

مقایسه کارایی دو مدل IMDPA و ESAs جهت مدیریت ریسک خطر بیابان‌زایی منطقه عمرانی گناباد در جنوب غربی استان خراسان رضوی

۱- حسن جعفری، کارشناسی ارشد مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- مرتضی اکبری، استادیار، گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد
m_akbari@um.ac.ir

۳- محمدتقی کاشکی، دانشجوی دکتری، مربی پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی

۴- سیدحمزه بدیعی نامقی، کارشناس ارشد اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری خراسان رضوی

دریافت: ۱۳۹۷/۰۸/۳۰

پذیرش: ۱۳۹۸/۰۲/۲۸

چکیده

هدف از این تحقیق، مقایسه کارایی دو مدل IMDPA و ESAs در ارزیابی شدت بیابان‌زایی منطقه عمرانی گناباد در جنوب غربی استان خراسان رضوی و مدیریت مبتنی بر ارزیابی ریسک خطر بیابان‌زایی، بر اساس مدل برتر است. پس از جمع‌آوری و تحلیل داده‌های اولیه، معیارها و شاخص‌های دو مدل IMDPA و ESAs متناسب با شرایط منطقه‌ای و بر اساس واحدهای ژئومورفولوژی، امتیازدهی و شدت بیابان‌زایی محاسبه شد. سپس ارزیابی ریسک خطر، از ترکیب نقشه‌های شدت بیابان‌زایی، عناصر فیزیکی، اقتصادی و زیستی در معرض خطر و آسیب‌پذیری محیطی به دست آمد و خسارت ناشی از توسعه بیابان‌زایی با توجه به هزینه‌های تحمیل‌شده به هر یک از عناصر، برآورد شد. آزمون معنی‌داری مساحت‌ها با آماره کای اسکویر و انطباق نقشه‌ها با حقایق زمینی، با شاخص کاپا انجام گردید. نتایج نشان داد طبق مدل IMDPA بیشترین سطح منطقه در کلاس با شدت زیاد بیابان‌زایی و با توزیع فراوانی ۵۴/۷ درصد قرار گرفت و دو معیار اقلیم و پوشش گیاهی از مهم‌ترین فاکتورها بوده‌اند. در مدل ESAs نیز شدت بیابان‌زایی در سه کلاس خطر طبقه‌بندی شد که بیشترین سطح منطقه مربوط به کلاس بحرانی نوع دوم با توزیع فراوانی ۷۹ درصد بوده و معیار اقلیم و فرسایش بادی نیز بیشترین تأثیر را داشته‌اند. این موضوع بیانگر تأثیر زیاد عوامل طبیعی در روند و توسعه بیابان‌زایی در مناطق خشک جنوب استان خراسان رضوی است. با توجه به بررسی‌های میدانی، نظر کارشناسی و مقدار ضریب کاپای ۰/۸۹۷، مدل ESAs، به‌عنوان مدل برتر انتخاب شد. نتایج ارزیابی ریسک نشان داد بیش از ۵۱/۵ درصد عناصر زیستی-محیطی که عمدتاً در بخش‌های مرکزی و جنوبی منطقه واقع شده‌اند، در معرض خطر متوسط تا بسیار شدید بیابان‌زایی بوده که می‌تواند سالانه خسارتی معادل ۷۵۹۵ هزار میلیون ریال ایجاد نماید. به‌طوری‌که برنامه‌های مدیریتی پیشنهادی در این تحقیق، به دلیل سازگاری با شرایط منطقه، می‌تواند تا حدودی میزان خسارت آتی را کاهش دهد.

واژگان کلیدی: آسیب‌پذیری محیطی؛ GIS؛ شاخص‌های بیابان‌زایی؛ تخریب سرزمین.

مقدمه

بین‌المللی توسعه کشاورزی^۲، بیابان‌زایی ۴۰ درصد از کل اراضی جهان را تهدید می‌کند و سالانه ۴۲ میلیارد دلار به اقتصاد جهانی زیان می‌رساند [۹]. بیابان‌زایی می‌تواند در همه شرایط اقلیمی به وقوع بپیوندد و شدت آن بستگی به شرایط طبیعی آن منطقه دارد. در مناطقی با اقلیم گرم و خشک فرآیند بیابان‌زایی می‌تواند به‌صورت فاجعه درآید. این پدیده همواره با تخریب خاک، هدر رفت منابع آب

در نیم‌قرن گذشته، بیابان‌زایی و تخریب سرزمین چرخه معیوبی از محیط‌زیست را ایجاد نموده و تشدید روند تخریب اراضی، مشکلات اجتماعی-اقتصادی، بحران‌های سیاسی و افزایش خطر آسیب‌پذیری جوامع مبتلا به را در پی داشته است [۳ و ۹]. بر اساس گزارشات فائو/یونپ^۱ بیش از یک‌صد کشور جهان و در حدود ۳۳ درصد اراضی خشک، تحت تأثیر تخریب سرزمین و بیابان‌زایی قرار دارند [۱۳]. طبق مطالعات صندوق

مدل‌ها، روابط و الگوریتم‌های ریاضی و نقشه ریسک با استفاده از نقشه‌های شدت، عناصر در معرض خطر و نقشه آسیب‌پذیری محیطی به دست می‌آید [۳] و مدیریت کارآمد اراضی تحت تأثیر بیابان‌زایی، فقط با در نظر گرفتن تمامی عناصر مهم و مؤثر محیطی و انسانی، امکان‌پذیر است [۱۲].

با توجه به اینکه اکوسیستم خشک و بیابانی منطقه مورد تحقیق، به دلیل شرایط طبیعی و انسانی در طی چند سال گذشته دچار درجاتی از بیابان‌زایی و تخریب سرزمین شده است. لذا هدف اصلی از انجام این تحقیق، بررسی موضوعاتی از جمله ارزیابی شدت، ریسک و خسارت ناشی از بیابان‌زایی است که همواره از نظر کارشناسان مغفول مانده است. علاوه بر آن مدیریت ریسک به جای مدیریت بحران و یا همان استراتژی پیش‌گیری قبل از درمان می‌تواند به کاهش هزینه‌های جلوگیری از روند بیابان‌زایی بیانجامد. بنابراین، با توجه به کاربردی بودن این تحقیق، به جهت مقایسه ارزیابی شدت بیابان‌زایی مبتنی بر دو مدل ESAs و IMDPA، به نظر می‌رسد نتایج به دست آمده از این تحقیق، در صورت اجرا، امکان کاهش اثرات بیابان‌زایی و خسارات ناشی از آن را فراهم خواهد ساخت.

مواد و روش‌ها

مشخصات جغرافیایی، خصوصیات اکولوژیکی و اقلیمی منطقه مورد مطالعه

منطقه بیابانی عمرانی گناباد با مساحتی در حدود ۱۶۸۲ کیلومترمربع، در محدوده عرض جغرافیای $34^{\circ}32'17''$ تا $36^{\circ}41'38''$ و طول جغرافیایی $58^{\circ}59'43''$ تا $59^{\circ}09'28''$ قرار گرفته است. این منطقه در جنوب غربی استان خراسان رضوی واقع شده است. از نظر تقسیمات سیاسی جزء شهرستان گناباد می‌باشد. بارندگی متوسط سالانه منطقه (براساس آمار هواشناسی ۳۰ ساله منطقه) $156/7$ میلی‌متر و متوسط درجه حرارت $16/89$ درجه و میانگین حداکثر و حداقل حرارت سالیانه به ترتیب $23/2$ و $9/4$ درجه سانتی‌گراد است. منطقه مورد مطالعه به دلیل قرار گرفتن در حاشیه پلایای بجزستان،

(سطحی و زیرزمینی)، کاهش پوشش گیاهی و دیگر منابع اکولوژیکی همراه بوده است [۱ و ۲۱].

برای شناخت و ارزیابی بهتر عوامل مؤثر در بیابان‌زایی، نیاز به مدلی است که اساساً با توجه به شرایط طبیعی و انسانی طراحی شده باشد. امروزه، برای ارزیابی شدت بیابان‌زایی، مدل‌های زیادی در جهان طراحی شده است. بطوریکه برخی از این مدل‌ها، امکان اندازه‌گیری تیپ (طبیعی/ انسانی) و شدت خطر بیابان‌زایی را با استفاده از شاخص‌های کلیدی و مؤثر فراهم می‌سازند [۲ و ۲۰]. مطالعات نشان داده است که ارزیابی شدت خطر نتیجه انتخاب مناسب یک منطق و روش محاسباتی (الگوریتم^۱/خوارزمیک) خواهد بود [۴]. در این راستا مدل جهانی مناطق حساس به بیابان‌زایی در مدیترانه^۲ و مدل ایرانی ارزیابی پتانسیل بیابان‌زایی^۳ از الگوریتم میانگین هندسی، برای محاسبه ارزش عددی شدت خطر استفاده می‌کنند. به کارگیری این الگوریتم، امکان افزایش دقت نقشه‌های تولیدی را به همراه دارد [۲۵]. پروژه مدالوس^۴ که در سال ۱۹۹۰ با حمایت کمیته‌ی اروپایی ارزیابی بیابان‌زایی و محیط‌زیست شروع گردید پس از طی ۹ سال و در مرحله‌ی سوم آن، مدلی اصلاح‌شده جهت برآورد شدت بیابان‌زایی و تخریب اراضی در مناطق مدیترانه ارائه نمود که به مدل "مدالوس اصلاح‌شده" شهرت دارد. با استفاده از این مدل اصلاح‌شده، مطالعات زیادی در اقلیم‌های مختلف صورت گرفته است، که می‌توان به مطالعات [۸، ۱۵ و ۱۶] در جهان و مطالعات [۷، ۱۴ و ۲۳] در ایران اشاره نمود. در ارتباط با مدل ایرانی ارزیابی پتانسیل بیابان‌زایی نیز مطالعات زیادی صورت گرفته که می‌توان به برخی از نمونه‌ها از جمله [۳، ۶، ۱۹ و ۲۱] اشاره کرد.

یکی از راهکارهای مؤثر برای مقابله و کاهش اثرات خطر بیابان‌زایی، مدیریت مبتنی بر ریسک است [۱۷]. ریسک به‌عنوان ابزاری استراتژیک، در برنامه‌ریزی و مدیریت کاهش خطر کاربرد دارد [۵]. در ارتباط با ارزیابی ریسک مطالعاتی مانند [۳، ۱۰، ۱۱، ۱۶ و ۲۴] انجام شده است. نقشه‌های شدت خطر بیابان‌زایی با استفاده از

4- Mediterranean Desertification & Land Use, MEDALUS

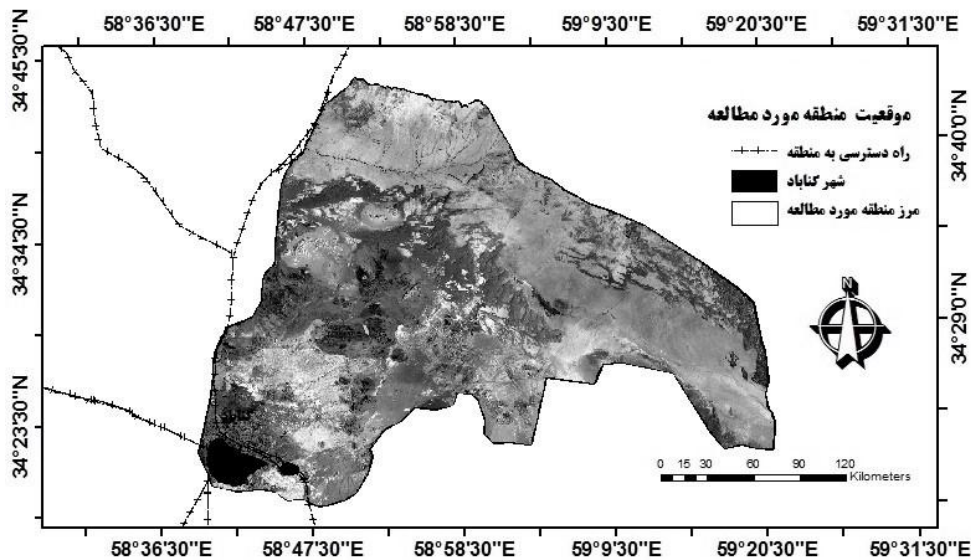
1 - Algorithm

2 - Environmental Sensitive Areas to Desertification

3-Iranian Model for Desertification Potential Assessment

شده است. علاوه بر آن فعالیت‌های کشاورزی و بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب منطقه مورد مطالعه را با خطر بیابان‌زایی و تخریب مواجه ساخته است که این امر در آینده‌ای نزدیک زمینه‌ساز بروز یک بحران وسیع منطقه‌ای خواهد شد [۲۲]. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد.

به شدت متأثر از طوفان‌های ماسه، خشک‌سالی‌های مکرر و تغییرات اقلیمی است که در سالیان اخیر باعث کاهش ظرفیت مراتع، کاهش منابع آب شرب دام‌ها و افت سطح آب‌های زیرزمینی، چشمه‌ها، قنوت چاه‌های عمیق و نیمه عمیق، ایجاد طوفان‌های گردوغبار، ایجاد سیلاب‌های مخرب و سایر خسارت‌های ناشی از تغییر اقلیم در منطقه

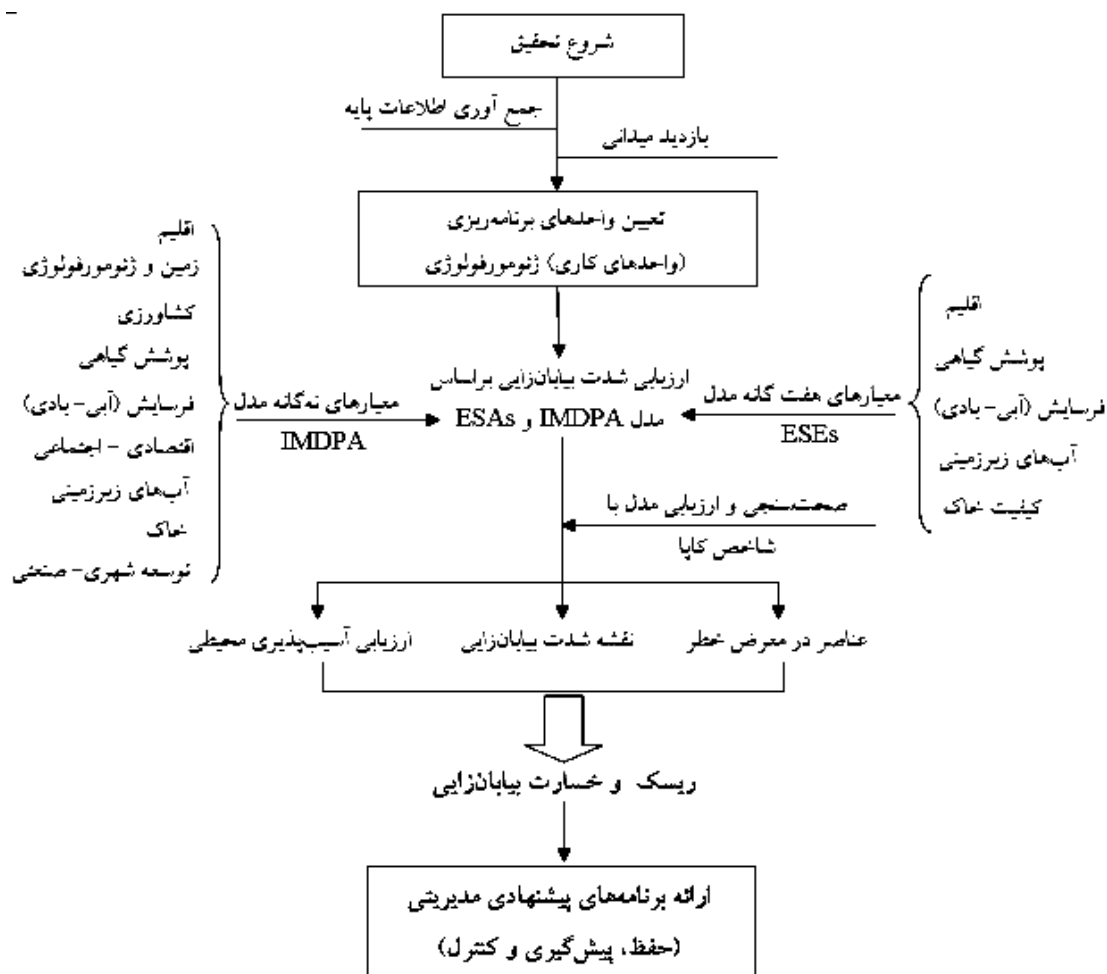


شکل ۱- موقعیت منطقه عمرانی گناباد در جنوب غربی استان خراسان رضوی

روش انجام تحقیق

واحدهای کاری و برنامه‌ریزی که همان واحدهای ژئومورفولوژی است، شدت خطر بیابان‌زایی با استفاده از دو روش IMDPA و ESAs بدست آمد.

با توجه به هدف تحقیق، مراحل انجام کار، طبق نمودار جریان‌ی زیر (شکل ۲) ارائه شده است. همانطور که در شکل ۲ نیز نشان داده شده است این تحقیق در چند گام انجام گردید که در ابتدا، پس از جمع‌آوری اطلاعات پایه و تهیه



شکل ۲- نمودار جریان‌ی مراحل انجام تحقیق

مدل ایرانی ارزیابی پتانسیل بیابان‌زایی

کلاس‌های شدت بیابان‌زایی طبق مدل IMDPA بدست آمد [۴، ۱۲ و ۲۶]. جدول ۱ طبقه‌بندی کلاس‌های بیابان‌زایی بر اساس مدل IMDPA را نشان می‌دهد.

(۱)

$$DM = (QC \cdot QV \cdot QS \cdot QG \cdot QA \cdot QE \cdot QW \cdot Q(S-E) \cdot QT)^{1.9}$$

QC: معیار کیفیت اقلیم

QV: معیار کیفیت پوشش

QS: معیار کیفیت خاک

QG: معیار کیفیت زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی

QA: معیار کیفیت کشاورزی

QE: معیار کیفیت فرسایش

QW: معیار کیفیت آب

Q(S-E): معیار کیفیت مسائل اجتماعی-اقتصادی

QT: معیار کیفیت توسعه شهری و صنعتی (تکنولوژیکی)

DM: نقشه بیابان‌زایی

مدل ایرانی ارزیابی پتانسیل بیابان‌زایی با قابلیت اجرا در اقلیم‌های مختلف تدوین و ارائه شده است. در مدل IMDPA نه معیار و ۳۵ شاخص بیابان‌زایی همراه با روش‌شناسی ارزیابی کمی و کیفی آن‌ها مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. در این مدل هر معیار دربرگیرنده چند شاخص است و شاخص‌ها در هر واحد کاری بر اساس میزان تأثیر در بیابان‌زایی، وزنی بین ۱ تا ۴، دریافت خواهند کرد [۲۶]. پس از شناسایی معیارهای نه گانه مؤثر در ارزیابی شدت خطر بیابان‌زایی که شامل اقلیم، زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی، خاک، پوشش گیاهی، کشاورزی، آب، فرسایش، اجتماعی-اقتصادی، تکنولوژی و توسعه شهری است، شدت خطر بیابان‌زایی محاسبه شد. جهت انجام این کار از الگوریتم میانگین هندسی معیارها و بر اساس رابطه ۱ استفاده گردید و با توجه به دامنه اعداد به‌دست‌آمده (جدول ۱)،

هدف تحقیق به‌عنوان معیارهای کلیدی و تأثیرگذار برای رسیدن به نقشه مناطق حساس به بیابان‌زایی تعریف شد. این هفت معیار عبارت‌اند از: معیار آب زیرزمینی، پوشش گیاهی، کیفیت خاک، اقلیم، فرسایش آبی و بادی و مدیریت اراضی، که هر معیار نیز چندین شاخص و زیر شاخص دارد. به هر شاخص بر اساس تأثیر آن در بیابان‌زایی، وزنی بین ۱ تا ۲ داده شد. به‌طوری‌که ارزش ۱ بهترین و ارزش ۲ بدترین وزن بوده است. در این مدل هر معیار از میانگین هندسی شاخص‌های خود طبق معادله زیر به دست می‌آید [۷].

$$DM^1 = (GWI^2 \times MQI^3 \times SQI^4 \times VQI^5 \times CQI^6 \times WiEI^7 \times WaEI^8)^{1.7} \quad (2)$$

DM: نقشه بیابان‌زایی

SQI: شاخص کیفیت خاک

GWI: شاخص آب زیرزمینی

WiEI: شاخص فرسایش بادی

CQI: شاخص کیفیت اقلیم

VQI: شاخص کیفیت پوشش

MQI: شاخص کیفیت مدیریت

WaEI: شاخص فرسایش آبی

جدول ۱- طبقه‌بندی کلاس‌های بیابان‌زایی مدل IMDPA [۲۶، ۳]

کلاس	دامنه اعداد	علامت
کم و ناچیز	۰ - ۱/۵	I
متوسط	۱/۶ - ۲/۵	II
شدید	۲/۶ - ۳/۵	III
خیلی شدید	۳/۶ - ۴	IV

مدل جهانی ارزیابی مناطق حساس به بیابان‌زایی در مدیترانه

در این مدل چهار شاخص کیفیت خاک، اقلیم، پوشش گیاهی و مدیریت، به‌عنوان شاخص‌های کلیدی تخریب اراضی بوده و نقشه تخریب اراضی از میانگین هندسی شاخص‌های مذکور به دست خواهد آمد. در این روش به‌جای میانگین حسابی از میانگین هندسی داده‌ها استفاده می‌شود.

در این تحقیق سعی شد ابتدا بر اساس بازدیدهای میدانی حداکثر عوامل اصلی مؤثر و ممکن بر فرایند بیابان‌زایی شناسایی شود. در ادامه سه معیار آب زیرزمینی، فرسایش آبی و فرسایش بادی به این چهار معیار اضافه گردید تا با مناطق آب و هوایی ایران تطابق بهتری داشته باشد [۲۶]. لذا هفت معیار با توجه به شرایط منطقه‌ای و

جدول ۲- انواع حساسیت محیطی به بیابان‌زایی و دامنه‌های تعیین‌شده ESAs [۲۵ و ۲۶].

کلاس	علامت	دامنه شاخص
بحرانی (ج)	1C	> ۱/۵۳
بحرانی (ب)	2C	۱/۴۲ - ۱/۵۳
بحرانی (الف)	3C	۱/۳۸ - ۱/۴۱
شکننده (ج)	1F	۱/۳۳ - ۱/۳۷
شکننده (ب)	2F	۱/۲۷ - ۱/۳۲
شکننده (الف)	3F	۱/۲۳ - ۱/۲۶
پتانسیل	P	۱/۱۷ - ۱/۲۲
بی‌اثر	N	< ۱/۱۷

بررسی کارایی مدل‌های ارزیابی خطر بیابان‌زایی

نقشه‌های شدت خطر بیابان‌زایی به‌دست‌آمده از دو مدل، با توجه به بازدیدهای میدانی، مشاوره کارشناسان باتجربه بومی و با استفاده ۳۵ نقطه پیمایش زمینی،

به‌وسیله شاخص کاپا با حقایق زمینی [۲۶] مطابقت داده شد و مدل برتر بر اساس میزان انطباق بین نقشه‌های شدت خطر بیابان‌زایی تهیه‌شده با حقایق زمینی انتخاب

5- Vegetation Quality Index

6- Climate Quality Index

7- Wind Erosion Index

8- Water Erosion Index

1- Desertification Mapping

2- Ground Water Index

3- Management Quality Index

4- Soil Quality Index

یا هر طبقه از نقشه شدت خطر است. برای مثال اگر در یک واحد کاری ۶ نوع عنصر زیستی و طبیعی مانند مراکز جمعیتی، آبراهه‌ها، راه، معدن، اراضی مرتعی و کشاورزی در معرض خطر وجود داشته باشند، طبق جدول ۳ در طبقه ۷ یعنی زیاد طبقه‌بندی می‌گردد.

جدول ۳- طبقه بندی عناصر در معرض خطر [۳ و ۱۱]

ردیف	طبقه عناصر	طبقات کیفی	تعداد عناصر در واحدهای کاری
۱	I	خیلی کم	≤۲
۲	II	کم	۳
۳	III	متوسط	۴
۴	IV	زیاد	۵
۵	V	خیلی زیاد	≥۶

برای محاسبه ارزش کمی آسیب‌پذیری محیطی، نقشه شدت خطر و شرایط هر یک از عناصر، از لحاظ اقتصادی و اکولوژیک مد نظر قرار گرفت. عناصری که در طبقه خطر بالاتری قرار دارند از آسیب‌پذیری بیشتری نیز برخوردارند. جدول ۴ ارزش کیفی صفات هر یک از عناصر در معرض خطر را نشان می‌دهد. این ارزش‌گذاری، براساس نظرات کارشناسان ادارات اجرایی مرتبط و با توجه به شرایط منطقه‌ای، صورت گرفته است که می‌تواند در مناطق مختلف، ارزش‌هایی متفاوت نیز داشته باشند.

جدول ۴- ارزش صفات عناصر در معرض خطر، اقتباس از [۳ و ۱۱]

عناصر	عامل
مرتع	با بالا رفتن ارزش گیاهان مرتعی شدت خطر با ضریب ۲ افزایش پیدا می‌کند
ارضی درخت کاری شده	با بالا رفتن ارزش پوشش گیاهی (درختی) شدت خطر با ضریب ۲ افزایش پیدا می‌کند
زراعت	هرچه گیاه آسیب‌پذیرتر و شدت خطر افزایش پیدا کند با ضریب ۳ افزایش پیدا می‌کند
چشمه، چاه، قنات	با افزایش طبقه خطر با ضریب ۲ افزایش پیدا می‌کند
اماکن مسکونی	با افزایش طبقه خطر با ضریب ۳ افزایش پیدا می‌کند
تأسیسات	با افزایش طبقه خطر با ضریب ۲ افزایش پیدا می‌کند
جاده	جاده‌های درجه ۱ در اولویت بالاتری نسبت به جاده‌های درجه ۲ و ۳ قرار دادند و با افزایش طبقه خطر با ضریب ۲ افزایش پیدا می‌کند

جدول ۵- استاندارد طبقه ریسک و عدد ریسک [۴ و ۱۱]

طبقه ریسک	طبقات کیفی	عدد ریسک
I	کم	۰-۱۰
II	متوسط	۱۰-۲۵
III	زیاد	۲۵-۴۰
IV	خیلی زیاد	>۴۰

گردید. مقدار آماره کاپا به دست آمده در گستره بین ۰-۱ متغیر است. بطوریکه هرچه این عدد به یک نزدیک‌تر باشد، نقشه حاصل از صحت بالاتری برخوردار است.

ارزیابی ریسک خطر بیابان‌زایی

پس از انتخاب مدل برتر، با توجه به (رابطه ۳) ارزیابی ریسک انجام شد [۴، ۵ و ۱۱]:

$$\text{Risk} = H * E * V \quad (3)$$

در رابطه فوق، H^1 ، بیانگر شدت و تداوم خطر است که بر اساس مدل‌های ارزیابی خطر بیابان‌زایی به دست می‌آید. E^2 ، بیانگر عناصر در معرض خطر بوده و شامل تمامی عناصر زیستی (جمعیتی، مراکز مسکونی، اراضی جنگلی و مرتعی، اراضی کشاورزی، زیرساخت‌های فیزیکی، اجتماعی و رفاهی، معادن و منابع آبی) است. V^3 ، درجه آسیب‌پذیری بوده و تابعی از درجه پایداری (بردباری) و ناپایداری (حساسیت) محیطی است.

جهت ارزیابی ریسک، پس از آنکه شدت خطر بیابان‌زایی براساس دو مدل اشاره شده بدست آمد و مدل برتر تعیین و انتخاب گردید، عناصر طبیعی و انسانی در معرض خطر طبق جدول ۳ طبقه‌بندی شد. معیار طبقه‌بندی در جدول ۳ تعداد عناصر زیستی در هر واحد و

در نهایت، از حاصلضرب نقشه طبقات خطر بیابان‌زایی (H) در نقشه عناصر در معرض خطر (E) و درجه آسیب‌پذیری عناصر (V) در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی نقشه ریسک (R) محاسبه شد (جدول ۵).

برآورد خسارت پتانسیل بیابان‌زایی

هزینه تحمیل‌شده و برآورد خسارت پتانسیل به هر یک از عناصر زیستی براساس تعرفه‌های سال ۱۳۹۵ محاسبه شد و بر اساس کلاس‌های شدت خطر، خسارت

ریالی در هر هکتار برای هر کلاس خطر به دست آمد و سپس برنامه‌ها و راهکارهای مدیریتی بیابان‌زایی در منطقه با توجه به ارزش ریسک عرصه‌های طبیعی، جهت توسعه پایدار و بهبود شرایط محیطی، ارائه و پیشنهاد گردید (جدول ۶).

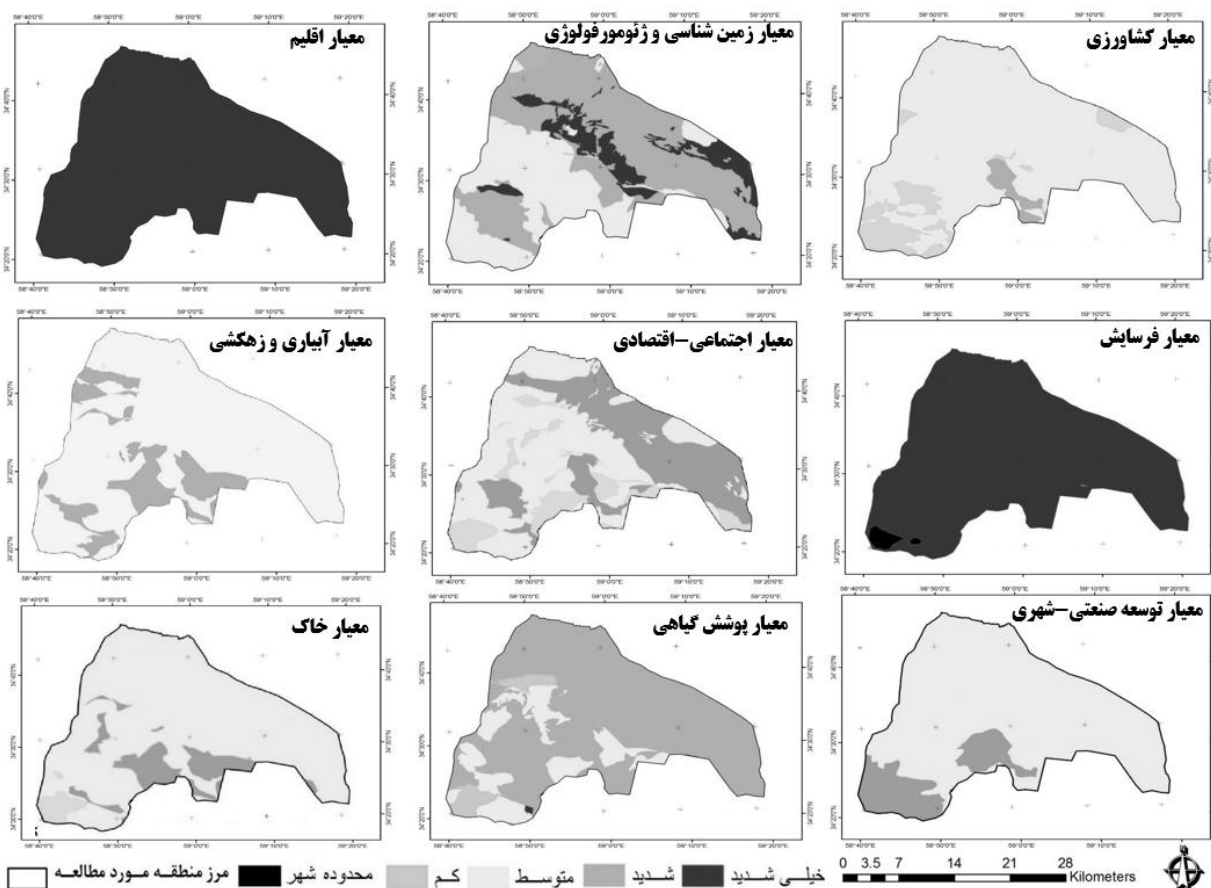
جدول ۶- جدول تعرفه‌های خسارت احتمالی ریالی بیابان‌زایی (براساس تعرفه‌های سال ۱۳۹۵) [۴ و ۲۴]

ردیف	عناصر در معرض خطر	نحوه برآورد خسارت	واحد	میزان خسارت در واحد به ریال
۱	مرتع	هزینه بوته کاری و ضرر تولید سالیانه مرتع	هکتار	۱۵۰۰۰۰
۲	جنگل	هزینه جنگل کاری + یک سال مراقبت و آبیاری	هکتار	۲۰۰۰۰۰
۳	اراضی زراعی	خسارت عدم کشت و خسارت به محصول	هکتار	۲۵۰۰۰۰
۴	منابع آب	هزینه بازسازی سراب	حلقه	۱۶۵۴۰۰۰
۵	مناطق مسکونی	متوسط هزینه ماسه رویی و خسارت تخریب بنا	واحد	۲۵۰۰۰۰۰
۶	جاده	متوسط هزینه ماسه رویی، نصب علائم و تسطیح جاده	کیلومتر	۷۸۰۰۰۰
۷	تأسیسات	متوسط هزینه ماسه رویی و خسارت تخریب بنا	واحد	۶۰۰۰۰۰

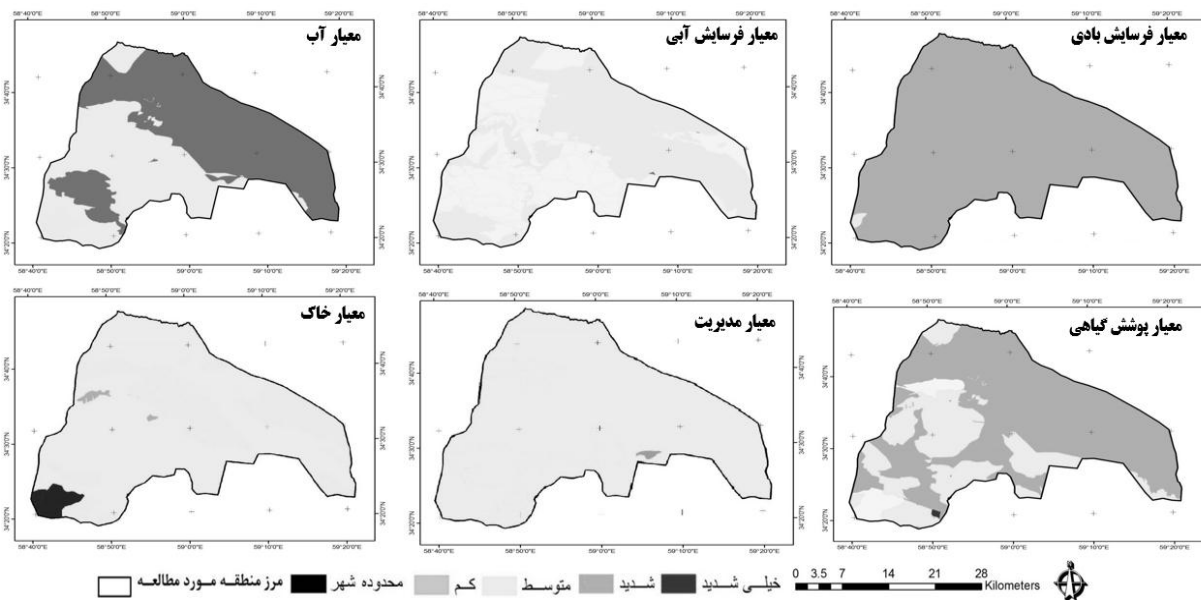
نتایج

نقشه نهایی بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه با استفاده از میانگین هندسی ۹ معیار مدل IMDPA، با دو کلاس خطر بیابان‌زایی متوسط و شدید در واحدهای کاری به دست آمد. توزیع فراوانی طبقات بیابان‌زایی بیانگر آن است که خطر بیابان‌زایی متوسط و شدید به ترتیب هرکدام ۴۵/۳ و ۵۴/۷ درصد از سطح منطقه مطالعاتی را پوشش می‌دهند (جدول ۴). مناطق دارای خطر شدید اکثراً در بخش‌های شرقی منطقه و جاهایی که پوشش گیاهی حداقل است و مناطق دارای تپه‌های ماری و فرسایش بالا است، دیده می‌شود. همچنین مقایسه نسبت وزنی معیارهای نه گانه مبین آن است که عامل اقلیم بیشترین وزن و عامل توسعه صنعتی و شهری یا تکنولوژیک کمترین سهم را در شدت بیابان‌زایی منطقه داشته‌اند (شکل ۳).

طبق روش ESAs بخش زیادی از منطقه در وضعیت بحرانی از لحاظ بیابان‌زایی قرار دارد (شکل ۴). توزیع فراوانی طبقات خطر بیابان‌زایی در این روش نشان داد که در حدود ۸۰ درصد منطقه مطالعاتی در محدوده بحرانی از نوع دوم قرار دارد که مناطق بحرانی نوع یک بیشتر در بخش‌های شرقی و منطبق با سطوح پف‌کرده نمکی و دشت‌های ماری است (جدول ۷). مقایسه نسبت سهم میانگین‌های وزنی عوامل مؤثر در مدل نیز نشان داد که عامل اقلیم بیشترین سهم را در بین عوامل هفت‌گانه داشته و عامل خاک کمترین سهم را ایفا نموده است (شکل ۴). از میانگین هندسی هفت معیار مؤثر، نقشه خطر بیابان‌زایی بر اساس مدل ESAs به دست آمد.



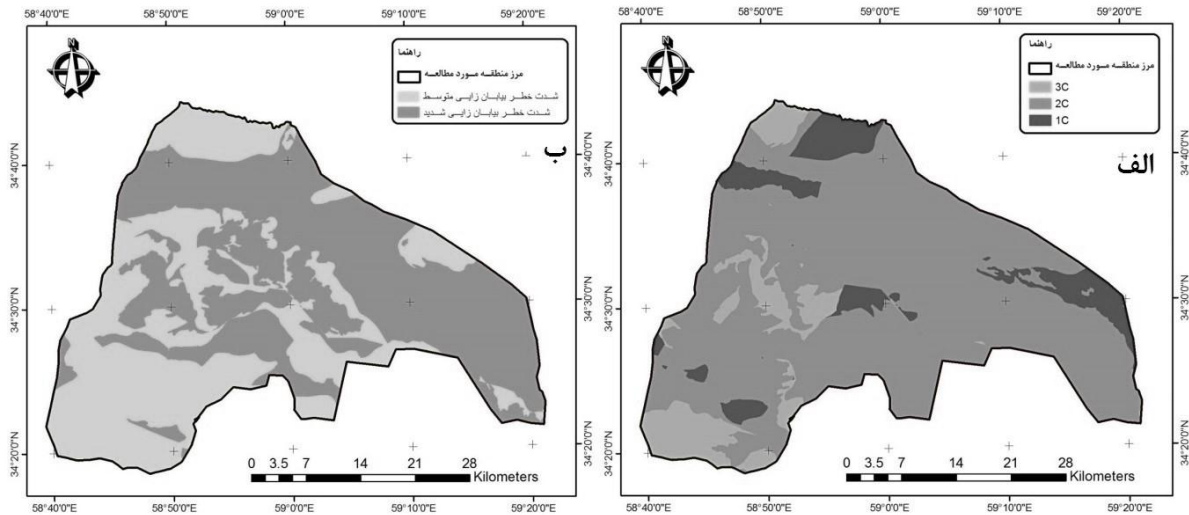
شکل ۳- نقشه‌های شدت بیابان‌زایی معیارهای نه‌گانه مدل IMDPA در منطقه عمرانی گناباد، جنوب غرب استان خراسان رضوی



شکل ۴- نقشه‌های شدت بیابان‌زایی معیارهای مدل ESAs در منطقه عمرانی گناباد، جنوب غرب استان خراسان رضوی

ESAs نشان داد معیار اقلیم در دو مدل بیشترین وزن را دارا می‌باشد و پوشش گیاهی و فرسایش بادی به ترتیب در دو مدل بیشترین تأثیر را داشته‌اند (جدول ۷ و شکل‌های ۶ و ۷).

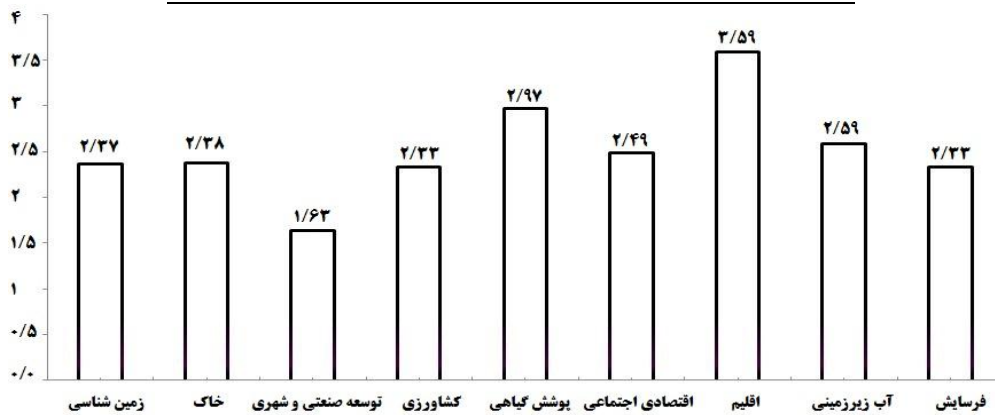
همچنین تمام منطقه مورد مطالعه از نظر معیار اقلیم در کلاس خیلی شدید قرار گرفت. در نهایت نقشه خطر بیابان‌زایی با استفاده از دو مدل IMDPA و ESAs در منطقه خشک جنوب خراسان رضوی به دست آمد (شکل ۵). همچنین میانگین وزنی معیارهای مدل IMDPA و



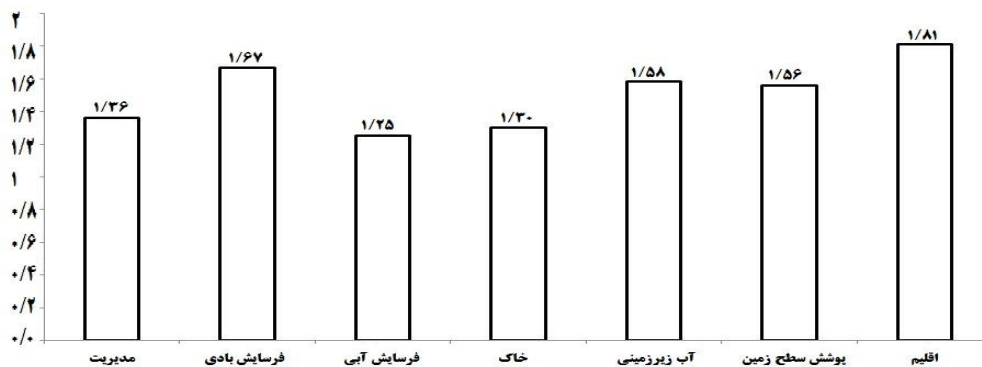
شکل ۵- نقشه خطر بیابان‌زایی بر اساس (الف) مدل ESAs و (ب) مدل IMDPA

جدول ۷- توزیع فراوانی طبقات خطر بیابان‌زایی در مدل ESAs و IMDPA

مدل	طبقات	مساحت (هکتار)	درصد فراوانی نسبی
IMDPA	متوسط	۷۶۲۷۳	۴۵/۳
	شدید	۹۲۰۰۹	۵۴/۷
ESAs	بحرانی نوع یک	۱۸۵۶۳	۱۱/۰
	بحرانی نوع دو	۱۳۲۶۹۰	۷۸/۹
	بحرانی نوع سه	۱۷۰۲۹	۱۰/۱



شکل ۶- میانگین وزنی معیارهای مدل IMDPA



شکل ۷- میانگین وزنی معیارهای مدل ESAs

نتایج ارزیابی کارایی مدل‌های ارزیابی خطر بیابان‌زایی

نقشه‌های شدت بیابان‌زایی در هر دو مدل (شکل‌های الف و ب شکل ۵) با استفاده از آزمون کاپا مورد ارزیابی و واسنجی قرار گرفتند. بدین منظور پس از طبقه‌بندی، بررسی درستی طبقه‌بندی نیز با استفاده از ۳۵ نقطه کنترل زمینی انجام شد. در این روش برای بررسی درستی طبقه‌بندی، تصویر طبقه‌بندی شده با استفاده از یک تصویر حاوی نقاط کنترل زمینی مقایسه شد. نتایج به دست آمده از آزمون صحت سنجی مدل‌های ارزیابی به کاررفته در این مطالعه نشان داد که هر دو مدل دارای دقت بالایی در شناسایی مناطق خطر بیابان‌زایی دارند و با توجه به اینکه مدل ESAs با ضریب کاپای بالاتر، از دقت بیشتری نسبت به مدل IMDPA برخوردار بوده است، این مدل به عنوان مدل برتر در ادامه محاسبات استفاده گردید. (جدول ۸).

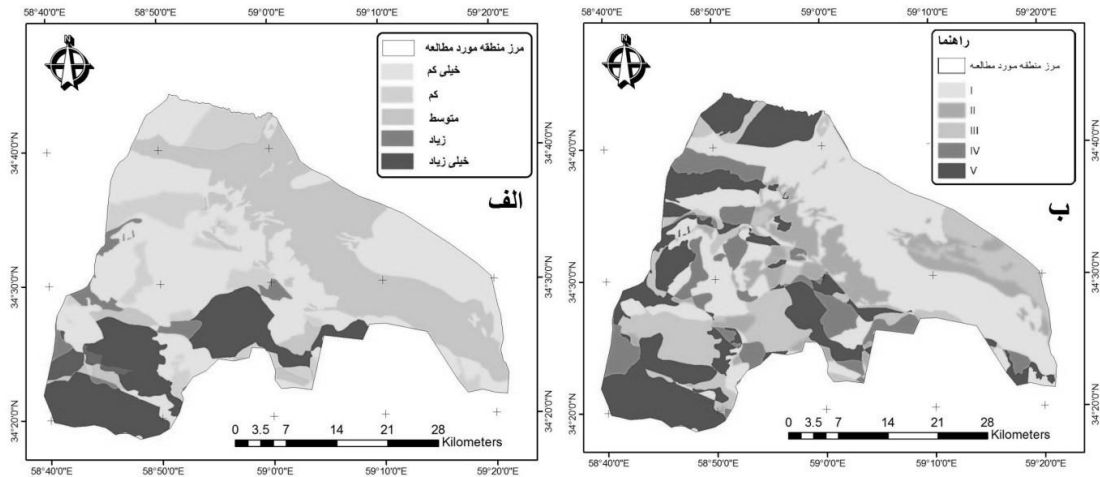
جدول ۸- نتایج حاصل از بررسی صحت مدل‌های بیابان‌زایی

نقشه‌های شدت خطر بیابان‌زایی طبق مدل	صحت کلی	شاخص کاپا
IMDPA	۰/۸۵۱	۰/۸۳۶
ESAs	۰/۹۰۸	۰/۸۹۷

ارزیابی ریسک خطر بیابان‌زایی با استفاده از نقشه شدت بیابان‌زایی حاصل از مدل ESAs، عناصر در معرض خطر و آسیب‌پذیری محیطی به دست آمد (براساس جداول ۳، ۴ و ۵). با توجه به قرار گرفتن هر عنصر در کلاس خطر و درجه حساسیت آن، عدد آسیب‌پذیری آن عنصر محاسبه گردید. بدین منظور انواع کاربری اراضی اعم از مراتع، جنگل‌ها و اراضی کشاورزی و نیز نقشه پراکندگی نقشه چاه‌ها، چشمه‌ها، مناطق مسکونی و روستاها، تأسیسات صنعتی و جاده‌های مواصلائی، به عنوان عناصر در معرض خطر شناخته منطقه قلمداد می‌گردند. پس از تعیین کلاس آسیب‌پذیری واحدها و ضریب حساسیت آن

در برابر بیابان‌زایی، نقشه کلاس آسیب‌پذیری عناصر در معرض خطر منطقه به دست آمد (شکل ۸- الف). توزیع فراوانی طبقات آسیب‌پذیری عناصر در معرض خطر نشان داد که عمده مساحت منطقه مورد مطالعه در کلاس‌های ۱ و ۵ قرار دارند که طبقه ۱ با کمترین آسیب‌پذیری منطبق بر کاربری‌های جنگلی و مرتعی و طبقه ۵ با بیشترین آسیب‌پذیری با کاربری‌های زراعی و مسکونی انطباق دارد (جدول ۹) و درصد مساحت آن‌ها به ترتیب خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد به دست آمد (شکل ۸- ب). نتایج حاصل از ارزیابی ریسک بیابان‌زایی نشان داد که ریسک بیابان‌زایی تابعی از شدت خطر، عناصر در معرض خطر و آسیب‌پذیری است. خطر ریسک بیابان‌زایی در بخش‌های جنوبی و غربی منطقه مورد مطالعه زیاد می‌باشد که مهم‌ترین دلایل آن وجود حجم بالای عناصر در معرض خطر و آسیب‌پذیری شدید این عوامل با توجه به شدت خطر بیابان‌زایی می‌باشد که با نتایج [۴ و ۲۴] همخوانی دارد.

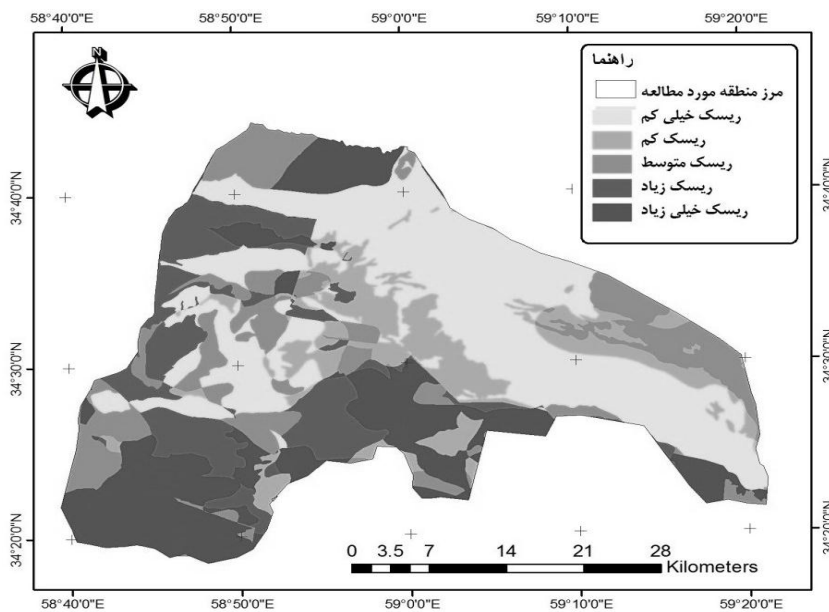
با استفاده از رابطه ۳ ریسک بیابان‌زایی، عدد ریسک محاسبه که در پنج کلاس خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد طبقه‌بندی شد (شکل ۹). توزیع فراوانی طبقات ریسک بیابان‌زایی مؤید آن است که گستره وسیعی از اراضی منطقه با پوشش‌های جنگلی و مرتعی، کمترین ریسک بیابان‌زایی را داشته و بالعکس اراضی تحت کشاورزی و محدوده‌های با تراکم جمعیتی و بافت مسکونی و نواحی صنعتی و حوزه نفوذ منابع آب (چاه و قنات) دارای بیشترین ریسک بیابان‌زایی می‌باشند و بیش از ۵۰ درصد منطقه مورد مطالعه دارای ریسک متوسط تا خیلی زیاد بوده است و بالطبع خسارت وارده بر این نواحی چشم‌گیر و قابل توجه خواهد بود (جدول ۱۰).



شکل ۸- نقشه کلاس عنصر در معرض خطر (الف) و آسیب‌پذیری عنصر در معرض خطر بیابان‌زایی (ب)

جدول ۹- توزیع فراوانی طبقات آسیب‌پذیری عنصر در معرض خطر در مدل ESAs

ردیف	طبقات	مساحت (هکتار)	درصد فراوانی نسبی
۱	I	۶۴۴۴۶	۳۸/۳۲
۲	II	۲۰۲۷۸	۱۲/۰۶
۳	III	۲۷۵۵۸	۱۶/۳۸
۴	IV	۱۶۹۰۳	۱۰/۰۵
۵	V	۳۹۰۹۶	۲۳/۲۴
	مجموع	۱۶۸۲۱۷	۱۰۰



شکل ۹- نقشه ریسک بیابان‌زایی منطقه عمرانی گناباد براساس مدل ESAs

جدول ۱۰- توزیع فراوانی طبقات ریسک در مدل ESAs

ردیف	طبقات	مساحت (هکتار)	درصد فراوانی نسبی
۱	خیلی کم	۶۰۰۹۸	۳۵/۷۳
۲	کم	۲۱۵۳۶	۱۲/۸۰
۳	متوسط	۲۸۲۵۹	۱۶/۸۰
۴	شدید	۲۲۹۱۹	۱۳/۶۳
۵	بسیار شدید	۳۵۴۶۹	۲۱/۰۹
	مجموع	۱۶۸۲۱۷	۱۰۰

برآورد خسارت ریالی بیابان‌زایی

با توجه به گسترش بیابان‌زایی در منطقه بیشترین تأثیر و هزینه‌بر روی مناطق روستایی و اراضی زراعی بوده است که علاوه بر زیان‌های اقتصادی باعث مهاجرت خانواده‌های روستایی به شهرها می‌گردد (جدول ۱۱).

جدول ۱۱- خسارت ریالی عناصر در معرض خطر برای هر کلاس بیابان‌زایی منطقه عمرانی گناباد

ردیف	کلاس خطر	مساحت و مقدار عناصر		
		بحرانی درجه ۱	بحرانی درجه ۲	بحرانی درجه ۳
۱	اراضی زراعی (کیلومتر مربع)	۱۵	۱۲۳	۳۹
۲	مرتع (کیلومتر مربع)	۳	۳۴۶	۹۲
۳	جنگل دست کاشت (کیلومتر مربع)	۰	۲۴	۲۱
۴	اراضی شهری (کیلومتر مربع)	۰	۱	۱۳
۵	جاده (کیلومتر)	۱۵	۵۳	۵
۶	قنات (حلقه)	۲	۱۴	۱۷
۷	کلاته	۱	۳	۱۱
۸	چاه (حلقه)	۱۳	۱۵۲	۱۲۱
۹	روستا (تعداد)	۱۳	۱۱۳	۳۱
خسارت (هزار میلیون ریال)		۵۳۶	۵۲۸۷	۱۶۷۱
خسارت کل (هزار میلیون ریال)			۷۵۹۵	

برنامه‌های مدیریتی خطر بیابان‌زایی

واحدهای کاری جهت انجام برنامه‌های مدیریتی خطر بیابان‌زایی، با استفاده از کلاس ریسک، شرایط منطقه و شاخص‌های مهم بیابان‌زایی، اولویت‌بندی گردیدند. برنامه‌های مدیریتی بیابان‌زایی در جهت توسعه پایدار و

بهبود شرایط محیطی در قالب ۵ اولویت، بر اساس منابع موجود و نوع واحدهای کاری ارائه و تهیه گردید (جدول ۱۲).

جدول ۱۲- تعیین اولویت برنامه‌های پیشنهادی مدیریتی براساس نقشه ریسک بیابان‌زایی

کلاس ریسک	برنامه‌های پیشنهادی مدیریتی
I	حفاظت و جلوگیری از تخریب پوشش گیاهی و حفاظت اراضی بدون دخالت و ورود انسان به این اراضی، درواقع حفاظت به صورت قرق انجام‌شدنی است و طبیعت همان‌طور که هست بایستی حفظ و نگهداری شود. جلوگیری از تغییر کاربری اراضی، تخریب پوشش گیاهی و کنترل چرا، کنترل جریان رودخانه‌ها (در شرق و شمال منطقه مورد مطالعه)
II	راهکارهای زراعی و اصلاح روش‌های ناصحیح کشاورزی و آبیاری (در غرب و مرکز منطقه مورد مطالعه) انجام برنامه‌های هشدار و جلوگیری از تخریب اراضی است (در شرق منطقه مورد مطالعه)
III	اصلاح روش‌های ناصحیح کشاورزی، کمربند سبز اطراف مزارع (قسمت‌های مرکزی و غربی منطقه مورد مطالعه) غنی‌سازی مراتع، افزایش پوشش گیاهی، کشت گیاهان مقاوم، نهال کاری تاغ
IV	کپه کاری، کمربند سبز اطراف مزارع، عملیات پرورشی تاغ زارها (قسمت‌های مرکزی و جنوب غربی منطقه مورد مطالعه)
V	نمک‌زدایی، افزایش پوشش گیاهی، غنی‌سازی مراتع، خاک‌ورزی در مناطق با بافت سنگین، احداث بند انحرافی، پخش سیلاب، حوضچه آبگیر، عملیات پرورشی تاغ زارها (قسمت‌های جنوب و جنوب غربی منطقه مورد مطالعه) پیتینگ همراه با بذریاشی، فاروئینگ به همراه بذریاشی و مالچ پاشی (جنوب غربی منطقه مورد مطالعه)

بحث و نتیجه‌گیری

پس از ارزش‌دهی به شاخص‌های بیابان‌زایی و تهیه نقشه شدت بیابان‌زایی در مدل IMDPA، منطقه مورد مطالعه به دو کلاس متوسط و شدید از جهت شدت بیابان‌زایی تقسیم‌بندی شد که بیشترین سطح منطقه را کلاس بیابان‌زایی شدید با ۵۴/۷ درصد به خود اختصاص داد. این نتیجه با نتایج مطالعات [۳، ۱۹ و ۱۱] مبنی بر

۳۸/۳۲، ۱۲/۰۶، ۱۶/۳۸، ۱۰/۰۵ و ۲۳/۲۴ درصد منطقه را پوشش می‌دادند. همچنین کلاس‌های ریسک در منطقه مورد مطالعه نیز به همان پنج کلاس تقسیم شدند که به ترتیب ۳۵/۷۳، ۱۲/۸۰، ۱۶/۸۰، ۱۳/۶۳ و ۲۱/۰۹ درصد از سطح منطقه را می‌پوشاندند مطالعات [۲، ۳، ۱۱ و ۲۴] نیز در مناطق مختلف از جمله غرب استان گلستان، جنوب غرب استان خراسان رضوی و دشت سبزوار در غرب استان خراسان رضوی به نتایج مشابهی متناسب با منطقه مورد مطالعه‌اشان رسیده‌اند. در نهایت با توجه به اهمیت زیست‌بوم بیابانی منطقه و واقع بودن سکونت‌گاه‌های شهری (گناباد و بیدخت) و روستایی شهر گناباد و بیدخت و متأثر شدن اقتصاد و معاش ساکنین این منطقه از گسترش بیابان، و با توجه به اینکه برنامه‌های مدیریتی در منطقه به میزان زیادی صورت گرفته، لازم است اجرای برنامه‌های مدیریتی شامل احداث شبکه بادشکن، کمربند سبز اطراف مناطق مسکونی، غنی‌سازی مراتع، افزایش پوشش گیاهی، کشت گیاهان مقاوم نظیر تاغ، راهکارهای زراعی و اصلاح روش‌های ناصحیح کشاورزی مخصوصاً در زمینه آبیاری و مدیریت بهتر منابع آب زیرزمینی به منظور استفاده‌های کشاورزی، نمک‌زدایی، قرق حفاظتی و کپه کاری را به عنوان بهترین راهکارهای مدیریتی به منظور جلوگیری از شدت بیابان‌زایی با توجه به خطر بیابان‌زایی و شناخت منطقه در واحدهای کاری در اولویت قرار گیرد که تا حدودی شرایط نامناسب را بهبود بخشد.

با توجه به اینکه در این تحقیق به مسئله مهمی همچون برآورد و ارزیابی ریسک و خسارت بیابان‌زایی پرداخته و سعی شده است تا نتایج به دست آمده جنبه کاربردی نیز داشته باشد، بنابراین به عنوان نتیجه‌گیری می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- معیار اقلیم در دو مدل دارای بیشترین وزن و مؤثرترین عامل بیابان‌زایی در منطقه می‌باشد. این بدان معنی است که عوامل طبیعی مانند تغییر پارامترهای اقلیمی نقش مهمی در روند بیابان‌زایی منطقه داشته است.
- با توجه به اینکه بر اساس شاخص کاپا در دو مدل ارزیابی مناسبی از مناطق بیابانی داشتند، مدل ESAs به عنوان مدل برتر در منطقه انتخاب گردید، البته با توجه

غالب بودن کلاس شدید بیابان‌زایی در مدل IMDPA هم‌خوانی دارد. معیار اقلیم با میانگین وزنی ۳/۵۹ بیشترین وزن را در بین معیارهای نه گانه دارا می‌باشد که با نتایج مطالعه [۱۱] در منطقه قاسم آباد بجستان در استان خراسان رضوی که شدت بیابان‌زایی را محاسبه نموده بودند، مطابقت دارد. [۱]. همچنین نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که در بین شاخص‌های استفاده‌شده برای معیار اقلیم، شاخص خشکی دومرتن بیشترین نقش را در بین شاخص‌های دیگر معیار اقلیم ایفا می‌کند. در ارزیابی خطر بیابان‌زایی با استفاده از مدل ESAs همان‌گونه که در نتایج آمده است بیشترین سطح منطقه را کلاس بحرانی ۲ در بر گرفته است که با نتایج مطالعات [۱۴ و ۲۳] در استفاده از مدل ESAs برای ارزیابی شدت بیابان‌زایی منطقه دشت اردکان یزد هم‌خوانی دارد. قرار گرفتن این منطقه در شرایط بحرانی بیابانی شدید می‌تواند آثار زیانباری را در پی داشته باشد. با توجه به اینکه شهرهای گناباد و بیدخت در محدوده مورد مطالعه واقع شده‌اند، نیاز است. با اتخاذ شیوه‌های مدیریتی مناسب از پیشرفت منطقه به سمت بیابانی شدن درجه ۱ جلوگیری گردد. همچنین در بین معیارهای به کار رفته در این مدل نیز معیار اقلیم با میانگین وزنی ۱/۸۱ بیشترین وزن را به خود اختصاص داده است که با مطالعات [۷] در دشت سگری اصفهان درباره تأثیر زیاد معیار اقلیم هم‌خوانی دارد که بیانگر نامساعد بودن شرایط جوی در منطقه است، به عبارت دیگر معیار اقلیم به عنوان مؤثرترین عامل در روند بیابانی شدن منطقه سایر معیارهای مورد نظر را تحت الشعاع خود قرار داده و شاخص‌های اقلیمی به نوعی تعیین‌کننده درجه اهمیت و نقش سایر معیارها در گسترش یا کنترل فرآیند بیابان‌زایی است. نتایج حاصل از ارزیابی ریسک بیابان‌زایی نشان داد که ریسک بیابان‌زایی تابعی از شدت خطر، عناصر در معرض خطر و آسیب‌پذیری است. با توجه به اینکه نوع عناصر در معرض خطر در منطقه شناسایی شده بود، واحدها بر اساس انواع عناصر در معرض خطر موجود به پنج کلاس خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد تقسیم شدند و پس از تعیین عدد آسیب‌پذیری عناصر در معرض خطر، بر اساس ارزش عددی آن‌ها به پنج کلاس خیلی کم تا خیلی زیاد تقسیم شدند که به ترتیب

منطقه به آن مبتلا به بوده است، در کنار سایر عوامل محیطی و انسانی از دلایل مهم بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه بوده است.

تشکر و قدردانی

تحقیق حاضر، در گروه مدیریت مناطق بیابانی دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست دانشگاه فردوسی مشهد به انجام رسیده است. لذا از همکاری و مساعدت همکاران محترم آن گروه آموزشی و سایر عزیزان کمال سپاسگزاری و تشکر را دارم.

به ویژگی‌های مختلف مکانی و جامعه‌شناختی هر منطقه لازم است مدل‌های مختلفی در مناطق دیگر اجرا شود.

- با توجه به وضعیت منطقه و میزان خطر و ریسک بایستی با شیوه‌های مدیریتی مناسب و به موقع از پیشرفت مناطق دارای خطر کمتر به سمت بیابانی شدن بیشتر (رفتن به کلاس خطر بالاتر) جلوگیری گردد. لذا با پیشنهاد برخی از برنامه‌های اجرایی که متناسب با شرایط منطقه‌ای و بر اساس نظر کارشناسان ادارات اجرایی نیز بوده، سعی شده است بخشی از خسارات اقتصادی که به واسطه تغییر پارامترهای محیطی به وجود آمده و در آینده نیز بیشتر خواهد شد را تعدیل نماید. بطوریکه موضوعاتی همچون استمرار خشک‌سالی که در طی چندین سال گذشته

References

- [1]. Akbari, M., Karimzadeh, H., Modarres, R., Chakoshi, B. (2008). Evaluation and classification of desertification using GIS technology and geographic information system (Case study: Northern arid Area of Isfahan). *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 14 (2), 124-142. (In Farsi).
- [2]. Akbari, M. (2016). Proposing an early warning system for desertification hazard. (Case study: Semi desert region of the Gorgan Plain, Golestan Province, Iran). Ph.D. Thesis. Faculty of Range and Watershed management. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. (In Farsi).
- [3]. Akbari, M., Ownegh, M., Asgari, H.R., Sadoddin, A., Khosravi, H. (2016). Desertification risk assessment and management program. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 2(4), 365-380. DOI: 10.22034/gjesm.2016.02.04.006.
- [4]. Akbari, M., Ownegh, M., Asgari, H.R., Sadoddin, A., Khosravi, H. (2016). Soil erosion risk assessment using the CORINE model (Case study: semiarid region in Golestan Province), *Desert Ecosystem Engineering Journal*, 12(5), 63-78. (In Farsi).
- [5]. Ammann, w. (2016). Early warning in Disaster risk reduction- Needs and potential. 7th international conference on integrated natural disaster management- INDM, 15-16 Feb., Tehran-IRAN.
- [6]. Azari, A., Zehtabian, G H., Nazari Samani, A.A., Khosravi, H. (2016). Monitoring of desertification of Garmsar Plain with emphasis on two criteria of water and agriculture. *Journal of Range and Watershed Management*, 68(2), 427-439. (In Farsi).
- [7]. Bakhshandeh Mehr, L., Soltani, S., Sepehr, A. (2014). Evaluation of the current state of desertification and modification of the Medalus model in Segzi plain of Isfahan. *Journal of Range and Watershed Management*, 66(1), 27-41. (In Farsi).
- [8]. Bouabid, R., Rouchdi, M., Badraoui, M., Diab, A., Louafi, S. (2010). Assessment of land desertification based on the MEDALUS approach and elaboration of an action plan: the case study of the Souss River Basin, Morocco. Springer Netherlands.
- [9]. Convention to Combat Desertification, ICCD/CRIC (7)/3/Add.3. (2008). Committee for the review of the implementation of the convention, Seventh session, Istanbul, 3-14.
- [10]. Danfeng, S., Dawson, R., Baoguo, L. (2006). Agricultural causes of desertification risk in Minqin, China. *Journal of Environmental Management*, 79 (2), 348-356.
- [11]. Davari, S., Rashki, A., Akbari, M., Talebanfard, A. (2017). Assessing intensity and risk of desertification and management programs (Case study: Ghasemabad plain of

- Bajestan, Khorasan Razavi Province). *Journal of Desert Management*, 9, 91-106.
- [12]. Ekhtesasi, M. R., Sepehr, A. (2011). Methods and Models to Assess and Mapping Desertification, University of Yazd publication.
- [13]. FAO/NUEP. (2001). Land Degradation Assessment in Dry land (LADA), United Nations Environment Program, Global Environment Facility (GEF).
- [14]. Hosseinkhani, M., Fakhireh, A., Shahriari, A., Pahlavan Zan, A., Nouri, S. (2016). Effect of soil and land management criteria in Sistan Jezink desertification. *Journal of Range and Watershed Management*, 68(3), 467-459. (In Farsi).
- [15]. Hédia, Ch., Mohamed, N., Andrea, V., Néjib, R. (2006). Modélisation de la Désertification par l'Adaptation de la Méthode MEDALUS à un Bassin Versant du Centre de la Tunisie. 14th International Soil Conservation Organization Conference. Water Management and Soil Conservation in Semi-Arid Environments. Marrakech, Morocco.
- [16]. Ladisa, G. Todorovic, M., Trisorio Liuzzi, G. (2012). GIS-based approach for desertification and risk assessment in Apulia region, SE Italy. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 49, 103-113.
- [17]. Messner, F., Mayer, V. (2005). Flood Damage, Vulnerability and Risk Perception Challenges for Flood Damage Research. UFZ, Leipzig Publications.
- [18]. Finlayson, M., Cruz, R.D., Davidson, N., Alder, J., Cork, S., de Groot, R.S., Lévêque, C., Milton, G.R., Peterson, G., Pritchard, D. Ratner, B.D. (2005). Millennium Ecosystem Assessment: Ecosystems and human well-being: wetlands and water synthesis.
- [19]. Nikoo, Sh., Azarnivand, H., Zehtabian, G. H., Ahmadi, H., Zare Chahouki, M. (2011). Assessing the current state of desertification and recognizing the most important degradation factors using the Iranian model of desertification potential assessment (case study: Damghan area). *Journal of Range and Watershed Management*, 67(4), 641-655. (In Farsi).
- [20]. Nunez, M, P., Pablo, A., Rieradevall, J., Antón, A. (2009). Assessing potential desertification and environmental impact in life cycle assessment. *The international journal of life cycle assessment*, 15(5), 67-78.
- [21]. Rubio, J. L., Recatala, L. (2005). The relevance and consequences of Mediterranean desertification including security aspects. In *Desertification in the Mediterranean region. A security issue*. Springer, Dordrecht.
- [22]. Soil and Water Engineering Company of Iran. (2011). Implementation Plan for the Desertification of Nematian Desert of Gonabad, (in Farsi).
- [23]. Soleimani Sardou, M., Roustai, F., Ranjbar Freddoi, A., Ghazavi, R., Vali, A. (2016). Assessment and Preparation of Sensitivity of Desert Regions to Desertification Using the ESAs Method (Case Study: Yazd-Ardakan Plain). *Journal of Soil and Water Conservation Research*, 22(2), 191-204. (In Farsi).
- [24]. Silakhori, I., Ownegh, M., Sadoddin, A., Filekesh, I. (2014). Comparison of the Efficiency of Iranian Models for Assessing the Desertification Risk of IMDPA and MICD (Case Study: Sabzevar Region). *Journal of Soil and Water Conservation Research*, 21, 1-28. (In Farsi).
- [25]. Zehtabian, G. H., Ahmadi, H., Ekhtesasi, M.R., Khosravi, H. (2007). Calibration of the MEDALLUS Model to Provide a Regional Model for Estimating the Severity of Desertification in Kashan Region. *Journal of Natural Resources of Iran*, 60(3), 727- 744. (In Farsi).
- [26]. Zehtabian, G. H., Khosravi, H., Masoudi, R. (2016). *Desertification Assessment Models*: Tehran University Publications.

An Efficiency Comparison of the IMDPA and ESAs Models on Desertification Risk Management in Arid regions of Southern Khorasan Razavi, Iran

1- H. Jafari, MSc graduated of Management of Arid and Desert Areas, Ferdowsi University of Mashhad

2- M. Akbari, Assistant Professor, Department of Desert Area Management, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad

m_akbari@um.ac.ir

3- M. T. Kashki, Ph.D. student of Desertification, Faculty member of Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research Center

4- S. H. Badiie Nameghi, MS of Desertification Management, Department of Natural Resources and Watershed Management of Khorasan Razavi

Received: 21 Nov 2018

Accepted: 18 May 2019

Abstract

The purpose of this study was to compare the efficiency of two models of IMDPA and ESAs in assessing the intensity of desertification in the drylands of southern Khorasan Razavi province and management based on the best-performed model. For each geomorphological unit, initial data was first collected, and Criteria and indices of the models according to regional conditions, were then scored and intensity of desertification calculated. This was then followed by assessing the risk of desertification from the combination of hazard intensity, elements at risk and environmental vulnerability data. Maps were then verified and validated against ground control points, using Chi-square test and Kappa index. The results showed that based on the IMDPA model, the most intensified area of desertification in the region with 54.7% frequency was the highest area with severe desertification intensity with distribution with the climate and vegetation criteria appeared to be the most controlling factors. In the ESAs, desertification intensity was classified into three classes, with the highest area of the second-class critical class with a frequency distribution of 79%, and the climate and wind erosion rates had the highest impact. This emphasizes that the impact of natural factors on the desertification process in this region. Therefore, based on field studies, expert opinion and Kappa index of 0.897, the ESAs model was selected as the most appropriate model. Risk assessment results show that more than 51.5% of the environmental elements, located mainly in the central and southern parts of the region, are at moderate to very severe risk of desertification, which can generate annual damages of IRR 7.6 billion. Therefore, the implementation of suitable programs for combating desertification in the studied area can reduce this damage and its costs.

Keywords: Environmental vulnerability; GIS; Desertification indices; Land degradation.