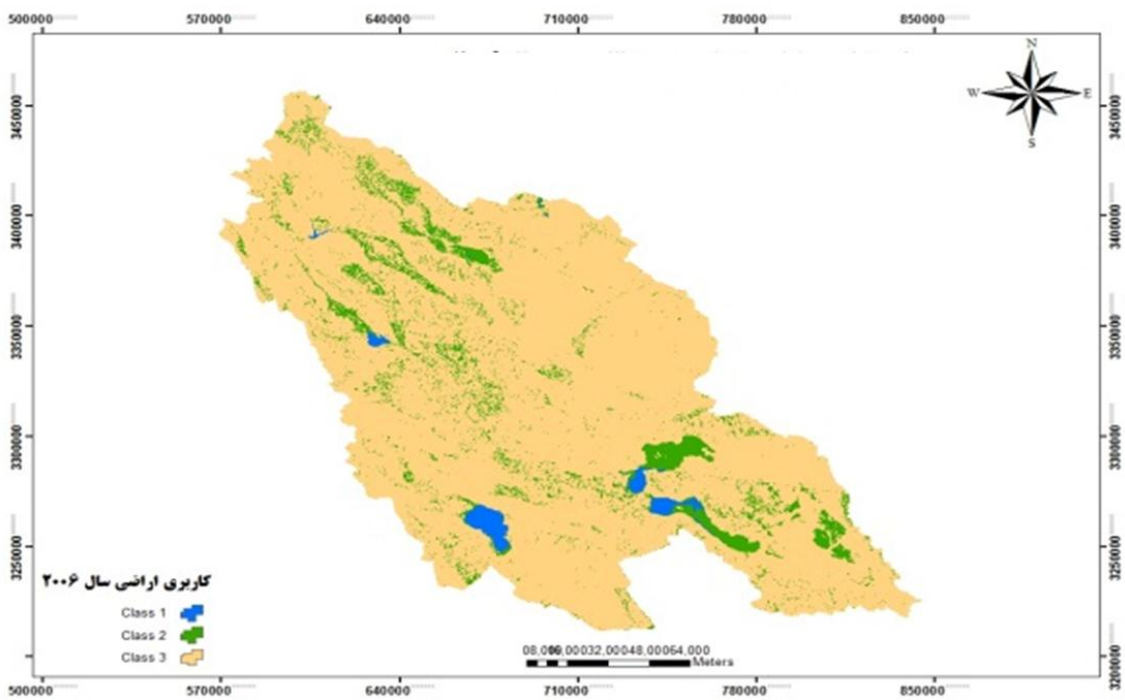
شکل ۳- نقشه کاربری اراضی به روش طبقه بندی نظارت نشده سال ۱۹۸۶



شکل ۴- نقشه کاربری اراضی به روش طبقه بندی نظارت نشده سال ۱۹۹۲



شکل ۵- کاربری اراضی به روش طبقه بندی نظارت نشده سال ۲۰۰۶



شکل ۶- نقشه کاربری اراضی به روش طبقه بندی نظارت نشده سال ۲۰۱۶

از سوی دیگر، تولیدات آب سطحی<sup>۲</sup> تصاویر ماهواره لندست با توان تفکیک مکانی ۳۰ متر و از ۱۶ مارچ ۱۹۸۴ لغایت ۱۰ اکتبر ۲۰۱۵ نیز در نظر گرفته شد<sup>۱</sup> و پایش تغییرات طی دو دوره زمانی

<sup>۱</sup> EC JRC / Google

(۱۹۸۴- تا ۲۰۱۵) مورد آنالیز قرار گرفت، به این منظور، باند transition مورد تجزیه و تحلیل واقع شد و اطلاعات تغییرات پهنه‌های آبی، پس از تعیین محدوده مطالعاتی و با استفاده از برنامه‌نویسی در گوگل ارث انجین<sup>۱</sup> به دست آمد (۲۶).

به منظور ارزیابی صحت تصاویر طبقه‌بندی شده، از نقاط کنترل زمینی حاصل از بازدید صحرایی، نقشه‌های توپوگرافی و تصاویر گوگل ارث، استفاده شد که به‌عنوان داده‌های مرجع برای هر کاربری که به‌طور تصادفی برداشت گردیده بود، به منظور ارزیابی صحت و برآورد ماتریس خطا به‌کمک نرم‌افزار Envi 5.3 در نظر گرفته شد و صحت کلی<sup>۲</sup> و ضریب کاپا<sup>۳</sup> محاسبه شدند.

ماتریس خطای طبقه‌بندی بر اساس رابطه بین داده‌های زمینی و نتایج حاصل از طبقه‌بندی ایجاد می‌شود و متشکل از ردیف‌ها و ستون‌هایی برابر با تعداد طبقاتی است که ارزیابی صحت برای آن‌ها انجام می‌گیرد. شاخص کاپا از رابطه‌ی (۴) محاسبه می‌شود (یوسفی و همکاران ۲۰۱۶:۱۹):

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

که در رابطه فوق؛ Kappa: ضریب کاپا، P<sub>o</sub> درستی مشاهده‌شده و P<sub>c</sub> توافق مورد انتظار است. در پژوهش حاضر، کلیه فرایندهای مزبور و آنالیز تصاویر ماهواره‌ای در محیط سامانه گوگل ارث انجین و همچنین نرم افزار ArcGIS ۱۰/۵ انجام شد. گوگل ارث انجین، یک ابزار قدرتمند برای استخراج اطلاعات کاربردی طیفی، رادیومتریکی و مکانی از تصاویر ماهواره‌ای است که با استفاده از یک سامانه تحت وب عمل نموده و امکان پردازش‌های طیفی را بر روی پدیده‌های مختلف سطح زمین مهیا نموده است. این سامانه به‌عنوان یک سامانه متن‌باز از تصاویر ماهواره‌ای لندست، سنتینل، استرا، مادیس و غیره پشتیبانی می‌نماید (۱).

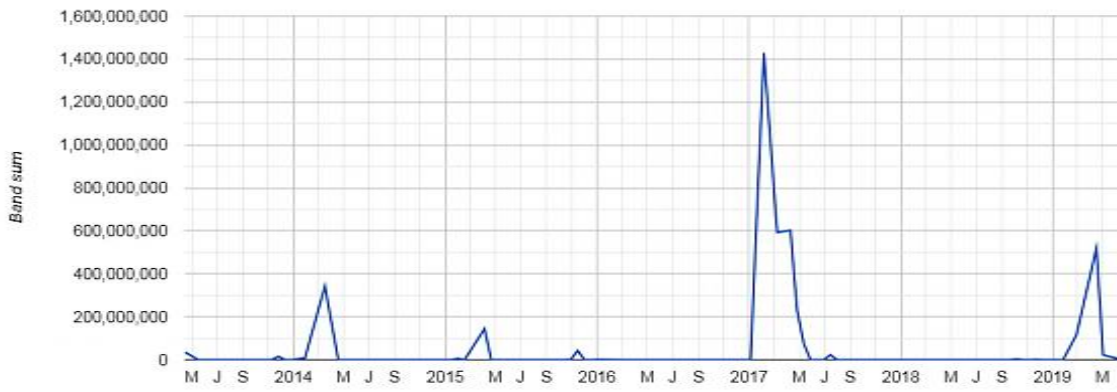
## نتایج و بحث

روند تغییرات مساحت آبی پلایای دریاچه نمک استان فارس با استفاده از شاخص MNDWI، در شکل (۴) نشان داده شده است. نتایج تغییرات سری زمانی وسعت پهنه‌های آبی در دوره زمانی مورد نظر با استفاده از تصاویر سنجنده لندست، در تاریخ ۵ فوریه سال ۲۰۱۷، بیشترین وسعت پوشیده از آب به مساحت ۱۴۲۶ کیلومترمربع را نشان داده است. صفر شدن میزان شاخص MNDWI در بیشتر سال‌ها به دلیل خشکیدگی پلایای دریاچه نمک استان فارس بوده است که فاقد آب بوده و لذا تنها زمانی شاخص مزبور کمیتی عددی و مثبت را نشان می‌دهد که بیانگر وجود آب در منطقه و وجود یک پهنه آبی است. (۱۹)

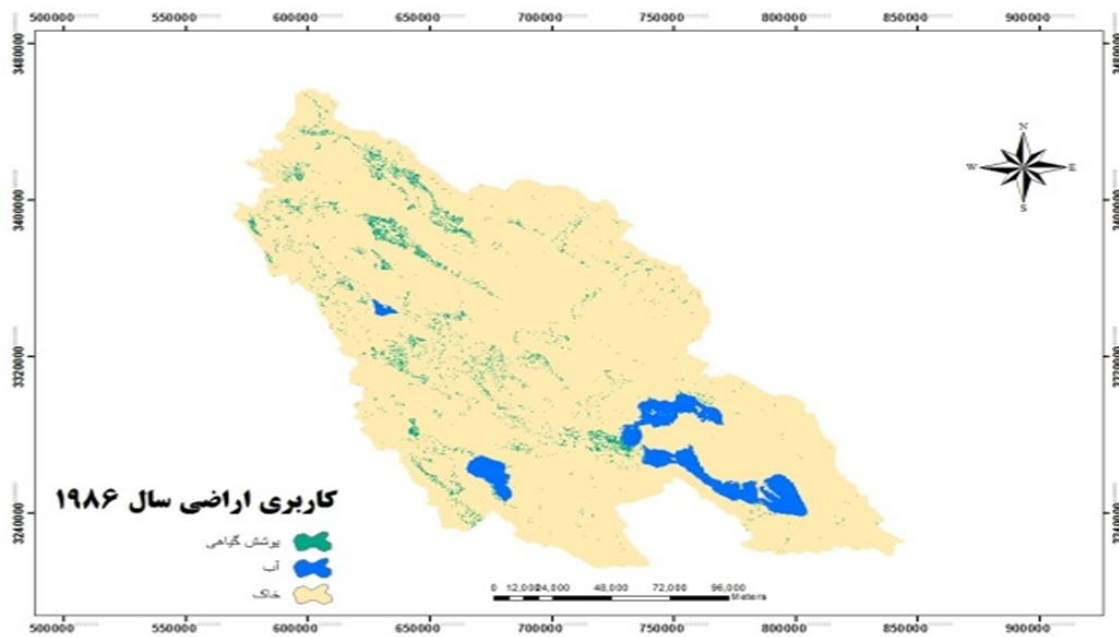
<sup>1</sup> Google Earth Engine

<sup>2</sup> Overall accuracy

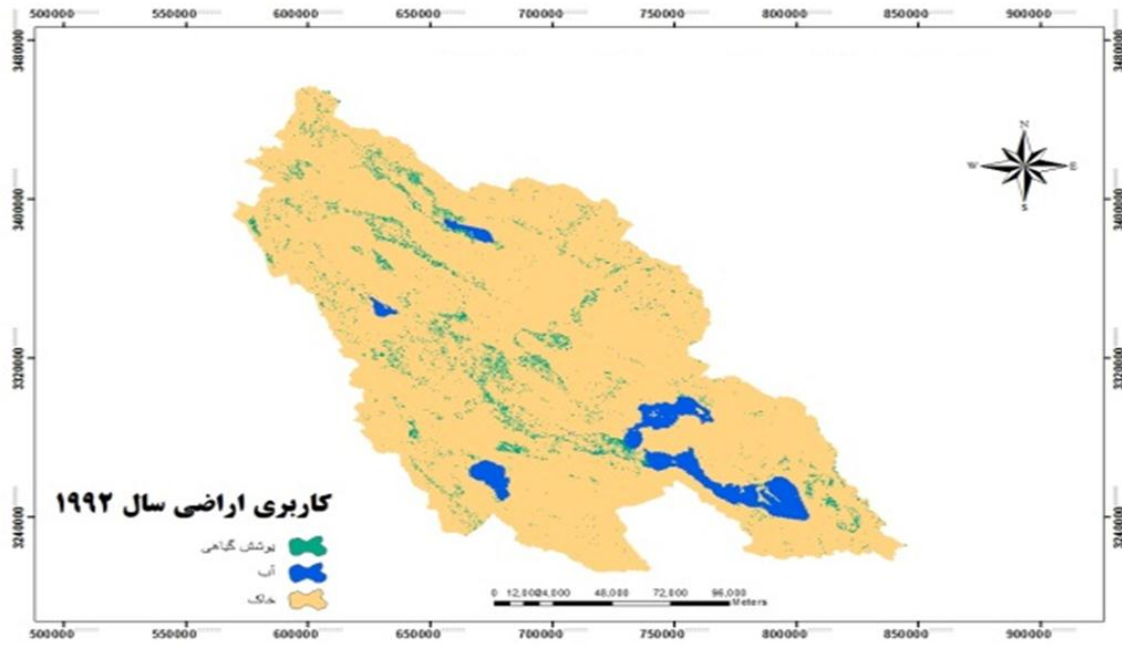
<sup>3</sup> Kappa coefficient



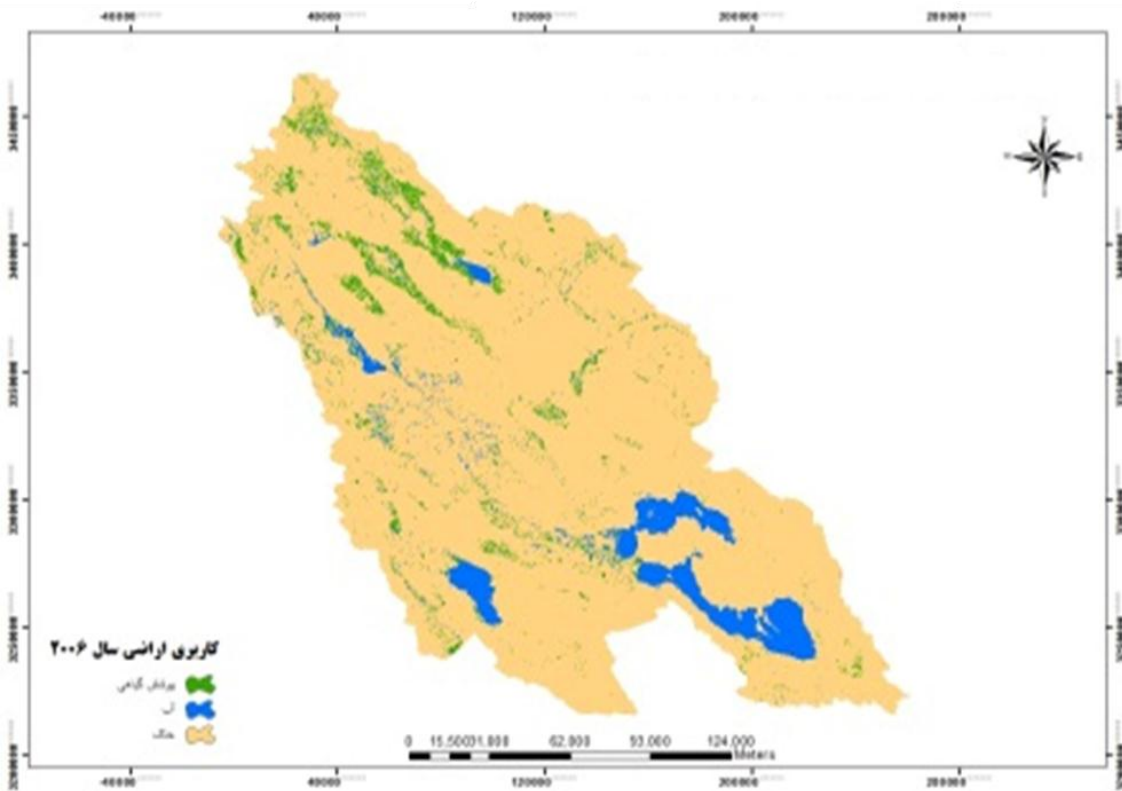
شکل ۷- تغییرات سری زمانی پهنه های آبی دریاچه نمک



شکل ۸- کاربری اراضی سال ۱۹۸۶ به روش طبقه بندی نظارت شده Maximum likelihood

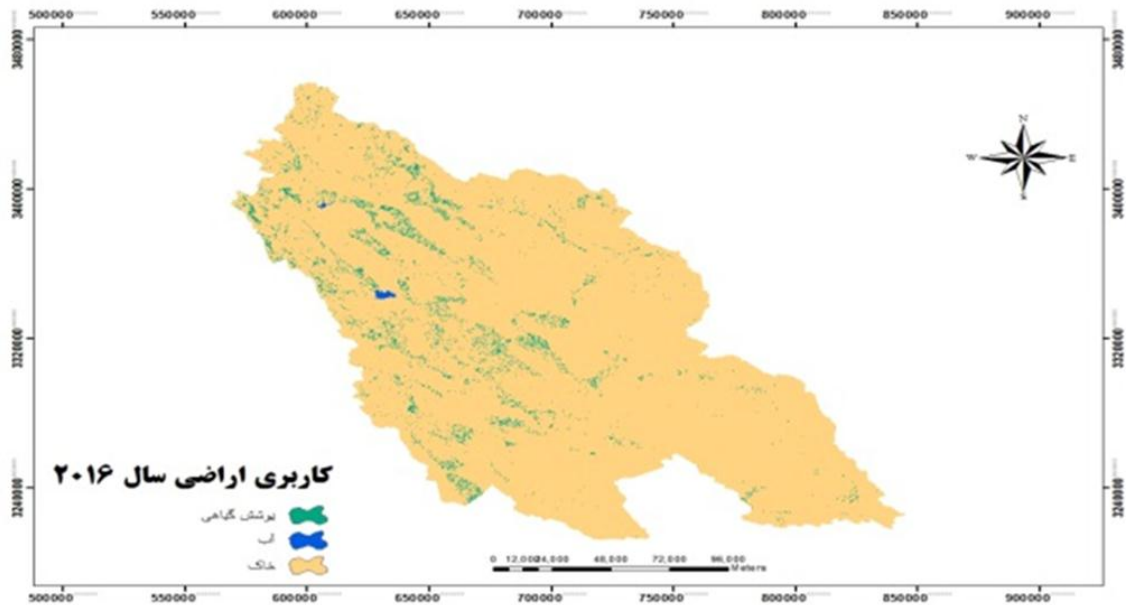


شکل ۹- نقشه کاربری اراضی سال ۱۹۹۲ به روش طبقه بندی نظارت شده Maximum likelihood



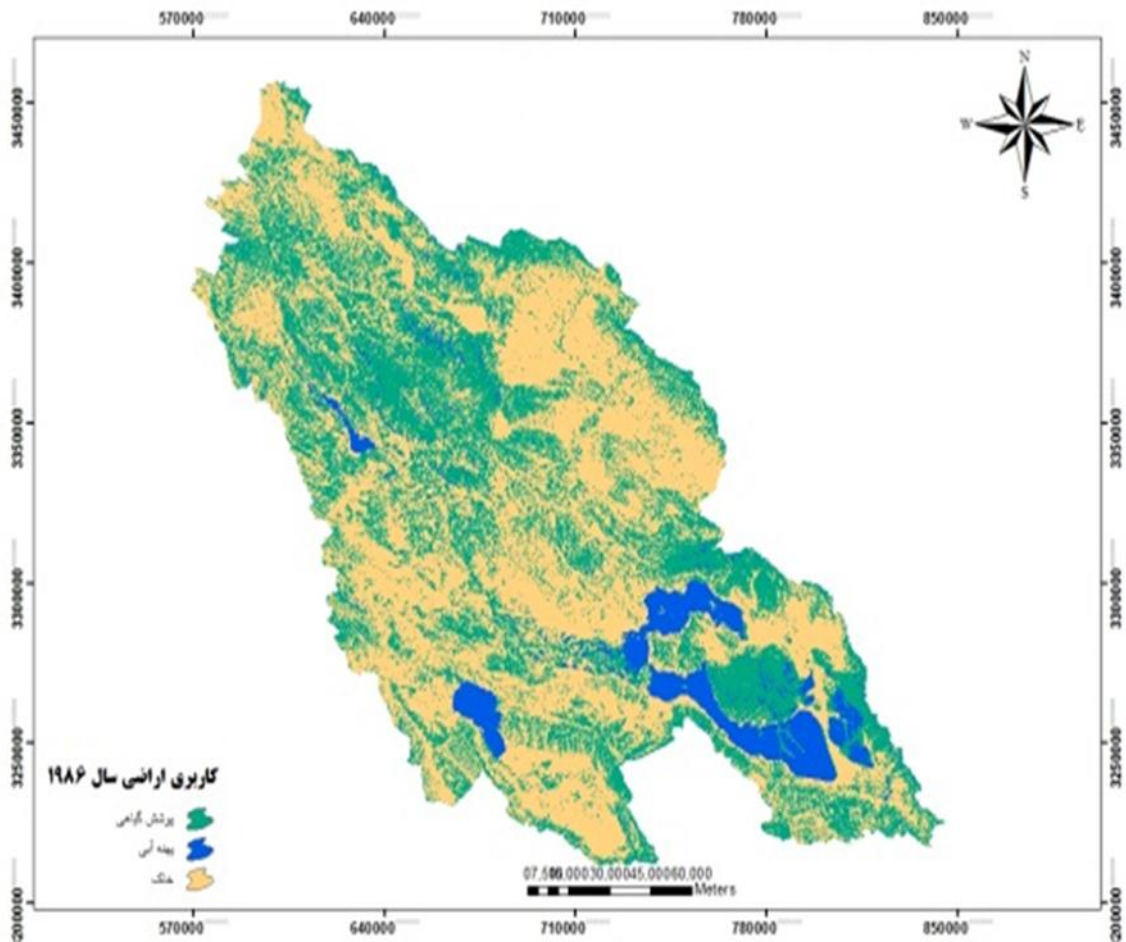
شکل ۱۰- نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۰۶ به روش طبقه بندی نظارت شده Maximum likelihood





شکل ۱۱- نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۱۶ به روش طبقه بندی نظارت شده Maximum likelihood

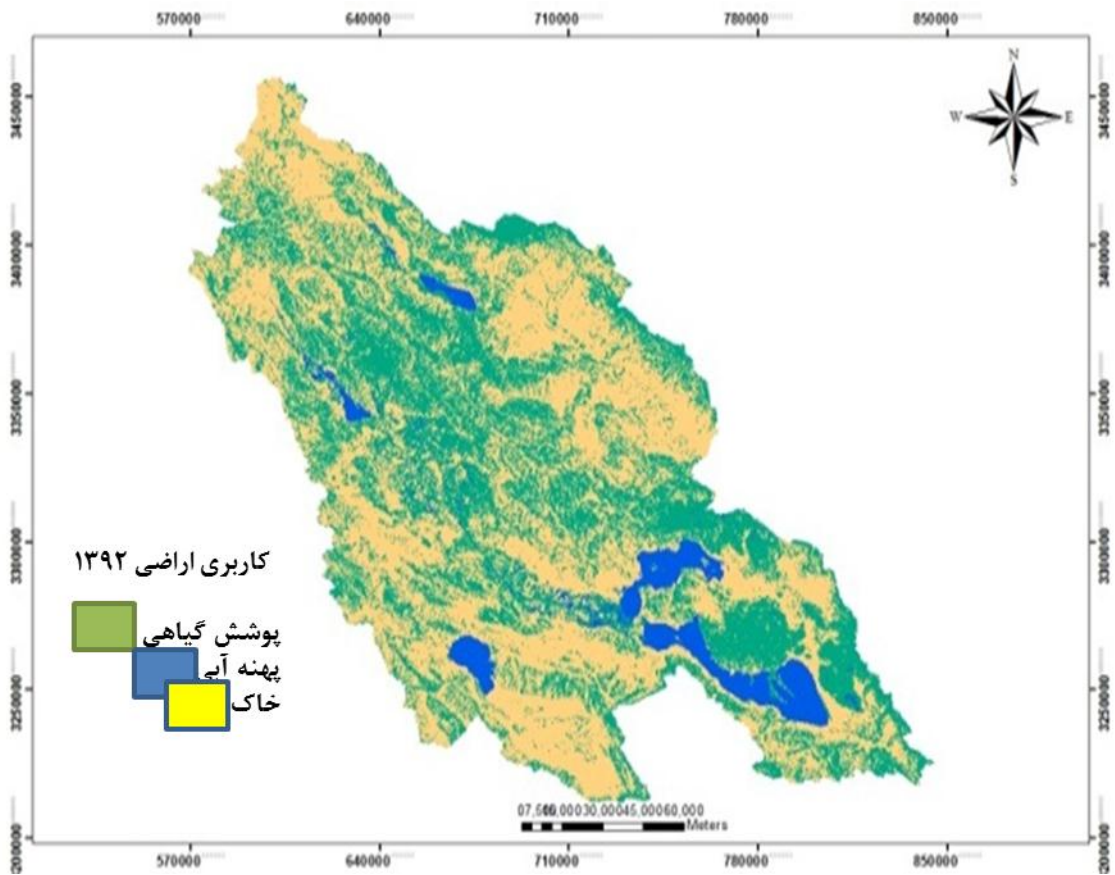
بررسی سری زمانی تغییرات پهنه‌های آبی با استفاده از شاخص MNDWI در دریاچه دریاچه نمک استان فارس طی سال‌های ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۹ با استفاده از سامانه گوگل ارث انجین، نشان داد که سطح این دریاچه عموماً در فصل زمستان و ماه‌های دی، بهمن، اسفند پوشیده از آب بوده و در سایر ماه‌ها رو به خشکی می‌رود. همانطور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، در دوره زمانی مورد بررسی در بهمن ۱۳۹۶ بیشترین مساحت دریاچه پوشیده از آب بوده است، از این رو، شاخص MNDWI بر تصویر ماهواره‌ای مربوط به تاریخ مزبور به طور مجزا در محیط ArcMap اعمال شد (شکل ۱۳).



شکل ۱۲- نقشه کاربری اراضی سال ۱۹۸۶ به روش طبقه بندی نظارت شده *Minimum distance*

در این پژوهش از شاخص‌های غیرنرمال AWEI و WRI به منظور استخراج پهنه‌های آبی استفاده شده است. یافته‌های پژوهش بیانگر این است که بر اساس شاخص AWEI مساحت پهنه آبی دریاچه در تاریخ مزبور ۱۵۱۲ کیلومتر مربع برآورد شده است، همچنین وسعت پهنه آبی بر اساس شاخص نسبت جذب آب WRI حدود ۱۶۱۰ کیلومتر مربع تخمین زده شده است (شکل ۱۳).

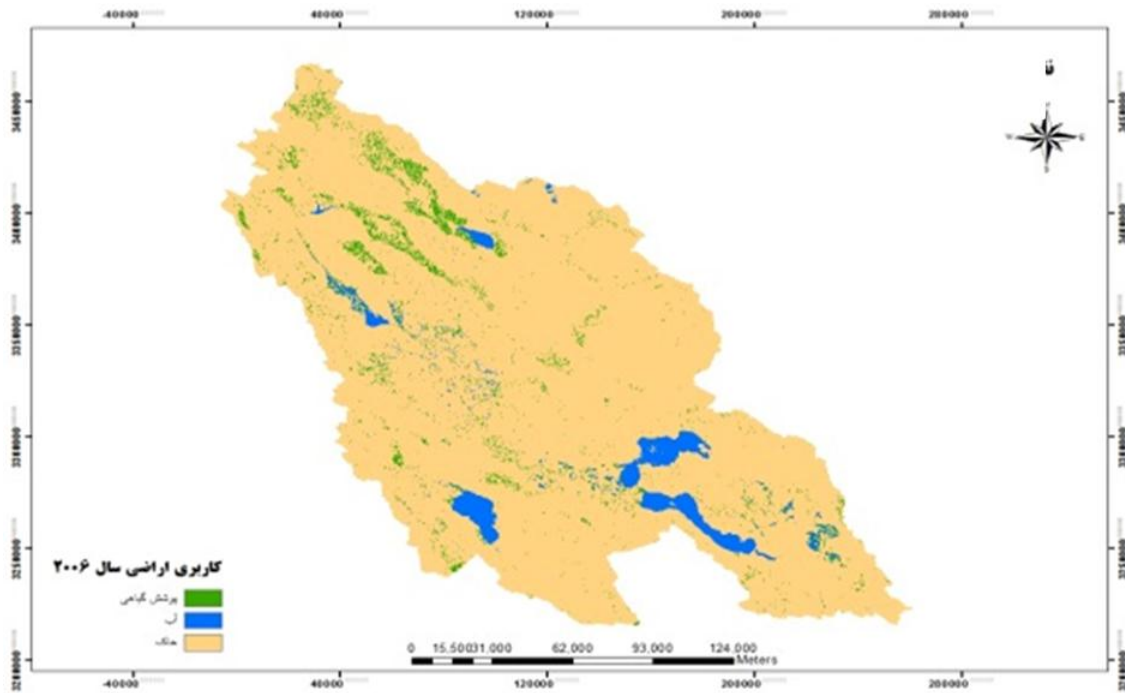




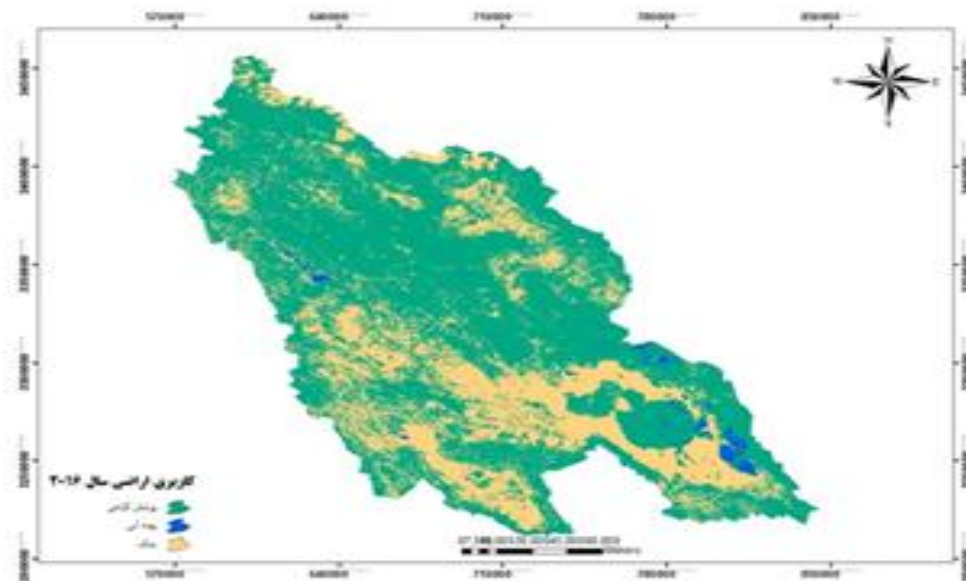
شکل ۱۳- نقشه کاربری اراضی سال ۱۹۹۲ به روش طبقه بندی نظارت شده (کمترین فاصله)

نتایج بررسی تغییرات پهنه‌های آبی حاصل از تولیدات آب سطحی ماهواره لندست<sup>۱</sup> در حوزه آبخیز دریاچه نمک استان فارس نشان داد که بیشترین میزان تغییرات سطوح آبی در مرکز آبخیز متمرکز شده است. همانطور که در شکل نشان داده شده است، بیشترین میزان تغییرات مربوط به پهنه‌های آبی "فصلی موقت" (خاکستری روشن) و "فصلی جدید" (سبز) است، به طوری که تغییرات پهنه‌های فصلی موقت مساحتی قریب کیلومتر مربع ۱۱۴۵ و پهنه‌های فصلی جدید سطحی حدود ۳۵۵ کیلومتر مربع را به خود اختصاص داده است و پس از آن پهنه‌های "فصلی از بین رفته" که مساحتی معادل ۱۲ کیلومتر مربع را در بر گرفته است

<sup>1</sup> JRC Global Surface Water Mapping Layers V1/ Google



شکل ۱۴- نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۰۶ به روش طبقه بندی نظارت شده Minimum distance



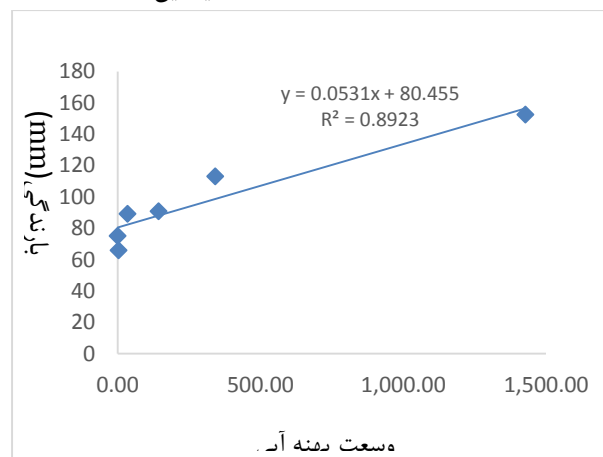
شکل ۱۵- نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۱۶ تصاویر به روش طبقه بندی نظارت شده Minimum distance

آبگیری پلایای دریاچه نمک استان فارس به وقوع سیلاب‌های فصلی و افزایش بارندگی‌ها در حوزه آبخیز ارتباط داشته و به این سبب، وسعت پهنه‌های آبی نیز متعاقباً تغییر می‌نماید. در این خصوص، همبستگی بین وسعت پهنه‌های آبی در حوزه آبخیز دریاچه نمک استان فارس و میانگین بارندگی سالانه به کمک داده‌های ماهواره‌ای TRMM-3B43V7 از سال ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۸ نشان داده شده است (شکل ۸ و جدول ۳). نتایج نشان می‌دهد که همبستگی بالایی ( $R^2=0/۸۹$ ) بین میزان بارش‌ها

در حوزه آبخیز و افزایش وسعت پهناهای آبی حاصل از شاخص MNDWI وجود دارد، به طوری که با افزایش میزان بارندگی در حوزه آبخیز، وسعت پهناهای آبیگری شده نیز بیشتر می گردد.

جدول ۲- بارندگی سالانه در حوزه آبخیز دریاچه نمک از داده های ماهواره ای TRMM

سال	میلیمتر
۱۳۷۷	۱۷۰
۱۳۷۸	۱۳۵
۱۳۷۹	۱۰۴
۱۳۸۰	۴۸
۱۳۸۱	۹۵
۱۳۸۲	۱۰۱
۱۳۸۳	۱۰۶
۱۳۸۴	۱۵۶
۱۳۸۵	۱۱۹
۱۳۸۶	۱۷۸
۱۳۸۷	۱۶۱
۱۳۸۸	۱۹۳
۱۳۸۹	۱۳۷
۱۳۹۰	۱۸۳
۱۳۹۱	۱۰۷
۱۳۹۲	۱۷۸
۱۳۹۳	۱۶۱
۱۳۹۴	۱۷۰
۱۳۹۵	۹۳
۱۳۹۶	۱۹۶
۱۳۹۷	۱۱۵
۱۳۹۸	۳۴۹
میانگین	۱۴۷



شکل ۱۶- همبستگی میان میانگین بارندگی سالانه و وسعت پهناهای آبی با استفاده از شاخص MNDWI

بررسی‌ها نشان می‌دهد که با افزایش میزان بارندگی، سطح پهنه‌های آبرگیری شده نیز بیشتر می‌شود، به طوری که نواحی شمالی‌تر دریاچه، وسعت آبی بیشتری را نسبت به مناطق جنوبی آن در بر گرفته است (شکل ۴)، هرچند که با شروع تابستان و افزایش دما و تبخیر، خشک شدن مجدد آن آغاز می‌شود (۹). در تحلیل الگوی تغییرات پهنه آبی تالاب هامون نیز وضعیت مشابهی را گزارش نمودند، به طوری که ایشان گرم شدن هوا در خرداد ماه و افزایش تبخیر را دلیل تسریع خشکیدگی بیان نمودند.

مک فیتز (۱۹۹۶) بیان داشت که مقادیر صفر و منفی شاخص NDWI معمولاً نشان‌دهنده پوشش گیاهی و خاک بوده و مقادیر مثبت آن معرف نواحی آبی می‌باشد، از این رو، در منطقه مورد مطالعه، شاخص MNDWI، در برخی سال‌ها مقادیر صفر و نزدیک به صفر را نشان داده است، این امر، ناشی از خشکیدگی دریاچه در این زمان‌ها بوده که عموماً به دلیل کم آبی و خشکی منطقه می‌باشد (۲۵). به منظور صحت‌سنجی نتایج حاصل از برآورد پهنه‌های آبی به کمک شاخص‌های MNDWI، AWEI و WRI، با استفاده از نقاط کنترل زمینی، عملیات ارزیابی صحت با محاسبه ماتریس خطا انجام و صحت کلی و ضریب کاپا محاسبه شد. صحت قابل قبول هر یک از شاخص‌ها، نشان از دقت طبقه‌بندی نظارت شده دارد که در جدول (۴) گزارش شده است:

**جدول ۴- صحت کلی و ضریب کاپای نقشه‌های طبقه‌بندی شده**

شاخص پهنه‌های آبی	صحت کلی (%)	ضریب کلی کاپا
MNDWI	۸۶/۲۲	۰/۸۱
WRI	۸۱/۵۵	۰/۷۵
AWEI	۸۴/۹۲	۰/۸۰

نتایج حاصل از ارزیابی صحت نشان می‌دهد که برای تمامی شاخص‌ها، صحت کلی و کاپا بالاتر از ۰/۷۵ است که بیانگر این است که به طور کلی بین طبقه‌بندی و کاربری موجود در زمین، انطباق خوبی وجود دارد. نتایج بررسی‌ها نشان داد که نزدیک‌ترین برآورد در ارتباط با شاخص MNDWI بوده است. (۲۳)

اصغری سراسکانرود و همکاران (۱۳۹۹) در تحقیقات خود عملکرد بهتر شاخص MNDWI را نسبت به شاخص NDWI را به عامل باندی استفاده شده نسبت داده و نزدیکی صحت کلی MNDWI به AWEI را دلیلی بر قوی بودن این شاخص بیان نمودند. همچنین بنا بر نتایج تحقیقات ژو (۲۰۰۶)<sup>۱</sup>، شاخص MNDWI در استخراج آب و کاهش و از بین بردن خطاهای حاصل از پدیده‌های غیرآبی نسبت به شاخص NDWI عملکرد بهتری داشته که این امر به جایگزینی باند مادون قرمز میانی به جای باند مادون قرمز نزدیک، نسبت داده شده است. لی و همکاران (۲۰۱۳)<sup>۲</sup> نیز در تحقیقات خود عملکرد مناسب شاخص MNDWI را در استخراج آب و کاهش اثرات پوشش گیاهی، خاک و عوارض انسانی گزارش نمودند که در تحقیق حاضر نیز عملکرد مناسب آن مشاهده شده است و با نتایج ستوده‌پور و همکاران (۱۳۹۸)، و اصغری سراسکانرود و همکاران (۱۳۹۹) همخوانی دارد.

<sup>1</sup> Zhou

<sup>2</sup> Lee et al

## نتیجه گیری

به طور کلی با توجه به موقتی بودن حضور آب در پلایای دریاچه نمک استان فارس و خشکی آن در بسیاری از ماه های سال، امکان برآورد مساحت ثابتی از پهنه آبی، برای آن مقدور نبوده و مطابق شکل (۴) تنها می توان اذعان داشت که بیشترین میزان تغییرات مربوط به آب های فصلی موقت و فصلی جدید می باشد که سطحی حدود ۱۱۴۵ و ۳۵۵ کیلومترمربع را دربر گرفته است.

در خشکیدگی دریاچه نمک استان فارس، مجموعه عوامل طبیعی و انسانی دخیل می باشند، که عامل بارندگی ها، افزایش دما و تبخیر و تعرق از مهم ترین عوامل طبیعی به شمار می روند و در بخش انسانی، افزایش بی رویه مصرف از منابع آبی حوزه آبخیز و به ویژه آب زیرزمینی در منطقه است که به عنوان مهم ترین عامل در خشکیدگی آبخوان منطقه و افت تراز آبخون ایفای نقش نموده است.

یافته های تحقیق نشان داد که همبستگی بالایی بین وسعت پهنه های آبی و میزان بارندگی های حوزه حوزه آبخیز وجود دارد به طوری که افزایش چشمگیر آب سطحی پلایای دریاچه نمک استان فارس در سال ۱۳۹۶ ناشی از افزایش نزولات جوی و بیلان ورودی آب دریاچه در سال مذکور بوده است. به طور کلی، تغییرات اصلی پهنه آبی پلایای دریاچه نمک استان فارس ناشی از مجموعه عواملی از قبیل بارندگی و درجه حرارت، خشکسالی، میزان تقاضای آب در آبخیز، نحوه الگوی مصرف و میزان دبی رودخانه های هلیل و بمپور است و هر گونه تغییر در وضعیت آبی این ناحیه می تواند بر وضعیت زیست محیطی، اقتصادی-اجتماعی و امنیتی منطقه تاثیرگذار باشد. در این رابطه، از مهم ترین فعالیت های موثر سطوح آبی دریاچه نمک استان فارس، می توان به اصلاح الگوی کشت در منطقه و کنترل و جمع آوری آب های سطحی و رعایت رهاسازی حقابه زیست محیطی دریاچه نمک استان فارس از سد های اطراف اشاره نمود که بایستی نسبت به آن اهتمام ویژه شود. همچنین تاکید می شود تا در تحقیقات آتی به شناسایی تاثیر ویژگی های نوع رسوبات بستر دریاچه، میزان مواد معلق و عمق آب دریاچه در برآورد طیفی این شاخص ها پرداخته شود تا نتایج دقیق تری حاصل شود و از تصاویر ماهواره ای با قدرت تفکیک بالاتر استفاده گردد تا دقت اندازه گیری ها بیشتر شود.

## منابع

- ۱- احراری امیرحسین، ۱۳۸۵. موتور مجازی پردازش تصاویر ماهواره‌ای، انتشارات کلید آموزش. ۲۴۲ ص.
- ۲- اصغری سراسکانرود صیاد، جلیلیان روح اله، پیروزی نژاد نوشین، مددی عقیل، یادگاری میلاد ۱۳۹۹. ارزیابی شاخص‌های استخراج آب با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست (مطالعه موردی: رودخانه گاماسیاب کرمانشاه). نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال بیستم، شماره ۵۸، صص ۵۳-۷۰.
- ۳- خسرویان مریم، انتظاری علیرضا، رحمانی ابوالفضل، باعقیده محمد. ۱۳۹۶. پایش تغییرات سطح آب دریاچه‌ی پریشان با استفاده از شاخص‌های سنجش از دور، هیدروژئومورفولوژی، دوره چهارم، شماره ۱۳، ۹۹-۱۲۰.
- ۴- زارعی ارسطو، امامی حسن ۱۳۹۶. ارائه مدلی برای پیش بینی دوره بهبود وضعیت سطح آب دریاچه ارومیه و ارزیابی تغییرات زمانی- مکانی دوره تثبیت آن با استفاده از سنجش از دور. نشریه علمی پژوهشی علوم و فنون نقشه برداری سال هفتم، شماره دوم، صص ۲۰۱-۲۱۴.
- ۵- ستوده پور افشین، مددی عقیل، اصغری صیاد. ۱۳۹۸. مقایسه شاخص‌های استخراج آب با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ و سنتینل ۲A (مطالعه موردی: سواحل بندر بوشهر)، مجله علوم و فنون دریایی.
- ۶- سلیمانی ساردو، مجتبی، ۱۳۹۵. بررسی شدت خطر و ریسک بیابان‌زایی به منظور تدوین راهبردهای مدیریت اراضی بیابانی (مطالعه موردی: غرب پلایای جازموریان). رساله دکتری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان. ۱۷۸ ص.
- ۷- شریفی کیا، محمد. ۱۳۸۹. پایش تغییرهای آبی در دریاچه هامون، مبتنی بر تحلیل سری زمانی تصاویر سنجش از دوری، برنامه ریزی و آمایش فضا، شماره سوم، پیاپی ۶۸.
- ۸- عبادی، عباس. و ابراهیم گلزار ۱۳۹۵. بررسی تغییرات کمی تالاب پریشان با استفاده از سنجش از دور. یازدهمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران.
- ۹- ملکی، سعیده، سفینیان، علیرضا، سلطانی کوپائی، سعید، پورمنافی، سعید، شیخ الاسلام، فرید. ۱۳۹۷. تحلیل الگوی تغییرات پهنه آبی تالاب هامون در دوره آنگیری سالیانه و تغییرات کاربری و پوشش اراضی منطقه. تحقیقات منابع آب ایران. سال چهاردهم، شماره ۱. صص ۲۲۵-۲۱۶.
- ۱۰- یوسفی، صالح، تازه، مهدی، میرزایی، سمیه، مرادی، حمید رضا، توانگر، شهلا. ۱۳۹۳. مقایسه الگوریتم‌های مختلف طبقه‌بندی تصاویر ماهواره ای در تهیه نقشه کاربری اراضی (مطالعه موردی: شهرستان نور)، سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، سال پنجم، شماره سوم. صص ۶۷-۷۶.
- ۱۱- فرشاد میردار هریجانی- محمدرضا جوادی- زهرا چترسیماب- مریم محمد ابراهیمی. ۱۳۹۲. بررسی و مقایسه فرمت رستری و برداری عامل هواشناسی در روش MPSIAC و EPM با استفاده از تکنیک GIS (مطالعه موردی: حوزه آبخیز آزاد رود نشتارود). اکوسیستم‌های طبیعی ایران. جلد سوم. شماره چهارم. صفحات ۱۱۷-۱۳۱.
- ۱۲- جوادی محمدرضا، چترسیماب زهرا، میردار هریجانی فرشاد. ۱۳۹۰. استفاده از داده‌های ماهواره ای ETM<sup>+</sup> جهت استخراج نقشه کاربری اراضی حوزه آبخیز آزاد رود. اکوسیستم‌های طبیعی ایران. جلد دوم. شماره اول. صفحات ۷۷-۸۲.
- ۱۳- محمدرضا جوادی- فرشاد میردار هریجانی- زهرا چترسیماب. ۱۳۹۰. برآورد ارتفاع رواناب با استفاده از روش شماره منحنی در محیط نرم افزاری Arc GIS با ابزار Arc CN-Runoff. مجله کاربرد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در برنامه ریزی. جلد دوم. شماره سوم. صفحات ۵۵-۶۲.
- ۱۴- فاطمه صدیقی- مهدی وفاخوته- محمدرضا جوادی. ۱۳۹۴. کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در پیش بینی رواناب ناشی از ذوب برف (مطالعه موردی: حوزه آبخیز سد لتیان). پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز. جلد ششم. شماره دوازده. صفحات ۴۳-۵۴.

15- Bakr, N., El-kawy, O. 2020.: Modeling the artificial lake-surface area change in arid agro-ecosystem: A case study in the newly reclaimed area, Egypt. *Journal of Environmental Management*. 271.

16- Begüm, D., Bovolo, F., Bruzzone, L. 2013. Updating Land-Cover Maps by Classification of Image Time Series: A Novel Change-Detection-Driven Transfer Learning Approach. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 51(1): 300–312.

17- Chen, C., Yu, Z., Li, L., Yang, C. 2011. Adaptability Evaluation of TRMM Satellite Rainfall and Its Application in the Dongjiang River Basin, *Procedia Environmental Sciences*, 3rd International Conference on Environmental Science and Information Application Technology (ESIAT 2011), 10: 396-402.

18- El-Asmar, H.M., Hereher, M.E., El Kafrawy, S.B. 2013. RESEARCH PAPERS Surface area change detection of the Burullus Lagoon, North of the Nile Delta, Egypt, using water indices: A remote sensing approach. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*. 16(1), 119-123.

19- Fatemeh Sedighi, Mehdi Vafakhah, Mohamad Reza Javadi. 2016. Application of artificial neural network for snowmelt-runoff (Case study: Layan Dam Watershed). *Journal of Watershed Management Research*. 6(12): pp43-54.

20- Feyisa, G.L.; Meilby, H.; Fensholt, R.; Proud, S.R. 2014. Automated water extraction index: A new technique for surface water mapping using Landsat imagery. *Remote Sens. Environ.* 2014, 140, 23–35.

21- Fisher, A., Flood, N. and Danaher, T. 2016. Comparing Landsat water index methods for automated water classification in eastern Australia. *Remote Sensing of Environment*, 175: 167-182.

22- Gautam, Vivek Kumar, Piyush Kumar Gaurav, P. Murugan, and M. Annadurai. 2015. Assessment of Surface Water Dynamics in Bangalore Using WRI, NDWI, MNDWI, Supervised Classification and K-T Transformation. *Aquatic Procedia* 4(Icwrcoe): 739–46. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aqpro.2015.02.095>.

23- Gholami, Shabanali; Vafakhah, Mehdi; Ghaderi, Kamal; Javadi, Mohammad Reza. 2020. Simulation of rainfall-runoff process using geomorphology-based adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS). *Caspian Journal of Environmental Sciences*. 18(2): 109-122 PP.

24- Hibo, Y., Zongmin, W., Hongling, Z., Yu, G. 2011. Water body Extraction Methods Study Based on RS and GIS. 3rd International Conference on Environmental Science and Information Application Technology. *Procedia Environmental Sciences*. 10, 2619- 2624.

25- Hossen, H., Negm, A. 2016. Change Detection in the Water Bodies of Burullus Lake, Northern Nile Delta, Egypt, Using RS/GIS

26- Huffman, G. J., Bolvin, D. T., Nelkin, E.J., Wolff, D. B., Adler, R. F., Gu, G., Hong, Y., Bowman K.P., Stocker, E.F. 2007. The TRMM Multi-satellite Precipitation Analysis: Quasi-Global, Multi-Year, Combined-Sensor Precipitation Estimates at Fine Scale. *Journal of Hydrometeorology*, 8 (1): 38-55.

27- Jawak, S.D., and A.J. Luis. 2015. A Rapid Extraction of Water Body Features from Antarctic Coastal Oasis Using Very High-Resolution Satellite Remote Sensing Data. *Aquatic Procedia* 4(Icwrcoe): 125–32. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aqpro.2015.02.018>.

28- Ji, L., X. Geng, K. Sun, Y. Zhao and P. Gong. 2015. Target detection method for water mapping using landsat 8 oli/tirs imagery. *Water* 7(2): 794-817.

29- Li, W, Du, Z, Ling, F, Zhou, D, Wang, H, Gui, Y, Sun, B, Zhang, X. 2013. A Comparison of Land Surface Water Mapping Using the Normalized Difference Water

Index TM, ETM+ and ALI, Remote Sensing, 5: 5530-5549.

30- Masochaa, M., Dube, T., Makore, M., Shekede, M., Funani, J. 2018. Surface water bodies mapping in Zimbabwe using landsat 8 OLI multispectral imagery: A comparison of multiple water indices. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 106, 63-67.

31- McFeeters, S. K 1996. The Use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the Delineation of Open Water Features. *International Journal of Remote Sensing* 17(7): 1425–32.

32- Mehdi Vafakhah. Mohamad Reza Javadi. Javanshir Najafi Majd. 2015. Effect of Land Use Changes on Runoff Depth in Chalousrud Watershed. *Iranian journal of Ecohydrology*. 2(2):211-220pp.

33- [Modeling the rainfall-runoff data in snow-affected watershed](#). M Vafakhah, F Sedighi, MR Javadi. 2014. *International Journal of Computer and Electrical Engineering*. 6(1):40-56pp.

34- Pekelm, J.F., Cottam, A., Gorelick, N., S. Belward, A. 2016. High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes *Nature* volume 540, pages 418–422.

35- Shen, L.; Li, C. 2010. Water Body Extraction from Landsat ETM+ Imagery Using Adaboost Algorithm. In *Proceedings of 18th International Conference on Geoinformatics, Beijing, China*; pp. 1–4.

36- Tang, Z., Ou, W., Dai, Y., Xin, Y. 2012. Extraction of water body based on Landsat TM5 imagery—a case study in the Yangtze River, *International Conference on Computer and Computing Technologies in Agriculture*, pp. 416-420.

37- Xu, H 2006. Modification of Normalised Difference Water Index (NDWI) to Enhance Open Water Features in Remotely Sensed Imagery. *International Journal of Remote Sensing* 27(14): 3025–33.



## Monitoring the changes in surface water areas of salt lake in Fars province using remote sensing indicators

Behrooz Sadin<sup>1</sup> and Mohammadebrahim Afifi<sup>۲</sup>

### Abstract

Water resources are one of the most important components of land life and sustainable development. In the present study, the study of time series changes in the area of water areas of the salt lake playa of Fars province, with the help of surface reflection data of Landsat 8 satellite from 2013 to 2019 was considered and the modified normalized water difference index (MNDWI) to separate water areas. It was applied to the desired images and then the trend of water area changes was estimated. All of these processes and satellite image analysis were performed in the Google Earth Engine software environment, which is a web and open source system for performing spectral and radiometric analyzes on satellite images. ArcGIS 10.5 software was also used to prepare spatial maps. Findings showed that the water area of the seasonal lake of salt lake in Fars province is estimated at 21426 Km based on MNDWI index and approximately 151512 km<sup>2</sup> based on automatic water extraction index (AWEI) and 1610 km<sup>2</sup> based on water absorption ratio (WRI) index. On the other hand, the analysis of surface water production of Landsat images showed that the highest rate of change was related to temporary seasonal and new seasonal water zones, so that changes in temporary seasonal zones occupied an area of about 21245 km<sup>2</sup> and new seasonal surface zones of about 352,55 km. Is. Dehydration of the salt lake plain of Fars province is related to the occurrence of seasonal floods and increased rainfall in the basin, so that a high correlation ( $R^2 = 0.89$ ) between annual rainfall in the basin and increasing the area of water areas obtained from the MNDWI index has been observed.

**Keywords:** Playa, Wetlands, Salt Lake, MNDWI.

---

<sup>1</sup> Professor, Soil Science Department, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Corresponding Author [.m.torkashvand54@yahoo.com](mailto:m.torkashvand54@yahoo.com)

<sup>2</sup> Professor, Soil Science Department, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

## پیش‌بینی خشکسالی با استفاده از مدل‌های هوش مصنوعی (مطالعه موردی استان فارس)

محمد ابراهیم عقیقی<sup>۱\*</sup> و وحید سهرابی<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۳۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۰۵

### چکیده

گام ضروری برای مقابله با خشکسالی و تعدیل تبعات آن، شناخت و درک دقیق ابعاد آسیب‌پذیری هر منطقه است. این امر ضرورت مطالعه در زمینه تعیین آسیب‌پذیری و شناسایی عوامل اثرگذار بر آن در مناطق مختلف کشور را مشهود می‌سازد در تحقیق حاضر، به‌منظور معرفی یک روش مناسب جهت پیش‌بینی خشکسالی برای یک ماه آتی، چهار روش هوش مصنوعی شامل یادگیری عمیق (از شبکه الکس نت که یکی از شبکه‌های کانولوشن است استفاده شده است)، الگوریتم K نزدیک‌ترین همسایه، ماشین بردار پشتیبان چندطبقه و درخت تصمیم در نظر گرفته شد. داده‌های بارندگی ۱۱ ایستگاه سینوتیک استان فارس طی دوره آماری ۲۹ ساله (۱۹۸۸ تا ۲۰۱۷) به‌صورت ماهانه به‌عنوان داده‌های آزمایشی مورد استفاده قرار گرفتند. شاخص بارش استاندارد شده (SPI) برای نشان دادن وضعیت خشکسالی از نظر شدت و مدت در مقیاس‌های زمانی ۱، ۳، ۶، ۹، ۱۲ و ۲۴ ماهه محاسبه گردید. در ابتدا داده‌های بارش به‌عنوان ورودی شبکه‌های عصبی و کلاس‌بندی شاخص بارش استاندارد شده به‌عنوان خروجی شبکه‌ها قرار داده شد. ۸۰ درصد داده‌ها برای آموزش و ۲۰ درصد داده‌ها برای تست شبکه‌ها به کار گرفته شد. نتایج نشان داد که تمامی شبکه‌ها توانایی پیش‌بینی خشکسالی را داشته‌اند، بر اساس معیار ارزیابی ماکرو-F۱ شبکه یادگیری عمیق در مقیاس زمانی ۱ ماهه با ۲۲/۷۱ درصد، ناکارآمدترین روش و درخت تصمیم با ۶۴/۶۵ درصد، کارآمدترین روش بوده‌اند، اما با افزایش مقیاس زمانی، شبکه یادگیری عمیق عملکرد خود را بهبود بخشید، به طوریکه در مقیاس زمانی ۲۴ ماهه با ۶۵/۳۵ درصد، بهترین عملکرد مربوط به شبکه یادگیری عمیق و بعد از آن، شبکه ماشین بردار پشتیبان با ۵۷/۴۰ درصد، قرار گرفت.

کلمات کلیدی: خشکسالی، هوش مصنوعی، استان فارس.

---

۱ استاد تمام، گروه خاکشناسی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. نویسنده مسئول [m.torkashvand54@yahoo.com](mailto:m.torkashvand54@yahoo.com)  
۲ استاد تمام، گروه خاکشناسی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

Standardized Precipitation Index<sup>۳</sup>

## مقدمه

خشکسالی‌ها همیشه زندگی و فعالیت‌های انسانی را با خطر جدی مواجه کرده و می‌کند؛ در دهه‌های اخیر موجب خسارات فراوان جانی و مالی در جهان شده است. این پدیده دارای خصوصیتی است که آن را از سایر بلایای طبیعی جدا می‌کند. تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که در بین حوادث طبیعی، خسارات ناشی از خشکسالی بیشترین مقدار را شامل است؛ لذا پایش گسترده آن و ایجاد یک نظام هشدار و پیش‌آگاهی در مناطق مستعد خشکسالی، امری اجتناب‌ناپذیر است. یکی از ابزارهای اصلی پایش خشکسالی، استفاده از شاخص‌های خشکسالی می‌باشد. برای کم و بی‌اثر نمودن این پدیده ابتدا باید آن را به خوبی شناخت و انگهی با استفاده از یافته‌های علمی و داده‌های آب‌وهواشناسی خشکسالی را پیش‌بینی کرد و این پدیده خطرناک را یوسف دار مدیریت نمود. kogan در ایالات متحده در دهه ۱۹۸۰ با استفاده از شاخص NDVI<sup>۱</sup> خشکسالی‌های روی داده را بررسی کرد و به این نتیجه رسید که این شاخص از طریق نشان‌دادن تغییرات در پوشش گیاهی می‌تواند به خوبی خشکسالی‌ها را نشان دهد. (۱)، از شاخص NDVI برای بررسی پوشش گیاهی، برآورد مقدار محصولات کشاورزی و شناسایی خشکسالی در جنوب آفریقا استفاده نمودند. (۲) از داده‌های سنجنده AVHRR<sup>۲</sup> برگرفته از ماهواره NOAA برای طبقه‌بندی و پایش پوشش گیاهی با استفاده از شاخص NDVI در هند استفاده کردند. Saura

و Migul با استفاده از داده‌های ماهواره IRS- WiFS به تهیه نقشه برای پوشش جنگلی پرداختند، به و این نتیجه رسیدند که می‌توان از این داده‌ها برای تیپ‌بندی پوشش گیاهی استفاده کرد. (۳) در شمال آمریکا در برای یک علفزار همبستگی بین پارامترهای بیوفیزیکی گیاهان مانند بیوماس و شاخص سطح برگ را با شاخص NDVI بررسی کردند. (۴) در شمال چین با استفاده از تصاویر نوآ تغییرات پوشش گیاهی را بررسی کردند، نتیجه نشان داد که در مناطق علفزار همبستگی بسیار بالایی بین تغییرات پوشش گیاهی و بارندگی وجود دارد. (۵) با استفاده از تصاویر ماهواره MODIS<sup>۳</sup> و شاخص NDVI را دوره ۱۳۹۶-۱۳۹۸ در فصل‌های رشد گیاهی وضعیت پوشش گیاهی را در شمال غربی آمریکا بررسی کردند. تغییرات NDVI در طول این دوره کاهش معنی‌داری را در سلامت پوشش گیاهی نشان داد (۶) رابطه نوسانات بارندگی و تغییرات پوشش گیاهی را در سد درودزن در بخشی از مراتع استان فارس مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش از اطلاعات بارندگی ماهیانه ایستگاه‌های هواشناسی و تصاویر ماهواره NOAA استفاده شد. نتایج به‌دست‌آمده بیانگر ارتباط

<sup>۱</sup> Normalized Difference Vegetation Index

<sup>۲</sup> سنجنده ی تشخیص تابش

<sup>۳</sup> Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer

معنی‌دار تیپ‌های پوشش گیاهی فورب و گراس با نوسانات بارندگی و عدم ارتباط یا ارتباط ضعیف تیپ‌های بوته‌زار، درختی و درختچه‌ها با بارندگی می‌باشد. (۷) به بررسی تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر MSS<sup>۱</sup> و ETM در حوزه سد ایلام پرداختند. در این مطالعه روش‌های مختلفی برای بررسی تغییرات استفاده شده و در نهایت مشخص گردید که روش تفاضل باند قرمز بیش‌ترین دقت را داشته است. (۸) به بررسی پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در سیستان پرداختند. در این پژوهش روند تغییرات پوشش گیاهی منطقه در دوره ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۸ بررسی شده است. نتایج نشان داد که سطح پوشش گیاهی در سال ۲۰۱۸ معادل ۱۰۱۲۴۷ هکتار بوده است؛ اما در سال ۲۰۱۵ به ۲۶۴۷۵ هکتار کاهش یافته است. (۹) به پایش تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از داده‌های بارش و تصاویر NOVA در استان کرمانشاه پرداختند. آنها رابطه بارش با پوشش گیاهی را بین سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۹ بررسی کردند. در این مطالعه مشخص شد که رابطه بین پوشش گیاهی و بارش به نوع پوشش گیاهی و فصل بستگی دارد. (۱۰) به تهیه نقشه پوشش گیاهی و پایش تغییرات آن با استفاده از تکنیک‌های سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در شهرستان بهبهان پرداختند. در این پژوهش جهت‌نمایش تغییرات زمانی و مکانی پوشش گیاهی شهرستان بهبهان از اطلاعات باندهای ماهواره لندست سنجنده‌های ETM+ و OLI در دو سال ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵ استفاده و مقدار شاخ NDVI برای دو سال محاسبه گردد. همچنین به‌منظور بررسی تغییرات کیفی پوشش گیاهی مقادیر عددی این شاخص به ۴ کلاس مختلف سربسزی شامل اراضی با پوشش عالی، پوشش بسیار خوب، پوشش خوب و ضعیف طبقه‌بندی شد. سپس تغییرات رخ داده با استفاده از CROSSTAB<sup>۲</sup> مشخص شد. نتایج نشان داد تغییرات کمی و کیفی پوشش گیاهی در طی ۱۴ سال برای منطقه مورد مطالعه گسترده بوده است به طوری که اراضی با پوشش عالی، بسیار خوب و ضعیف افزایش مساحت و اراضی با پوشش خوب کاهش مساحت را داشته است. بیشترین افزایش مساحت در اراضی با پوشش گیاهی عالی صورت گرفته، به طوری که از ۵۰۶۹/۷۹ هکتار در سال ۱۳۹۰ به ۷۷۳۵/۵ هکتار در سال ۱۳۹۲ افزایش یافته است. همچنین بیشترین کاهش مساحت در اراضی با پوشش خوب می‌باشد که از ۳۴۰۶۱/۴ هکتار به ۲۷۴۳۴/۴۳ هکتار رسیده است. در مقاله ای که توسط روزگار و همکاران تدوین گردید. (۴) مطالعه خشکسالی هواشناسی حوزه آبخیز سد درودزن به صورت سالیانه و فصلی با توجه به آمار بارندگی ۲۵ ساله ایستگاه سد درودزن مورد بررسی قرار گرفت. آزمون صحت و همگنی داده‌ها به روش ران تست و جرم مضاعف صورت گرفت. سپس فراوانی و شدت خشکسالی بر اساس شش شاخص: آستانه ۶۰ درصد، درصدی از نرمال، استاندارد بارش، انحراف از میانگین، کلاسه بندی دامنه بارش و دهک‌ها در مقیاس فصلی و سالیانه مطالعه گردید. با

<sup>۱</sup> Managed Security Services

<sup>۲</sup> Cross Tabulation

توجه به کاهش میزان نزولات جوی، مشخص گردید که خشکسالی در برخی موارد به صورت سالیانه و در برخی موارد نیز به صورت فصلی رخ داده است. با توجه به نتایج حاصل از شش شاخص برآورد خشکسالی، می توان گفت که روش SD<sup>۱</sup> و PC<sup>۲</sup> در پیش بینی خشکسالی از دقت بالاتری نسبت به شاخص های دیگر برخوردارند. بررسی ها نشان می دهد که در سا های مورد بررسی در حوزه سد درودزن، خشکسالی با شدت های متفاوت رخ داده است.

عفیفی در تحقیقی به بررسی اثر خشکسالی بر روی پوشش گیاهی با استفاده از تکنیک های سنجش از دور مطالعه موردی حوزه آبریز سد درورن پرداخت.(۱۲)

پژوهش حاضر باهدف معرفی یک روش هوش مصنوعی مناسب به منظور پیش بینی خشکسالی صورت گرفته است. در این پژوهش از شبکه الکسنت که یک شبکه پردازش تصویر است برای پیش بینی خشکسالی استفاده شده است. داده های بارندگی با ایده روش ریکارنس پلات به صورت عکس درآمده اند

## مواد و روش

### ویژگی های منطقه مورد مطالعه

استان فارس از شمال با استان اصفهان، از شمال غرب و غرب با استان های کهگیلویه و بویراحمد و بوشهر، از جنوب و جنوب شرق با استان هرمزگان، از شرق با استان کرمان و از شمال شرق با استان یزد همسایه است.

این استان در موقعیت جغرافیایی ۲۷°۰۳ تا ۳۱°۴۰ عرض شمالی و ۵۰°۳۶ تا ۵۵°۳۵ طول شرقی قرار داشته و وسعتی معادل ۱۲۱۸۲۵ کیلومترمربع دارد که حدود، ۷/۵ درصد از مساحت کشور ایران را دربر گرفته است.

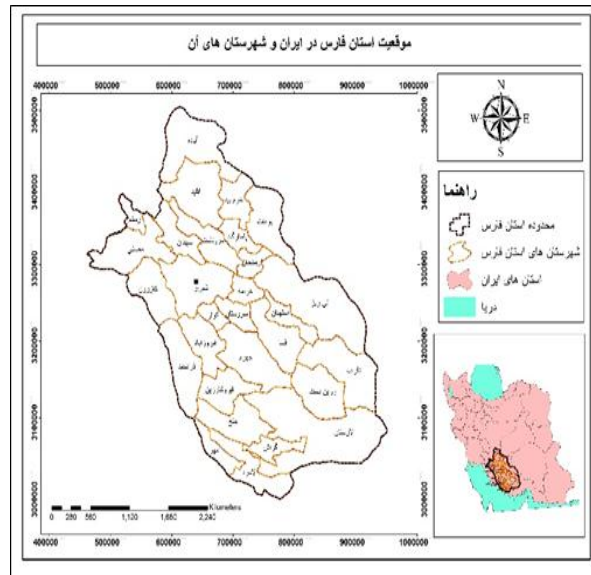
ناهمواری های استان فارس دنباله رشته کوه های زاگرس است که همچون دیواره ای عظیم غرب کشور را فراگرفته و امتداد آن تا جنوب کشیده شده است. ناهمواری های استان فارس را می توان به دو قسمت کوه و دشت تقسیم کرد.

کوه های استان فارس خود به سه قسمت قابل تقسیم است. کوه های شمالی که مرتفع ترین نقاط استان و منشأ بیشتر رود های استان هستند، کوه های مرکزی که به واسطه وجود دشت های وسیع، مهم ترین مناطق روستایی و شهری را در خود جای داده است و بالاخره کوه های جنوبی که جهت آن ها غربی -

<sup>۱</sup> Standard Deviation

<sup>۲</sup> روش تجزیه

شرقی و کم‌ارتفاع‌تر از بقیه کوه‌های فارس هستند. کوه سفید به ارتفاع ۳۹۴۳ متر از سطح دریا در شمال استان در شهرستان اقلید، خرمن کوه به ارتفاع ۳۱۸۵ متر و دَلُوْ به ارتفاع ۳۰۹۷ متر در مرکز و کوه‌های مروارید به بلندی ۳۰۲۵ متر در شهرستان‌های داراب و کوه فَرَّاشَبَند به بلندی ۲۷۸۰ متر در جنوب و در شهرستان فیروزآباد از مهم‌ترین ارتفاعات استان هستند.



شکل ۱. نمایی از موقعیت جغرافیایی استان فارس در ایران منبع: (نگارنده)

## روش تحقیق

داده‌های بارندگی استان فارس طی دوره آماری ۲۹ساله (۱۹۸۸ تا ۲۰۱۷) به‌صورت ماهانه مورد استفاده قرار گرفت. به‌منظور مشخص کردن مدت و شدت خشکسالی از شاخص بارش استاندارد شده در مقیاس‌های زمانی ۱، ۳، ۶، ۹، ۱۲ و ۲۴ استفاده گردید و برای پیش‌بینی خشکسالی، ۴ روش هوش مصنوعی یادگیری عمیق، الگوریتم K نزدیک‌ترین همسایه، ماشین بردار پشتیبان چندطبقه و درخت تصمیم انتخاب گردید. در هر ۴ روش ۸۰ درصد داده‌ها برای آموزش شبکه و ۲۰ درصد داده‌ها برای تست در نظر گرفته شد. شبکه‌های هوش مصنوعی استفاده شده بر اساس شاخص بارش استاندارد شده. شدت خشکسالی را در ۷ کلاس (کلاس‌های شاخص بارش استاندارد شده به‌صورت کمی از شماره ۱. خشکسالی بسیار شدید تا شماره ۷. ترسالی بسیار شدید برای روش‌ها تعریف شده است)، کلاس‌بندی کرده و پیش‌بینی صورت گرفته است. اما داده‌های ورودی برای شبکه یادگیری عمیق به‌صورت عکس بود که از روش ریکارنس پلات ایده گرفته شد، سری زمانی داده‌های بارندگی به‌عکس تبدیل گردید و به‌عنوان ورودی شبکه الکس نت (یک شبکه یادگیری عمیق) که یک شبکه پردازش عکس استقرار گرفت.

### شاخص بارش استاندارد شده (SPI):<sup>۱</sup>

این شاخص در سال ۱۹۹۵ توسط مک کی و همکارانش ارائه شد. این شاخص بر اساس تفاوت بارش از میانگین برای یک مقیاس زمانی مشخص و سپس تقسیم آن بر انحراف معیار به دست می آید و تنها فاکتور مؤثر در محاسبه این شاخص عنصر بارندگی می باشد. این شاخص را می توان در مقیاس های زمانی ۳، ۶، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماهه محاسبه کرد. ویژگی دیگر شاخص بارش استاندارد شده این است که بر اساس این شاخص علاوه بر محاسبه ی شدت خشک سالی، مدت آن را نیز می تواند تعیین نماید. شاخص بارش استاندارد شده بر اساس احتمال بارش برای هر بازه زمانی می باشد و به منظور هشدار اولیه و پایش شدت خشک سالی اهمیت زیادی دارد. این شاخص برای کمی نمودن کمبود بارش در بازه های زمانی چندگانه طراحی شده است (۱۳). تجربه نشان داده است که توزیع گاما توزیع مناسبی برای برآزش روی داده های بارندگی است، در صورتی که فرض شود بارندگی در یک منطقه از توزیع گاما تبعیت می کند و  $\chi$  مقادیر بارندگی باشد، تابع چگالی احتمال دو پارامتری گاما به صورت زیر تعریف می شود: (۱۴)

$$x(f) = \frac{1}{\beta^{\alpha} \Gamma(\alpha)} \chi^{\alpha-1} e^{-\frac{\chi}{\beta}} \quad \chi > 0 \quad (\text{رابطه ۱})$$

در رابطه ۱،  $\alpha$  پارامتر شکل،  $\beta$  پارامتر مقیاس توزیع و  $\Gamma(\alpha)$  تابع گاما است که به صورت زیر تعریف می شود:

$$\int_0^{\infty} \gamma^{\alpha-1} e^{-\gamma} d\gamma = (\alpha) \Gamma \quad (\text{رابطه ۲})$$

ضرایب  $\alpha$  و  $\beta$  بهینه نیز از طریق روابط زیر حساب می شود:

$$\hat{\alpha} = \frac{1}{4A} \left[ 1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right] \quad (\text{رابطه ۳})$$

$$A = \ln(\bar{\chi}) - \frac{\sum \ln(\chi)}{n}$$

$$\hat{\beta} = \frac{\bar{\chi}}{\hat{\alpha}} \quad (\text{رابطه ۴})$$

به منظور محاسبه  $A$ ، باید دقت کرد که پارامتر  $n$  تعداد مشاهدات بارندگی است.

در محاسبه شاخص SPI، از توزیع احتمال تجمعی گاما استفاده می شود که رابطه آن به صورت زیر است:

$$F(\chi) = \frac{1}{\Gamma(\hat{\alpha})} \int_0^{\chi} t^{\hat{\alpha}-1} e^{-t} dt \quad t = \chi/\hat{\beta} \quad (\text{رابطه ۵})$$

<sup>۱</sup> Standardized Precipitation Index

از آنجاکه در رابطه بالا مقدار لگاریتم صفر تعریف نشده است و توزیع بارندگی ممکن است مقادیر سفر داشته باشد، بنابراین در این شرایط احتمال تجمعی از رابطه ۶ محاسبه می‌شود.

$$(rابطه ۶) \quad (\chi) = q + (1 - q)F(\chi)H$$

در این رابطه  $q$  احتمال بارندگی صفر است. برای محاسبه  $q$  می‌توان از رابطه کالیفرنیا (رابطه ۷) استفاده کرد.

$$(رابطه ۷) \quad = \frac{m}{n}q$$

در این رابطه  $m$  تعداد داده‌های صفر موجود در سری زمانی و  $n$  نیز تعداد کل داده‌های بارندگی است. گام بعدی در محاسبه SPI، انتقال احتمال تجمعی  $H(x)$  که از توزیع گامای تجمعی به دست آمده به توزیع نرمال استاندارد تجمعی با میانگین صفر و انحراف معیار یک است. در واقع شاخص بارش استاندارد شده عبارت است از متغیری از تابع توزیع نرمال استاندارد که مقدار احتمال تجمعی آن با مقدار احتمال تجمعی متغیر مدنظر در توزیع گاما مساوی باشد. جدول ۳-۳ طبقه‌بندی شدت خشکسالی بر اساس شاخص بارش استاندارد شده را نشان می‌دهد.

جدول ۱- تقسیم‌بندی ارزیابی شاخص بارش استاندارد شده SPI منبع: (نگارنده)

شاخص SPI	وضعیت خشک‌سالی
-۲ یا کمتر	خشک‌سالی بسیار شدید (ED)
-۱/۹۹ تا -۱/۵۰	خشک‌سالی شدید (SD)
-۱ تا -۱/۴۹	خشک‌سالی متوسط (MD)
۰/۹۹ تا ۰/۹۹	نرمال (N)
۱ تا ۱/۴۹	ترسالی متوسط (MW)
۱/۹۹ تا ۱/۵۰	ترسالی شدید (SW)
۲ یا بیشتر	ترسالی بسیار شدید (EW)

۱. پلات برگشتی<sup>۱</sup>

اکمون و همکاران (۱۹) ریکارنس پلات را معرفی کردند که راه را برای تجسم ماهیت دوره‌ای یک مسیر از طریق یک‌فاز فضایی ارائه می‌دهد. ساخت ریکارنس پلات ما را قادر می‌سازد تا جنبه‌های متفاوتی از مسیر فضایی  $M$  را از طریق نمایندگی دوبعدی بررسی کنیم. ریکارنس پلات مجموعه‌ای از جفت زمان‌هایی را نشان می‌دهد که مسیر آن در یک مکان است؛ یعنی مجموعه  $(i, j)$  که  $(i) = \vec{x}(j)$  مثلاً اگر این مسیر به طور دوره‌ای با دوره  $T$  باشد، می‌تواند بسیاری از موارد را نشان دهد و سپس تمام جفت بارها با چندین دوره  $T$  تفکیک می‌شوند و به صورت خطوط مورب قابل مشاهده هستند. برگشتی/غیر برگشتی<sup>۲</sup> را می‌تواند با استفاده از تابع باینری ثبت کرد.

<sup>۱</sup> Recurrence plot

<sup>۲</sup> Recurrence non- / Recurrence

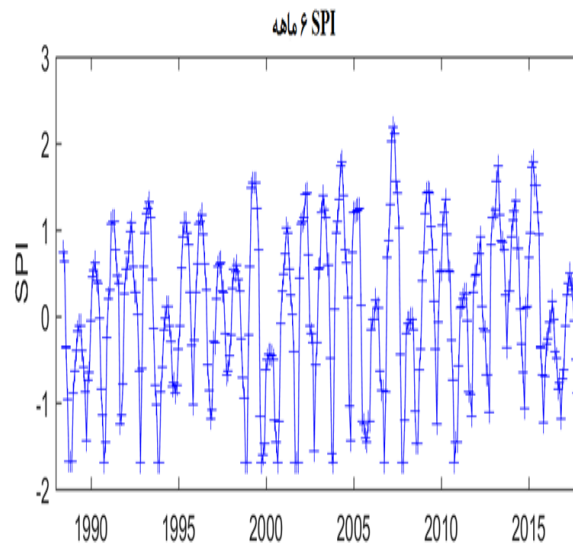


$$R(i, j) = \begin{cases} 1, & \text{if } \|\vec{x}(i) - \vec{x}(j)\| \leq \epsilon \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (\text{رابطه ۸})$$

همان طور که توضیح داده شد ریکارنس پلات یک روش برای تبدیل سری های زمانی از حالت نموداری به صورت عکس است که در آن هر داده بر اساس معیارهای مختلف دارای طیف رنگی است. در این پژوهش برای تبدیل داده ها به عکس از این روش ایده گرفته شده است. عکس ها به دو صورت رنگی و سیاه و سفید تهیه گردید. هر عکس رنگی متشکل از ۳ صفحه R, G, B است و هر کدام از صفحه ها به صورت جداگانه ساخت شد و نهایتاً با یکدیگر ادغام گردید، هر پیکسل در عکس های رنگی مقدار عددی بین ۰-۲۵۵ دارد و اعداد در هر صفحه بین ۰ تا ۲۵۵ گنجانده شد.

برای ساخت عکس رنگی نیاز به سه صفحه R, G و B هست، این سه لایه بر مبنای فرمول شاخص بارش استاندارد شده با استفاده از ایده ریکارنس پلات ساخته شد، اما به دلیل کمبود داده ها برای ساخت صفحه ها، با کمک مباحث ریاضی تغییراتی در چگونگی ساخت صفحه ها صورت گرفت، چگونگی ساخت هر صفحه به شرح زیر هست:

شکل ۲، نمودار شاخص بارش استاندارد شده ۶ ماهه ایستگاه مهریز است، سه صفحه R, G و B با استفاده از داده های بارندگی این ایستگاه در مقیاس زمانی ۶ ماهه ایجاد شد (که به عنوان نمونه ارائه گردیده است).



شکل ۲- نمودار SPI ۶ ماهه ایستگاه مهریز منبع: (نگارنده)

### صفحه R :

داده ها در آرایه یک بعدی به طول  $n$  هستند. برای مثال داده های خام در بارش ۶ ماهه یک آرایه به طول ۶ است که در آیه  $i$  ام برابر با مقدار بارش در ماه متناظر آن است.

این آرایه  $d$  نامیده می شود.

برای تولید صفحه R یک آرایه دوبعدی  $n \times n$  داریم که فرمول محاسبه برای هر عنصر به صورت زیر است:

$$r_{i,j} = |d_i - d_j| \quad (\text{رابطه ۹})$$

صفحه G :

برای تولید صفحه G یک آرایه دوبعدی  $n*n$  داریم که فرمول محاسبه برای هر عنصر به صورت زیر است:

$$g_{i,j} = \frac{d_j}{\sum_{k=1, k \neq i}^n d_k} \quad (\text{رابطه ۱۰})$$

صفحه B :

برای تولید صفحه B یک آرایه دوبعدی  $n*n$  داریم که فرمول محاسبه برای هر عنصر به صورت زیر است:

$$b_{i,j} = \frac{r_{i,j} + g_{i,j}}{2} \quad (\text{رابطه ۱۱})$$

با استفاده از سه صفحه ساخته در نرم‌افزار متلب و ادغام آنها خروجی به صورت عکس بوده است که به عنوان ورودی شبکه الکسنت قرار داده شد.

### شبکه الکس - نت

شبکه عصبی کانولوشن عمیق نیز یکی از مهم‌ترین و پرکاربردترین الگوریتم‌های مورد استفاده در یادگیری عمیق است (۱۵). معماری‌های زیادی برای شبکه‌های کانولوشنال عمیق در سال‌های اخیر ارائه شده است. معماری و نحوه آموزش شبکه‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است و معمولاً بسته به نوع داده‌های مدنظر تعیین می‌شود. VGG و الکس-نت دو شبکه بسیار مشهور در زمینه دسته‌بندی تصاویر هستند این دو شبکه روی مجموعه داده عظیمی از تصاویر که شامل ۱۰۰۰ کلاس متفاوت هستند آموزش دیده‌اند.

از آنجایی که فراهم کردن این همه داده و آموزش شبکه‌ای با این تعداد داده بسیار هزینه‌بر هستند معمولاً محققان از وزن‌های این شبکه‌ها به عنوان وزن‌های اولیه شبکه برای داده‌های مد نظرشان استفاده می‌کنند سپس با آموزش روی داده‌های خودشان وزن‌های شبکه را تنظیم و یا روش‌های یادگیری انتقال مانند وزن‌های شبکه و یا ساختار شبکه را مطابق آنچه مد نظرشان است بهینه و تغییر می‌دهند (۱۶).

### معیارهای ارزیابی

برای ارزیابی اثربخشی استراتژی طبقه‌بندی، از معیارهای استاندارد صحت، دقت میکرو و F1- و ماکرو-F1 استفاده شده است (۱۷)

صحت (R) کلاس X، نسبت تعداد داده‌هایی که به درستی کلاس‌بندی شده‌اند به تعداد داده کلاس X است. دقت (p) کلاس X، نسبت تعداد داده‌هایی است که به درستی کلاس‌بندی شده‌اند به کل داده‌هایی که پیش‌بینی شده، عضو کلاس X باشند شاخص‌های دقت (p) و صحت (r) به این صورت محاسبه می‌شوند:

$$p = a / (a + c) \quad (\text{رابطه ۱۲})$$

$$r = a / (a + b)$$

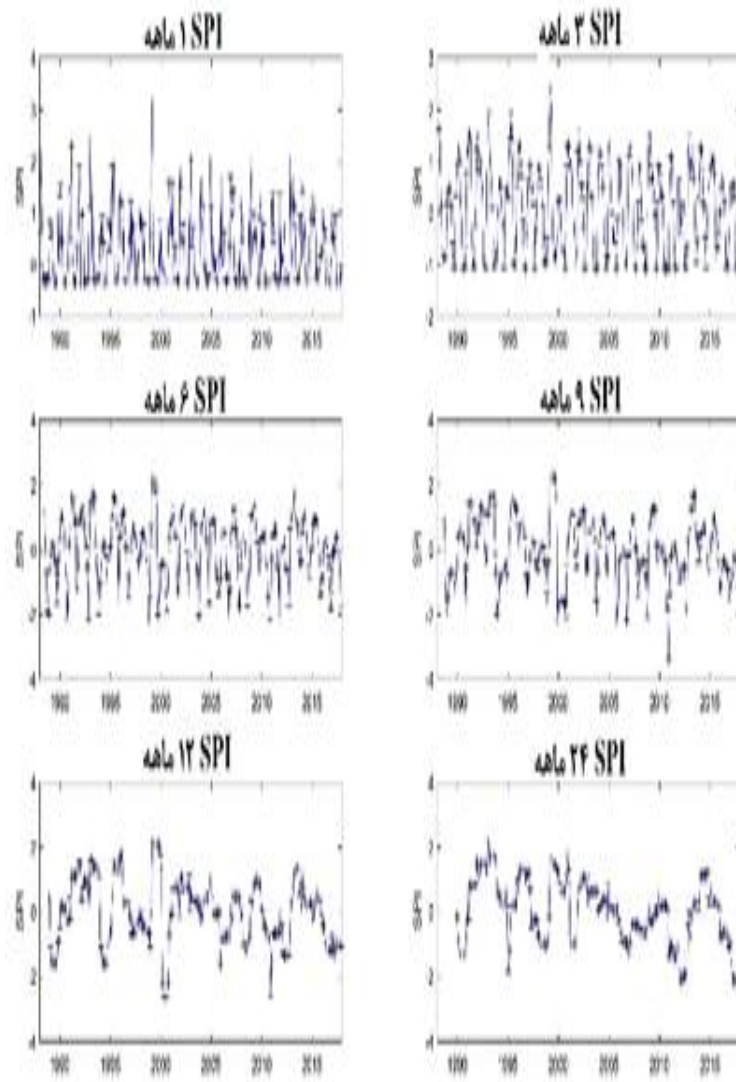
معیار  $F1$  میانگین هارمونیک بین دو معیار دقت و صحت است، و به صورت  $F1 = 2pr / (p + r)$  تعریف شده است. دو نوع  $F1$ ، یعنی میکرو و ماکرو، معمولاً برای ارزیابی اثربخشی طبقه‌بندی به کار می‌روند.

معیار میکرو  $F1$ - با محاسبه دقت عمومی و صحت تمام طبقات به دست می‌آید و سپس  $F1$  محاسبه می‌شود. معیار میکرو  $F1$ - اهمیت یکسانی را برای دسته‌بندی هر داده در نظر می‌گیرد و اساساً قابلیت دسته‌بندی برای پیش‌بینی کلاس صحیح برای هر داده را اندازه‌گیری می‌کند. در مقابل، برای محاسبه مقدار ماکرو  $F1$ - ابتدا مقدار  $F1$  برای هر کلاس به صورت جداگانه محاسبه می‌شود، سپس میانگین تمام کلاس‌ها محاسبه می‌شود. معیار ماکرو  $F1$ - مستقل از اندازه هر کلاس اهمیت یکسانی برای هر کلاس قائل است.

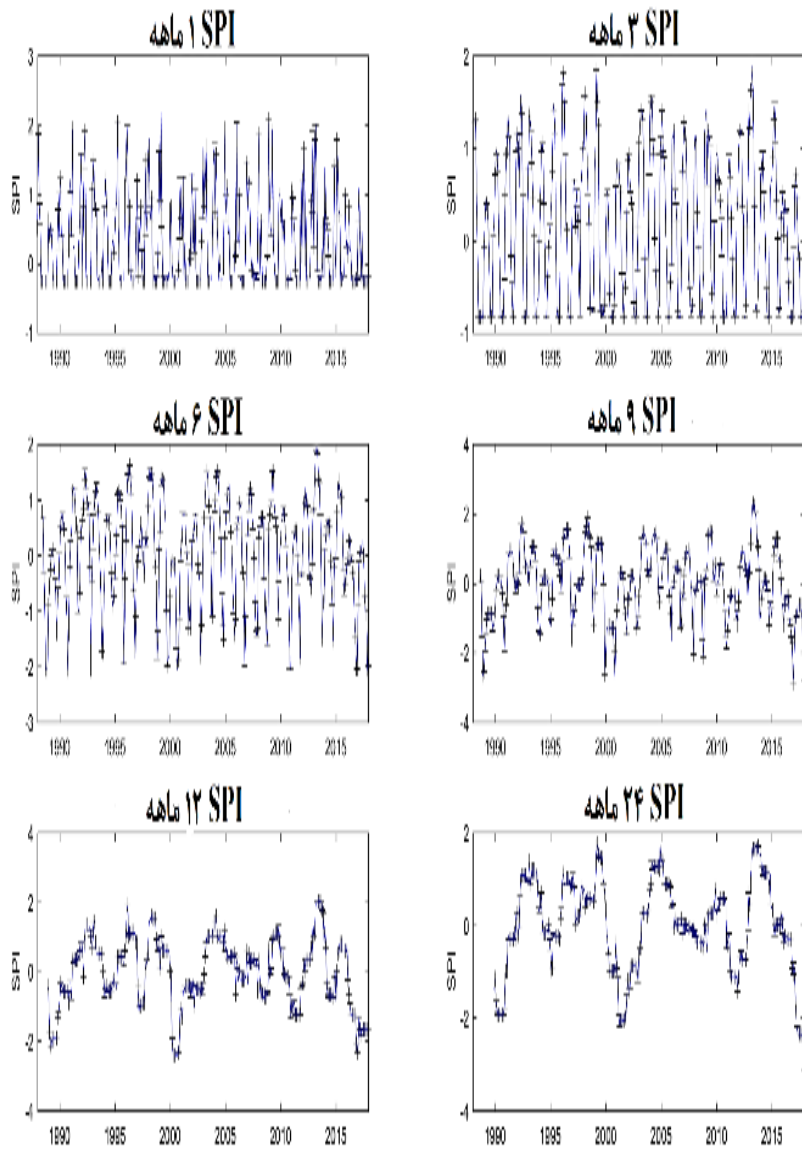
به این ترتیب، دو معیار ارزیابی تکمیلی برای اثرگذاری طبقه‌بندی ارائه شد. معیار ماکرو  $F1$ - به منظور بررسی اینکه آیا طبقه‌بندی در کلاس‌های کوچک‌تر نیز به خوبی کارایی دارد؛ اهمیت دارد، به خصوص در جاهایی که توزیع کلاس بسیار اریب است، همان‌طور که برای داده‌های ما نیز این‌گونه است. (۱۷)

## نتایج

برای هر یک از ۱۱ ایستگاه سینوپتیک استان فارس. شاخص بارش استاندارد شده (SPI) محاسبه گردید، نتایج به صورت نمودار در مقیاس‌های زمانی ۱، ۳، ۶، ۹، ۱۲ و ۲۴ ماهه آورده شده است.

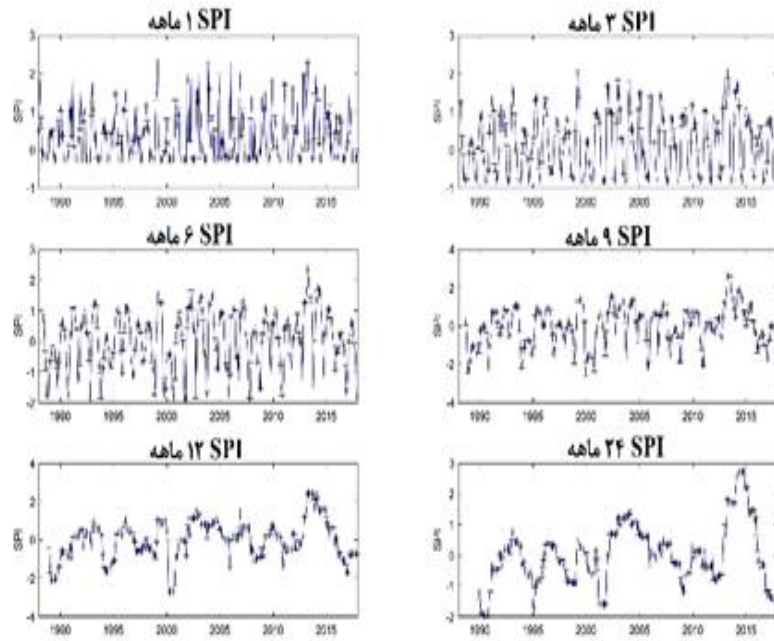


شکل ۳- نمودار SPI ایستگاه استهبان منبع: (نگارنده)

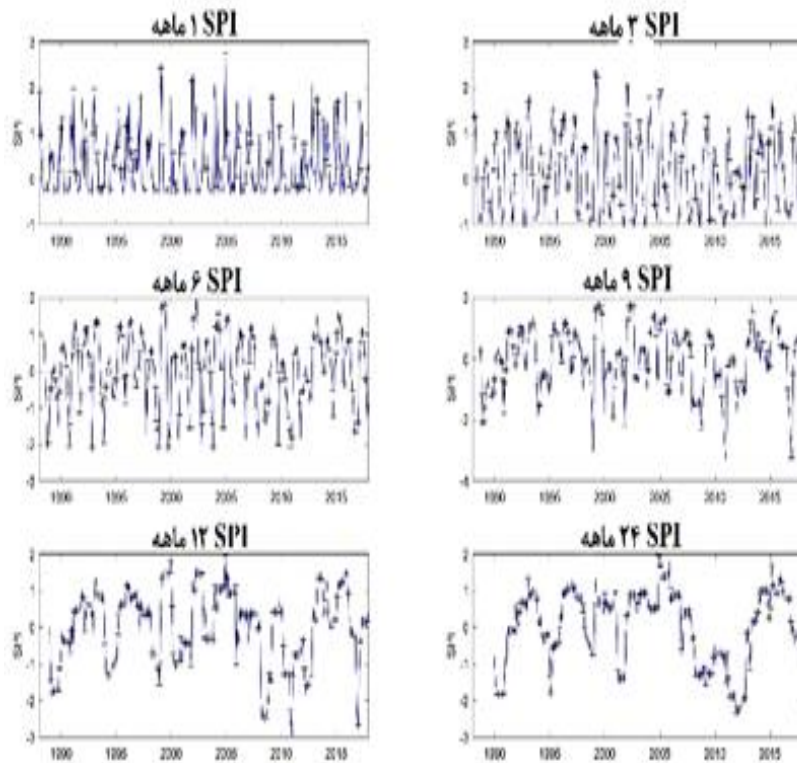


شکل ۴- نمودار SPI ایستگاه شیراز منبع: (نگارنده)

در نمودار SPI مربوط به ایستگاه شیراز در تمامی مقیاس های زمانی SPI در سال ۱۹۹۹ ترسالی شدید قابل رویت است، در SPI ۹ و SPI ۱۲ ماهه خشک سالی های شدیدی دیده می شود. در ایستگاه استهبان در SPI ۱ ماهه و SPI ۳ ماهه وضعیت به صورت نرمال و ترسالی است؛ اما با افزایش مقیاس زمانی SPI خشک سالی هایی نمود پیدا می کنند.

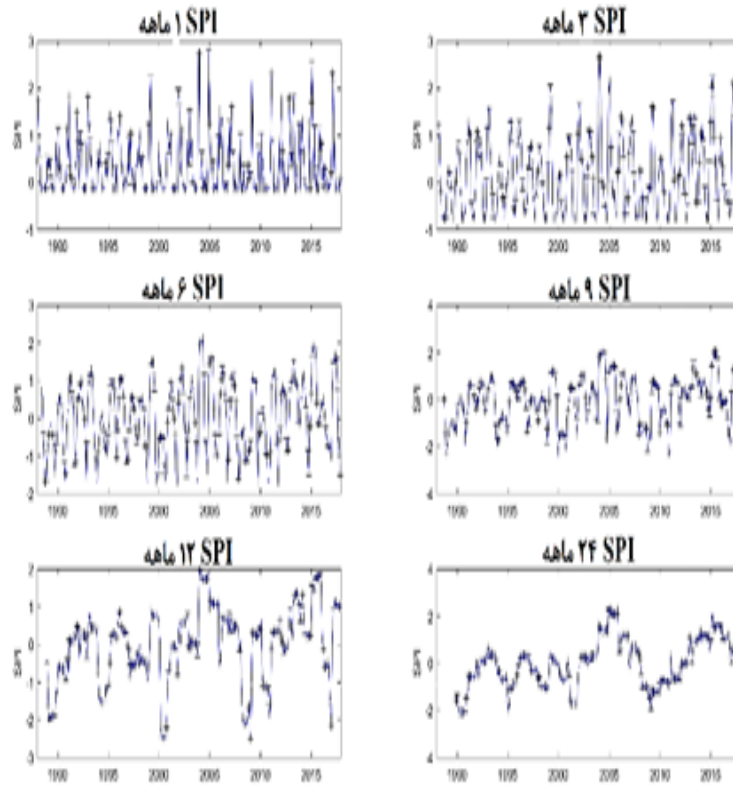


شکل ۵- نمودار SPI ایستگاه آباده منبع: (نگارنده)

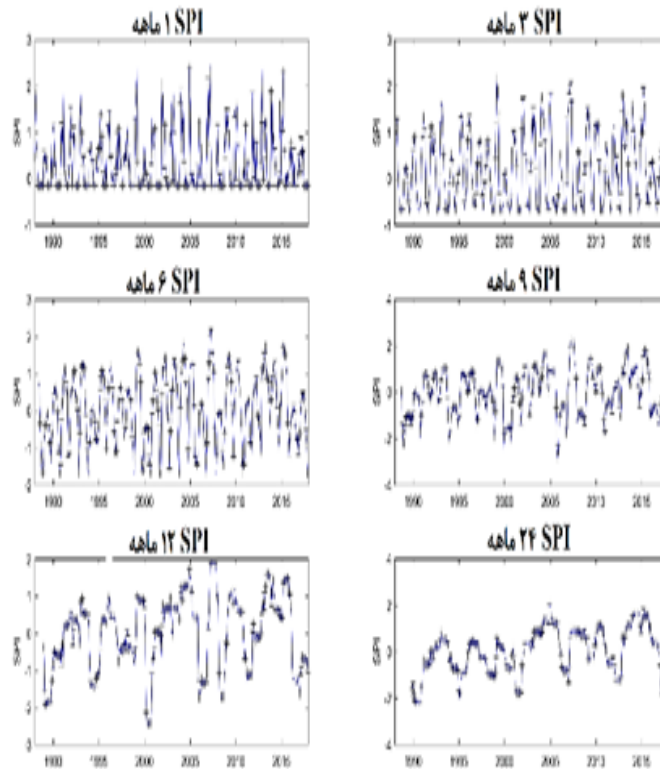


شکل ۶- نمودار SPI ایستگاه مرودشت منبع: (نگارنده)

در شکل ۵ مشاهده می‌شود که SPI ۶، ۹ و ۱۲ ماهه در ایستگاه آباده نشان‌دهنده خشک‌سالی‌های شدیدی که در دوره زمانی‌های مختلفی رخ داده است. می‌توان گفت شدیدترین خشک‌سالی در ایستگاه مرودشت در سال ۲۰۱۱ به وقوع پیوسته است.



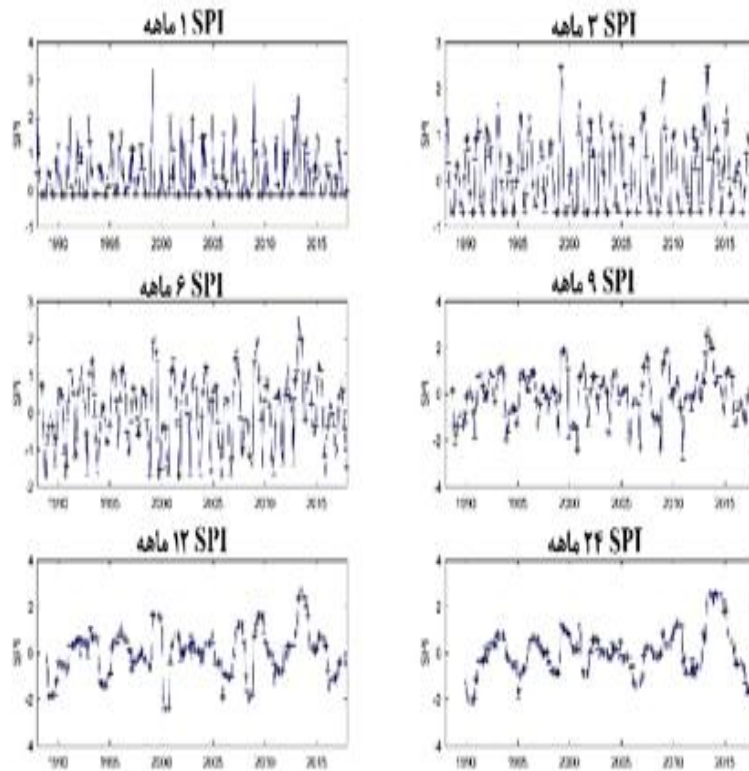
شکل ۷. نمودار SPI ایستگاه نی ریز منبع: (نگارنده)



شکل ۸- نمودار SPI ایستگاه فیروزآباد منبع: (نگارنده)

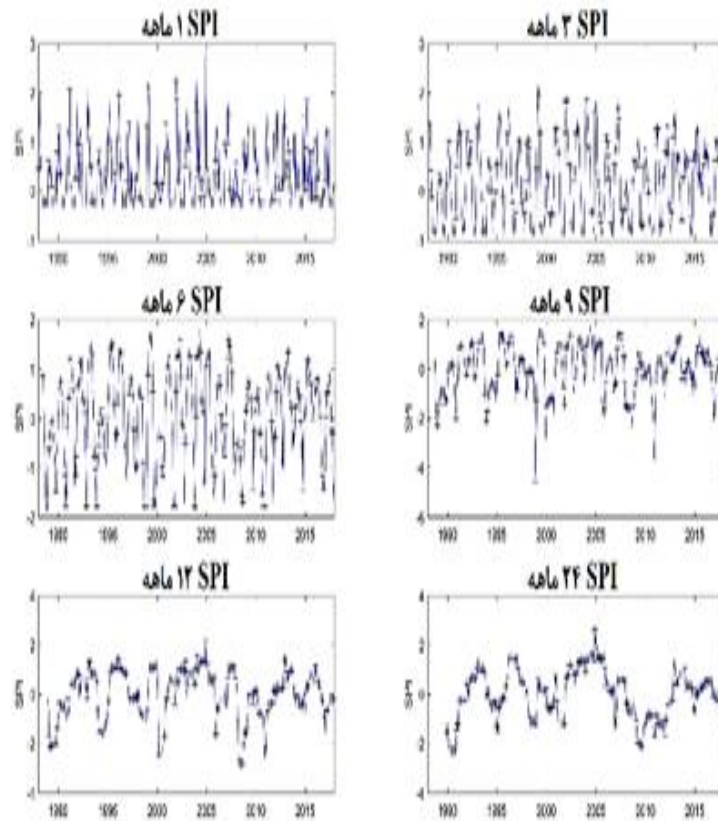
باتوجه به شکل های ۷ و ۸ با افزایش مقیاس زمانی SPI دوره خشک سالی بیشتر می شود و در SPI

۱۲ ماهه، سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۰۹ خشک‌سالی با شدت بالایی به وقوع پیوسته است. در ایستگاه نی‌ریز دوره‌های ترسالی و خشک‌سالی به صورت متناوب مشاهده می‌شود.



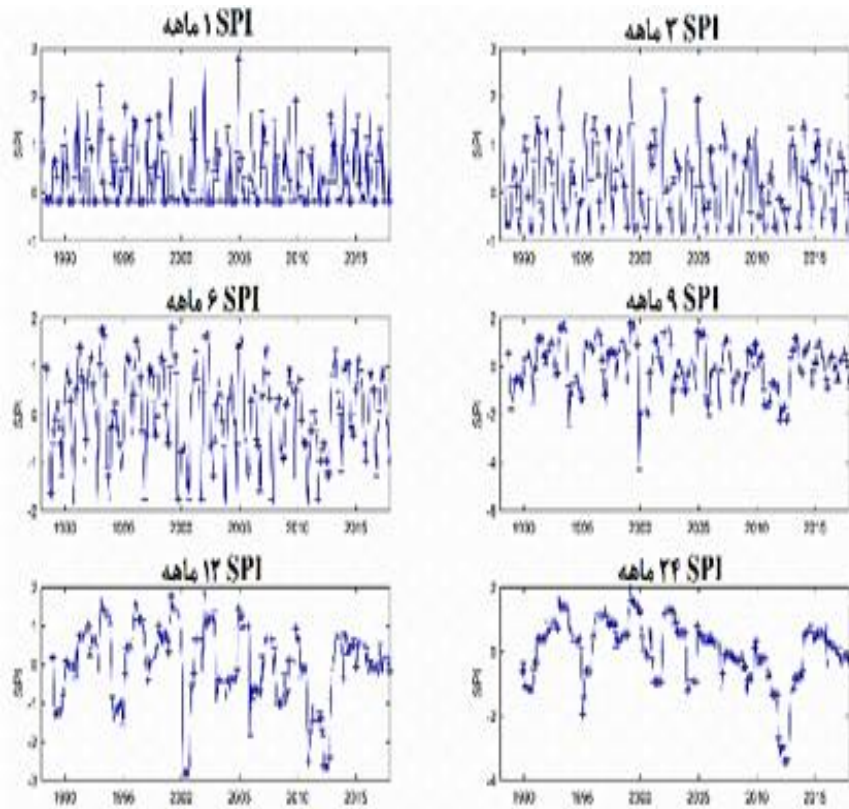
شکل ۹- نمودار SPI ایستگاه لارستان منبع: (نگارنده)



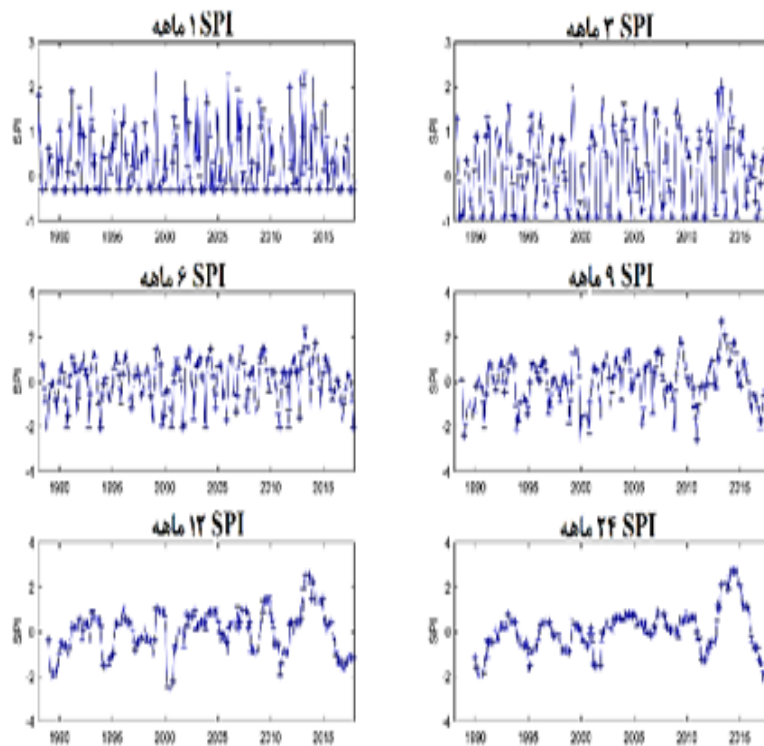


شکل ۱۰- نمودار SPI ایستگاه جهرم منبع: (نگارنده)

در ایستگاه لارستان (شکل ۹) در SPI ۳ ماهه شدیدترین ترسالی تقریباً در سال ۱۹۹۸ به وقوع پیوسته است که در SPI ۶، ۹، ۱۲ و ۲۴ ماهه با شدت کمتری قابل مشاهده است، در SPI ۱۲ ماهه وقوع یک خشکسالی شدید در سال ۲۰۰۰ قابل مشاهده است. در ایستگاه جهرم در SPI ۹ ماهه خشکسالی های بسیار شدیدی رخ داده است که در SPI ۱۲ با شدت کمتری قابل مشاهده است.



شکل ۱۱- نمودار SPI ایستگاه داراب منبع: (نگارنده)

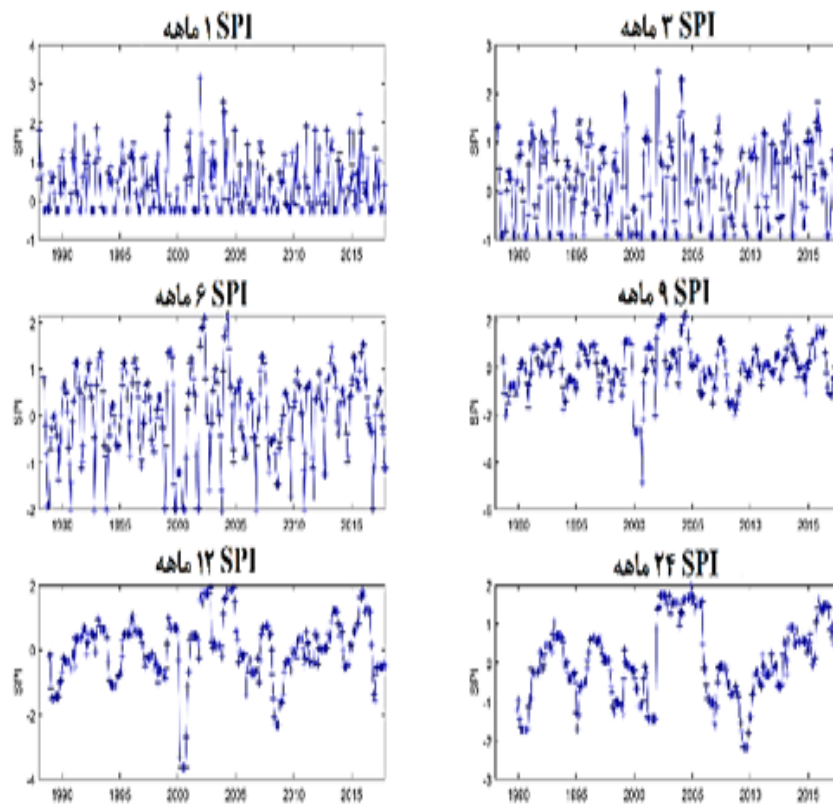


شکل ۱۲- نمودار SPI ایستگاه سپیدان منبع: (نگارنده)

ایستگاه داراب در SPI ۶، ۹ و ۱۲ ماهه در سال ۲۰۰۰ خشک‌سالی شدیدی رخ داده است که در

SPI ۲۴ ماهه خشک سالی با این شدت تقریباً در سال ۲۰۱۳ مشاهده می شود.

بر اساس مقادیر SPI در سال ۲۰۰۰ و ۲۰۱۱ خشک سالی شدیدی رخ داده است و در سال ۲۰۱۴ ایستگاه سپیدان دارای ترسالی شدیدی بوده است.



شکل ۱۲- نمودار SPI ایستگاه فسا منبع: (نگارنده)

باتوجه به شکل ۱۳ در ایستگاه فسا شدیدترین خشک سالی در سال ۲۰۰۰ به وقوع پیوسته است و بر اساس SPI ۱۲ و ۲۴ ماهه از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۶ ترسالی در این ایستگاه رخ داده است.

روش ریکارنس پلات روشی است برای تبدیل سری های زمانی به عکس، هر عکس از سه لایه B, G, R تشکیل می گردد برای تبدیل داده های بارندگی به عکس در مقیاس های زمانی ۱، ۳، ۶، ۹، ۱۲ و ۲۴ ماهه لایه های عکس ها با استفاده از فرمول بارش استاندارد شده ساخته شد و با ادغام این سه لایه خروجی به صورت عکس های سیاه و سفید و رنگی به دست آمد. عکس های سیاه و سفید دارای دو بعد  $i$  و  $j$  هستند و مقدار هر پیکسل عددی بین ۰-۱ قرار دارد، عکس های سیاه و سفید ساخته شده به دلیل کم بودن داده های مورد استفاده از کیفیت لازم برخوردار نبوده است؛ از این رو عکس رنگی برای داده ها ساخته شد و به عنوان ورودی شبکه الکس نت قرار گرفتند.

جداول مربوط به معیارهای ارزیابی دقت (P)، صحت (R)، میانگین هارمونیک (f1)، ماکرو-f1 و میکرو-f1 آورده شده است. برای معیارهای دقت (P)، صحت (R) و میانگین هارمونیک (f1) نتایج مربوط به کوتاه مدت، ۳ ماهه میان مدت، ۹ ماهه و بلند مدت ۲۴ ماهه آورده شده است، اما برای دو معیار ماکرو-f1 و میکرو-f1 نتایج مربوط به تمام مقیاس های زمانی آورده شده است.

جدول ۲- معیار ارزیابی دقت (P) (نگارنده)

مقیاس ۳ ماهه				کلاس روش یادگیری
ماشین بردار پشتیبان	درخت تصمیم	K نزدیک‌ترین همسایه	یادگیری عمیق	
۳۳/۳۳	۴۵/۴۵	۳۷/۵۰	۳۳/۳۳	۱
۷۱,۴۳	۳۷,۵	۳۰,۳۰	۴۷,۶۲	۲
۵۴,۳۱	۵۲,۳۸	۵۶,۱۲	۵۴,۳۷	۳
۹۲,۶۵	۹۱,۸۵	۹۲,۷۲	۹۱,۹۱	۴
.	.	.	.	۵
.	.	.	.	۶
.	.	.	.	۷

مقیاس ۹ ماهه				کلاس روش یادگیری
ماشین بردار پشتیبان	درخت تصمیم	K نزدیک‌ترین همسایه	یادگیری عمیق	
.	۱۶/۶۷	۱۲/۵۰	۶۶/۶۷	۱
.	۱۶/۶۷	۱۳/۳۳	۵۰/۰۰	۲
۴۹/۳۰	۲۸/۸۷	۴۳/۲۴	۴۹/۲۸	۳
۸۲/۸۳	۸۳/۱۴	۸۴/۷۳	۸۱/۸۰	۴
۶۶/۶۷	۴۰/۲۸	۴۶/۱۵	۵۱/۹۲	۵
۶۰/۹۸	۵۶/۶۷	۵۶/۷۶	۴۶/۱۵	۶
۷۳/۶۸	۷۳/۶۸	۵۰/۰۰	۵۰/۰۰	۷

مقیاس ۲۴ ماهه				کلاس روش یادگیری
ماشین بردار پشتیبان	K نزدیک‌ترین همسایه	یادگیری عمیق	درخت تصمیم	
۹۰/۹۱	۹۰/۹	۶۶/۶۷	۱۰۰/۰۰	۱
۷۲/۲۲	۷/۶۹	۸/۸۲	.	۲
۶۷/۱۴	۱۵/۰۰	۱۵/۷۹	.	۳
۹۰/۸۲	۷۳/۹۴	۷۷/۶۱	۷۲/۵۳	۴
۷۴/۱۹	۱۱/۵۴	۳۶/۷۳	.	۵
۶۶/۶۷	۲۷/۰۳	۳۰/۲۳	۴۶/۶۷	۶
۶۰/۰۰	۱۷/۶۵	.	.	۷

معیار دقت، نشان‌دهنده اطمینان روش یادگیری از کلاس تشخیص داده است. برای مثال روش یادگیری عمیق در کلاس ۱ به دقت ۳۳/۳۳ درصد در مقیاس زمانی ۳ ماهه دست پیدا کرده است که بیانگر اطمینان ۳۳/۳۳ درصدی این روش یادگیری برای کلاس ۱ در مقیاس زمانی ۳ ماهه است. به عبارت دیگر زمانی که در مقیاس زمانی ۳ ماهه روش یادگیری عمیق برای داده خاصی کلاس ۱ را پیش‌بینی می‌کند، ۳۳/۳۳ درصد اطمینان وجود دارد که کلاس واقعی آن داده ۱ بوده باشد و ۶۶/۶۷ درصد احتمال تعلق آن داده به کلاس دیگری وجود دارد. بر اساس معیار ارزیابی دقت عدد صفر به

این معناست که شبکه نتوانسته است چنین کلاسی را تشخیص دهد. با افزایش مقیاس زمانی روش های K نزدیک ترین همسایه، درخت تصمیم و ماشین بردار پشتیبان عملکردشان بهتر شده است، اما این بهبود کاملاً پایدار نبوده است، اما روش یادگیری عمیق بهبود مناسبی در معیار دقت داشته است و هر چقدر مقیاس زمانی افزایش پیدا می کند، اطمینان این روش نیز بر روی پیش بینی های کلاس های مختلف بیشتر می شود. برای مثال در کلاس ۲ یادگیری عمیق در بازه زمانی ۳ ماهه دقت ۴۷,۶۲ درصد، در بازه زمانی ۹ ماهه دقت ۵۰ درصدی و در بازه زمانی ۲۴ ماهه دقت ۷۲,۲۲ درصدی دست یافته است.

جدول ۳. معیار ارزیابی صحت (R) (منبع: نگارنده)

مقیاس زمانی	روش یادگیری	کلاس						
		۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
۳ ماهه	یادگیری عمیق	۳۷/۵۰	۳۴/۴۸	۵۴/۳۷	۹۴/۳۶	۰	۰	۰
	K نزدیک ترین همسایه	۴۲/۸۶	۳۵/۷۱	۵۳/۹۲	۹۳/۸۹	۰	۰	۰
	درخت تصمیم	۷۱/۴۳	۵۳/۵۷	۴۳/۱۴	۹۳/۵۷	۰	۰	۰
	ماشین بردار پشتیبان	۴۲/۸۶	۱۷/۸۶	۶۱/۷۶	۹۴/۸۳	۰	۰	۰
۹ ماهه	یادگیری عمیق	۳۷/۵۰	۳۴/۴۸	۵۴/۳۷	۹۴/۳۶	۰	۰	۰
	K نزدیک ترین همسایه	۱۲/۵۰	۱۳/۳۳	۳۹/۰۲	۸۵/۲۲	۴۴/۱۲	۵۲/۵۰	۷۶/۱۹
	درخت تصمیم	۱۲/۵۰	۱۶/۶۷	۳۴/۱۵	۸۲/۳۴	۴۲/۶۵	۴۲/۵۰	۶۶/۶۷
	ماشین بردار پشتیبان	۰/۰۰	۰/۰۰	۴۲/۶۸	۹۴/۴۳	۴۴/۱۲	۶۲/۵۰	۶۶/۶۷
۲۴ ماهه	یادگیری عمیق	۶۶/۶۷	۴۸/۱۵	۶۲/۶۷	۹۵/۴۷	۷۴/۱۹	۵۱/۴۳	۶۰/۰۰
	K نزدیک ترین همسایه	۴۲/۸۶	۱۱/۱۱	۸/۱۱	۸۳/۲۷	۲۹/۰۳	۳۸/۲۴	۰/۰۰
	درخت تصمیم	۷/۱۴	۷/۴۱	۲۰/۲۷	۷۲/۰۵	۹/۶۸	۲۹/۴۱	۱۵/۷۹
	ماشین بردار پشتیبان	۲۸/۵۷	۰/۰۰	۰/۰۰	۹۹/۸۰	۰/۰۰	۴۱/۱۸	۰/۰۰

معیار صحت نشان دهنده توانایی روش یادگیری برای تشخیص صحیح داده های یک کلاس خاص است، به عبارت دیگر چه درصدی از داده های یک کلاس توسط روش یادگیری مدنظر به درستی تشخیص داده شده اند. بر اساس معیار دقت در مقیاس زمانی ۳ ماهه هر ۴ روش یادگیری عمیق، k نزدیک ترین همسایه، درخت تصمیم و ماشین بردار پشتیبان نتوانسته اند کلاس های ۵، ۶ و ۷ را تشخیص بدهند. در مقیاس زمانی ۹ ماهه ماشین بردار پشتیبان کلاس های ۱ و ۲ را تشخیص نداده است و در ۲۴ ماهه روش k نزدیک ترین همسایه کلاس ۷ و ماشین بردار پشتیبان کلاس های ۲، ۳، ۵ و ۷ را تشخیص نداده اند، میزان دقت در این کلاس ها صفر شده است (که به این معناست روش استفاده شده نتوانسته چنین کلاسی را تشخیص بدهد) در معیار صحت هم مقادیر سفر مربوط به کلاس هایی بوده اند که دقت آنها صفر شده است.

روش یادگیری عمیق در مقیاس زمانی ۳ و ۹ ماهه در معیار صحت عملکرد یکسانی داشته است؛ ولی در مقیاس زمانی ۲۴ ماهه برای تمامی کلاس ها، معیار صحت آن افزایش داشته است. در مقیاس زمانی ۳ و ۹ ماهه اگرچه معیار صحت تغییری نداشته است، اما با توجه به معیار دقت می توان نتیجه گرفت که

در مجموع روش یادگیری بهبود پیدا کرده و اطمینان از کلاس‌های پیش‌بینی شده افزایش پیدا کرده است.

جدول ۴. معیار ارزیابی میانگین هارمونیک بین  $P$  و  $R$  (منبع: نگارنده)

مقیاس زمانی	روش یادگیری	کلاس						
		۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
۳ ماهه	یادگیری عمیق	۳۵/۲۹	۴۰/۰۰	۵۴/۳۷	۹۳/۱۲	۰	۰	۰
	K نزدیک‌ترین همسایه	۴۰/۰۰	۳۲/۷۹	۵۵/۰۰	۹۳/۳۰	۰	۰	۰
	درخت تصمیم	۵۵/۵۶	۴۴/۱۲	۴۷/۳۱	۹۲/۷۰	۰	۰	۰
۹ ماهه	ماشین بردار پشتیبان	۳۷/۵۰	۲۸/۵۷	۵۷/۸۰	۹۳/۷۳	۰	۰	۰
	یادگیری عمیق	۵۳/۳۳	۴۶/۴۳	۴۴/۷۴	۸۵/۱۱	۴۴/۶۳	۴۵/۰۰	۴۵/۰۰
	K نزدیک‌ترین همسایه	۱۲/۵۰	۱۳/۳۳	۴۱/۰۳	۸۴/۹۸	۴۵/۱۱	۵۴/۵۵	۶۰/۳۸
۲۴ ماهه	درخت تصمیم	۱۴/۲۹	۱۶/۶۷	۳۱/۲۸	۸۲/۷۴	۴۱/۴۳	۴۸/۵۷	۷۰/۰۰
	ماشین بردار پشتیبان	۰/۰۰	۰/۰۰	۴۵/۷۵	۸۸/۲۵	۵۳/۱۰	۶۱/۷۳	۷۰/۰۰
	یادگیری عمیق	۷۶/۹۲	۵۷/۷۸	۶۴/۸۳	۹۳/۰۹	۷۴/۱۹	۵۸/۰۶	۶۰/۰۰
۲۴ ماهه	K نزدیک‌ترین همسایه	۵۲/۱۷	۹/۸۴	۱۰/۷۱	۸۰/۳۴	۳۲/۴۳	۳۳/۷۷	۰/۰۰
	درخت تصمیم	۸/۰۰	۷/۵۵	۱۷/۲۴	۷۲/۹۸	۱۰/۵۳	۲۸/۱۷	۱۶/۶۷
	ماشین بردار پشتیبان	۴۴/۴۴	۰/۰۰	۰/۰۰	۸۴/۰۱	۰/۰۰	۴۳/۷۵	۰/۰۰

معیار میانگین هارمونیک ترکیبی از معیارهای دقت و صحت است که در جدول فوق آورده شده است. این معیار نشان می‌دهد که روش K نزدیک‌ترین همسایه، درخت تصمیم و ماشین بردار پشتیبان با افزایش مقیاس زمانی عملکردشان بهبود نیافته است، اما روش یادگیری عمیق در تمامی کلاس‌ها بهبود قابل‌ملاحظه‌ای کرده است و اختلاف معناداری با بقیه روش‌های یادگیری دارد.

برای ارزیابی عملکرد شبکه‌های هوش مصنوعی دو معیار ارزیابی ماکرو  $f1$ - و میکرو  $f1$ - برای هر ۴ شبکه هوش مصنوعی در ۵ مقیاس زمانی مختلف برآورده شد و نتیجه حاصل در جدول ۵ و ۶ آورده شده است.

جدول ۵. معیار ارزیابی ماکرو  $f1$ - (منبع: نگارنده)

مقیاس زمانی	روش یادگیری	کلاس				
		۱	۳	۶	۹	۱۲
۳ ماهه	یادگیری عمیق	۲۲/۷۱	۵۵/۶۹	۵۰/۶۸	۵۲/۰۳	۵۴/۸۸
	K نزدیک‌ترین همسایه	۶۴/۴۱	۵۵/۲۷	۴۶/۲۰	۴۴/۵۵	۳۸/۶۸
	درخت تصمیم	۶۴/۶۵	۵۹/۹۲	۴۷/۸۷	۴۳/۵۷	۳۲/۷۸
۲۴ ماهه	ماشین بردار پشتیبان	۶۴/۲۲	۵۴/۴۰	۴۲/۲۱	۴۵/۵۵	۲۹/۱۳
	یادگیری عمیق	۶۵/۳۵	۶۴/۵۴	۲۳/۰۲	۵۷/۴۰	۲۹/۱۳

معیار ماکرو  $f1$ - برای کلاس‌های مختلف اهمیت یکسانی قائل است. شبکه یادگیری عمیق در مقیاس زمانی ۱ ماهه با ۲۲،۷۱ درصد بدترین و درخت تصمیم با ۶۴،۶۵ درصد بهترین عملکرد را در پیش‌بینی خشکسالی داشته‌اند؛ اما با افزایش مقیاس زمانی و افزایش داده‌های استفاده شده روش یادگیری عمیق عملکرد خود را بهبود بخشید و با اختلاف، نسبت به شبکه‌های K نزدیک‌ترین همسایه، درخت تصمیم و ماشین بردار پشتیبان با ۶۵/۳۵٪ پیشی گرفته است. رفتار شبکه K نزدیک‌ترین همسایه ثابت بود و با افزایش مقیاس زمانی کارآرایی آن کاهش یافت، شبکه درخت

تصمیم در کوتاه مدت نسبت به بقیه روش ها عملکرد بهتری داشته است؛ اما با افزایش مقیاس زمانی عملکردش کاهش یافته است طوریکه در ۲۴ ماهه بدترین عملکرد را داشته است، شبکه ماشین بردار پشتیبان رفتار منطقی و قابل اتکایی از خود نشان نداده است.

جدول ۶. معیار ارزیابی میکرو-f1 (منبع: نگارنده)

مقیاس زمانی شبکه ها	۱	۳	۶	۹	۱۲	۲۴
یادگیری عمیق	۸۳/۲۳	۸۵/۱۵	۸۰/۳۱	۷۳/۲۰	۷۷/۹۹	۸۵/۰۴
K نزدیک ترین همسایه	۸۷/۷۲	۸۴/۹۷	۷۹/۰۵	۷۱/۱۷	۷۱/۳۷	۶۳/۵۵
درخت تصمیم	۸۷/۲۲	۸۴/۲۰	۷۶/۷۴	۶۷/۹۲	۶۵/۱۰	۵۴/۶۱
ماشین بردار پشتیبان	۸۹/۱۱	۸۶/۱۱	۸۰/۷۲	۷۷/۴۰	۷۴/۱۲	۷۱/۱۴

بر اساس معیار میکرو-f1 هر ۴ شبکه با درصد بالای ۵۰ در تمام مقیاس های زمانی قادر به پیش بینی خشکسالی بوده اند و در هر مقیاس زمانی با اختلاف کمی نسبت به یکدیگر قادر به پیش بینی بوده اند. بر اساس معیار میکرو-f1 روش یادگیری عمیق در هر ۶ مقیاس زمانی ۷۰ درصد به بالا توانسته خشکسالی را پیش بینی کند این در صورتی است که در معیار ارزیابی ماکرو-f1 این چنین نیست و در مقیاس زمانی ۱ ماهه روش یادگیری عمیق با ۲۲/۷۱ درصد توانسته است کلاس ها را به درستی تشخیص بدهد.

همان طور که توضیح داده شد برای داده هایی که اریب هستند و توزیع داده ها به صورت نرمال نمی باشد معیار ماکرو-f1 از اهمیت بیشتری برخوردار است، به دلیل اینکه داده های بارندگی به کار برده شده دارای پراکنش زیاد و کج شدگی به یک سمت هستند معیار ماکرو-f1 برای مقایسه روش های یادگیری با یکدیگر در نظر گرفته شد.

به طور کلی تمام روش های یادگیری توانسته اند پیش بینی را انجام دهند که با پژوهش های یوریکلی و همکاران (22) که از تکنیک های درخت تصمیم برای پیش بینی خشکسالی استفاده کرده اند و (۲۱) که از روش ماشین بردار پشتیبان برای پیش بینی بارش استفاده کرده اند مطابقت داشته است. در این پژوهش سعی شده است که با ترکیب استفاده از روش پلات بازگشتی و شبکه یادگیری عمیق پیش بینی خشکسالی انجام شود که دارای نوآوری قابل توجهی است، اما موضوع قابل تأمل نیاز شبکه های یادگیری عمیق به حجم بالای اطلاعات برای آموزش است. به طور کلی روش یادگیری عمیق در کوتاه مدت به دلیل کم بودن داده ها از خود عملکرد خوبی نشان نداده است؛ اما در بلندمدت با افزایش داده ها به مرور عملکرد روش یادگیری عمیق بهتر از دیگر روش های استفاده شده است، روش های درخت تصمیم و K نزدیک ترین همسایه در کوتاه مدت و برای داده های کم عملکرد بهتری نسبت به بلندمدت و برای داده های زیاد داشته اند؛ اما در کوتاه مدت میتوان گفت روش درخت تصمیم بهتر بوده است، می توان در صورت دارا بودن داده های زیاد از روش یادگیری عمیق استفاده کرد و در داده های کم از روش درخت تصمیم استفاده کرد و یا از شبکه های عصبی و یا تلفیقی از چند روش یادگیری دیگر می توان برای پیش بینی خشکسالی که یک پدیده طبیعی و غیرمنتظره است استفاده کرد همانند سینگ (۲۰) که به منظور پیش بینی بارش ISMR از سه تکنیک فازی، آنتروپی و شبکه عصبی استفاده کرده و موفق بوده است. بر اساس نتایج حاصل از شاخص بارش استاندارد شده (SPI)

خشکسالی به صورت پراکنده در بعضی از ایستگاه‌ها قابل مشاهده است؛ اما تقریباً در تمام ایستگاه‌ها در مقیاس زمانی ۱۲ ماهه در سال ۲۰۰۰ شاهد بروز خشکسالی ب بوده‌ایم، در این میان شدیدترین خشکسالی در ایستگاه ابرکوه در مقیاس زمانی ۹ ماهه رخ داده است. بر اساس معیار ماکرو-f1 در مقیاس زمانی ۱ و ۳ ماهه با مقادیر ۶۴/۶۵ و ۵۲/۹۹، روش درخت تصمیم و در مقیاس زمانی ۶، ۹، ۱۲ و ۲۴ ماهه با مقادیر ۵۰/۶۸، ۵۲/۰۳، ۵۴/۸۸ و ۶۵/۳۵، روش یادگیری عمیق بهتر عمل کردند. روش ماشین‌بردار پشتیبان رفتار متغیر و غیرقابل اتکایی از خود نشان داد به این معنا که نمی‌توان گفت روش ماشین‌بردار پشتیبان در کدام مقیاس زمانی توانایی پیش‌بینی بهتری را دارد بدین صورت که در مقیاس زمانی ۲۴ ماهه با ۵۴/۴۰ بعد از روش یادگیری عمیق بهترین عملکرد را در تشخیص درست کلاس‌بندی داشته است؛ اما در صورتی که در مقیاس زمانی ۱۲ ماهه با ۲۹/۱۳ بدترین عملکرد را داشته است، میزان تغییر رفتار روش ماشین‌بردار پشتیبان همچون یک نمودار سهمی است. روش K نزدیک‌ترین همسایه در کوتاه‌مدت در ۱ ماهه ۶۴/۴۱ درصد توانسته است خشکسالی را پیش‌بینی کند؛ اما با افزایش مقیاس زمانی عملکردی را که در کوتاه‌مدت داشته است از دست داد و در مقیاس زمانی بلندمدت عملکرد قابل قبولی را از خود نشان نداده است و نتوانسته خشکسالی را به درستی پیش‌بینی کند. روش درخت تصمیم رفتاری مشابه روش K نزدیک‌ترین همسایه داشته است، روش درخت تصمیم در کوتاه‌مدت بهتر از روش K نزدیک‌ترین همسایه خشکسالی را پیش‌بینی کرده است به طوری که در مقیاس زمانی ۱ ماهه بهترین عملکرد با ۶۴/۶۵ مربوط به روش درخت تصمیم و روش K نزدیک‌ترین همسایه با ۶۴/۴۱ بعد از روش درخت تصمیم قرار می‌گیرد؛ اما در مقیاس زمانی بلندمدت روش K نزدیک‌ترین همسایه بهتر از روش درخت تصمیم بود طوریکه در مقیاس زمانی ۲۴ ماهه بدترین عملکرد در پیش‌بینی خشکسالی مربوط به روش درخت تصمیم با ۲۳/۰۲ است، روش K نزدیک‌ترین همسایه با نوسان کمتری نسبت به روش درخت تصمیم در مقیاس‌های زمانی مختلف پیش‌بینی کرده است رفتار این دو روش به صورت یک نمودار خطی است که از مقیاس زمانی کم به سمت مقیاس زمانی زیاد در حال کاهش پیدا کردن است و شیب خط روش درخت تصمیم بیشتر از روش K نزدیک‌ترین همسایه است.

### بحث و نتیجه‌گیری

پیش‌بینی خشکسالی برای یک ماه آتی در استان فارس با استفاده از داده‌های بارندگی ماهانه ۱۱ ایستگاه سینوپتیک طی ۲۹ سال با کمک ۴ روش یادگیری عمیق، K نزدیک‌ترین همسایه، درخت تصمیم و ماشین‌بردار پشتیبان صورت گرفت. هر چهار روش توانایی پیش‌بینی خشکسالی را داشته‌اند. اگرچه در مقیاس‌های زمانی کوتاه مانند ۳ و ۹ ماهه معیارهای ارزیابی دقت و صحت برای بعضی از کلاس‌ها صفر بوده اما در مقیاس‌های زمانی بزرگ‌تر این موضوع مرتفع شده و داده‌های آن کلاس‌ها نیز به خوبی دسته‌بندی شده‌اند. برای آموزش شبکه یادگیری عمیق به تصویر نیاز بوده است که این تصاویر با استفاده از روش پلات برگشتی ایجاد شده‌اند. ترکیب این دو روش، پلات برگشتی برای ایجاد تصاویر و شبکه یادگیری عمیق برای کلاس‌بندی داده‌های خشکسالی برای اولین بار در این پژوهش استفاده شده است. شبکه یادگیری عمیق که ورودی آن به صورت تصویر بوده است در کوتاه‌مدت به



دلیل کم بودن داده ها نتوانسته است به خوبی پیش بینی را انجام دهد؛ اما در بلندمدت به دلیل افزایش داده های عملکرد خود را بهبود بخشیده است و بهترین عملکرد را داشته است. روش SVM در مقیاس های زمانی مختلف رفتارهای غیرقابل اتکا و متغیری از خود نشان داده است که به طور قطع نمی توان گفت روش مناسبی برای پیش بینی خشکسالی در مقیاس های زمانی مختلف باشد، روش های Decision Tree و KNN پیش بینی خشکسالی را در کوتاه مدت بهتر از بلندمدت توانسته اند پیش بینی را انجام دهند، این دو روش رفتاری نزدیک به یکدیگر داشته اند. برای تحقیقات آینده پیشنهاد می شود از روش های Decision Tree و KNN برای پیش بینی خشکسالی در کوتاه مدت استفاده شود، در این پژوهش با افزایش مقیاس زمانی و بیشتر شدن داده های بکار برده شده این دو روش کارایی خود را نسبت به کوتاه مدت از دست داده اند.

## References:

- 1- Kogan, F. N., Vegetation index for areal analysis of crop conditions. Proceedings of 18th Conference on Agricultural and Forest Meteorology, AMS, W. Lafayette, Indiana, on 15–18 September 2018 (Indiana, USA), 2018, 103–106.
- 2- Singh, A (2017), Digital change detection techniques using remotely sensed data, International Journal of of Remote Sensing, 10, 989- 1003
- 3- Singh, R. P., Roy, S., Kogn, F., Vegetation and temperature condition indices from NOAA AVHRR data for drought monitoring over India, Int. J. Remote Sens., 20184393-4402.
- 4- Wylie, B. K., D. J. Meyer, L. L. Tieszen and S. Mannel. 2017. Satellite mapping of surface biophysical parameters at the biome scale over the North American grasslands: A case study. Remote Sensing of Environment 79(2-3): 266-278.
- 5- time, messenger Suleimanpour, Mohammad. Jokar, Leila (2018). Investigation of the drought situation and its trend in the Darudzen dam area based on drought statistical indicators. The first desert conference
- 6- Salamat, A. Al-Yasin, M. (2016) Guide to dealing with drought. Publisher: National Irrigation and Drainage Committee of Iran
- 7- Afifi, Mohammad Ebrahim, Chaterazer, Hadi, (2016) Monitoring vegetation changes due to drought in Darudzen watershed using MODIS images, Master's Thesis of Islamic Azad University of Larestan
- 8- Lashkari, Hassan, Matkan, Ali Akbar, Azadi, Hamid, Mohammadi, Zeinab (2016), Collaborative analysis of the high pressure role of subtropical subtropical in the subtropical river in severe droughts in the south and southwest of Iran, Danesh Zemin Research - 8th year, no. 30, p. 141 to p. 163
- 9- Shafii, Hassan. Hosseini, Mohammad (2016) Investigating vegetation cover using satellite data in Sistan region, Journal of Plant Ecophysiology, third year, pages 91-105.
- 10- Hadian, Fariba. Hosseini, Zahra, . Seyed Hosni, Marjan (2016) monitoring vegetation changes using rainfall data and NOAA AVHRR satellite images in Kermanshah province, Mortadari magazine, volume 1, 2013, 46-62.
- 11- Mohammadyari, Fariba. Pourakhsaz, Hassan. Tawakli, Mehdi. Aqdar, Hassan (2017) Preparation of vegetation cover map and monitoring of its changes using remote sensing techniques and geographic information system (case study: Behbahan city), Scientific-Research Quarterly of Geographical Information, No. 92, Winter 2017, 23-34.
- 12- Afifi. Mohammed Ebrahim 1400 Investigating the effect of drought on vegetation using remote sensing techniques (Case study of Drogen Dam catchment area) Geography Quarterly Volume 9 Number 70 Fall 1400 pp.153-
- 13- Bazar Afshan, Javad. 2012 Comparative study of some meteorological drought indicators in some climatic samples of Iran. Master's thesis, Faculty of Natural Resources, University of Tehran.
- 14- Jahangir, Mohammad Hossein; Maimene Khush-Mashraban, Hossein

Yousefi.2014. Monitoring and forecasting the drought situation using Standard Rainfall Index (SPI) and Multilayer Perceptron Neural Network (case study: Tehran and Alborz provinces). *Journal of Ecohydrology*, 2(4): 428-417.

15-Hasanpour Matikalai, Seyyed Hossein. Reza Saadati 2015. A review of applications of convolutional neural network and deep learning in computer vision. The 3rd National Conference of Electrical and Computer Engineering, Distributed Systems and Smart Networks, Kashan, Kashan Islamic Azad University

16-Sobak-Ro, 2015. Timely detection of anomalies in video. Doctoral dissertation in the field of computer engineering-artificial intelligence, Faculty of Computer Engineering, Malik Ashtar University.

17-Benevenuto, F., Rodrigues, T., Almeida, V., Almeida, J., & Ross, K. 2009. Video interactions in online video social networks. *ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications (TOMM)*, 5(4): 1-25.

18-Benevenuto, F.; Magno, G.; Rodrigues, T. and Almeida, V. 2010. Detecting Spammers on Twitter. Seventh annual Collaboration, Electronic messaging, AntiAbuse and Spam Conference July, Redmond, Washington, US (CEAS).

19-Eckmann, J. P.; Kamphorst, S. O. and Ruelle, D. 1987. Recurrence Plots of Dynamical Systems. *Europhysics Letters*. 5 (9): 973-977

20-Singh, P., 2018. Indian summer monsoon rainfall (ISMR) forecasting using time series data: A fuzzy-entropy- neuro based expert system. *Geoscience Frontiers*, 9: 1243-1257.

21-Tripathi, Sh.; Srinivas, V. V. and Nanjundiah, R. S. 2006. Downscaling of precipitation for climate change scenarios: A support vector machine approach. *Journal of Hydrology*, 330: 62-640.

22-Yurekli, K.; Taghi Sattari, M. T.; Anli, A.S. and Hinis, M.A. 2012. Seasonal and annual regional drought Prediction by using data-mining approach, *Atmosfera*, 25(1): 85-105.

## **Drought prediction using artificial intelligence models (case study of Fars province)**

Mohammadebrahim Afifi<sup>1\*</sup>, Vahid Sohrabi<sup>2</sup>

### **Abstract**

The necessary step to deal with drought and adjust its consequences is to know and understand the vulnerability dimensions of each region. This shows the necessity of studying in the field of determining vulnerability and identifying the factors affecting it in different regions of the country. In this research, in order to introduce a suitable method for predicting drought for the next month, four artificial intelligence methods including deep learning (from Alexnet network) which is one of the convolution networks), K-nearest neighbor algorithm, multi-layer support vector machine and decision tree were considered. The monthly rainfall data of 11 synoptic stations of Fars province during the statistical period of 29 years (1988 to 2017) were used as experimental data. Standardized Precipitation Index (SPI) was calculated to show the drought situation in terms of intensity and duration in time scales of 1, 3, 6, 9, 12 and 24 months. At first, the precipitation data was placed as the input of the neural networks and the classification of the standardized precipitation index was placed as the output of the networks. 80% of the data was used for training and 20% of the data was used for testing the networks. The results showed that all the networks had the ability to predict drought, based on the evaluation criterion of the macro-f1 deep learning network in the time scale of 1 month with 22.71%, the most inefficient method and the decision tree with 64.65%, the most efficient method, but with an increase The time scale, the deep learning network improved its performance, so that in the 24-month time scale with 65.35%, the best performance related to the deep learning network was placed, followed by the support vector machine network with 57.40%.

**Keywords:** Drought, artificial intelligence, Fars province.

---

<sup>1</sup> Professor, Soil Science Department, Science and Research Branch; Islamic Azad University, Tehran, Iran.  
Corresponding Author [.m.torkashvand54@yahoo.com](mailto:m.torkashvand54@yahoo.com)

<sup>2</sup> Professor, Soil Science Department, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

## تحلیل نقش صنایع چوب و کاغذ در جنگل زدایی نواحی پیراشهری و توسعه شهر ساری

سید حسن رسولی<sup>۱</sup>، صدرالدین متولی<sup>۲\*</sup>، فاطمه عاشوری<sup>۳</sup> و هانیه یازرلو<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۱۷

### چکیده

جنگل‌ها نقش مهمی در نگهداری آب و هوا و ثبات محیطی بازی می‌کنند. عوامل متعددی، با منشأ انسانی و طبیعی باعث جنگل زدایی می‌شوند. جنگل‌زدایی به عنوان یکی از بزرگ‌ترین مشکلات زیست محیطی جهان تشخیص داده شده است. هدف از پژوهش حاضر تحلیل نقش صنایع چوب و کاغذ در جنگل‌زدایی نواحی پیراشهری و توسعه شهر ساری می‌باشد. پژوهش حاضر به لحاظ روش، توصیفی - تحلیلی و به لحاظ ماهیت، کاربردی است. اطلاعات جمع‌آوری شده در این پژوهش از روش‌های کتابخانه‌ای و میدانی حاصل شده است. ابزار جمع‌آوری داده‌ها، پرسشنامه و مشاهده بوده است. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS و آزمون‌های مرتبط با تحلیل عاملی از جمله آزمون بارتلت و ضرایب همبستگی استفاده شده است. یافته‌های پژوهش نشان داد که از بین شاخص‌های پانزده‌گانه نقش صنایع چوب و کاغذ در جنگل‌زدایی نواحی پیراشهری و توسعه شهر ساری، "دسترسی به حمل‌ونقل" با بار عاملی ۰٫۸۷۴ بیشترین اولویت را از نظر کارشناسان و متخصصین کسب کرده است. پس از آن "فرهنگ زندگی" و "کیفیت منظر" دارای بالاترین اهمیت از لحاظ میانگین بار عاملی هستند. اما از زیرمجموعه معیارهای پنج‌گانه، معیار "اجتماعی و فرهنگی" با بار عاملی ۰٫۸۶۱ دارای بالاترین اولویت، و پس از آن معیارهای "زیست‌محیطی"، "دسترسی"، "کاربری اراضی" و "اقتصادی" به ترتیب قرار گرفته‌اند. نتایج نشان داد که برنامه ریزی استفاده از زمین که بر تکنیک‌های توسعه سازگار با محیط زیست تمرکز دارند، همانند کشاورزی در شهرها و کاهش توسعه شهرک و شهرنشینی، می‌تواند باعث کاهش زیادی در جنگل زدایی شود.

**واژگان کلیدی:** صنایع چوب و کاغذ، مناطق پیراشهری، جنگل‌زدایی، توسعه شهری، ساری.

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری، گروه خاکشناسی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

<sup>۲</sup> استاد تمام، گروه خاکشناسی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. نویسنده مسئول [m.torkashvand54@yahoo.com](mailto:m.torkashvand54@yahoo.com)

<sup>۳</sup> استادیار، نام گروه مهندسی طبیعت، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

<sup>۴</sup> استاد تمام، گروه خاکشناسی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

## مقدمه

جنگل یک اکوسیستم پیچیده بوده که عمدتاً از درختانی تشکیل شده است که زمین را محافظت کرده و از تعداد بی‌شماری از اشکال حیات پستی‌بانی می‌کنند. با توجه به پارامترهای تعیین شده توسط «فائو»<sup>۱</sup> یک منطقه دارای درختان انبوه باید حداقل نیم هکتار یا حدود یک و یک چهارم هکتار باشد تا جنگل در نظر گرفته شود. درختان این منطقه همچنین باید بتوانند تا ارتفاع بیش از ۵ متر رشد کنند و تاج پوششی داشته باشند که حداقل ۱۰ درصد از آسمان را پوشش دهد. درختان جزء مهم محیط زیست هستند (۳۱).

جنگل‌ها نقش مهمی در نگهداری آب و هوا و ثبات محیطی، حفظ تنوع زیستی موجود و همچنین تامین آب پاکیزه در کنار الوار برای صنایع پایین‌دست بازی می‌کنند. جنگل‌ها اکثریت گونه‌های زمینی (خاکی) را در خود حفظ می‌کنند، جنگل‌های گرمسیری (استوایی) جنگل‌های مناطق معتدل و جنگل‌های سوزنی برگ شمالی مجموعه‌ای متنوع از زیستگاه‌ها را برای گیاهان، حیوانات و میکروارگانیسم‌ها فراهم می‌کند. اگرچه این سیستم‌های غنی بیولوژیکی به دلیل فعالیت‌های انسانی به طور روزافزون در معرض تهدید قرار دارند (۴۵). جنگل‌ها به عنوان یکی از منابع تجدیدشونده زیستگاهی برای جانداران و عاملی مهم در تهیه بسیاری از مایحتاج بشر محسوب می‌شوند و تقریباً یک سوم کل اراضی زمین را به خود اختصاص داده‌اند. بسیاری از مواد غذایی و کالاهای مصرفی با دوام و غیر بادوام مورد نیاز بشر به طور مستقیم یا غیرمستقیم از جنگل به دست می‌آیند. به طور کلی جنگل به عنوان ثروتی ملی برای هر کشور و برای کشور ایران که در محدوده خشک و نیمه‌خشک واقع شده است؛ به طور اخص عنایت و موهبت محسوب می‌شود. جنگل برای ایجاد خرد اقلیم مناسب و موثر است و افزون بر آن زمین و خاک را از تخریب و انهدام حفظ می‌کند (۵).

جنگل‌زدایی فرآیندی پیچیده است که نشأت گرفته از ترکیب عوامل مستقیم و اساسی می‌باشد که از یک ناحیه به ناحیه دیگر این عوامل متفاوت می‌باشند که تخریب خاک را نیز در پی خواهد داشت. امروزه تخریب خاک در سطح جهانی حدود ۱/۹ میلیارد هکتار از اراضی را تحت تاثیر قرار می‌دهد که این مقدار هر ساله نیز به میزان ۵ تا ۷ میلیون هکتار افزایش می‌یابد بطوریکه حدود ۸۰ درصد از اراضی کشاورزی جهات تحت تاثیر تخریب متوسط و شدید و ۱۰ درصد آن تحت تاثیر تخریب کم تا متوسط قرار دارند (۱). عمل جنگل‌زدایی به عنوان یکی از بزرگ‌ترین مشکلات زیست محیطی جهان تشخیص داده شده است؛ به طوری که طبق آمارهای جهانی در دهه ۱۹۸۰ حدود ۱۵,۴ میلیون هکتار و از سال‌های ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۵ سالانه ۱۲,۷ میلیون هکتار و در دهه ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰ سالانه ۹,۳۹۱ میلیون هکتار از جنگل‌های گرمسیری از بین رفته‌اند (۳۷). جنگل‌زدایی یکی از مولفه‌های اصلی تغییرات بهره‌برداری از زمین و به عنوان بزرگ‌ترین تهدید برای تنوع زیستی محیط زیست جهان به ثبت رسیده است؛ افزون بر این با تخریب جنگل از ارزش جنگل به عنوان ذخیره تنوع زیست محیطی، ذخیره کربن و منبع تولید الوار کاسته می‌شود و به تنهایی سبب ۱,۴ انتشار دی‌اکسید کربن در سطح جهان می‌شود که به صورت مستقیم در گرمای فزاینده جهانی سهیم است. گذشته از این،

<sup>1</sup> Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)

تاثیرات گسترده جنگل زدایی در سطح منطقه همراه با نرخ های شدید فرسایش خاک، ته نشینی مسیر آبی، افزایش تعداد و شدت طغیان رودخانه ها و تخریب خرد اقلیم ها و آب خیزها است که همگی مسائل جدی به شمار می آیند و اغلب اثرات و زیان های خارجی بلندمدتی روی کشاورزی و دامداری در کشورهای گرمسیری دارند (۲۰). کاهش جنگل زدایی نه تنها در مورد حفاظت محیط زیست بلکه درباره کاهش تغییرات آب و هوایی به موضوعی مهم در سطح جهانی تبدیل شده است.

اگرچه مسائل مربوط به جنگل زدایی در کشورهای در حال توسعه به سادگی قابل حل نیستند (۱۸). عمده مسائلی که ارتباط مستقیم با جنگل زدایی دارند مانند کشاورزی تجاری، که توقف آنها مشکل است بدین علت که فعالیت های اقتصادی مهمی هستند. افزون بر این بکارگیری سیاست های صحیح و ساختارهای آموزشی برای کاهش سرعت جنگل زدایی در کشورهای در حال توسعه مشکل می باشد (۲۹). برای حل موثر و مداوم (پایدار) جنگل زدایی عواملی که موجب آن می شوند همانند عوامل کاهش جنگل زدایی باید تعیین شوند. جنگل زدایی توسط عوامل متعددی ایجاد می شود مانند عوامل اقتصادی، عوامل جمعیتی، عوامل نهادی (سازمانی) محرک (۴). که نه تنها پیامدهایی نظیر تسریع در فرسایش خاک و رسوبگذاری را موجب می شوند بلکه موجب مشکلاتی نظیر ته نشینی رسوب پایین دست در مزارع، دشتهای سیلابی و نهر آب در خارج از محل وقوع خود را نیز در پی خواهد داشت (۳).

در کل جنگل ها از بزرگ ترین منابع تجدیدشونده در روی کره خاکی محسوب می شوند که در مقایسه با سایر فعالیت های تولیدی و اقتصادی جامعه چه از نظر مساحت و چه طولانی بودن زمان به گونه ای هستند که داشتن یک برنامه مدون و صحیح مدیریتی را ایجاب می نمایند و هر گونه برنامه ریزی و سیاست غلط در این رابطه می تواند خسارات جبران ناپذیری را متوجه حیات جنگل نماید. بنابراین یک برنامه ریزی اصولی و صحیح با در نظر گرفتن کلیه جوانب آن از جمله حفظ تنوع زیستی گونه ها می تواند پایداری و تداوم حیات یک جنگل را تضمین کند (۳۲).

دلایل اساسی جنگل زدایی کاملاً قابل درک نیستند و تاثیر عوامل مختلف بطور گسترده ای مورد بحث قرار گرفته است این دلایل شامل کشاورزی، ساخت جاده، تولید تجاری بی رویه الوار، جمع آوری سوخت یا استفاده از چوب، رشد جمعیت، فقر، توسعه اقتصادی، ناامنی و اشغال و تصرف و اجرای ضعیف قانون در میان دیگر عوامل می باشند (۳۹) که این امر مشکلات و نگرانی هایی برای تخریب سیمای زمین توسط پدیده فرسایش و اثرات آنها بر حاصلخیزی خاک، بهره وری محصولات زراعی در اراضی کشاورزی، آلودگی منابع آب و خاک و .... را نیز به همراه خواهد داشت (۷).

می توان گفت که در حال حاضر شهرها با سرعت زیادی در حال رشد و گسترش اند و به سرعت محیط های پیرامون خود را در می نوردند (۲۸). در سال های اخیر، شهرها از جایگاه ویژه ای در دستور کار پایداری جهانی برخوردار شده اند (۳۸) و پایداری به اولویت اول در قوانین حاکم بر برنامه ریزی شهری تبدیل شده است (۳۲). مشکلات زیست محیطی از اساسی ترین مسائل شهری امروزی و حاصل تعارض و تقابل آنها با محیط طبیعی است (۱۲). توسعه شهرنشینی و افزایش جمعیت، تلاش برای رفاه بیشتر و فرهنگ مصرف ناپذیر، جملگی سبب مداخله افراطی در طبیعت شده و تعادل و توازن

محیط طبیعی را برهم زده‌اند تا بدان حد که زندگی خود بشر نیز به مخاطره افتاده است (۱۹). در نتیجه این روند عدم تعادل و ناسازگاری میان انسان و طبیعت و به هم خوردن روابط اکوسیستم خواهد بود (۲۵).

در طی سال‌های اخیر، فرم شهر و ارتباط آن با ابعاد گوناگون پایداری شهری به یکی از موضوعات مهم و چالش برانگیز در مباحث پایداری شهری تبدیل شده است و سوال در خصوص بهترین فرم به لحاظ پایداری شهری، موضوع مقالات بسیاری بوده است. با این وجود که بخش عمده‌ای از ادبیات نظری و مطالعات تجربی در خصوص ارتباط میان شکل شهر و پایداری شهری عمدتاً در کشورهای غربی صورت گرفته است (۱۰). رشد شهرها به دلیل کمبود فضا و زمین در مرکز شهرها، زمین‌های مرغوب و حاصل‌خیز کشاورزی اطراف شهرها را به زیرساخت و ساز شهری برده و شهرها به صورت افقی و پراکنده توسعه یابند. توسعه شهری یک مساله مدیریتی است که برنامه‌ها و سیاست شهرهای بزرگ برای کنترل آن ناتوانند که منجر به عدم کنترل و گسترش تراکم کم می‌شود (۱۰). شکل پراکنده شهری یا گسترش افقی و ساخت و سازهای جدید در اطراف شهر، باعث آسیب‌های اجتماعی - اقتصادی و تخریب منابع زیست‌محیطی در شهرها و اطراف شهرها گردیده است (۶). فرم شهری مسلط قرن بیستم شکل گسترده یا گسترش افقی شهر است که به دلیل پیامدهای نامطلوب به عنوان ناپایدارترین شکل شهری شناخته شده است (۴۰). پیشروی شهر تا جایی ادامه می‌یابد که از میزان اثرگذاری شهر بر روستا و طبیعت کاسته شود و آثار شهری دیگر پدیدار شوند. در نتیجه، محیطی به وجود می‌آید که به محل درهم آمیختن و رویارویی سیستم‌های شهر-روستا-طبیعت و یا برخوردگاه روستا-شهر تبدیل می‌شود و پدیده پیرا-شهرنشینی (با آثاری همچون افت شتابان محیطی، دگرگونی بدون برنامه‌ریزی کاربرد زمین، کمبودهای شدید خدماتی) را شکل می‌دهد. در پدیده پیرا-شهرنشینی، روستاهای محیط پیرا-شهری به تدریج ویژگی‌های شهری را اختیار می‌کنند (۴۶). به منظور انتظام بخشی محیط در یک چارچوب اکولوژیک، ایجاد توازن میان دو نظام طبیعی و مصنوع ضروری به نظر می‌رسد و مهم‌ترین اصل برای ایجاد چنین نظامی، ایجاد تنوع مناسب در کاربری و دقت در رعایت نظام‌های طبیعی است. برای این منظور، توجه به توان اکولوژیک در استفاده بهینه از منابع و تطبیق طرح‌ها و الگوهای توسعه با ویژگی‌های طبیعی محلی نظیر شرایط اقلیمی، توپوگرافی، پوشش گیاهی، خاک، شیب و در نهایت، ایجاد انطباق لازم بین فعالیت‌های انسانی با این توان و نظام اکولوژیکی شرطی ضروری تلقی می‌شود که امروزه از آن به عنوان پایداری محیط‌های شهری نیز یاد می‌شود (۲۴).

محیط پیراشهری به دلیل وجود جریان‌های مهاجران و تراکم و تنوع فعالیت‌های محیطی، پویا است؛ از این‌رو حوزه‌های پیراشهری با توجه به روند رو به رشد خود نیاز به مدیریتی پویا دارند که هدف آن، دستیابی به توسعه پایدار شهری در بخش‌های فیزیکی، اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و محیطی و با ابعاد متفاوت سازمانی است. پیراشهرها، واجد ویژگی‌های خاصی هستند که آنها را از مناطق شهری و روستایی متمایز می‌کنند که برخی از آنها عبارتند از: شتاب گسترش کاربری‌های مسکونی و تجاری شهری و کاهش فعالیت‌های روستایی، رشد سریع ولی بدون برنامه با خدمات‌رسانی زیرساختی ناکافی،



ساکنانی با درآمد کم و متوسط و رشد بازارها (۳۰).

در کشور ما نیز فرایند توسعه شتابان و بدون برنامه ریزی و ملاحظات زیست محیطی کانون های شهری با سهم برداری از منابع، نابودی اراضی حاشیه ای، باغات، جنگل ها، ایجاد کاربری های ناسازگار و در نهایت، آلودگی آب، هوا، خاک و ... را در سطح گسترده بر چهره محیط های شهری می توان دید، که سبب برهم خوردن تعادل اکوسیستم های طبیعی شده است. در شرایطی که باید کلیه تلاش ها در جهت سالم نگهداشتن محیط در فرایند توسعه پایدار متمرکز شود، عدم توجه به زیست محیطی در برنامه ریزی ها موجب بروز بحران های متعدد در عرصه های شهری گردیده است (۱۷). در ایران از دهه ۴۰، گسترش فیزیکی شهرها بدون هیچ نظارت و کنترلی از طرف سازمان های دولتی صورت گرفت. بین کاربری اراضی شهری عدم تعادل و توزان برقرار شده و قسمت های زیادی از زمین های باارزش اطراف شهری زیر ساخت و ساز شهرها رفته است (۲۳). از سویی دیگر افزایش سرانه اتومبیل شخصی، عدم رعایت مقررات طرح های جامع توسط شهرداری ها در فروش مازاد تراکم و تغییر کاربری، عدم توجه به تهمیدات لازم برای تأمین پارکینگ وسایل نقلیه و بی توجهی و کم توجهی به سایر سیستم های حمل و نقل عمومی به ویژه حمل و نقل ریلی، افزایش آلودگی محیطی و در مجموع ناپایداری شهرها بوده است (۱۳).

از طرفی ایران به دلیل قرار گرفتن روی کمربند خشک جهان، در زمینه پوشش جنگلی فقیر بوده و جز آخرین کشورهایی است که دارای جنگل است. در حال حاضر باریکه ای از دامنه های شمالی رشته کوه البرز، که در معرض رطوبت دریای مازندران واقع است، دارای پوشش جنگلی است. علاوه بر این، در بخش هایی از ارتفاعات زاگرس نیز به طور پراکنده جنگل وجود دارد.

صنایع چوب و کاغذ مازندران که در سال ۱۳۷۶ در منطقه کلیجانرستاق شهر ساری فعالیت خود را شروع کرده است، دارای اثرات مثبت و منفی مختلفی بر نواحی پیراشهری ساری بوده است. در نگاه اول به نظر می رسد این مجتمع در بهبود فضای کسب و کار و اشتغال در منطقه موثر بوده است. همچنین در زمینه زیست محیطی علی رغم این که مجتمع سعی کرده است با گرفتن گواهینامه بین المللی زیست محیطی، سعی در تخریب حداقلی منابع آب و خاک داشته باشد و از آلودگی هوا و آلودگی صوتی بکاهد، اما حساسیت های زیست محیطی نسبت به فعالیت های آن همچنان وجود دارد. با توجه به این که تاکنون اثرات برشمرده شده به صورت علمی و دقیق مورد مطالعه قرار نگرفته است، پژوهش حاضر قصد دارد به تحلیل نقش صنایع چوب و کاغذ در جنگل زدایی نواحی پیراشهری ساری بپردازد.

## مبانی نظری

### حاشیه روستا - شهری

یک منطقه با مرز پایانی بین شهر که کاربری های روستایی و شهری در همدیگر ترکیب شده است و یک تمایز روشن بین شرایط زندگی روستایی و شهری وجود ندارد. حاشیه در ارتباط با شهر توصیف شده است و در حوزه نفوذ کشاورزی جایی که کاربری در حال تغییر است وجود دارد؛ که بین ناحیه ساخته شده شهری پیوسته و «سایه شهری» قرار می گیرد؛ و از نظر اکولوژیکی می تواند به عنوان

یک ناحیه مهاجرت سریع در نظر گرفته شود؛ که تراکم جمعیت به سرعت در حال افزایش و ارزش زمین‌ها نیز در حال بالا رفتن است (۲).

مفهوم «حاشیه شهری» همانند حومه برای اولین بار توسط جغرافیدانان آمریکایی در دهه ۱۹۴۰ و ۱۹۵۰ مورد استفاده قرار گرفت. از نظر این جغرافیدانان حاشیه شهر جایی به شمار می‌آید که عرصه در حال گذار بین شهر و روستا را تشکیل می‌داد. در واقع، مفهوم حاشیه - شهری تحت تأثیر، گذار بین شهر و روستا الزاما منتج از روندهای اثرپذیری از کانون‌های شهری نیست (۱۱). بر همین مبنا بود که اصطلاحاتی مانند روستا - شهری یا روستایی - شهری را وضع و پیشنهاد کردند. در همین ارتباط در دهه ۱۹۷۰ میلادی اصطلاحات تازه‌ای مطرح شد. بعضی کوشیدند تا بین «حاشیه» و «حومه» تفاوت قائل شوند. برخی دیگر فراتر رفته اصطلاحاتی همچون شبه حومه، اقمار شهری، شبه اقمار و حاشیه درون‌شهری و یا حاشیه برون‌شهری را مطرح ساختند. در همین ارتباط، بعضی دیگر سعی نموده‌اند میان حاشیه شهر و حاشیه روستایی شهری تفاوت قائل شوند و حتی برخی برای تبیین تفاوت در قلمروهای پیرامونی شهرها، مفاهیم «نواحی روستایی غیر زراعی» و «نواحی روستایی زراعی» را پیشنهاد نمودند (۱۶). در اواخر دهه ۱۹۶۰ میلادی، کوشید تا مفهوم پیچیده و متنوع مورد استفاده در تبیین دگرگونی‌های حاصله در «تعامل حاشیه - شهری» را بر اساس تحلیل مراحل مختلف نحوه تلفیق کاربری زمین طبقه‌بندی نموده، برای تبیین تمایز «نواحی حاشیه - شهری» از «حاشیه پیرامونی روستا - شهری» به کار گیرد. این تفاوت گذاری بر این اساس استوار بود که نواحی حاشیه-شهری دارای ویژگی‌های خاص هستند که مبین این واقعیت است که این گونه عرصه نسبت به میانگین نواحی شهری و روستایی از تراکم بیشتر مسکونی، تجاری و صنعتی و همچنین از نرخ‌های بالاتر رشد جمعیت، روندهای شتابان‌تر تبدیل اراضی و «الگوهای سیال» ارتباطات جمعی و مواصلات بین نواحی سکونتی و شغلی (محل زندگی و محل فعالیت شغلی) برخوردارند. در مقابل، «حاشیه پیرامونی روستا شهری» به واسطه تراکم جمعیتی، نسبت بیشتر اراضی و اراضی زراعی و همچنین روندهای کمتر پویای تبدیل و تغییر کاربری اراضی و آمدوشد روزانه به نواحی شهری مشخص می‌گردد (۲۱).

### پیوندهای روستایی - شهری<sup>۱</sup>

پیوندهای روستایی - شهری را می‌توان از دو منظر، پیوندها در عرصه فضا و تعامل در سطح بخش‌ها مورد بررسی قرارداد (۱۴). این تحقیق روی پیوندهای فضایی (جریان جمعیت و جریان سرمایه) و به عبارتی به روی جریان‌های فضایی تأکید و تمرکز دارد. پیوندهای روستایی-شهری که در قالب شبکه‌های منطقه‌ای بروز فضایی می‌یابند، از مقولات نوین در مباحث جغرافیایی امروزی و مطالعات منطقه‌ای است. این شبکه‌ها بر اساس جریان‌های موجود میان سکونتگاه‌های روستایی و کانون‌های شهری تعریف می‌شوند؛ این جریان‌ها شامل جریان افراد، سرمایه، کالا، اطلاعات، نوآوری، فناوری و مانند آن است که در شرایط مناسب می‌توانند موجد همبستگی و پیوندهای روستایی - شهری گردند. در

<sup>1</sup> rural - urban linkages

چنینی شرایطی، این گونه پیوندها در چارچوب های تعاملی، شکلی دوسویه می یابند و می توانند مکمل روابط متقابل روستایی - شهری به شمار می آیند.

تاکولی<sup>۱</sup> (۲۰۰۴ م) با تأکید بر ابعاد اقتصادی این گونه پدیده ها می نویسد، پیوندهای روستایی - شهری در عرصه اقتصاد منطقه ای، از یک سو، دربرگیرنده جریان محصولات کشاورزی و سایر تولیدات از سوی روستانشینان به بازارهای شهری و از سوی دیگر، زمینه ساز جریان کالاهای صنعتی از مراکز شهری به سوی سکونتگاه های روستایی است. این گونه پیوندها، جریان اطلاعات بین نواحی روستایی و شهری، آگاهی از سازوکارهای بازار (از نوسانات قیمت گرفته تا ذائقه مصرف کنندگان) و فرصت ها و امکانات شغلی برای مهاجران بالقوه را در برمی گیرد. بدین سان جریان اعتبارات و منابع مالی در نواحی روستایی هم اکنون بیشتر ارسال نقدینه از سوی مهاجران به افراد خانواده ها در روستا و سرمایه گذاری و دریافت اعتبار از نهادهای شهری را شامل می شود. این گونه «جریان های فضایی» می توانند با پیوندهای تعاملی میان بخش های فعالیتی، هم در سطح خانوار و هم در سطح اقتصاد محلی، تلفیق شوند و موجد پیوندهای درونی و بیرونی بین بخش های کشاورزی، صنعت و خدمات گردند (۴۳).

پیوندهای روستایی-شهری بر همبستگی متقابل کانون های روستایی و شهری دلالت دارد که به عنوان یک پارادایم نوین در برنامه ریزی ناحیه ای و جغرافیا محسوب می گردد. از دیدگاه داگلاس پیوندهای روستایی - شهری به جریان های مردم، محصولات کشاورزی، تولیدات شهری، سرمایه، اطلاعات و نوآوری میان کانون های روستایی و شهری اطلاق می گردد (۳۵). سیسیلیا تاکولی پیوندهای روستایی-شهری را به عنوان همبستگی های زنجیره ای فضایی (مانند جریان های مردم، کالا، پول و اطلاعات) و اتصالات زنجیره ای بین بخش ها (کشاورزی، خدماتی و صنعتی) تعریف می کند (۴۳). بر اساس استنباط او این پیوندها متأثر از مناسبات بخش های اقتصادی سکونتگاه های روستایی و شهری است که با توجه به نوع و ماهیت کارکردهای آن ها صورت می گیرد. در این راستا، پیوندهای فضایی با نقش قاطع اقتصاد مطرح است که بر سایر روندها نیز تاثیرگذار است.

### ابعاد محیطی شهر و پیوستگی روستایی-شهری

به تقریب، تمام مسائل محیطی دنیای امروز که انسان نوین با آن روبروست و علل و فشارهای حاصل از آن، به طور مستقیم بازندگی در کانون های و نواحی شهری در ارتباط است. نیروها و روندهایی که فعالیت و روابط شهری را تشکیل می دهند، نه تنها بر مرزهای بلا فصل آن، بلکه بر تمام منطقه ای که شهر در آن قرار دارد، اثرگذار بوده، با پیامدهای پر دامنه و درازمدت همراه هستند (۲۲). در یک نگاه عام، محیط شهری از منابع و روندهای زیر تشکیل شده است؛

الف: منابع، شامل منابع انسانی، خاک، آب، سوخت، تابش آفتاب، مواد معدنی، منابع مالی و مانند آن؛  
روندهایی که طی آن ها این منابع به انواع دیگر تولیدات قابل استفاده و یا خدمات تبدیل می شوند، از جمله روند تولید صنعتی، ساخت و ساز، حمل و نقل، مهاجرت، رشد جمعیت، سکونت، خدمات بهداشتی-درمان و مانند آن و پیامدهای این روندها که ممکن است مثبت (مانند تولیدات، ارزش افزوده، علم و دانش، تحصيلات و دسترسی به خدمات مناسب تر) یا منفی (مانند انواع آلودگی،

<sup>1</sup> Tacoli

تولید زباله، فاضلاب، تراکم غیرمتعارف جمعیتی) باشند. بدین ترتیب، به‌طورکلی، در محیط‌های شهری سه عرصه مکانی-فضایی همبسته قابل تشخیص‌اند:

الف) محیط طبیعی، شامل منابع طبیعی روندها و پیامدهای مرتبط بازندگی گیاهی و جانوری، انسان، مواد معدنی، آب، خاک، هوا و مانند آن؛

ب) محیط مصنوع، شامل مواد و مصالح، روندها و پیامدهای مرتبط با بناها و ساختمان‌های عمومی، خانه‌ها، جاده‌ها، راه‌های آهن، شبکه تأمین آب، برق، گاز و مانند آن؛ و

ج) محیط اجتماعی-اقتصادی، شامل منابع انسانی، روند و پیامدهای مرتبط با فعالیت‌های انسانی، آموزش، بهداشت، هنرها و فرهنگ، فعالیت‌های اقتصادی، ارتباط جمعی، میراث فرهنگی و شیوه‌های زندگی شهری به‌طورکلی (۱۵).

در واقع، ترکیب و درهم تنیدگی این سه عرصه است که یک محیط، چشم‌انداز یا فضای شهری را برپا می‌سازد. بدین‌سان، تصور هر یک از این عرصه‌ها، بدون در نظر داشتن دیگر عرصه‌ها، به شناخت نادرست و نامناسب نظام شهری خواهد انجامید. از سوی دیگر، به‌تبع قانونمندی‌های نظام‌وار، دخالت ناروا در یک عرصه می‌تواند با پیامدهای جبران‌ناپذیر در عرصه‌های دیگر همراه گردد. به‌هرتقدیر، این نکته بنیادین نباید مورد بی‌مهری قرار گیرد که همبستگی متقابل و چند جنبه‌ای بودن این سه عرصه لازم است در هرگونه مطالعه، طراحی و تدوین سیاست‌ها و برنامه‌های توسعه شهری، به نحوی هماهنگ و پایدار به‌درستی و به وجه کامل مورد شناسایی و عمل قرار گیرد (۲۴).

بدین‌سان، در اغلب موارد شهرها، به‌ویژه کلان‌شهرها با بحران شهری روبه‌رو هستند. این مفهوم به‌طورکلی، بیانگر روند شهرگرایی شتابان، به‌خصوص از اواخر سده بیستم میلادی، است که به تسریع شکل‌گیری کلان‌شهرها در جهان توسعه‌نیافته دامن زده و زمینه‌هایی را فراهم آورده است که طی آن کلان‌شهرهایی همچون لاگوس، بمبئی (بمبئی)، مکزیکوسیتی، سائوپائولو، شانگهای و تهران، تنها در عرض چند سال، میلیون‌ها نفر جمعیت اضافی را در خودپذیرا شده‌اند. این‌گونه کلان‌شهرها در مقابل این انفجار جمعیتی، با مصائبی نظیر تأمین مسکن و خدمات و امنیت شهری، حفاظت از محیط‌زیست و مدیریت اقتصاد محلی رودررو هستند.

طی چنین فرآیندی است که همه این گرایش‌ها پیوسته به شکل‌پذیری نظام یکپارچه عملکردی در منطقه کلان‌شهری دامن می‌زنند. (۱۴).

### جنگل‌زدایی

جنگل زدایی به کاهش مناطق جنگلی در سراسر جهان اطلاق می‌شود. جنگل زدایی که از سال ۱۹۶۰ به شدت توسط فعالیت‌های انسانی تسریع شد و گسترش یافت، بر اکوسیستم‌های طبیعی، تنوع زیستی و آب و هوا تأثیر جدی گذاشته است. در نتیجه وقوع این پدیده که در سال‌های اخیر به وفور در حال انجام شدن است، بیش از ۸۰ درصد جنگل‌ها آسیب دیده‌اند و جالب است بدانید طبق آمار جهانی در هر دهه ۱,۳ میلیون کیلومتر مربع از جنگل‌های جهان تخریب می‌شود. انسان‌ها به عنوان بزرگترین خطر تهدیدکننده محیط زیست و اصلی‌ترین عامل جنگل زدایی با توسعه صنعت، افزایش شهرنشینی، تولید زباله به ویژه زباله‌های زیست تخریب‌ناپذیر و تخلیه مواد معدنی، تأثیر بسزایی در

این پدیده داشته‌اند (۴۴).

به طور کلی عوامل متعددی، با منشأ انسانی و طبیعی، باعث جنگل زدایی می‌شوند که عبارتند از: کشاورزی: به دلیل افزایش جمعیت و رشد بیش از حد تقاضا برای محصولات غذایی، تعداد زیادی از درختان برای تولید محصولات بریده می‌شوند. طبق آمار ۸۰ درصد از جنگل‌زدایی ناشی از صنعت کشاورزی است. استفاده بی‌رویه از زمین موجب می‌شود که زمین در طول زمان دیگر قادر به کشاورزی نباشد و به همین دلیل، کشاورزان به استفاده از زمین‌های دیگر مراتع و جنگل‌ها روی آورده و به تدریج باعث تخریب جنگل‌ها می‌شوند (۳۳).

توسعه شهرنشینی: توسعه شهرنشینی و گسترش شهرها نیز عامل دیگری است که موجب جنگل‌زدایی می‌شود. در حقیقت انسان برای تامین فضای شهری، دسترسی به جنگل‌ها برای تفریح، احداث زیرساخت‌های حمل و نقل و تولید انرژی، دست به تخریب جنگل می‌زند. این ساخت و سازهای انسانی حدود ۱۰ درصد از جنگل‌زدایی را به خود اختصاص داده‌اند (۴۸).

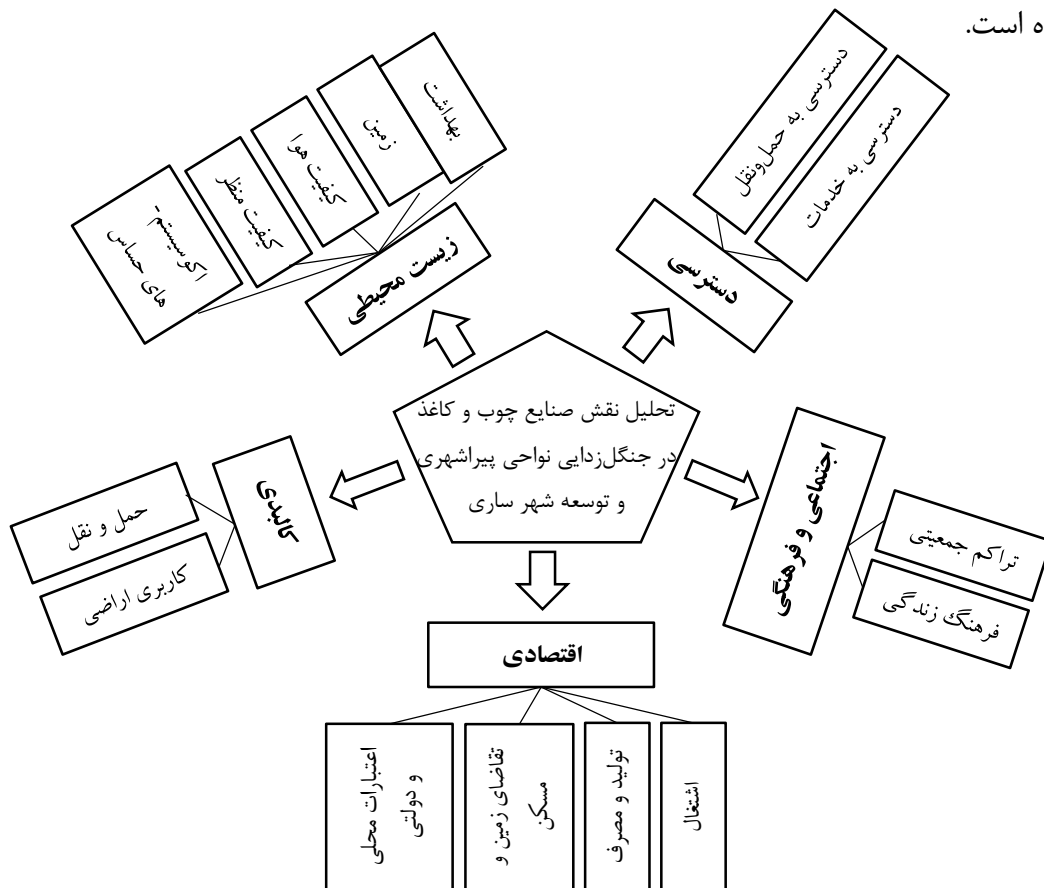
دامداری: سومین مورد از علل تخریب جنگل‌ها صنعت دامداری است. طبق بررسی‌های انجام شده دام‌ها مسئول حدود ۱۴ درصد از جنگل‌زدایی جهانی هستند. دامداران اغلب با قطع درختان و سوزاندن آنها برای پرورش دام و تهیه غذا، جنگل‌ها را تخریب می‌کنند (۴۲). فعالیت غیر قانونی برخی شرکت‌های تولید کاغذ و دیگر فراورده‌های چوبی: جدا از این، صنایع مبتنی بر چوب مانند کاغذ، چوب کبریت، مبلمان و غیره نیز به مقدار قابل توجهی چوب نیاز دارند، از طرفی گاهی چوب به صورت مستقیم و غیرمستقیم به عنوان سوخت (زغال) استفاده می‌شود. بنابراین درختان برای تأمین نیاز برای منابع قطع می‌شوند. اگر در مقابل این استفاده از جنگل‌ها شرکت‌ها ملزم به احیاء جنگل و درخت‌کاری شوند، مشکلات بسیار کمتر خواهد شد. اما متأسفانه نه این اتفاق می‌افتد و نه شرکت‌های نامبرده با توجه به استانداردها و قوانین اقدام به استفاده از چوب جنگل‌ها می‌کنند. در نتیجه و در صورت عدم جلوگیری دولت‌ها، جنگل‌ها در اثر قطع بی‌رویه و غیر قانونی تخریب شده و به سمت نابودی خواهند رفت (۲۶). بیابان‌زایی زمین: بیابان‌زایی بر اثر سو استفاده از زمین رخ می‌دهد و به این معنی است که زمین دیگر قابلیت کشت ندارد. این زمین‌ها دیگر قابلیت کشت درختان را نداشته و به بیابان تبدیل می‌شوند. از طرفی بسیاری از صنایع پتروشیمی زباله‌های خود را به رودخانه‌ها ریخته و موجب فرسایش خاک می‌شوند (۴۱). اکتشافات و تاسیس معادن: استخراج و تولید نفت و زغال سنگ گاهی به تخریب مقدار قابل توجهی زمین جنگلی می‌انجامد. جدای از این، برای دسترسی به معادن و تجهیزات، جاده‌ها و بزرگراه‌ها ساخته می‌شوند تا راه برای کامیون‌ها و سایر تجهیزات باز شود و این موضوع نیز به تخریب بیشتر جنگل‌ها بیانجامد. این پایان تأثیرات مخرب اکتشافات و تاسیس معادن بر طبیعت نیست و زباله‌هایی که از معادن خارج می‌شوند نیز محیط زیست را آلوده کرده و گونه‌های گیاهی و جانوری اطراف معدن را تحت تأثیر قرار می‌دهند (۳۶). آتش‌سوزی: مورد دیگری که سلامت جنگل‌ها را به شدت تهدید می‌کند، وقوع آتش‌سوزی در جنگل است. سالانه صدها درخت به دلیل آتش‌سوزی جنگل‌ها در مناطق مختلف جهان از بین می‌رود و این موضوع هشدار جدی برای وقوع فاجعه‌ای بزرگ است. آتش‌سوزی سهوی اغلب به دلیل گرم شدن تدریجی زمین و تابستان‌های بسیار

گرم اتفاق می‌افتد. اما سهوی یا عمدی مهم نیست؛ آتش‌سوزی‌ها، چه توسط انسان یا طبیعت ایجاد شود، منجر به از بین رفتن گسترده پوشش جنگلی می‌شوند (۳۴).

آلودگی زیست‌محیطی و زباله: جمعیت زیاد انسان خود عاملی بر توسعه شهرنشینی و تخریب جنگل‌ها است. اما این ازدیاد جمعیت و رای مواردی نظیر نیاز به زمین بیشتر برای ایجاد مسکن و سکونتگاه، نیاز بسیار زیاد به غذا، توسعه زمین‌های کشاورزی برای تولید غذا و پرورش دام، به طور خودکار منجر به تولید انواع زباله‌های زیست محیطی می‌شود. در این شرایط زباله‌های زیستی به ویژه پلاستیک، یکی از یزرگترین خطراتی است که حیات جنگل‌ها را تهدید می‌کند (۴۷).

### روش تحقیق

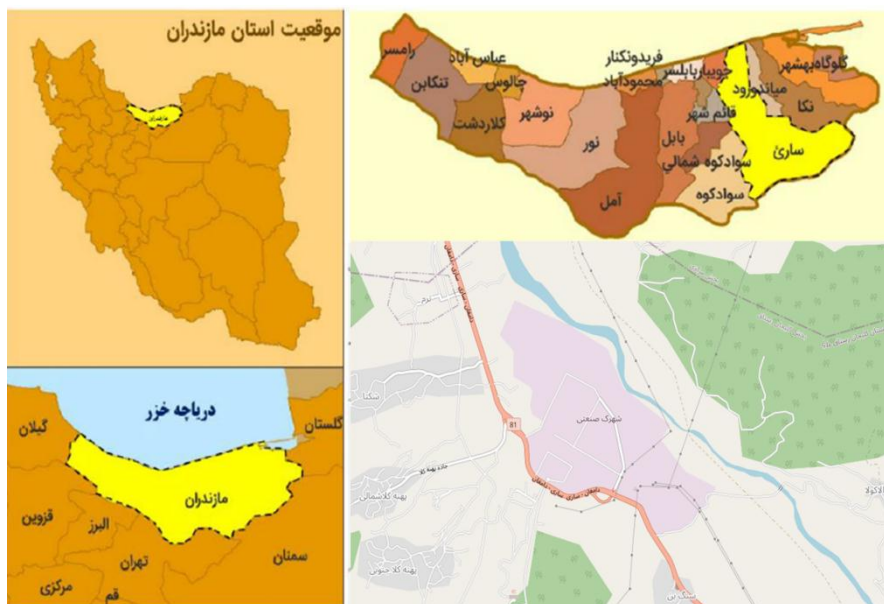
پژوهش حاضر به لحاظ روش، توصیفی-تحلیلی و به لحاظ ماهیت، کاربردی می‌باشد. برای جمع‌آوری اطلاعات در این پژوهش از مطالعات کتابخانه‌ای و برداشت‌های میدانی استفاده شده است. ابزار جمع‌آوری داده‌ها، پرسشنامه و مشاهده بوده است. جامعه آماری پژوهش، شهروندان شهر ساری شامل ۱- ساکنان نواحی پیراشهری و ۲- پرسنل صنایع چوب و کاغذ و ۳- کارشناسان و متخصصان در زمینه محیط زیست شهری و جنگل‌داری و امور شهری بوده است که از هر کدام از این سه جامعه، به تعداد ۳۰ نفر به عنوان حجم نمونه (در مجموع ۹۰ نفر) به صورت نمونه‌گیری هدفمند انتخاب شده‌اند. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS و آزمون‌های مرتبط با تحلیل عاملی از جمله آزمون بارتلت و ضرایب همبستگی استفاده شده است. در شکل شماره ۱ مدل مفهومی پژوهش نشان داده شده است.



شکل ۱- مدل مفهومی پژوهش

## عرصه تحقیق

شهر ساری مرکز استان مازندران و شهرستان ساری است. این شهر بر سر راه ارتباطی، تجاری، گردشگری و زیارتی مرکز ایران با بخش‌های شرقی استان مازندران و استان خراسان (به‌ویژه شهر مشهد) قرار دارد. از طرف دیگر به علت موقعیت سیاسی- اداری آن از اهمیت و اعتبار ویژه‌ای برخوردار است. فاصله ساری تا تهران از طریق راه آسفالتی (جاده فیروزکوه) ۲۵۰ کیلومتر و از طریق راه‌آهن ۳۵۴ کیلومتر است. نزدیک‌ترین شهرهای استان به ساری، قائمشهر با فاصله کمتر از ۲۰ کیلومتر در غرب و نکا با فاصله ۲۰ کیلومتر در شرق است، هم‌چنین فاصله ساری تا دریا ۲۷ کیلومتر است. ساری در طول شرقی ۵۳ درجه و ۳۷ دقیقه و عرض شمالی ۳۴ درجه و ۳۶ دقیقه واقع شده است. ارتفاع از دریای آزاد ۱۱۸،۵ متر و وسعت وضع موجود شهر ۲۴۷۹،۲۴ هکتار است (۹). شهر ساری به دلیل نزدیکی به تهران و قرار گرفتن در مسیر ارتباطی خراسان رضوی از موقعیت ویژه- ای برخوردار می‌باشد. از نزدیک‌ترین شهرهای اطراف ساری می‌توان به شهرهای قائمشهر در غرب، نکا در شرق، جویبار در شمال و کیاسر در جنوب اشاره نمود. از لحاظ موقعیت طبیعی، این شهر در جنوب دریای مازندران و در منطقه جلگه‌ای و نسبتاً مسطح شهرستان ساری قرار گرفته و تنها قسمت‌های جنوبی و جنوب غربی آن به کوه‌ها و تپه ماهورهای کم‌ارتفاع منتهی می‌گردد. رودخانه تجن که از پرآب‌ترین رودخانه‌های استان می‌باشد، با انشعابات خود از ارتفاعات جنوبی شهرستان سرچشمه گرفته و پس از عبور از بخش شرقی شهر به سمت شمال و دریای خزر حرکت می‌نماید. از لحاظ توپوگرافی عمومی شهر ساری در طبقه ارتفاعی ۱۰۰-۰ استقرار یافته و شیب عمومی شهر از جنوب به شمال و بسیار ملایم است (۲۷). نقشه شماره ۱ موقعیت جغرافیایی شهر در منطقه را نشان می‌دهد.



نقشه ۱- موقعیت شهرستان ساری در استان، موقعیت شرکت صنایع چوب و کاغذ مازندران

شرکت صنایع چوب و کاغذ مازندران در سال ۷۶ در مرکز مازندران تاسیس و با هدف تولید کاغذ چرخ این واحد تولیدی در مازندران به چرخش درآمد هم‌اکنون این کارخانه با ظرفیت ۱۷۵ هزار تن، شامل ۹۰ تن کاغذ روزنامه و چاپ و تحریر و ۸۵ تن کاغذ فلوتینگ به عنوان بزرگترین واحد تولیدکننده کاغذ در خاورمیانه مطرح است.

در حال حاضر ۱۸ تا ۲۰ درصد سهم تولید در کشور متعلق به این کارخانه است و به نوعی رهبری بازار کاغذ را بر عهده دارد. از آنجایی که هدف اصلی شرکت احیاء هر چه سریع‌تر جنگل‌های مخروطه و رساندن میزان رویش به بیش از ۶ متر مکعب در سال است در این راستا تمام سعی بر این است تا در چارچوب طرح‌های تدوینی و با کاشت گونه‌هایی با صفات پسندیده ژنتیکی و سازگار با محیط، با تولید نهال‌هایی با کیفیت مطلوب از طریق ایجاد باغ بذر و احداث نهالستان‌های جنگلی در چهار منطقه و در سطحی حدود ۶۳ هکتار به میزان ۴,۲ میلیون اصله نهال در سال جبران مافات شود.

شرکت صنایع چوب و کاغذ مازندران به منظور احیای جنگل‌های استان در ابتدا از پایان سال ۱۳۸۹ با احیاء سطحی حدود ۱۶ هزار هکتار از جنگل مخروطه و کم‌بازده، بنه‌های دامی تخریب شده، مناطق روستایی تخلیه شده، فضاها و نقاط خالی از درخت، با کاشت بیش از ۳۰ میلیون اصله نهال از انواع گونه‌های ساز و کار با محیط که عمده آن پهن برگ بومی منطقه است با انجام عملیات مراقبتی و اجرای برنامه‌های پرورشی تا رسیدن نهال به مرحله نهایی رویش و حصارکشی در عرصه‌های نهال کاری شده توانست به خوبی از عهده این مسئولیت برآید.

شرکت صنایع چوب و کاغذ مازندران با اقدامی تخصصی و کارشناسانه با توجه به کاهش چشم‌گیر سطح جنگل‌های شمال و افزایش روند تخریب آن لازم دانست تا از طریق احیاء و بازسازی عرصه‌های مخروطه و کم‌بازده و اصلاح ساختار جنگل‌های مسن در قالب طرح‌های علمی جنگل‌داری بر این منابع ملی مدیریت کند.

بر همین اساس طرح جنگل‌داری چوب و کاغذ مازندران با هدف حفظ، احیاء و پرورش در مناطقی از جنگل‌های شمال که طبق مطالعات حدود ۵۰ درصد آن مخروطه و نیمه مخروطه بوده است، آغاز شد.

## یافته‌ها

تحلیل عاملی شاخص‌های مؤثر جهت تحلیل نقش صنایع چوب و کاغذ در جنگل‌زدایی نواحی پیراشهری و توسعه شهر ساری

در تحلیل عاملی محقق درصد کشف ساختار زیربنایی - اکتشافی مجموعه بزرگی از متغیرهای مؤثر بر نقش صنایع چوب و کاغذ در جنگل‌زدایی نواحی پیراشهری و توسعه شهر ساری بوده و پیش‌فرض اولیه محقق آن است که هر عامل بر اساس تئوری امکان و احتمال، ممکن است با هر عامل دیگر در ارتباط زنجیره‌ای - شبکه‌ای باشد. تحلیل عاملی جهت اکتشاف، تدقیق و شناسایی نهایی شاخص‌های مؤثر بر نقش صنایع چوب و کاغذ در جنگل‌زدایی نواحی پیراشهری و توسعه شهر ساری، چهار مرحله را دنبال می‌کند:

(۱) آزمون کفایت نمونه‌گیری مربوط به شاخص‌های مؤثر بر نقش صنایع چوب و کاغذ در جنگل -

زدایی نواحی پیراشهری و توسعه شهر ساری؛



۲) تشکیل ماتریسی از ضرایب همبستگی عوامل؛

۳) استخراج عامل ها از ماتریس همبستگی عوامل؛

۴) چرخش عامل ها به منظور به حداکثر رساندن رابطه متغیرها و عامل ها که مقدار آن باید بیش از ۰,۵ باشد.

یافته های مربوط به آزمون کفایت نمونه گیری مربوط به شاخص های مؤثر بر نقش صنایع چوب و کاغذ در جنگل زدایی نواحی پیراشهری و توسعه شهر ساری در این مرحله از تحلیل عاملی، نخست می بایست اطمینان حاصل شود که آیا داده های موجود برای تحلیل را می توان استفاده نمود؟ لذا بدین منظور از شاخص KMO و آزمون بارتلت استفاده گردید که خروجی آن در ذیل قابل مشاهده می باشد:

جدول ۱- کفایت نمونه گیری

۰,۸۲۱	شاخص KMO
۴۶۳۴,۰۲۲	آزمون بارتلت
۸۹	درجه آزادی
۰,۰۰۳	سطح معناداری

مأخذ: یافته های پژوهش، ۱۴۰۱

از آنجا که ارزش عددی شاخص KMO، برابر ۰,۸۲۱ می باشد (شاخص مناسب بیشتر از ۰,۶ می باشد)، تعداد نمونه آماری برای تحلیل عاملی کفایت لازم را داشته و مقدار سطح معنی داری آزمون بارتلت کمتر از ۰,۰۵ درصد می باشد که بیان می دارد، تحلیل عاملی برای شناسایی شاخص های مؤثر بر نقش صنایع چوب و کاغذ در جنگل زدایی نواحی پیراشهری و توسعه شهر ساری، مدل عاملی مناسب است. در جدول شماره ۴-۱۵ یافته های مربوط به اشتراک استخراجی عامل های مؤثر بر نقش صنایع چوب و کاغذ در جنگل زدایی نواحی پیراشهری و توسعه شهر ساری نشان داده شده است؛ اشتراک استخراجی<sup>۱</sup> عامل های مؤثر بر نقش صنایع چوب و کاغذ در جنگل زدایی نواحی پیراشهری و توسعه شهر ساری نشان داده شده است؛ اشتراک استخراجی عوامل، بیانگر میزان تبیین واریانس عوامل می باشد. در این مرحله عواملی که مقادیر اشتراک استخراجی شان کوچک تر از ۰,۵ است حذف می گردد. زیرا کسب ارزش عددی کمتر از ۰,۵، بدان معناست که عامل موردنظر با هیچ یک از عامل ها ارتباط معنی داری ندارد. فرایند محاسباتی این مرحله تا آنجا ادامه می یابد که مقادیر استخراجی بیشتر از ۰,۵ باشد، در این تحقیق مقادیر زیر بدست آمد.

<sup>1</sup> Extraction

**جدول ۲- نتایج اشتراک استخراجی**

عامل‌ها	اشتراک استخراجی	عامل‌ها	اشتراک استخراجی	عامل‌ها	اشتراک استخراجی	عامل‌ها	اشتراک استخراجی
۱	۰,۸۱۴	۱۲	۰,۸۲۲	۲۳	۰,۸۰۷	۳۴	۰,۸۵۶
۲	۰,۸۴۱	۱۳	۰,۸۵۵	۲۴	۰,۴۵۶	۳۵	۰,۸۴۷
۳	۰,۸۹۱	۱۴	۰,۸۳۳	۲۵	۰,۸۰۹	۳۶	۰,۸۶۳
۴	۰,۸۵۵	۱۵	۰,۹۲۲	۲۶	۰,۸۲۱	۳۷	۰,۸۷۷
۵	۰,۸۴۲	۱۶	۰,۸۱۲	۲۷	۰,۸۲۴	۳۸	۰,۸۵۲
۶	۰,۸۹۰	۱۷	۰,۸۴۴	۲۸	۰,۸۲۲	۳۹	۰,۸۹۶
۷	۰,۸۴۰	۱۸	۰,۸۳۲	۲۹	۰,۴۳۳	۴۰	۰,۸۰۵
۸	۰,۸۳۲	۱۹	۰,۸۰۱	۳۰	۰,۸۳۹	۴۱	۰,۸۰۸
۹	۰,۸۳۴	۲۰	۰,۸۰۵	۳۱	۰,۸۴۶	۴۲	۰,۸۱۶
۱۰	۰,۸۰۱	۲۱	۰,۴۴۱	۳۲	۰,۸۰۳	۴۳	۰,۸۲۴
۱۱	۰,۸۱۳	۲۲	۰,۸۱۳	۳۳	۰,۸۵۵		

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۱

با توجه به نتایج بدست آمده اشتراک استخراجی عامل‌هایی که کمتر از ۰,۵ باشند در این مرحله حذف می‌شوند. معیارهای مؤثر بر نقش صنایع چوب و کاغذ در جنگل‌زدایی نواحی پیراشهری و توسعه شهر ساری که دارای اشتراک استخراجی کمتر از ۰,۵ است که در این مرحله شامل عامل‌های شماره ۲۱ (تردد و ترافیک وسایل نقلیه در سطح شهر)، ۲۴ (امنیت شغلی) و ۲۹ (میزان مصرف‌گرایی) می‌باشد. جدول تبیین واریانس مرحله سوم از تحلیل عاملی اکتشافی تعیین‌کننده عامل‌هایی هستند که در تحلیل نقش صنایع چوب و کاغذ در جنگل‌زدایی نواحی پیراشهری و توسعه شهر ساری می‌بایست مورد تأکید و توجه قرار گیرند. در این جدول تعداد عوامل شناسایی شده و میزان تبیین واریانس برای هر یک از آنها مشخص گردید. با توجه به نتایج خروجی برآمده از تحلیل SPSS می‌توان بیان کرد (جدول شماره ۳) دو عامل دارای بردارهای ویژه بزرگ‌تر از یک هستند، عامل اول حدود ۴۴ درصد، عامل دوم حدود ۴۱ درصد از واریانس را توضیح می‌دهد. همچنین واریانس تجمعی برابر با ۸۵,۰۸ درصد است. این به این معناست که این چهار عامل حدود ۸۰ درصد واریانس معیارهای مؤثر بر نقش صنایع چوب و کاغذ در جنگل‌زدایی نواحی پیراشهری و توسعه شهر ساری را توضیح داده و این عوامل می‌بایست در تحلیل نقش صنایع چوب و کاغذ در جنگل‌زدایی نواحی پیراشهری و توسعه شهر ساری مورد توجه قرار گیرد. لازم به ذکر است میزان تبیین واریانس تجمعی باید بزرگ‌تر از ۹۰ درصد باشد.

**جدول ۳- جدول تبیین واریانس**

طبقات	مقادیر ویژه			مقادیر ویژه عامل استخراجی با چرخش		
	مجموع	درصد واریانس	درصد تجمعی	مجموع	درصد واریانس	درصد تجمعی
۱	۷,۹۲۸	۴۴,۶۰۲	۴۴,۶۰۲	۳,۵۷۹	۴۴,۹۳۱	۴۴,۹۳۱
۲	۲,۷۲۰	۴۱,۱۹۸	۸۵,۰۸	۳,۴۸۲	۴۱,۶۰۸	۸۶,۵۳۹

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۱

ماتریس چرخش یافته شاخص‌های مؤثر بر نقش صنایع چوب و کاغذ در جنگل‌زدایی نواحی پیراشهری و توسعه شهر ساری مهم‌ترین خروجی تحلیل عاملی اکتشافی ماتریس چرخش یافته نام

دارد. در این ماتریس مشخص می‌شود که هر یک از عوامل در کدام خوشه قرار می‌گیرد. برای این منظور بزرگ‌ترین عدد هر عامل را در هر سطر مشخص کرده و در دسته مربوطه قرار می‌گیرد. به منظور تعیین تعداد عامل‌ها از معیار درصد واریانس و مقادیر ویژه و نمودار اسکری کتل بهره گرفته شد و این معیارها برای این مقیاس در مناسب‌ترین حالت ۲ عامل مشخص کردند که در مجموع بالای ۸۰ درصد از واریانس را تبیین می‌کند که با استفاده از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی و از چرخش واریماکس، ساختار عاملی مقیاس مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس یافته‌های جدول شماره ۴ تقریباً به غیر سه گونه اکثر زیرمجموعه شاخص‌های پانزده‌گانه در نقش صنایع چوب و کاغذ در جنگل‌زدایی نواحی پیراشهری و توسعه شهر ساری بار عاملی بالایی را کسب کردند که نشان از اهمیت این ابعاد در برنامه‌ریزی فضاهای شهری دارد. از بین شاخص‌های پانزده‌گانه نقش صنایع چوب و کاغذ در جنگل‌زدایی نواحی پیراشهری و توسعه شهر ساری، "دسترسی به حمل‌ونقل" با بار عاملی ۰,۸۷۴ بیشترین اولویت را از نظر کارشناسان و متخصصین کسب کرده است. پس از آن "فرهنگ زندگی" با بار عاملی ۰,۸۷۰ و "کیفیت منظر" با بار عاملی ۰,۸۵۷ دارای بالاترین اهمیت از لحاظ میانگین بار عاملی را دارند.

اما از زیرمجموعه معیارهای پنج‌گانه، معیار "اجتماعی و فرهنگی" با بار عاملی ۰,۸۶۱ دارای بالاترین اولویت، معیار "زیست‌محیطی" با بار عاملی ۰,۸۴۰ در اولویت دوم، معیار "دسترسی" با بار عاملی ۰,۸۳۴ در اولویت سوم، معیار "کاربری اراضی" با بار عاملی ۰,۸۳۲ در اولویت چهارم و معیار "اقتصادی" با بار عاملی ۰,۸۲۵ در اولویت پنجم قرار گرفته است.

جدول ۴- ماتریس چرخش یافته بارهای عاملی سوالات مقیاس شاخص‌های مؤثر بر نقش صنایع چوب و کاغذ در

#### جنگل‌زدایی نواحی پیراشهری و توسعه شهر ساری

معیار	شاخص	ردیف	سنجه	امتیازات (بار میانگین شاخص عاملی)	میانگین معیار
زیست محیطی	زمین	۱	تغییرات کاربری اراضی در سال‌های اخیر	۰,۸۱۴	۰,۸۴۰
	محیطی	۲	اراضی آلوده شده ناشی از مواد زائد در ساری	۰,۸۴۱	
		۳	تولید مواد زائد به‌صورت روزانه در ساری	۰,۸۹۱	
کیفیت هوا	کیفیت منظر	۴	غلظت آلاینده‌ها در هوا در شهر ساری	۰,۸۵۵	۰,۸۵۵
		۵	مناظر دارای ارزش طبیعی در ساری	۰,۸۴۲	۰,۸۵۷
		۶	زوال مناظر زیبای شهر در اثر تغییر کاربری	۰,۸۹۰	
		۷	مناظر دارای قابلیت گردشگری در ساری	۰,۸۴۰	
		۸	تراکم جمعیت در مناطق جنگلی ساری	۰,۸۳۲	۰,۸۲۰
		۹	احساس مسئولیت ساکنان شهر و نهادهای دولتی و محلی نسبت به مراقبت از محیط سکونتگاهی در ساری	۰,۸۳۴	
		۱۰	تغییرات کاربری اراضی در مناطق جنگلی ساری	۰,۸۰۱	
اکوسیستم‌های حساس	بهداشت محیط	۱۱	تخلیه فاضلاب و مواد زائد به مناطق جنگلی	۰,۸۱۳	
		۱۲	احساس مسئولیت مدیریت محلی در ساری نسبت به مناطق جنگلی	۰,۸۲۲	
		۱۳	دفع زباله	۰,۸۵۵	۰,۸۴۴
		۱۴	دفع فاضلاب	۰,۸۳۳	

کالبدی	کاربری اراضی	۱۵	ساخت‌وسازها در سال‌های اخیر در ساری	۰,۹۲۲	۰,۸۳۶	۰,۸۳۲
		۱۶	امکانات و خدمات در ساری	۰,۸۱۲		
		۱۷	تخلفات ساخت‌وساز در سال‌های اخیر در ساری	۰,۸۴۴		
		۱۸	تراکم ساختمانی در سال‌های اخیر	۰,۸۳۲		
		۱۹	تغییر سرانه‌های کاربری‌ها در سال‌های اخیر	۰,۸۰۱		
		۲۰	مقاومت مسکن و ابنیه در برابر زلزله	۰,۸۰۵		
اقتصاد	اشتغال	۲۱	دسترسی به مراکز شهری (ارتباطی)	۰,۸۱۳	۰,۸۱۳	
		۲۲	درآمد ساکنان شهر ساری	۰,۸۰۷	۰,۸۱۵	۰,۸۲۵
اجتماعی و فرهنگی	تراکم جمعیتی	۲۳	پس‌انداز حاصل از درآمد شهروندان	۰,۸۰۹		
		۲۴	سرمایه‌گذاری در زمینه‌های مختلف توسط شهروندان	۰,۸۲۱		
		۲۵	هزینه‌های زندگی در شهر ساری	۰,۸۲۴		
		۲۶	تولید و مصرف محلی در شهر ساری	۰,۸۲۲	۰,۸۲۲	۰,۸۲۲
		۲۷	قیمت زمین، اراضی و مسکن	۰,۸۳۹	۰,۸۴۳	
		۲۸	تقاضای زمین و مسکن در ساری	۰,۸۴۶		
		۲۹	اعتبارات هزینه شده برای حفاظت از مناظر با ارزش	۰,۸۰۳	۰,۸۲۹	
		۳۰	اعتبارات هزینه شده برای پاکسازی مناطق جنگلی	۰,۸۵۵		
		۳۱	میزان تراکم جمعیتی در مناطق پیراشهری ساری در روز و ساعات کاری	۰,۸۵۶	۰,۸۵۲	۰,۸۶۱
		۳۲	میزان تراکم جمعیتی در مناطق پیراشهری ساری در شب و مواقع استراحت	۰,۸۴۷		
دسترسی	دسترسی به حمل‌ونقل	۳۳	فرهنگ شهرنشینی	۰,۸۶۳	۰,۸۷۰	
		۳۴	سطح دانش و آگاهی ساکنان در مناطق پیراشهری ساری	۰,۸۷۷		
دسترسی	دسترسی به حمل‌ونقل عمومی	۳۵	دسترسی به حمل‌ونقل عمومی	۰,۸۵۲	۰,۸۷۴	۰,۸۳۴
		۳۶	دسترسی به شبکه‌های ارتباط مختلف	۰,۸۹۶		
		۳۷	دسترسی به خدمات آموزشی	۰,۸۰۵	۰,۸۱۳	
		۳۸	دسترسی به خدمات بهداشتی	۰,۸۰۸		
		۳۹	دسترسی به خدمات ورزشی	۰,۸۱۶		
		۴۰	دسترسی به خدمات تفریحی	۰,۸۲۴		

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۱

## بحث و نتیجه‌گیری

باتوجه به رشد روز افزون جمعیت جهان با سرعتی باور نکردی، نیاز به فضای زندگی بیشتر به یک موضوع نگران‌کننده تبدیل شده است. با نیاز شدید به زمین کشاورزی، صنعتی و مهم‌تر از همه جمعیت باید در شهرها اسکان پیدا کنند که با افزایش روز افزون آنها، دلیل اصلی جنگل‌زدایی به طور مستقیم از آنها نشأت می‌گیرد. به زبان ساده‌تر جنگل‌زدایی به معنی برداشتن و پاکسازی پوشش جنگلی یا گیاهی برای مصارف کشاورزی، صنعتی یا شهری است. اینکار به معنی از بردن جنگل‌ها برای همیشه به منظور ایجاد زمین برای اهداف مسکونی، تجاری و صنعتی است. در طول قرن گذشته پوشش جنگلی سراسر جهان به شدت در معرض خطر قرار گرفته و پوشش سبز

به کمترین میزان خود یعنی حدود ۳۰٪ کاهش یافته است. به گفته سازمان غذا و کشاورزی سازمان ملل متحد (FAO)، سالانه حدود ۱۸ میلیون جریب (۷,۳ میلیون هکتار) از جنگل‌ها از بین می‌روند. همچنین می‌توان جنگل‌زدایی به معنی حذف درختان را بر اساس چندین عامل عدم تعادل محیطی و زیستی نیز تعریف کرد. آنچه که جنگل‌زدایی را به یک هشدار جدی تبدیل کرده تاثیرات سریع و بلند مدت این فاجعه در صورت ادامه پیدا کردن با همین سرعت است. بعضی پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد که اگر جنگل‌زدایی به همین صورت ادامه یابد جنگل‌های بارانی جهان به‌طور کامل نابود خواهند شد. جنگل‌زدایی و پاکسازی درختان به چندین علت رخ می‌دهد، بدین گونه که می‌توان آنها را شامل نیاز به پول، هم به معنی سودآوری بیشتر و هم در اکثر موارد به معنی درآمدزایی برای خانواده‌ها، همراه با عدم وجود قوانین حمایت از جنگل‌ها، نیاز به زمین و فضا برای اسکان و غیره دانست که همراه با دیگر دلایل می‌توان لیست بلند بالایی از استفاده‌ها را نام برد. کشاورزان عمدتاً درختان را برای ایجاد زمین کشاورزی یا دامداری و افزایش علوفه و فضای کشت برای چراندن حیوانات و زنده ماندن آنها، قطع می‌کنند. تمام دلایل این بریدن‌ها و سوزاندن‌ها کشاورزی است و کشاورزان برای نشان دادن هدفشان از زنجیره‌ی دلایل بالا استفاده می‌کنند. علل جنگل‌زدایی به شرح زیر می‌باشد:

۱. فعالیت های کشاورزی: فعالیت کشاورزی یکی از مهمترین عوامل موثر در جنگل‌زدایی است. با توجه به افزایش روزافزون تقاضا برای محصولات غذایی، تعداد زیادی از درختان را به منظور رشد محصولات و چرای دام‌ها قطع می‌کنند.

۲. صنعت چوب: اساس صنایع چوب مانند کاغذ، برشکاری چوب، تولید مبلمان و غیره است که نیاز قابل توجهی به تولید چوب دارند. چوب به عنوان سوخت به طور مستقیم و غیرمستقیم مورد استفاده قرار می‌گیرند، بنابراین برای تامین منابع، درختان را خرد می‌کنند. هیزم و ذغال نمونه‌هایی از استفاده‌ی منبع سوخت چوبی است که بعضی از این صنایع در برداشت غیر قانونی چوب باعث سقوط و کاهش رشد درختان می‌شوند.

۳. شهرسازی: علاوه بر اینها، به منظور ایجاد دسترسی به خوده این درخت‌ها، جاده‌ها ساخته می‌شوند؛ که دوباره باید درخت‌ها قطع شده و به جاده‌ها تبدیل شوند. افزایش بیش از حد جمعیت به طور مستقیم بر روی پوشش جنگلی تاثیر می‌گذارد، همانطور که با گسترش شهرها برای تاسیس مسکن و شهرک سازی به زمین بیشتری نیاز است. بنابراین زمین‌های جنگلی دوباره بایر می‌شوند.

۴. بیابان‌زایی از زمین: البته برخی از عوامل دیگر نیز منجر به جنگل‌زدایی می‌شوند که برخی از آنها طبیعی و برخی دیگر مربوط به آلودگی‌های انسانی است، مانند بیابان‌زایی. این امر به دلیل سوء استفاده از زمین رخ می‌دهد که برای رشد درختان نامناسب است. بسیاری از صنایع پتروشیمی پسماند خود را در رودخانه‌ها رها می‌کنند که باعث فرسایش خاک و نابودی درختان می‌شود.

۵. معادن: برای استخراج نفت و ذغال سنگ به مقدار قابل توجهی زمین جنگلی نیاز است. علاوه بر این، برای کامیون‌ها و سایر تجهیزات باید جاده‌ها و بزرگراه‌ها ساخته شود. زباله‌هایی که از معادن استخراج می‌شود، محیط زیست را آلوده کرده و بر روی گونه‌های مجاور تاثیر می‌گذارد.

۶. آتش‌سوزی جنگل: آتش‌سوزی جنگل‌ها مثال دیگری است که هر ساله صدها درخت به این

علت در بخش‌های مختلف دنیا از بین می‌روند. این اتفاق به دلیل وجود گرمای شدید تابستان و زمستان‌های متعادل تر اتفاق می‌افتد. آتش‌سوزی به واسطه انسان یا طبیعت باعث از بین رفتن پوششش جنگلی می‌شود.

جنگل‌زدایی اثراتی را در پی خواهد داشت که عبارتند از:

۱. عدم تعادل آب و هوا: جنگل زدایی بر تغییرات آب و هوا نیز از چندین جهت تاثیر می‌گذارد. درختان بخار آب را در هوا آزاد می‌کنند و در صورت فقدان آنها این امر به خطر می‌افتد. درختان سایه مورد نیاز را فراهم می‌کنند که خاک را مرطوب نگه می‌دارد. این امر منجر به عدم تعادل در دمای جو می‌شود که شرایط محیط زیست را دشوار می‌سازد. گیاهان و جانواران در سراسر جهان به زیستگاه‌های کنونی خود عادت دارند. پاکسازی بی‌وقفه جنگل باعث شده که تعدادی از این حیوانات محیط زیست بومی خود را تغییر دهند. این موضوع برای ادامه حیات یا تطابق با عادات جدید برخی از حیوانات بسیار دشوار خواهد بود.

۲. افزایش گرمایش جهانی: درختان نقش مهمی را در کنترل گرمایش جهانی ایفا می‌کنند. درختان گازهای گلخانه‌ایی را مصرف کرده و تعادل در جو را بازیابی می‌کنند. با جنگل زدایی دائم، نسبت گازهای گلخانه‌ایی افزایش یافته و به مشکلات ناشی از گرمایش جهانی ما می‌افزاید.

۳. فرسایش خاک: همانطور که گفتیم سایه درخت باعث می‌شود خاک مرطوب بماند. با پاکسازی پوشش درخت، خاک به طور مستقیم در معرض خورشید قرار گرفته و خشک می‌شود.

۴. سیل: هنگام بارش باران، درختان با کمک ریشه هایشان باعث جذب و ذخیره مقدار زیادی آب می‌شوند. با قطع کردن آنها جریان آب مختل شده و منجر به وقوع سیل در برخی مناطق و ایجاد خشکسالی در دیگر مناطق می‌شود.

۵. انقراض حیات وحش: به علت کاهش شدید درختان، گونه‌های مختلف حیوانات از بین می‌روند. آنها زیستگاه خود را از دست داده و مجبور به مهاجرت به مکان جدید شده و حتی برخی از گونه‌ها منقرض می‌شوند. دنیای ما در چند دهه گذشته بسیاری از گونه‌های گیاهی و جانوری خود را از دست داده است.

با توجه به مباحث گفته شده، راه‌حلهایی را می‌توان برای مقابله با جنگل‌زدایی پیشنهاد داد که در ادامه ارائه شده است:

تاکنون در جهت کاهش جنگل زدایی و نگهداری محیط زیست و بهبود و بازسازی آسیب‌هایی که بیش از یک قرن ایجاد شده اقداماتی صورت گرفته است. سریع‌ترین راه‌حل، جلوگیری از قطع درختان است. با این وجود، یک راه حل بسیار کارآمد، استفاده از استراتژی‌های مناسب مدیریت جنگل برای اطمینان از عدم آسیب زدن به محیط زیست است.

۱. تجارت سبز: تجارت سبز به معنی استفاده مجدد و بازیافت وسایل است. تولید و بهره برداری از منابع به طریق روش‌های سبز می‌تواند به مرور زمان باعث کاهش در جنگل زدایی شود. به ویژه تمرکز بیشتر بر استفاده مجدد و کاهش در اقلام مصنوعی و بازیافت بیشتر کالاها است. پلاستیک و کاغذ و چوب به تخریب جنگل‌ها و دیگر منابع مرتبط است.

با تمرکز بر بازیافت کاغذ، پلاستیک و محصولات چوبی و همچنین اتخاذ شیوه مصرف مسئولیتی، وابستگی کمتری نسبت به منابع طبیعی و درختان پیدا خواهیم کرد. همچنین این امر باعث کاهش واردات مواد خام از مناطق جنگلی در سایر نقاط جهان به دولت‌ها و شرکت‌ها می‌شود.

۲. جنگلداری: جنگلداری حرکتی است برای نجات جنگل‌های جهان. کاربرد درختان برای فعالیت‌های انسانی و دیگر دلایل امری اجتناب ناپذیر است. جنگلداری مستقیماً تأکیدی بر نیاز به قطع درختان را به شیوه‌ای سازگار با محیط زیست نشان می‌دهد. جنگلبانی تنها جایی است که درختان انتخاب شده و با احتیاط قطع کرده و با کمترین آسیب احتمالی به بقیه مناطق ارسال می‌کنند. همچنین جنگلداری نه تنها خواستار حفاظت از اکوسیستم منطقه جنگلی است بلکه اجازه کنترل و استخراج چوب سبز را نیز می‌دهد.

۳. قانون و مقررات: با توجه به میزان تخریب طبیعت و جنگل، تلاش برای متوقف ساختن فعالیت‌های انسانی می‌تواند با قوانین و مقررات در سطوح دولتی و سازمانی تکمیل شود. همانطور که مردم بیشتر و بیشتر از پیامدهای جنگل زدایی آگاه می‌شوند، برخی دیگر از افراد به فکر افزایش فوری سود اقتصادی خود از آسیب‌های زیست محیطی هستند.

این نگرش باعث ورود غیر قانونی چوب و سایر منابع با ارزش مانند لاستیک و روغن پالم می‌شود. بنابراین جلوگیری از جنگل زدایی و حفظ گیاهان طبیعی، نیازمند قوانین و مقرراتی است که باید انجام دهند. قوانین مربوط به چوب، سوخت چوبی، کشاورزی و استفاده دیگر منابع جنگلی باید پیشرفت کرده و مانع جنگل زدایی شود.

۴. انجمن جنگلداری: در انجمن جنگلداری جوامع محلی با همکاری دولت و سایر سازمان‌های محلی مانند مدارس، شرکت‌ها و دانشگاه‌ها برای شروع برنامه‌های کاشت درختان و مدیریت جنگل‌های بومی خود، دست به دست هم می‌دهند. در موارد گوناگون مانند تعطیلات عمومی، مراسم افتتاحیه، روزهای محیط زیست و سایر فعالیت‌های متداول محلی که مربوط به شهروندان است، می‌توانند آگاهی خود را بالا برده و درختان بسیاری را بکارند.

این عمل را می‌توان در دیگر نواحی به عنوان یک روش تقویت پایداری محیط زیست و حفظ حیات جنگل‌های بومی آن منطقه انجام داد. تمام موسسات آموزشی، بیمارستان‌ها، ادارات و سایر بخش‌های جامعه نیز می‌توانند در مقابل آسیب‌های محیط زیستی راه‌حلی را برای تهدیدات جنگل زدایی ارائه دهند مانند کاشت درختان ایجاد فضای سبز.

۵. بازیابی درختان: کاشت مجدد درختان یا بازیابی درخت تقریباً بخشی از دیدگاه جوامع جنگلداری محسوب می‌شود. با این حال این موضوع که فقط بر کاشت مجدد درخت تمرکز دارد را عموماً با نام بازیابی جنگل می‌شناسند. بازیابی جنگل عمل بازیابی یا کاشت مجدد در جنگل‌هایی است که توسط آتش سوزی یا زراعت کاهش یافته اند. این فرآیند باید به صورت مداوم تکرار شود و نباید فقط یک زمان مشخص برای این عمل در نظر گرفت.

افراد، جوامع، دولت‌ها و سازمان‌ها همه بازیگرانی فعال هستند. این اقدام شامل انتخاب بخش‌های بزرگی از زمین و تخصیص آنها به منظور کاشت درختان است. به عنوان مثال در جوامع محلی و مراکز

شهری می‌توان اینکار را در پارک‌های شهری، باغ وحش‌ها و مراکز خرید و بازارها انجام داد. بنابراین کاشت دوباره می‌تواند عملی شایسته برای بازیابی جنگل‌های از بین رفته باشد.

۶. حساس‌سازی و مبارزات فرهنگی: از طریق آگاهی‌رساندن به مردم و حساس کردن آنها نیز می‌توان از جنگل زدایی جلوگیری کرد که یک راه حل ساده اما مفید است. شروع کمپین و مبارزات آگاه‌سازی باعث می‌شود مردم به دنبال شناسایی علل، اثرات و راه‌های مقابله با جنگل زدایی بروند. استفاده از تجارب شخصی قشر آسیب دیده مانند کشاورزان می‌تواند تاثیرات منفی و مخرب جنگل زدایی را تاکید و تایید کند.

بنابراین تلاش برای ایجاد آگاهی در مردم و به اشتراک گذاشتن اطلاعات با افراد خانواده، دوستان، همکاران و کل جامعه یک اقدام بسیار مناسب برای به هم پیوستن و مبارزه علیه جنگل زدایی و اثرات مخرب آن است.

۷. سازمان‌های مشترک المنافع: موسسه‌های حفاظت از حیات وحش، جنگل‌های آبی و حفاظت از طبیعت در میان دیگر برنامه‌های زیست محیطی می‌تواند با حفظ هدف مشترک حفاظت و بازسازی از جنگل‌ها به یکدیگر پیوندند تا از پایداری منابع طبیعت جهان اطمینان حاصل کرد. هنگامی که چنین سازمان‌های بزرگی با یکدیگر همکاری کنند، ایجاد مکانیزم‌های مدیریت جنگل آسان تر خواهد شد. اگر سازمان‌های حفاظتی و مراقبتی محیط زیست به یکدیگر پیوندند آنگاه می‌توان تاثیرات بسیار زیاد آنان را متوجه شد.

۸. برنامه‌ریزی استفاده از زمین: شهرها و مراکز شهری روز به روز در حال گسترش هستند چرا که روزانه مردم بیشتری زندگی در شهرها و مناطق شهری را حق خود می‌دانند. همچنین عملیات کشاورزی همچنان به گسترش ادامه می‌دهند زیرا تقاضای کشاورزان و مشتریان، بهره‌وری و کیفیت بالاتر محصولات غذایی را نیز طلب می‌کند. در نتیجه گسترش شهرها و توسعه کشاورزی موجب پاکسازی بیشتر جنگل‌ها به منظور توسعه فعالیت‌های آنها می‌شود.

برنامه‌ریزی استفاده از زمین که بر تکنیک‌های توسعه سازگار با محیط زیست تمرکز دارند، همانند کشاورزی در شهرها و کاهش توسعه شهرک و شهرنشینی، می‌تواند باعث کاهش زیادی در جنگل زدایی شود.



## منابع

- ۱- ال، میت، جی، درکن، (ترجمه: محمدرضا جوادی، روح الله نام آور، امین رجحان، محمدرضا غفار خانی) (۱۴۰۱) دستورالعمل‌هایی برای استفاده از ذرات گرد و غبار پرتوزای رادیونوکلئیدی در ارزیابی فرسایش و اثر بخشی استراتژی‌های حفاظت خاک، انتشارات جهاد دانشگاهی مازندران، ۳۱۲ صفحه.
- ۲- ارغان، عباس. شعبانی، محمد (۱۳۹۶)، از رشد شهر تا توسعه پایدار شهری و بررسی بعد زیست‌محیطی کلان‌شهر تهران، کنفرانس پژوهش‌های معماری و شهرسازی اسلامی و تاریخی ایران، شیراز، <https://civilica.com/doc/652838>
- ۳- اف. زاپاتا (ترجمه: محمدرضا جوادی و مونا فرنوش) (۱۴۰۰)، راهنمایی برای ارزیابی فرسایش خاک و رسوبگذاری با استفاده از رادیونوکلئیدهای زیست محیطی، انتشارات جهاد دانشگاهی مازندران، ۳۶۵ صفحه.
- ۴- امیرنژاد، حمید. مهرجو، امیر. اسکندری‌نسب، محمدهادی (۱۴۰۱)، تأثیر ابعاد اقتصادی - اجتماعی بر جنگل‌زدایی: کاربرد اقتصادسنجی فضایی، نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی، دوره ۳۶، شماره ۲، شماره پیاپی ۵۵، صص ۱۱۵-۱۲۸.
- ۵- بادآهنگ گله بچه، احمد. محبوبی، محمدرضا. عابدی سروستانی، احمد (۱۴۰۰)، دیدگاه روستاییان حاشیه جنگل درباره محیط زیست و ارتباط آن با وضعیت جنگل‌ها، نمونه پژوهش: استان گلستان، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، شماره ۸۲، صص ۶۷-۸۲.
- ۶- پوراحمد، حسام، مه‌ری آشور، حدیثه، محمدپور، صابر (۱۳۸۹)، تحلیل بر الگوی گسترش کالبدی- فضایی شهر گرگان با استفاده از مدل آنتروپی شانون و هلدن، پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، سال اول، شماره سوم، صص ۱۸-۱.
- ۷- جوادی، محمدرضا، غفارخانی، محمدرضا، رجحان، امین (۱۴۰۰)، بررسی درصد پوشش گیاهی در ترانشه‌های خاک‌برداری در جاده‌های جنگلی بر روان‌آب و رسوب تولیدی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز تیلین رود)، دهمین کنفرانس بین‌المللی سامانه‌های سطوح آبگیر باران، کردستان، ایران، صص ۱۰-۱.
- ۸- حسین‌زاده، کریم. صفری، فاطمه (۱۳۹۱)، تأثیر برنامه‌ریزی هوشمند بر انتظام فضایی شهر، جغرافیا و توسعه شهری، شماره اول، صص ۹۹-۱۳۳.
- ۹- حسینی کسوتی، سید سجاد (۱۳۹۵)، طراحی پیاده‌راه، راهی به سوی تجدید حیات بافت تاریخی شهری، (نمونه موردی: خیابان جمهوری شهر ساری)، پایان‌نامه جهت اخذ مدرک کارشناسی، استاد راهنما: نصرت‌ا... گودرزی، دانشگاه مازندران، دانشکده هنر و معماری.
- ۱۰- حسینی، سید هادی (۱۳۹۶)، شهر فشرده و توسعه پایدار شهری سبزوار، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال ۱۷، شماره ۴۵، صص ۹۳-۱۱۶.
- ۱۱- خراسانی، محمدامین. رضوانی، محمدرضا (۱۳۹۲)، تحلیل ارتباط زیست‌پذیری روستاهای پیرامون شهری با برخورداری خدماتی (مطالعه موردی: شهرستان ورامین)، برنامه‌ریزی فضایی، دوره ۳، شماره ۳، شماره پیاپی ۳، صص ۱-۱۶.
- ۱۲- ربیعی‌فر، ولی‌الله. زیاری، کرمت‌الله. حقیقت‌نائینی، غلامرضا (۱۳۹۲)، ارزیابی توسعه پایدار شهر زنجان از دیدگاه زیست‌محیطی بر پایه تکنیک SWOT، مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای، شماره شانزدهم، سال چهارم، صص ۱۰۵-۱۳۰.
- ۱۳- رهنما، محمدرحیم. عباس‌زاده، غلامرضا (۱۳۹۷)، اصول، مبانی و مدل‌های سنجش فرم کالبدی شهر، مشهد، انتشارات جهاد دانشگاهی.
- ۱۴- سعیدی، عباس. حسینی حاصل، صدیقه (۱۳۹۰)، ادغام کلان شهری با نگاهی به کلانشهر تهران و پیرامون، در روابط و پیوندهای روستایی - شهری در ایران نوشته عباس سعیدی، انتشارات مهرمینو.

- ۱۵- سیفال‌دینی، فرانک. زیاری، کرامت‌ا... . پوراحمد، احمد. نیک‌پور، عامر (۱۳۹۱)، تبیین پراکنش و فشردگی فرم شهری در آمل با رویکرد فرم شهری پایدار، پژوهش‌های جغرافیای انسانی، شماره ۸۰، صص ۱۷۶-۱۵۵.
- ۱۶- شمس پویا، محمد کاظم. توکلی‌نیا، جمیله. صرافی، مظفر. فنی، زهره (۱۳۹۶)، بازاندیشی در مفاهیم مرتبط با فرایندهای رشد و اشکال سکونتی در مناطق کلانشهری، پژوهش‌های دانش زمین، سال هشتم، شماره ۳۱، صص ۶۲-۸۳.
- ۱۷- شیخی، حجت. ذاکر حقیقی، کیانوش. منصور، سحر. (۱۳۹۲)، بررسی پراکنده‌رویی شهر بروجرد و راه‌کارهای توسعه درونی آن، مجله پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، سال چهارم، شماره ۱۵، صص ۵۶-۳۷.
- ۱۸- غفاری، هادی. یونسی، علی. رفیعی، مجتبی (۱۳۹۵)، تحلیل نقش سرمایه‌گذاری در آموزش جهت تحقق توسعه پایدار؛ با تأکید ویژه بر آموزش محیط زیست، فصلنامه علمی آموزش محیط زیست و توسعه پایدار، دوره ۵، شماره ۱، شماره پیاپی ۱، صص ۱۰۴-۷۹.
- ۱۹- قالوجه، مریم (۱۳۹۸)، بررسی و تاثیر مخاطرات طبیعی بر شهرستان اسلام‌شهر با تأکید بر آسیب‌پذیری ناشی از زلزله، ششمین کنفرانس ملی فناوری‌های نوین در مهندسی عمران، معماری و شهرسازی، تهران، <https://civilica.com/doc/989248>
- ۲۰- قبادیان، زینب. علی‌خواه اصل، مرضیه. رضوانی، محمد (۱۳۹۹)، بررسی اثرات توسعه شهری بر اراضی مرتعی و جنگل‌های شهرستان سیروان با استفاده از سنجش از دور در بازه زمانی سال‌های ۱۳۶۶ الی ۱۳۹۵، مجله پژوهش‌های بوم‌شناسی شهری، شماره ۲۱، صص ۱۲۰-۱۰۷.
- ۲۱- محمدی، اشکان. شفیعی ثابت، ناصر. شکیبا، علیرضا (۱۳۹۸)، اثرهای خزش شهری در تغییر کاربری زمین‌های روستاهای پیرامونی کلان‌شهر تهران (مطالعه موردی: محور تهران - دماوند)، علوم محیطی، دوره هفدهم، شماره ۴، صص ۱-۲۶.
- ۲۲- مختاری ملک‌آبادی، رضا. عبداللہی، عظیمه‌السادات. صادقی، حمیدرضا (۱۳۹۳)، تحلیل و بازشناسی رفتارهای زیست‌محیطی شهری (مطالعه موردی: شهر اصفهان، سال ۱۳۹۱)، برنامه‌ریزی شهری، دوره ۵، شماره ۱۸، شماره پیاپی ۱۸، سال پنجم، صص ۱-۲۰.
- ۲۳- مشهدی‌زاده دهقانی، ناصر (۱۳۹۰)، تحلیل از ویژگی‌های برنامه‌ریزی شهری در ایران، دانشگاه علم و صنعت، چاپ سوم.
- ۲۴- معززی، امیرمحمد (۱۳۹۷)، بازاندیشی انگاره‌های توسعه شهری با تأکید بر ارتقای شاخص‌های زیست‌پذیری و کیفیت زندگی شهری در قالب سیاست بازآفرینی شهری، هویت شهر، شماره ۶۲، صص ۱۶۷-۱۴۴.
- ۲۵- ملکی، سعید. احمدی، رضا. منفرد، سجاد. معتوگی، محمد (۱۳۹۳)، بررسی پایداری توسعه زیست‌محیطی با استفاده از آزمون‌های آماری در شهرستان‌های استان مرزی خوزستان، نشریه اطلاعات جغرافیایی، دوره ۲۳، شماره ۹۰، صص ۶۱-۷۲.
- ۲۶- مهربانی، وحید. خدادادی، فریده (۱۳۹۶)، آثار خارجی آموزش رسمی بر حفظ جنگل‌ها، مجله مطالعات راهبردی سیاست‌گذاری عمومی، شماره ۲۵، صص ۳۴-۱۷.
- ۲۷- مهندسین مشاور مازندطرخ. (۱۳۹۴)، بازنگری طرح جامع شهر ساری، سازمان راه و شهرسازی استان مازندران.
- ۲۸- ونکت، (۱۳۹۵)، تجارب جهانی و افزایش دمای زمین، نشریه سیاحت غرب، شماره ۷، صص ۱۰۳-۱۰۷.
- 29- Ahmed K., Shahbaz M., Qasim A., and Long W. (2015), The linkages between deforestation, energy and growth for environmental degradation in Pakistan. *Ecological Indicators* 49: 95-103. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.09.040>.
- 30- Arbury, J. (2013), *From Urban Sprawl to Compact City: An Analysis of Urban Growth Management in Auckland*.
- 31- Atella V., Belotti F., Depalo D., and Piano Mortari A. (2014), *Measuring spatial*

effects in the presence of institutional constraints: The case of Italian Local Health Authority expenditure. *Regional Science and Urban Economics* 49: 232-241. <https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2014.07.007>.

32- Clark, A. L. (2019), Environmental Challenges to Urban Planning: Fringe areas, Ecological Footprints and Climate Change, Presented at Key Challenges in the Process of Urbanization in Ho Chi Minh City: Governance, Socio-Economic, and Environmental Issues, Workshop, Ho Chi Minh City, Vietnam.

33- Delaroche, Martin. Dias, Vitor M. Massoca, Paulo Eduardo (2022), The intertemporal governance challenges of Brazil's Amazon: managing soybean expansion, deforestation rates, and urban floods, *Sustainability Science* volume 18, pages43-58 (2023).

34- Destiartono, Mohamad Egi. Hartono, Djoni. (2022), Does Rapid Urbanization Drive Deforestation? Evidence From Southeast Asia, *Economics Development Analysis Journal*, Vol 11, No 4.

35- Douglass, Micke (2020), A regional network strategy or reciprocal Rural-urban Linkages in; *TWPR*, 20(1).

36- Fasona, M.J., Adeonipekun, P.A., Agboola, O.O., Akintuyi, A.O., Bello, A.A., Ogundipe, O.T., Soneye, A.S., Omojola, A.S. (2020), Drivers of Deforestation and Land-Use Change in Southwest Nigeria, University of LAGOS Library, SPRINGER NATURE SWITZERLAND AG.

37- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

38- Milley, D & Roo G. D. (2018), Integrating City Planning and Environment Improvement, Ash gate Publishing Company.

39- Miyamoto, m, parid, m, m., nooraini, z, michinaka, t. (2014), proximate and underlying causes of forest cover change in peninsular Malaysia, *forest policy and economics*, 44: 18-25.

40- Li, I. Sato, Y, Zhu,H (2012), Simulating spatial urban Expansion Based on a physical process. *Landscape and Planning*,164. 67-76.

41- Li, Guiying. Lu, Dengsheng. Moran, Emilio. Calvi, Miquéias Freitas. Dutra, Luciano Vieira. Batistella, Mateus (2018), Examining deforestation and agropasture dynamics along the Brazilian TransAmazon Highway using multitemporal Landsat imagery, *GIScience & Remote Sensing*, Volume 56, 2019 - Issue 2, Pages 161-183.

42- Richardson, Robert B. Olabisi, Laura Schmitt. Waldman, Kurt B. Sakana, Naomi. Brugnone, Nathan G. (2021), Modeling interventions to reduce deforestation in Zambia, *Agricultural Systems*, Volume 194, December 2021, 103263.

43- Tacoli, C. (2014), Rural-urban interaction: a guide to the Literature, *Environment and Urbanization*, Vol.10, No.1, PP. 147-166.

44- Temudo, Marina Padrão. Cabral, Ana I.R. Talhinhos, Pedro (2020), Urban and rural household energy consumption and deforestation patterns in Zaire province, Northern Angola: A landscape approach, *Applied Geography*, Volume 119, June 2020, 102207.

45- wan talaat, w, I, a, norhayati, m, t, mohd lokman, h. (2011), sustainable management of forest biodiversity and present Malaysian policy and legal frame work, *journal of sustainable development*, no 3.

46- Webster, D. (2022), on the edge: Shaping the future of peri- urban East-Asia, Asia/Pacific Research Center (A/PARC), Stanford, [www. APRAC. Stanford. Edu](http://www.APRAC.Stanford.Edu), accessed in 2025/11/15.

47- Xiong, Bo. Chen, Ruishan. Xia, Zilong. Ye, Chao. Anker, Yaakov (2020), Large-scale deforestation of mountainous areas during the 21st Century in Zhejiang Province, *Land Degradation & Development*, Volume 31, Issue 14, Pages 1761-1774.

48- Zachary, Gerber (2022), Retrospective Landcover Analysis of Urban Growth and Deforestation in Flagstaff, AZ Using Unsupervised Classification Methods on Landsat Surface Reflectance Imagery, The University of Arizona, Advisor: Korgaonkar, Yoganand.

## **Analysis of the role of wood and paper industries in the deforestation of suburban areas and the development of Sari city**

Syedhasan Rasooli<sup>1</sup>, Sadroddin Motevalli<sup>2\*</sup>, Fatemeh Ashoori<sup>3</sup> and Hanieh Bazarloo<sup>۴</sup>

### **Abstract**

Forests play an important role in maintaining climate and environmental stability. Several factors, with human and natural origin, cause deforestation. Deforestation has been recognized as one of the biggest environmental problems in the world. The purpose of this research is to analyze the role of wood and paper industries in the deforestation of suburban areas and the development of Sari city. The current research is descriptive-analytical in terms of method and practical in terms of nature. The information collected in this research was obtained from library and field methods. The data collection tool was questionnaire and observation. SPSS software and tests related to factor analysis such as Bartlett's test and correlation coefficients were used for data analysis. The findings of the research showed that among the fifteen indicators, the criterion of "access to transportation" with a factor load of 0.874 has gained the highest priority. After that, the criteria of "life culture" and "landscape quality" have the highest importance in terms of average factor loading. Among the five criteria, the "social and cultural" criterion with a factor load of 0.861 has the highest priority. And after that, the "biological-environmental" criterion, the "access" criterion, the "land use" criterion, and the "economic" criterion are placed. The results showed that land use planning that focuses on environmentally friendly development techniques, such as agriculture in cities and reducing the development of towns and cities, can greatly reduce deforestation.

**Keywords:** wood and paper industries, peri-urban areas, deforestation, urban development, Sari

---

<sup>1</sup> Ph.D. student, Soil Science Department, Science and Research Branch; Islamic Azad University, Tehran, Iran

<sup>2</sup> Professor, Soil Science Department, Science and Research Branch; Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Corresponding Author [.m.torkashvand54@yahoo.com](mailto:m.torkashvand54@yahoo.com)

<sup>3</sup> Assistant Professor, Nature Engineering Department; Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

<sup>4</sup> Professor, Soil Science Department, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

## تعیین مناطق مستعد وقوع آتش سوزی در حوزه آبخیز شور دره استان گلستان بر اساس روش ELECTRE III

امیر رضا مصباح<sup>۱</sup>، سیده خدیجه مهدوی<sup>۲\*</sup>، مهشید سوری<sup>۳</sup> و محمد رضا جوادی<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۰۴

### چکیده

تصمیم‌گیران در مدیریت و برنامه‌ریزی آتش‌سوزی با تعداد زیادی گزینه و معیار مواجه هستند. به منظور مدیریت کارآمد و تصمیم‌گیری صحیح در زمینه وقوع آتش‌سوزی، معیارهای مختلفی شامل معیارهای فنی، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی بایستی توأمان در نظر گرفته شوند. عملیات مدیریتی برای پیشگیری و کنترل وقوع آتش‌سوزی جنگل‌ها و مراتع زمانی کارآمد هستند که مناطق مستعد آتش‌سوزی شناسایی و اقدامات اصلاحی و مدیریتی بر روی این مناطق متمرکز گردد. بنابراین انجام پژوهش حاضر، با هدف شناسایی مناطق مستعد وقوع آتش‌سوزی به منظور مدیریت و برنامه‌ریزی صحیح این مناطق و با کمک روش تصمیم‌گیری فرارته‌ای ELECTRE III در حوزه آبخیز شوردره استان گلستان انجام گرفت. در تحقیق حاضر به منظور تعیین مناطق مستعد وقوع آتش‌سوزی در منطقه شوردره استان گلستان معیارهای مختلف محیطی و اجتماعی مورد استفاده قرار گرفتند و سپس نقشه مربوط به هر عامل برای تعیین مناطق پرخطر آتش‌سوزی تهیه شد. برای وزن‌دهی معیارها در تحقیق حاضر از روش آن‌روپی شانون استفاده گردید. سپس با توجه به وزن و مقدار هر معیار برای هر زیرحوزه، داده‌های مربوط به زیرحوزه‌ها با استفاده از تکنیک الکترا III تحلیل شدند. بدین صورت که اجرای روش الکترا شامل: ساخت ماتریس تصمیم‌گیری، وزن‌دهی معیارها، ساخت ماتریس نرمال، فرایند تقطیر (تعیین معیارهای مساعد و نامساعد)، محاسبه شاخص‌های هماهنگی و ناهماهنگی و در نهایت رتبه‌بندی کامل گزینه‌ها بود. بر اساس نتایج تحقیق، زیرحوزه‌های ۳ و ۸ مناطقی با استعداد بالای آتش‌سوزی هستند. همچنین نتایج تحقیق حاضر نشان داد که زیرحوزه‌های ۱ و ۲ زیرحوزه‌هایی با استعداد کم نسبت به آتش‌سوزی طبقه‌بندی و شناسایی شدند. برای ارزشیابی نقشه نهایی، نقشه مناطق مستعد آتش‌سوزی حاصل از روش مورد استفاده در این تحقیق، با نقشه مناطق آتش‌سوزی تهیه شده توسط اداره کل منابع طبیعی استان گلستان، مقایسه گردید. نتیجه نشان داد که بر اساس ضریب کاپای به دست آمده که برابر ۰/۸۲ می‌باشد، نقشه از دقت خوب و قابل قبولی برخوردار است. بنابراین، روش پیشنهادی به عنوان یک روش غربالگری قابل اعتماد برای شناسایی مناطق در معرض خطر آتش‌سوزی مطرح است که می‌تواند به مسئولین کمک کند تا اقدامات پیشگیرانه را هدایت نمایند.

**واژه‌های کلیدی:** آتش‌سوزی، تکنیک‌های فرارته‌ای، ELECTRE III، شوردره استان گلستان.

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری مرتع، واحد نور، دانشگاه آزاد اسلامی، نور، ایران.

<sup>۲</sup> استادیار گروه منابع طبیعی، واحد نور، دانشگاه آزاد اسلامی، نور، ایران، \* نویسنده مسئول: kh\_mahdavi@yahoo.com

<sup>۳</sup> استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات مرتع، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

<sup>۴</sup> استادیار گروه منابع طبیعی، واحد نور، دانشگاه آزاد اسلامی، نور، ایران.

## مقدمه

آتش‌سوزی‌های جنگلی و مرتعی با سایر اشکال آتش‌سوزی‌ها به دلایل اندازه گسترده و سرعت انتشار، توانایی تغییر جهت غیرمنتظره از شکلی به شکل دیگر، متفاوت است (اینو<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۲۱). این امر به طور جدی پایداری و خدمات زیست‌محیطی این اکوسیستم‌ها را تهدید کرده (هانگ<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۸) و ساختار پوشش گیاهی و تنوع زیستی را عمیقاً تغییر می‌دهد (گاندھی<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۱ و بنگتسون<sup>۴</sup> و همکاران ۲۰۰۰) ذخیره کربن را افزایش داده (هلی<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۱۴) از طرفی باعث انتشار گازهای گلخانه‌ای و تغییر در ساختار خاک و مواد مغذی سطحی شده و به دنبال آن فرسایش خاک تشدید می‌گردد (آن<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۱۵). لذا بهبود در مدل‌سازی و پیش‌بینی خطر آتش‌سوزی برای کاهش اثرات منفی آتش، چه از طریق کاهش شدت از طریق مدیریت آن، یا با کمک به تجدید پوشش گیاهی طبیعی با استفاده از عملیات پس از حریق، بسیار حیاتی است (پپرا<sup>۷</sup> و همکاران، ۲۰۲۱). خطر آتش‌سوزی مفهوم مهمی است که به طور قابل توجهی در برنامه‌ریزی مدیریت حریق شکل می‌گیرد. این ارزیابی احتمال وقوع آتش‌سوزی است که سهولت احتراق، احتمال احتراق و مناطق مستعد آتش را تعیین می‌کند (گای<sup>۸</sup> و همکاران، ۲۰۱۱). لذا، خسارات ناشی از آتش‌سوزی را می‌توان با شناسایی مناطق با حساسیت بالا به آتش، اجرای پیشگیری از آتش‌سوزی و اقدامات ایمنی در برابر آتش به حداقل رساند (جیسوال<sup>۹</sup> و همکاران، ۲۰۰۲).

برای شناسایی مناطق مستعد آتش‌سوزی لازم است عوامل مؤثر بر وقوع آتش‌سوزی مانند سوخت، شرایط توپوگرافی و اقلیمی و عوامل انسانی تعیین شود (واسیلاکوس<sup>۱۰</sup> و همکاران، ۲۰۰۹).

منصوری خسروی و همکاران (۱۳۸۵) رتبه‌بندی بهینه‌ای در مورد طرح‌های فاضلاب را به کمک دو روش AHP و ELECTRE III انجام دادند. ابتدا معیارهای مهم پیشنهادی جهت اولویت‌بندی طرح‌ها و وزن نسبی معیارها ارائه شد و سپس بر اساس نرم‌افزارهای مربوطه مطالعه موردی برای پنج شهر انجام شد. در تحلیل حساسیت آستانه برتری، بی‌تفاوتی و وتو به این نتیجه رسیدند که افزایش این ارزش‌های آستانه به میزان ۲۰ و ۴۰ درصد هیچ تأثیری بر رتبه‌بندی پروژه‌ها نداشته و کاهش ۴۰ درصد بیشترین تأثیر را در رتبه‌بندی‌ها داشته است.

ملک‌محمدی و همکاران (۱۳۸۷) در تحقیقی تحت عنوان رتبه‌بندی جواب‌های مدل بهینه‌سازی چندهدفه بهره‌برداری از مخازن با روش ELECTRE III از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره ELECTRE III برای رتبه‌بندی جواب‌های مدل چندهدفه NSGA-II در بهینه‌سازی بهره‌برداری از

<sup>1</sup> Enoh

<sup>2</sup> Hong

<sup>3</sup> Gandhi

<sup>4</sup> Bengtsson

<sup>5</sup> Healey

<sup>6</sup> An

<sup>7</sup> Pephrah

<sup>8</sup> Gai

<sup>9</sup> Jaiswal

<sup>10</sup> Vasilakos

مخازن سری استفاده نمودند. نتایج تحقیق ایشان نشان داده است، روش ELECTRE III قابلیت رتبه‌بندی جواب‌های مدل بهینه‌سازی چندهدفه و انتخاب جواب‌های برتر را با توجه به نظر بهره‌برداران دارا می‌باشد. سوری و همکاران (۱۳۹۷) در تحلیل فرارته‌های مراتع مستعد تخریب در حوزه آبخیز نوشان استان آذربایجان غربی، کلاس تخریب‌پذیری مرتع بر اساس تکنیک فرارته‌ای و بر اساس روش خوشه‌بندی K-means در سه کلاس تخریب مرتع زیاد، متوسط و کم تعیین کردند. ایشان بر کارایی روش‌های فرارته‌ای در تحلیل فرارته‌های مراتع مستعد تخریب تاکید داشتند. یانگ<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۲۱) در ارزیابی خطر آتش‌سوزی و زون‌بندی با ادغام Maxent و GIS در استان هونان چین، از ۱۲ عامل مرتبط با توپوگرافی، شرایط آب و هوایی، ویژگی‌های پوشش گیاهی و فعالیت‌های انسانی به‌عنوان متغیرهای محیطی مؤثر بر وقوع آتش‌سوزی استفاده شد.

پاراجولی<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۲۰) در تحقیقی در نپال به پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی جنگل با استفاده از GIS و سنجش از دور پرداخته و بر این اساس از یک مدل شاخص وزنی چند پارامتری برای استخراج و مشخص کردن نقشه خطر آتش‌سوزی جنگل از متغیرهایی مانند پوشش گیاهی، عوامل توپوگرافی، دمای سطح زمین و مجاورت با جاده و سکونتگاه‌ها، بهره بردند. تصمیم‌گیران در مدیریت و برنامه‌ریزی آتش‌سوزی با تعداد زیادی گزینه و معیار مواجه هستند. یکی از مهم‌ترین چالش‌های آن‌ها تعیین مستعدترین مناطق و اولویت‌بندی مناطق با توجه به معیارهای تعریف شده است. در این رابطه تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره می‌تواند راهکار مناسبی برای حل اینگونه مسائل باشد. به منظور مدیریت کارآمد و تصمیم‌گیری صحیح در زمینه وقوع آتش‌سوزی، معیارهای مختلفی شامل معیارهای فنی، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی بایستی توأمان در نظر گرفته شوند. عملیات مدیریتی برای پیشگیری و کنترل وقوع آتش‌سوزی جنگل‌ها و مراتع زمانی کارآمد هستند که مناطق مستعد آتش‌سوزی شناسایی و اقدامات اصلاحی و مدیریتی بر روی این مناطق متمرکز گردد (دور و سانتین<sup>۳</sup>، ۲۰۱۶ و کاستیلو<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۲۱).

بنابراین انجام پژوهش حاضر، با هدف شناسایی مناطق مستعد وقوع آتش‌سوزی و به منظور مدیریت و برنامه‌ریزی صحیح این مناطق و با کمک روش تصمیم‌گیری فرارته‌ای ELECTRE III در حوزه آبخیز شوردره استان گلستان انجام گرفت.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مطالعاتی

حوزه مورد بررسی به نام شوردره شناخته می‌شود و از نظر تقسیمات سیاسی کشوری در استان گلستان قرار گرفته است. بخش شرقی حوزه در شهرستان مراوه تپه و بقیه آن در بخش مرکزی شهرستان کلاله و در دهستان‌های تمران، مراوه تپه و زاوه‌کوه قرار گرفته است (شکل ۱). حوزه شوردره از شمال به کوه‌های بابا شملک از جنوب به روستاهای قپان علیا و سفلی، از شرق به روستای عرب

<sup>1</sup> Yang

<sup>2</sup> Parajuli

<sup>3</sup> Doerr & Santin

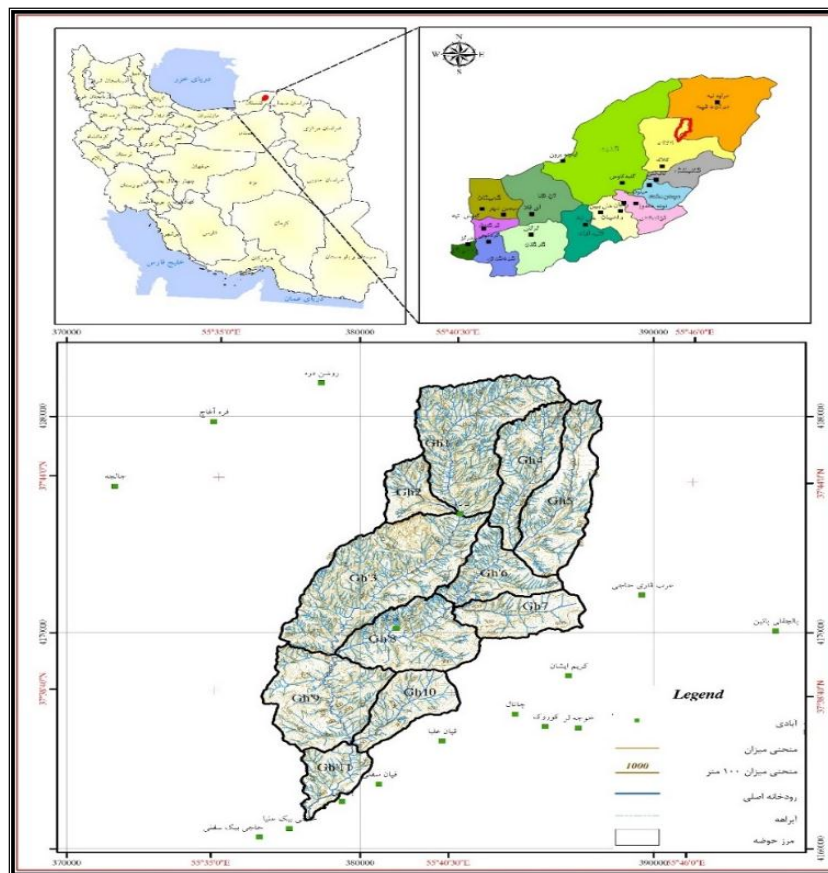
<sup>4</sup> Castillo



قاری حاجی و از غرب به حوزه کال آجی محدود می‌گردد. روستاهای قرناق و آق چاتال در داخل حوزه واقع شده‌اند. مساحت حوزه برابر با ۱۲۰/۷۴ کیلومتر مربع می‌باشد. جدول ۱ موقعیت حوزه را در سیستم‌های مختصات نشان می‌دهد.

جدول ۱- موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز شور دره استان گلستان  
در سیستم مختصات Lat/Lon و سیستم UTM Zone 40

طول جغرافیایی	۵۵° ۴۳' ۵۱" تا ۵۵° ۳۶' ۱۰"
عرض جغرافیایی	۳۵° ۴۶' ۴۰" تا ۳۷° ۲۵' ۲۶"
X	۳۸۸۲۲۳ تا ۳۷۶۶۴۰
Y	۴۱۸۱۹۲۹ تا ۴۱۶۱۳۱۴



شکل ۱- نمایی از موقعیت حوزه آبخیز شور دره استان گلستان در ایران و استان گلستان

## روش تحقیق

### تعیین معیارها

گام اول: تعیین معیارهای موثر در آتش سوزی مرتع

بر اساس نظر کارشناسی و میزان ضریب تغییرات عوامل مختلف در حوزه آبخیز شوردره از بین عوامل متعدد عوامل ذیل به دلیل ضریب تغییرات بالا در حوزه، به عنوان معیارهای موثر در آتش سوزی مرتع

مورد بررسی قرار گرفتند:

متوسط بارندگی سالانه و فصلی: به منظور برآورد میزان بارندگی در حوضه شوردره از اطلاعات بارش ۲۴ ساعته ایستگاه کچیک استفاده شد.

شیب و ارتفاع: برای تعیین شیب و ارتفاع از لایه اطلاعاتی DEM منطقه در محیط نرم افزاری GIS استفاده و طبقات شیب و ارتفاعی منطقه تعیین شد.

درجه حرارت سالانه و فصلی: از داده‌های ایستگاه‌های تبخیرسنجی منطقه استفاده شد.

رطوبت نسبی: برای به دست آوردن پارامتر رطوبت نسبی در حوزه مطالعاتی از رابطه بین پارامترهای رطوبت نسبی و درجه حرارت در ایستگاه کليما تولوژی کچیک استفاده شد.

تبخیر: با استفاده از آمار طشتک تبخیر و استفاده از معادله زیر مقدار تبخیر از سطح آزاد آب تخمین زده شد:

$$E = K \times E_{pan} \quad (\text{رابطه ۱})$$

در این معادله:  $E$ : مقدار از سطح آزاد آب (میلیمتر)،  $E_{pan}$ : مقدار تبخیر از طشتک،  $K$ : ضریب طشتک تبخیر

نوع اقلیم: نوع اقلیم به روش آمبروزه برای حوزه‌های مطالعاتی تعیین گردید:

$$Q_2 = \frac{2000P}{M^2 - m^2} \quad (\text{رابطه ۲})$$

$Q_2$ : ضریب اقلیمی آمبروزه،  $M$ : متوسط حداکثرهای دما در گرم‌ترین ماه سال (درجه کلونین)،  $m$ : متوسط حداقل‌های دما در سردترین ماه سال (درجه کلونین)،  $P$ : بارندگی سالیانه (میلیمتر) تیپ‌های گیاهی: تیپ بندی پوشش گیاهی حوزه آبخیز شوردره به روش فلورسیتک- فیزیونومیک و براساس دو یا سه گونه غالب پایا (دائمی) انجام گرفت.

تولید مرتع: در این پژوهش نمونه برداری میدانی بر اساس روش تصادفی- سیستماتیک اجرا گردید. واحد نمونه برداری پلات‌های مستقر در طول ترانسکت‌های خطی بودند. بدین منظور با توجه به شرایط منطقه، در هر تیپ گیاهی ۴ ترانسکت ۱۰۰ متری در جهت شیب و ۲ ترانسکت ۱۰۰ متری عمود بر جهت شیب در منطقه معرف هر تیپ مستقر گردید. سپس بر روی هر ترانسکت ۱۰ پلات ۲ متر مربعی مستقر شد (ارزانی، ۱۳۷۶). سپس میزان تولید در هر پلات به روش قطع و توزین اندازه گیری گردید (مصدقی، ۱۳۸۲). وضعیت مرتع: جهت تعیین وضعیت تیپ‌های مرتعی از روش ۴ فاکتوره استفاده گردید. گرایش مرتع: جهت تعیین گرایش مرتع از روش ترازو استفاده شد (مصدقی، ۱۳۸۲). شاخص رطوبت توپوگرافی: شاخص رطوبت توپوگرافی یک دیگر از فاکتورهای توپوگرافی است که بر اساس رابطه ۳ تهیه و مورد استفاده قرار گرفت (سورنسن<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۲۲)

$$TWI = \ln \alpha / \tan \beta \quad (\text{رابطه ۳})$$

که در آن:  $\alpha$  مساحت منطقه زهکشی شده و  $\tan \beta$  زاویه شیب بر حسب درجه است. در مطالعه فعلی

<sup>1</sup> Sorensen

برای تهیه نقشه TWI با استفاده از نقشه مدل رقومی ارتفاع در نرم افزار SAGA GIS با ۳ کلاس تهیه گردید. شاخص رطوبت توپوگرافی نقش مهمی در رطوبت خاک و ثبات شیب دارد.

کاربری اراضی: جهت تهیه نقشه کاربری اراضی حوزه و تشخیص و تفکیک حدود اراضی زراعی از اراضی مرتعی از تصاویر ماهواره ای قابل رفرنس از نرم افزار Google Earth در کنار استفاده از تصاویر Landsat استفاده شد. سپس، نقشه کاربری تهیه شده بر اساس نقشه ژئومورفولوژی و بازدید صحرایی، اصلاح و نقشه نهایی تهیه شد.

روستا و تراکم جمعیت: در بررسی تعداد جمعیت و خانوار روستاهای حوزه از نتایج آمارگیری شبکه بهداشت استان گلستان و نیز آمار خانه های بهداشت روستاهای داخل حوزه در سال ۱۳۹۸ استفاده گردید.

گام دوم: تعیین وزن هر یک از معیارها

در گام دوم تحقیق وزن هر یک از معیارها بر اساس روش آنتروپی شانن به صورت زیر محاسبه شد ( ونگ و سینگ ۱، ۲۰۱۰؛ ونگ و لی ۲، ۲۰۰۹؛ وو ۳ و همکاران، ۲۰۱۱؛ وو و ژانگ ۴، ۲۰۱۱؛ ژانگ ۵ و همکاران، ۲۰۱۰؛ ژاو و لی ۶، ۲۰۱۰).

ابتدا ابرماتریس تصمیم گیری با درجه  $m \times n$  تشکیل شد. این ابر ماتریس شامل  $m$  سطر (۱۱ زیرحوزه آبخیز شوردره) و  $n$  ستون (معیارهای بارش شیب، تبخیر، پوشش گیاهی و ...) می باشد. سپس با استفاده از روش آنتروپی وزن شاخصها بصورت زیر محاسبه گردید (زی-هونگ<sup>۷</sup> و همکاران، ۲۰۰۶)

ابر ماتریس تصمیم گیری براساس رابطه ۴ نرمال گردید. براساس رابطه ۴ مقدار درایه های ابر ماتریس بر جمع ستون واقع شده تقسیم گردید.

$$P_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^m a_{ij}} \quad (\text{رابطه ۴})$$

$a_{ij}$  درایه های مستقل برابر ماتریس مربوط به زیرحوزه  $i$  ام و معیار  $j$  ام. محاسبه مقدار آنتروپی  $E_j$ :

$$E_j = k = \frac{1}{\ln(m)} \quad (\text{رابطه ۵})$$

(Ln) لگاریتم در مبنای عدد پی است و  $K$  عدد ثابت می باشد که  $E_j$  را بین صفر و یک نگه می دارد.

محاسبه درجه انحراف (d):

$$d_j = 1 - E_j \quad (\text{رابطه ۶})$$

محاسبه وزن شاخص ها (w):

$$W_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j} \quad (\text{رابطه ۷})$$

<sup>1</sup> Wang, Singh

<sup>2</sup> Wang, Lee

<sup>3</sup> Wu

<sup>4</sup> Wu, Zhang

<sup>5</sup> Zhang

<sup>6</sup> Zhao, Li

<sup>7</sup> Zhi-hong

## ELECTRE III گام سوم: پیاده سازی روش

روش ELECTRE از جمله روش‌های تصمیم‌گیری است که در پاسخ به کاستی‌های روش‌های تصمیم‌گیری معرفی شد. تاکنون روش‌های مختلفی از گروه ELECTRE بر ای تحلیل مسائل چند شاخصه ارائه شده است. در روش ELECTRE شاخص‌های کمی و کیفی توامان مورد استفاده قرار می‌گیرند و با مقایسات زوجی میان گزینه‌ها، رتبه‌بندی آنها بدست می‌آید. مسائل چند شاخصه به صورت قرار دادی با یک مجموعه از گزینه‌ها، شاخص‌ها و مقادیر برتری بیان می‌شوند. در این روش به جای رتبه‌بندی گزینه‌ها از مفهوم جدیدی معروف به مفهوم غیررتبه‌ای استفاده می‌شود. به طور مثال ممکن است از نظر ریاضی گزینه‌ای هیچ ارجحیتی به دیگر گزینه نداشته باشد اما تصمیم گیرنده و تحلیلگر بهتر بودن آن گزینه به دیگری را بپذیرد. در این روش کلیه گزینه‌ها با استفاده از مقایسات غیر رتبه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفته و بدان طریق گزینه‌های غیر مؤثر حذف می‌شوند. کلیه مراحل اجرای این روش بر مبنای یک مجموعه هماهنگ و یک مجموعه غیرهماهنگ پایه‌ریزی می‌شوند که به این دلیل این روش معروف به آنالیز هماهنگی هم می‌باشد (خدابخشی و جعفری، ۱۳۸۹).

روش ELECTRE III مفهوم ارزش آستانه بی تفاوتی Q، ارزش آستانه برتری P و روابط برتری را به شکل زیر معرفی می‌کند:

$$\begin{array}{lcl} a P b & \implies & g(a) - g(b) > p \\ a Q b & \implies & q < g(a) - g(b) \leq p \\ a I b & \implies & |g(a) - g(b)| \leq q \end{array} \quad (\text{رابطه ۸})$$

بنابراین به طور خلاصه می‌توان گفت که در یک مدل جامع برتری در روش ELECTRE III

تصمیم گیرنده با سه حالت متفاوت روبرو می‌باشد:

$$\begin{array}{l} a I b \\ a Q b \\ a P b \end{array} \quad (\text{رابطه ۹})$$

علاوه بر اینها با موضوعاتی نظیر ذیل رو برو می‌شویم:

برتری ضعیف (Q): که آن را بصورت  $a Q b$  نمایش می‌دهند. اگر تردید میان  $a I b$  و  $a R b$  وجود داشته باشد که مسلماً در این حالت  $b P a$  را نخواهیم داشت.

غیر قابل مقایسه بودن (R): که آن را به صورت  $a R b$  نمایش می‌دهند و هنگامی است که تردید در میان  $a P b$  و  $P a b$  وجود داشته باشد.

آنچه در این روش مورد ارزیابی قرار می‌گیرد بررسی اعتبار  $a S b$  بوده که برای آن لازم است دو شرط هماهنگی و ناهماهنگی را مورد بررسی قرار داد.  $a S b$  به این مفهوم است که  $a$  حداقل به خوبی  $b$  است یا  $a$  بدتر از  $b$  نیست.

**محاسبه هماهنگی**

اگر  $k$  ضریب اهمیت یا وزن مختص به هر شاخص  $z$  باشد پارامتر هماهنگی کل  $(C(a,b))$  توسط رابطه زیر محاسبه می‌گردد که پیش از این لازم است هماهنگی هر دو گزینه به ازای هر شاخص  $C(a,b)$  نیز محاسبه گردد.

$$C(a, b) = \sum k_j c_j \quad (\text{رابطه } 10)$$

$$\frac{1}{k} = \sum_{j=1}^r k_j$$

$$c_j(a, b) = \begin{cases} 1 & g_i(a) + q_i \geq g_i(b) \\ 0 & g_i(a) + p_i \leq g_i(b) \\ \frac{p_j + g_j(a) - g_j(b)}{p_j - q_j} & \end{cases} \quad (\text{رابطه } 11)$$

### محاسبه ناهمانگی

برای محاسبه ناهمانگی ارزش آستانه دیگری به نام ارزش وتو را باید تعریف کرد. ارزش آستانه وتو  $v$  این امکان را دارد تا اعتبار  $a$  S  $b$  را بطور کامل رد کند اگر برای هر شاخص  $j$  رابطه ای به این صورت برقرار باشد:

اندیس ناهمانگی برای هر دو گزینه به ازای هر شاخص به صورت زیر محاسبه می گردد:

$$g_i(b) > g_i(a) + V_i \quad (\text{رابطه } 12)$$

$$D_j(a, b) = \begin{cases} 1 & g_i(a) + q_i \geq g_i(b) \\ 0 & g_i(a) + p_i \leq g_i(b) \\ \frac{-p_j + g_j(a) + g_j(b)}{v_j - p_j} & \end{cases} \quad (\text{رابطه } 13)$$

ماتریس ناهمانگی برای هر شاخص تهیه شده و بر خلاف همانگی نمی توان هیچ اجماعی از شاخص ها داشت. یک شاخص ناهمانگ کافی است تا اعتبار غیر رتبه ای را رد کند.

### بررسی درجه اعتبار رابطه غیر رتبه ای S

برای هر یک از گزینه های  $A(a, b)$  ماتریس همانگی و ناهمانگی بدست می آید. قدم پایانی در این مدل ترکیب شاخص های این دو مقدار برای تعیین درجه یر رتبه ای است که از این فرایند ماتریس اعتبار بدست می آید و می توان توسط آن درجه اعتبار  $a$  S  $b$  را تعیین نمود. درجه اعتبار برای هر جفت از گزینه های  $A(a, b)$  به صورت رابطه زیر تعریف می گردد:

$$\lambda = \begin{cases} C(a, b) & \text{if } d_j(a, b) < C(a, b) \\ C(a, b) \cdot \prod \frac{1 - d_j(a, b)}{1 - c(a, b)} & \end{cases} \quad (\text{رابطه } 14)$$

که  $d_j(a, b) > c(a, b)$  بیانگر آن دسته از شاخص هایی است که

### رتبه بندی گزینه ها

گام بعدی در روش ELECTRE III بهره برداری از این مدل و ایجاد رتبه بندی نهایی گزینه ها از اطلاعات موجود در ماتریس اعتبار است. روش عمومی برای بهره برداری از این ساختار تولید دو

پیش‌رتبه بندی صعودی و نزولی  $Z1$  و  $Z2$  است برای این منظور باید پارامتر  $\lambda$  که نام  $\alpha - \text{cut}$  یا برش  $\alpha$  نیز معروف می‌شود توسط رابطه زیر تعیین گردد:

$$\lambda = \{\max S(a,b)\} \quad a,b \in a \quad (\text{رابطه ۱۵})$$

این پارامتر مقدار اعتباری را معین می‌کند که تنها مقادیری از  $S(a,b)$  که نزدیک به آنها هستند مورد ملاحظه قرار می‌گیرند. در این فرایند پارامتر جدیدی به نام  $S(\lambda)$  معرفی می‌شود که  $S(\lambda)$  برابر  $\lambda\alpha + \beta$  است. در نهایت باید مقدار  $S(\lambda) - \lambda$  محاسبه نمود. بر این اساس ماتریس  $T$  به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$T(a,b) = \begin{cases} 1,0 & S(a,b) > \lambda - S(\lambda) \\ \text{else/} & \end{cases} \quad (\text{رابطه ۱۶})$$

سپس مطلوبیت برای هر گزینه با  $Q(a)$  نشان داده می‌شود که به مفهوم تعداد گزینه‌هایی است که گزینه  $a$  بر آنها غلبه کرده است منهای تعداد گزینه‌هایی که برتر از  $a$  بوده‌اند  $Q(a)$  به بیان ساده برای مجموع اعداد موجود در سطر منهای مجموع اعداد موجود در ستون‌های ماتریس  $T$  برای هر گزینه تعریف می‌شود. در فرایند نزولی مجموع گزینه‌هایی که دارای بیشترین و بزرگترین مطلوبیت هستند رتبه‌های بالا را به خود اختصاص می‌دهند. پس از خروج گزینه‌های دارای بالاترین مطلوبیت از فرایند مجدداً با محاسبه  $S(\lambda)$  و  $\lambda$  فرایند ادامه می‌یابد تا تمامی گزینه‌ها مشخص شود. نتیجه به دست آمده پیش‌رتبه بندی  $Z1$  با عنوان رتبه بندی نزولی واحد بود. نتایج صعودی به روش مشابهی بدست می‌آید با این تفاوت که ابتدا گزینه‌هایی که دارای کمترین مطلوبیت هستند مورد استفاده قرار می‌گیرند (گووین دان و جپسین<sup>۱</sup>، ۲۰۱۶)

برای رتبه بندی گزینه‌ها در روش ELECTRE III انجام فرایند تقطیر<sup>۲</sup> (برای ایجاد پیش‌رتبه‌بندی نزولی و صعودی گزینه‌ها) و فرایند تقاطع (برای به دست آوردن رتبه بندی نهایی گزینه‌ها به کمک اطلاعات بدست آمده از مراحل قبل) ضروری است. انجام فرایندهای تقطیر و تقاطع منجر به تعیین روابط برتری، اختلافات جزئی و غیرقابل مقایسه میان گزینه‌ها شده که به رتبه‌بندی جزئی گزینه‌ها مشهور است (فیگوریرا<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۵)

برای اجرای تکنیک ELECTRE، داده‌های ورودی شامل وزن معیار و مقدار هر معیار می‌باشد. در تکنیک الکترومعیاری که مانع از آتش‌سوزی مرتع در حوزه می‌گردد بصورت شاخص نامساعد (نزولی) و معیارهایی که سبب افزایش آتش‌سوزی مراتع حوزه می‌گردند بصورت شاخص مساعد (صعودی) در نظر گرفته شد. خروجی این تکنیک شامل ماتریس شاخص هماهنگی، ماتریس شاخص هماهنگی، ماتریس نرمال شده، ماتریس وزن‌دهی شده و رتبه‌بندی گزینه‌ها می‌باشد.

طبقه بندی رتبه‌ها به روش خوشه بندی K-means

<sup>1</sup> Govindan, Jepsen

<sup>2</sup> Distillation

<sup>3</sup> Figueira

یکی از روشهای معتبر خوشه بندی، خوشه بندی K-means است که بر اساس کمترین فاصله های هر داده از مرکز یک خوشه (میانگین) خوشه بندی را انجام می دهد. در واقع این روش خوشه بندی از نقاط داده ها مجموعه هایی مجزا می سازد بطوریکه در هر مجموعه نقاط داده ها به مرکز خوشه نزدیک تر هستند (زارع چاهوکی، ۱۳۸۹)

رتبه های به دست آمده از هر زیرحوزه با استفاده از تکنیک الکترون نرم افزار SPSS18 شده و با استفاده از تکنیک خوشه بندی K-means رتبه ها طبقه بندی شدند.

### ارزشیابی مدل

برای ارزشیابی و اعتبارسنجی نقشه مناطق مستعد آتش سوزی حوزه آبخیز شوردره استان گلستان، از ضریب آماری کاپا استفاده شد. پیش بینی مناسب و نامناسب بودن روش، نیازمند تکمیل ماتریس خطا است. ماتریس خطا فراوانی پیش بینی داده های آزمون مدل را ثبت می کند و همان طور که در جدول (۱) نشان داده شده است شامل چهار بخش a, b, c و d می باشد که بر اساس تعداد رخداد های صحیح و اشتباه رخداد و عدم رخداد آتش سوزی در مقادیر واقعی و مدل تولید می شوند. a نشان دهنده مثبت حقیقی است یعنی پیش بینی هایی که هم در مدل وجود دارد و هم در دنیای واقعی دیده می شوند و مدل آن ها را به عنوان حضور ثبت می کند. b نشان دهنده مثبت کاذب است یعنی پیش بینی هایی که در مدل وجود داشته، اما در دنیای واقعی وجود ندارد که به عنوان خطای مدل ثبت می شود. c نشان دهنده منفی کاذب است یعنی پیش بینی هایی که در مدل وجود نداشته است، ولی در دنیای واقعی وجود دارد و به عنوان خطای مدل ثبت می شود. d نشان دهنده منفی واقعی است یعنی پیش بینی هایی که نه در مدل وجود داشته و نه در دنیای واقعی دیده می شود و مدل آن را به عنوان عدم حضور ثبت می کند (فودی<sup>۱</sup>، ۲۰۲۰)

جدول ۲- ارزیابی مدل با استفاده از ماتریس خطا

	غیاب ثبت شده	حضور ثبت شده
حضور پیش بینی شده	مثبت کاذب b	مثبت واقعی a
غیاب پیش بینی شده	منفی واقعی d	منفی کاذب c

با توجه به ماتریس ۲×۲ تشکیل شده، صحت کلی نقشه به دست آمد. با استفاده از ماتریس خطا ضرایب آماری مختلفی را می توان محاسبه نمود که از جمله آن ها می توان به ضریب آماری کاپا<sup>۲</sup> اشاره کرد. ضریب کاپا توافق بین مقادیر مشاهده شده و پیش بینی شده را نشان می دهد و برای محاسبه آن از ماتریس خطا استفاده می شود. حداکثر مقدار کاپا برابر یک است، یعنی این که توافق کامل بین مقادیر واقعی و پیش بینی شده وجود دارد. فرمول ضریب کاپا به صورت زیر تعریف می شود:

$$k = \frac{\left(\frac{a+d}{n}\right) - \frac{(a+b)(a+c)+(c+d)(d+b)}{n^2}}{1 - \frac{(a+b)(a+c)+(c+d)(d+b)}{n^2}} \quad \text{رابطه ۱۷}$$

<sup>1</sup> Foody

<sup>2</sup> Kappa

در مقادیر صفر احتمال تصادفی یا غیرتصادفی بودن مقادیر واقعی و پیش‌بینی برابر است و منفی بودن نشان‌دهنده غیر واقعی بودن مدل می‌باشد (فودی<sup>۱</sup>، ۲۰۲۰).

### نتایج

- معیارهای مورد بررسی و تعیین شاخص

در ادامه و در قالب جدول ۳ معیارهای مورد بررسی در روش ELECTRE III و نوع شاخص آن‌ها ارائه گردیده است.

جدول ۳- پارامترهای تکنیک ELECTRE III

معیارها	شاخص نامساعد؟
elevation	بله
Tmean(year)	خیر
Tmean(summer)	خیر
precipitation(year)	بله
precipitation(summer)	بله
precipitation(Spring)	خیر
evaporation	خیر
Tmax(year)	خیر
Tmax(summer)	خیر
relative humidity	بله
climate	خیر
Dry farming	خیر
Residential	خیر
Length of road	خیر
Dam	خیر
Vegetation type(I)	خیر
Vegetation type(II)	خیر
Vegetation type(III)	خیر
Grasses	خیر
Forbs	خیر
shrubs	خیر
Bushy Tree	خیر
poor range condition	خیر
Population density	خیر
educated people	بله
Slope	خیر
Stream lenght	خیر
South slope	خیر
TWI	خیر

- تشکیل ماتریس نرمال وزن دهی شده

ماتریس وزن دهی شده بر اساس وزن هر معیار و مقدار داده هر معیار برای هر زیرحوزه، در جدول ۴ ارائه شده است.











### - تشکیل ماتریس شاخص چیرگی نهایی در تکنیک ELECTRE III

جدول ۹- ماتریس شاخص چیرگی نهایی در تکنیک ELECTRE III

چیرگی نهایی	G <sub>1</sub>	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11
G1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
G2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
G3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
G4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
G5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
G6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
G7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
G8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
G9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
G10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
G11	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### - رتبه بندی زیر حوزه‌ها به روش ELECTRE III

جدول ۱۰- رتبه بندی زیر حوزه‌ها به روش ELECTRE III

ردیف	زیر حوزه	تعداد چیرگی	رتبه
۱	G1	۰	۸
۲	G2	۰	۸
۳	G3	۸	۱
۴	G4	۶	۳
۵	G5	۲	۶
۶	G6	۱	۷
۷	G7	۱	۷
۸	G8	۱	۲
۹	G9	۵	۴
۱۰	G10	۴	۵
۱۱	G11	۱	۷

### - اجرای روش K-means

نواحی مستعد آتش سوزی حوزه آبخیز شوردره استان گلستان با استفاده از نتایج تکنیک خوشه‌بندی K-means در محیط نرم افزار اکسل تهیه گردید (جدول ۱۱).

جدول ۱۱- نتایج تکنیک خوشه‌بندی K-means برای تکنیک الکترون

ردیف	زیر حوزه‌ها	خوشه
<input type="checkbox"/>	G9	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	G8	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	G7	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	G6	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	G5	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	G4	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	G3	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	G2	<input type="checkbox"/>

ردیف	زیرحوزه ها	خوشه
<input type="checkbox"/>	G11	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	G10	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	G1	<input type="checkbox"/>

## بحث و نتیجه گیری

در گذشته، جواب‌های مسائل تصمیم‌گیری و انتخاب گزینه تنها مبتنی بر یک هدف اصلی یعنی ماکزیمم کردن نسبت سود به هزینه بود ولی امروزه با استفاده از تصمیم‌گیری چند معیاره می‌توان چندین معیار را به صورت معیارهای کمی و کیفی برای انتخاب گزینه برتر به کار برد. طبیعی است که حل مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره دارای پیچیدگی است و به راحتی امکان پذیر نمی‌باشد، بویژه آن که اغلب معیارهای مزبور با یکدیگر تضاد داشته باشند و افزایش مطلوبیت یکی باعث کاهش مطلوبیت دیگری شود. به همین دلیل روش‌هایی تحت عنوان تصمیم‌گیری چندمعیاره توسعه داده شده‌اند که به حل مسائل مزبور کمک می‌کند. در این روش داده‌های اولیه بر اساس نظرات تصمیم‌گیرندگان در قالب ماتریس تصمیم‌گیری جمع‌آوری شده و مبنای تصمیم‌گیری نهایی به عبارتی، تلفیق نظرات افراد مذکور می‌شود (سوری و همکاران، ۱۳۹۷). امروزه با شدت گرفتن مباحث مربوط به تصمیم‌گیری‌های چند معیاره و از طرفی دیگر، گرایش روز افزون به سمت علوم میان رشته‌ای و استفاده از نظریات گروه‌ها و تخصص‌های مختلف در حل مسائل پیچیده، لزوم توجه به تکنیک‌های تحلیل تصمیم‌گیری و بهره‌گیری از آنها در حل مسائل پیچیده موجود در زمینه‌های مختلف کلید حل بسیاری از مشکلات مسائل مربوط به آنها می‌باشد کفایت چرندابی و همکاران (۱۳۹۱).

تصمیم‌گیری شامل بیان درست اهداف، تعیین راه حل‌های مختلف و ممکن، ارزیابی امکان پذیری آنان، ارزیابی عواقب و نتایج ناشی از اجرای هر یک از راه حل‌ها و بالاخره انتخاب و اجرای آن می‌باشد. کیفیت مدیریت اساساً تابع کیفیت تصمیم‌گیری است زیرا کیفیت طرح و برنامه‌ها، اثربخشی و کارآمدی راهبردها و کیفیت نتایجی که از اعمال آنها بدست می‌آید همگی تابع کیفیت تصمیماتی است که مدیر اتخاذ می‌نماید. در اکثر موارد تصمیم‌گیری‌ها وقتی مطلوب و مورد رضایت تصمیم‌گیرنده است که تصمیم‌گیری براساس چندین معیار مورد بررسی قرار گرفته باشد. معیارها ممکن است کمی یا کیفی باشند. در روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره که در دهه‌های اخیر مورد توجه محقق قرار گرفته است بجای استفاده از یک معیار سنجش بهینگی از چند معیار سنجش استفاده می‌شود (سوری و همکاران، ۱۳۹۱).

روش ELECTRE از جمله روش‌های تصمیم‌گیری است که در پاسخ به کاستی‌های روش‌های تصمیم‌گیری معرفی شد. تاکنون روش‌های مختلفی از گروه ELECTRE بر ای تحلیل مسائل چند شاخصه ارائه شده که از آن جمله می‌توان به ELECTRE I, II, III اشاره کرد. در تحقیق حاضر به منظور تعیین مناطق مستعد وقوع آتش‌سوزی جنگل و مرتع در منطقه شوردره استان گلستان معیارهای مختلف محیطی و اجتماعی مورد استفاده قرار گرفتند و سپس نقشه مربوط به هر عامل برای تعیین مناطق پرخطر آتش‌سوزی تهیه شد. در تحقیقات مختلف نیز معیارهای مختلف محیطی و

اجتماعی توامان برای تعیین مناطق مستعد آتش سوزی به کار گرفته شدند که با تحقیق حاضر مطابقت دارد و در ادامه برخی از این تحقیقات بیان گردیده است: اسکندری و همکاران (۱۳۹۲) به منظور مدل سازی خطر آتش سوزی از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی برای وزن دهی به عوامل مؤثر در آتش سوزی استفاده کردند و بعد نقشه مربوط به هر عامل برای قابلیت یابی مناطق خطر آتش سوزی را تهیه کردند. عوامل مورد استفاده در تحقیق ایشان، شامل چهار معیار اصلی و ۱۷ زیرمعیار بود. معیارهای اصلی شامل معیارهای توپوگرافی، معیارهای بیولوژیکی، معیارهای اقلیمی و معیارهای انسان ساخت بود.

پندی و گوش<sup>۱</sup> (۲۰۱۸) به این نتیجه رسیدند که پارامترهایی مانند پوشش زمین، فاکتور شیب، ارتفاع، جنبه ها، نزدیکی به سکونتگاه ها و جاده ها به میزان زیادی بر وقوع آتش سوزی در جنگل ها تأثیر گذاشته است.

پاراجولی و همکاران، (۲۰۲۰) در مطالعه ای نپال به پهنه بندی خطر آتش سوزی جنگل با استفاده از GIS و سنجش از دور پرداخته و بر این اساس از یک مدل شاخص وزنی چند پارامتری برای استخراج و مشخص کردن نقشه خطر آتش سوزی جنگل از متغیرهایی مانند پوشش گیاهی، عوامل توپوگرافی، دمای سطح زمین و مجاورت با جاده و سکونتگاه ها، بهره بردند. برای وزن دهی معیارها در تحقیق حاضر از روش آنتروپی شانون استفاده شد. محققین بسیار دیگری نیز در تحقیقاتشان از این روش استفاده کردند و بر کارایی این روش تاکید داشتند: والمحمدی و نگین (۱۳۸۹) در تحقیقی با عنوان بررسی عملکرد سازمان آموزشی، بر کارایی روش آنتروپی شانون در وزن دهی معیارهایشان تاکید کردند. کمانگر و قادری (۱۳۹۵) در تعیین عرصه های مناسب تغذیه مصنوعی دشت سرخون. اظهار کردند که روش آنتروپی شانون روش مناسبی برای وزن دهی معیارها می باشد. شکاری بادی و همکاران (۱۳۹۵) برای شناسایی فاکتورهای مؤثر بر زمین لغزش از روش آنتروپی شانون بهره جستند و بیان کردند که آنتروپی یک مفهوم عمده در علوم فیزیکی، علوم اجتماعی و علوم محیطی می باشد که بیانگر میزان عدم اطمینان در یک توزیع احتمال پیوسته است. در واقع آنتروپی مفهومی است که پراکندگی و بی نظمی در پدیده های طبیعی را تخمین می زند.

در منطقه شوردره استان گلستان بارش مناسب در فصل بهار سبب رشد خوب پوشش زیرین در این فصل در این منطقه می گردد و همچنین کمی بارش در فصل تابستان، بالا بودن تبخیر و خشک شدن این پوشش، باعث می گردد ماده سوختنی برای آتش سوزی در فصل پاییز مهیا گردد. در تحقیق حاضر مشخص شد که حداکثر پتانسیل وقوع آتش سوزی در مناطق با درجه حرارت بالا و بارندگی کم به دلیل ایجاد شرایط زیست محیطی مناسب برای بروز حریق به وجود می آید. درجه حرارت یکی از مهمترین عوامل مؤثر در بروز آتش سوزی می باشد بطوریکه درجه حرارت بالا تبخیر و تعرق را افزایش و رطوبت را کاهش می دهد و بنابراین احتمال وقوع آتش سوزی را افزایش می دهد. بارش باران همچنین با تنظیم میزان جذب و رطوبت خاک احتمال بروز آتش سوزی را کاهش می دهد. با توجه به اینکه اکثر آتش سوزی ها در فصل خشکسالی اتفاق می افتند، مهم ترین عوامل ایجاد آتش

<sup>1</sup> Pandey & Ghosh

سوزی میزان بارندگی و مقدار دما هستند که باعث کاهش رطوبت محیطی و دما می‌شود به طوری که در مناطقی که بارندگی کمتری دارد و درجه حرارت نیز بالاتر است، احتمال وقوع آتش‌سوزی بیشتر است که با نتایج تحقیق قنبرزاده و همکاران، (۱۳۹۲) و تحقیق آریاپور و محمدشریف<sup>۱</sup> (۲۰۱۴) که اظهار کردند که میزان بالای بارندگی بهاره باعث رشد زیست توده (عامل سوخت) و بالا بودن تبخیر، باعث خشک شدن سوخت و قابلیت اشتعال‌پذیری بیشتر مواد می‌گردد، مطابقت دارد.

همچنین با نتیجه تحقیق دشتی و همکاران (۱۴۰۰) که بیشترین احتمال رخداد آتش‌سوزی‌ها را در فاصله زمانی خرداد تا شهریور که میزان دما، تبخیر و میزان ماده سوختنی بالا و رطوبت پایین است، نیز همخوانی دارد.

علی‌نیا و همکاران (۱۴۰۰) نیز بیان کردند که بیش از ۷۰ درصد کل فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی عرصه‌های منابع طبیعی استان لرستان، مربوط به ماه ژوئن و سپس جولای است.

بر اساس نتایج تحقیق حاضر مشخص شد که روش فرارته‌ای ELECTRE III روشی کارآمد و موثر برای رتبه‌بندی زیرحوزه‌های حوزه آبخیز شوردره می‌باشد. محققان زیادی هم در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد: کفاح چرندابی و همکاران (۱۳۹۱) برای مکان یابی بهینه ایستگاه‌های پایش آلودگی هوا با معیارهایی نظیر تراکم جمعیت، فاصله از ایستگاه‌های موجود، فاصله از درختان، فاصله از دیوار ساختمان‌ها و فاصله از خیابان‌ها از سه روش ELECTRE، PROMETHEE و WSM استفاده کردند. با توجه به اینکه روش‌های مذکور دارای رتبه‌های متفاوتی بودند. بنابراین برای رسیدن به یک رتبه واحد از روش ادغام استفاده کردند. نتایج حاکی از بهینگی جواب‌های حاصل از روش الکترو بود. کاویانی (۱۳۹۳) در تحقیقی تحت عنوان "کاربرد و مقایسه روش‌های فرارته‌ای ELECTRE III و PROMETHEE II در شناسایی و اولویت بندی نواحی بحرانی حوزه آبخیز دینور استان کرمانشاه" ۲۸ زیر حوزه حوزه آبخیز دینور را در قالب ۸ معیار درصد پوشش گیاهی، عمق فرسایش خاک، نسبت تحویل رسوب، دبی ویژه سالانه، متوسط بارش سالانه، ضریب رواناب، تراکم زهکشی و شیب رتبه‌بندی کرد. ایشان بر کارایی روش فرارته‌ای الکترو و پرومته برای اولویت بندی مناطق آسیب‌پذیر تاکید داشتند.

سوری و همکاران (۱۳۹۷) در تحلیل فرارته‌ای مراتع مستعد تخریب در حوزه آبخیز نوشان استان آذربایجان غربی، به این نتیجه رسیدند که دو روش پرومته و الکترو قابلیت بالایی در تعیین مناطق مستعد تخریب در حوزه آبخیز نوشان استان آذربایجان غربی را دارند. همچنین ادغام این دو روش با یکدیگر قابلیت تحلیل و تصمیم‌گیری را افزایش می‌دهد. جهان‌پور و همکاران (۱۳۹۷) استفاده از تکنیک فرارته‌ای را در ارزیابی به‌کاشت اراضی برای محصولات انار و پسته در دشت میاندوآب، کارا و مؤثر معرفی می‌کنند.

سوکل<sup>۲</sup> (۲۰۱۰) برای انتخاب مواد تأمین‌کننده یک شرکت در ترکیه از روش ELECTRE استفاده کرد. ایشان بعد از ارائه معیارهایی که بر روی تصمیمات شرکت‌ها اثر می‌گذارد، روش الکترو را به عنوان

<sup>1</sup> Ariapour and Mohammad Shariff

<sup>2</sup> Sevкли



یک روش جدید و کارا برای این رتبه‌بندی معرفی کرده است.

به منظور بررسی میزان تطابق آتش‌سوزی‌های واقعی با نتایج مناطق مستعد آتش‌سوزی حاصل از روش الکترون در این تحقیق، از نقشه مناطق آتش‌گرفته تهیه شده توسط اداره کل منابع طبیعی استان گلستان استفاده گردید. بر اساس ضریب کاپا، که برابر  $0/82$  می‌باشد، با توجه به طبقه‌بندی ضرایب کاپا، مدل از دقت خوب و قابل قبولی برخوردار است. این نتیجه با نتیجه تحقیق ال-فوغارا<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۲۱ مبنی بر اینکه لازم است مناطقی که در گذشته در آن آتش‌سوزی رخ داده است، ثبت شود و سپس با نقشه پتانسیل آتش‌سوزی حاصل از روش‌های مورد استفاده، تطبیق داده شده تا ارتباط بین آن‌ها مشخص شود، مطابقت دارد.

اسلامی و همکاران، ۱۳۹۹ و روبرت و همکاران، ۲۰۰۶ نیز برای ارزشیابی مدلشان از ضریب کاپا استفاده کردند و چنین بیان کردند که ضریب کاپای بیشتر از  $0/80$  نشان دهنده صحت بالای مدل می‌باشد. به طور کلی نتایج حاصل از این تحقیق می‌تواند به عنوان مدلی برای مدیران اجرایی جهت برنامه‌ریزی اقدامات مدیریتی و اصلاحی در مراتع مورد استفاده قرار گیرد. روش پیشنهادی یک ابزار غربالگری قابل اعتماد برای شناسایی مناطق در معرض خطر آتش‌سوزی است و می‌تواند به مسئولین کمک کند تا اقدامات پیشگیرانه را هدایت نمایند. توصیه می‌شود که برای مدیریت بهتر پدیده آتش‌سوزی تمامی فاکتورهای دخیل در پدیده آتش‌سوزی شناسایی و برای هر زیرحوزه اندازه‌گیری گردد. طبق نتایج تحقیق حاضر همچنین توصیه می‌گردد که اقدامات مدیریتی مناسب برای زیرحوزه‌های دارای استعداد بالا به آتش‌سوزی و همچنین اقدامات مدیریتی مناسب برای جلوگیری گسترش هر چه بیشتر آتش‌سوزی به سایر زیرحوزه‌ها بکار گرفته شود. در آخر، پیشنهاد می‌گردد تحقیقات بیشتری در زمینه بکارگیری تکنیک‌های دیگر از جمله داده کاوی، شبکه‌های عصبی و سایر تکنیک‌های تصمیم‌گیری جهت شناسایی تکنیک‌های توانمندتر جهت رتبه‌بندی زیرحوزه‌ها از نظر استعداد به آتش‌سوزی، مورد بررسی قرار گیرد.

---

<sup>1</sup> Al-Fugara

## منابع:

- ۱- ارزانی، ح. ۱۳۷۶. ارزیابی مراتع در مناطق مختلف اقلیمی. انتشارات موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع. ۶۷ صفحه
- ۲- اسکندری، سعیده. (۱۳۹۶). روش‌های مدل‌سازی و ارزیابی خطر وقوع آتش‌سوزی در جنگل‌های جهان و ایران. انسان و محیط زیست. ۱۵(۳): ۹۱-۱۱۰
- ۳- اسلامی، ر.، آذرنوش، م.ر.، کیلاشکی، ع.، و کاظم‌نژاد، ف. (۱۳۹۹). مدل‌سازی نحوه گسترش آتش‌سوزی جنگل بر پایه GIS و اتوماسیون سلولی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز بابلرود مازندران). مجله علوم جغرافیایی، ۱۶(۳۲): صص ۱۱۷-۱۰۷.
- ۴- بی همتا، م.ر.، زارع چاهوکی، م.ع. ۱۳۸۹. کتاب اصول آمار در علوم منابع طبیعی. انتشارات دانشگاه تهران. ۳۰۲ ص.
- ۵- جهان پور، ن.، ممتاز، ح.ر.، سوری، م. (۱۳۹۷). استفاده از تکنیک پرمته در ارزیابی بهکاشت اراضی برای محصولات انار و پسته در دشت میان‌دوآب. مجله تحقیقات کاربردی خاک. ۲(۶): ۴۳-۵۷.
- ۶- خدابخشی، ب. و جعفری، ح.ر. (۱۳۸۹). بررسی مدل دسته‌بندی چند معیاره ELECTRE III. در تعیین اهمیت آثار محیط‌زیستی (مطالعه موردی: ارزیابی آثار محیط‌زیستی طرح سد و شبکه آبیاری-زهکشی اردبیل)، پژوهش‌های محیط‌زیست، ۱(۲): ۳۱-۴۲.
- ۷- دشتی، ش.، امینی، ج.، احمدی ثانی، ن.، و جوانمرد، ع. (۱۴۰۰). پهنه‌بندی مناطق مستعد آتش‌سوزی در بوم‌سازگان‌های جنگلی زاگرس شمالی (مطالعه موردی: جنگل‌های سردشت در آذربایجان غربی). مجله مخاطرات محیط طبیعی، ۱۰(۳۰):
- ۸- سوری، م.، جعفری، م.، آذرنیوند، ح.، قدوسی، ج.، فرح پور، م. ۱۳۹۱. مکان‌یابی اجرای پروژه های بند سنگ-سیمان و بند گابیونی به کمک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: استان کرمانشاه). پژوهش‌های آبخیزداری. ۲۵(۹۶): ۸۳-۹۱
- ۹- سوری، م.، غایب، م.، معتمدی، ج. (۱۳۹۷). تحلیل فرا رتبه‌ای مراتع مستعد تخریب در حوزه آبخیز نوشان استان آذربایجان غربی. مجله مرتع و آبخیزداری، ۷۱(۲): ۳۹۳-۴۰۴.
- ۱۰- شکاری بادی، ع.، معتمدی راد، م. و محمدنیا، م. (۱۳۹۵). ترکیب مدل ANP و شاخص آنتروپی شانون برای ارزیابی عوامل موثر در وقوع و پهنه بندی خطر زمین لغزش (مطالعه موردی: حوضه فاروب روم در نیشابور). مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، ۶(۲۲): ۸۹-۱۰۳.
- ۱۱- علی‌نیا، ا.، گندمکار، ا.، و عباسی، ع.ر. (۱۴۰۰). تحلیل زمانی- مکانی رخدادهای مخاطره آتش‌سوزی‌های طبیعی در استان لرستان با استفاده از محصولات سنجنده مادیس. مجله جغرافیا و پایداری محیط، ۱۱(۱): صص ۱۲۷-۱۱۳
- ۱۲- قنبرزاده، ح.، احمدی اردکانی، م.، المدرسی، س.ع. (۱۳۹۲). همایش ملی ژئوماتیک. دوره ۲۰
- ۱۳- کاویانی، ع. (۱۳۹۳). کاربرد و مقایسه روش‌های فرارته‌ای پرمته II و الکتور III در شناسایی و اولویت‌بندی نواحی بحرانی حوزه آبخیز دینور استان کرمانشاه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ۱۶۶ ص.
- ۱۴- کفاش چرندابی، ن.، آل شیخ، ع.ا.، و کریمی، م. (۱۳۹۱). مکان‌یابی بهینه ایستگاه‌های پایش آلودگی هوا با استفاده از روش‌های فرارته‌ای. مجله محیط‌شناسی، ۳۸(۶۲): صص ۸۲-۶۹.
- ۱۵- کمانگر، م.، و قادری، ف. (۱۳۹۵). بررسی دقت روش وزن دهی آنتروپی شانون در تعیین عرصه‌های مناسب تغذیه مصنوعی دشت سرخون. تحقیقات آب و خاک ایران (علوم کشاورزی ایران)، ۴۷(۲): ۲۴۷-۲۵۸.
- ۱۶- مصداقی، م. ۱۳۸۲. مرتع و مرتعداری در ایران. انتشارات استان قدس رضوی. ۳۲۰ صفحه

- ۱۷- ملک محمدی، ب.، زهرای، ب.، و کراچیان، ر.، (۱۳۸۷). رتبه بندی جواب های مدل بهینه سازی چند هدفه بهره برداری از مخازن با روش ELECTRE III، سومین کنفرانس مدیریت منابع آب، دانشگاه تبریز، ۲۰۹-۲۰۱.
- ۱۸- منصوری خسروی، ف.، جباری، ا.، و علیمحمدی، س. (۱۳۸۵). رتبه بندی بهینه طرح های فاضلاب با استفاده از مدل های برنامه ریزی چندمعیاره. هفتمین کنگره بین المللی مهندسی عمران: تهران.
- ۱۹- والمحمدی، چ. و نگین، ف.، (۱۳۸۹). ارزیابی عملکرد سازمان با استفاده از تکنیک BSC، نشریه پژوهشگر مدیریت، ۷۰(۱۸): ۷۲-۸۷.

20- Al-Fugara, A., Mabdeh, A. N., Ahmadi, M., Pourghasemi, H. R., Al-Adamat, R., Pradhan, B., & Al-Shabeeb, A. R. (2021). Wildland Fire Susceptibility Mapping Using Support Vector Regression and Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System-Based Whale Optimization Algorithm and Simulated Annealing. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(6): 382.

21- An, H., Gan, J., & Cho, S. J. (2015). Assessing climate change impacts on wildfire risk in the United States. *Forests*, 6(9): 3197-3211.

22- Ariapour, A. and Mohammad Shariff, A.R.B. 2014. Rangeland Fire Risk Zonation Using Remote Sensing and Geographical Information System Technologies in Boroujerd Rangelands, Lorestan Province, Iran. *Ecopersia*, 2(4): 805-818.

23- Bengtsson, J., Nilsson, S. G., Franc, A., & Menozzi, P. (2000). Biodiversity, disturbances, ecosystem function and management of European forests. *Forest ecology and management*, 132(1): 39-50.

24- Castillo, E., Fernández, A., Fuentes Robles, R., & Ojeda, C. G. (2021). Data-based wildfire risk model for Mediterranean ecosystems—case study of the Concepción metropolitan area in central Chile. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 21(12): 3663-3678.

25- Enoh, M. A., Okeke, U. C., & Narinua, N. Y. (2021). Identification and modelling of forest fire severity and risk zones in the Cross–Niger transition forest with remotely sensed satellite data. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2021.09.002>

26- Figueira, J., S., Greco, M., Ehrgott., 2005. Multiple Criteria Decision Analysis: State of the art surveys, Springer Book, 22:1-5.

27- Foody G, M., 2020. Explaining the unsuitability of the kappa coefficient in the assessment and comparison of the accuracy of thematic maps obtained by image classification. *Remote Sensing of Environment*. 239: 1-11.

28- Gai, C., Weng, W., & Yuan, H. (2011). GIS-based forest fire risk assessment and mapping. In 2011 Fourth International Joint Conference on Computational Sciences and Optimization (pp. 1240–1244). IEEE. <https://doi.org/10.1109/CSO.2011.140>

29- Gandhi, K. J., Spence, J. R., Langor, D. W., & Morgantini, L. E. (2001). Fire residuals as habitat reserves for epigeic beetles (Coleoptera: Carabidae and Staphylinidae). *Biological Conservation*, 102(2): 131-141.

30- Govindan, K., Jepsen, M.B. 2016. ELECTRE: A comprehensive literature review on methodologies and applications. *European Journal of Operational Research*. 25(1): 1-29.

31- Healey, S. P., Urbanski, S. P., Patterson, P. L., & Garrard, C. (2014). A framework for simulating map error in ecosystem models. *Remote sensing of environment*, 150: 207-217.

32- Hong, H., Tsangaratos, P., Ilija, I., Liu, J., Zhu, A. X., & Xu, C. (2018). Applying genetic algorithms to set the optimal combination of forest fire related variables and model forest fire susceptibility based on data mining models. The case of

Dayu County, China. *Science of the total environment*, 630: 1044-1056.

33- Jaiswal, R. K., Mukherjee, S., Raju, K. D., & Saxena, R. (2002). Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS. *International journal of applied earth observation and geoinformation*, 4(1): 1-10.

34- Pandey, K., & Ghosh, S. K. (2018). Modelling of Parameters for Forest Fire Risk Zone Mapping. *ISPRS-International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII, 5: 299-304.

35- Parajuli, A., Gautam, A. P., Sharma, S. P., Bhujel, K. B., Sharma, G., Thapa, P. B., ... & Poudel, S. (2020). Forest fire risk mapping using GIS and remote sensing in two major landscapes of Nepal. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 11(1): 2569-2586.

36- Peprah, M. S., Kumi-Boateng, B., & Larbi, E. K. (2021). Prioritization of forest fire hazard risk simulation using Hybrid Grey Relativity Analysis (HGRA) and Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP) coupled with multicriteria decision analysis (MCDA) techniques—a comparative study analysis. *Geodesy and Cartography*, 47(3): 147-161.

37- Sevkli, M., 2010. An application of the fuzzy ELECTRE method for supplier selection, 48(12): 3393-3405.

38- Sorensen, R.; Zinko, U. and Seibert, J. 2006. On the calculation of the topographic wetness index: evaluation of different methods based on field observations. *Journal of Hydrology and Earth System Sciences*, 10 (1): 101-112.

39- Vasilakos, C., Kalabokidis, K., Hatzopoulos, J., & Matsinos, I. (2009). Identifying wildland fire ignition factors through sensitivity analysis of a neural network. *Natural hazards*, 50(1): 125-143.

40- Wang, K., Li, L. & Singh, S.N. (2010). A fuzzy comprehensive evaluation and entropy weight decision-making based method for power network structure assessment. *International Journal of Engineering, Science and Technology*, 2(5):92-99.

41- Wang, T.C. & Lee, H.D. (2009). "Developing a fuzzy TOPSIS approach based on subjective weights and objective weights", *Journal of Expert Systems with Applications*, 36(3):8980–8985.

42- Wu, J., Sun, J., Liang, L. & Zha, Y. (2011). "Determination of weights for ultimate cross efficiency using Shannon entropy", *Journal of Expert Systems with Applications*, 38: 5162–5165.

43- Wu, J.Z. & Zhang, Q. (2011). "Multicriteria decision making method based on intuitionistic fuzzy weighted entropy", *Journal of Expert Systems with Applications*, 38(4): 916–922.

44- Yang, X., Jin, X., & Zhou, Y. (2021). Wildfire Risk Assessment and Zoning by Integrating Maxent and GIS in Hunan Province, China. *Forests*, 12(10): 1299.

45- Zhang, H., Gu, C.L., Gu, L.W. & Zhang, Y. (2010). "The evaluation of tourism destination competitiveness by TOPSIS & information entropy – A case in the Yangtze River Delta of China", *Journal of Tourism Management*, 32(2): 443-451.

46- Zhao, X., Qi, Q. & Li, R. (2010). "The establishment and application of fuzzy comprehensive model with weight based on entropy technology for air quality assessment", *Symposium on Security Detection and Information Processing*, 7(1):217–222.

47- Zhi-hong,Z, Y. Yi, S. Jing-nan. (2006). "Entropy method for determination of weight of evaluating in fuzzy synthetic evaluation for water quality assessment", *Journal of environmental science*, Vol. 18 No. 5:1020-1023.

## **Determining fire-prone areas in watershed basin of Shourdareh, Golestan province, based on the ELECTRE III method**

Amirreza Mesbah<sup>۱</sup>, Seyedeh Khadijeh Mahdavi<sup>۲\*</sup>, Mahshid Sour<sup>۳</sup>, Mouhammadreza Javadi<sup>۴</sup>

### **Abstract**

Decision makers in fire management and planning are faced with a large number of options and criteria. In order to efficiently manage and make correct decisions in the field of fire occurrence, various criteria including technical, economic, social and environmental criteria should be considered together. Management operations to prevent and control the occurrence of fires in forests and rangelands are effective when fire-prone areas are identified and corrective and management measures are focused on these areas. Therefore, the current research was carried out with the aim of identifying fire-prone areas in order to properly management and plan these areas and with the help of the ELECTRE III multilevel decision-making method in the Abkhiz area of Shordera, Golestan province. In this research, various environmental and social criteria were used to determine areas prone to fire in Shurdara region of Golestan province, and then a map related to each factor was prepared to determine high risk areas of fire. Shannon's entropy method was used to weight the criteria in this research. Then, according to the weight and value of each criterion for each sub-area, the data related to the sub-areas were analyzed using the Electr III technique. In this way, the implementation of the Electr method included: making a decision matrix, weighting the criteria, making a normal matrix, distillation process (determining favorable and unfavorable criteria), calculating the indicators of harmony and inconsistency, and finally ranking the options completely. According to the results of the research, sub-areas 3 and 8 are areas with high potential for fire. Also, the results of the current research showed that sub-areas 1 and 2 were classified and identified as sub-areas with low potential for fire. To evaluate the final map, the map of fire-prone areas resulting from the method used in this research was compared with the map of fire areas prepared by the General Department of Natural Resources of Golestan province. The result showed that based on the kappa coefficient obtained which is equal to 0.82, the map has good and acceptable accuracy. Therefore, the proposed method is proposed as a reliable screening method to identify areas at risk of fire, which can help the authorities to guide preventive measures.

**Key words:** Fire, Extra-level techniques, ELECTRE III, Shurdara, Golestan province.

---

<sup>1</sup> PhD Graduated, Dept. Natural Resource, Nour Branch, Islamic Azad University, Nour, Iran,

<sup>2</sup> Assistant Prof., Dept. Natural Resource, Nour Branch, Islamic Azad University, Nour, Iran.\*

Corresponding author: kh\_mahdavi@yahoo.com

<sup>3</sup> Assistant Prof., Rangeland Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

<sup>4</sup> Assistant Prof., Dept. Natural Resource, Nour Branch, Islamic Azad University, Nour, Iran,

## سنجش وضعیت شاخص های مدیریت شهری در پروژه های عمرانی به منظور حفظ اکوسیستم طبیعی (مطالعه موردی: شهر ساری)

جواد فلاحتکار<sup>۱</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۱۵

### چکیده

یکی از وظایف اصلی مدیریت شهری زمینه سازی برای ارتقای کیفیت زندگی شهروندان است که بخشی از این ارتقای کیفیت از طریق اجرای طرح های عمرانی در راستای حفظ اکوسیستم طبیعی مقدور است. هدف از پژوهش حاضر سنجش وضعیت شاخص های مدیریت شهری در پروژه های عمرانی به منظور حفظ اکوسیستم طبیعی در شهر ساری است. امروزه با رشد و گسترش شهرها مخصوصا کلان شهرها در کشورهای جهان سوم، مشکلات زیادی از جمله مسئله مدیریت شهری به خوبی نمایان شده است. در این زمینه در ایران هم این مسأله مخصوصا در شهرهای بزرگ مانند ساری خود را به اشکال مختلف نمایان ساخته است. پژوهش حاضر توصیفی و از شاخه پیمایشی است. از لحاظ جمع آوری داده ها، پژوهشی میدانی (از طریق پرسشنامه) می باشد. جامعه آماری شامل متخصصان و کارشناسان در زمینه مدیریت و عمران شهری هستند که تعداد ۵۵ نفر به صورت نمونه گیری خوشه ای هدفمند از این جامعه انتخاب شدند. برای تجزیه و تحلیل داده ها از نرم افزار Expert choice استفاده شده است. یافته ها نشان داد که مدیریت کارآمد و سیستم مدیریتی مناسب به عنوان اولین شاخص و پس از آن به ترتیب توان مالی و پشتیبانی، میزان تحصیلات، رشته تحصیلی و تجربه اجرایی کادر متخصص، قیمت پیشنهادی، داشتن تجهیزات و ماشین آلات آماده به کار یا در دسترس و آموزش مستمر کارکنان بر تحقق و بهبود شاخص های مدیریت شهری در پروژه های عمرانی شهر ساری می باشد. نتایج نشان داده است که با مقایسه وضعیت شاخص های مدیریت شهری در پروژه های عمرانی شهر ساری با استانداردهای بین المللی، می توان وضعیت مدیریت شهری را ارزیابی کرد و بهبود آن را پیشنهاد داد.

**واژه های کلیدی:** شاخص های مدیریت شهری، پروژه های عمرانی، اکوسیستم طبیعی، شهر ساری.

## مقدمه

شهر به عنوان یک منبع توسعه مطرح است و جایگاه مدیریت شهری در روند توسعه شهر و بهبود سکونتگاه‌های شهری نقش بسیار مهم و تعیین کننده دارد (1). به نظر گپی اندیشمند هندی، شهر یک حقیقت فرهنگی است، زیرا که فرهنگ بارزترین و مبرهن ترین عامل در پدیده‌های بشری است (2). به نظر مایلز فریدمن، باید در تدوین برنامه‌های مدیریت توسعه‌ای و برنامه‌های منطقه‌ای و کشوری، جایگاه شهر و مدیریت شهری به روشنی تبیین گردد. باید مشخص شود برنامه‌های مشخصی که در سطح شهر اجرا می‌شود، چگونه بر آن تاثیر می‌گذارد و چگونه برنامه‌ای را باید تنظیم کرد که برنامه‌های توسعه شهری و منطقه‌ای را بدون وقفه به پیش براند (3). از این رو مساله مورد نظر در این مقاله، سنجش وضعیت شاخص‌های مدیریت شهری در پروژه‌های عمرانی شهر می‌باشد، بدین گونه بیان شده است: گسترش شهرنشینی و مسائل و مشکلات خاص زندگی شهری بیش از پیش ضرورت همه جانبه به راهبردهای سودمند مدیریتی برای بهینه‌سازی فضای زندگی ساکنان شهرها را روشن ساخته است در میان موضوعاتی مانند محیط زیست حمل و نقل ایمنی و برنامه‌ریزی شهری یک عامل بسیار مهم و کلیدی که تاثیر فزاینده و تعیین کننده‌ای بر دیگر عوامل زندگی شهری دارد، مدیریت شهری است (4). مدیریت شهری را می‌توان از این دیدگاه، به عنوان تلاشی در جهت کنترل و استفاده بهینه از این تغییرات گسترده دانست در تمامی مدل‌های توسعه دولت مسئول تامین و عرضه خدمات زیربنایی است. پروژه‌های عمرانی لبه برنده و کارساز توسعه هر کشور تلقی می‌شود. اما شرط لازم این است که هزینه‌های عمرانی دولت، صرف اجرای پروژه‌های مناسب و ارزیابی شده، گردد و در مجموع با مدیریتی مطلوب به اجرا درآید، که هدف‌های توسعه تحقق پذیرد و رضایت شهروندان را نیز به همراه داشته باشد.

ویلیامز در سال ۱۹۷۸ مدیریت شهری را یک تئوری و چشم‌انداز نمی‌داند، بلکه آن را چارچوب و پایه و اساس مطالعات شهر می‌داند او اضافه می‌کند که مدیریت شهری ارتباط قوی و تنگاتنگ با ماهیت شهر از یک طرف و ساختارهای اجتماعی و اقتصادی از طرف دیگر دارد، همچنین مدیریت شهری با سازمان‌های دولتی که در شهر خدمات ارائه می‌دهند و جمعیت شهر ارتباط تنگاتنگی دارد (5). به طور کلی با به کارگیری اصول صحیح مدیریت که شامل برنامه‌ریزی، سازماندهی، تامین منابع و نیروی انسانی رهبری و کنترل می‌باشد. می‌توان بسیاری از عوامل زائد در روند تهیه و اجرای طرح‌های توسعه شهری و پروژه‌های عمرانی را از بین برد و متعاقب آن کاهش هزینه‌ها و افزایش بازدهی را به ارمغان آورد تنها در این صورت است که می‌توان به موفقیت طرح و برنامه‌های شهری و کاربردی بودن آنها امیدوار بود. از طرفی مسائل و مشکلات ناشی از عدم اجرا به موقع پروژه‌های عمرانی سبب افزایش هزینه‌ها و خسارت‌هایی برای شهرداری و سازمان‌های تابعه می‌شود و همچنین باعث نارضایتی شهروندان و چشم‌انداز نامناسب شهری می‌شود (6). مدیریت شهری تلاشی است برای هماهنگ کردن و یکپارچه کردن اقدامات دولتی و خصوصی برای چیره شدن بر مسائلی که ساکنان شهر با آن مواجه هستند و ایجاد شهرهای رقابتی عادلانه‌تر و پایدارتر طرح توسعه شهری در هر شکل و قالبی باشد و هر عنوانی که داشته باشد، سند علمی و کارشناسی است که رشد و شکوفایی آینده شهر را بر

مبنای موازین فنی شهرسازی، بهداشتی، زیست محیطی و اصول شناخته شده پایداری، توازن، تناسب، هماهنگی و همسانی اجزا و ارکان تضمین می‌کند (7). اگر چه تهیه چنین اسنادی تکیه راهبردهای الزام‌آور برای رشد متوازن و مطلوب شهر به عنوان موجودی زنده و پویا که باید ضامن رفاه و آسایش ساکنان خود باشد، بیشینه تاریخی زیادی ندارد ولی امروزه وجود طرح‌های شهری و احترام به اصول و ارزش‌ها و معیارهای آنها همچون مایع حیات و روح هویت‌بخش هر شهر خودنمایی می‌کند (8). علاقه انسان به توسعه صنعتی و اقتصادی منجر به خساراتی به محیط زیست می‌گردد که در نتیجه این تغییرات و نیز در اثر کاهش سریع منابع طبیعی، اجتماعات انسانی از هم فرو خواهد پاشید. و همچنین ایجاد هرگونه تغییر در نوع استفاه از زمین و طبیعت اطراف منجر به ایجاد تغییرات نامطلوبی در محیط زیست می‌گردد. وظیفه برنامه ریزان محیط زیست اتخاذ تدابیری است که تأثیر منفی این تغییرات را به حداقل کاهش دهد.

بر اساس تحقیقات انجام شده، علت دگرگونی و تخریب اکوسیستم طبیعی ناشی از ناآگاهی و یا عدم توجه به محیط اطراف، به دلیل کمبود آموزش های علمی و کارشناسانه و نیز خودخواهی انسان و پشت پا زدن به ارزش‌ها و آداب و رسوم گذشته در جهت حفظ و حمایت از آن بوده است. یک اکوسیستم<sup>۱</sup> یا زیست بوم به عنوان یک محیط به همراه هر گونه موجود زنده<sup>۲</sup> و تمام عوامل غیرزنده<sup>۳</sup> که درون آن محیط وجود دارند، تعریف می‌شود. اکوسیستم همه جنبه‌های یک زیستگاه را مشخص می‌کند که شامل تمام برهمکنش‌های بین عناصر متفاوت آن است. مؤثرترین گام جهت حفظ محیط زیست، ارزیابی رفتار و عملکرد مردم در رسیدن به اصول اولیه زندگی پایدار است، یعنی مردم باید رفتار خویش را در مواجهه با محیط‌زیست طوری مورد ارزیابی قرار دهند تا به منش ثابت و اصول همزیستی با طبیعت دست پیدا کنند. ایجاد آگاهی در میان توده‌های مردم باعث تغییر نگاه ایشان نسبت به محیط‌زیست و بهبود رابطه آنها با محیط زیست می‌گردد. بی‌شک آشنا ساختن افراد در سطوح مختلف اجتماعی با اصول حفاظت از محیط‌زیست و ایجاد رغبت و انگیزه‌های داوطلبانه برای حفاظت از آن می‌تواند مسئله تخریب محیط زیست و آلودگی آن را حل کند (9).

امروزه با رشد و گسترش شهرها مخصوصا کلان‌شهرها در کشورهای جهان سوم مسائل و مشکلات زیادی از جمله مسئله مدیریت شهری به خوبی نمایان شده است و روز بروز نقش آن پررنگ‌تر می‌شود. در این زمینه در ایران هم این مسأله مخصوصا در شهرهای بزرگ مانند ساری خود را به اشکال مختلف نمایان ساخته است. یکی از وظایف اصلی مدیریت شهری زمینه‌سازی برای ارتقای کیفیت زندگی شهروندان است که بخشی از این ارتقای کیفیت از طریق اجرای طرح‌های عمرانی مقدور است. یکی از این اشکال مدیریتی مسئله مربوطه به اجرای موفق و مناسب پروژه‌های و طرح‌های عمرانی می‌باشد که بنا به دلایل زیر اجرای این طرح‌ها و پروژه‌ها با مشکل مواجه بوده است: ۱- نبود ثبات و پایداری دوره مدیریت مدیران شهری؛ ۲- اختلافات سیاسی و جناحی میان مسئولین و مدیران شهری

<sup>1</sup> Ecosystem

<sup>2</sup> Biotic Component

<sup>3</sup> Abiotic



و کشوری؛ ۳- مسائل و مشکلات اجتماعی مختل کننده در روند اجرای طرح‌ها؛ ۴- زمان بر بودن اجرای پروژه‌های عمرانی و کمبود یک برنامه‌ریزی دقیق زمان بندی شده که این مسئله باعث هزینه‌بر شدن و اتلاف زمان و افزایش هزینه‌های جانبی شده است؛ ۵- مسائل مربوط به کمبود بودجه و به موقع نرسیدن بودجه در این پژوهش طرح‌های عمرانی شهر ساری را در طی بازده زمانی و دوره مشخصی بررسی نموده و همچنین این تحقیق به دنبال یافتن راهکارهایی برای بهبود وضعیت شاخص‌های مدیریت شهری در پروژه‌های عمرانی شهر ساری می‌باشد.

## مبانی نظری

### مدل‌های مدیریت شهری

انتخاب نوع مدل مدیریت شهری بازتابنده نگرش حاکم بر تنظیم روابط شورا و شهرداری است و مهم‌تر از همه، بیانگر میزان مشارکت و قدرت اجرایی است. یکی از مباحث مهم در تعیین مدل مدیریتی برتر، تعیین چگونگی اداره شهر و قرارگیری قدرت در دست مدیران شهری است (11). از سوی دیگر، مدل اداره شهر رابطه نزدیکی با حل یا ایجاد مسائل شهری دارد. مدل‌های مدیریت شهری با توجه به قدرتی که به اداره‌کنندگان امور شهری می‌دهند، نوع برخورد و تصمیم‌گیری در مسائل شهری را در آن چارچوب فراهم می‌کنند و به دلیل تأثیرگذاری زیاد این نوع مدل‌ها بر شهر و در اختیار داشتن ابزار تصمیم‌سازی و تصمیم‌گیری، عاملی مهم در حل یا به وجود آمدن مسائل شهری هستند. رابطه میان این مدل‌های مدیریت شهری و مسائل شهری، رابطه‌ای علت و معلولی است. بنابراین می‌توان به این نتیجه رسید که از عملکرد مدل مدیریتی شهری است که مسائل شهری به وجود می‌آید و با ارائه راهبردهای این مدل است که مسائل شهری حل شده و به صورت مطلوب در می‌آید (10).

در یک دسته‌بندی کلی و بر اساس میزان توانایی‌ها و نوع روابط میان قوای حکومتی، سه سبک سازمان‌دهی در درون مدیریت کلان شهری به وجود می‌آید:

- تفکیک قوای مجریه (شهرداری) و مقننه (شورا یا انجمن) حکومت محلی که در اصطلاح ساختار شورا (انجمن) - شهردار نامیده می‌شود.

- وحدت قوا در قوه مقننه (شورا یا انجمن) حکومت محلی که آن را ساختار کمیسیون می‌نامند.

- تسلط و برتری قوه ی مقننه (شورا یا انجمن بر قوه مجریه شهردار) که در حکومت‌های محلی به آن ساختار شورا (انجمن) - مدیر شهر گفته می‌شود (12).

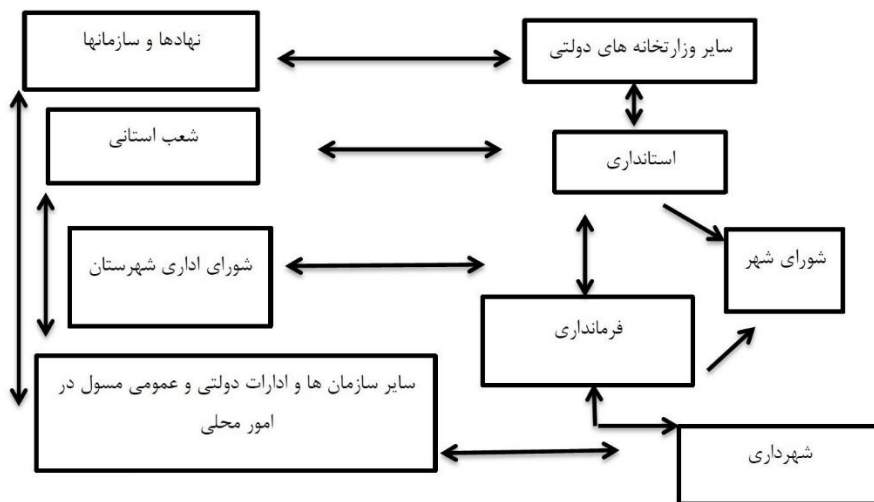
هرچند ویژگی‌ها و ساختار نهادهای قانونی اداره‌کننده شهر از کشوری به کشور دیگر تفاوت دارد و هر جامعه‌ای با توجه به ساختار اقتصادی، اجتماعی و سیاسی خود، تعریف خاصی از مدیریت شهری دارد؛ وظایف کنونی مدیریت شهری صرف نظر از تنوع و اختلاف در نظام‌های اجتماعی و سیاسی گوناگون تنها محدود به مواردی از قبیل برنامه‌ریزی خدمات‌رسانی، مدیریت فرهنگ محلی، انجام پروژه‌های عمرانی و غیره نمی‌شود و جهت‌دهی فعالیت‌های شهری و ترسیم چشم‌انداز شهر در راستای دستیابی به توسعه پایدار از جمله مهم‌ترین وظایف مدیران شهری به شمار می‌رود (13).

در میان دسته بندی‌های مختلفی که در رابطه با مدل مدیریت شهری ارائه شده است می‌توان به چهار گونه ساختار اداری و مدل اصلی اشاره کرد که با توجه به تقسیم مسئولیت‌ها بدین شرح هستند (14):

۱. ساختار شورا - شهردار ضعیف<sup>۱</sup>؛ ۲. ساختار شورا - شهردار قوی<sup>۲</sup>؛ ۳. سیستم کمیسیونی<sup>۳</sup>؛ ۴. سیستم مدیر شورا<sup>۴</sup>. روش انتخاب برای اداره سیستم شهرداری در ایران با توجه به قانون شهرداری ها مصوب ۱۳۳۴ و اصلاحات بعدی آن و قانون تشکیلات، وظایف و انتخابات شوراهای اسلامی کشور و انتخاب شهرداران مصوب ۱۳۷۵ و اصلاحات بعدی آن از نوع «سیستم شورای شهر - شهردار» می-باشد. از بررسی مدل مدیریت شهری در کلان شهرها چنین برداشت می شود که نوع مدل مدیریت شهری در ایران مدل شورا مدیر شهر است. تحلیل الگوی مدیریتی و ویژگی های این نوع مدل در ایران به ویژه انتصابی بودن شهردار، سبب وابستگی شدید عناصر مدل مدیریت شهری به ساختار کلان قدرت شده و این روند به نوبه خود فقدان و کمبود نهادهای مدنی و مشارکت مردمی را تشدید کرده و موجب تبدیل شدن عرصه مدیریت شهری به یک عرصه تجدید قدرت برای گروه های قدرت سیاسی در سطح ملی شده است (15).

### الگوی فعلی نظام مدیریت شهری در ایران

نظام مدیریت شهری در ایران در حال حاضر با شکل گیری شوراهای اسلامی شهر تقریبا با اندکی تفاوت به لحاظ افزایش یک عنصر به سیستم مدیریت شهری در آن در چارچوب همان نظام قبلی است. چرا که افزایش این عنصر به سیستم مدیریت شهری هنوز نتوانسته است حرکت کند و پراکنده و ناهماهنگ و حتی در برخی از مواقع فعالیت های غیرمشروع (مشروعیت اجتماعی اقدامات از نظرگاه شهروندان) سیستم مدیریت شهری را سرعت و وحدت بخشد و به جوابگویی نیازهای جامعه شهری بپردازد.



شکل ۱- الگوی فعلی مدیریت شهری در ایران

مأخذ: (16)

1 The Weak Mayor-Council Structure  
 2 The Strong Mayor Council Structure  
 3 The Commission System  
 4 The Council – Manager System

همانطور که در شکل شماره ۱ ملاحظه می شود شهروندان در انتخاب شوراهای اسلامی شهر دخالت مستقیم دارند ولی شوراها در اداره امور جاری خود فقط با شهرداری و فرمانداری ارتباط مستقیم دارند که البته این ارتباط با شهرداری به صورت ناقص انجام می گیرد آن چنانکه این شورا را شورای شهرداری هم نامیده اند. ارتباط شورای اسلامی شهر با فرمانداری نیز در حد کنترل و نظارت بر مصوبات شوراها توسط فرمانداری و جلب نظرات آنها توسط شوراها می باشد. شورای اسلامی شهر نمی تواند به طور مستقیم با سایر سازمان های ذیربط در امور شهری ارتباط کاری داشته باشند و باید از مجموعه وزارت کشور این ارتباط فراهم گردد (Kumar & Pushplata, 2017).

### جایگاه شهرداری در مدیریت ساخت و سازهای شهری

شهرداری مهم ترین سازمان مسئول و نظارتی راجع به احداث هرگونه بنا و ساختمان در حدود منطقه شهری است. این وظیفه شهرداری از یک حیث در بند ۲۴ ماده ۵۵ قانون شهرداری و از جنبه ای دیگر در بند ۱۴ همان ماده ذکر شده است. قانون الحاق موادی به قانون شهرداری، مصوب ۱۳۴۵ و اصلاحات بعدی، به ویژه ماده ۱۰۰ این قانون و تبصره های آن جزئیات بیشتری از حدود وظایف شهرداری در این زمینه و سازوکارهای عملی و ضمانت های اجرایی آن را مطرح می نماید.

به موجب بند ۲۴، «صدور پروانه برای کلیه ساختمان هایی که در شهر احداث می شود بر عهده شهرداری است». تبصره ذیل همین بند اضافه می کند: شهرداری در شهرهایی که نقشه جامع شهر تهیه شده مکلف است طبق ضوابط نقشه مذکور در پروانه های ساختمانی، نوع استفاده از ساختمان را قید کند. در صورتی که برخلاف مندرجات پروانه ساختمانی در منطقه غیرتجاری محل کسب یا پیشه و یا تجارت دایر شود، شهرداری مورد را در کمیسیون مقرر در تبصره ۱ ماده ۱۰۰ این قانون مطرح می نماید و کمیسیون در صورت احراز تخلف مالک یا مستأجر با تعیین مهلت مناسب که نباید از دو ماه تجاوز نماید در مورد تعطیلی محل کسب یا پیشه یا تجارت ظرف مدت یک ماه تصمیم اتخاذ می کند. این تصمیم به وسیله مأمورین شهرداری اجرا می شود.

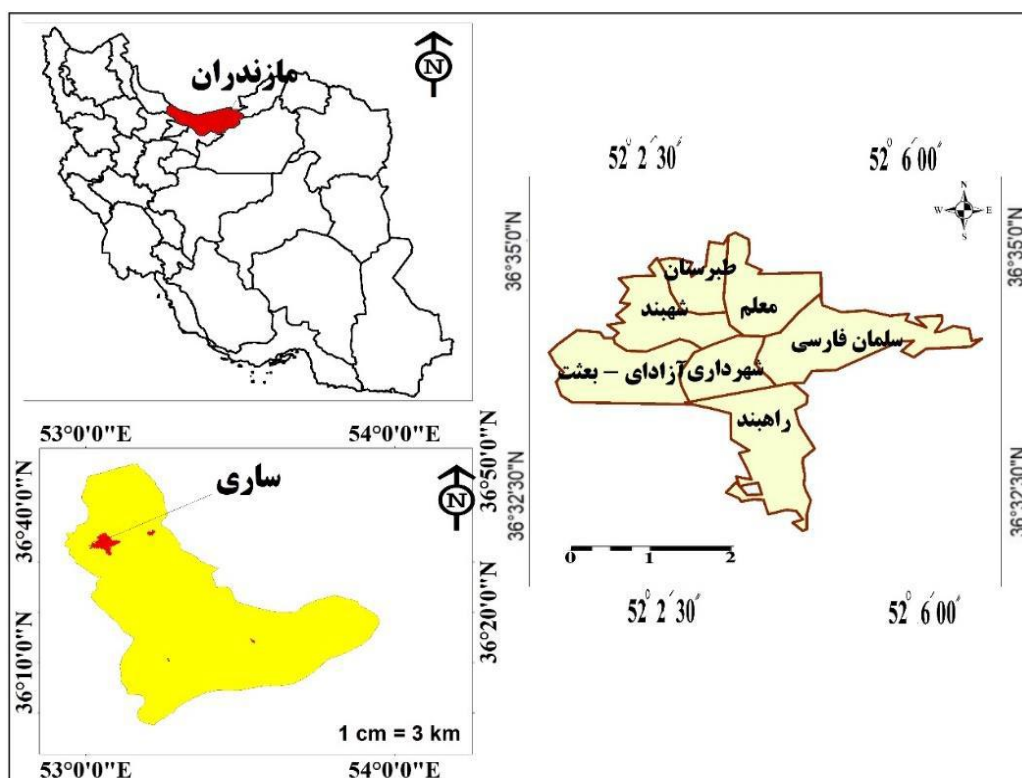
اطلاق بند ۲۴، حاکی از آن است که هر نوع ساختمانی فارغ از نوع کاربری و مالکیت آن ضرورتاً باید از شهرداری پروانه ساخت دریافت کند در مورد صدور پروانه ساختمان شهرداری مسئول اجرای کلیه ضوابطی است که برای احداث ساختمان در شهر مقرر شده است، اعم از آنکه این مقررات توسط شورای شهر و شهرداری، در چارچوب اختیارات قانونی وضع شده باشند و یا توسط سایر مراجع قانونی ذی ربط ویژگی های جامعه شهری از جهات متعدد به گونه ای است که الگوی ساخت و ساز برای استفاده های مختلف آموزشی، اداری، تجاری، خدماتی و حتی نظامی و انتظامی و نیز استانداردهای معماری و ایمنی ساختمان سازی در آن از اهمیت درجه اول برخوردار است. محدودیت جغرافیایی شهر و احتمالاً محدودیت زمین در شهر، رعایت پاره ای محدودیت ها در ساخت و ساز شهری را ایجاب می کند. همچنین اقتضائات متعددی مانند امور زیست محیطی، فرهنگی، اقتصادی، انسانی و مانند اینها نیز بر لزوم اعمال الگوی از پیش تعریف شده مشخص برای احداث ساختمان در شهر تأکید می کنند (16).

این وظیفه شهرداری در مرحله احداث خلاصه نشده و به مراقبت در حفظ کاربری مصوبه زمین قبل از

احداث و پس از آن نیز ادامه می باید. بخشی از وظیفه نظارت شهرداری بر امور ساختمانی در بند ۲۴ قانون شهرداری ذکر شده است که ناظر به نوع استفاده از ساختمان است. نظم زندگی کالبدی شهری و حقوق شهرنشینان اقتضا دارد نحوه استفاده از ساختمان با انواع کاربری های پیرامونی و با نیازهای محلی و منطقه ای هر قسمت از شهر متناسب باشد. در واقع در شهرهایی که نقشه جامع شهر تهیه شده و نوع کاربری زمین های معین شده است، شهرداری ملزم است در زمان صدور پروانه ساخت، نوع کاربری معین شده در نقشه جامع شهر را برای نوع ساختمان احداثی رعایت کند و کاربری ساختمان مطابق با همان کاربری باشد که در نقشه جامع مشخص شده است. علاوه بر این پس از احداث ساختمان نیز نوع استفاده از ساختمان باید برابر با نوع کاربری تعیین شده باشد (17). جنبه دیگر نظارت شهرداری به کیفیت ایمنی ساختمان ها مرتبط است که در بند ۱۴ به آن تأکید شده است. مطابق قسمتی از این بند شهرداری موظف به «رفع خطر از بناهای شکسته و خطرناک واقع در معابر عمومی و کوچه ها و اماکن عمومی و دالان های عمومی و خصوصی...» است ضمانت اجرایی این وظیفه، در تبصره همین بند به این ترتیب ذکر شده است که شهرداری پس از کسب نظر کارشناسان خود، موضوع را به مالکان یا متصرفان ملک اعلام می نماید تا ظرف مهلت متناهی رأساً نسبت به رفع خطر اقدام کنند. در غیر این صورت شهرداری رأساً باید نسبت به رفع خطر از بنا به هزینه مالک، اقدام کند. به نظر می رسد از لحاظ حقوقی چنانچه مهلت اعطایی به مالک برای رفع خطر به پایان برسد و شهرداری اقدام به تخریب را به تأخیر انداخته و در طول این مدت ملک تخریب و موجب ورود خسارت به غیر شود، شهرداری در برابر زیان دیده متضامناً با مالک مسئول جبران خسارت خواهد بود. از ویژگی های مهم این تبصره تفویض اختیار تخریب ملک به شهرداری به تشخیص خود شهرداری است اقدام به تخریب ملک غیر، در واقع اقدامی است که برخلاف اصل مالکیت و لوازم آن انجام می شود. اصل آن است که هرگونه اقدامی از این قبیل یا باید با رضایت ذی نفع انجام شود یا به حکم دادگاه با این حال قانون گذار چنین موردی را از باب اضطرار و دفع افسد به فاسد مستثنی دانسته و بدون رسیدگی قضایی اجازه تشخیص و تخریب به شهرداری داده است (18).

#### محدوده مورد مطالعه

ساری مرکز استان مازندران در شمال ایران، یکی از بزرگترین و پرجمعیتترین شهرهای استان مازندران و شمال کشور است که در طول جغرافیایی ۲۸,۴۸ درجه و عرض جغرافیایی ۴۰,۳۶ درجه واقع شده است. از لحاظ موقعیت طبیعی، این شهر در جنوب دریای مازندران و در منطقه جلگه ای شهرستان ساری قرار گرفته و تنها قسمت های جنوبی و جنوب غربی آن به کوه ها و تپه ماهورهای کم ارتفاع منتهی می گردد. ارتفاع شهر از سطح دریاهای آزاد ۱۸,۵ متر و اختلاف مساحت آن تا ساحل دریای مازندران ۲۴ کیلومتر می باشد. شیب عمومی شهر از جنوب به شمال بوده و بسیار ملایم است (19). در شکل شماره ۱ مختصات شهر ساری به صورت پهنه نشان داده شده است.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

منبع: (20) ایلاتلو و همکاران، ۱۴۰۰: ۲۳۰

## مواد و روش ها

پژوهش حاضر توصیفی و از شاخه پیمایشی است. از حیث نوع جمع آوری داده‌ها، پژوهشی میدانی (از طریق پرسشنامه) می‌باشد. از آنجایی که تعیین درجه اهمیت و اولویت‌بندی شاخص‌ها، مسأله بسیار مهمی است و بر رتبه‌بندی نهایی پیمانکاران نیز تأثیر مستقیم می‌گذارد؛ همچنین تمام محاسبات مربوط به روش AHP براساس مقایسات زوجی صورت می‌گیرد، روش معقول و منطقی آن است که درجه اهمیت و اولویت‌بندی شاخص‌ها را بر اساس اجماع نظرات کارشناسان دست‌اندرکار به دست آوریم تا علاوه بر ایجاد اطمینان به نتایج به‌دست آمده بتوان در برگزاری مناقصات پروژه‌های عمرانی نیز به نتایج این تحقیق استناد کرد. به همین منظور پرسشنامه‌ای تدوین شد، تا با استفاده از تصمیم‌گیری گروهی بر اساس روش AHP شاخص‌های اصلی و فرعی به‌صورت زوجی مقایسه شوند. در ادامه، ۵۵ نسخه از پرسشنامه مذکور برای جمع‌آوری قضاوت‌های افراد منتخب درباره اهمیت شاخص‌ها میان خبرگان توزیع گردید. جهت تشکیل ماتریس‌های مقایسه زوجی نهایی قضاوت‌های افراد گروه با یکدیگر تلفیق گردید و در عین حال یکی از بهترین روش‌ها برای ترکیب جدول‌های مقایسه‌ای اعضای گروه تصمیم‌گیری استفاده از میانگین هندسی است. برای تجزیه و تحلیل داده‌های این تحقیق و به منظور افزایش دقت و سرعت انجام محاسبات از نرم‌افزار Expert choice استفاده شد. با وارد کردن داده‌های به‌دست آمده در نرم‌افزار مذکور، وزن به‌دست آمده برای هر شاخص مشخص می‌شود.

جدول ۱- شاخص های مدیریت شهری در پروژه های عمرانی شهر ساری

نماد شاخص	شاخص	نماد معیار	معیار
M <sub>1</sub>	سابقه اجرایی در رشته و زمینه کاری موردنظر	M	شاخص مهارتی - توانایی، پیشینه و سابقه موفق پیمانکاران
M <sub>2</sub>	بومی بودن پیمانکار یا داشتن تجربه در محل اجرای پروژه		
M <sub>3</sub>	خلاقیت و نوآوری در پروژه های قبلی		
M <sub>4</sub>	کاربرد روشها و سازمان اجرایی مناسب و نظم و ترتیب در امور کارگاه		
M <sub>5</sub>	طبقه بندی مدارک کارگاهی و مستند سازی کارهای انجام شده قبلی		
M <sub>6</sub>	ارتباط و هماهنگی مستمر با کارفرما و دستگاه نظارت		
C <sub>1</sub>	توان مالی و پشتیبانی	C	شاخص اقتصادی - مالی
C <sub>2</sub>	قیمت پیشنهادی		
C <sub>3</sub>	چگونگی آنالیز بها		
C <sub>4</sub>	پرداخت به موقع دستمزد کارکنان ، عوامل کارگاهی و پیمانکاران جزء		
C <sub>5</sub>	بیمه نمودن کلیه امکانات، تجهیزات و پرسنل در قبال حوادث احتمالی		
R <sub>1</sub>	مدیریت کارآمد و سیستم مدیریتی مناسب	R	شاخص مدیریتی و کادر تخصصی
R <sub>2</sub>	ثبات اعضای هیات مدیره و کادر متخصص		
R <sub>3</sub>	میزان تحصیلات، رشته تحصیلی و تجربه اجرایی کادر متخصص و عناصر کلیدی		
R <sub>4</sub>	ارائه مقاله در همایشها ، کنفرانسها و مجلات تخصصی		
R <sub>5</sub>	آثار، تألیفات و تحقیقات علمی و فنی		
R <sub>6</sub>	آموزش مستمر کارکنان		
T <sub>1</sub>	داشتن تجهیزات و ماشین آلات آماده به کار یا در دسترس	T	شاخص تجهیزات
T <sub>2</sub>	تجهیز کامل و به موقع کارگاه		
H <sub>1</sub>	احراز صلاحیت های مختلف از سازمانها و ارگانهای رسمی و معتبر	H	شاخص حسن سابقه و اعتبار
H <sub>2</sub>	دریافت جوایز و تقدیر نامه های رسمی		
H <sub>3</sub>	حسن سابقه در کارهای قبلی		
H <sub>4</sub>	اعتبار و خوشنامی شرکت و پرسنل کلیدی		

مأخذ: (11)،(12)،(21)،(22)

## یافته ها

معیارهای پژوهش ابتدا با یکدیگر مقایسه شده و نتایج آن در ادامه ارائه شده است. که مقایسات زوجی توسط افراد خبره با توجه به امتیازات کسب شده انجام گرفته و میانگین هندسی نظرات آنها به صورت جدول زیر آورده شده است.

جدول ۲- ماتریس مقایسه زوجی معیارهای پژوهش نسبت به یکدیگر

معیار	M	C	R	T	H
M	۱,۰۰	۰,۳۳	۰,۳۳	۰,۵۰	۲,۰۰
C	۳,۰۰	۱,۰۰	۰,۵۰	۴,۰۰	۲,۰۰
R	۳,۰۰	۲,۰۰	۱,۰۰	۳,۰۰	۲,۰۰
T	۲,۰۰	۰,۲۵	۰,۳۳	۱,۰۰	۰,۳۳
H	۰,۵۰	۰,۵۰	۰,۵۰	۳,۰۰	۱,۰۰

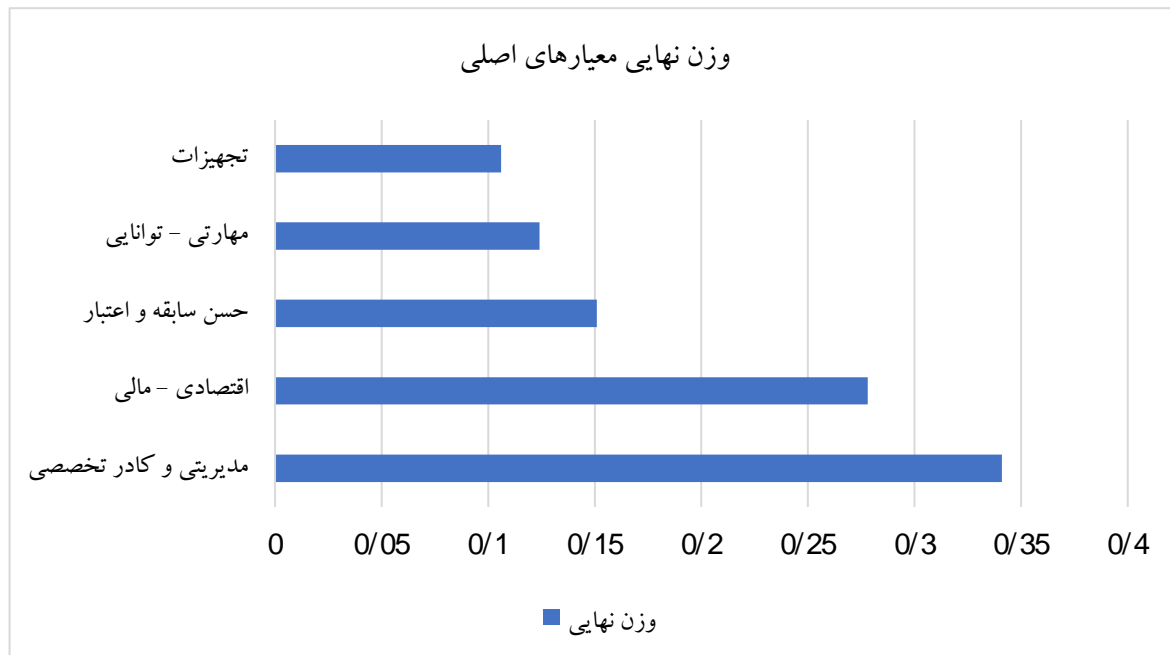
Inconsistency = 0.03

منبع: یافته های پژوهش، ۱۴۰۲

جدول ۳- وزن و مقادیر اولویت معیارهای ارزیابی نسبت به یکدیگر

اولویت	وزن	معیار
۱	۰,۳۴۱	مدیریتی و کادر تخصصی
۲	۰,۲۷۸	اقتصادی - مالی
۳	۰,۱۵۱	حسن سابقه و اعتبار
۴	۰,۱۲۴	مهارتی - توانایی
۵	۰,۱۰۶	تجهیزات

منبع: یافته های پژوهش، ۱۴۰۲



نمودار ۱- وزن معیارهای پژوهش

منبع: یافته های پژوهش، ۱۴۰۲

در بررسی وزن نهایی معیارهای اصلی عامل مدیریت و کادر تخصصی با وزن ۰,۳۴۱ در رتبه اول قرار گرفت.

### رتبه بندی شاخص های عوامل مهارتی - توانایی

با توجه به انتخاب شش شاخص به عنوان زیرمعیارهای عوامل مهارتی - توانایی، و نیز استفاده از میانگین هندسی نظرات خبرگان جهت ترکیب جدول های مقایسه ای، جدول شماره ۴ شامل نتایج مقایسات زوجی شاخص های عوامل مهارتی - توانایی می باشد.

جدول ۴- ماتریس مقایسه شاخص های عوامل مهارتی - توانایی

شاخص	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>	M <sub>5</sub>	M <sub>6</sub>
M <sub>1</sub>	۱,۰۰	۰,۵۰	۳,۰۰	۴,۰۰	۵,۰۰	۲,۰۰
M <sub>2</sub>	۲,۰۰	۱,۰۰	۴,۰۰	۵,۰۰	۶,۰۰	۳,۰۰
M <sub>3</sub>	۰,۳۳	۰,۲۵	۱,۰۰	۲,۰۰	۳,۰۰	۰,۵۰
M <sub>4</sub>	۰,۲۵	۰,۲۰	۰,۵۰	۱,۰۰	۲,۰۰	۰,۳۳
M <sub>5</sub>	۰,۲۰	۰,۱۷	۰,۳۳	۰,۵۰	۱,۰۰	۰,۲۵
M <sub>6</sub>	۰,۵۰	۰,۳۳	۲,۰۰	۳,۰۰	۴,۰۰	۱,۰۰
مجموع	۴,۲۸	۲,۴۵	۱۰,۸۳	۱۵,۵۰	۲۱,۰۰	۷,۰۸

Inconsistency = 0.06

منبع: یافته های پژوهش، ۱۴۰۲

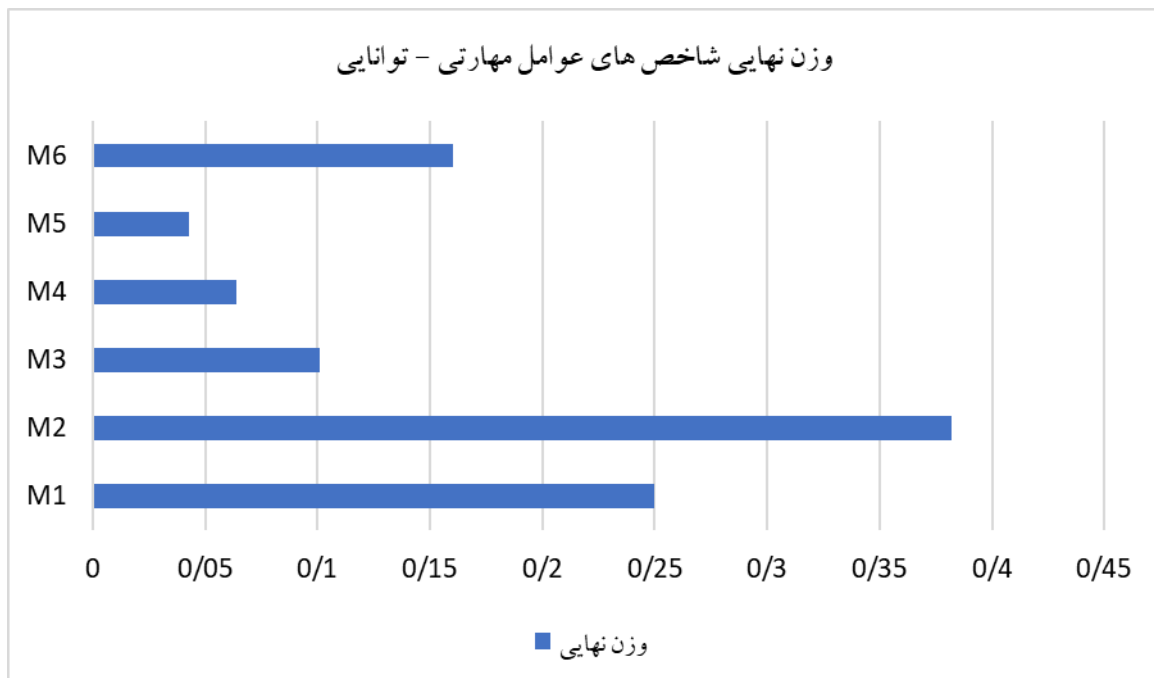
نرخ سازگاری مکانیزی است که سازگاری مقایسه ها را نشان می دهد و مشخص می کند که تا چه اندازه می توان به اولویت های حاصل از اعضای گروه و یا اولویت های جدول های ترکیبی اعتماد کرد. تجربه نشان داده است که اگر نرخ سازگاری (CR) کمتر از ۰,۱۰ باشد می توان سازگاری مقایسه ها را پذیرفت. لذا در تحلیل مقدار بدست آمده CR می توان گفت که مقایسات زوجی گروه در جدول بالا از سازگاری برخوردار است. چون نرخ سازگاری برابر با ۰,۰۶ و کمتر از ۰,۱۰ می باشد.

جدول ۵- وزن و مقادیر اولویت شاخص های عوامل مهارتی - توانایی نسبت به یکدیگر

اولویت	وزن	نماد شاخص	شاخص
۲	۰,۲۵۰	M <sub>1</sub>	سابقه اجرایی در رشته و زمینه کاری موردنظر
۱	۰,۳۸۲	M <sub>2</sub>	بومی بودن پیمانکار یا داشتن تجربه در محل اجرای پروژه
۴	۰,۱۰۱	M <sub>3</sub>	خلاقیت و نوآوری در پروژه های قبلی
۵	۰,۰۶۴	M <sub>4</sub>	کاربرد روش ها و سازمان اجرایی مناسب و نظم و ترتیب در امور کارگاه
۶	۰,۰۴۳	M <sub>5</sub>	طبقه بندی مدارک کارگاهی و مستند سازی کارهای انجام شده قبلی
۳	۰,۱۶۰	M <sub>6</sub>	ارتباط و هماهنگی مستمر با کارفرما و دستگاه نظارت

منبع: یافته های پژوهش، ۱۴۰۲





نمودار ۲- وزن شاخص های عوامل مهارتی - توانایی

منبع: یافته های پژوهش، ۱۴۰۲

در بررسی شاخص های عوامل مهارتی - توانایی مشخص شده است که شاخص بومی بودن پیمانکار با تجربه با وزن ۰,۳۸۲ در رتبه اول قرار گرفته است.

### رتبه بندی شاخص های عوامل اقتصادی - مالی

برای بررسی عوامل اقتصادی-عاملی پنج شاخص بدین شرح تعریف شده است: ۱- توان مالی و پشتیبانی؛ ۲- قیمت پیشنهادی؛ ۳- چگونگی آنالیز بها؛ ۴- پرداخت به موقع دستمزد کارکنان، عوامل کارگاهی و پیمانکاران جزء؛ و ۵- بیمه نمودن کلیه امکانات، تجهیزات و پرسنل در قبال حوادث احتمالی. مقایسه این شاخص ها در جدول شماره ۶ نشان داده شده است.

جدول ۶- ماتریس مقایسه شاخص های عوامل اقتصادی - مالی

C <sub>5</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	شاخص
۴,۰۰	۵,۰۰	۳,۰۰	۲,۰۰	۱,۰۰	C <sub>1</sub>
۳,۰۰	۴,۰۰	۲,۰۰	۱,۰۰	۰,۵۰	C <sub>2</sub>
۲,۰۰	۳,۰۰	۱,۰۰	۰,۵۰	۰,۳۳	C <sub>3</sub>
۰,۵۰	۱,۰۰	۰,۳۳	۰,۲۵	۰,۲۰	C <sub>4</sub>
۱,۰۰	۲,۰۰	۰,۵۰	۰,۳۳	۰,۲۵	C <sub>5</sub>
۱۰,۵۰	۱۵,۰۰	۶,۸۳	۴,۰۸	۲,۲۸	مجموع

Inconsistency = 0.001

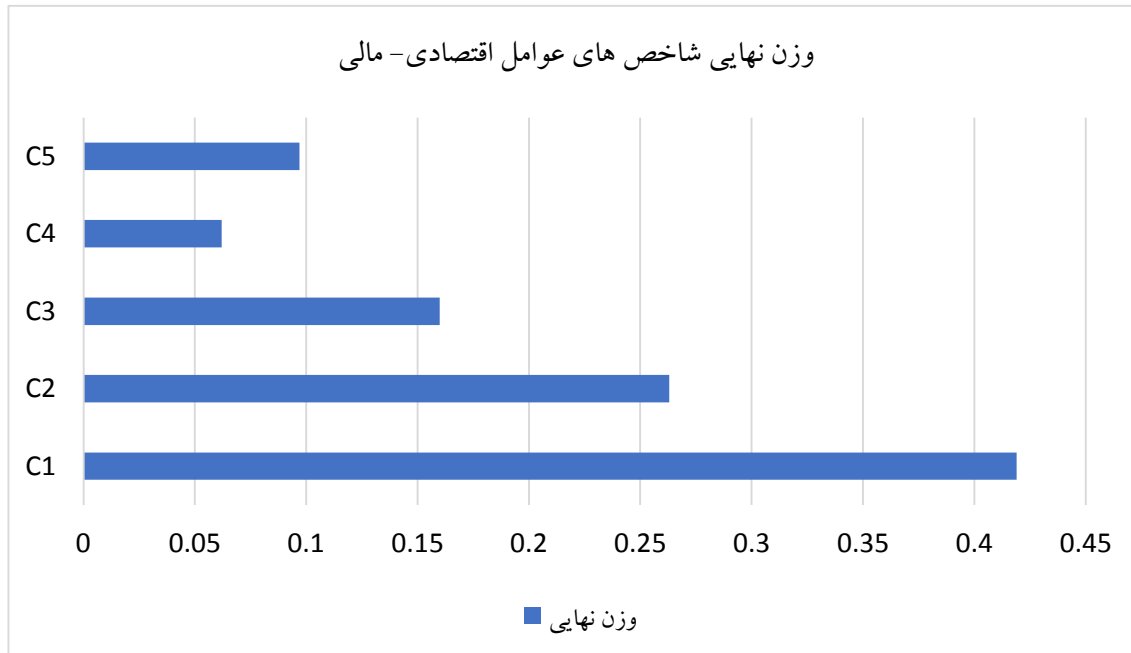
منبع: یافته های پژوهش، ۱۴۰۲

با توجه به جدول شماره ۶ در تحلیل مقدار بدست آمده CR می توان گفت که مقایسات زوجی گروه در جدول بالا از سازگاری برخوردار است. چون نرخ سازگاری برابر با ۰,۰۰۱ و کمتر از ۰,۱۰ می باشد.

جدول ۷- وزن و مقادیر اولویت شاخص های عوامل اقتصادی - مالی نسبت به یکدیگر

اولویت	وزن	نماد شاخص	شاخص
۱	۰,۴۱۹	C <sub>1</sub>	توان مالی و پشتیبانی
۲	۰,۲۶۳	C <sub>2</sub>	قیمت پیشنهادی
۳	۰,۱۶۰	C <sub>3</sub>	چگونگی آنالیز بها
۵	۰,۰۶۲	C <sub>4</sub>	پرداخت به موقع دستمزد کارکنان، عوامل کارگاهی و پیمانکاران جزء
۴	۰,۰۹۷	C <sub>5</sub>	بیمه نمودن کلیه امکانات، تجهیزات و پرسنل در قبال حوادث احتمالی

منبع: یافته های پژوهش، ۱۴۰۲



نمودار ۳- وزن شاخص های عوامل اقتصادی - مالی

منبع: یافته های پژوهش، ۱۴۰۲

بر اساس جدول و شکل بالا مشخص شده است که شاخص توان مالی و پشتیبانی نسبت به سایر شاخص ها با وزن ۰,۴۱۹، اولویت اول را به خود اختصاص داده است.

رتبه بندی شاخص های عوامل مدیریتی و کادر تخصصی

برای بررسی عوامل مدیریتی و کادر تخصصی، شش شاخص بدین شرح تعریف شده است: ۱- مدیریت کارآمد و سیستم مدیریتی مناسب؛ ۲- ثبات اعضای هیات مدیره و کادر متخصص؛ ۳- میزان تحصیلات، رشته تحصیلی و تجربه اجرایی کادر متخصص و عناصر کلیدی؛ ۴- ارائه مقاله در همایش ها، کنفرانس ها و مجلات تخصصی؛ ۵- آثار، تألیفات و تحقیقات علمی و فنی؛ و ۶- آموزش مستمر کارکنان. مقایسه این شاخص ها در جدول شماره ۸ نشان داده شده است.

جدول ۸- ماتریس مقایسه شاخص های عوامل مدیریتی و کادر تخصصی

شاخص	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>	R <sub>5</sub>	R <sub>6</sub>
R <sub>1</sub>	۱,۰۰	۴,۰۰	۲,۰۰	۶,۰۰	۵,۰۰	۳,۰۰
R <sub>2</sub>	۰,۲۵	۱,۰۰	۰,۳۳	۳,۰۰	۲,۰۰	۰,۵۰
R <sub>3</sub>	۰,۵۰	۳,۰۰	۱,۰۰	۵,۰۰	۴,۰۰	۲,۰۰
R <sub>4</sub>	۰,۱۷	۰,۳۳	۰,۲۰	۱,۰۰	۰,۵۰	۰,۲۵
R <sub>5</sub>	۰,۲۰	۰,۵۰	۰,۲۵	۲,۰۰	۱,۰۰	۰,۲۵
R <sub>6</sub>	۰,۳۳	۲,۰۰	۰,۵۰	۴,۰۰	۴,۰۰	۱,۰۰
مجموع	۲,۴۵	۱۰,۸۳	۴,۲۸	۲۱,۰۰	۱۶,۵۰	۷,۰۰

Inconsistency = 0.04

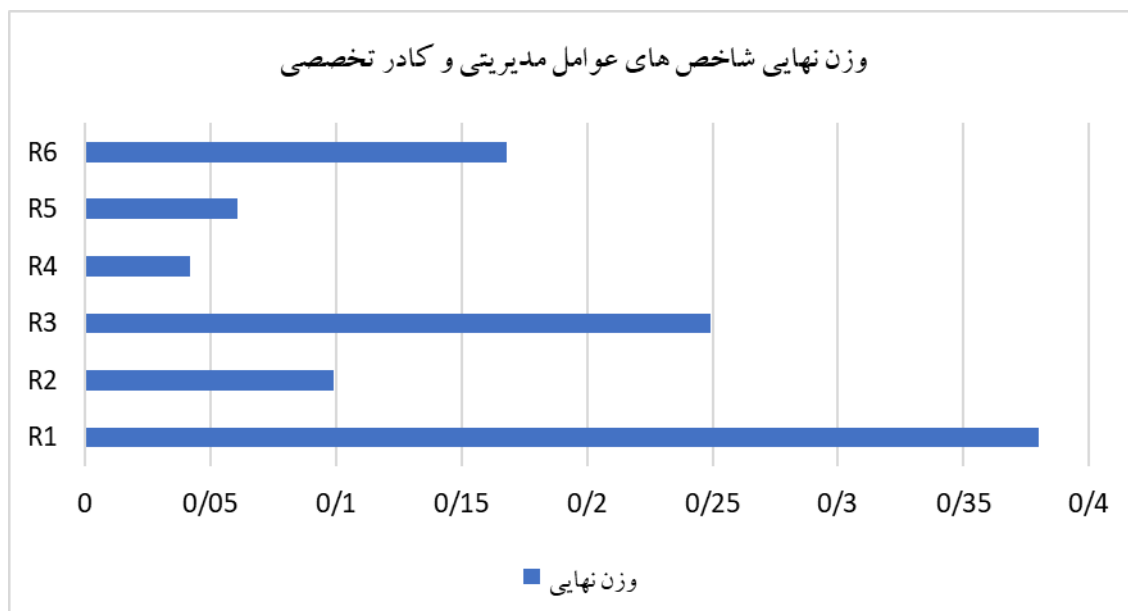
منبع: یافته های پژوهش، ۱۴۰۲

با توجه به جدول شماره ۸ در تحلیل مقدار بدست آمده CR می توان گفت که مقایسات زوجی گروه در جدول بالا از سازگاری برخوردار است. چون نرخ سازگاری برابر با ۰,۰۴ و کمتر از ۰,۱۰ می باشد.

جدول ۹- وزن و مقادیر اولویت شاخص های عوامل مدیریتی و کادر تخصصی نسبت به یکدیگر

اولویت	وزن	نماد شاخص	شاخص
۱	۰,۳۸۰	R <sub>1</sub>	مدیریت کارآمد و سیستم مدیریتی مناسب
۴	۰,۰۹۹	R <sub>2</sub>	ثبات اعضای هیات مدیره و کادر متخصص
۲	۰,۲۴۹	R <sub>3</sub>	میزان تحصیلات، رشته تحصیلی و تجربه اجرایی کادر متخصص و عناصر کلیدی
۶	۰,۰۴۲	R <sub>4</sub>	ارائه مقاله در همایشها، کنفرانسها و مجلات تخصصی
۵	۰,۰۶۱	R <sub>5</sub>	آثار، تألیفات و تحقیقات علمی و فنی
۳	۰,۱۶۸	R <sub>6</sub>	آموزش مستمر کارکنان

منبع: یافته های پژوهش، ۱۴۰۲



نمودار ۴- وزن شاخص های عوامل مدیریتی و کادر تخصصی

منبع: یافته های پژوهش، ۱۴۰۲

بر اساس جدول و شکل بالا مشخص شده است که شاخص مدیریت کارآمد و سیستم مدیریتی مناسب نسبت به سایر شاخص ها با وزن ۰,۳۸۰، اولویت اول را به خود اختصاص داده است.

### رتبه بندی شاخص های عوامل تجهیزات

برای بررسی عوامل تجهیزات، دو شاخص بدین شرح تعریف شده است: ۱- داشتن تجهیزات و ماشین آلات آماده به کار یا در دسترس؛ و ۲- تجهیز کامل و به موقع کارگاه. مقایسه این شاخص ها در جدول شماره ۱۰ نشان داده شده است.

جدول ۱۰- ماتریس مقایسه شاخص های عوامل تجهیزات

شاخص	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>
T <sub>1</sub>	۱,۰۰	۲,۰۰
T <sub>2</sub>	۰,۵۰	۱,۰۰
مجموع	۱,۵۰	۳,۰۰

Inconsistency = 0.03

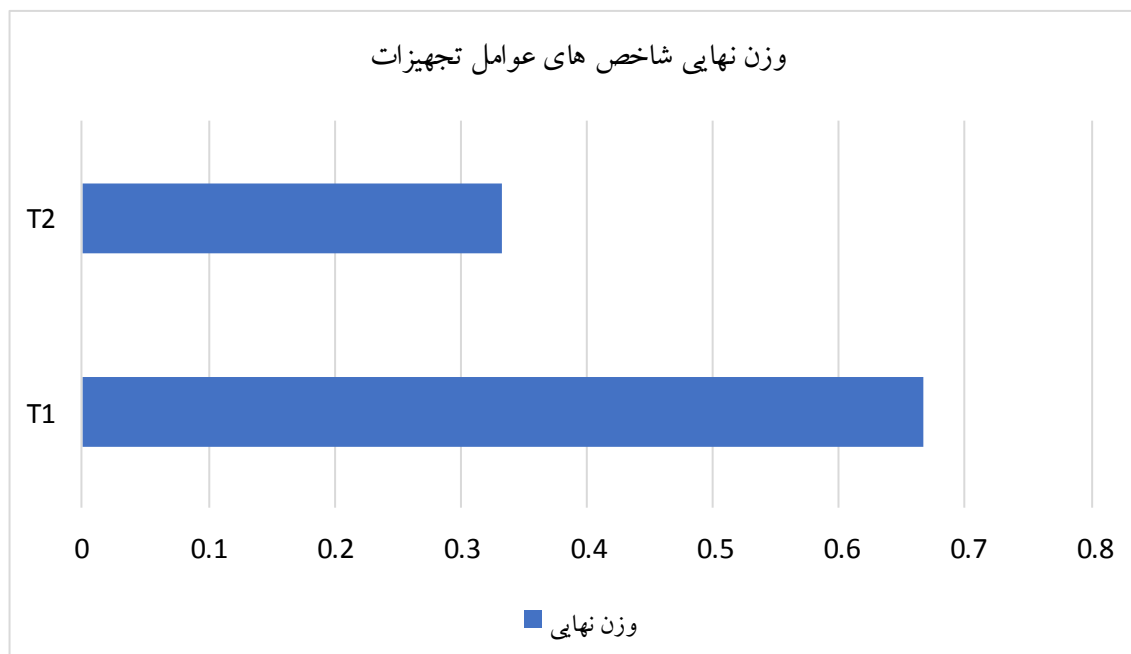
منبع: یافته های پژوهش، ۱۴۰۲

با توجه به جدول شماره ۱۰ در تحلیل مقدار بدست آمده CR می توان گفت که مقایسات زوجی گروه در جدول بالا از سازگاری برخوردار است. چون نرخ سازگاری برابر با ۰,۰۳ و کمتر از ۰,۱۰ می باشد.

جدول ۱۱- وزن و مقادیر اولویت شاخص های عوامل تجهیزات نسبت به یکدیگر

اولویت	وزن	نماد شاخص	شاخص
۲	۰,۶۶۷	T <sub>1</sub>	داشتن تجهیزات و ماشین آلات آماده به کار یا در دسترس
۱	۰,۳۳۳	T <sub>2</sub>	تجهیز کامل و به موقع کارگاه

منبع: یافته های پژوهش، ۱۴۰۲



نمودار ۵- وزن شاخص های عوامل تجهیزات

منبع: یافته های پژوهش، ۱۴۰۲

بر اساس جدول و شکل بالا مشخص شده است که شاخص داشتن تجهیزات و ماشین آلات آماده به کار یا در دسترس با وزن ۰,۶۶۷، اولویت اول را به خود اختصاص داده است.

### رتبه‌بندی شاخص‌های عوامل حسن سابقه و اعتبار

برای بررسی عوامل حسن سابقه و اعتبار، چهار شاخص بدین شرح تعریف شده است: ۱- احراز صلاحیت های مختلف از سازمانها و ارگانهای رسمی و معتبر؛ ۲- دریافت جوایز و تقدیر نامه های رسمی؛ ۳- حسن سابقه در کارهای قبلی؛ و ۴- اعتبار و خوشنامی شرکت و پرسنل کلیدی. مقایسه این شاخص‌ها در جدول شماره ۱۲ نشان داده شده است.

جدول ۱۲- ماتریس مقایسه شاخص‌های عوامل حسن سابقه و اعتبار

شاخص	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H <sub>4</sub>
H <sub>1</sub>	۱,۰۰	۴,۰۰	۰,۸۳	۱,۲۰
H <sub>2</sub>	۰,۲۵	۱,۰۰	۰,۲۵	۰,۲۵
H <sub>3</sub>	۱,۲۰	۴,۰۰	۱,۰۰	۱,۲۰
H <sub>4</sub>	۰,۸۳	۴,۰۰	۰,۸۳	۱,۰۰
مجموع	۳,۲۸	۱۳,۰۰	۲,۹۲	۳,۶۵

Inconsistency = 0.007

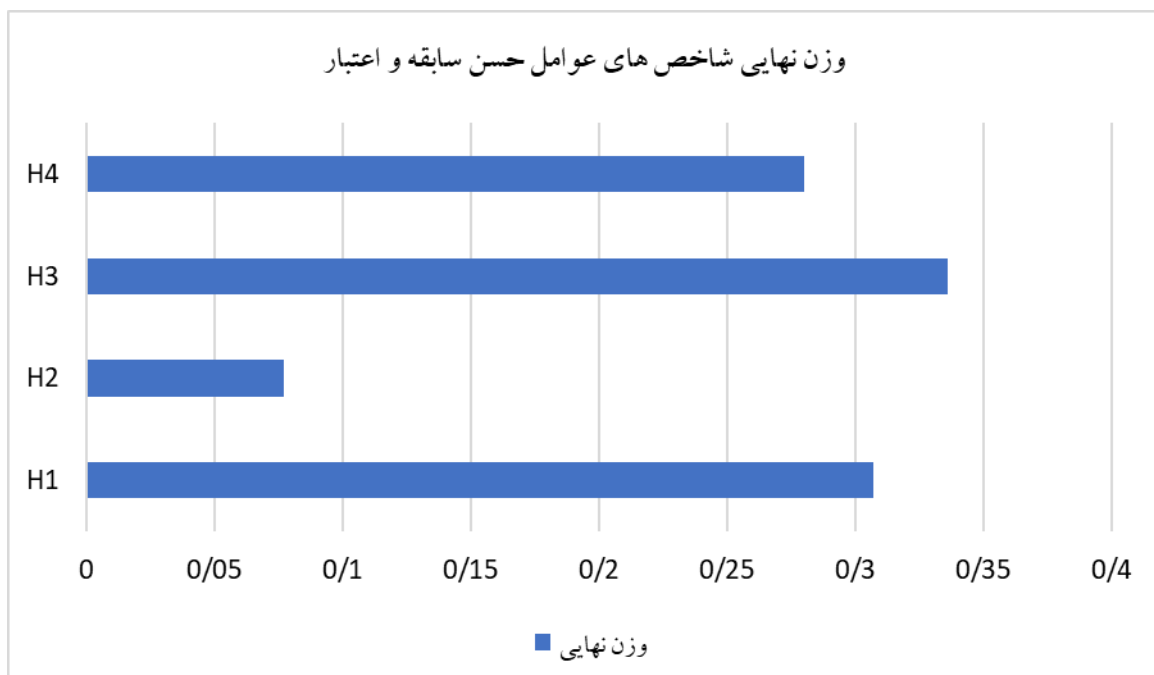
منبع: یافته های پژوهش، ۱۴۰۲

با توجه به جدول شماره ۱۲ در تحلیل مقدار بدست آمده CR می‌توان گفت که مقایسات زوجی گروه در جدول بالا از سازگاری برخوردار است. چون نرخ سازگاری برابر با ۰,۰۰۷ و کمتر از ۰,۱۰ می‌باشد.

جدول ۱۳- وزن و مقادیر اولویت شاخص‌های عوامل حسن سابقه و اعتبار نسبت به یکدیگر

اولویت	وزن	نماد شاخص	شاخص
۲	۰,۳۰۷	H <sub>1</sub>	احراز صلاحیت های مختلف از سازمانها و ارگانهای رسمی و معتبر
۴	۰,۰۷۷	H <sub>2</sub>	دریافت جوایز و تقدیر نامه های رسمی
۱	۰,۳۳۶	H <sub>3</sub>	حسن سابقه در کارهای قبلی
۳	۰,۲۸۰	H <sub>4</sub>	اعتبار و خوشنامی شرکت و پرسنل کلیدی

منبع: یافته های پژوهش، ۱۴۰۲



نمودار ۶- وزن شاخص‌های عوامل حسن سابقه و اعتبار

بر اساس جدول و نمودار بالا مشخص شده است که شاخص حسن سابقه در کارهای قبلی با وزن ۰,۳۳۶، اولویت اول را به خود اختصاص داده است.

### بحث و نتیجه گیری

پروژه های عمرانی که در داخل و حومه شهرها و نیز در مناطق کوهستانی و دشت ها که از نظر پوشش گیاهی و جانوری دارای ارزش زیست محیطی هستند دارای خطرات بالقوه و بالفعلی هستند که برای مقابله با آن یا باید احداث پروژه های عمرانی را متوقف کرد که این خود امری محال است بخصوص در کشوری در حال توسعه مثل ایران و یا اینکه قبل از احداث پروژه های عمرانی با دست زدن به یک سری ارزیابی های زیست محیطی، اثرات سوء آن پروژه را براکوسیستم طبیعی بررسی کرده و حتی الامکان نقاطی را برای احداث پروژه انتخاب کرد که کمترین خطر را برای محیط زیست و بیشترین کاربرد را از لحاظ علمی و تکنولوژی داشته باشد. بطور مثال در هنگام طرح یک راه اگر عوامل اکولوژیکی جانوران و گیاهان مورد توجه قرار نگیرد چه بسا ساخت این راه بزرگترین ضربه را به محیط زیست منطقه بزند که بالتبع اثرات آن در دراز مدت گریبانگیر حیات انسان می شود.

پس از جمع آوری داده ها، مقایسات زوجی و تجزیه و تحلیل آن ها و با توجه به وزن شاخص های مرتبط با معیارهای مهارتی - توانایی، اقتصادی - مالی، مدیریتی و کادر تخصصی، تجهیزات و حسن سابقه و اعتبار، مقایسات زوجی صورت گرفته بین شاخص ها، رتبه بندی نهایی شاخص های مؤثر جهت مدل شناسایی و اولویت بندی شناسایی عوامل مؤثر بر تحقیق و بهبود شاخص های مدیریت شهری در پروژه های عمرانی شهر ساری به عنوان هدف اصلی پژوهش بصورت زیر مشخص شده است:

جدول ۱۴- اولویت بندی عوامل مؤثر بر مدیریت شهری در پروژه های عمرانی شهر ساری

اولویت	وزن	شاخص
۱	۰,۱۳۰	مدیریت کارآمد و سیستم مدیریتی مناسب
۲	۰۰,۱۱۷	توان مالی و پشتیبانی
۳	۰,۰۸۵	میزان تحصیلات، رشته تحصیلی و تجربه اجرایی کادر متخصص
۴	۰,۰۷۳	قیمت پیشنهادهای
۵	۰,۰۷۱	داشتن تجهیزات و ماشین آلات آماده به کار یا در دسترس
۶	۰,۰۵۷	آموزش مستمر کارکنان
۷	۰,۰۵۱	حسن سابقه در کارهای قبلی
۸	۰,۰۴۷	بومی بودن پیمانکار یا داشتن تجربه در محل اجرای پروژه
۹	۰,۰۴۶	احراز صلاحیت های مختلف از سازمان ها و ارگان های رسمی
۱۰	۰,۰۴۵	چگونگی آنالیز بها
۱۱	۰,۰۴۲	اعتبار و خوشنامی شرکت و پرسنل کلیدی
۱۲	۰,۰۳۵	تجهیز کامل و به موقع کارگاه
۱۳	۰,۰۳۴	ثبات اعضای هیات مدیره و کادر متخصص
۱۴	۰,۰۳۱	سابقه اجرائی در رشته و زمینه کاری مورد نظر
۱۵	۰,۰۲۷	بیمه نمودن کلیه امکانات، تجهیزات و پرسنل در قبال حوادث احتمالی
۱۶	۰,۰۲۱	آثار، تألیفات و تحقیقات علمی و فنی
۱۷	۰,۰۲۰	ارتباط و هماهنگی مستمر با کارفرما و دستگاه نظارت

اولویت	وزن	شاخص
۱۸	۰,۰۱۷	پرداخت به موقع دستمزد کارکنان، عوامل کارگاهی و پیمانکاران جزء
۱۹	۰,۰۱۴	ارائه مقاله در همایش‌ها، کنفرانس‌ها و مجلات تخصصی
۲۰	۰,۰۱۲	خلاقیت و نوآوری در پروژه‌های قبلی
۲۱	۰,۰۱۲	دریافت جوایز و تقدیرنامه‌های رسمی
۲۲	۰,۰۰۸	کاربرد روش‌ها و سازمان اجرایی مناسب و نظم در امور کارگاه
۲۳	۰,۰۰۵	طبقه‌بندی مدارک کارگاهی و مستند سازی کارهای انجام شده

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۲

بنابراین با توجه به نتایج بدست آمده، شاخص اول مؤثر، مدیریت کارآمد و سیستم مدیریتی مناسب و پس از آن به ترتیب توان مالی و پشتیبانی، میزان تحصیلات، رشته تحصیلی و تجربه اجرایی کادر متخصص، قیمت پیشنهادی، داشتن تجهیزات و ماشین‌آلات آماده به کار یا در دسترس و آموزش مستمر کارکنان بر تحقق و بهبود شاخص‌های مدیریت شهری در پروژه‌های عمرانی شهر ساری می‌باشد.

برای سنجش وضعیت شاخص‌های مدیریت شهری در پروژه‌های عمرانی شهر ساری، می‌توان از روش‌ها و ابزارهای مختلف استفاده کرد. در ادامه چند روش برای سنجش وضعیت شاخص‌های مدیریت شهری در پروژه‌های عمرانی شهر ساری آورده شده است:

۱. ارزیابی عملکرد پروژه‌ها: با بررسی عملکرد پروژه‌های عمرانی شهر ساری می‌توان وضعیت شاخص‌های مدیریت شهری را سنجید. این ارزیابی می‌تواند شامل بررسی مواردی مانند زمانبندی، بودجه، کیفیت اجرا و تأثیرات اجتماعی و محیطی باشد.
۲. مصاحبه با مسئولین: با مصاحبه با مسئولین مربوطه در شهر ساری، می‌توان نظرات آن‌ها را درباره وضعیت شاخص‌های مدیریت شهری در پروژه‌های عمرانی جمع‌آوری کرد. این روش می‌تواند اطلاعات مفیدی را درباره موانع و چالش‌های موجود در اجرای پروژه‌ها فراهم کند.
۳. مشارکت عمومی: با برگزاری جلسات و نشست‌های عمومی با شهروندان و ساکنان شهر ساری، می‌توان نظرات آن‌ها را درباره شاخص‌های مدیریت شهری در پروژه‌های عمرانی جمع‌آوری کرد. این روش به شهروندان امکان می‌دهد تأثیر خود را در تصمیم‌گیری‌های مدیریت شهری نشان دهند و بهبود وضعیت شاخص‌ها را پیشنهاد کنند.
۴. استفاده از شاخص‌های مدیریت شهری: با استفاده از شاخص‌های مدیریت شهری مانند شاخص‌های عملکرد شهری، شاخص‌های پایداری شهری و شاخص‌های کیفیت زندگی، می‌توان وضعیت مدیریت شهری در پروژه‌های عمرانی شهر ساری را سنجید. این شاخص‌ها معیارهای کمی هستند که با استفاده از آن‌ها می‌توان عملکرد وضعیت مدیریت شهری را ارزیابی کرد.
۵. مقایسه با استانداردهای بین‌المللی: با مقایسه وضعیت شاخص‌های مدیریت شهری در پروژه‌های عمرانی شهر ساری با استانداردهای بین‌المللی مانند ISO 37120 (شاخص‌های شهر هوشمند) و ISO 37101 (شاخص‌های پایداری شهری)، می‌توان وضعیت مدیریت شهری را ارزیابی کرد و بهبود آن را پیشنهاد داد.

با استفاده از این روش‌ها و ابزارها، می‌توان وضعیت شاخص‌های مدیریت شهری در پروژه‌های عمرانی

شهر ساری را سنجید و بهبود آن ها را پیشنهاد داد.



## References

- 1- Deng, y. Fu, b. Sun, c. (2018), Effects of urban planning in guiding urban growth: Evidence from Shenzhen, China. *Journal of Cities*, 83, 118-128.
- 2- Fukuyama, F. (2013), What is governance? *Governance*, 26(3), 347-368.
- 3- Jimoh, B. A, Al- Hasan, A.Z, Imimole, W.O, and Ahmed, M.B(2017), Contravention of Development Control Measures in Auchi,Edo State, Nigeria, *Applied Science Reports*, 20 (1), pp: 30-34.
- 4- Jocoy, C. L. (2018), Green growth machines? Competing discourses of urban development in Playa Vista, California. *Urban Geography*, 39:3, 388-412.
- 5- Kumar, A., Pushplata, (2018), Building regulations for hill towns of India. *Elsevier HBRC J.* 11, 275-284.
- 6- Liu, G., Fu, X., Han, Q., Huang, R., & Zhuang, T. (2021). Research on the collaborative governance of urban regeneration based on a Bayesian network: The case of Chongqing. *Land Use Policy*, 109, 105640.
- 7- Lorch R., Laubscher, J., Chan E., Visscher. H. (2018), *Building Governance and Climate Change; Regulation and Related Policies*. New York: Routledge.
- 8- Lu Li, Y. Xuhua W. Jie, D. (2020), Exploring the Impacts of Urban Growth on Carbon Storage Under Integrated spatial Regulation: A Case Study of Wuhan, China *Ecological Indicators*. 111(1), 45-78.
- 9- Saldana, J. M. (2015), *The Coding Manual for Qualitative Researchers*. 3rd ed., SAGE Publications.
- 10- Shen, T., Yao, X., & Wen, F. (2021), The Urban Regeneration Engine Model: An analytical framework and case study of the renewal of old communities. *Land Use Policy*, 108, 105571
- 11- Tian, L. & Shen, T. (2011), Evaluation of Plan Implementation in the Transitional China: A Case of Guangzhou City Master Plan. *Cities*, (28): 11-27.
- 12- Wijburg, G. (2021), The governance of affordable housing in post-crisis Amsterdam and Miami. *Geoforum*, 119, 30-42.
- 13- Wolf, G., & Mahaffey, N. (2016), Designing Difference: Co-Production of Spaces of Potentiality. *Urban Planning*, 1(1), 59-67.
- 14- Babaei, Bashirbeyg, Norouzi, Rahman (2014), *Laws of Urban Planning and Urban Regulations in Iran*, First National Conference on Urban Planning, Urban Management and Sustainable Development, Tehran, <https://civilica.com/doc/3612>
- 15- Babaei-Far, Reza (2023), The role of construction projects in the realization of policies for the regeneration of inefficient urban tissues, *Geography and Human Relations*, Volume 5, Number 4, pp. 665-684.
- 16- Bozorgmehr, Kia. Jafari, Ali Asghar. Ramezanipour, Mehrdad. Ebrahimi Jamnani, Leila (2022), the impact of urban planning rules and regulations on sustainable urban development (case study: Babolsar city), *Physical Development Planning*, Volume 9, Number 1, Serial Number 25, pp. 81-92.
- 17- Saeednia, Ahmed (2003), *Municipal Green Book: Urban Management* (volume 11), second edition, publications of the Organization of Municipalities of the country.
- 18- Azizi, Mohammad Mahdi. Aboui Ardakani, Mohammad. Nouri, Nasreen (2011), the role of laws and regulations in the realization of integrated management in the urban complex, *Tehran: Arman Shahr Quarterly*, Volume 7, Number 17, pp. 1-18.
- 19- Kashaf Haghghi, Mohammad Ali. Mohabi Far, Amir Hossein. Sadeghi, Marjan (2015), *Partnership contract in construction: Traditional expression of relation-oriented*

approaches, International Conference on Modern Researches in Management and Industrial Engineering, Tehran, <https://civilica.com/doc/435175>

20- Raeisian, Meysam, Ilanloo, Maryam, Ebrahimi, Leyla, Bozorgmehr, Kia (2021), Investigating the level of urban resilience using the Waspas and WP models (case example: Sari city), Journal of Geography and Environmental Hazards, No. 37, pp. 225-241.

21- Kabiri, Mehrdad. Jodaki, Hamidreza. Astelazhi, Alireza (2023), investigation and analysis of the effectiveness of urban planning rules in urban construction (area one of Tehran Municipality), New Attitudes in Human Geography Quarterly, 15th year, 2nd issue, pp. 60-79.

22- Kashi, H., & Fanadi, N. (2013) Explaining the model of place identity-sense of place and examining its different elements and dimensions. Journal of Fine Arts - Architecture - Urbanization, 18(3), 52-43.

## **Assessment of urban management indicators in civil projects for the preservation of natural ecosystems(Case study: Sari city)**

Javad Falahatkar<sup>1</sup>

### **Abstract**

One of the main tasks of urban management is to create a foundation for improving the quality of life for citizens, part of which can be achieved through implementing civil projects aimed at preserving natural ecosystems. The aim of this research is to assess the status of urban management indicators in civil projects for the preservation of natural ecosystems in Sari city. With the growth and expansion of cities, especially in third-world countries, various problems including urban management issues have become apparent. This issue has also manifested itself in Iran, particularly in large cities like Sari. The present research is descriptive and survey-based. In terms of data collection, it is a field study (using questionnaires). The statistical population includes specialists and experts in the field of urban management and civil engineering, with a sample of 55 individuals selected through cluster sampling from this population. Expert Choice software was used for data analysis. The findings indicate that efficient management and appropriate management systems are the primary indicators, followed by financial capacity and support, level of education, field of study, and executive experience of specialized staff, proposed price, availability of equipment and machinery ready for use, and continuous training of employees contribute to achieving and improving urban management indicators in civil projects in Sari city. The results show that by comparing the status of urban management indicators in civil projects in Sari city with international standards, the urban management status can be evaluated and suggestions for improvement can be made.

**Keywords:** Urban management indicators, civil projects, natural ecosystems, Sari city.

---

<sup>1</sup> Assistant Prof., Dept. Natural Resource, Nour Branch, Islamic Azad University, Nour, Iran,

## مقایسه کارائی دو مدل WARSEM و WEPP Road در بررسی تأثیر احداث جاده بر مقدار فرسایش و رسوب

سید مجید رضا حسینی مفرد\*<sup>۱</sup>، حسن احمدی<sup>۲</sup>، علی اکبر مهربانی<sup>۳</sup> و بهارک معتمدوزیری<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۲۵

### چکیده:

مدیریت صحیح حوزه‌های آبخیز نیاز به شناخت جاده‌های موجود و اثرات آن‌ها بر منابع طبیعی دارد. هدف از این پژوهش بررسی اثر جاده‌سازی بر میزان فرسایش و تولید رسوب در جاده جدید هشتگرد - طالقان در استان البرز بوده است. بدین منظوراز جاده آسفالت به طول ۲۶ کیلومتر و جاده خاکی به طول ۹ کیلومتر به ترتیب ۱۷ و ۱۱ نمونه برداشت و با استفاده از دو مدل WEPP Road و WARSEM رسوبدهی جاده محاسبه و با مقدار واقعی مقایسه شد. نتایج نشان داد با اندازه‌گیری مستقیم فرسایش، کل رسوبات برجای مانده در طول مسیر ۱۷۲۵۹/۳۲ تن در سال به دست آمد که ۶۲۴۱/۴۵ تن در سال مربوط به دیواره خاک‌برداری و ۱۱۰۱۷/۸۷ تن در سال مربوط به دیواره خاک‌ریزی می‌باشد. با استفاده از مدل WARSEM، میزان کل رسوبدهی از جاده آسفالت و خاکی برابر ۱۵۱۷۲/۶۷ تن در سال، معادل ۵۲/۱۴ تن بر هکتار در سال، برآورد شد که از این مقدار ۹۴۶۴/۵۳ تن در سال، معادل ۴۸/۰۳ تن بر هکتار در سال سهم دیواره خاک‌برداری و دیواره خاک‌ریزی جاده آسفالت و ۵۷۰۸/۱۴ تن در سال، معادل ۶۳/۲۲ تن بر هکتار در سال سهم دیواره خاک‌برداری و دیواره خاک‌ریزی جاده خاکی می‌باشد. میزان رسوبدهی جاده با استفاده از مدل WEPP Road، برای جاده آسفالت ۲۸/۲۳ تن بر هکتار و برای جاده خاکی ۴۳/۴۸ تن بر هکتار به دست آمد. با توجه به اندازه‌گیری مستقیم رسوب، مدل WARSEM نسبت به مدل دیگر قابلیت مناسبتری در بررسی رسوبدهی جاده داشته است.

واژه‌های کلیدی: استان البرز، فرسایش، رسوب، WEPP Road، WARSEM

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری مرتع، واحد نور، دانشگاه آزاد اسلامیه، نور، ایران.

<sup>۲</sup> استادیار گروه منابع طبیعی، واحد نور، دانشگاه آزاد اسلامیه، نور، ایران، \* نویسنده مسئول: kh\_mahdavi@yahoo.com

<sup>۳</sup> استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات مرتع، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

<sup>۴</sup> استادیار گروه منابع طبیعی، واحد نور، دانشگاه آزاد اسلامیه، نور، ایران.

## ۱. مقدمه

اکوسیستم های جنگلی با توجه به ماهیت خود از تعادل پایداری برخوردار هستند و فرسایش کم و وجود رسوب اندک در آبهای جاری در آنها از خصوصیات بارز این منطق به شمار می رود. از مهم ترین اقدامات عمرانی در اکوسیستم های جنگلی جاده سازی و احداث جاده می باشد که می تواند نقش قابل ملاحظه ای را در برهم خوردگی تعادل پایدار در این مناطق از خود نشان دهند. تغییر سیمای طبیعی و کاهش پوشش گیاهی دامنه های خاکی و فشردگی خاک سطح جاده و اطراف آن به اختلال در رفتار هیدرولیکی و مشخصات فیزیکی خاک منجر می شود که وقوع رواناب و هدر رفت خاک را در پی دارد و به این دلیل است که جاده های جنگلی مهم ترین منبع تحویل رسوب در شبکه جریان های آبی یک حوزه آبخیز جنگلی به شمار می روند (۱۷). در جریان احداث جاده، سطح وسیعی از عرصه جنگل ها و مراتع در طول و حاشیه مسیر آن تخریب و حجم بسیاری زیادی خاک و سنگ از محل خود جابه جا شده که موجب مضاعف شدن شدت تخریب محیط زیست می شود. یا به طور مستقیم وارد شبکه آبراهه ها در منطقه شده و در نهایت به صورت رسوب وارد مخازن سدها، تالاب ها، دریاچه ها و دریاها می گردد که ممکن است با رسوب گذاری در بستر رودخانه ها تغییرات مورفولوژی رودخانه ها را در پی داشته و منجر به ایجاد فرسایش رودخانه ای گردد (۲۹). یکی از بزرگ ترین مشکلات ناشی از جاده سازی ایجاد و افزایش اشکال مختلف فرسایش در اطراف جاده و رسوب زایی در اثر از بین بردن پوشش گیاهی، افزایش سرعت رواناب و ناپایداری کردن شیب دامنه است. افزایش سرعت رواناب در سطح جاده ها و کاهش پوشش گیاهی باعث تولید رسوب و انتقال آن به آبراهه های پایین دست شده و در نتیجه باعث آلودگی منابع و زیستگاه های آبی می شود. علاوه بر این جاده سازی عاملی در راستای فراهم شدن زمینه برای وقوع سایر رخساره های فرسایشی است (۱۳، ۴). میزان تخریب محیط زیست و عرصه جنگل ها و مراتع در اثر جاده سازی بستگی به عوامل گوناگونی از جمله نوع جاده، توپوگرافی منطقه، حساسیت خاک ها و سازندهای زمین شناسی مسیر جاده دارد. در سال های اخیر فعالیت های ساخت و ساز و تعمیر و نگهداری جاده های جنگلی بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است، زیرا احداث جاده ها افزایش نگرانی ها در مورد تأثیرات کوتاه مدت و بلندمدت بر محیط زیست و تخریب را به دنبال دارد (۱۴). فرسایش خاک یکی از مهمترین مشکلات تخریب اراضی در جهان است و اثرات بسیار مهمی بر بقای بشر، محیط زیست و مسائل اقتصادی دارد. در اثر فرسایش آبی ذرات خاک جدا و به مکان دیگری منتقل شده و در نهایت ته نشین می شوند. فرسایش خاک نقش زیادی در هدر رفت منابع آب و خاک دارد (۱۸).

هدر رفت خاک پدیده ای است که در صورت بروز در هر منطقه، حاصلخیزی خاک، دوام و پایداری تأسیسات و سازه های مختلف، پایداری دیواره های خاکی، کیفیت منابع آب سطحی، توازن بوم شناختی و منظره طبیعت را به مخاطره می اندازد (۲۴). منشأ رسوب جاده ها می تواند از انواع فرسایش سطحی، خندقی و یا حرکات توده ای باشد (۳۰). در جاده های خاکی که معمولاً بدون خاک برداری و خاک ریزی

وسیع ساخته می‌شوند، فرسایش سطحی جاده نسبت به حرکات توده‌ای غالبیت دارد (۱۲). میزان تولید رسوب ناشی از احداث جاده به فرسایش‌پذیری خاک‌ها، وضعیت پوشش دیواره‌های خاک‌برداری و خاک‌ریزی، روسازی جاده، شیب دیواره‌ها، شیب عرضی و طولی جاده، کیفیت زهکشی، طول راه، میزان ترافیک و غیره بستگی دارد (۳).

بررسی اندازه‌گیری رسوب از جاده‌های جنگلی با استفاده از توری رسوب‌گیر در جزایر ورجین<sup>۱</sup> توسط راموس شارون و مک دونالد<sup>۲</sup> (۲۰۰۷) نشان داد که حجم مقدار رسوب انتقالی به رودخانه به‌طور متوسط ۱۲ مترمکعب در هر کیلومتر از جاده بوده است (۲۶).

بررسی رسوب‌دهی جاده‌ها و مسیرهای روستایی به طول ۱۳ کیلومتر در حوضه آگره واقع در شرق برزیل توسط داف<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۱۰) نشان داد که سه مدل SEDMODL، STJ-EROS و WEPP توانایی بالایی برای برآورد رسوب دارند (۷).

مطالعات انجام‌شده در سراسر دنیا، جاده‌ها به‌ویژه جاده‌های جنگلی را به‌عنوان منبع اصلی پتانسیل تولید رسوب در محیط‌های طبیعی و جنگلی معرفی می‌کنند (۲۳). رسوب از سطح جاده‌ها، خاک‌ریزها، شیب‌های بریده‌شده و خاک‌برداری از دامنه‌های شیب‌دار از طریق فرآیندهایی مانند، جریان آب سطحی، فرسایش خندقی، رانش و غیره فرسایش و رسوب‌گذاری تولید می‌شود. تولید رسوب در طول فرآیند جاده‌سازی و بلافاصله پس از ساخت جاده به بیشترین مقدار خود می‌رسد؛ اما باید توجه کرد که تولید رسوب در طول یک جاده ممکن است پس از ساخت جاده و در صورتی که هیچ استفاده‌ای از آن نمی‌شود هم اتفاق بیفتد (۲۳). در پژوهشی پارساخو (۲۰۱۱) به‌منظور طبقه‌بندی و تعیین درجه خطرهای فرسایش آبی و پیش‌بینی میزان رسوب از جاده جنگلی، از ترکیب سیستم اطلاعات جغرافیایی و تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی و SEDMODEL استفاده می‌شود (۲۴). بررسی قابلیت‌ها و محدودیت‌های مدل‌های برآورد فرسایش خاک جاده‌های جنگلی توسط مصطفی و جویباری<sup>۴</sup> (۲۰۱۴) نشان داد که جاده‌های جنگلی امکان ورود به جنگل برای دسترسی به نقاط مختلف جنگل، خروج چوب در انجام طرح‌های جنگلداری، عملیات جنگل‌شناسی، پرورش، حفاظت و هم‌چنین استفاده از سایر کاربردهای جنگل را فراهم می‌نمایند، با احداث این جاده‌ها یک سطح عاری از پوشش گیاهی ایجاد می‌شود که عامل اصلی ایجاد فرسایش و رسوب در مناطق جنگلی می‌باشد (۲۱). نظر به اهمیت فرسایش جاده‌ای در حوزه‌های آبخیز، فهم فرآیندهای فرسایش جاده و تحویل رسوب و همچنین کمی کردن سهم رسوب حاصل از آن ضروری است (۲۶). در این مسیر می‌توان از سه روش آزمایش‌های ردیابی رسوب، اندازه‌گیری رسوبات نهشته شده در جاده‌سازی یا درون مسیل و مدل‌ها بهره‌گرفت (۱۰). در این بین، مناسب‌ترین روش کمی سازی این نوع فرسایش استفاده از مدل‌هاست (۸). با استفاده از مدل، علاوه بر برآورد مقدار فرسایش و رسوب، می‌توان مؤثرترین

<sup>۱</sup> Verjin

<sup>۲</sup> Ramos-Scharrón and MacDonald

<sup>۳</sup> Duff

<sup>۴</sup> Mustafa and Joybari

عوامل را شناسایی کرده و از آنها در تصمیم‌گیری هوشمندانه در مورد برنامه‌های حفاظتی در نقاط مختلف استفاده نمود (۳۳). مدل WARSEM<sup>۱</sup>، مدلی است که به‌طور ویژه برای برآورد تولید رسوب جاده‌ای معرفی شده است. این مدل در خارج و داخل ایران در مطالعات و پژوهش‌های متعددی مورد استفاده قرار گرفته و نتایج رضایت‌بخشی نیز از خود ارائه داده است. (۲۵، ۱۵، ۱۰، ۶). فورسیت<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۰۶) در جنگل‌های استرالیا و در شرایط بارندگی طبیعی، مقدار کل رسوب تولیدی توسط جاده‌شن‌ریزی شده را طی یک دوره دوساله، ۵/۷ تن در کیلومتر مربع و برای جاده بدون شن‌ریزی ۳/۹ تن در کیلومتر مربع برآورد کردند (۹). ریج اسدیجک<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۰۷) مقدار رسوب به‌دست‌آمده از جاده‌های روستایی، راه‌های مالرو و مناطق مسکونی حوزه آبخیز کنتو اندونزی را به ترتیب ۱/۹، ۲/۵ و ۲/۴ کیلوگرم در مترمربع در سال به دست آوردند (۲۷). از آنجایی که جاده‌سازی غیراصولی یکی از منابع اصلی تولید رسوب و فرسایش در حوزه‌های آبخیز است، شناسایی و تشخیص بخش‌هایی از جاده که در تحویل رسوب به شبکه آبراهه مؤثر هستند، یک اصل ضروری در مدیریت بهینه مشکلات رسوب‌زایی در آنها است؛ از این رو هدف از این مطالعه، برآورد رسوب و فرسایش بخش‌های مختلف جاده هشتگرد-طالقان و تعیین میزان نهایی آورد رسوب جاده‌ای، هم‌چنین شناسایی بخش‌های با پتانسیل بالای تولید رسوب، توسط مدل WARSEM است.

## ۲. مواد و روش‌ها

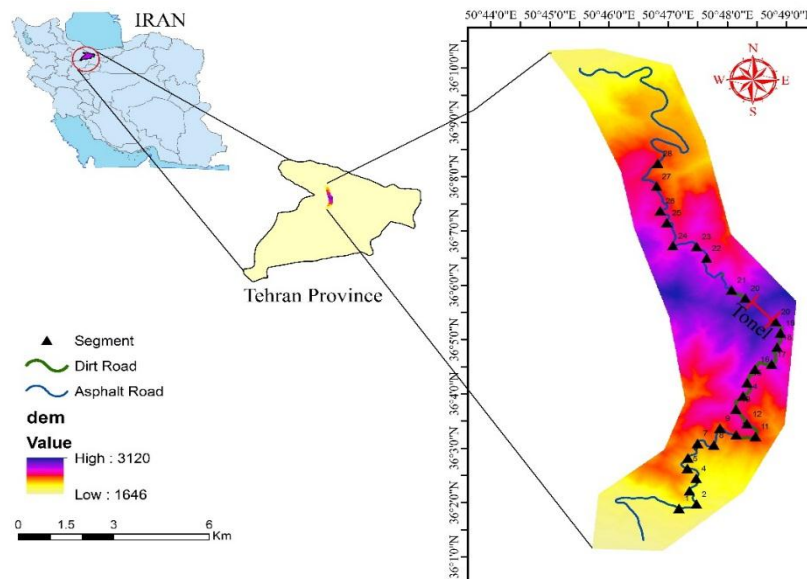
در این پژوهش جاده کوهستانی واقع در حدفاصل بین هشتگرد و طالقان جهت مطالعه انتخاب شد. مسیر جاده مورد بررسی شامل ۵ حوضه کوشک زر، فشند، ولیان، ورکش، زیدشت است. این جاده در حد فاصل طول جغرافیایی "۳۴' ۳۴" و شرقی "۱۷' ۱" و عرض جغرافیایی "۵۹' ۹" و شمالی "۲۸' ۴۵" و نقاط ارتفاعی حداکثر ۲۹۱۶ متر تا حداقل ۱۹۶۱ متر از سطح دریا واقع شده است این جاده به طول ۳۵ کیلومتر می‌باشد که ۲۶ کیلومتر آن به‌صورت آسفالت‌ه و ۹ کیلومتر آن به‌صورت جاده خاکی می‌باشد (شکل ۱). جهت عمومی شیب در جاده هشتگرد-طالقان، شمالی و شمال غربی می‌باشد. میانگین شیب حدود ۴۰٪ است، هم‌چنین در بعضی از نقاط پرتگاه‌های پراکنده دیده می‌شود (شکل ۲).

---

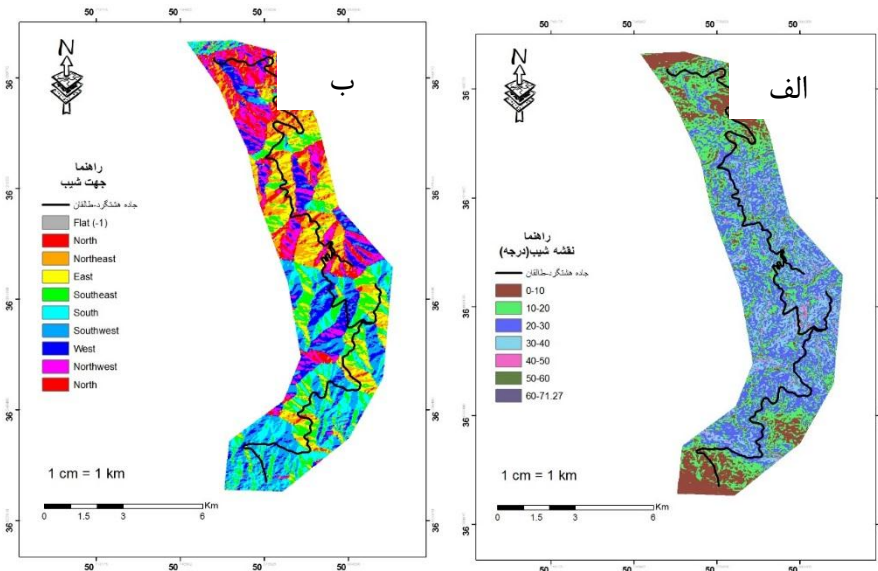
<sup>۱</sup> Washington Road Surface Erosion Model

<sup>۲</sup> Forsyth

<sup>۳</sup> Rijswijk



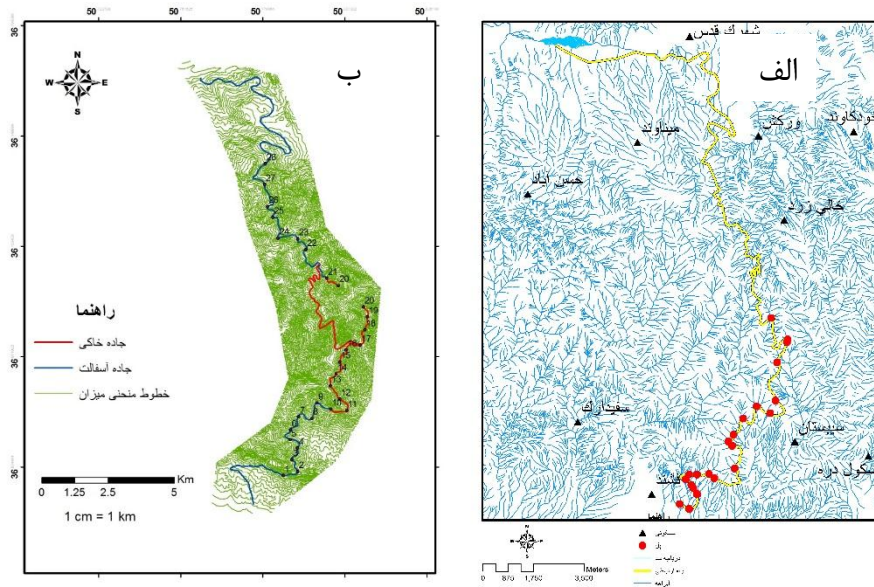
شکل ۱- نقشه محدوده مورد مطالعه (جاده هشتگرد- طالقان)



شکل ۲ - نقشه جهت شیب (الف) و شیب (ب) منطقه مورد مطالعه

در این پژوهش و با توجه به بازدید میدانی میزان فرسایش در هر یک از قسمت‌های جاده (آسفالت و خاکی) از طریق اندازه‌گیری ۲۸ نمونه برآورد شد و سپس نتیجه به دست آمده به کل جاده تعمیم داده شد. به طور متوسط در هر ۵۰۰ متر دیواره خاک‌برداری و خاک‌ریزی که از نظر فاکتورهای شیب دیواره، نوع و جهت شیب سطحی جاده، ارتفاع دیواره، نوع پوشش سطحی و گیاهی، درصد پوشش سنگی و غیره تغییر می‌کند یا اینکه در محل تقاطع به جاده دیگر و یا به یک زهکشی می‌رسند، نمونه‌برداری انجام شد؛ بنابراین هر ۵۰۰ متر جاده به عنوان یک نمونه و یک بخش جاده انتخاب شد. در هر یک از قسمت‌های جاده (آسفالت و خاکی) از سیستم نمونه‌گیری سیستماتیک جهت تعیین محل نمونه‌ها استفاده شد (شکل ۳).





شکل ۳- الف) واحدهای همگن ب) پل‌های احداثی در منطقه مورد مطالعه

با اندازه‌گیری طول هرکدام از بخش‌های جاده آسفالت و خاکی، با توجه به معادله کوکران رابطه (۱) برای جاده آسفالت تعداد ۱۷ نمونه و برای جاده خاکی تعداد ۱۱ نمونه با خطای بیست درصد اندازه‌گیری شدند.

$$n = \frac{Nz^2s^2}{Nd^2 + z^2s^2} \quad (\text{رابطه ۱})$$

در این رابطه  $n$  تعداد نمونه مناسب و  $N$  حجم جامعه که در اینجا کل نمونه‌های ۵۰۰ متری مورد نظر است.

$Z$ : مقدار  $z$  در ضریب اطمینان مورد نظر که در اینجا برابر ۱/۹۶ است. چراکه ضریب اطمینان ۹۵ درصد مدنظر می‌باشد.

$d$ : مقدار خطایی که در اندازه‌گیری مورد نظر قابل قبول است؛ که در اینجا معادل ۲۰ درصد مقدار متوسط فرسایش در منطقه در نظر گرفته شده است.

$S^2$ : واریانس برآورد فرسایش در نمونه‌ها

در رابطه‌ی (۱)، دلیل انتخاب  $d=0/15$  این بوده است که مطالعات انجام‌شده در زمینه‌ی خطای مجاز مدل‌ها نشان می‌دهد که اگر نرخ متوسط فرسایش بین ۶-۶۰ تن در هکتار در سال باشد، حداکثر  $\pm 25\%$  خطا قابل قبول است و در حالتی که نرخ متوسط فرسایش بیش از ۱۰۰ تن در هکتار در سال باشد، حداکثر در  $\pm 50\%$  خطا برآوردهای مدل به مقادیر مشاهداتی نزدیک می‌باشد. با توجه به این نتایج، در جهت تعیین مقدار مناسب  $d$  و همچنین افزایش دقت محاسبات، سه حد ۰/۱۵، ۰/۱۰، و ۰/۰۵ مورد بررسی قرار گرفتند که تعداد نمونه محاسبه‌شده در ۰/۱۰ خیلی زیاد و در ۰/۲۰ خیلی کم به دست آمد. به همین دلیل ۰/۱۵ به‌عنوان حد بهینه انتخاب شد. بعد از بررسی‌های اولیه مشاهده شد که عمیق‌ترین نوع فرسایشی که در دیواره‌ها رخ داده است به‌صورت لغزش می‌باشد. بنابراین در هر گروه از جاده‌ها ارتفاع خاک‌برداری، عمق لغزش و طول لغزش‌ها از طریق اندازه‌گیری مستقیم به دست

آمد. مقدار حداکثر فرسایش در هر گروه از حاصل ضرب این سه متغیر به دست می‌آید. از طرفی در نقاط صخره‌ای میزان فرسایش صفر فرض شده است که این هم به‌عنوان حداقل در نظر گرفته شد. نتیجه محاسبات برحسب مترمکعب به دست می‌آید که با فرض  $\rho_b = 1/6 \text{ g/cm}^3$  می‌توان مقادیر را به واحد تن تبدیل کرد.

پارامترهای موردنظر در این پژوهش شامل میانگین فرسایش، کل فرسایش و ضریب اطمینان برای بررسی دقت برآوردها می‌باشند که معادلات برآورد به‌صورت روابط ۲ الی ۴ می‌باشند. این پارامترها با استفاده از نرم‌افزار spss محاسبه گردید.

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (\text{رابطه ۲})$$

$$T = \frac{N \sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (\text{رابطه ۳})$$

$$SE = N \sqrt{\frac{N-n}{N} \left( \frac{S_x}{\sqrt{n}} \right)} \quad (\text{رابطه ۴})$$

در این روابط: A: میانگین فرسایش (تن بر هکتار)، Xi: مقدار فرسایش اندازه‌گیری شده در هر نمونه (تن بر هکتار)، T: مجموع فرسایش در هر گروه از جاده‌ها (تن بر هکتار)، SE: خطای استاندارد برآورد  $S_x$ ، T، جذر واریانس جامعه می‌باشد.

## ۲-۱- برآورد مقدار واقعی رسوب به روش مستقیم

ای برداشت میزان رسوب واقعی سطح جاده، در انتهای هر قسمت مقدار رسوب برحسب گرم در مترمربع (مساحت هر قسمت) محاسبه شد. بررسی دیواره‌های خاک‌برداری در جاده نشان می‌دهد بخشی از رسوبات که از دیواره‌ها فرسایش می‌یابد به شکل واریزه‌های منشوری شکل با سطح مقطع مثلث قائم‌الزاویه، در پای دیواره‌ها باقی می‌ماند. با اندازه‌گیری حجم این واریزه‌ها می‌توان میزان فرسایش در هر دیواره را تخمین زد. البته ذکر این نکته ضروری می‌باشد که این‌ها رسوبات برجای مانده در محل می‌باشند، این در حالی است که بخشی از رسوبات فرسایش یافته ممکن است توسط رواناب به پایین دست انتقال یابند که با استفاده از مدل‌های رسوب و فرسایش ناشی از احداث جاده‌ها می‌توان میزان دقیق رسوب و فرسایش کل را در هر حوزه آبخیز محاسبه نمود. از نشانه‌های فرسایشی که در دیواره خاک‌برداری و هم در دیواره خاک‌ریزی مشاهده می‌شوند شامل فرسایش شیاری، خندقی و حرکت‌های توده‌ای مخصوصاً ریزش سنگ می‌باشد.

## ۲-۲- برآورد رسوب با استفاده از مدل‌های منتخب

### ۲-۱-۲- مدل WARSEM

اینابن مدل بر اساس داده‌های برنامه Access طراحی شده است و همچنین این مدل توانایی تلفیق با داده‌های مدل SEDMODEL در محیط GIS را دارد. در این مدل، سه بخش جوی کناری، سطح جاده

و دامنه خاک برداری برای پیش بینی میزان رسوب تولیدی مورداستفاده قرار می گیرند. مدل WARSEM را می توان در حوزه های آبخیز با مقیاس بزرگ و همچنین جهت اعمال بهترین شیوه های تصمیم گیری در مدیریت حوزه آبخیز به کار برد (۲۲). میانگین رسوب سالیانه که توسط هر قطعه جاده تولید و وارد آبراهه ها می شود از طریق رابطه (۵) به دست می آید (۳۱):

$$E = (R_s + C_s) * A_g \quad (\text{رابطه ۵})$$

E: کل رسوب انتقال یافته به داخل آبراهه ها توسط هر قطعه از جاده ها (تن در سال).

R<sub>s</sub>: رسوب تولید شده توسط جوی کناری و سطح هر جاده که به داخل آبراهه ها وارد می شود.

C<sub>s</sub>: رسوب تولید شده توسط دامنه خاک برداری هر قطعه از جاده که به داخل آبراهه ها وارد می شود.

A<sub>g</sub>: فاکتور سن جاده (بدون واحد) که میزان رسوب کل را تحت تأثیر قرار می دهد.

برای محاسبه R<sub>s</sub> از رابطه (۶) استفاده می گردد:

$$R_s = G \times S_f \times T \times L \times W \times S \times R \times SDR_{R-S} \quad (\text{رابطه ۶})$$

برای محاسبه C<sub>s</sub>، از رابطه (۷) استفاده می گردد:

$$C_s = G \times C_f \times L \times H \times R \times SDR_{R-S} \quad (\text{رابطه ۷})$$

که در آن G: فاکتور زمین شناسی، S<sub>f</sub>: فاکتور سطح جاده، T: فاکتور ترافیک، L: طول بخش مورد نظر بر حسب متر، W: عرض و سطح کناره ی بخش بر حسب متر، S: فاکتور شیب جاده، SDR<sub>R-S</sub>: فاکتور تجربی تحویل رسوب از سطح هر بخش از جاده، C<sub>f</sub>: فاکتور پوشش بخش خاک برداری، H: ارتفاع خاک برداری بر حسب متر و R: متوسط بارندگی سالانه بر حسب میلی متر می باشد.

### ۲-۲-۲ مدل WEPP Road

این مدل نسخه ای از مدل اصلی است که برای شبیه سازی فرسایش در قطعات جاده ها تهیه شده است و در محیط ویندوز و اینترنت قابلیت اجرا را دارد. کاربر می تواند داده های اقلیم، توپوگرافی، بافت خاک و سال اجرای مدل را وارد کند. این مدل برای برآورد رسوب در بخش جاده طراحی شده است. برای اجرای مدل، مشخصه اقلیم، بافت خاک، سنگ مادری، مشخصه های اصلی جاده (شیب، طول، عرض، نوع پوشش و شکل جاده) طول و شیب دامنه خاک ریزی، طول و شیب حریم جمع آوری رسوب نیاز می باشد.

### ۳. نتایج

با اندازه گیری مستقیم فرسایش، کل رسوبات برجای مانده در طول مسیر برابر با ۱۷۲۵۹/۳۷ تن در سال (۵۹/۳۱ تن بر هکتار) به دست آمد که ۱۰۳۱۲/۳۹ تن در سال (۳۵/۴۴ تن بر هکتار) مربوط به حرکت توده ای دیواره خاک برداری و ۶۹۳۰/۳۵ تن در سال (۲۳/۸۷ تن بر هکتار) مربوط به واریزه ها در طول مسیر جاده و ۱۶/۵ تن در سال مربوط به شیارها در دیواره خاک برداری و خاک ریزی می باشد.

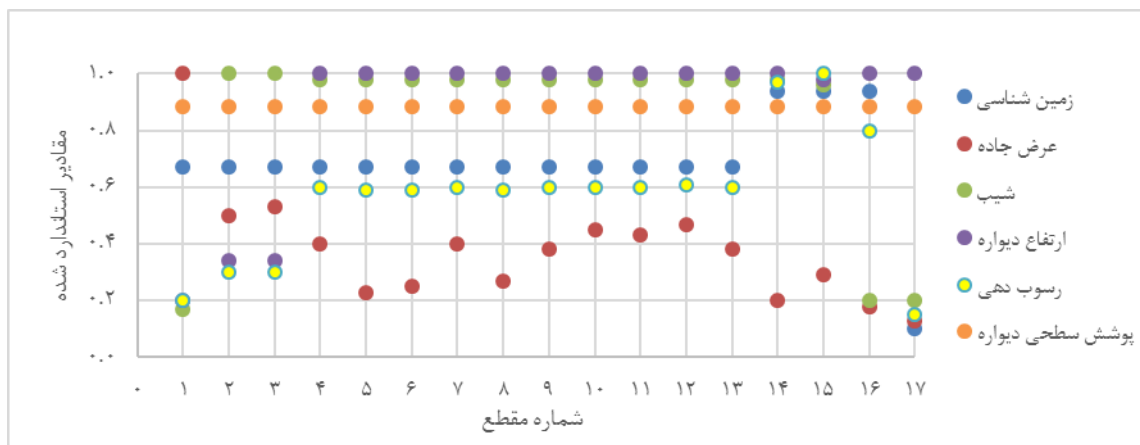
### ۳-۱- میزان رسوب جاده آسفالتی:

#### ۳-۱-۱- محاسبات WARSEM

برای نمونه‌های برداشت‌شده از محل در جدول (۱) ارائه شده است. براساس برآورد مدل WARSEM کل رسوب سالانه تولیدشده از ۲۶ کیلومتر جاده آسفالتی مورد مطالعه، بالغ بر ۹۴۶۴/۵۳ تن است. با لحاظ خطای استاندارد، مقدار رسوب تولیدشده از حداقل ۸۷۴۶/۷۶ تا حداکثر ۱۰۱۸۲/۳۰ تن در سال برآورد می‌شود که حاکی از خطایی در حدود ۲۰ درصد است. اگر مقدار تولید رسوب به ۱۹۷ هکتار مساحت کل جاده آسفالتی (سطح دیواره خاک‌برداری، جاده و شانه، دیواره خاک‌ریزی) تقسیم شود، رسوب‌دهی ویژه معادل ۴۸/۰۳ تن بر هکتار در سال می‌باشد. این نتیجه در مقایسه با نتایج پژوهشی در ۲۲۶۰ متر از جاده‌های جنگلی داراب کلا با همین مدل که میزان تولید رسوب حدود ۷۷ تن بر هکتار در سال به دست آمد، منطقی به نظر می‌رسد (۱۵).

جدول ۱- برآورد مقدار کل، میانگین ضریب اطمینان در هر دیواره جاده آسفالتی

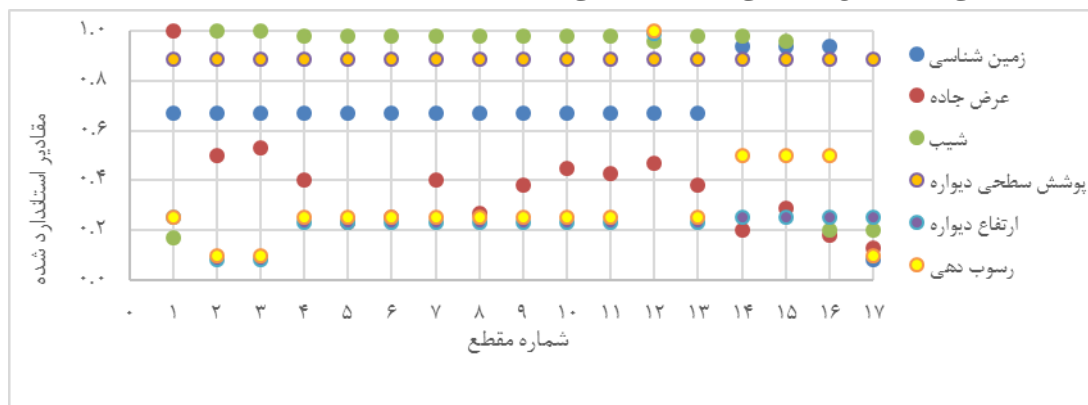
رسوب	کل رسوب (تن در سال)	رسوب ویژه (تن بر هکتار در سال)	میانگین رسوب قطعه (تن در سال)	خطای استاندارد برآورد (تن در سال)
سطح و شانه جاده	۹۹۸/۲۱	۵/۰۶	۵۸/۷۱	۵۱/۶۵
دیواره خاک‌برداری	۳۹۵۹/۰۷	۲۰/۰۹	۲۳۲/۷۸	۱۷۱/۶۱
دیواره خاک‌ریزی	۴۵۰۷/۲۵	۲۲/۸۸	۲۶۵/۱۳	۲۷۴/۵۷
کل رسوب	۹۴۶۴/۵۳	۴۸/۰۳	۵۵۶/۷۳	۳۳۸/۵۷



شکل ۴- حساسیت مدل WARSEM به عوامل متغیر اندازه‌گیری شده در دیواره خاک‌برداری

همان‌طور که در شکل (۴) مشاهده می‌شود در مقطع شماره ۱ گرچه اغلب متغیرها عوامل امتیاز زیادی برای رسوب‌دهی دارند، اما به دلیل شیب خیلی کم این مقطع رسوب‌دهی آن خیلی اندکی است و این نشان‌دهنده نقش شیب در رسوب‌دهی می‌باشد. در مقطع‌های شماره ۱۴ و ۱۵ به دلیل بالا بودن امتیاز عوامل زمین‌شناسی، ارتفاع دیواره شیب، میزان رسوب‌دهی نیز بالا می‌باشد. در مقطع شماره ۱۷ با توجه به پایین بودن امتیاز شیب و زمین‌شناسی، کمترین رسوب‌دهی وجود دارد بنابراین

عامل زمین شناسی نیز بیشترین تأثیر را در رسوب دهی منطقه دارد. طبق نتایج میزان تولید رسوب بستگی به میزان ترافیک، وضعیت پوشش دامنه خاک برداری، روسازی جاده، شیب دامنه خاک برداری و شیب طولی جاده، نوع زهکشی و غیره بستگی دارد (۱۱).



شکل ۵- حساسیت مدل WARSEM به عوامل متغیر اندازه گیری شده در دیواره خاک ریزی

با توجه به شکل (۵) مشخص می شود که ارتفاع دیواره خاک ریزی رابطه مستقیمی با رسوب دهی دارد. به طوری که در مقاطعی که ارتفاع دیواره بالاترین امتیاز را دارد بیشترین مقدار رسوب تولیدی مشاهده می شود و بالعکس. در شماره مقطع های ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷ عامل زمین شناسی به همراه ارتفاع دیواره بیشترین تأثیر را در رسوب دهی منطقه دارد.

### ۳-۱-۲- محاسبات مدل WEPP Road

رسوب به دست آمده از این مدل برای جاده آسفالت به شرح جدول زیر می باشد:

جدول ۲- مقدار رسوب تولیدی بر اساس مدل WEPP Road از جاده آسفالت

آسفالت		
شماره قطعه	فرسایش جاده (تن)	رسوب انتقالی (تن)
۱	۱۸۶/۴۷	۱۸۶/۴۷
۲	۳۰۳/۴۲	۳۰۹/۹۱
۳	۲۸۹/۶۷	۲۸۹/۶۷
۴	۲۸۰/۱۶	۳۰۲/۴۹
۵	۲۸۱/۶۸	۳۱۸/۳۰
۶	۳۳۸/۴۴	۳۷۱/۳۹
۷	۳۹۴/۸۴	۳۸۲/۴۶
۸	۴۱۷/۹۳	۴۱۷/۹۳
۹	۴۳۴/۴۹	۴۳۴/۴۹
۱۰	۳۵۲/۵۱	۳۷۳/۲۳
۱۱	۳۷۶/۷۸	۳۷۶/۷۸
۱۲	۳۶۰/۰۸	۳۶۲/۰۴
۱۳	۴۳۷/۰۰	۴۳۷/۰۱
۱۴	۲۴۷/۹۱	۲۴۷/۹۱
۱۵	۲۵۳/۲۰	۲۶۸/۴۹
۱۶	۲۰۱/۶۷	۲۱۷/۵۹

رسوب (تن بر هکتار)	۲۷/۲۱	۲۸/۲۲
خطای استاندارد برآورد کل (تن بر هکتار)	۷/۲۹	۷/۱۹

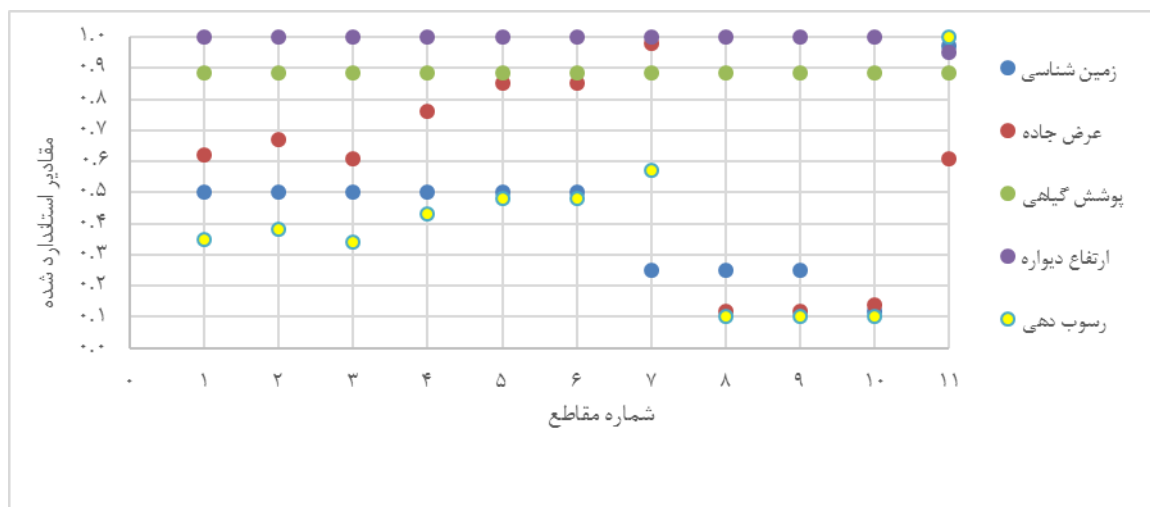
### ۳-۲- میزان رسوبدهی جاده خاکی

#### ۳-۲-۱- محاسبات WARSEM

برای نمونه‌های برداشت‌شده از محل در جدول (۳) ارائه شده است. رسوب کل سالانه تولیدشده از ۹ کیلومتر جاده خاکی مورد مطالعه، ۱۴ تن است. خطای استاندارد و سطح اطمینان، مقدار رسوب تولیدشده از حداقل ۲ تا حداکثر ۳ تن در سال برآورد می‌شود که حاکی از خطایی در حدود ۲۰ درصد است. اگر مقدار تولید رسوب به ۹۵ هکتار مساحت کل جاده خاکی (سطح دیواره خاک‌برداری، جاده و شانه، دیواره خاک‌ریزی) تقسیم شود، رسوبدهی ویژه معادل ۲ تن بر هکتار در سال می‌باشد. در بررسی ۱۲۰۰۰ متر از جاده آسفالت‌ه حوضه وردآورد با همین مدل میزان تولید رسوب حدود ۷ تن برهکتار در سال به دست آمد (۱). افزایش رسوبدهی جاده خاکی نسبت به جاده آسفالت‌ه ناشی از افزایش طول جاده خاکی و رسوبدهی سطح و کناره‌ی این جاده‌ها می‌باشد سطح و شانه جاده خاکی رسوب بیشتری نسبت به دیواره خاک‌برداری و خاک‌ریزی تولید می‌کند.

جدول ۳- برآورد مقدار کل، میانگین ضریب اطمینان در هر دیواره جاده خاکی بر اساس مدل WARSEM

رسوب	کل رسوب (تن در سال)	رسوب ویژه (تن بر هکتار در سال)	میانگین رسوب قطعه (تن در سال)	خطای استاندارد برآورد کل (تن در سال)
سطح و شانه جاده	۲۱۲۴/۱۶	۲۵/۴۸	۲۲۰/۱۰	۱۰۵/۳۳
دیواره خاک‌برداری	۱۴۹۸/۸۶	۱۵/۷۸	۱۳۶/۲۶	۳۶/۷۸
دیواره خاک‌ریزی	۲۰۸۵/۳۸	۲۱/۹۵	۱۸۹/۵۸	۱۱۰/۳۹
کل رسوب	۵۷۰۸/۱۴	۶۳/۲۲	۵۴۵/۹۵	۲۱۰/۱۸



شکل ۶- حساسیت مدل WARSEM به عوامل متغیر اندازه‌گیری شده در دیواره خاک‌برداری

### ۳-۲-۱- محاسبات WARSEM

رسوب به دست آمده از مدل برای جاده خاکی به شرح جدول زیر می باشد:

جدول ۴- مقدار رسوب تولیدی براساس مدل WEPP Road از جاده آسفالتی و خاکی

خاکی		
شماره قطعه	فرسایش جاده (تن)	رسوب انتقالی (تن)
۱	۲۵۱/۷۵	۲۵۳/۷۵
۲	۲۹۱/۷۴	۳۱۰/۳۴
۳	۳۴۸/۵۸	۳۵۵/۰۰
۴	۵۴۶/۵۳	۵۴۹/۷۱
۵	۴۶۷/۵۵	۴۷۴/۶۵
۶	۴۵۵/۸۷	۴۶۷/۹۷
۷	۴۸۷/۸۹	۵۰۴/۲۶
۸	۴۰۹/۸	۴۱۰/۹۶
۹	۲۴۸/۹۵	۲۶۹/۸۳
۱۰	۲۲۵/۶۲	۲۴۸/۲۷
۱۱	۲۵۹/۵۵	۲۵۷/۳۶
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-
رسوب (تن بر هکتار)	۴۲/۴۹	۴۳/۶۳
خطای استاندارد برآورد کل (تن بر هکتار)	۱۳/۴۰	۱۳/۲۰

### ۴- بحث و نتیجه گیری

امروزه جاده های جنگلی به عنوان مهم ترین امکانات دسترسی جهت بهره برداری و اقدامات حفاظتی از مناطق جنگلی به شمار می روند. با توجه به وسعت اقدامات صورت گرفته در رابطه با احداث این شبکه جاده ها در اقصی نقاط ایران، در طی سنوات اخیر نقش آن ها به عنوان منابع تولید کننده رواناب و رسوب به قدر کافی مورد بررسی و ارزیابی قرار نگرفته است. همچنین به علت هزینه های قابل توجهی که این جاده های احداث شده در ارتباط با طراحی در مکان، احداث؛ نگهداری و نیز اثرات منفی که بر محیط زیست و حیات وحش دارند حساسیت زیادی از نظر اقتصادی زیست محیطی در افکار عمومی جامعه در این ارتباط بوجود آمده است. عمل جاده سازی قطعا با کیفیت و کمیت متفاوتی همراه با تخریب پوشش گیاهی و کاهش ظرفیت جذب آب در خاک های عرصه های جنگلی همراه است که در نتیجه این عمل در اکثر موارد مقدار قابل ملاحظه ای از بادش در روی ترانشه خاکبرداری ریزش نموده و به سرعت به شکل رواناب سطحی بر روی ترانشه های آن حرکت نموده و منجر به وقوع انواع فرسایش آبی می شود (۱۷).

در دیواره خاک برداری و خاک ریزی با یکسان بودن پارامترهای زمین شناسی، پوشش گیاهی، ارتفاع

دیواره، عرض جاده نقش مهمی در تعیین مقدار رسوب دیواره دارد (شکل ۵ و ۶). عرض جاده متناسب با فشار ترافیکی تعیین شده و در مقدار فرسایش مؤثر است به طوری که طبق تحقیقی که توسط فورسیت و همکاران (۲۰۰۶) انجام شد مقدار رسوب تولیدی در جاده‌ای با ترافیک زیاد برابر با ۵/۷ تن در کیلومتر مربع و در جاده‌ای با فشار ترافیکی کم برابر ۳/۹ تن در کیلومتر برآورد شده است (۹)؛ بنابراین در قسمت‌هایی از جاده که عرض زیاد می‌باشد تولید رسوب هم بیشتر خواهد بود.

در طی تحقیق دیگری که توسط آکای<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۸) در ترکیه صورت گرفته است تخمین رسوب‌دهی شبکه جاده جنگلی به شبکه آبراهه با استفاده از روش SEDMODEL در دو نوع جاده با سطوح آسفالت و گراول مورد بررسی قرار گرفته و نوع روسازی جاده جنگلی، شیب طولی جاده، میزان ترافیک و همچنین میزان پوشش گیاهی و سنگی دیواره خاک‌برداری مهم‌ترین عوامل مؤثر در تولید رسوب عنوان شده است (۲). در صورت ثابت بودن زمین‌شناسی، بارندگی، ترافیک و فاکتور سطح جاده، مشاهده گردید که فاکتور شیب به میزان قابل ملاحظه‌ای بر میزان رسوب تولیدی بسیار مؤثر می‌باشد (۱۵).

لازم به توضیح است که سن جاده طالقان-هشتگرد حدود ۱۵ سال می‌باشد که رسوبات نهشته شده در حاشیه جاده‌ها، پای دیواره‌ها توسط سازمان راه و شهرسازی جمع‌آوری می‌شود. این در حالی است که قبل از احداث جاده، رسوب برآوردی توسط سازمان حفاظت آب و خاک برابر با ۵ تن در هکتار در سال تخمین زده شده است که بعد از احداث جاده، کل رسوب برآوردی توسط مدل از جاده هشتگرد طالقان (جاده آسفالت+ خاکی) برابر با ۱۱۱/۲۵ تن بر هکتار در سال برآورد شد که نشان از تأثیر فاکتورهای محیطی و اقلیمی بر مقدار رسوب تولیدی می‌باشد.

میزان فرسایش ناشی از احداث جاده به عوامل اقلیمی، ویژگی‌های زمین‌شناسی و شرایط جاده‌ای بستگی دارد (۶). با توجه به این که هیچ‌گونه عامل حفاظتی در حین جاده‌سازی و بعد از آن صورت نگرفته، فرسایش چند برابر شده است. بررسی دیواره‌های خاک‌برداری در جاده آسفالت و جاده خاکی نشان می‌دهد که رسوبات فرسایش یافته از دیواره‌ها، به شکل واریزه در پای دیواره باقی‌مانده‌اند و یا خاک‌های استفاده شده از دیواره خاک‌برداری برای تثبیت دیواره خاک‌ریزی، رسوبات به صورت واریزه از دیواره خاک‌ریزی به سمت زهکش‌ها و آبراهه‌ها تجمع پیدا کرده‌اند و توسط رواناب به مناطق پایین دست انتقال یافته‌اند. علاوه بر این، حرکات توده‌ای شکل که چه به صورت ریزش سنگ و یا لغزش در قسمت‌های مختلف جاده کاملاً مشهود است و علت این امر هم دیواره خاک‌برداری در طول مسیر در اغلب مکان‌ها از نوع صخره‌ای است که در آن احتمالاً فرسایش بیشتر از نوع سطحی، ریزش سنگ و یا برون‌زد سنگی خواهد بود. در بررسی رسوب تولیدی جاده کوهستانی حوضه بالادست وردآورد به طول ۱۲ کیلومتر مشخص شد که سه عامل ارتفاع دیواره، پوشش سطحی و فرسایش‌پذیری سازند زمین‌شناسی منطقه، مؤثرترین عوامل در تولید رسوب در این جاده می‌باشند (۱). در این تحقیق نیز مهم‌ترین عامل‌های تأثیرگذار در تولید رسوب برای جاده آسفالت عبارت از

<sup>۱</sup> Akay



زمین شناسی، شیب، پوشش گیاهی، ارتفاع دیواره خاک ریزی و برای جاده خاکی، عرض جاده می باشد. در مورد عوامل اقلیمی هم می توان عنوان کرد که نوع بارش و شدت آن بر میزان رسوب دهی منطقه تأثیر دارد به طوری که بارش منطقه ۵۰۰ میلی متر در سال و در ارتفاعات بالا تا ۸۰۰ میلی متر هم می رسد و برف های باریده شده تا اردیبهشت ماه هم در ارتفاعات بالا دیده می شوند.

در طی تحقیقی که توسط صفامنش<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۶) صورت گرفته است فاکتور مؤثر بر تعیین فرسایش در حوزه آبخیز زرگه عوامل اقلیمی تعیین شده است (۲۸). رواناب به عنوان یک فاکتور مستقل در مدل سازی فرسایش رگبار نقش داشته و غلظت رسوب با توان رواناب افزایش می یابد (۵). در طی تحقیقی که توسط راموشارونو مک دونالد<sup>۲</sup> (۲۰۰۷) ارزیابی و اندازه گیری رسوب حاصل از جاده های شن ریزی نشده در ایسلند نشان داد جاده سازی سبب افزایش میزان تولید رسوب در مناطق کوهستانی به میزان ۴ برابر می شود (۲۶). بررسی هدر رفت خاک و رواناب در بخش های مختلف جاده جنگلی با استفاده از شبیه ساز باران توسط پارسا خو (۲۰۱۱) نشان داد که بخش های شیروانی خاک برداری و سطح جاده به ترتیب مهم ترین منابع تولید رسوب و رواناب می باشند (۲۴).

مقدار رسوب تولید شده با استفاده از محاسبات مدل WEPP Road برای جاده آسفالتی ۲۸/۲۲ تن بر هکتار در سال به دست آمد و برای جاده خاکی مقدار رسوب برابر با ۴۳/۶۳ تن بر هکتار به دست آمد و مهم ترین فاکتورها شامل داده های اقلیمی، نوع طراحی جاده، طول و عرض جاده می باشد. مک دونالد<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۰۱) در ایسلند به مطالعه رواناب و فرسایش جاده پرداخته و به این نتیجه رسیدند که میزان تولید رسوب در پلات های سطح جاده تابع میزان و شدت بارندگی می باشد (۱۹). نتایج بدست آمده از تحقیقات واد و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد از بین مدل های برآورد رسوب (USLE-Forest, RUSLE2, WEPP Road) مدل WEPP Road کمترین میزان رضایت بخشی را داشته است (۳۲).



<sup>۱</sup> Safamanesh

<sup>۲</sup> Ramos-Scharrón and MacDonald

<sup>۳</sup> MacDonald



شکل ۷- نمونه‌هایی از تصاویر منطقه مورد مطالعه

احداث جاده، یکی از عوامل مؤثر در تشدید فرسایش و تولید رسوب است. همان‌طور که نتایج این مطالعه نشان داد از توانمندی‌های مدل‌ها شناسایی نقاط حساس به فرسایش است. در جاده خاکی، بیشترین رسوب (به دلیل بالا بودن ارتفاع دیواره خاک‌برداری) مربوط به مقطع شماره ۷ و کم‌ترین رسوب مربوط به مقطع‌های ۱ و ۲ به دلیل کم بودن شیب می‌باشد. مشابه نتایج این تحقیق عامل افزایش شیب و ارتفاع ترانشه‌های خاک‌برداری را همراه با کاهش پوشش طبیعی ترانشه‌ها، عامل تفاوت میزان فرسایش در بخش‌های مختلف جاده دانسته‌اند (20, 2, 25). از این‌رو با توجه به نتایج این تحقیق و سایر تحقیقات مشابه، لازم است در نواحی بالادست جاده‌ها که به دلیل بیشتر بودن شیب، پتانسیل فرسایش بالایی نسبت به قسمت‌های پایین دست دارند، همچنین در واحدهای پایین دست که به دلیل نزدیک بودن به آبراهه و داشتن شاخص انتقال رسوب، از جمله نقاط حساس به فرسایش محسوب می‌شوند، اقدامات کنترلی به منظور کاهش فرسایش در واحد سطح جاده صورت گیرد.

از این‌رو با توجه به نتایج این تحقیق و سایر تحقیقات مشابه، لازم است در نواحی بالادست جاده‌ها که به دلیل بیشتر بودن شیب، پتانسیل فرسایش بالایی نسبت به قسمت‌های پایین دست دارند، همچنین در واحدهای پایین دست که به دلیل نزدیک بودن به آبراهه و داشتن شاخص انتقال رسوب، از جمله نقاط حساس به فرسایش محسوب می‌شوند، اقدامات کنترلی به منظور کاهش فرسایش در واحد سطح جاده صورت گیرد.

با توجه به اندازه گیری مستقیم رسوب، مدل WARSEM نسبت به دو مدل دیگر توانایی خوبی در برآورد رسوب‌دهی جاده داشته است با توجه به فاکتورهای اندازه‌گیری شده در WARSEM، به منظور برآورد رسوب جاده و میزان تأثیر آن‌ها مشخص شد که آنچه در قالب عملیات مدیریتی می‌توان انجام داد شامل: طراحی و عبور جاده از سازندهای زمین‌شناسی مقاوم به فرسایش، ارتقا کیفیت روسازی جاده، کاهش ترافیک، کاهش سطح تحویل‌دهنده رسوب از طریق ساخت جاده‌های با شیب خارجی و کاهش عرض قطعات جاده می‌باشد.

### Refrenc:

- 1- Abayat, S. Arab Khodri, M. and Ahmadi A. 2014. Estimation of road sediment production by combining statistical sampling methods with WARSEM model
- 2- Akay, A. E., Erdas, O., Reis, M., and Yuksel, A. 2008. Estimating sediment yield from a forest road network by using a sediment prediction model and GIS techniques. *Building and Environment*. 43(5): 687-695.
- 3- Ashari, A. 2019. Understanding geomorphological hazard in Watumalang Area post Bisma volcanic era. Denudational or multihazard? In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 271 (1), 012006. IOP Publishing.
- 4- Cole, D. N., and Landres, P. B. 1996. Threats to wilderness ecosystems: impacts and research needs. *Ecological applications*, 6(1), 168-184.
- 5- Bagarello, V., Di-Stefano, C., Ferro, V., Kinnell, P.I.A., Pampalone, V., Porto, P., and Todisco, F. 2011. Predicting soil loss on moderate slopes using an empirical model for sediment concentration, *Journal of Hydrology* 400: 267-273.
- 6- Dube, K., Megahan, W. and McCalmon, M., 2004. Washington road surface erosion model. State of Washington Department of Natural Resources.
- 7- Duff, M. J., Heatwole, C. D., and Caiado, M. A. C. 2010. Rural roads and trails as a source of sediment: Preliminary results from the Alegre watershed in Eastern Brazil. In: *Proceedings of the 21st Century Watershed Technology Conference: Improving Water Quality and Environment*, Earth University, Costa Rica, 21-24 February 2010. St. Joseph, MI: ASABE.
- 8- Elliot, W. J., Foltz, R. B., and Robichaud, P. R. 2009. Recent findings related to measuring and modeling forest road erosion. In: Anderssen, RS; Braddock, RD; Newham, LTH, eds. 18th World IMACS Congress and MODSIM09 International Congress on modelling and simulation; July 13-17, 2009; Cairns, Australia. Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand; and International Association for Mathematics and Computers in Simulation: 4078-4084.
- 9- Forsyth, A.R., Bubb, K.A. and Cox, M.E. 2006. Runoff, sediment loss and water quality from forest roads in a southeast Queensland coastal plain Pinus plantation, *Forest Ecology and Management*, 221: 194-206.
- 10- Fu, B., Newham, L. T., and Ramos-Scharron, C. E. 2010. A review of surface erosion and sediment delivery models for unsealed roads. *Environmental Modelling & Software*, 25(1), 1-14.
- 11- Grace, J., 2002. Control of sediment export from the forest road prism. *Transactions of the ASAE* 45, 1127-1132.
- 12- Guerra, A. J. T., Fullen, M. A., Jorge, M. D. C. O., Bezerra, J. F. R., and Shokr, M. S. 2017. Slope processes, mass movement and soil erosion: a review. *Pedosphere*, 27(1), 27-41.
- 13- Hamanaka, A., Sasaoka, T., Shimada, H., and Matsumoto, S. 2019. Experimental study on soil erosion under different soil composition using rainfall simulator. *Plant, Soil and Environment*, 65(4), 181-188.
- 14- Herzog, A., and Benoit, K. 2015. The unkindest cuts: speaker selection and expressed government dissent during economic crisis. *The Journal of Politics*, 77(4), 1157-1175.
- 15- Hosseini, S.A.A., Omidre, A., Tagvi, H. and Parsakhoo, A. 2013. Estimation of the amount of sediment obtained from forest roads with the help of SEDMODL. *Wood*

and forest science and technology researches. 19 (1): 41-23.

16- Javadi, M.R., Rojhan, A., Ghafarkhani, M.R. 2022. Assessments of Land Cover Percentage of road cut slope on Production of Runoff and Sediment (A Case Study: Mikhsaz Watershed Mngement). 3rd International and 6th national conference on Conservation of Natural Resources & Environment, Ardabil, Iran. 1-7pp.

17- Javadi, M.R., Ghafarkhani, M.R., Rojhan, A. 2021. Investigation of vegetation percentage in excavated trenches on forest road on runoff and production sediment (Case study: tylen Rud Watershed). 10th International conference on rainwater catchment systems, university of Kordistan, Sanandaj, Iran. 201-212pp.

18- Javadi, M.R., Rojhan, A., Ghafarkhani, M.R. 2021. Investigation of changes in suspended sediment load, phosphorus and organic matter of river flow. 10th International conference on rainwater catchment systems, university of Kordistan, Sanandaj, Iran. 1-7pp.

19- MacDonald, L. H., Sampson R. W. and Anderson, D. M. 2001. Runoff and road erosion at the plot and road segment scales, ST John, Us Virgin Islands. Earth Surface Process Landforms. No: 26. 251-272

20- Mena, M., Lopez, J., Almagro, M., Boix-Fayos, C., and Albaladejo, J. 2008. Effect of water erosion and cultivation on the soil carbon stock in a semiarid area of South-East Spain, Soil and Tillage Research, 99 (1), 119-129.

21- Mustafa, M. and Joybari, Sh. 2014. Investigating the capabilities and limitations of forest road soil erosion estimation models, Watershed Promotion and Development Journal, 3 (11).

22- Noorani, S.N. 2004, evaluation of four methods to choose the best SDR estimation method, (case study: Taleghan watershed), master's thesis, Tehran Azad University, Science and Research Branch, 129 p.

23- Orndorff, A., Hochmuth, G., and Ogram, A. 2017. Evaluating the Effects of Sedimentation from Forest Roads: A Review. University of Florida.

24- Parsakhoo, A. 2011. Investigating the amount of soil waste and runoff in different parts of the forest building using simulators. Ph.D. Thesis. Department of Forest Engineering. Sari Faculty of Natural Resources. 169 p.

25- Parsakhoo, A., hosseini, S.A., lotfalian, M., and jalilvand, H., 2009. Soil loss and displacement by heavy equipment in forest road subgrading projects. International Journal of Sediment Research -227, 24 235.

26- Ramos-Scharrón, C. E., and MacDonald, L. H. 2007. Measurement and prediction of natural and anthropogenic sediment sources, St. John, US Virgin Islands. Catena, 71(2), 250-266.

27- Rijdsdijk, A., Bruijnzeel, L. S., and Sutoto, C. K. 2007. Runoff and sediment yield from rural roads, trails and settlements in the upper Konto catchment, East Java, Indonesia. Geomorphology, 87(1-2), 28-37.

28- Safamanesh, R.A., W.N., Sulaiman, and M.F., Ramli, 2006. Erosion risk assessment using an empirical model of pacific south west inter Agency committee method for zarge watershed, Journal of Spatial Hydrology, 6.

29- Salvia, R., Simone, R., Salvati, L., and Quaranta, G. 2018. Soil Conservation Practices and Stakeholder's Participation in Research Projects—Empirical Evidence from Southern Italy. Agriculture, 8(6), 85.

30- Seutloali, K. E., and Beckedahl, H. R. 2015. A review of road-related soil erosion: an assessment of causes, evaluation techniques and available control measures. Earth Sciences Research Journal, 19(1), 73-80.

31- Shirzadi, H. 2018. Landslide potential in Sanandaj-Marivan new road using

AHP model. Master's thesis. University of Tehran. 117 p.

32- Wade, C. R., Bolding, M. C., Aust, W. M., Lakel III, W. A., & Schilling, E. B. 2012. Comparing sediment trap data with the USLE-Forest, RUSLE2, and WEPP-Road erosion models for evaluation of bladed skid trail BMPs. Transactions of the ASABE, 55(2), 403-414.

33- Wischmeier, W.H. and Smith, D.D., 1978. Predicting rainfall erosion losses-a guide to conservation planning. U.S. Department of Agriculture, Agriculture. Handbook No. 537.

## Comparing the efficiency of WARSEM and WEPP Road models in investigating the effect of road construction on the amount of erosion and sedimentation

Seyedmajidreza Hoseeni\*<sup>۱</sup>, Hasan Ahmadi<sup>۲</sup>, Aliakbar Mehrabi<sup>۳</sup>, Baharak Motamed vaziri<sup>۴</sup>

### Abstract

Proper management of watersheds requires knowledge of existing roads and their effects on natural resources. The purpose of this research was to investigate the effect of road construction on the amount of erosion and sediment production on the new Hashtgerd - Taleghan road in Alborz province. For this purpose, 17 samples were taken from a 26-kilometer asphalt road and 11 samples were taken from a 9-kilometer dirt road and road sedimentation was calculated using the WARSEM and WEPP Road models and compared with the actual value. The results showed by direct measurement of erosion, the total sediments remaining along the route were equal to 17259.32 tons per year, of which 6241.45 tons per year are related to the excavation wall and 11017.87 tons per year are related to the embankment wall. Using the WARSEM model, the total amount of sedimentation from asphalt and dirt roads was estimated as 15172.67 tons per year, equivalent to 52.14 tons per hectare per year, of which 9464.53 tons per year, equivalent to 48.03 tons per hectare per year, the contribution of the excavation wall and the embankment wall of the asphalt road is 5708.14 tons per year, which is equivalent to 63.22 tons per hectare per year, the contribution of the excavation wall and the embankment wall of the dirt road. The road sedimentation rate using the WEPP Road model was obtained as 28.23 tons per hectare for the asphalt road and 43.48 tons per hectare for the dirt road. Considering the direct sediment measurement, the WARSEM model has shown good capability in assessing road sedimentation compared to the other model.

**Keywords:** Erosion, Hashtgerd-Taleqan Road, Sediment, WEPP Road, WARSEM

---

<sup>۱</sup> PhD Graduated, Dept. Natural Resource, Nour Branch, Islamic Azad University, Nour, Iran,

<sup>۲</sup> Assistant Prof., Dept. Natural Resource, Nour Branch, Islamic Azad University, Nour, Iran.\*  
Corresponding author: kh\_mahdavi@yahoo.com

<sup>۳</sup> Assistant Prof., Rangeland Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

<sup>۴</sup> Assistant Prof., Dept. Natural Resource, Nour Branch, Islamic Azad University, Nour, Iran,

# Natural Ecosystems of Iran



Vol.14, No.1, Serial 53, Fall 2023

## Contents

- |   |  |     |
|---|--|-----|
| • Monitoring the changes in surface water areas of salt lake in Fars province using remote sensing indicators   | Behrooz Sadin,<br>Mohammadebrahim Afifi  | 23  |
| • Drought prediction using artificial intelligence models<br>(case study of Fars province)  | Mohammadebrahim<br>Afifi, Vahid Sohrabi  | 50  |
| • Analysis of the role of wood and paper industries in the<br>deforestation of suburban areas and the development of Sari city                              | Syedhasan Rasooli ,<br>Sadroddin Motevalli,<br>Fatemeh Ashoori, Hanieh<br>Bazarloo       | 75  |
| • Determining fire-prone areas in watershed basin of Shourdareh,<br>Golestan province, based on the ELECTRE III method                                      | Amirreza Mesbah ,<br>Seyedeh Khadijeh<br>Mahdavi, Mahshid Souri,<br>Mouhammadreza Javadi | 99  |
| • Assessment of urban management indicators in civil projects for the<br>preservation of natural ecosystems(Case study: Sari city)                          | Javad Falahatkar   | 121 |
| • Comparing the efficiency of WARSEM and WEPP Road models in<br>investigating the effect of road construction on the amount of<br>erosion and sedimentation | Syedmajidreza Hoseeni,<br>Hasan Ahmadi, Aliakbar<br>Mehrabi, Baharak<br>Motamed vaziri   | 140 |





Contant

- **Monitoring the changes in surface water areas of salt lake in Fars province using remote sensing indicators** Behrooz Sadin, Mohammadebrahim Afifi 23
- **Drought prediction using artificial intelligence models (case study of Fars province)** Mohammadebrahim Afifi, Vahid Sohrabi 50
- **Analysis of the role of wood and paper industries in the deforestation of suburban areas and the development of Sari city** Seyedhasan Rasooli , Sadroddin Motevalli, Fatemeh Ashoori, Hanieh Bazarloo 75
- **Determining fire-prone areas in watershed basin of Shourdareh, Golestan province, based on the ELECTRE III method** Amirreza Mesbah , Seyedeh Khadijeh Mahdavi, Mahshid Souri, Mouhammadreza Javadi 99
- **Assessment of urban management indicators in civil projects for the preservation of natural ecosystems (Case study: Sari city)** Javad Falahatkar 121
- **Comparing the efficiency of WARSEM and WEPP Road models in investigating the effect of road construction on the amount of erosion and sedimentation** Seyedmajidreza Hoseeni, Hasan Ahmadi, Aliakbar Mehrabi, Baharak Motamed vaziri 140