

## ارزیابی خطر و برنامه بیان صفر بیابان‌زایی در افق ۲۰۳۰ در دشت گرگان

زهرا جمالی<sup>۱</sup>، مجید اونق<sup>۲\*</sup> و عبدالرسول سلمان ماهینی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی دکتری بیابان‌زدایی، دانشکده آبخیزداری و مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

۲- نویسنده مسئول، استاد، دانشکده آبخیزداری و مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

پست الکترونیک: mownegh@yahoo.com

۳- استاد، دانشکده شیلات و محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۱۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۹/۱۵

### چکیده

رویکرد مدیریتی بیان صفر تخریب اراضی (ZNLD) به‌عنوان یک رویکرد نوین برای اولین بار در سال ۲۰۱۲ با هدف صفرسازی تخریب اراضی در افق ۲۰۳۰ مطرح شد. هدف از انجام این پژوهش، بررسی روند بیابان‌زایی با استفاده از مدل ESAs، اجرای رویکرد ZNLD و ارائه یک برنامه مدیریتی است. در این پژوهش پس از تهیه نقشه کاربری اراضی مربوط به سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۸ و پیش‌بینی آن در سال ۲۰۳۰ با استفاده از زنجیره مارکوف و شبیه‌سازی پارامتر دما و بارش با استفاده از مدل ریزمقیاس‌نمایی SDSM تحت سناریوی RCP4.5، نقشه خطر در افق زمانی ۲۰۳۰ شبیه‌سازی شد. در گام بعدی، برای دستیابی به ZNLD در افق ۲۰۳۰، برنامه مدیریتی برای به صفر رساندن بیابان‌زایی و تهیه نقشه ZNLD پیشنهاد گردید. نتایج مورد مطالعه نشان داد شدت بیابان‌زایی در افق زمانی ۲۰۳۰ رو به افزایش است. بیشترین افزایش خطر مربوط به کلاس F3 به میزان ۲/۷ درصد و بیشترین کاهش مربوط به کلاس P به میزان ۴/۷ درصد می‌باشد. کلاس‌های خطر I و II به ترتیب به میزان ۳ و ۳/۲ درصد در افق زمانی ۲۰۳۰ کاهش خواهد یافت. این در حالی است که کلاس‌های خطر III و IV روند افزایشی خواهند داشت. برای دستیابی به سطح ZNLD به ترتیب با احیاء مساحتی برابر ۲/۳ و ۱۲/۶ درصد از وسعت اراضی با کلاس خطر F1 و P و با حفظ شرایط موجود (۰/۲ درصد از مناطق N) در مجموع مساحتی برابر ۱۵/۱ درصد به مناطق غیربیابانی افزوده خواهد شد و سطح ZNLD در افق ۲۰۳۰ به ۲۳/۴ درصد خواهد رسید.

واژه‌های کلیدی: RCP، تغییرات کاربری اراضی، تغییر اقلیم، دشت گرگان، ریسک.

### مقدمه

شکندنده پیوسته مضامین و مفاهیم جدید و کامل‌تری یافته است. تعاریف گسترده و متنوع از بیابان‌زایی مزین بر ابعاد گسترده مشکلات ناشی از این پدیده در سطح جهان دارد (Chamanpira et al., 2006). به‌طورکلی مدیریت نادرست اراضی مانند جنگل‌زدایی، کاهش حاصلخیزی و توان باروری خاک، روش ناصحیح کشت، روش نادرست آبیاری، تغییرات

پدیده بیابان‌زایی یکی از بارزترین وجوه تخریب اراضی می‌باشد که در اثر دخالت‌های غیراصولی انسان و خارج از توان طبیعت با سرعت رو به گسترش است (Stavi et al., 2015). اصطلاح بیابان‌زایی همگام با تخریب گسترده منابع طبیعی مانند آب، پوشش گیاهی، محیط‌زیست به‌ویژه در مناطق حساس و

نظارت بر فعالیت‌های توسعه‌ای، مطالعه تغییرات پارامترهای اقلیمی به‌ویژه دما و بارش در برنامه‌های مدیریت بیابان ضروریست. بر اساس گزارش هیئت بین‌المللی و بین‌الدول تغییر اقلیمی (The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)، تغییر اقلیم که بیشتر در قالب گرم‌تر شدن کره زمین بروز می‌کند از طریق تغییر در الگوی گردش عمومی جو و گسترش وقوع پدیده‌های حدی مانند تخریب جنگل و مرتع، تغییر در میزان بارش و درجه حرارت، خشکسالی‌های شدید و طولانی مدت منجر به گسترش اراضی لخت و بیابانی می‌شود (Iturbide et al., 2020). هر چند مطالعات زیادی در زمینه اثر تغییر اقلیم بر بلایای طبیعی در سطح جهان انجام شده است (Liu et al., 2017; Mukherjee et al., 2018; Dargahian et al., 2021; Mohammadi et al., 2019; Jehanzaib et al., 2020; Dai et al., 2018; Berg et al., 2018; Javadinejad et al., 2021; Zhang et al., 2019; Hassan et al., 2020). اما مطالعات در زمینه اثر تغییر اقلیم بر بیابان‌زایی محدود است (Ziaee et al., 2018; Shahbazi et al., 2021; Ghavami et al., 2022) و همکاران (۲۰۱۸) به ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر شدت خطر بیابان‌زایی تحت سه سناریوی A2، B2 و A1B در حوزه رودخانه حبله رود پرداختند. برای ارزیابی خطر بیابان‌زایی از مدل ESAs استفاده کردند و خطر بیابان‌زایی برای سه دوره ۲۰۱۱-۲۰۲۰، ۲۰۴۶-۲۰۶۵ و ۲۰۸۰-۲۰۹۹ را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج آنان نشان می‌دهد در دوره آینده نزدیک مساحت کلاس C3 تحت سناریوهای B2 و A1B به ترتیب به میزان ۵۸/۷ و ۵۹/۳ درصد افزایش خواهد یافت. در دوره آینده میانه کلاس‌های C2 و C3 تحت هر سه سناریو افزایش خواهند یافت. در دوره آینده دور نیز تغییراتی مشابه آینده نزدیک روی خواهد داد. یکی از پژوهش‌هایی که به بررسی اثرهای تغییر اقلیم و کاربری اراضی به صورت همزمان بر روی بیابان‌زایی پرداخته، مطالعه Nazari Samani و همکاران (۲۰۱۷) است که به تعیین

کاربری اراضی، شرایط اقلیمی نامساعد و مؤثر بر پوشش، سیل و خشکسالی از عوامل مهم تخریب زمین محسوب می‌شوند (Nkonya & Anderson, 2015). تغییرات گسترده کاربری اراضی به‌عنوان یکی از عوامل اصلی تخریب، لزوم توجه و آگاهی مدیران عرصه‌های طبیعی از سیر تغییرات رخ داده و تغییرات احتمالی آینده برای چاره‌اندیشی و ارائه برنامه‌های مدیریتی را بیشتر کرده است (Parker et al., 2003; Akbari et al., 2019). امروزه تغییر کاربری اراضی به‌عنوان یکی از جنبه تغییرات محیط‌زیستی دارای اهمیت است و مورد توجه پژوهشگران و تصمیم‌گیران داخلی و خارجی قرار گرفته است (Mas et al., 2014; Sarbazi et al., 2021; Hashemi nasab et al., 2019; Davari et al., 2019; Yanli et al., 2012; Ansari et al., 2019) یکی از معضلات کشورهای در حال توسعه، بیابان‌زایی ناشی از تغییرات کاربری اراضی، بدون رعایت برنامه‌های آمایشی است که به مشکل و معضل جدی تبدیل شده است. از این رو مطالعه تغییر کاربری می‌تواند به‌عنوان ابزاری مفید در جهت مدیریت و برنامه‌ریزی محیط باشد. Farajollahi و همکاران (۲۰۱۷) به ارزیابی و پیش‌بینی اثرهای تغییر کاربری بر بیابان‌زایی در بازه زمانی ۲۰۱۴-۲۰۲۸ در مراوه‌تپه واقع در استان گلستان پرداختند. نتایج آنان نشان‌دهنده کاهش سطح جنگل‌های مترکم و افزایش سطح زمین‌های کشاورزی و به‌دنبال آن روند افزایشی طبقات بحرانی (C3) و شکننده (F3) است. Behnia (۲۰۲۱) به بررسی ارتباط بین معیارهای بیابان‌زایی و تغییر کاربری اراضی با استفاده از مدل IMDPA برای سه دوره ۱۳۷۰، ۱۳۸۲ و ۱۳۹۴ پرداخت. طبق نتایج او ارزش عددی شدت بیابان‌زایی در هر کاربری نشان‌دهنده این است که بیشترین تأثیر را به ترتیب کاربری مرتع، کشاورزی و مناطق مسکونی دارد و کمترین تأثیر در بیابان‌زایی منطقه مربوط به کاربری نزار است. از بین کاربری‌های مختلف با توجه به ضریب همبستگی، بهترین ارتباط بین شدت بیابان‌زایی و تغییر کاربری را کاربری شوره‌زار دارد. علاوه بر

دوره چهارم دوباره تخریب شدت گرفته و سطح ZNLD به میزان ۵/۹ درصد کاهش یافته است.

هدف از انجام این پژوهش، بررسی روند بیابان‌زایی با استفاده از مدل ESAs، موازنه صفر تخریب سرزمین و ارائه یک دورنمای مدیریتی است. این تحقیق از جمله تحقیقات جدید در ایران می‌باشد که در آن شعار و سیاست Net-Zero به صورت عملی و برحسب بزرگی و مساحت کلاس‌های خطر بیابان‌زایی اجرا شده است.

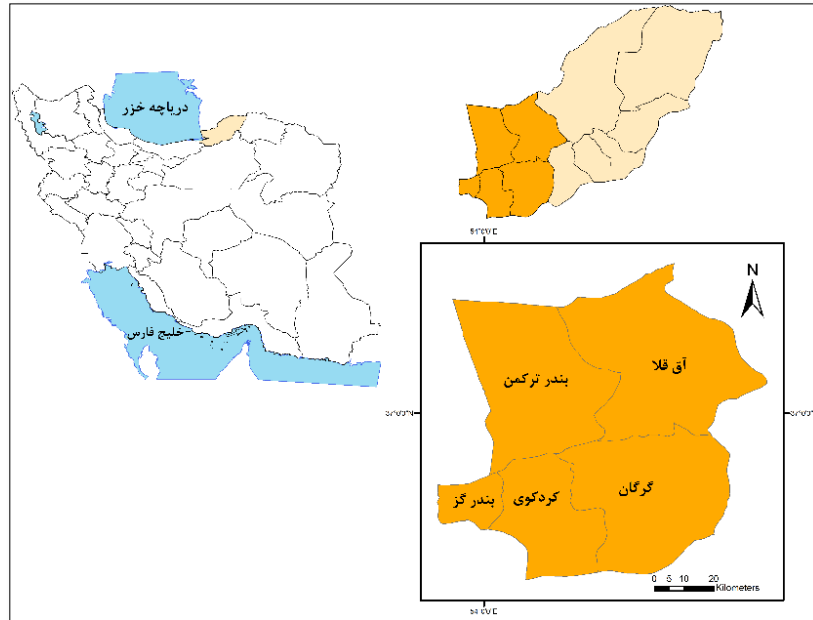
### مواد و روش‌ها

#### منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه با مساحتی در حدود ۵۱۰۱ کیلومتر مربع در نیم‌رخ شمالی-جنوبی و شرقی-غربی استان گلستان واقع شده و دارای مختصات جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۷ دقیقه و ۵۷/۵۱ ثانیه تا ۳۷ درجه و ۲۷ دقیقه و ۲۴/۲۶ ثانیه عرض شمالی و ۵۳ درجه و ۵۱ دقیقه و ۱۴/۷۶ ثانیه تا ۵۴ درجه و ۵۱ دقیقه و ۴۶/۲۶ ثانیه طول شرقی است. منطقه مورد مطالعه در یک نیم‌رخ ژئومورفولوژیکی از کوهستان تا پلایا (کویر) قرار دارد. شکل ۱ نقشه موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه را در ایران و استان گلستان نمایش می‌دهد. شکل ناهمواری‌های منطقه به گونه‌ای است که به روشنی می‌توان آن را به مناطق کوهستانی در بخش جنوبی، مناطق دشتی در محدوده مرکز و شمال شرقی و مناطق پلایایی و اراضی شور در بخش شمالی و شمال غربی منطقه تقسیم‌بندی کرد. بلندترین نقطه در منطقه با ارتفاعی در حدود ۳۰۸۸ متر از سطح آب‌های آزاد در قسمت جنوبی و کمترین نقطه ارتفاعی در حدود ۳۲- متر از سطح آب‌های آزاد در بخش غربی منطقه واقع شده است (Analysis Report of surface and groundwater, 2014).

نقش روند تغییرات اقلیمی و کاربری اراضی بر وضعیت بیابان‌زایی آینده در سبزواری پرداخته است. نتایج آنان نشان می‌دهد که میزان شدت بیابان‌زایی در طول زمان تغییر کرده که این تغییرات از طبقه کم به متوسط و طبقه متوسط به شدید متفاوت بوده است و بیابان‌زایی در طول زمان افزایش پیدا کرده است.

بهره‌برداری از منابع طبیعی به دلیل نیازهای روزافزون جوامع بشری موضوعی غیرقابل انکار است، از سویی بهره‌برداری‌های غیراصولی موجب تخریب اراضی و گسترش نواحی بیابانی در سطح جهان می‌گردد. از این رو برای رفع این مشکل در ژوئن سال ۲۰۱۲ رویکرد مدیریتی بیابان صفر به منظور حفظ اراضی تخریب شده در وهله اول مطرح شد. راهبرد ZNLD (Zero Net Land Degradation) رویکرد جدیدی است که ضمن حفظ شرایط توسعه بر مدیریت پایدار زمین، ممانعت از تخریب اراضی در آینده، احیاء اراضی تخریب شده، توجه بیشتر به نقش و نیازهای بهره‌برداران و در نهایت تلاش در بهبود خدمات زیست بوم تأکید داشته و مانع افزایش تخریب زمین می‌شود (Chasek *et al.*, 2015; Grainger *et al.*, 2015; Nkonya & Davudirad, Anderson, 2015; Stavi & Lai, 2015). همکاران (۲۰۱۷) برای اولین بار در ایران به بررسی روند تخریب زمین و اجرای رویکرد ZNLD در قالب مدیریت سازگار در چهار دوره مطالعاتی ۱۳۶۵-۱۳۵۲، ۱۳۷۷-۱۳۶۵، ۱۳۸۷-۱۳۷۷ و ۱۳۹۳-۱۳۸۷ پرداختند. نتایج بررسی تغییرات سطح ZNLD با استفاده از ESAI نشان‌دهنده روند فزاینده حساسیت به تخریب در منطقه است و در دوره دوم با ۳۰/۵ درصد کمترین مساحت ZNLD دیده شده است. حال آنکه در دوره سوم نسبت به دوره دوم با توجه به افزایش سطح ZNLD (۴۱/۳ درصد)، شرایط مناسب‌تری بر منطقه حاکم بوده و در



شکل ۱- نقشه منطقه مورد مطالعه در کشور و استان گلستان

Figure 1- The location of the study area in Golestan Province, Iran

جدول ۱- توزیع فراوانی کلاس‌های خطر مدل ESAs (European Commission, 1999).

Table 1- Frequency distribution of desertification hazard classes in ESAs model (European Commission, 1999).

کلاس Class	علامت Subtype	دامنه ESAs Range
بحرانی Critical	C3	>1.53
"	C2	1.42-1.53
"	C1	1.38-1.41
شکندده Fragile	F3	1.33-1.37
"	F2	1.27-1.32
"	F1	1.23-1.26
مناطق دارای قابلیت تخریب در صورت عدم رعایت مدیریت بالقوه Potential	P	1.17-1.22
بی اثر non-threatened	N	<1.17

## روش تحقیق

مسیر غلظت گازهای گلخانه‌ای (RCP) بر اساس مشخصات متفاوت سطح تکنولوژی، وضعیت اجتماعی و اقتصادی و خط‌مشی‌ها در آینده تعیین شده‌اند (IPCC, 2013). در این تحقیق از داده‌های گزارش پنجم مدل CanESM2 تحت سناریوی حدواسط RCP4.5 برای افق زمانی ۲۰۳۰ (دوره ۲۰۱۸-۲۰۳۰) و روش ریزمقیاس نمایی SDSM استفاده شده است.

مراحل کلی اجرای مدل SDSM به‌طور خلاصه بدین شرح می‌باشد: ۱- کنترل کیفی داده‌ها، ۲- انتخاب بهترین متغیر پیش‌بینی‌کننده بزرگ مقیاس، ۳- کالیبره کردن مدل، ۴- تولید مولدهای هواشناسی با استفاده از پیش‌بینی‌کننده‌های مشاهداتی، ۵- تحلیل آماری و ۶- تولید سناریوهای اقلیمی. در مرحله کالیبره کردن مدل از روابط آماری ضریب تعیین  $R^2$ ، MAE میانگین خطای مطلق، MBE میانگین انحراف خطا و RMSE میانگین مربعات خطا برای مقایسه داده‌های مدل و مشاهداتی استفاده شده است. این روابط آماری براساس رابطه‌های ۲ تا ۵ محاسبه می‌شوند.

$$R^2 = \frac{[\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})]^2}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - Y_i|}{n} \quad \text{رابطه (۳)}$$

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - Y_i)}{N} \quad \text{رابطه (۴)}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - Y_i)^2}{n}} \quad \text{رابطه (۵)}$$

در این روابط  $X_i$  و  $Y_i$  به ترتیب آمین داده واقعی و شبیه‌سازی شده توسط مدل،  $X$  و  $Y$  میانگین کل داده‌های  $X_i$  و  $Y_i$  در جامعه آماری و  $n$  تعداد کل نمونه‌های ارزیابی هستند. MAE مشخص‌کننده خطای نتایج و MBE انحراف نتایج روش استفاده شده را نشان می‌دهد. در شرایطی که MAE و MBE

تهیه نقشه خطر در دوره زمانی گذشته، حال و افق ۲۰۳۰ با توجه به هدف پژوهش، روش کار در چهار قسمت کلی انجام و در پایان در یک قالب تلفیق شدند. به‌طوری‌که در بخش اول نقشه خطر زمان حال حاضر با استفاده از مدل ESAs (Environmentally sensitive areas Index) تهیه و ترسیم گردید. برای ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی با استفاده از این مدل، پس از امتیازدهی به شاخص (کیفیت خاک، کیفیت پوشش گیاهی، کیفیت اقلیم و کیفیت مدیریت) این مدل، لایه اطلاعاتی مربوط به شاخص‌ها تهیه، سپس نقشه معیارها از میانگین هندسی شاخص‌ها و در نهایت نقشه فعلی بیابان‌زایی از میانگین هندسی معیارها تهیه شد. در مدل ESAs وضعیت بیابان‌زایی در نقشه بیابان‌زایی به چهار تیپ بحرانی، شکننده، قابلیت تخریب و بی‌اثر تقسیم می‌شود (جدول ۱). در گام بعدی برای شبیه‌سازی بیابان‌زایی در منطقه مطالعاتی، سناریوهای تغییر اقلیم و تغییر کاربری اراضی انتخاب گردید. نکته‌ای که در انتخاب سناریو باید به آن توجه شود این است که سناریوهای انتخابی جزء پارامترهای مدل اجرایی در منطقه باشد.

## پیش‌بینی پارامترهای اقلیمی در افق ۲۰۳۰

رشد فعالیت‌های صنعتی به‌ویژه در قرن اخیر منجر به افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر و به‌دنبال آن افزایش دما شده است که بی‌نظمی‌های گسترده در میزان، شدت و توزیع بارندگی، خشکسالی‌ها و بیابان‌زایی در نقاط مختلف دنیا را به دنبال داشته است (Sayadi Lotfabadi, 2013). قطعاً تغییر اقلیم در پی افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای رخ خواهد داد اما مقدار و سرعت تغییرات اقلیم به تغییرات اتمسفری چندان روشن نیست. مدل‌های مختلفی برای شناخت روابط اقلیم آینده و انتشار گازهای گلخانه‌ای وجود دارد که یکی از این مدل‌ها، مدل RCP است. این مدل اخیراً توسط هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم (IPCC) در گزارش پنجم ارائه شده است. سناریوهای خانواده

پارامترهای مورد نظر است. RMSE نیز معرف دقت مدل در بسیاری از روش‌های آماری است. در این پژوهش از داده‌های اقلیمی ۱۰ ایستگاه هواشناسی (جدول ۲) با دوره آماری ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۸ برای پیش‌بینی پارامترهای اقلیمی دما و بارش در افق ۲۰۳۰ استفاده شده است.

برابر صفر و یا نزدیک به صفر هستند، نشان‌دهنده این است که مدل SDSM پارامتر اقلیمی مورد نظر را خوب شبیه‌سازی می‌کند و با فاصله گرفتن از صفر، کمی دقت و یا زیاد بودن انحراف را نشان می‌دهد. همچنین میزان شاخص تعیین  $R^2$  هرچه به یک نزدیک‌تر باشد نشان‌دهنده دقت بالای مدل در شبیه‌سازی

جدول ۲- مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های هواشناسی، دوره آماری ۱۹۸۷-۲۰۱۸ میلادی

Table 2- Geographical attributes of the meteorological stations in 1987-2018

نام ایستگاه Station name	نوع ایستگاه Station type	طول جغرافیایی Longitude	عرض جغرافیایی latitude	ارتفاع از سطح دریا (متر) Height of sea level (m)
ارازکوسه Araz-kooseh	تبخیرسنجی Evaporation	55.15	37.23	34
بهلکه داشلی Bahlakeh-Dashli	تبخیرسنجی Evaporation	54.8	37.05	34
غفارحاجی Ghfar-Haji	تبخیرسنجی Evaporation	54.13	37	-22
رامیان Ramian	باران‌سنجی - تبخیرسنجی Rain gauge- Evaporation	55.13	37.02	200
فاضل‌آباد Fazelabad	تبخیرسنجی Evaporation	54.75	36.9	210
آق‌قلا Aghghala	باران‌سنجی - تبخیرسنجی Rain gauge- Evaporation	54.47	37.02	-12
گرگان Gorgan	سینوپتیک Synoptic	54.43	36.87	75
سد گرگان Sade-Gorgan	کلیماتولوژی - باران‌سنجی - تبخیرسنجی Climatological- Rain gauge- Evaporation	54.73	37.2	12
کردکوی بالابلوک Kordkooyebala-Bolock	باران‌سنجی - تبخیرسنجی Rain gauge- Evaporation	54.12	36.7	58
غفارحاجی Ghfar-Haji	کلیماتولوژی - باران‌سنجی - تبخیرسنجی Climatological- Rain gauge- Evaporation	54.13	37	22

۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۸ که به صورت رایگان در وبگاه Earth Explorer در دسترس عموم قرار دارد استفاده شده است. به

تهیه نقشه کاربری اراضی در این پژوهش، از داده‌های لندست ۸ مربوط به سال‌های

اجرا، نقشه کاربری اراضی برای سال ۲۰۳۰ پیش‌بینی شد.

### ارزیابی خطر بیابان‌زایی

در این مرحله از پژوهش، نقشه خطر برای تدوین برنامه مدیریتی به‌منظور دستیابی به سطح ZNLD در منطقه مورد مطالعه تهیه شد. برای برآورد خسارت ناشی از بیابان‌زایی، پس از شناسایی عناصر در معرض خطر و بر اساس نقشه شدت خطر بیابان‌زایی و با تعیین درجه آسیب‌پذیری، خسارت با استفاده از رابطه (۶) محاسبه گردید.

$$R = H \times E \times V \quad \text{رابطه (۶)}$$

در این رابطه R ریسک، H کلاس بزرگی خطر بیابان‌زایی، E کلاس عناصر در معرض خطر و V کلاس درجه آسیب‌پذیری عناصر است (Amman, 2016). عناصر در معرض خطر بیابان‌زایی (جدول ۴) در منطقه مورد مطالعه، پس از شناسایی بر اساس جدول (۳) کلاس‌بندی شدند (Akbari et al., 2016) و پس از تعیین ارزش آسیب‌پذیری آن‌ها، نقشه آسیب‌پذیری نیز برای هر سناریو در هر دوره آماری تهیه شد.

منظور طبقه‌بندی تصویر از روش طبقه‌بندی نظارت شده استفاده شد و بعد میزان صحت نقشه‌های تهیه شده با مقایسه نقشه اطلاعات واقعیت زمینی و محاسبه ضریب کاپا ارزیابی گردید. برای پیش‌بینی تغییرات کاربری از مدل زنجیره مارکوف در نرم‌افزار IDRISI استفاده شد. مدل CA-MARKOV، تلفیقی از سلول‌های خودکار، زنجیره مارکوف و تخصیص چندمنظوره اراضی است که برای پیش‌بینی تغییرات آینده پوشش کاربری اراضی به‌کار می‌رود (Nazari Samani, 2017). در گام اول احتمال تغییر طبقات کاربری به یکدیگر در قالب ماتریس احتمال تغییر وضعیت کاربری بر مبنای تغییرات مساحت محاسبه شد، در این مرحله از تصاویر طبقه‌بندی شده سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۰ به‌عنوان نقشه‌های پوشش برای تهیه ماتریس تبدیل وضعیت استفاده شد. در نهایت با استفاده از ماتریس مساحت انتقال در مدل CA مارکوف می‌توان نقشه شبیه‌سازی شده از کاربری اراضی را در آینده پیش‌بینی کرد. عملگر CA مارکوف در IDRISI Selva با لحاظ نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۱۸ به‌عنوان نقشه پایه و معرفی فایل مساحت انتقال حاصل از مرحله قبل

جدول ۳- کلاس‌های عناصر در معرض خطر در منطقه دشت گرگان

Table 3- Classes of elements at risk in the Golestan plain

ردیف Row	کلاس عناصر Classes of elements	طبقات کیفی Qualitative classes	تعداد عناصر در واحد پلیگون No. of elements
1	I	خیلی کم Very Low	≤2
2	II	کم Low	3
3	III	متوسط Medium	4
4	IV	زیاد High	5
5	V	خیلی زیاد Very High	6≥

جدول ۴- ارزش صفات عناصر در معرض خطر

Table 4- Characteristics of the elements at risk

عناصر Elements	عامل Factor	ارزش آسیب پذیری Vulnerability value
اراضی درختکاری شده و مرتع Forest and Rangelands	با بالا رفتن ارزش پوشش گیاهی (درختی و مرتعی) و افزایش شدت خطر با ضریب ۲ افزایش پیدا می کند. As the value of vegetation (trees and rangelands) increases and the severity of the risk increases, it increases by a factor of 2	2-10
زراعت Agricultural lands	هرچه گیاه آسیب پذیرتر و شدت خطر افزایش پیدا کند، با ضریب ۳ افزایش پیدا می کند. As the plant becomes more vulnerable and the severity of the risk increases, it increases by a factor of 3.	3-15
چشمه، چاه، قنات Wells, springs and flume	با افزایش کلاس خطر با ضریب ۲ افزایش پیدا می کند. As the class increases, the risk increases by a factor of 2	2-10
اماکن مسکونی Residency	با افزایش کلاس خطر با ضریب ۳ افزایش پیدا می کند. As the class increases, the risk increases by a factor of 3	3-5
تأسیسات infrastructures	با افزایش کلاس خطر با ضریب ۲ افزایش پیدا می کند. As the class increases, the risk increases by a factor of 2	2-10
جاده Roads	با افزایش کلاس خطر با ضریب ۲ افزایش پیدا می کند. As the class increases, the risk increases by a factor of 2.	2-10

می شود که مجموعه مساحت واحدهای انتخابی برای تدوین برنامه مدیریتی برابر مجموعه مساحت واحدهای مربوط به کلاس های بیابانی در نظر گرفته شده است تا طبق فرمول ۷ بیلان تخریب دشت گرگان در افق ۲۰۳۰ به صفر برسد.

$$ZN_{2030} = (\sum D) - (\sum R) = 0 \quad \text{رابطه (۷)}$$

D مساحت زمین های بیابانی شده (تخریب یافته) و R مساحت زمین های احیاء شده (بیابان زدایی شده) می باشد.

### نتایج

در این بخش، ابتدا به ارزیابی تغییر اقلیم و کاربری اراضی به عنوان دو سناریوی پیش بینی بیابان زایی در افق ۲۰۳۰ پرداخته می شود.

موازنه بیلان صفر تخریب زمین

در راستای شعار NET-Zero، ابتدا مساحت گسترش پهنه های بیابانی در افق ۲۰۳۰ با استفاده از نقشه تفاضل افق ۲۰۳۰ و دوره زمانی حال حاضر تهیه شد. در گام بعدی پژوهش برنامه های مدیریتی برای دستیابی به سطح ZNLD در افق ۲۰۳۰ تهیه و تدوین گردید. فرض شده است که هر برنامه مدیریتی بتواند یک کلاس خطر را بهبود و احیاء ببخشد. در این مرحله از پژوهش واحدهایی برای برنامه ریزی انتخاب شدند که در آن خطر بیابان زایی کلاس کمتری دارد، زیرا احیا و اصلاح کلاس های بزرگ تر خطر، پرهزینه تر و در بسیاری از موارد غیرقابل برگشت هستند. از سویی موقعیت قرارگیری واحدهای اراضی برای ارائه برنامه های مدیریتی به گونه ای باشد که از لحاظ موقعیت راهبردی، اجتماعی، اقتصادی، بیوفیزیکی و ... در اولویت باشند. از این رو نقشه ریسک و خطر مبنای برنامه ریزی قرار گرفتند. یادآوری



جدول ۵- بررسی آماره‌های واسنجی دما و بارش برای ارزیابی مدل SDSM در ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه

Table 5- The assessment of calibration performance of SDSM model at the stations in the study area

نام ایستگاه Station name	پارامتر مورد نظر The desired parameter	آماره Statistics			
		R2	MAE	MBE	RMSE
ارازکوسه Araz-kooseh	بارش Precipitaion	0.89	1.62	-1.04	2.3
	میانگین دما Temperature	0.99	1.23	-0.68	0.18
بهلکه داشلی Bahlakeh-Dashli	بارش Precipitaion	0.91	1.82	-0.58	3.2
	میانگین دما Temperature	0.99	0.46	-0.21	0.17
غفارحاجی Ghafar-Haji	بارش Precipitaion	0.89	2.87	-0.79	2.9
	میانگین دما Temperature	0.98	1.12	-0.78	0.24
رامیان Ramian	بارش Precipitaion	0.95	1.2	-1.21	2.87
	میانگین دما Temperature	0.98	1.67	-1.24	0.16
فاضل آباد Fazelabad	بارش Precipitaion	0.92	1.45	-0.98	3.92
	میانگین دما Temperature	0.99	1.3	-0.37	0.21
آق قلا Aghghala	بارش Precipitaion	0.92	1.89	-1.34	2.87
	میانگین دما Temperature	0.99	0.98	-0.78	0.19
محوطه امور گرگان Mohavateh -Omoor- Gorgan	بارش Precipitaion	0.92	1.51	-1.01	4.3
	میانگین دما Temperature	0.97	1.34	-0.54	0.45
سد گرگان Sade- Gorgan	بارش Precipitaion	0.89	3.01	-0.78	4.01
	میانگین دما Temperature	0.99	0.23	-0.64	0.19
کردکوی بالابلوک Kordkooyebala-Bolock	بارش Precipitaion	0.89	1.68	-0.82	2.97
	میانگین دما Temperature	0.99	1.4	-0.78	0.24
غفارحاجی Ghafar-Haji	بارش Precipitaion	0.92	1.75	-1.03	3.5
	میانگین دما Temperature	0.98	1.6	-0.23	0.18

پیش‌بینی پارامترهای اقلیمی ایستگاه‌های هواشناسی

نتایج حاصل از ارزیابی پارامترهای اقلیمی

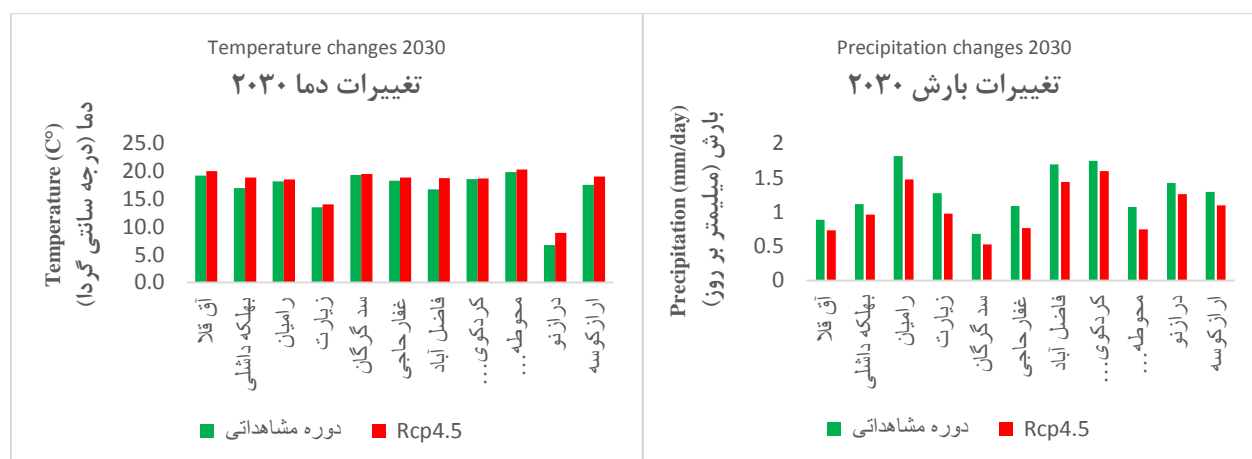
در این مرحله از پژوهش، ۷۰ درصد از داده‌ها یعنی از سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۸ برای مرحله واسنجی مورد استفاده قرار گرفت. برای اطمینان از دقت عملکرد مدل، به مقایسه نتایج واسنجی و داده‌های پایه با استفاده از روابط آماری  $R^2$ ، MAE، MBE و RMSE پرداخته شد. طبق جدول ۵ پایین بودن نسبی شاخص‌های خطاسنجی و بالا بودن ضریب تعیین در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه حکایت از همبستگی معنی‌دار بین داده‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده توسط مدل دارد و این بیانگر این ادعاست که مدل SDSM با دقت قابل قبولی پارامتر بارش و دما را برآورد کرده است. در مجموع با مقایسه شاخص‌های خطاسنجی می‌توان نتیجه گرفت که پارامتر دما نسبت به بارش در تمامی ایستگاه‌ها با دقت بالاتری شبیه‌سازی شده است، هرچند دقت بارش تولید شده نیز قابل قبول است.

پیش‌بینی میانگین دما و بارش ایستگاه‌های هواشناسی در

افق ۲۰۳۰

شکل ۲ و جدول ۶ تغییرات پارامتر اقلیمی دما و بارش ایستگاه‌های مورد مطالعه را در دوره آینده تحت سناریوی RCP4.5 نشان می‌دهد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که میانگین دما در تمامی ایستگاه‌ها افزایش می‌یابد که بیشترین میزان این افزایش تحت سناریو RCP4.5 مربوط به ایستگاه درازنو به میزان ۲/۲ درجه سانتی‌گراد است.

مقایسه نتایج بارش تحت سناریوی RCP4.5 نشان می‌دهد، بیشترین مقدار تغییرات بارش مربوط به ایستگاه محوطه امورگران است که به میزان ۰/۳۲ میلی‌متر در روز کاهش مشاهده می‌شود. در مجموع بارش در افق زمانی ۲۰۳۰ نسبت به دوره پایه در تمامی ایستگاه‌ها کاهش یافته است.



شکل ۲- نمودار تغییرات متغیرهای اقلیمی دما و بارش تحت سناریو RCP4.5 دشت گرگان در افق زمانی ۲۰۳۰

Figure 2- Simulated changes in percipitaion and temperature parameters under RCP4.5 in 2030 in the Gorgan plain

جدول ۶- مقادیر میانگین بارش (mm/day) و دما (C°) در افق ۲۰۳۰ تحت سناریوی RCP4.5 ایستگاه‌های هواشناسی

Table 6- The average of rainfall (mm / day) and temperature (C °) in the 2030 horizon under RCP4.5 scenario of meteorological stations

ایستگاه Station	افق زمانی ۲۰۳۰ Horizon 2030	
	بارش Precipitation	دما Temperature
آق‌قلا Aghghala	0.85	19.9
بهلکه داشلی Bahlakeh-Dashli	1.01	17.1
فاضل‌آباد Fazelabad	1.5	18.7
رامیان Ramian	1.6	18.3
زیارت Ziarat	1.16	13.8
کردکوی بالابوک Kordkooyebala-Bolck	1.3	18.8
سد گرگان Sade- Gorgan	0.58	19.3
غفارحاجی Ghafar-Haji	0.88	18.4
درازنو Deraznoo	1.3	7.2
محوطه امور گرگان Mohavateh- omoor- Gorgan	0.82	20.1
ارازکوسه Arazkooseh	1.18	18.2

(جدول ۷). سپس با استفاده از زنجیره مارکوف نقشه کاربری برای افق زمانی ۲۰۳۰ پیش‌بینی و تهیه شد. در نهایت شکل ۳ نقشه کاربری اراضی سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۰، ۲۰۱۸ و ۲۰۳۰ و جدول ۸ مساحت هر کاربری در مقاطع زمانی مختلف را نشان می‌دهد.

ارزیابی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت شده و الگوریتم بیشینه احتمال، نقشه‌های کاربری طبقه‌بندی و برای ارزیابی صحت نقشه‌های تولید شده از معیار ضریب کاپا استفاده شد. مقدار کمینه و بیشینه ضریب کاپا به ترتیب ۰/۷۳ و ۰/۸۹ درصد است

جدول ۷- مقادیر نمایه توافق کاپا دشت گرگان در افق‌های زمانی مطالعاتی

Table 7- value of the kappa statistic in the time horizons in the Gorgan plain

افق‌های زمانی مورد مطالعه The time horizon of study	نمایه توافق کاپا Kappa coefficient
2000	0.73
2010	0.84
2018	0.75
2030	0.89

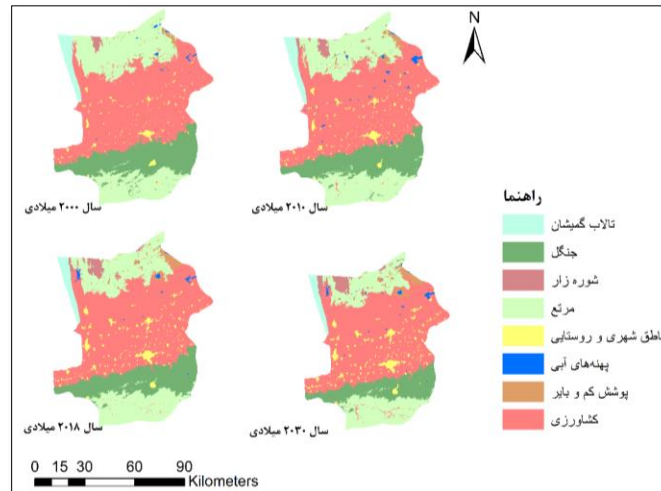
شود. طبق پیش‌بینی‌های انجام شده بر وسعت اراضی بایر و شوره‌زار به ترتیب به میزان ۰/۵ و ۰/۶۳ درصد از سال ۲۰۱۸ تا ۲۰۳۰ اضافه می‌شود. همچنین نتایج نشان می‌دهد در حدود ۲/۶۱ درصد به مناطق شهری در سال ۲۰۳۰ نسبت به ۲۰۱۸ اضافه گردد. روند کاهش سطح تالاب گمیشان از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۳۰ در شکل ۳ مشهود است.

براساس اطلاعات مندرج در جدول ۸، کاربری مرتع و جنگل در طی زمان کاهش سطح داشته است، این در حالی است که به سطح اراضی کشاورزی اضافه شده است. روند افزایشی سطوح کشاورزی در سال ۲۰۳۰ نسبت به سال ۲۰۱۰ و ۲۰۱۸ تا بیشتر می‌باشد، به طوری که پیش‌بینی شده از سال ۲۰۱۸ تا ۲۰۳۰ در حدود ۳/۲۱ درصد به وسعت اراضی کشاورزی اضافه

جدول ۸- مساحت کاربری‌های دشت گرگان در افق‌های زمانی مختلف

Table 8- The percentage of land use area in different time horizons in the Gorgan plain

کاربری‌ها Landuse	2000		2010		2018		2030	
	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%
مرتع Rangeland	1708.51	28.2	1600.8	26.4	1514.5	24.9	1335.03	22.03
کشاورزی Agriculture	2899.92	47.86	2964.7	48.9	3035.4	50.08	3229.32	53.29
جنگل Forest	1093.5	18.04	1016.3	16.7	950.8	15.7	807.07	13.3
پوشش کم و بایر	48.7	0.8	75.9	1.2	97.4	1.6	128.4	2.1
شوره‌زار Saltland	33.4	0.55	77.4	1.3	107.7	1.7	148.8	2.4
مناطق شهری و روستایی Urban and rural areas	96.3	1.6	139.7	2.3	190.3	3.1	253.9	4.2
پهنه‌های آبی Water bodies	17	0.28	35.9	0.6	26.4	0.4	34.7	2.1
تالاب گمیشان Gomishan Wetland	161.1	2.6	2.5	2.5	137.2	2.2	122.4	2.02



شکل ۳- تصاویر طبقه‌بندی شده کاربری اراضی دشت گرگان در مقاطع زمانی مختلف

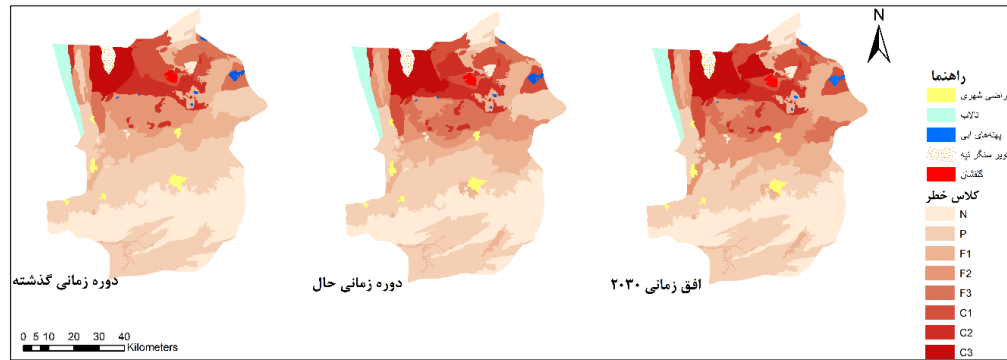
Figure 3- Classified images of Gorgan plain land use in different periods of time

گذشته افزایش داشته و پیش‌بینی می‌شود  $1/4$  درصد نسبت به دوره زمانی حال افزایش یابد. همچنین روند کلاس‌های شکننده F2 و F3 نیز افزایشی است و بیشترین میزان افزایش برای کلاس بحرانی F2 در افق زمانی ۲۰۳۰ به میزان  $2/8$  درصد می‌باشد، درحالی‌که بیشترین افزایش درصد مساحت کلاس F3 با روند افزایشی از زمان گذشته تا افق زمانی ۲۰۳۰ مربوط به دوره زمانی حال می‌باشد که در حدود  $1/9$  درصد نسبت به دوره زمانی گذشته افزایش داشته است. نتایج مربوط به کلاس خطر P نیز نشان‌دهنده روند کاهش این کلاس در بازه‌های زمانی مورد مطالعه است، به گونه‌ای که پیش‌بینی شده در افق زمانی ۲۰۳۰ به میزان  $4/7$  نسبت به دوره زمانی حال کاهش خواهد داشت. کلاس N نیز روند کاهش داشته است، به گونه‌ای که انتظار می‌رود در افق زمانی ۲۰۳۰ در حدود ۱ درصد نسبت به دوره زمانی حال حاضر کاهش یابد.

### ارزیابی خطر و ریسک

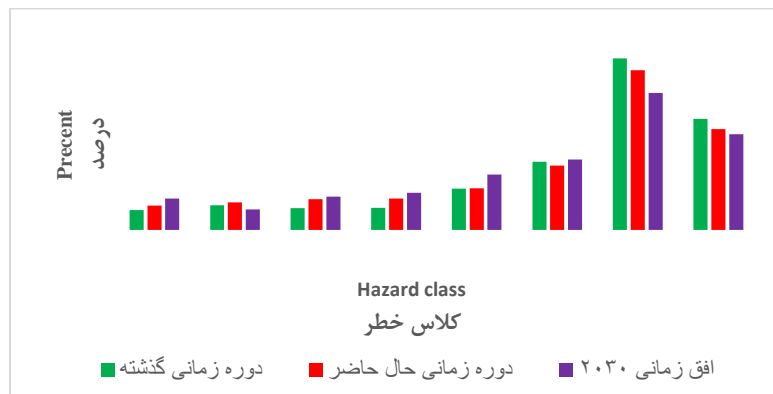
#### ارزیابی خطر بیابان‌زایی در افق ۲۰۳۰

نتایج حاصل از ارزیابی خطر بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه در بازه‌های زمانی مختلف در شکل ۴ و ۵ نشان داده شده است. مقایسه نقشه کلاس‌های بیابان‌زایی نشان‌دهنده افزایش روند کلاس بحرانی C1 از  $4/5$  درصد در دوره زمانی گذشته به  $6/4$  و  $6/9$  به ترتیب در بازه‌های زمانی حال و آینده است. کلاس بحرانی C2 در زمان حال حاضر با شدت کمتری ( $0/57$  درصد) نسبت به زمان گذشته افزایش یافته، در حالی‌که پیش‌بینی شده در افق زمانی ۲۰۳۰ به میزان  $1/4$  درصد نسبت به دوره زمانی حال کاهش یابد. این در حالی است که روند کلاس بحرانی C3 از  $4/2$  درصد در دوره زمانی گذشته به ۵ و  $6/5$  درصد به ترتیب در بازه‌های زمانی حال و آینده رسیده است. درصد مساحت کلاس C3 در دوره زمانی حال حاضر به میزان  $0/8$  درصد نسبت به دوره زمانی



شکل ۴- نقشه خطر بیابان‌زایی دشت گرگان در افق‌های زمانی مختلف

Figure 4- Desertification hazard map of the Gorgan plain in different time horizons



شکل ۵- مقایسه کلاس‌های خطر بیابان‌زایی دشت گرگان در افق‌های زمانی مختلف

Figure 5- Comparison of desertification hazard classes of the Gorgan plain in different time horizons

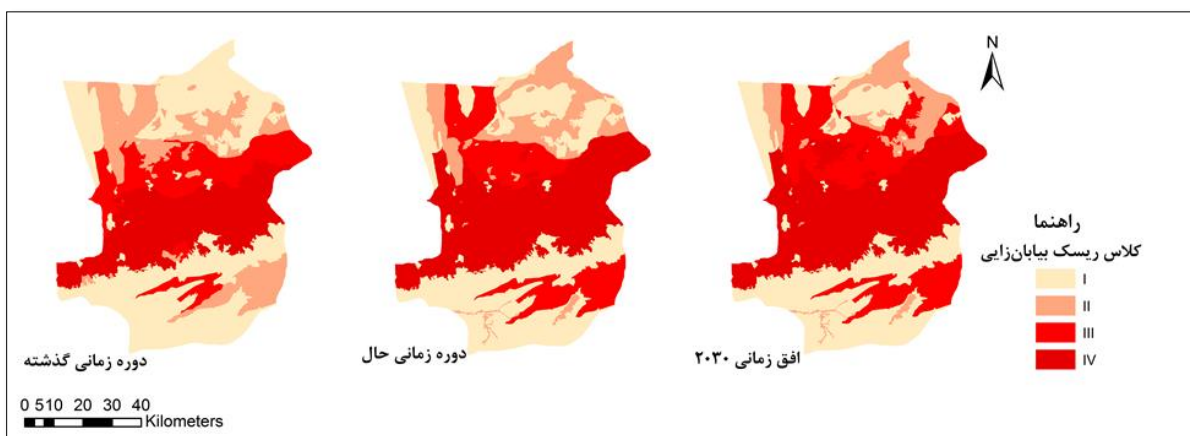
می‌دهد. در تمامی بازه‌های مورد مطالعه روند کلاس‌های ریسک I و II کاهشی است و به درصد مساحت کلاس‌های ریسک III و IV افزوده خواهد شد، به گونه‌ای که کلاس ریسک III و IV به ترتیب به میزان  $\frac{4}{7}$  و  $\frac{1}{5}$  درصد در افق زمانی ۲۰۳۰ نسبت به دوره زمانی حال افزایش خواهد یافت. بیشترین افزایش مربوط به کلاس ریسک IV در افق زمانی ۲۰۱۸ می‌باشد. نتایج مربوط به درصد مساحت کلاس ریسک منطقه در شکل ۷ و درصد تغییرات آن در جدول ۹ آمده است.

ارزیابی ریسک بیابان‌زایی در افق ۲۰۳۰  
شکل ۶ وضعیت ریسک بیابان‌زایی منطقه در دوره زمانی حال حاضر و افق ۲۰۳۰ را با اعمال سناریوهای تغییر اقلیم و کاربری اراضی نشان می‌دهد. بررسی نتایج ریسک منطقه در افق ۲۰۳۰ نشان می‌دهد، درصد مساحت کلاس ریسک I و II تحت سناریوی RCP4.5 به ترتیب ۳ و  $\frac{3}{2}$  درصد نسبت به دوره زمانی حال حاضر کاهش خواهد یافت. همچنین درصد مساحت کلاس‌های ریسک I و II در دوره زمانی حال حاضر نسبت به گذشته، به ترتیب کاهشی در حدود  $\frac{6}{1}$  و  $\frac{4}{7}$  درصد را نشان

جدول ۹- درصد تغییرات مساحت کلاس‌های ریسک بیابان‌زایی در افق‌های زمانی مختلف

**Table 9- The changes of risk classes area in different time horizons**

ریسک Risk	دوره زمانی گذشته Last period	زمان حال حاضر The current time period	افق ۲۰۳۰ Horizon 2030
I	41.3	35.2	32.2
II	18.4	13.7	10.5
III	16.6	17.3	22
IV	23.7	33.8	35.3



شکل ۶- نقشه ریسک خطر بیابان‌زایی دشت گرگان در افق‌های زمانی مختلف

**Figure 6- Desertification risk map of the Gorgan plain in different time horizons**



شکل ۷- مقایسه کلاس‌های ریسک بیابان‌زایی دشت گرگان در افق‌های زمانی مختلف

**Figure 7- Comparison of desertification risk classes of the Gorgan plain in different time horizons**

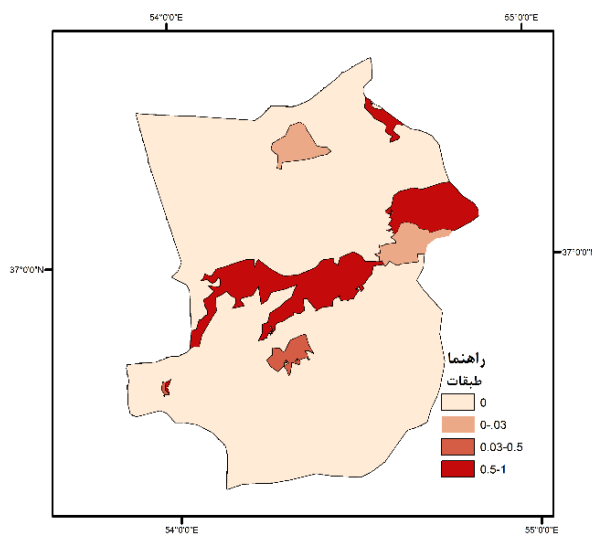
طبقه سوم بیشترین درصد منطقه را پوشش می‌دهد. بر اساس اطلاعات مندرج در جدول ۱۰ نرخ بیابان‌زایی دشت گرگان در افق ۲۰۳۰ به میزان  $875/4 \text{ Km}^2$  پیش‌بینی شده است.

ارزیابی گسترش پهنه‌های بیابان در افق ۲۰۳۰ نقشه گسترش پهنه‌های بیابان در افق ۲۰۳۰ در شکل ۸ و مساحت طبقات آن در جدول ۱۰ ارائه شده است. براساس شکل ۸ بخش‌های میانی دشت گرگان گسترش بیابان‌زایی بیشتر و

جدول ۱۰- درصد مساحت طبقات نقشه تغییرپذیری بیابان دشت گرگان در افق ۲۰۳۰

Table 10 - Percentage of classes area of the desert variability map of Gorgan plain in 2030 horizon

دوره مطالعاتی Study period	طبقه نقشه تغییرپذیری Class of variability map	جمع Total				
		0	0-0.03	0.03-0.5	0.5-1	
افق ۲۰۳۰	مساحت $\text{Km}^2$	4905.6	185.5	58.1	631.7	875.4
	درصد	84.9	3.2	1	10.9	100



شکل ۸- نقشه گسترش پهنه‌های بیابان دشت گرگان در افق ۲۰۳۰

Figure 8- The map of expansion of desert area in the Gorgan plain in the 2030 horizon

با ارائه برنامه مدیریتی در واحدهای کاری با احیاء مساحتی در حدود  $875/7$  کیلومترمربع که برابر مساحت گسترش نواحی بیابانی در افق ۲۰۳۰ می‌باشد، از وسعت نواحی بیابانی کاسته و به وسعت اراضی غیربیابانی افزوده تا بیلان در افق ۲۰۳۰ در مجموع به صفر برسد. در این بخش از پژوهش، برنامه‌های

تدوین برنامه مدیریتی در راستای تحقق اهداف رویکرد بیلان صفر تخریب زمین در منطقه مورد مطالعه از آنجایی که هدف از این پژوهش ارزیابی مجازی و ارائه برنامه مدیریتی خطر بیابان‌زایی در راستای رویکرد ZNLD می‌باشد. از این‌رو در راستای این هدف سعی بر آن شده است که



راهکارها و برنامه‌های مدیریتی بیابان‌زایی در منطقه در جهت اهداف ZNLD در قالب چهار برنامه ارائه و نقشه برنامه مدیریتی تهیه شد (شکل ۹). ارائه برنامه‌های مدیریتی در این بخش از پژوهش از نوع کوتاه و میان‌مدت (سه تا پنج ساله) با ساختار کنترلی و پیش‌گیرانه می‌باشد که با کاهش اثرهای ریسک بیابان‌زایی در منطقه، می‌توان به سطح ZNLD در افق زمانی ۲۰۳۰ رسید. در جدول ۱۱ برنامه‌ها و راهبردهای مدیریتی مناسب با منطقه برای دستیابی به اهداف رویکرد ZNLD بر اساس برنامه‌های پیشنهادی یونپ برای توسعه پایدار اکوسیستم و همچنین مطالعات سایر محققان با توجه به شرایط منطقه مورد مطالعه ارائه شده است.

پیشنهادی در واحدهای کاری واقع در بخش‌های مرکزی منطقه پیشنهاد شده‌اند که از لحاظ تجمع اراضی مسکونی، تأسیسات، اراضی باغی و دیمی، راه‌ها و ... قابل اهمیت هستند و همچنین کلاس خطر در آن‌ها N و P می‌باشد که قابل برگشت و مقرون به صرفه‌تر از واحدهایی با کلاس خطر بالاتر است. شکل ۹ نقشه مربوط به برنامه‌های مدیریتی پیشنهادی در افق ۲۰۳۰ را نشان می‌دهد.

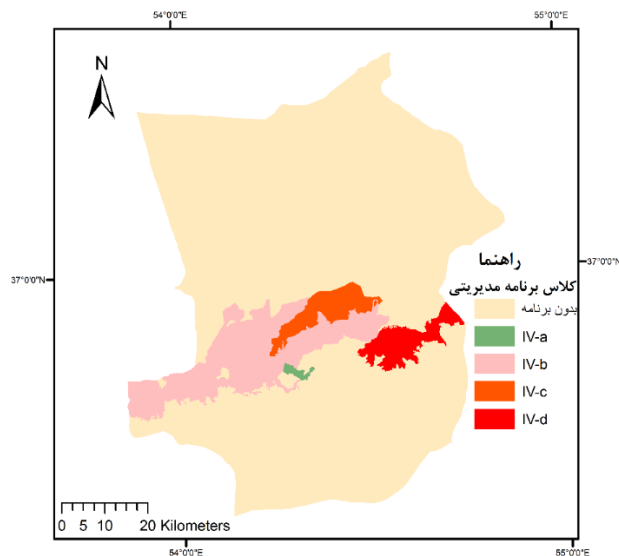
بر اساس فرمول ۷ موازنه بیلان تخریب اراضی در افق ۲۰۳۰ به شرح ذیل می‌باشد.

$$ZNLD = 875.4 - 875.7 = \sim 0$$

جدول ۱۱- توزیع فراوانی مساحت برنامه‌های مدیریتی پیشنهادی در منطقه مورد مطالعه

Table 11- Frequency distribution of proposed management programs in the study area

کلاس ریسک	برنامه مدیریتی	کلاس خطر	برنامه‌های پیشنهادی	مساحت Km <sup>2</sup>	درصد مساحت
Risk class	Management plan	Hazard class	Proposed actions	Area (Km <sup>2</sup> )	Area (%)
IV	حفظ وضعیت موجود	N	IV-a: جلوگیری از اجرای برنامه‌های غیر توسعه‌ای، جلوگیری از تخریب پوشش گیاهی	12.9	1.4
	Sustaining status quo		Prevention of implementation of non-development programs and vegetation removal		
	اجتناب از خطر		IV-b: راهکارهای زراعی و اصلاح روش‌های ناصحیح کشاورزی	594.7	67.8
	Risk avoidance		Agriculture Solutions and reform improper agricultural practices		
IV			IV-c: کشت هدفمند محصولات زراعی، کشت گیاهان مقاوم به شوری	594.7	15.3
		P	cultivation of salt resistant crops – targeted cultivation of crops	134.5	
	اقدامات کنترلی		IV-d: توصیه به الگوی کشت مشخص با بهبود شبکه‌های آبیاری، بهبود وضعیت مکانیزاسیون و استفاده از شیوه‌های نوین آبیاری	136.2	15.5
	Control measures		Recommendation to specify the cultivation pattern with Improving irrigation systems, improvement of agricultural mechanization and Implementation of new irrigation methods		



شکل ۹- نقشه برنامه مدیریت ریسک بیابان‌زایی دشت گرگان

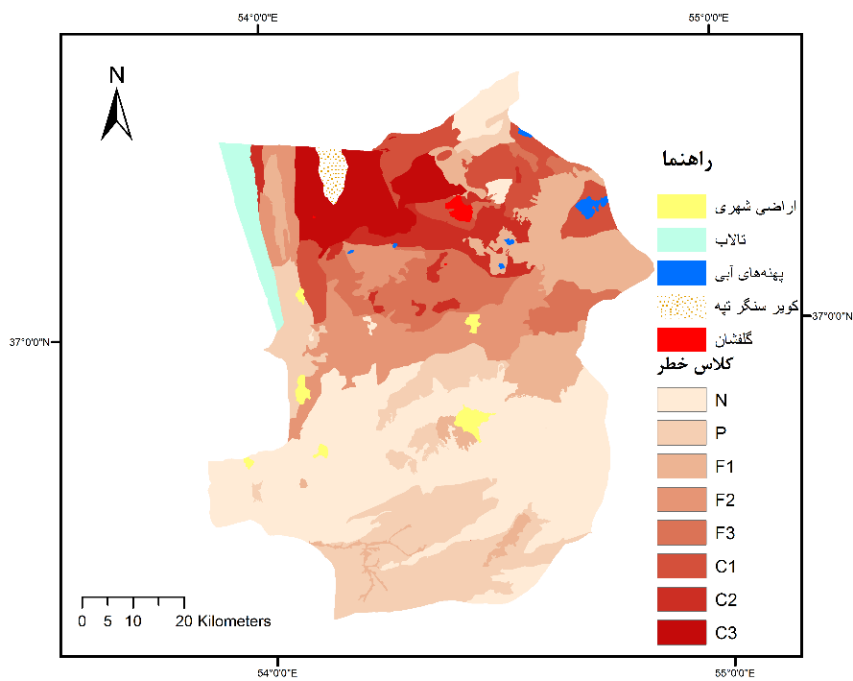
Figure 9- The map of desertification risk management plan of the Gorgan plain

و N در دوره زمانی حال حاضر مساحتی در حدود ۸۷۵/۷ کیلومترمربع از وسعت مناطق بیابانی در افق ۲۰۳۰ کاسته شده و به مناطق غیربیابانی افزوده خواهد شد. به عبارتی دیگر، با ارائه برنامه‌های مدیریتی، بیلان بیابان‌زایی در افق ۲۰۳۰ به صفر خواهد رسید. شکل ۱۱ وسعت اراضی ZNLD را نشان می‌دهد که مساحت آن برابر ۲۳/۴ درصد می‌باشد. برای دستیابی به سطح ZNLD به ترتیب با احیاء مساحتی برابر ۲/۳ و ۱۲/۶ درصد از وسعت اراضی با کلاس خطر FI و P و با حفظ شرایط موجود (۲/۰ درصد از مناطق N) در مجموع مساحتی برابر ۱۵/۱ درصد به مناطق غیربیابانی افزوده خواهد شد.

ارزیابی وضعیت بیلان صفر تخریب زمین دشت گرگان در افق ۲۰۳۰

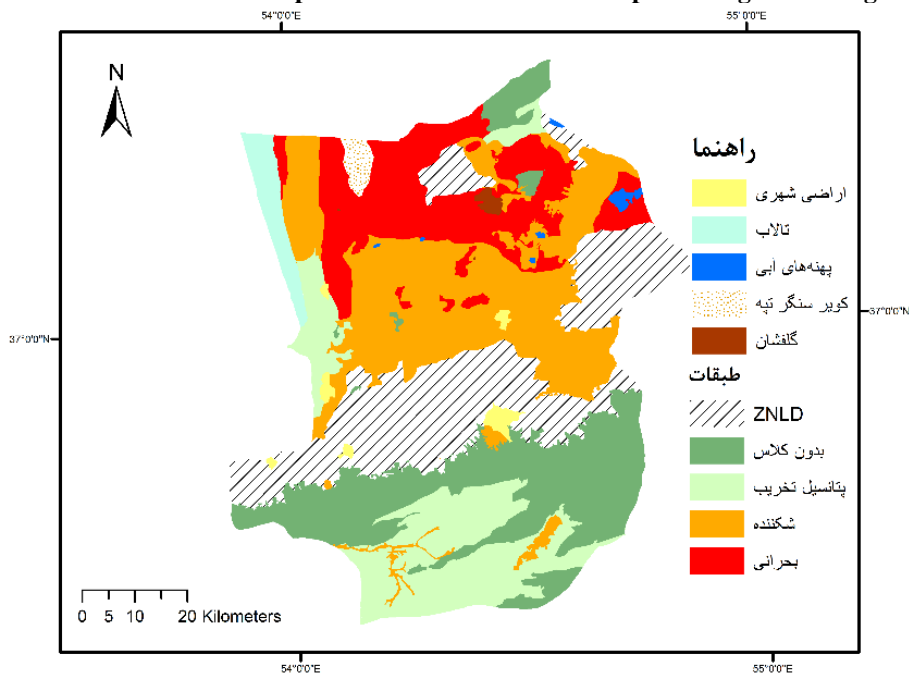
شکل ۱۰ نقشه خطر بیابان‌زایی بعد از ارائه برنامه‌های مدیریتی در افق ۲۰۳۰ با مفروض قرار دادن تحقق برنامه‌های مدیریتی را

نشان می‌دهد. تغییر مساحت کلاس‌های خطر بیابان‌زایی در بازه‌های زمانی مختلف در جدول ۱۲ نشان داده شده است. بر اساس اطلاعات مندرج در جدول ۱۰ گسترش پهنه‌های بیابانی دشت گرگان در افق ۲۰۳۰ در حدود ۸۷۵/۴ کیلومترمربع است که با ارائه برنامه‌های مدیریتی در مناطق با کلاس‌های خطر P



شکل ۱۰- نقشه خطر بیابان‌زایی در افق ۲۰۳۰ بعد از ارائه برنامه مدیریتی

Figure 10- Desertification risk map in the horizon of 2030 after presenting the management plan



شکل ۱۱- نقشه پهنه‌بندی ZNLD دشت گرگان در افق ۲۰۳۰

Figure 11- ZNLD map of the Gorgan plain in the 2030 horizon

جدول ۱۲- مقایسه تغییرات مساحت کلاس‌های خطر در بازه‌های زمانی مختلف

Table 12- Comparison of the hazard classes area changes in different time horizons

کلاس خطر Hazard class	دوره زمانی گذشته Last period		دوره زمانی حال حاضر The current time period		$\Delta T$		افق زمانی ۲۰۳۰ Horizon 2030				$\Delta T$	
	واحد کاری Land unit	مساحت Area	واحد کاری Land unit	مساحت Area	واحد کاری Land unit	مساحت Area	بدون برنامه Non- plan	با برنامه With the plan	افق زمانی ۲۰۳۰ (بدون برنامه) Horizon 2030 (Non-plan)	مساحت	واحد کاری Land unit	مساحت Area
C3	3	240.1	5	291.4	2	51.2	6	376	1	84.6	1	84.6
C2	12	297.2	11	330.6	-1	33.4	10	246	-1	-84.6	-1	-84.6
C1	9	262.5	11	370.9	2	108.4	12	402.1	1	31.2	1	31.2
F3	9	264.9	7	375.6	-2	110.7	7	445.3	0	69.7	0	69.7
F2	16	497.5	17	501.7	1	4.3	17	665.2	0	163.4	0	163.4
F1	7	820.6	10	775.7	3	-45	11	711.2	1	69.7	0	-64.5
P	28	2063.2	24	1921.4	-4	-141.9	26	1038.9	2	-273.7	0	882.5
N	19	1334.8	24	1213.7	5	-121.2	14	1896.4	-10	-60.3	-7	682.7
مجموع Total	103	5780.9	103	5780.9	6	-0.2	103	5780.9	-6	-0.006	-4	0

## بحث

مسئله تخریب و بیابان‌زایی یکی از مشکلات جوامع بشری است که اثرهای سوء مدیریتی بر آن دامن زده و منجر به گسترش عرصه‌های بیابانی شده است. گسترش روزافزون عرصه‌های بیابانی تهدیدی جدی برای جوامع بشری است که منجر به افزایش فقر و مهاجرت می‌شود. از این رو جوامع و نهادهای بین‌المللی هر ساله کوشیده‌اند در راستای مهار بیابان‌زایی در سطح جهان راهکارهای مناسبی ارائه نمایند. یکی از این راهکارهای مدیریتی نوین، رویکرد ZNLD است که ضمن حفظ شرایط توسعه، بر جلوگیری از تخریب بیشتر اراضی و احیاء زمین‌های تخریب شده تأکید دارد. در دستور کار قرار دادن این رویکرد بعنوان ابزار مدیریتی نوین در زمینه جلوگیری از تخریب بیشتر اراضی و بیابانی شدن می‌تواند کمک شایانی به جوامع بشری و محیط‌زیست بکند. از این رو، این پژوهش با هدف بررسی اثر همزمان دو عامل مهم در زمینه بیابانی شدن، تغییر کاربری و تغییر اقلیم قصد دارد تا بتواند با ترسیم نقشه خطر و ریسک بیابان‌زایی در افق زمانی ۲۰۳۰ و ارائه یک برنامه مدیریتی در راستای رویکرد ZNLD برای کاهش تخریب در منطقه دشت گرگان گام بردارد. فعالیت‌های انسان در طبیعت تحت تأثیر عوامل اقتصادی و اجتماعی و شرایط منطقه‌ای است که به صورت تغییر کاربری قابل مشاهده است. تغییرات کاربری و شیوه مدیریتی اعمال شده در گذشته، تأثیر بسزایی در تخریب اراضی و بیابانی شدن عرصه‌ها دارد و تغییر اقلیم نیز از طریق تأثیر بر میزان بارش و درجه حرارت و بالطبع خشکسالی باعث تشدید این مقوله می‌شود (Parvaneh, 2010). بنابراین تغییر اقلیم و تغییر کاربری بعنوان عوامل مهم تخریب زمین مطرح است (Rahimi & Rahimi Dashliboroon, 2014). از این رو در این پژوهش، نقشه تغییر کاربری در بازه زمانی ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۸ برای پیش‌بینی تغییر کاربری در افق زمانی ۲۰۳۰ با استفاده از زنجیره مارکوف ترسیم شد. طبق

نتایج بدست آمده افزایش سطح مراتع و اراضی کشاورزی و همچنین گسترش اراضی مسکونی، اراضی بایر و شور در افق زمانی ۲۰۳۰ مشهود و چشمگیر می‌باشد. هرچند افزایش وسعت اراضی کشاورزی که بعنوان مؤلفه‌ای در جهت بهبود پوشش سبز اراضی است ولی به دلیل انجام غیراصولی کشاورزی در زمینه اصول صحیح کشت، استفاده خارج از توان از اراضی منجر به تخریب بیشتر اراضی می‌گردد. بر اساس نقشه‌های سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ منطقه مورد مطالعه می‌توان به این نتیجه رسید که گسترش اراضی کشاورزی از طریق اعمال شخم بی‌رویه مراتع به دلیل افزایش جمعیت و نیاز جوانان به شغل و تأمین نیاز کشاورزی منطقه و از سوی دیگر قطع و برداشت درختان و تبدیل اراضی جنگلی و مرتعی به اراضی کشاورزی منجر به افزایش سطح اراضی کشاورزی در منطقه شده است و بالطبع از وسعت اراضی جنگلی و مرتعی کاسته شده است. از سویی گسترش اراضی کشاورزی و بالطبع آن استفاده بی‌رویه از سموم و کودهای شیمیایی و استفاده از شیوه‌های نادرست آبیاری منجر به افزایش اراضی بایر و شور در منطقه شده است. نتایج بخش کاربری اراضی در توافق با نتایج Salarian و همکاران (۲۰۲۲) است که به ارزیابی تغییرات کاربری اراضی طی یک دوره ۳۳ ساله در استان گلستان پرداختند و نقشه کاربری اراضی سال ۱۴۲۹ را با استفاده از مدل LCM پیش‌بینی کردند. نتایج آنان حکایت از کاهش اراضی جنگلی و افزایش پهنه‌های آبی و افزایش اراضی سطح مراتع دارد که قسمت عمده این تغییرات مربوط به تبدیل مراتع به کاربری زراعی طی ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۸ بوده است. نتایج مربوط به پیش‌بینی میزان تغییرات کاربری اراضی در سال ۱۴۲۹ نشان می‌دهد که در سال‌های آینده از سطح مراتع و جنگل‌ها کاسته شده و به سطح اراضی زراعی و مناطق مسکونی اضافه خواهد شد که در توافق با نتیجه بدست آمده برای پیش‌بینی تغییرات کاربری در سال ۲۰۳۰ در این پژوهش می‌باشد. تغییر اقلیم از طریق تأثیر بر میزان

ناپایدار از زمین همراه با تغییرات اقلیمی انسانی قرار گرفته‌اند. تغییرات اقلیمی انسانی در حدود ۱۲/۶ درصد از زمین‌های خشک را تخریب کرده است که منجر به گسترش نواحی بیابانی شده است. همچنین در توافق با نتایج نظری سامانی و همکاران در سال ۲۰۱۷ می‌باشد که به تعیین نقش روند تغییرات اقلیمی و کاربری اراضی بر وضعیت بیابان‌زایی آینده با استفاده از مدل IMDP در سبزوار پرداختند. نتایج آنان نشان می‌دهد که میزان شدت بیابان‌زایی در طول زمان تغییر کرده که این تغییرات از طبقه کم به متوسط و طبقه متوسط به شدید متفاوت بوده است و بیابان‌زایی در طول زمان افزایش پیدا کرده است. افزایش کلاس‌های خطر و ریسک در بخش‌های مرکزی منطقه که محل تجمع اراضی مسکونی و صنعتی و فعالیت‌های کشاورزی است، چشمگیرتر می‌باشد. مناطق جنوبی منطقه به علت کوهستانی بودن و دخالت کمتر عامل انسانی از تخریب بیشتر به دور بوده و بیشتر کلاس‌های خطر N و کلاس ریسک I و II در این قسمت از منطقه قرار گرفته است.

برای دستیابی به اهداف رویکرد ZNLD، با ترسیم نقشه خطر و ریسک منطقه باید با برنامه‌ریزی مناسب سطح ZNLD را در افق زمانی ۲۰۳۰ به صفر رساند. دستیابی به این امر نیازمند تدوین برنامه مدیریتی در واحدهای کاری با درجه اهمیت و کلاس کم خطر است. با ارائه برنامه‌های مدیریتی پیشنهادی با تأکید بر حفظ وضعیت موجود و احیا اراضی تخریب شده در راستای تحقق اهداف رویکرد ZNLD گام برداشته می‌شود. تنها پژوهشی که در راستای شعار Net-Zero انجام شده است، پژوهشی است که Davudirad و همکاران (۲۰۱۷) به بررسی روند تخریب زمین و اجرای رویکرد ZNLD در قالب مدیریت سازگار پرداخته‌اند که در قسمت مرور منابع شرح داده شده است. تفاوت این پژوهش با تحقیق حاضر این است که در این تحقیق برنامه مدیریتی بیان صفر بر اساس نقشه خطر و ریسک در افق ۲۰۳۰ تهیه

بارندگی و درجه حرارت و به دنبال آن اثر بر روی خشکسالی، شور شدن منابع آب زیرزمینی منجر به تخریب اراضی و بیابانی شدن اراضی می‌گردد. از این رو مطالعه تغییر اقلیم نیز در کنار تغییر کاربری، کمک شایانی به مدیریت پایدار عرصه‌های محیط‌زیستی می‌کند. برای مطالعه تغییر اقلیم از داده‌های ۱۰ ایستگاه هواشناسی که بالاترین دوره آماری را داشتند استفاده شد. نتایج در مجموع نشان‌دهنده افزایش درجه حرارت و کاهش بارندگی نسبت به زمان حال حاضر در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه در منطقه است. افزایش درجه حرارت به ویژه در فصول گرم و کاهش بارندگی منجر به افزایش تبخیر و نیاز آبی در گیاهان و به دنبال آن موجب کاهش سطح اراضی پوشش گیاهی می‌شود. اثرهای تغییر اقلیم از طریق کاهش بارندگی و افزایش درجه حرارت و به دنبال آن افزایش تبخیر در درازمدت در مقیاس محلی قابل ملموس می‌باشد که منجر به کاهش سطوح پوشش گیاهی در منطقه می‌شود (Askari, Khosravi et al., 2017). به ارزیابی اثر تغییر اقلیم الگوی بارش در نواحی خشک با استفاده از مدل‌های GCM پرداختند. نتایج آنان حکایت از کاهش بارش تحت هر سه سناریوی مورد مطالعه RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 دارد که بیشترین کاهش بارندگی مربوط به سناریوی RCP8.5 خواهد بود که با نتایج این پژوهش در مورد پیش‌بینی بارش تحت سناریوی RCP4.5 همخوانی دارد. در نهایت اثر همزمان تغییر کاربری و تغییر اقلیم لحاظ شد و نقشه خطر و ریسک بیابان‌زایی در افق زمانی ۲۰۳۰ پیش‌بینی و ترسیم گردید. نتایج نشان می‌دهد به‌طور کلی شدت بیابان‌زایی در افق زمانی ۲۰۳۰ رو به افزایش است که با نتایج Burrel و همکاران (۲۰۲۰) که به ارزیابی تغییرات اقلیمی انسانی بر بیابان‌زایی پرداختند، همخوانی دارد. نتایج آنان نشان داد بین سال‌های ۱۹۸۲ تا ۲۰۱۵، در حدود ۶ درصد از زمین‌های خشک جهان تحت تأثیر بیابان‌زایی ناشی از شیوه‌های استفاده

- desertification? *Journal of Arid Environments*, 112:5-13.
- Cook, B.I., Mankin, J.S. and Anchukaitis, K.J., 2018. Climate change and drought: From past to future. *Current Climate Change Reports*, 4(2):164-179.
  - Dai, A., Zhao, T. and Chen, J., 2018. Climate change and drought: a precipitation and evaporation perspective. *Current Climate Change Reports*, 4(3):301-312.
  - Dargahian, F., Heidarnajad, S. and Razavizadeh, S., 2021. Investigating the trend of changes in the heat wave properties Related to climate change in arid regions (Case Study: Yazd City), *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 28 (3):564-577 (In Persian with English summary).
  - Davari, S., Rasheki, A.R., Akbari, M. and Talebanfard, A.L., 2019. Monitoring of spatio-temporal indices on desertification in arid regions of south of Khorasan Razavi province. *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 2:17-32. (In Persian with English summary).
  - Davudirad, A.A., 2017. Adaptive Management based on Zero Net Land Degradation Approach in Shazand Watershed- Markazi Province, Dissertation, Tarbiat Modares University.
  - European Commission. 1999. Mediterranean Desertification and Land Use (MEDALUS). MEDALUS office. London. 90 P.
  - Farajollahi, A., Asgari, H.R., Ownagh, M., Mahboubi, M.R. and Mahini, A.R., 2017. The effect of land use changes on desertification hazard (Case study: Maraveh Tappeh region of Golestan Province, Iran). *Modern Applied Science*, 11(1): 168-179.
  - Ghavami, S.A., Akbari, M., Karimi, A. and Yazdanrad, H., 2022. Assessment of vegetation vulnerability using remote sensing (case study: Namdan plain, Fars province), The 1<sup>st</sup> International and the 8<sup>th</sup> National Conference on Rangeland Management in Iran.
  - Grainger, A., 2015. Is land degradation neutrality feasible in dry areas? *Journal of Arid Environments*, 112:14-24.
  - Hashemi nasab, S.N. and Jafari, R., 2019. Assessing land use changes order to monitor desertification, *Journal of spatial analysis environmental hazard*, 3: 59-74. (In Persian with English summary).
  - Hassan, W.H., 2020. Climate change impact on groundwater recharge of Umm er Radhuma unconfined aquifer Western Desert, Iraq. *International Journal of Hydrology Science and Technology*, 10(4): 392-412.
  - IPCC. Climate change 2013. The physical science basis. Summary for policy makers. Contribution of Working

شده است اما تحقیق Davudirad و همکاران (۲۰۱۷) به بررسی روند ZNLD پرداخته است.

### منابع مورد استفاده :

- Akbari, M., Neamatollahi, E. and Neamatollahi, P., 2019. Evaluating land suitability for spatial planning in arid regions of eastern Iran using fuzzy logic and multi-criteria analysis. *Journal of Ecological indicators*, 98:587-598.
- Akbari, M., Ownagh, M., Asgari, H.R., Sadoddin, A. and Khosravi, H., 2016. Desertification risk assessment and management program. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 2(4): 365-380.
- Ammann, W., 2016. Early Warning in Disaster Risk Reduction Needs and Potential, In 7<sup>th</sup> International conference on integrated natural disaster management-INDM, Iran, 2016 Feb, 15-16.
- Analysis Report of surface and groundwater. 2014. Golestan Province Planning Studies, Management and Planning Organization.
- Ansari, A. and Golabi, M.H., 2019. Prediction of spatial land use changes based on LCM in a GIS environment for Desert Wetlands—A case study: Meighan Wetland, Iran. *International soil and water conservation research*, 7(1): 64-70.
- Berg, A. and Sheffield, J., 2018. Climate change and drought: the soil moisture perspective. *Current Climate Change Reports*, 4(2):180-191.
- Burrell, A.L., Evans, J.P. and De Kauwe, M.G., 2020. Anthropogenic climate change has driven over 5 million km<sup>2</sup> of drylands towards desertification. *Nature communications*, 11(1):1-11.
- Behnia, M., Zehtabian, G.H., Khosravi, H., Ahmadali, K.H., Nazari Samani, A.A. and Mesbahzadeh, T., 2021. Investigating the relationship between desertification criteria and land use change and providing operational monitoring methodology Using IMDPA. *Journal of Natural Environmental Hazards*, 29: 69-86.
- Chamanpira, G.H. R., Zehtabian, G.H.R. and Ahmadi, H., 2006. Application of ICD method for determining the severity of desertification in Koohdasht watershed. *Journal of Iranian Natural Resources*, 3: 543-555.
- Chasek, P., Safriel, U., Shikongo, S. and Fuhrman, V.F., 2015. Operationalizing zero net land degradation: The next stage in international efforts to combat

- indices. *Current Climate Change Reports*, 4(2): 145-163.
- Nazari Samani, A.A., Khalighi, S.H., Abdolshahnejhad, M., Sayadi Lotfabadi, S. and Habibi Nokhandan, M., 2017. Determination the role of climate change and land use on future desertification status, case study: Sabzevar, Watershed engineering and management. 11(3): 806-818. (In Persian with English summary).
  - Nkonya, E. and Anderson, W., 2015. Exploiting provisions of land economic productivity without degrading its natural capital. *Journal of Arid Environments*, 112: 33-43.
  - Ostad-Ali-Askari, K., Ghorbanizadeh Kharazi, H., Shayannejad, M. and Zareian, M.J., 2020. Effect of climate change on precipitation patterns in an arid region using GCM models: case study of Isfahan-Borkhar Plain. *Natural Hazards Review*, 21(2): 04020006.
  - Parker, D.C., Manson, S.M., Janssen, M.A., Hoffmann, M.J. and Deadman, P., 2003. Multi-agent systems for the simulation of land-use and land-cover change: a review. *Annals of the association of American Geographers*, 93(2): 314-337.
  - Parvaneh, H., 2010. Mapping of desertification hazard intensity using MEDALUS method. MSc. Thesis. University of Esfahan.
  - Rahimi, D. and Rahimi Dashliboroon, Y., 2014. Resources in the impacts climate change on floods in north of Iran. *Journal of Geography and Environmental Planning*, 27(1): 89-102.
  - Salarian; F., Tatian; M.R., Ghanghermeh; A. and Tamartash; R., 2022. Modeling land cover changes in Golestan province using land change modeler (LCM). *Journal of RS and GIS for Natural Resources*. 12(4): 47-70. (In Persian with English summary).
  - Sarbazi, M., Ownegh, M., Mohammadian Behbahani, A. and Akbari, M., 2021. Evaluating and modeling temporal-spatial change of land use in the expansion of desertification intensity in the arid regions of northeast Iran (Saraks). *Journal of Geography and environmental hazards*. 9(2): 1-18. (In Persian with English summary).
  - Sayadi Lotfabadi, S., 2013. Investigating the Effects of Climate Change on desertification (Case study: Sabzevar). MSc. Thesis. University of Tehran.
  - Shahbazi, K.H., Heshmati, M. and Saeidifar, Z., 2021. Investigating the effect of climate change on drought and desertification risk in Kermanshah Province. *Desert management*. 8(16):183-200. (In Persian with English summary).
  - Group I to the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. 2013; 18.
  - Iturbide, M., Gutiérrez, J.M., Alves, L.M., Bedia, J., Cerezo-Mota, R., Gimadavilla, E., Cofiño, A.S., Di Luca, A., Faria, S.H., Gorodetskaya, I.V. and Hauser, M., 2020. An update of IPCC climate reference regions for subcontinental analysis of climate model data: definition and aggregated datasets. *Earth System Science Data*, 12(4): 2959-2970.
  - Javadinejad, S., Dara, R. and Jafari, F., 2021. Analysis and prioritization the effective factors on increasing farmer's resilience under climate change and drought. *Journal of Agricultural research*, 10(3): 497-513.
  - Jehanzaib, M., Sattar, M.N., Lee, J.H. and Kim, T.W., 2020. Investigating effect of climate change on drought propagation from meteorological to hydrological drought using multi-model ensemble projections. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 34(1): 7-21.
  - Khosravi, Y., Lashkari, H., Matkan, A. and Asakareh, H., 2017. Modeling of spatial relationships of water vapor pressure using spatial statistics techniques. *Scientific-Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, 26(102):81-98. (In Persian with English summary).
  - Lal, R., Safriel, U. and Boer, B., 2012. Zero net land degradation, a new sustainable development goal for RIO+ 20; a report prepared for the Secretariat of the UNCCD.
  - Liu, B., Yan, Z., Sha, J. and Li, S., 2017. Drought evolution due to climate change and links to precipitation intensity in the Haihe River Basin. *Journal of Water*, 9(11): 878-890.
  - Maryam, M., Mohammad, R., Shima, N. and Ali, A.D., 2020. The survey of desertification potential in Damghan plain by using meteorological data and land use variations. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 27(1). (In Persian with English summary).
  - Mas, J.F., Kolb, M., Paegelow, M., Olmedo, M.T.C. and Houet, T., 2014. Inductive pattern-based land use/cover change models: A comparison of four software packages. *Environmental Modelling & Software*, 51: 94-111.
  - Mohammadi, P., Ghorbani, M., Malekian, A. and Nazarisamani, A.k., 2019. Measuring and analyzing the vulnerability of local communities in front of the climate change (Case study: Ghasre-Shirin District). *Iranian Journal of Range and Desert Research*. 27 (2): 287-299. (In Persian with English summary).
  - Mukherjee, S., Mishra, A. and Trenberth, K.E., 2018. Climate change and drought: a perspective on drought



2019. Climate change-induced drought evolution over the past 50 years in the southern Chinese Loess Plateau. *Environmental Modelling & Software*, 122:104519.
- Ziaee, N., Ownegh, M., Asgari, H.R., Massahbavani, A.R., Mahini, S. and Hosseinalizadeh, M., 2018. Comparison of climate change scenarios on the desertification hazard intensity and risk of Hablehroud basin, Tehran province, *Desert ecosystem engineering journal*. 6(16): 105-118.
  - Stavi, I. and Lal, R., 2015. Achieving zero net land degradation: challenges and opportunities. *Journal of Arid Environments*, 112: 44-51.
  - Yanli, Y., Jabbar, M.T. and Zhou, J.X., 2012. Study of environmental change detection using Remote Sensing and GIS application: A case study of northern Shaanxi Province, China. *Journal of Study of Environmental Change Detection*, 21(3):789-790.
  - Zhang, S., Wu, Y., Sivakumar, B., Mu, X., Zhao, F., Sun, P., Sun, Y., Qiu, L., Chen, J., Meng, X. and Han, J.,

## Assessing desertification hazard and risk and desertification zero net plan for 2030 horizon in the Gorgan plain

Z. Jamali<sup>1</sup>, M. Ownegh<sup>2\*</sup> and A. Salmanmahiny<sup>3</sup>

1- Ph.D. Student of Combat Desertification, Faculty of Rangeland and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

2\*- Corresponding author, Professors, Faculty of Rangeland and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, Email: mownegh@yahoo.com

3- Professor, Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

Received: 12/06/2021

Accepted: 05/02/2022

### Abstract

Zero Net Land Degradation (ZNLD) strategy, as a new management approach, was firstly introduced in June 2012 to zero the land degradation on the horizon of 2030. Therefore, the purpose of this study is to use the ESAs desertification hazard model to assess the desertification trend, and executing the ZNLD approach, and provide a management plan. In this research, after preparing a land use map for three years of 2000, 2010, and 2018 and it's predicting through a random Markov chain model and simulating temperature and rainfall parameters using SDSM under the emission scenario of RCP4.5 (Representative Concentration Pathway) for the time horizon 2030, the hazard and risk maps were simulated for the time horizon 2030. In the next step, to achieve ZNLD on the horizon of 2030, a management plan was proposed to reduce desertification to zero and prepare a ZNLD map. The results showed that the intensity of desertification is increasing in the time horizon of 2030. The highest risk increase related to the F3 class is 2.7%, and the highest decrease related to the P class is 4.7%. The zero land degradation balance management approach (ZNLD) was proposed as a new approach for the first time in 2012 to make land degradation zero on the horizon of 2030. The results showed that the intensity of desertification is increasing in the time horizon of 2030. The highest risk increase related to the F3 class is 2.7%, and the highest decrease related to the P class is 4.7%. Risk classes I and II will decrease by 3% and 3.2%, respectively, in the time horizon of 2030. Meanwhile, risk classes III and IV will increase. To achieve the level of ZNLD, by restoring an area equivalent to 2.3 and 12.6 percent of the land area with risk class F1 and P, respectively, and by maintaining the existing conditions (0.2 percent of N areas), in total, an area equal to 15.1 percent to Non-desert area will increase and the ZNLD will reach 23.4% in the horizon of 2030.

**Keywords:** RCP, land use change, climate change, Gorgan plain, risk.