

**اولویت‌بندی جنوب شرق ایران جهت کنترل فرسایش بادی با هدف تثبیت جمعیت در****سکونتگاه‌های روستایی**بهرام بختیاری عنایت<sup>۱</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۶/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۹/۰۳

**چکیده**

امروزه مسئله پایداری جمعیت و پراکنش جغرافیایی آن از مسائل مهم در سطح ملی و جهانی مرتبط با توسعه پایدار می‌باشد. عوامل زیادی از جمله عوامل اقتصادی، سیاسی، فرهنگی و طبیعی در مهاجرت افراد و تخلیه سکونتگاه‌های روستایی مؤثر هستند. فرسایش بادی به عنوان یک عامل طبیعی در کاهش کیفیت و کمیت زیستگاه انسانی در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران منجر به کاهش جمعیت و خالی شدن سکونتگاه‌های روستایی گردیده است. هدف از این مطالعه، بررسی قانون‌های فرسایش بادی در جنوب شرق ایران و ارتباط آن با شدت مهاجرت در مناطق مذکور است تا بتوان اولویت مکانی اقدامات مبارزه با فرسایش بادی را تعیین نمود. در این پژوهش به منظور شناسایی مناطق مستعد فرسایش بادی در جنوب شرق ایران به کمک داده‌ها و تصاویر ماهواره‌ای سنجنش از دور در مجموع هفت لایه تعداد رخداد‌های خشک سالی، دما، بارش، موقعیت مکانی خاک‌های ماسه‌ای، تعداد رخداد‌های طوفان گردوغبار، مناطق تخریب یافته خاک توسط انسان و شاخص تأثیر انسانی استفاده شده است. به هر یک از این شاخص‌ها با توجه به نظر کارشناسی یک وزن با روش تحلیل سلسله مراتبی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی اختصاص داده شده است. در مرحله بعد با استفاده از آمار جمعیت مستخرج از سرشماری نفوس و مسکن سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵، آمار جمعیت روستاها در جنوب شرق ایران مورد بررسی قرار گرفت. با مقایسه نقشه نهایی شدت مهاجرت (تخلیه سکونتگاه‌ها) با نقشه مناطق مستعد فرسایش بادی به وسیله ضریب کاپا، میزان تطابق ۶۴ درصد محاسبه گردید. بالاترین اولویت از نظر مساحت مربوط به شهرستان‌های نیریز، نهبندان، خاش، ایرانشهر، سراوان، کنارک، بندرعباس، رودبار جنوب و رودان می‌باشد.

**کلمات کلیدی:** تثبیت جمعیت، جنوب شرق ایران، سکونتگاه‌های روستایی، فرسایش بادی.

## مقدمه

با توجه به اینکه روستاهای کشور مرکز تولید و اشتغال اکثر ساکنان این مناطق هستند، بهره‌برداری اصولی از منابع موجود در این نواحی موجب تثبیت درآمد خانوارها و عدم مهاجرت آنها به سمت شهرها می‌گردد. علاوه بر مشکلات و کمبودهای موجود در جوامع روستایی، یکی از مهم‌ترین عوامل مهاجرت دسته‌جمعی و خالی شدن روستاها می‌تواند مشکلات طبیعی و کاهش کیفیت محیط‌زیست طبیعی انسان در این مناطق باشد. فرسایش خاک در طبیعت امری طبیعی و جزء چرخه تکاملی آن می‌باشد که با توجه به شدت بالا و افسارگسیخته آن در عرصه‌های مختلف، مشکلات متعددی را برای بهره‌برداران پدید آورده است. فرسایش بادی در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران از دلایل کاهش کیفیت زندگی و در مواردی خالی شدن سکونتگاه‌ها به‌شمار می‌رود. البته نقش عوامل طبیعی به‌صورت زنجیره‌ای بوده و اثرات متقابل بر یکدیگر دارند. مثلاً خشک‌سالی‌های پی‌درپی و کمبود منابع آب، جمعیت ساکن در روستاها را مجبور به ترک سکونتگاه‌های روستایی کرده است.

## بیان مسأله

اکثر روستاهای کشور از لحاظ اقتصادی و معیشتی و تا حدودی اجتماعی وابسته به طبیعت هستند و عمده ساکنین این مناطق شغل کشاورزی و دامداری دارند. در سال‌های اخیر به دلیل طبیعی و انسانی تعادل بین محیط و انسان به هم‌خورده است که عدم تأمین نیازهای اولیه معیشتی باعث ترک روستاها و سرازیر شدن سیل جمعیت به سمت شهرها شده است. این پژوهش به دنبال نقاط بحرانی ناشی از فرسایش بادی در جنوب شرق ایران است تا با شناسایی صحیح این مناطق بتوان اولویت برنامه‌های احیا و توسعه این مناطق را به‌منظور تعیین اولویت‌های مکانی اقدامات مبارزه با فرسایش بادی نشان داد. تصاویر ماهواره‌ای با وسعت عمل بالا و تناوب زمانی خوب، این قابلیت را در اختیار پژوهشگران قرار می‌دهد که به نحوی جامع و سریع با حداقل هزینه به شناسایی این پدیده بپردازند و با توجه به قابلیت خوب تصاویر ماهواره‌ای و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، اقدام به پژوهش در این امر مهم شد تا با شناسایی مناطق پرخطر، اقدامات حفاظتی را

به نحوی در منطقه اولویت بندی کرد. بررسی پتانسیل فرسایش بادی در سطح کلان کشور توأم با مراکز و نواحی مهاجر فرست، این امکان را به وجود می آورد که بتوان در این مناطق راهکارهای کنترل فرسایش بادی را با دقت بالاتر و در مکان های حساس تر انجام داد. در این خصوص به دلیل وسعت بالای مناطق مورد بررسی و پارامترهای متنوع تأثیر گذار در فرسایش بادی، استفاده از تصاویر ماهواره ای و قابلیت سیستم اطلاعات جغرافیایی کمک شایانی در حصول نتایج مورد قبول در مطالعات مربوط به فرسایش بادی به متخصصان می نماید. مسأله اصلی مشخص نبودن مناطقی است که تحت اثر فرسایش بادی دچار کاهش جمعیت روستایی شده اند و این تحقیق به دنبال تعیین این مناطق است.

## ادبیات و مبانی نظری

از نظر رولاند<sup>۱</sup> مهاجرت به معنای حرکات افراد یا گروه هاست که تغییر دائمی یا طولانی محل اقامت معمولی فرد را به دنبال دارد (حدادی و فتحی، ۱۳۸۸: ۲). اولین کسی که طرح قوانین مهاجرت از روستا را ارائه داده است، فردی به نام «روان شتاین»<sup>۲</sup> می باشد که بر اساس نظر او مهاجران از منطقه ای که در آن فرصت های کمتر وجود دارد به مناطقی می روند که فرصت های زیادی در دسترس می باشد. گزینش مقصد به کمک عنصر فاصله انجام می پذیرد، زیرا مهاجران تمایل دارند به مکان های نزدیک تر مهاجرت کنند. به نظر او شهرنشینان کمتر از مردم روستایی اهل مهاجرت هستند (اوبرای<sup>۳</sup>، ۱۳۷۰: ۷۰). اورت لی<sup>۴</sup> بر پایه قوانین روان شتاین به تنظیم یک طرح عمومی می پردازد که می توان در آن جابجایی های مکانی را گنجانند. وی نیروهای مؤثر بر ادراکات مهاجر را به دو دسته «دافع» و «جاذب» تقسیم می کند. دسته اول، عوامل منفی هستند که می خواهند مهاجران را وادار به ترک مناطق خاستگاه کنند و دسته دوم، عوامل مثبت می باشند که مهاجران را که در انتظار بهبود وضعیت خویش هستند به سوی مناطق کوچ گاه می کشانند (اوبرای، ۱۳۷۰: ۷۱). فرسایش بادی یکی از عوامل دافع طبیعی است که منجر به ترک سکونتگاه های روستایی می گردد.

<sup>۱</sup> Roland

<sup>۲</sup> Ravenstian

<sup>۳</sup> Oberai

<sup>۴</sup> Evert. S. Lee

فرسایش بادی یک فرایندی است که باد، ذرات خاک را وادار به حرکت می‌کند. این فرایند دارای فازهای مجزا از برداشت، انتقال و رسوب ذرات است. عوامل مؤثر در فرسایش بادی عبارت‌اند از: خصوصیات خاک، آب‌وهوا، زبری سطح خاک، پوشش گیاهی، پستی‌وبلندی و طولی از زمین که در معرض باد قرار می‌گیرد (رفاهی، ۱۳۸۷). با توجه به نقش گسترده مخاطرات طبیعی به‌ویژه فرسایش بادی در ناپایداری جمعیت روستایی مناطق جنوب شرق ایران، اقدام به شناسایی مناطق دارای پتانسیل فرسایش بادی با کمک داده‌های سنجش از دور در مناطقی که دارای بیشترین تغییرات جمعیت روستایی هستند (عوامل دافعه در مبدأ نظریه لی)، گردید.

### پیشینه تحقیق

امینی و همکاران (۱۳۹۸) در مقاله پژوهشی خود به بررسی تأثیر عوامل طبیعی در تخلیه سکونتگاه‌های روستایی با بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش‌های آماری در روستاهای تخلیه‌شده استان اصفهان پرداختند که نتایج، بیانگر تأثیرپذیری معنی‌دار و قابل‌توجه تخلیه روستاها به ترتیب در ارتباط با شیب، تیپ اراضی، ارتفاع و دوری از چاه‌ها و در مقابل معنی‌دار نبودن تأثیر جهات جغرافیایی بوده است. نتایج کار این محققان نشان‌دهنده مؤثر بودن عوامل طبیعی در ناپایداری سکونتگاه‌های روستایی است.

خالقی (۱۳۹۵) در پایان‌نامه خود به بررسی حرکت تپه‌های ماسه‌ای و اثرات زیست‌محیطی آن در منطقه زیرکوه پرداخته و به این نتیجه رسید که روستاها، مزارع و راه‌های ارتباطی منطقه زیرکوه به‌ویژه در جنوب و جنوب شرق منطقه مورد تهدید جدی ماسه‌های روان قرار گرفته است. ایشان نقش خشکسالی و بادهای ۱۲۰ روزه را در گسترش ماسه‌های روان بسیار مهم می‌دانند.

اصغری لقمه‌چانی و نادریان‌فر (۱۳۹۴) در مقاله پژوهشی خود با بررسی آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی از ماسه‌های روان بستر خشک تالاب بین‌المللی هامون در شهرستان هیرمند به این نتیجه رسیدند که از ۳۰۳ روستای واقع در این شهرستان تعداد ۵۶ روستا دارای مشکل ماسه‌های روان هستند و سطح آسیب‌پذیری روستاها بالای ۳۰ درصد است. فرسایش بادی و به تبع

آن ماسه روان باعث کاهش عملکرد کشاورزی و منبع درآمد روستاییان گردیده و ناپایداری جوامع روستایی را در این منطقه افزایش داده است.

قاسمی اردهائی (۱۳۸۵) در مقاله پژوهشی خود جهت بررسی عوامل مؤثر بر مهاجرت روستاییان به شهر، چهار عامل مهم و تأثیرگذار اقتصادی، اجتماعی-فرهنگی، جمعیت‌شناسی و طبیعی-کشاورزی را معرفی نمود. در بین عوامل ذکر شده عوامل اقتصادی با سهم ۵۰ درصد بیشترین تأثیر را دارد. همچنین عامل طبیعی و کشاورزی بیشتر پیرامون مسائل آب و خاک بوده و در نهایت نقش عوامل دافعه در جوامع روستایی بیش از عوامل جاذبه شهری عنوان شده است. مارگوکس<sup>۱</sup> (۲۰۱۸) در پژوهش پایان‌نامه خود به بررسی بیابان‌زدایی و تأثیر آن بر پناهندگان محیطی (مهاجرت اجباری در اثر عوامل محیطی) پرداخته است. در این پژوهش که در مناطق مدیترانه‌ای انجام شده به نقش عوامل طبیعی در کنار فعالیت‌های انسانی پرداخته و تغییر اقلیم و بیابانی شدن را در ارتباط با عامل به‌وجود آورنده مهاجرت مورد بررسی قرار داده است. در نهایت نقش عوامل محیطی را در ایجاد مهاجرت بسیار معنی‌دار و مؤثر دانسته است. بر اساس تحقیقی که توسط کائو<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۵) در مقاله خارجی بر روی شناسایی مناطق برداشت طوفان‌های گردوغبار و ماسه در ایران با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام شده از ترکیب ۹ عامل تأثیرگذار شامل آمار خشکسالی، دما، بارش، موقعیت خاک‌های ماسه‌ای، فراوانی وقوع طوفان شن، تخریب خاک توسط انسان، شاخص اثرات انسانی و... استفاده شده است. در نهایت منطقه هورالعظیم و سیستان به‌عنوان بالاترین پتانسیل تخریب و منبع طوفان معرفی شده است.

### اهداف تحقیق

هدف از این پژوهش شناسایی مناطق حساس به فرسایش بادی در جنوب شرق ایران و بررسی ارتباط آن با مناطقی که دارای آمار مهاجرت بالایی هستند، می‌باشد که جهت اولویت‌بندی این مناطق، برای اجرای اقدامات بیابان‌زدایی و تدابیر لازم جهت حفظ پایگاه‌ها و سکونتگاه‌های انسانی

<sup>۱</sup> Margaux

<sup>۲</sup> Cao

انجام شده است. در هیچ‌یک از مطالعات قبلی به بحث اثرات عوامل محیطی بر کاهش جمعیت روستایی اشاره نشده است.

سؤال‌های فرعی شامل موارد زیر می‌باشد:

✓ کدام مناطق بیشترین شدت تخلیه را در سال‌های اخیر داشته‌اند؟

✓ ارتباط مناطق دارای پتانسیل فرسایش بادی با مناطق دارای آمار بالای مهاجرت چگونه

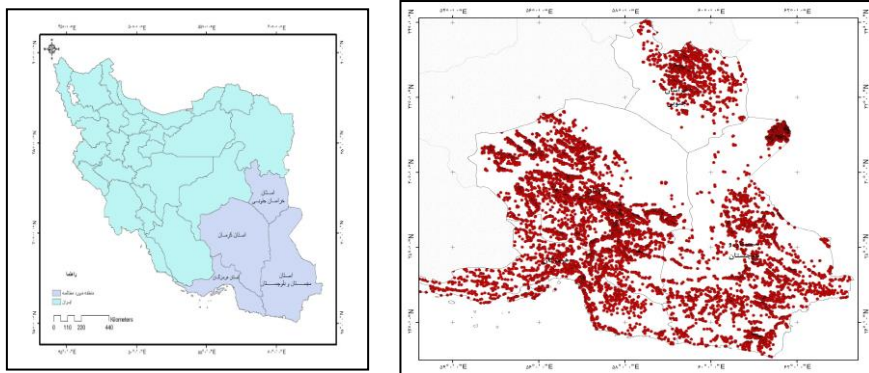
است؟

### جامعه آماری و حجم نمونه

جامعه آماری در این پژوهش شامل سکونتگاه‌های روستایی (آبادی) چهار استان جنوب شرق ایران شامل استان خراسان جنوبی، سیستان و بلوچستان، کرمان و هرمزگان می‌باشد. داده‌های جمعیت مورد بررسی در این پژوهش شامل بیش از ۱۰۶۲۹ سکونتگاه روستایی است که بالای ۹۵ درصد جامعه آماری را شامل می‌گردد.

### قلمرو تحقیق

منطقه مورد مطالعه شامل چهار استان خراسان جنوبی، سیستان و بلوچستان، کرمان و هرمزگان است (شکل ۱).



شکل ۱. منطقه مورد مطالعه (چپ) به همراه سکونتگاه‌های روستایی (راست)

استان خراسان جنوبی، به عنوان شرقی ترین استان ایران به مرکزیت بیرجند مساحتی معادل ۹۵۳۸۵ کیلومتر مربع دارد. شهرستان های استان خراسان جنوبی عبارت اند از فردوس، بشرویه، سرایان، سربیشه، درمیان، بیرجند، قاینات، نهبندان. در جدول ۱ تعداد بخش ها، شهرها و دهستان های استان خراسان جنوبی ذکر شده است (سالنامه آهاری، ۱۳۹۰). استان سیستان و بلوچستان به مرکزیت زاهدان و با وسعتی حدود ۱۸۱۷۸۵ کیلومتر مربع پهناورترین استان کشور می باشد. در جدول ۱ تعداد بخش ها، شهرها و دهستان های استان خراسان جنوبی ذکر شده است. استان کرمان پهناورترین استان ایران و مرکز آن کلان شهر کرمان است. در جدول ۱ تعداد بخش ها، شهرها و دهستان های استان براساس سرشماری سال ۱۳۹۵ ذکر شده است (سالنامه آماری، ۱۳۹۰). استان هرمزگان در جنوب ایران و در شمال تنگه هرمز قرار دارد. کرانه های این استان در شرق بر دریای عمان و در غرب بر خلیج فارس قرار دارند.

در این مطالعه علاوه بر بررسی عوامل طبیعی تأثیرگذار بر فرسایش بادی در سطح منطقه، آمار جمعیت بیش از ۱۰.۰۰۰ روستای واقع در چهار استان مذکور مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت تا نقاطی که دارای کاهش جمعیت بین سال های ۱۳۹۵ - ۱۳۹۰ بودند شناسایی گردد و همچنین درصد کاهش جمعیت نیز برای هر یک از این سکونتگاه ها محاسبه گردید.

جدول ۱. تعداد بخش ها، شهرها و دهستان های استان کرمان، خراسان جنوبی، سیستان و بلوچستان و هرمزگان

استان	مرکز	تعداد شهرستان	تعداد بخش	تعداد دهستان	تعداد شهر
کرمان	کرمان	۲۳	۵۸	۱۵۱	۷۱
خراسان جنوبی	بیرجند	۱۱	۲۵	۶۱	۲۸
سیستان و بلوچستان	زاهدان	۱۹	۴۸	۱۱۲	۳۷
هرمزگان	بندرعباس	۱۳	۳۳	۷۱	۲۳

تعداد رخدادهای خشکسالی در منطقه جنوب شرقی ایران از یک سال تا هشت سال متغیر می باشد. بیشترین تعداد خشکسالی ها مربوط به جنوب استان سیستان و بلوچستان (هشت سال) و استان کرمان و هرمزگان (هفت سال) می باشد. خراسان جنوبی براساس این نتایج

متحمل کمترین تعداد سال‌های خشکسالی بین یک تا چهار سال در مقایسه با سایر استان‌ها می‌باشد.

بر اساس اطلاعات به‌دست‌آمده از میانگین دمای گرم‌ترین فصل سال، حداقل و حداکثر دما بین ۹.۴ و ۳۷ درجه سانتی‌گراد متغیر می‌باشد. بر این اساس مشخص گردید که به جز بخش غربی استان کرمان و شمال استان خراسان جنوبی سایر نقاط منطقه مطالعاتی دارای میانگین دمای بالایی هستند.

مقدار بارش در منطقه مورد مطالعه بین ۵ تا ۱۰۸ میلی‌متر متغیر می‌باشد. جنوب استان‌های هرمزگان، شرق و جنوب سیستان و بلوچستان کمترین بارش را دارا می‌باشند در حالی که شمال استان خراسان جنوبی و غرب استان کرمان بیشترین بارش را به خود اختصاص داده‌اند. نزدیک به ۳۵ درصد منطقه مورد مطالعه دارای خاک‌های ماسه‌ای مستعد فرسایش بادی هستند. بر اساس لایه خاک ماسه‌ای، شرق استان خراسان رضوی، قسمتی از شرق و غرب استان سیستان و بلوچستان، و شرق و شمال استان کرمان دارای بیشترین خاک‌های ماسه‌ای می‌باشند که مستعد فرسایش بادی است.

تعداد رخداد‌های طوفان‌های ماسه‌ای ثبت شده بین ۶ تا ۸۴۵ بار در هر ایستگاه متغیر است. استان کرمان شاهد کمترین تعداد واقعه در بین استان‌ها بین ۶ تا ۱۱۳ می‌باشد، اما بیشترین تعداد رخداد مربوط به استان سیستان و بلوچستان بین ۶ تا ۸۴۵ بار است. جنوب خراسان رضوی، شمال استان کرمان، حاشیه دریای خلیج فارس و عمان کمترین عدد را به خود اختصاص داده‌اند. استان سیستان و بلوچستان دارای بیشترین تخریب خاک توسط انسان است.

شاخص تأثیر انسانی بیانگر تأثیر فعالیت‌های انسانی بر روی محیط‌زیست است. بر اساس این شاخص در مناطقی که فعالیت‌های انسانی زیاد می‌باشد، بخصوص شهرهای بزرگ و جاده‌ها عدد این شاخص بیشترین مقدار است.



## روش‌شناسی

در این پژوهش ابتدا اقدام به تهیه هفت پارامتر مهم تأثیرگذار بر شناسایی کانون‌های فرسایش بادی گردید. در مرحله بعد برای هر یک از عوامل مذکور یک لایه رستری در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی ایجاد شد. لایه‌های ایجاد شده با استفاده از وزن حاصل از روش تحلیل سلسله مراتبی با یکدیگر تلفیق شد و در نهایت نقشه حساسیت منطقه به فرسایش بادی به دست آمد. آمار مهاجرت در سطح روستاها از سرشماری نفوس و مسکن سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵ مربوط به مرکز ملی آمار ایران تهیه گردیده است. پهنه‌بندی درصد مهاجرت روستایی در منطقه مورد مطالعه از طریق درون‌یابی کریجینگ انجام شد. در نهایت با استفاده از ضریب آماری کاپا تطابق نقشه حساسیت به فرسایش بادی با شدت کاهش جمعیت در منطقه مقایسه گردید.

به منظور شناسایی منابع طوفان ماسه و گردوغبار در جنوب شرق ایران از هفت لایه مهم و تأثیرگذار استفاده شده است.

## تعداد رخداد‌های خشکسالی

شاخص تعداد رخداد‌های خشکسالی بیانگر تخمینی تعداد سال‌های خشک‌سالی در سطح منطقه است که به وسیله شاخص SPI برای کل دنیا از طریق میانگین بارش سالیانه به دست آمده است. این داده‌ها از طریق سایت برنامه محیط‌زیست سازمان ملل متحد در مقیاس یک ده میلیونیم تهیه گردیده است (UNEP, 2013).

## دما و بارش

در یک منطقه بیابانی دما و بارش به عنوان مهم‌ترین عوامل اقلیمی در ایجاد طوفان‌های ماسه‌ای و گردوغبار در نظر گرفته می‌شوند. در این مطالعه لایه‌های میانگین دما و بارش از سایت جهانی اقلیم (worldclim, 2018) به صورت داده‌های رستری دانلود گردیده است.

## موقعیت مکانی خاک‌های ماسه‌ای

عمق خاک‌های ماسه‌ای و محل آن‌ها می‌تواند درجه بیابان‌زایی و مستعد بودن آن مناطق برای ایجاد طوفان را مشخص کند (Coa, 2015: 569). داده‌های مورد نیاز برای موقعیت

مکانی خاک‌های ماسه از سایت مرکز بین‌المللی منابع و اطلاعات پایه خاک (ISRIC, 2013) در مقیاس یک کیلومتر و به صورت فایل رستری دانلود گردید.

### تعداد رخدادهای طوفان گردوغبار

بر طبق تعریف ارائه‌شده توسط سازمان جهانی آب‌وهوا شناسی، طوفان بربا اثر آشفستگی آب‌وهوا به وجود می‌آید، در نتیجه مقدار زیادی گردوغبار وارد اتمسفر شده و نهایتاً باعث کاهش دید به کمتر از ۱۰۰۰ متر می‌شود (Middleton, 1986). بنابراین شاخص تعداد رخدادهای طوفان گردوغبار با در نظر گرفتن رطوبت کمتر از ۸۰ درصد و دید افقی کمتر از ۱۰۰۰ متر به دست آمد (Cao, 2015: 570). در این مطالعه داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی موجود در مرکز، جنوب، جنوب شرق ایران و کشورهای همسایه ایران (افغانستان و پاکستان) برای به دست آوردن شاخص مذکور از سایت اداره ملی اقیانوس و جو ایالات متحده (NOAA, 2013) دانلود و تجزیه و تحلیل‌ها بر روی آن‌ها انجام گرفت.

### تخریب خاک توسط عوامل انسانی

در سال ۱۹۹۰ مرکز بین‌المللی منابع و اطلاعات پایه خاک (ISRIC, 1990) نقشه‌ی تخریب خاک توسط عوامل انسانی را ارائه داد که با همکاری دانشمندان و محققان از سرتاسر دنیا به دست آمده بود. داده‌های مورداستفاده از سایت این مرکز بین‌المللی دانلود گردید.

### شاخص تأثیر انسانی

شاخص تأثیر انسانی (HII) بیانگر تأثیر فعالیت‌های انسانی بر روی محیط‌زیست در سطح جهانی است (Cao, 2015:572). این لایه بر اساس اطلاعات موجود از هر منطقه شامل تراکم جمعیت در هر منطقه، کاربری اراضی موجود در هر منطقه از جمله مناطق مسکونی، زهان چراغانی شب، دسترسی انسان به جاده‌ها، ساحل، خطوط ریلی و هوایی و در آخر پوشش سرزمین به دست آمده است. این شاخص جهانی به صورت فایل رستری در سایت FAO موجود است (Wildlife Conservation Society, 2005).

### تلفیق لایه‌ها

پس از جمع‌آوری داده‌های موردنیاز برای به‌دست آوردن مناطق مستعد جهت طوفان‌های ماسه‌ای، لایه‌ها با هم تلفیق شدند. دلیل این امر را می‌توان در مرحله اول متفاوت بودن ماهیت لایه‌ها و مقیاس لایه‌ها دانست. در مرحله دوم با تلفیق و همپوشانی لایه‌ها می‌توان نقاط مستعد برای طوفان‌های ماسه‌ای را مشخص نمود. این مرحله شامل هم مقیاس سازی و نرمال سازی داده‌ها است.

### استانداردسازی داده‌ها

در مطالعات علوم زمینی به‌دلیل استفاده از داده‌های متفاوت از لحاظ زمانی و مکانی ماهیت داده‌ها تفاوت زیادی با هم دارند. بدین منظور داده‌های موجود باید به یک مقیاس عددی تبدیل شوند. بنابراین استانداردسازی خطی داده‌ها برای داده حداکثر در هر لایه عدد یک و کمترین عدد در هر لایه عدد صفر در نظر گرفته شد (Cao, 2015:573).

### تحلیل سلسله مراتبی

یکی از مباحث موجود در کارهای سیستم اطلاعات جغرافیایی و علوم زمینی از جمله در بحث تلفیق لایه‌ها با همدیگر وزن نسبی هر لایه در نقشه نهایی می‌باشد (Cao, 2015:575). در این مطالعه برای تعیین ارجحیت لایه‌ها (بارش، دما، شاخص تأثیر ازسانی و غیره) و وزن ارجحیت هر کدام، از روش تصمیم‌گیری‌های چند معیاری استفاده شد. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی که برای اولین بار در سال ۱۹۸۰ توسط توماس ساعتی مطرح شد، یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است. زیرا این تکنیک امکان فرموله کردن مسئله را به صورت سلسله مراتبی فراهم می‌کند و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مسئله دارد. جهت وزن‌دهی به عوامل ذکر شده (معیارها) با استفاده از روش AHP از نرم‌افزار Expert Choice استفاده شد. در شکل ۲ مقایسات زوجی هفت پارامتر مورد بررسی ذکر گردیده است که نرخ ناسازگاری هم ۰.۰۷ و قابل قبول می‌باشد.

	drought	precipitation	temperature	sandy soil	dust event	soil degradation	human effect
drought		1.0	1.0	1.0	1.6	2.0	2.0
precipitation			1.0	1.0	1.6	2.0	2.0
temperature				1.0	1.6	2.0	2.0
sandy soil location					1.6	2.0	2.0
dust event						4.45	4.45
soil degradation							1.0
human effect	Incon: 0.07						

شکل ۲. مقایسات زوجی در نرم‌افزار (اعداد قرمز رنگ به معنی اولویت پارامتر واقع در ستون جدول بر پارامتر واقع در ردیف جدول می‌باشد و اعداد مشکی اولویت پارامتر ردیف به ستون را نشان می‌دهند)

به منظور بررسی همبستگی آماری بین نقشه مناطق مهاجر فرست و مکان‌های مستعد برای فرسایش بادی در سیستم‌های سنجش از دور از شاخص کاپا استفاده شد.

### یافته‌های پژوهش:

#### تعیین نقشه حساسیت به فرسایش بادی

شکل ۳- الف نقشه استاندارد شده تعداد واقعه‌های خشک‌سالی را نشان می‌دهد. استان خراسان جنوبی بر اساس این نقشه متحمل کمترین تعداد سال‌های خشک‌سالی در مقایسه با سایر استان‌ها را دارا است. در استان سیستان و بلوچستان خشک‌سالی در طیف وسیعی از شدت کم تا خیلی زیاد مشاهده می‌گردد. در استان کرمان بیشترین خشک‌سالی در شهرستان شهربابک و رفسنجان روی داده است و در رتبه‌های بعدی شهرستان‌های سیرجان و رفسنجان قرار دارند. در استان هرمزگان هم بیشترین وقایع خشک‌سالی مربوط به شهرستان‌های بستک و بندر لنگه است.

شکل ۳- ب شاخص بارندگی در خشک‌ترین فصل سال را نشان می‌دهد. در استان خراسان جنوبی در نواحی شمالی استان این شاخص بین ۰.۶ تا ۰.۸ بوده و در نیمه مرکزی این شاخص دارای بیشترین مقدار در حدود ۰.۸ تا ۱ را دارا است. استان سیستان و بلوچستان در اکثر مناطق استان این شاخص برابر با ۰.۸ تا ۱ است و فقط در نواحی جنوبی استان در یک نوار

باریک در رنج ۰.۶ تا ۰.۸ مشاهده گردیده است. در استان کرمان در نواحی غربی، شمالی و شرقی استان این شاخص در بالاترین رنج یعنی بین ۰.۸ تا ۱ قرار دارد و در نواحی مرکزی و جنوبی این شاخص در کلاس ۰.۶ تا ۰.۸ قرار دارد. در استان هرمزگان تنوع کلاس های شاخص بارندگی نسبت به بقیه منطقه مورد مطالعه بالاست و در نواحی شرقی این شاخص به کلاس ۰ تا ۰.۲ هم می رسد و در نواحی شمال شرقی استان کلاس های ۰.۴ تا ۰.۶ و ۰.۶ تا ۰.۸ هم مشاهده می گردد.

شکل ۳-ج شاخص دما در گرم ترین فصل سال را نشان می دهد. در استان خراسان جنوبی بخش غربی شهرستان بیرجند، بخش شرقی شهرستان سربیشه و بخش شمالی شهرستان نهبندان نسبت به سایر مناطق استان حداکثر دمای متعادل تری را دارا می باشند. در استان سیستان و بلوچستان شهرستان زاهدان در قسمت جنوبی و خاش در قسمت شمالی، دمای متعادل تری نسبت به بقیه استان در فصل گرم را به خود اختصاص داده اند. در استان کرمان شهرستان راور در بخش جنوبی، کرمان غرب و جنوب غرب، بردسیر سیرجان، شهربابک و شمال جیرفت و بافت، دمای متعادل تری نسبت به بقیه استان به خود اختصاص داده اند. در استان هرمزگان به جز نواحی کوچکی در شمال شهرستان بندرعباس، بقیه نقاط دارای درجه حرارت بالایی هستند.

شکل ۳-د شاخص رخدادهای طوفان گرد و خاک را نشان می دهد. طبق نتایج شمال شرق و جنوب شرق استان سیستان و بلوچستان و همچنین مرکز استان هرمزگان بیشترین رخداد را به خود اختصاص داده اند. استان کرمان همراه با نیمه غربی استان خراسان جنوبی دارای کمترین رخداد ثبت شده طوفان و گردوغبار هستند.

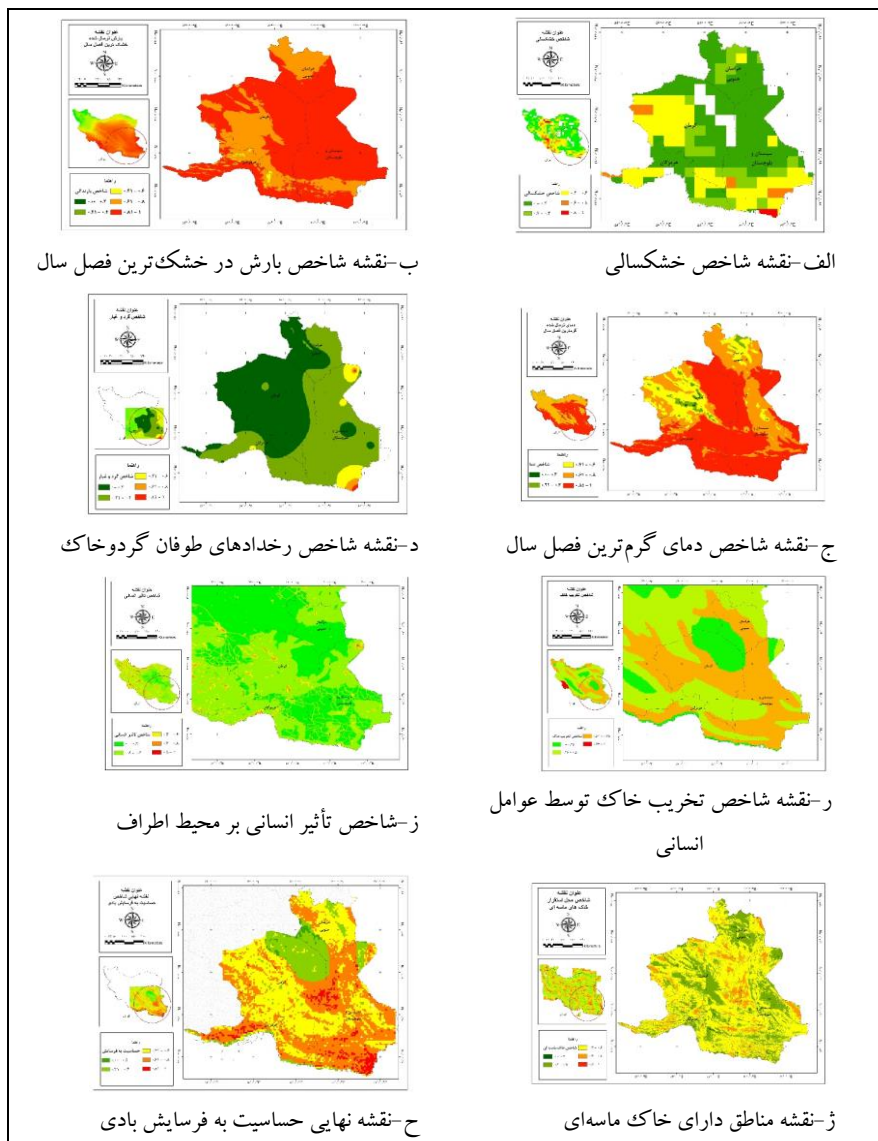
شکل ۳-ر شاخص تخریب خاک توسط عوامل انسانی را نشان می دهد. در استان خراسان جنوبی تخریب خاک در سه کلاس متفاوت دیده می شود. در نواحی شمالی و شرقی کلاس ۰.۲۵ تا ۰.۵ مشاهده می شود. در نوار شمال غربی به جنوب شرقی و همچنین مرکز استان کلاس ۰.۵ تا ۰.۷۵ را می توان مشاهده کرد و در نواحی جنوب غربی استان کمترین شدت تخریب خاک توسط عوامل انسانی یعنی کلاس ۰ تا ۰.۲۵ را به خود اختصاص داده است. در

استان سیستان و بلوچستان هم کلاس‌های مختلف تخریب خاک مشاهده می‌گردد به طوری که در نواحی شمالی استان (سیستان) سه کلاس تخریب خاک در کنار یکدیگر قرار دارند و نواحی مرکزی استان بیشتر در کلاس‌های تخریب ۰.۲۵ تا ۰.۵ و ۰.۵ تا ۰.۷۵ قرار دارند. یک نوار باریک ساحلی به موازات دریای عمان در جنوب استان سیستان و بلوچستان دارای کلاس ۰ تا ۰.۲۵ با کمترین تخریب است. در شمال شرق استان کرمان شدت تخریب کمترین مقدار را دارا است و در کلاس ۰ تا ۰.۲۵ قرار دارد. نواحی مرکزی استان به شکل نوار عریض از شمال غرب تا جنوب شرق دارای شدت تخریب زیاد در کلاس ۰.۵ تا ۰.۷۵ هستند. در نهایت جنوب و جنوب شرق استان در کلاس تخریب ۰.۲۵ تا ۰.۵ قرار دارد. در استان هرمزگان بیشترین شدت تخریب خاک در نواحی شرقی و غربی استان در رنج ۰.۵ تا ۰.۷۵ دیده شده است. نواحی شمالی در کلاس تخریب ۰.۲۵ تا ۰.۵ قرار دارند و نوار ساحلی جنوبی استان در کلاس تخریب کم ۰ تا ۰.۲۵ قرار دارد.

شکل ۳- شاخص تأثیر انسانی بر محیط اطراف را نشان می‌دهد. در استان خراسان جنوبی به طور کلی شاخص تأثیر انسانی در کلاس‌های کم و متوسط قرار دارد. نواحی جنوبی استان اکثراً در کلاس ۰ تا ۰.۲ قرار دارند و نواحی شمالی به جز شمال غرب عمدتاً در کلاس ۰.۲ تا ۰.۴ قرار دارد و چند نقطه شهری در نیمه شمالی استان دارای کلاس تأثیر انسانی زیاد است. در استان سیستان و بلوچستان هم در نیمه غربی استان مقدار این شاخص کمتر از نیمه شرقی است. در نواحی شرقی استان مقدار شاخص بین ۰.۲ تا ۰.۴ قرار دارد. در استان کرمان در نواحی مرزی استان مقدار این شاخص در کلاس کم قرار دارد و هر چه به مرکز استان پیش می‌رویم مقدار این شاخص افزایش می‌یابد. تنوع کلاس‌های شاخص تأثیر انسانی در این استان بالاست و عمده اثرات در اطراف شهرهای بزرگ دیده می‌شود. در استان هرمزگان، در قسمت‌هایی از شرق و شمال استان مقدار شاخص در کلاس ۰ تا ۰.۲ قرار دارد و در عمده مناطق استان مقدار این شاخص بین ۰.۲ تا ۰.۴ است. بیشترین تأثیر انسانی در نوار ساحلی در راستای خلیج فارس مشاهده می‌گردد که در رنج ۰.۶ تا ۰.۸ قرار دارد.

شکل ۳- نقشه مناطق دارای خاک ماسه‌ای را نشان می‌دهد. در استان خراسان جنوبی عمده‌ترین خاک‌های ماسه‌ای در منطقه شرقی، شمال غربی، جنوب و جنوب غربی استان دیده می‌شود. در استان سیستان و بلوچستان پراکنش خاک‌های ماسه‌ای در شمال استان، شمال غرب، شرق و به نسبت در نواحی مرکزی بیشتر از سایر نقاط استان است. پراکنش این نوع خاک‌ها در نواحی شمال شرقی و در کل نیمه جنوبی استان کمتر از سایر نقاط استان است. در استان کرمان نیز مشابه استان خراسان جنوبی اکثر خاک‌های ماسه‌ای در حاشیه استان گسترش یافته‌اند. در نواحی شمالی، شرقی، جنوب شرقی، غرب و جنوب غربی استان کرمان پراکنش خاک‌های ماسه‌ای بیشتر از سایر نقاط استان است. در نواحی مرکزی استان این نوع خاک‌ها گسترش کمتری دارند. در استان هرمزگان خاک‌های ماسه‌ای دارای پراکنش زیادی هستند به طوری که پراکنش این نوع خاک‌ها در نواحی غربی و شمالی و همچنین شرقی بیشتر از سایر نقاط استان است. در نواحی مرکزی و شمال شرقی پراکنش این نوع خاک‌ها حداقل است.

شکل ۳-ح نقشه نهایی حساسیت به فرسایش بادی را نشان می‌دهد. در استان خراسان جنوبی بیشترین مناطق حساس به فرسایش بادی در نواحی شمال غربی، شمال شرقی و جنوب شرقی استان در کلاس ۰.۶ تا ۰.۸ مشاهده می‌گردد. در این استان کلاس خیلی شدید حساس به فرسایش بادی مشاهده نگردید. در استان سیستان و بلوچستان اکثراً کلاس‌های فرسایشی دیده شده است، متناوباً وسعت منطقه حساسیت بسیار کم به فرسایش بادی بسیار ناچیز بوده و در شمال استان قرار دارد. در استان کرمان هم مانند آنچه در استان سیستان و بلوچستان مشاهده می‌گردد، عمده کلاس‌های حساسیت به فرسایش بادی از کلاس بسیار کم تا بسیار زیاد مشاهده می‌گردد. نواحی شمال شرقی استان دارای حساسیت کم نسبت به فرسایش بادی در محدوده ۰.۲ تا ۰.۴ است. در استان هرمزگان چهار کلاس حساسیت نسبت به فرسایش بادی با پراکنش مختلف مشاهده می‌گردد. در نواحی غربی و نواحی پراکنده نیمه شرقی کلاس حساسیت بسیار شدید در محدوده ۰.۸ تا ۱ به صورت پراکنده مشاهده می‌گردد. کلاس حساسیت زیاد به فرسایش بادی با محدوده ۰.۶ تا ۰.۸ در اکثر مناطق استان گسترش یافته و قسمت عمده مساحت نواحی غربی و شرقی استان را به خود اختصاص داده است.



شکل ۳. شاخص‌های مؤثر در تعیین مناطق حساس به فرسایش بادی همراه با نقشه حاصل از تلفیق لایه‌ها

جدول ۲ وزن‌های نهایی حاصل از روش تحلیل سلسله مراتبی را نشان می‌دهد.



جدول ۲. وزن نسبی هر یک از پارامترهای مؤثر در شناسایی مناطق حساس به فرسایش بادی

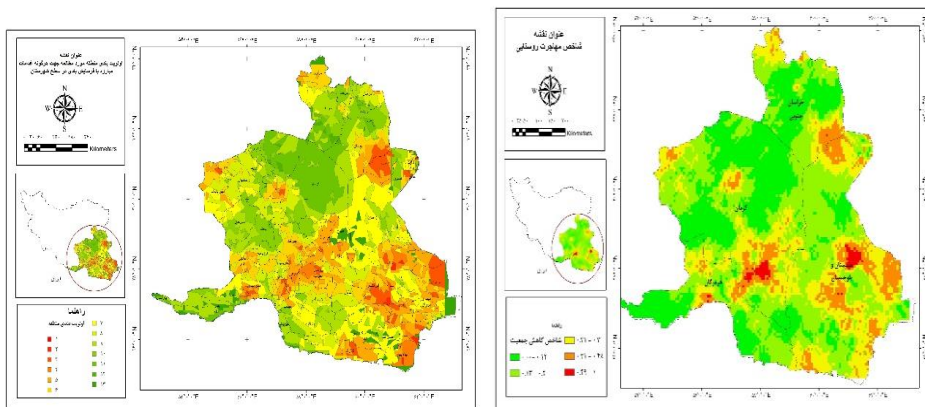
نام لایه‌ها	شاخص تأثیر انسانی	تخریب خاک	رخداد‌های طوفان گردوغبار	خاک‌های ماسه‌ای	بارش دما	رخداد‌های خشکسالی	وزن
	۰.۱۵۳	۰.۱۵۳	۰.۳۰۶	۰.۰۹۷	۰.۰۹۷	۰.۰۹۷	۰.۰۹۷

### اولویت‌بندی منطقه جهت مبارزه با فرسایش بادی

شکل ۴-الف نشان‌دهنده شدت کاهش جمعیت در بین سکونتگاه‌هایی که دارای نرخ ر شدت جمعیت منفی هستند، می‌باشد و به‌عنوان مناطقی که تخلیه سکونتگاه در آن‌ها ایجاد شده است مورد بررسی قرار گرفتند. طبق نقشه مذکور نواحی شمالی و جنوب شرقی استان خراسان جنوبی دارای بیشترین شدت تخلیه جمعیتی بین سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵ در سکونتگاه‌های روستایی هستند که در کلاس ۰.۳۱ تا ۰.۴۸ و ۰.۲۱ تا ۰.۳ قرار دارد. عمده مناطق استان از شدت تخلیه کمی برخوردار است و در کلاس ۰ تا ۰.۱۲ و ۰.۱۳ تا ۰.۲ قرار می‌گیرد. در استان سیستان و بلوچستان چندین کانون تخلیه جمعیت با نرخ زیاد و خیلی زیاد مشاهده می‌گردد. شدیدترین کلاس تخلیه سکونتگاه‌های روستایی در نواحی مرکزی استان مشاهده شده است. در شمال استان و مناطق هم‌جوار با خراسان جنوبی، نواحی شرقی استان و تا حدودی مرکزی استان و همچنین جنوب استان، شدت تخلیه سکونتگاه‌های روستایی بالاست و شدتی در حدود ۰.۳۱ تا ۰.۴۸ دارد. در استان کرمان، بالاترین نرخ تخلیه روستاها در جنوب شرق استان با نرخ ۰.۴۹ تا ۱ دیده می‌شود. در استان هرمزگان هم شدت تخلیه در مناطق مرکزی استان زیاد بوده و در قسمت‌های غربی و شرقی شدت آن کم است.

در شکل ۴-ب به تفکیک شهرستان، اولویت‌بندی منطقه مورد مطالعه جهت اقدامات مبارزه با فرسایش بادی نشان داده شده است. در استان خراسان جنوبی بیشترین اولویت مربوط به شهرستان نهبندان است. در شهرستان مذکور مناطق جنوب شرقی که هم‌جوار با شهرستان نیمروز در استان سیستان و بلوچستان بوده است به لحاظ حساسیت به فرسایش بادی و همچنین شدت مهاجرت در کلاس‌های با شدت بالا قرار دارند. در این استان شهرستان سرایان

در اولویت بعدی قرار دارد. شهرستان‌های بیرجند، خوسف و سریشه دارای اولویت کمی هستند. در استان سیستان و بلوچستان در شهرستان‌های نیمروز، خاش، سراوان، ایرانشهر، سرباز، کنارک و چابهار مناطقی با اولویت بالا جهت مبارزه با فرسایش بادی وجود دارد. در این استان وسعت مناطق دارای اولویت بالا در شهرستان‌های زاهدان، فنوج و نیک‌شهر کم است. در استان کرمان مناطق غربی شهرستان‌های انار، شهرابک، کرمان و رودبار جنوب، مناطق مرکزی کهنوج و عنبرآباد و همچنین مناطق جنوبی جیرفت دارای اولویت بالا از نظر مبارزه با فرسایش بادی مشخص گردید. در این استان شهرستان‌های راور، سیرجان، بردسیر و قسمت زیادی از بافت دارای اولویت کم برای اقدامات مبارزه با فرسایش بادی است. در استان هرمزگان شهرستان‌های رودان و بندرعباس دارای بالاترین اولویت جهت مبارزه با فرسایش بادی هستند و شهرستان‌های بستک و بندرلنگه از اولویت کمتری برای اقدامات مبارزه با فرسایش بادی برخوردارند.



شکل ۴. شدت کاهش جمعیت در سکونتگاه‌های روستایی (راست) اولویت‌بندی منطقه جهت مبارزه با فرسایش بادی (چپ)

## نتیجه‌گیری:

در این پژوهش از قابلیت تصاویر ماهواره‌ای در شناسایی مناطق مستعد فرسایش بادی استفاده شده است، به نحوی که با روش همپوشانی لایه‌های حاصل از تصاویر ماهواره‌ای (اکثر

لایه‌ها)، مناطق مستعد فرسایش بادی شناسایی گردید و این نشان‌دهنده کارایی بالای ابزارهای سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در مطالعه علوم زمینی است که با فراهم کردن اطلاعات مورد نیاز در گستره وسیع از جغرافیای سرزمینی، امکان مطالعات جامع و یکپارچه را فراهم می‌نماید که با مطالعات فتحی‌زاده و همکاران (۱۳۹۲)، درویش‌زاده و همکاران (۱۳۹۱)، گلدوی (۱۳۹۰) و نائینی (۱۳۸۰) مطابقت دارد. در این پژوهش نقش عوامل محیطی در شکل‌گیری فرسایش بادی مورد بررسی قرار گرفته است و تأثیر آن بر مهاجرت جوامع روستایی بررسی گردید و مشخص شد که در ۶۰ درصد مناطق، رابطه بین شدت پتانسیل فرسایش بادی با شدت مهاجرت دارای تطابق است که با مطالعه مارگوکس (۲۰۱۸) در خصوص نقش عوامل محیطی در مهاجرت اجباری افراد در مناطق مدیترانه‌ای، همخوانی و مطابقت دارد. ایشان نیز نقش عوامل محیطی را در ایجاد مهاجرت بسیار معنی‌دار ذکر کرده‌اند. در تحقیقی که توسط کائو و همکاران در سال ۲۰۱۵ در جغرافیای ایران انجام شده است اقدام به شناسایی مناطق برداشت فرسایش بادی با استفاده از چندین عامل محیطی شده است که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد و آن‌ها منطقه سیستان را به‌عنوان بالاترین حساسیت به فرسایش بادی در کنار هورالعظیم خوزستان معرفی کرده‌اند. آن‌ها همچنین از روش لایه‌های وزن‌دار در خصوص تعیین مناطق مستعد فرسایش بادی استفاده کرده‌اند و بر روی قابلیت بالای تصاویر ماهواره‌ای در تولید لایه‌های مورد نیاز تأکید دارند که با تحقیق حاضر تطابق بالایی دارد. سکونتگاه‌های تخلیه‌شده از لحاظ امنیتی و اجتماعی تبعات جبران‌ناپذیری در مسائل کلان سیاسی کشور ایجاد می‌کنند. بنابراین در این پژوهش برای جلوگیری از چنین رخدادهایی با توجه به اولویت‌بندی مناطق مستعد به فرسایش بادی با تأکید بر ناپایداری جمعیتی در سکونتگاه‌ها، نیاز به اقدامات مدیریتی در برنامه‌ریزی‌های بلندمدت آتی در سطح منطقه‌ای و کشوری است.

### پیشنهادها:

- در اقدامات اجرایی طرح‌های مبارزه با فرسایش بادی در جنوب شرق ایران به نتایج اولویت‌بندی منطقه در این تحقیق توجه گردد.

• با توجه به اینکه تغییرات جمعیت در مطالعات قبلی در سطح شهر ستان و نهایت بخش بوده که موجب حذف داده‌های ضروری می‌گردد، لازم است در تحقیقات مربوط به تثبیت جمعیت روستایی مقیاس کاری آبادی در نظر گرفته شود و بعد مکانی این سکونتگاه‌ها نیز لحاظ گردد.

• با توجه به مشخص شدن مناطق دارای شدت بالای تخلیه جمعیت در خصوص سکونتگاه‌های روستایی در این پژوهش، نیاز است در این عرصه تحقیقات میدانی انجام گیرد تا از این طریق دیگر عوامل اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی مؤثر در مهاجرت روستاییان به تفکیک محل شناسایی و راهکار عملی برای جلوگیری از آن اتخاذ گردد.

### منابع:

- اصغری لقمجانی صادق و نادریان‌فر مهدی (۱۳۹۴)، آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی از ماسه‌های روان بستر خشک تالاب بین‌المللی هامون در شهرستان هیرمند، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات طبیعی، سال دوم، شماره ۱.
- اوبرای، امار جیت سینگ (۱۳۷۰)، مهاجرت، شهرنشینی و توسعه، ترجمه‌ی فرهنگ ارشاد، انتشارات مؤسسه‌ی کار و تأمین اجتماعی، تهران.
- امینی، عباس؛ مرادی، نصرت و صادقیان، فرزانه (۱۳۹۸)، تحلیلی بر تأثیر عوامل طبیعی در تخلیه سکونتگاه‌های روستایی با بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش‌های آماری (مورد مطالعه: روستاهای تخلیه‌شده استان اصفهان در ربع سده اخیر)، فصلنامه علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی، سال نوزدهم، شماره ۶۵ بهار ۱۳۹۸، صفحات ۲۹۸-۲۶۹.
- حمیدی، کریم و فتحی، سروش (۱۳۸۸)، عوامل مؤثر در گسترش مهاجرت به کلان‌شهر تهران، فصلنامه مطالعات مدیریت شهری، سال اول، شماره سوم.

خالقی، رضا (۱۳۹۵)، بررسی حرکت تپه‌های ماسه‌ای و اثرات زیست‌محیطی آن (مطالعه موردی: منطقه زیرکوه)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد، گروه جغرافیا. درویش‌زاده، روشنگر؛ متکان، علی‌اکبر و حسینی‌اصل، امین (۱۳۹۱)، تخمین درصد پوشش گیاهی منطقه خشک ایران مرکزی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، دو فصلنامه علمی پژوهشی خشک بوم جلد دوم، شماره یک.

رفاهی، حسینقلی (۱۳۸۷)، فرسایش بادی و کنترل آن، تهران، مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران.

فتحی‌زاد، حسن؛ آرخی، صالح و تازه، مهدی (۱۳۹۲)، بررسی روش‌های مختلف آشکار سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (مطالعه موردی: منطقه خشک مهران)، دو فصلنامه علمی و پژوهشی خشک بوم، دوره ۳، شماره ۱.

قاسمی اردهائی، علی (۱۳۸۵)، بررسی علل مهاجرت روستاییان به شهرها در ایران با فراتحلیل پایان‌نامه‌های تحصیلی (مقطع زمانی ۱۳۵۹-۸۳)، فصلنامه روستا و توسعه، دوره ۹، شماره ۱. گلدوی، سمیه (۱۳۹۰)، مقایسه عملکرد روش‌های رگرسیون لجستیک و Geomod جهت مدل‌سازی تغییرات کاربری زمین و پوشش گیاهی و بررسی اثرات تغییرات بر آب‌های سطحی، گرگان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

مرکز آمار ایران، سالنامه آماری (۱۳۹۰)، تهران، دفتر ریاست و همکاری روابط عمومی و بین‌الملل.

مرکز آمار ایران، سالنامه آماری (۱۳۹۵)، تهران، دفتر ریاست و همکاری روابط عمومی و بین‌الملل.

نائینی، علی (۱۳۸۰)، تهیه نقشه پوشش زمین نیمه شمالی ایران با استفاده از تصاویر MODIS، تهران، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی.

Cao, H., Liu, J., Wang, G., Yang, G., & Luo, L. (2015), "Identification of sand and dust storm source areas in Iran. Journal of Arid Land", Vol 7(5), Page 567-578.

ISRIC, International Soil Reference and Information Centre, (1990), Global Assessment of Human-induced Soil Degradation (GLASOD), available at <http://www.isric.org>.

ISRIC, International Soil Reference and Information Centre, (2013), available at <http://www.soilgrids.org>.

Margaux, Vit, (2018), Desertification and environmental refugees: concrete problems in the context of climate change, Università Ca' Foscari Venezia, available at <http://hdl.handle.net/10579/12162>.

Middleton, N. J. (1986), Dust storms in the Middle East, Journal of Arid Environments, Vol 10(2), Page 83-96.

Saaty, T. L. (2005), Analytic hierarchy process. Encyclopedia of Biostatistics, Vol 1.

NOAA (2013), Hourly/Sub-Hourly Observational Data, available at <http://gis.ncdc.noaa.gov>.

UNEP, GRID-Europe (2014), Droughts events 1980–2001, available at <http://www.preventionweb.net/english/maps>.

Wildlife Conservation Society, Center for International Earth Science Information Network, (2005) Columbia University, Last of the Wild Project, Version 2, Global Human Influence Index (HII) Dataset (Geographic), available at <https://doi.org/10.7927/H4BP00QC>.

WorldClim, Global Climate Data (2018), available at <http://www.worldclim.org>.