نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و ششم، شماره دوم، ۱۳۹۸
۲۱۱-۲۲٤
http://jwsc.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwsc.2019.15565.3076

ارزیابی حساسیت اراضی به بیابان‌زایی با استفاده از رویکرد پویایی سیستم در حوزه آبخیز جازموریان

حمزه احمدی[۱]، *یحیی اسماعیل‌پور[۲]، عباس مرادی[۳] و حمید غلامی[۲]

[۱]دانشجوی دکتری بیابان‌زدایی گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، [۲]استادیار گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، [۳]استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه هرمزگان

تاریخ دریافت: ۹۷/٦/۵؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۱/۲

چکیده

سابقه و هدف: بیابان‌زایی فرآیند و وضعیت نهایی تخریب مناطق خشک است. این فرایند با دامنه اثرگذاری در بیش از ۱۰۰ کشور، زندگی حدود ۱ میلیارد نفر از مردم جهان را تحت‌تأثیر خود قرار داده و نتیجه تعامل پیچیده عوامل مختلفی هم‌چون تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی است. هدف از پژوهش حاضر، پیش‌بینی اثرات اجرای سناریوهای مدیریتی و اقلیمی بر پدیده بیابان‌زایی با استفاده از رویکرد مدل‌سازی پویایی سیستم در حوزه آبخیز جازموریان واقع در استان‌های کرمان و سیستان و بلوچستان است.

مواد و روش‌ها: اطلاعات مورد نیاز و داده‌های پایه جمع‌آوری‌شده و عوامل بیابان‌زایی بر اساس پژوهش‌های قبلی و بازدیدهای میدانی شناسایی شدند. در مرحله بعد، نمودارهای مرجع ترسیم‌شده، روابط علی- معلولی و بازخوردها مشخص و مدل مفهومی بیابان‌زایی حوزه آبخیز جازموریان ارائه شد. نمودار ذخیره- جریان از مدل مفهومی استخراج و در نرم‌افزار ونسیم ترسیم گردید. صحت‌سنجی مدل با آزمون‌های حدی مدل انجام گرفت. بر اساس سناریوهای مدیریت پوشش گیاهی و اقلیمی مدل اجرا گردید و خروجی‌های مانند هر سناریو با وضعیت موجود مقایسه شد.

یافته‌ها: نتایج پژوهش نشان داد که عامل خاک با درجه اهمیت ۱/۷۳ مؤثرترین عامل در بیابان‌زایی حوضه جازموریان است. شاخص حساسیت پذیری بیابان‌زایی با درجه اهمیت برابر ۱/۳۷ در کلاس بحرانی قرار گرفت. نتایج حاصل از تحلیل سناریوهای مورد بررسی در یک دوره ۳۰ ساله نشان داد که با هدف کاهش شاخص حساسیت‌پذیری بیابان‌زایی، سناریوهای تغییر سیاست و مدیریت (۱)، مدیریت پوشش گیاهی (۱/۱۸ و ۱/۲۵) و تغییر اقلیم (۱/۲۵) به‌ترتیب به‌عنوان سناریوهای برتر شناسایی شدند.

نتیجه‌گیری: یافته‌های نتایج نشان داد که متوسط وزنی ارزش کمی شدت بیابان‌زایی برای وضعیت فعلی بیابان‌زایی بر اساس چهار معیار مورد بررسی ۱/۳۷ به‌دست آمد که با مقایسه این مقدار با جدول ایسس، کلاس شدت بیابان‌زایی

* مسئول مکاتبه: y.esmaeilpour@hormozgan.ac.ir

برای کل منطقه بین شکننده تا بحرانی (الف) برآورد می‌گردد. با بررسی نتایج حاصل از اجرای سناریوهای مدیریت پوشش مشاهده می‌شود که اگر ۱۰ و ۲۰ درصد تغییر در پوشش گیاهی و پوشش حفاظتی در برابر فرسایش رخ دهد، شاخص حساسیت‌پذیری بعد از ۳۰ سال به‌ترتیب به حدود ۱/۲۵ و ۱/۱۸ خواهد رسید که این نشان از اهمیت مدیریت پوشش در برابر مقابله با بیابان‌زایی به‌ویژه در حوزه آبخیز جازموریان دارد. همچنین اقدامات مدیریتی در منطقه مورد مطالعه می‌توانند روند بیابان‌زایی را متوقف و وضعیت موجود را به‌سوی بهبودی سوق دهند. به‌طورکلی، مدل پویایی سیستم به‌عنوان یکی از رویکردهای تلفیق در ارزیابی حساسیت‌پذیری بیابان‌زایی حوضه جازموریان کارایی بالایی دارا می‌باشد و برای افزایش فهم ذینفعان از روابط علی و معلولی و بازخوردهای سیستم سودمند است.

واژه‌های کلیدی: آزمون‌های حدی، حوزه آبخیز جازموریان، سناریوهای مدیریتی، شاخص حساسیت‌پذیری بیابان‌زایی

مقدمه

در کنار دو چالش تغییر اقلیم و کمبود آب شیرین، بیابان‌زایی به‌عنوان چالش سوم و مهم، محیط‌زیست جهان را تهدید می‌کند. رایج‌ترین تعریف برای پدیده بیابان‌زایی، عبارت است از تخریب اراضی در مناطق خشک، نیمه‌خشک و خشک جنب مرطوب در نتیجه تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی (۱۸ و ۲۲). گادی (۲۰۱۱) بیابان‌زایی، نه‌فقط معیشت انسان‌ها را به خطر انداخته، بلکه تهدیدی جدی برای صلح و امنیت جهانی نیز به‌شمار می‌آید. بیابان‌زایی مجموعه‌ای از پیامدهای ناخوشایند محیطی را برای انسان به بار می‌آورد، گروهی از این پیامدها به اثرات غیرمستقیم انسانی هم‌چون مهاجرت جمعی، فقر، کمبود آب و غذا و کشمکش بر سر منابع زمینی و آبی مربوط می‌شود و گروه دیگر مشکلات بهداشتی مربوط به کاهش کیفیت آب، چه از نظر دسترسی یا از آن مهم‌تر، از نظر نمک و ذرات اضافی را شامل می‌شود. شاید بیش‌ترین پیامدهای ناشی از بیابان‌زایی کاهش کیفیت هوا در اثر تجمع ذرات گردوغبار در هوا باشد (۷). با توجه به اثرهای مخرب و جبران‌ناپذیر بیابان‌زایی، شناسایی و ارزیابی عوامل مؤثر در بیابان‌زایی و تعیین مناطق مبتلا به این معضل از ضروریات امر در هر منطقه به‌شمار می‌رود (۵ و ۱۳). رویکرد پویایی سیستم برگرفته از تفکر سیستمی، ابزاری مفید در مدیریت و برنامه‌ریزی‌ها است. تفکر سیستمی که اساس و مبنای رویکرد پویایی سیستم‌ها به‌شمار می‌رود، در مقابل تفکر خطی به‌کار برده می‌شود. مدل‌سازی پویایی سیستم به یک مجموعه‌ای از روش‌های عددی و مفهومی اشاره دارند که در فهم ساختار و رفتار سیستم‌های پیچیده استفاده می‌شوند. بر طبق نظر فاروستر ۱۹۶۱ (به نقل از کریمی سنگچینی و همکاران؛ ۱۳۹۵ و سلطانی و علیزاده؛ ۱۳۹۶) ابداع‌کننده این سیستم‌ها، این روش بر سه اصل کلی استوار می‌باشد؛ تئوری کنترلی بازخوردی، فهم فرآیندهای تصمیم‌گیری و استفاده از فناوری بر مبنای رایانه در توسعه مدل‌های شبیه‌سازی (۹ و ۲۱). کاربرد این مدل‌سازی عموماً در درک سیستم‌ها و یادگیری اجتماعی می‌باشد، اما می‌توان در زمینه تصمیم‌سازی هم از این رویکرد استفاده کرد (۱۰ و ۱۲).

پروری‌اصل و همکاران (۱۳۸۹) در پژوهشی تحت عنوان امکان‌سنجی پهنه‌بندی خطر بیابان‌زایی با استفاده از روش ایسس[1] در منطقه نیاتک سیستان، عوامل مؤثر بر فرآیند بیابان‌زایی را با توجه به شرایط منطقه مورد شناسایی قرار داده و با استفاده از جداول

1- ESAs

مربوطه مورد ارزیابی قرار دادند و معیارهای پوشش گیاهی، خاک، اقلیم و مدیریت کاربری اراضی را به‌عنوان عوامل مؤثر بر فرآیند بیابان‌زایی بررسی کردند. نتایج به‌دست آمده نشان داد که کل منطقه مورد بررسی در کلاس بحرانی قرار دارد؛ ٦٨ درصد از منطقه در کلاس بحرانی شدید (C_3)، کم‌تر از ١ درصد از منطقه در کلاس بحرانی (C_2) و ٣١ درصد از منطقه در زیرکلاس بحرانی کم (C_1) قرار داشت (١٦). رزمی و همکاران (٢٠١٠)، یک مدل پویایی سیستم برای شبیه‌سازی و تحلیل وضعیت بالقوه آینده بیابان‌زایی در استان بحیره[1] مصر را ارائه دادند. به‌منظور بررسی خطر از مدل مدالوس استفاده کردند. ابتدا نمودار مفهومی علی و معلولی براساس زنجیره‌های بازخوردی رسم گردید و سپس نمودار ذخیره و جریان تهیه گردید. داده‌های زمانی برای تشخیص تغییرات پویا در حساسیت بیابان‌زایی، مرتبط با ماهیت پویایی بیابان، مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که گسترش شهری، شورشدگی خاک و عدم اجرای سیاست‌های تعیین‌شده، بیش‌ترین متغیرهایی هستند که منجر به بیابان‌زایی می‌شوند (١٧). فرج‌اللهی و همکاران (٢٠١٧) در پژوهشی به بررسی و ارزیابی خطر بیابان‌زایی مرتبط با تغییرات کاربری اراضی در منطقه مراوه‌تپه استان گلستان پرداختند. پژوهشگران نقشه‌های کاربری اراضی را تهیه و در سال‌های مورد مطالعه، نقشه‌های بیابان‌زایی را بر اساس کاربری‌ها با فرض ثبات عوامل مدل با استفاده از روش ایسس استخراج کردند. نتایج پژوهش نشان داد که با گذشت زمان، کلاس‌های شکننده (F_3) و بحرانی (C_3) به‌ترتیب به‌میزان ٨/٦٧ و ٤/٣١ درصد افزایش مساحت داشته‌اند. همچنین نتایج پژوهش آن‌ها بیانگر شدت تغییرات کاربری اراضی در جهت افزایش درجه شدت کلاس خطر بیابان‌زایی به‌ویژه در مناطق کوهستانی منطقه بوده است (٤).

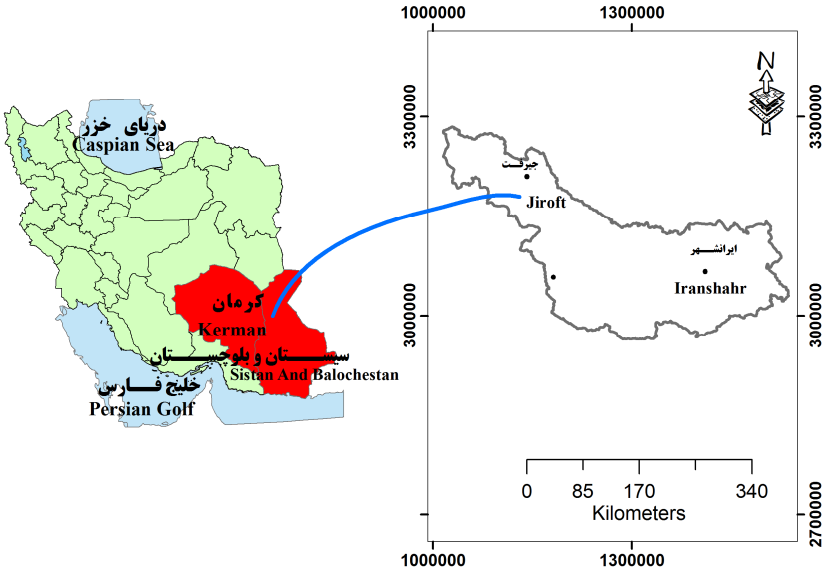
تاکنون مطالعات مختلفی در زمینه ارزیابی بیابان‌زایی انجام شده است. نظر به این‌که فرایند بیابان‌زایی تبعات متعددی دارد، ارزیابی آن باید دارای جامعیت کافی باشد. عوامل زیادی در ارزیابی بیابان‌زایی تأثیر دارند و هر تغییری در هر یک از این عوامل، خود به وجود آورنده بازخوردهای دیگر در سیستم می‌گردد. این مسأله موجب پیچیدگی هرچه بیش‌تر موضوع می‌گردد. به‌منظور بررسی تمامی عوامل مؤثر در یک پدیده و بررسی نقش هر یک از عوامل و تأثیر هر یک از آن‌ها بر روی‌هم و در نهایت بر روی بیابان‌زایی می‌توان از پویایی سیستم استفاده کرد. در منطقه مورد مطالعه واقع در حوزه آبخیز جازموریان، وجود محدودیت‌های طبیعی به همراه نبود زیرساخت‌های اقتصادی و فرهنگی مناسب، بهره‌برداری بیش‌ازحد از منابع طبیعی را منجر شده و مشکلات ثانویه مانند مهاجرت و فقر را تشدید نموده است. مضاف بر این امر، در سال‌های اخیر، شاهد خشکیدگی تالاب جازموریان و تشدید علائم بیابان‌زایی در منطقه هستیم به‌طوری‌که منطقه مورد مطالعه یکی از کانون‌های ریزگرد در ایران شناسایی شده است؛ بنابراین، هدف از انجام این پژوهش، استفاده از رویکرد جامع پویایی سیستم در جهت بررسی روابط علت و معلولی آن‌ها و سناریوهای مدیریتی در جهت مبارزه با بیابان‌زایی است.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه: منطقه مورد مطالعه با مختصات عرض جغرافیایی ´٣٣ °٢٦ تا ´٣٦ °٢٩ شمالی و طول جغرافیایی ´١٦ °٥٦ تا ´٢٦ °٦١ شرقی و با مساحت ٦٩٣٧٤ کیلومترمربع در استان‌های کرمان و سیستان و بلوچستان واقع گردیده است (شکل ١). فیزیوگرافی و

1- Beheira

توپوگرافی این محدوده شامل بخش‌های کوهستانی و دشتی می‌باشد. بخش شمالی و جنوبی آن عمدتاً کوهستان‌ها و تپه‌ها و بخش‌های دشتی آن در مرکز واقع گردیده است. بارندگی متوسط سالیانه این حوضه حدود ۱۷۲ میلی‌متر است. ارتفاع بلندترین نقطه این محدوده ٤۳۵۹ متر و پست‌ترین نقطه آن ۳٥٤ متر از سطح آزاد دریا می‌باشد. به‌طورکلی سازندهای منطقه مورد مطالعه مربوط به دوران سنوزوئیک می‌باشد که مقاطعی از سازندهای دوره‌های کواترنر و ترشیاری در آن قابل‌ملاحظه است. عمده‌ترین کاربری‌های اراضی شامل مراتع ضعیف و اراضی بایر هستند.



شکل ۱- موقعیت حوضه جازموریان در استان‌های کرمان و سیستان و بلوچستان.

Figure 1. Location of The Jazmourian basin in Kerman and Sistan and Baluchestan provinces.

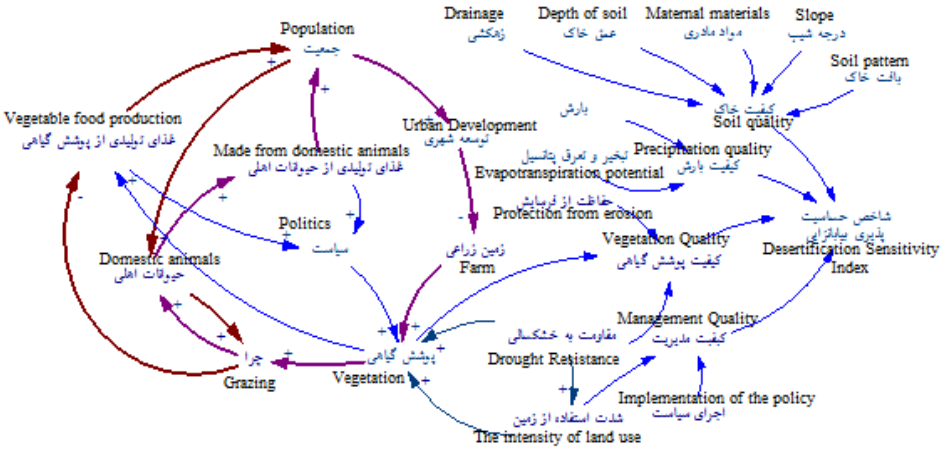
گردآوری اطلاعات: با توجه به خروجی نمودارهای ذخیره و جریان، اطلاعات موردنیاز شناسایی و جمع‌آوری شد. داده‌ها و نقشه‌های فیزیوگرافی، پوشش گیاهی و کاربری اراضی از ادارات کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان‌های کرمان و سیستان و بلوچستان جمع‌آوری گردید. داده‌های زمین‌شناسی از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور استخراج گردید. همچنین داده‌های اقلیمی شامل بارش و تبخیر و تعرق پتانسیل از اداره‌های کل هواشناسی استان‌های کرمان و سیستان‌وبلوچستان گردآوری شد. داده‌های سایر متغیرها شامل جمعیت (سرشماری آماری سال‌های ۱۳۸۵، ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵ سازمان آمار ایران)، دام و اراضی کشاورزی (سازمان جهاد کشاورزی) و غیره از سازمان‌های دیگر برداشت گردید.

ارزیابی بیابانزایی با روش ایسس[1]: در سال ۱۹۹۰ کمیسیون اروپا پروژه مدالوس را با هدف بررسی‌های پایه‌ای در بیابانزایی کشورهای مدیترانه‌ای پیشنهاد نمود و این پروژه به‌مدت ۹ سال به طول انجامید که جدیدترین مدل ارزیابی و تهیه نقشه بیابانزایی در جهان، توسط همین کمیسیون در سال ۱۹۹۹ و تحت عنوان ایسس ارائه گردید به‌نظر می‌رسد دارای دقت بیش‌تری نسبت به سایر مدل‌ها است. این مدل با

1- Environmental sensitive areas

توجه به مزایای بسیار زیاد آن از جمله جمع‌آوری آسان داده‌های موردنیاز، استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی به‌عنوان یک بانک اطلاعاتی و کاربرد آن در تلفیق لایه‌ها و محاسبه الگوریتم‌ها و غیره می‌تواند جایگزین روش‌های رایج سنتی تهیه نقشه بیابان‌زایی در ایران گردد (۲۳). آن چیزی که در این مدل مهم است، نحوه محاسبه شاخص‌ها و در نهایت، نقشه بیابان‌زایی است که از میانگین هندسی پارامترها و شاخص‌ها به‌دست می‌آید (۲). در این مدل چهار معیار کلیدی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد: کیفیت خاک، کیفیت اقلیم، کیفیت پوشش گیاهی و کیفیت مدیریت. هر معیار دارای شاخص‌هایی است که در واقع لایه‌های آن معیار را تشکیل می‌دهند. کیفیت هر معیار از میانگین هندسی شاخص‌های مربوط به آن به‌دست می‌آید (۱۱ و ۲۳).

در این پژوهش، به‌منظور توسعه مدل مفهومی از رویکرد شبیه‌سازی پویایی سیستم استفاده شد. مدل‌سازی در نرم‌افزار ونسیم[1] انجام گرفت. مدل مفهومی می‌تواند اثرات اقتصادی، اجتماعی و فیزیکی حاصل از بیابان‌زایی را در حوزه آبخیز جازموریان ارزیابی نماید. نمودار علی- معلولی ارتباط‌های زیرسیستم را نمایش می‌دهد. این نمودار شامل تجزیه و تحلیل بر پایه مدل پویایی سیستم و روابط بازخوردی است. وقتی مجموعه‌ای از متغیرها در یک مسیر متصل بسته به یکدیگر وصل می‌شوند، یک حلقه علی را شکل می‌دهند. پویایی این متغیرها از دو نوع حلقه بازخوردی مثبت (خود تقویت‌کننده) و منفی (خود اصلاح‌کننده) به وجود می‌آید (شکل ۲).



شکل ۲- نمودار علت معلول حاکم بر کل مدل.

Figure 2. The model causal relationship diagram.

نمودار ذخیره و جریان و اجرای مدل: پس از تعریف حلقه‌های بازخوردی، مدل مفهومی تهیه و سپس به‌صورت نمودارهای ذخیره جریان کمی گردید. در مرحله بعد مدل تهیه‌شده با رویکرد پویایی سیستم اجرا و نتایج آن بررسی گردید.

آزمون‌های صحت‌سنجی مدل: به این منظور از آزمون شرایط حدی استفاده شد. آزمون شرایط حدی در واقع عملکرد منطقی مدل را در شرایط حدی نشان می‌دهد. آزمون شرایط حدی با اعمال شرایط

1- Vensim

حدی و بررسی نتایج حاصل از مدل انجام می‌شود. انجام این ساختار علی و روابط تعریف‌شده بین متغیرهای مدل را مورد ارزیابی قرار می‌دهد. آزمون شرایط حدی، بر مقاوم بودن مدل در شرایط حدی تأکید دارد، به این معنا که تحت هر شرایطی با تغییر یافتن سیاست‌ها و یا مقادیر ورودی‌ها، مدل باید رفتار مورد انتظار را از خود نشان دهد. به‌عنوان مثال وقتی مقادیر اولیه متغیرهای مدل، به‌میزان زیاد افزایش یا کاهش یابند، امتیاز معیارها و مدل در همان میزان واقعی خود تغییر می‌یابد. در این آزمون تغییر در مقادیر نیازها حداقل و حداکثر به مدل اعمال می‌شود و رفتار تک‌تک متغیرهای مربوط مورد بررسی قرار می‌گیرد (۲۰).

طراحی سناریوها: در این پژوهش با توجه به نتایج حاصل از اجرای مدل و نیز بخش‌های مختلف ساختار سیستم، سناریوهای مدیریت پوشش گیاهی، تغییر سیاست و مدیریت اعمال‌شده و اقلیمی جهت تحلیل و بررسی اثر فعالیت‌های مدیریتی بر وضعیت فیزیکی، اقتصادی و اجتماعی حوزه آبخیز جازموریان تعریف شد (جدول ۱).

جدول ۱- سناریوهای پیشنهادی مدیریت پوشش گیاهی و تغییر اقلیم برای حوزه آبخیز جازموریان.

Table 1. Proposed scenarios of vegetation management and climate change in the Jazmourian basin.

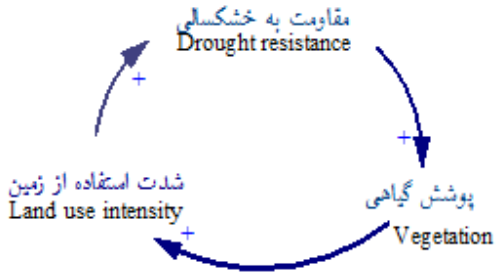
ردیف Row	عنوان سناریو Scenario title	شرح سناریو Scenario description
1	وضعیت موجود Current situation	فرض شود که هیچ‌گونه تغییری در وضعیت موجود اعمال نگردد. It is supposed that there would be no change in the present situation
2	مدیریت پوشش گیاهی ۱ Vegetation Management 1	فرض شود، پوشش گیاهی ۱۰ درصد و وضعیت حفاظت از فرسایش ۱۰ درصد بهبود یابد. It is supposed to increase vegetation and improve the erosion protection by 10%
3	مدیریت پوشش ۲ Vegetation Management 2	فرض شود پوشش گیاهی ۲۰ درصد و وضعیت حفاظت از فرسایش ۲۰ درصد بهبود یابد. It is supposed to increase vegetation and improve the erosion protection by 20%
4	تغییر سیاست و مدیریت Policy Change the policy and applied management	فرض شود، ۵۰ درصد از منطقه بیابان‌زدایی به کمک عملیات مکانیکی و بیولوژیکی صورت گیرد. It is supposed to combat to desertification in 50% of area by bio-mechanical method
5	تغییرات اقلیمی Climate changes	فرض شود، افزایش ۱۰ درصدی در بارش و کاهش ۱۰ درصدی در تبخیر و تعرق پتانسیل اتفاق افتد. It is supposed to increase of 10% in precipitation and a 10% reduction in potential evapotranspiration

نتایج و بحث

با بررسی بیابان‌زایی با استفاده از مدل شبیه‌سازی پویایی سیستم، در زمینه‌های حلقه‌های بازخوردی، نمودار ذخیره- جریان، آزمون صحت‌سنجی مدل و خروجی‌های سناریوهای مختلف مدیریت پوشش، تغییر اقلیمی و تغییر سیاست و مدیریت اعمال‌شده نتایجی حاصل شد که در ادامه به آن‌ها اشاره می‌شود.

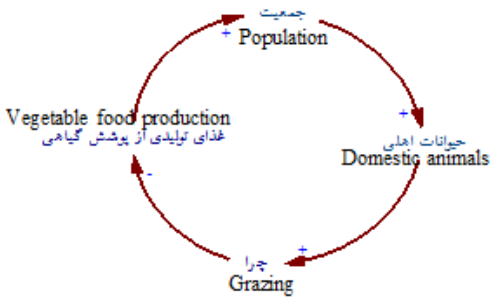
یکی از حلقه‌های بازخوردی مدل مفهومی، مقاومت در برابر خشک‌سالی ناشی از شدت استفاده از زمین است، که نشان می‌دهد افزایش پوشش گیاهی، کاربری اراضی بهینه‌تری را منجر می‌شود و این نوع کاربری منجر به مقاومت در برابر خشک‌سالی می‌شود و این یک حلقه بازخوردی مثبت است (شکل ۳). افزایش جمعیت اثر مثبتی بر تعداد حیوانات اهلی دارد که با چرای خود اثر منفی بر غذای تولیدی از

پوشش گیاهی خوهند داشت (شکل ٤). با افزایش جمعیت، توسعه شهری زیاد شده و پیرو آن از زمین‌های زراعی کاسته می‌شود. هر قدر زمین‌های زراعی توسعه پیدا کنند، افزایش پوشش گیاهی نیز رخ می‌دهد که در پی آن چرا توسط حیوانات اهلی در حوزه آبخیز افزایش پیدا کرده و غذای تولیدی از حیوانات اهلی افزایش یافته و در نهایت باعث رشد جمعیت در حوزه مورد مطالعه خواهد شد (شکل ٥). سیاست‌های مدیریت پوشش گیاهی باعث افزایش غذای تولیدی از پوشش گیاهی و حیوانات اهلی می‌شوند که این نتایج باعث انگیزه برای مدیریت بهتر خواهد شد (شکل ٦).



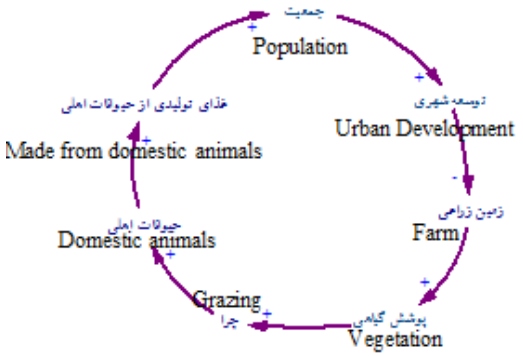
شکل ٣- حلقه بازخوردی مقاومت در برابر خشکسالی ناشی از کاربری بهینه.

Figure 3. Feedback loop of drought resistance caused by optimal use.



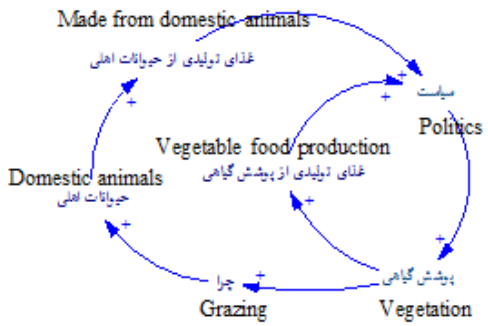
شکل ٤- حلقه بازخوردی درآمد غذایی جمعیت از پوشش گیاهی.

Figure 4. Feedback loop food income from vegetation.



شکل ٥- حلقه بازخوردی درآمد غذایی جمعیت از حلقه دامی.

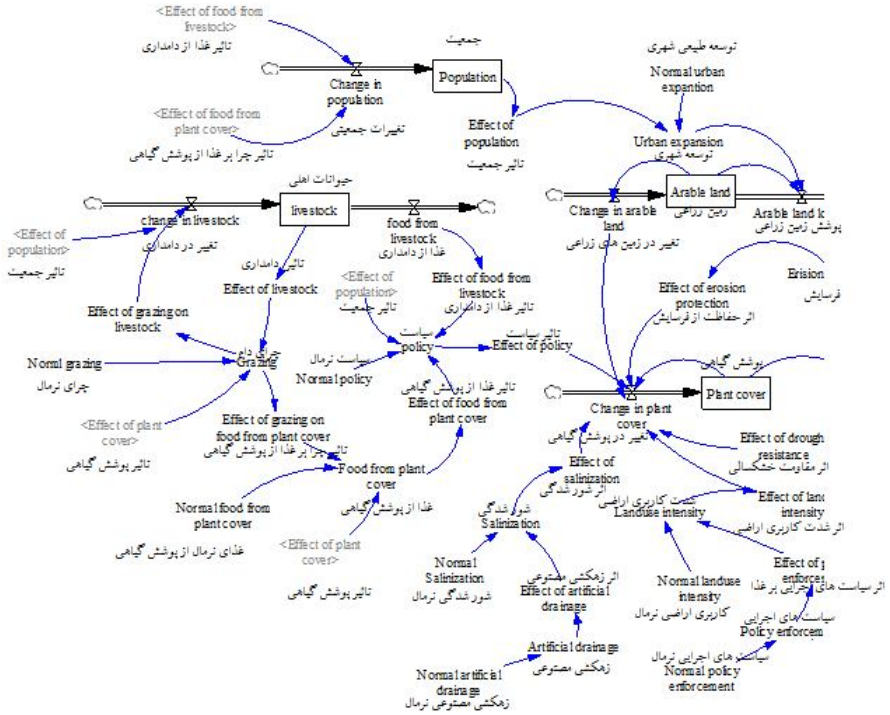
Figure 5. Feedback loop food income from livestock circles.



شکل ٦- حلقه بازخوردی تأثیر سیاست بر روی حلقه‌های پوشش گیاهی و دام.

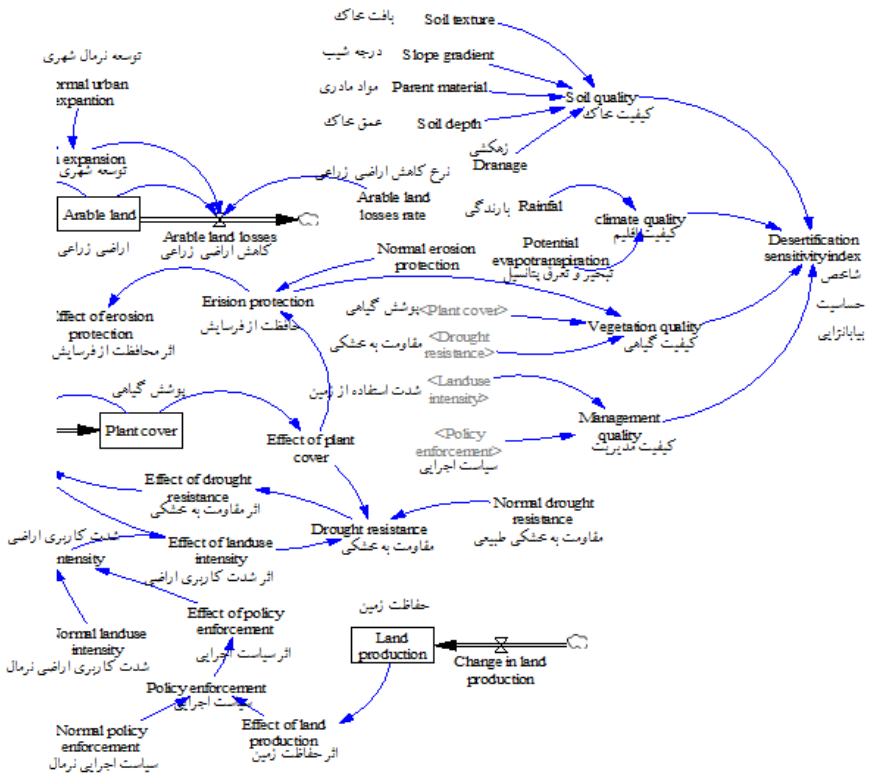
Figure 6. Feedback loop the impact of politics on vegetation and livestock circles.

نمودار ذخیره و جریان برای مدل مفهومی ساخته‌شده در شکل‌های ٧ و ٨ ارائه شده است. به داده‌های ورودی مدل و امتیازهای متغیرهای حساسیت بیابان‌زایی حوزه آبخیز جازموریان در جدول‌های ٢ و ٣ اشاره شده است.



شکل ۷- نمودار ذخیره- جریان بیابان‌زایی حوزه مورد مطالعه (بخش ۱).

Figure 7. Stock and flow diagram of desertification in study area (Part 1).



شکل ۸- نمودار ذخیره- جریان بیابان‌زایی حوزه مورد مطالعه (بخش ۲).

Figure 8. Stock and flow diagram of desertification in the study area (Part 2).

جدول ۲- داده‌های ورودی به مدل.

Table 2. Input data to the model.

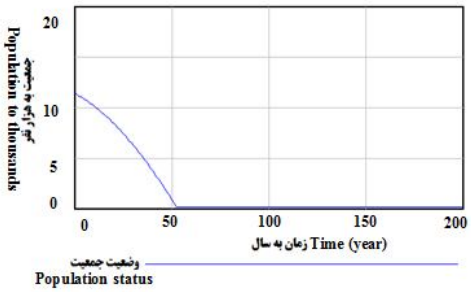
مقدار Value	متغیر Variable	مقدار Value	متغیر Variable
172	بارش Precipitation	1.42	بافت خاک Soil texture
1/63	شوری خاک Soil Salinity	1.58	عمق خاک Soil depth
1819	تبخیر و تعرق پتانسیل Potential evapotranspiration	2.4	مواد مادری Parent materials
1	حفاظت از فرسایش Erosion Protection	1.4	زهکشی Drainage
1/3	مقاومت به خشک‌سالی Drought Resistance	1.12	زهکشی مصنوعی Artificial drainage
36	پوشش گیاهی Plant cover	2.1	درجه شیب Slope degree
1/2	سیاست Politics	1.5	کاربری اراضی بهینه Optimal land use
1	چرای دام Animal Grazing	1021	توسعه شهری Urban development
44325	حیوانات اهلی Domestic Livestocks	15243	جمعیت Population
1	سیاست‌گذاری Policy	17215	مناطق بایر Unproductive areas
		36	غذای تولیدی از پوشش گیاهی Vegetable food production

جدول ۳- امتیاز فاکتورهای مختلف در ارزیابی بیابان‌زایی حوزه آبخیز جازموریان.

Table 3. Value of various factors in assessing desertification of Jazmourian basin.

توصیف شاخص Indicator Description	شاخص Index	نام عامل Name of factor	ردیف Row
کیفیت پایین Low quality	1.73	کیفیت خاک Soil quality	1
کیفیت متوسط Moderate quality	1.1	کیفیت اقلیم Climate quality	2
کیفیت پایین Low quality	1.33	کیفیت پوشش گیاهی Canopy cover quality	3
کیفیت متوسط Moderate quality	1.41	کیفیت مدیریت Management quality	4
شکننده تا بحرانی Fragile up to critical	1.37	شاخص حساسیت‌پذیری بیابان‌زایی Desertification sensitivity index	5

از مواردی که باید در آزمون حدی مدنظر قرار گیرد متغیرهایی است که مقادیر آن‌ها هیچ‌وقت نباید منفی شود. برای نمونه، جمعیت حوضه هیچ‌وقت منفی نمی‌شود. فرض شد، هیچ‌گونه افزایش جمعیتی در حوضه در ۲۰۰ سال آینده در حوضه مشاهده نشود. با این روند کاهش جمعیت آیا مدل جمعیت را منفی

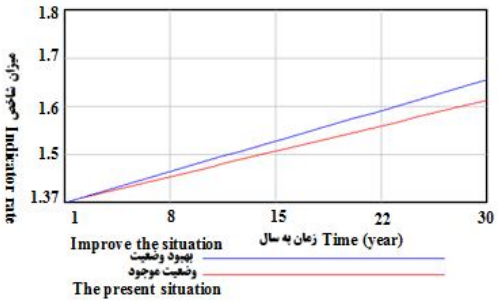


شکل ۹- رفتار خروجی مدل برای جمعیت در زمانی که افزایش جمعیت نباشد.

Figure 9. Output behavior of the population Model for when the population is not growing.

اگر به‌ترتیب سناریوهای مدیریت پوشش ۱ و ۲، تغییر اقلیم و تغییر سیاست و مدیریت اعمال‌شده بررسی گردند، بیش‌ترین کاهش در شاخص حساسیت‌پذیری از حوضه مورد مطالعه مشاهده می‌گردد. همچنین اگر وضعیت موجود ادامه یابد، با افزایش این شاخص در

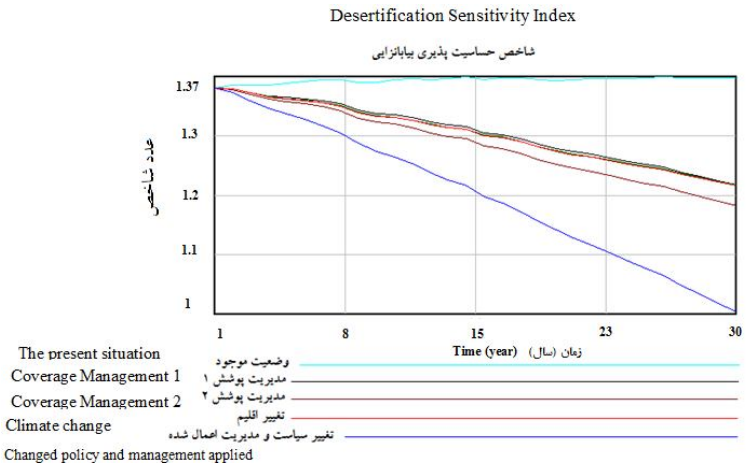
نشان می‌دهد؟ نتیجه این آزمون در شکل ۹ آورده شده است. اگر وضعیت حوضه جازموریان از نظر اقتصادی، اجتماعی و فیزیکی بهبود یابد، انتظار می‌رود شاخص حساسیت‌پذیری بیابان‌زایی هم رو به بهبودی بگذارد. پس رفتار مدل برای متغیر حالت شاخص حساسیت‌پذیری بیابان‌زایی منطقی است (شکل ۱۰).



شکل ۱۰- رفتار خروجی مدل برای مقدار شاخص حساسیت‌پذیری بیابان‌زایی حوضه جازموریان با در نظر گرفتن بهبود شرایط موجود.

Figure 10. Output behavior of desertification sensitivity index in Jazmourian basin considering the improvement of the present conditions.

حوضه جازموریان مواجه می‌شود. بدان معنا می‌باشد که با توجه به کاهش پوشش گیاهی در طی زمان، افزایش در شاخص حساسیت‌پذیری در حوضه مورد مطالعه رخ خواهد داد (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- نمودار مقایسه اثر سناریوهای مختلف بر وضعیت شاخص حساسیت‌پذیری بیابان‌زایی حوضه جازموریان.

Figure 11. Comparison Diagram of different scenarios effects of the desertification sensitivity index in Jazmourian basin.

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش جهت ارزیابی بیابان‌زایی از روش ایسس استفاده شده است. نتایج تجزیه‌وتحلیل معیارهای مؤثر در بیابان‌زایی منطقه جازموریان نشان داد که خاک معیار غالب است که دارای متوسط ارزش وزنی ۱/۷۳ می‌باشد. وضعیت خاک به‌طور مستقیم بر وضعیت و شدت فرسایش (آبی و بادی) تأثیر می‌گذارد. این در صورتی است که در پژوهش‌های همتی (۱۳۸۰) در بیجار و سپهر و همکاران (۲۰۰۷) در جنوب ایران پوشش گیاهی به‌عنوان معیار غالب شناسایی‌شده است و پروری اصل و همکاران (۱۳۸۹) به‌ترتیب معیارهای اقلیم، تخریب منابع آب و اقلیم و مدیریت به‌عنوان معیارهای غالب معرفی نمودند (۸، ۱٦ و ۱۹). جیاردانو و همکاران (۲۰۰۳) معیار اقلیمی را به‌عنوان مهم‌ترین معیار در بیابان‌زایی منطقه سیسیل ایتالیا با استفاده از روش مدالوس معرفی کردند (٦). بر اساس ارزیابی‌ها و بررسی‌های انجام‌شده، متوسط وزنی ارزش کمی شدت بیابان‌زایی برای وضعیت فعلی بیابان‌زایی بر اساس چهار معیار مورد بررسی ۱/۳۷ به‌دست آمد که با مقایسه این مقدار با جدول ایسس، کلاس شدت بیابان‌زایی برای کل منطقه بین شکننده تا بحرانی برآورد می‌گردد.

سیستم‌های پویا، سیستم‌هایی هستند که رفتارشان تابع زمان است و می‌توانند پدیده‌هایی را که در طی زمان پویا و فعال هستند را شبیه‌سازی کنند. پدیده‌های طبیعی به‌ویژه بیابان‌زایی به‌دلیل پویایی و فعال بودن در طی زمان، نیازمند یک دید پویا می‌باشند (۱۵). در این پژوهش سعی شد که یک مدل پویا و جامع از فرآیندهای بیابان‌زایی ارائه گردد و در طی ۳۰ سال آتی از تأثیر سناریوهای مختلف مدیریتی و اقلیمی، رفتار شاخص حساسیت‌پذیری بیابان‌زایی بررسی و شبیه‌سازی شود. نتایج حاصل از شبیه‌سازی با مدل پویایی سیستم نشان داد که اگر وضعیت موجود به همین صورت ادامه پیدا کند، در ۳۰ سال آینده وضعیت بحرانی را از نظر بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه خواهد داشت. افخمی اردشیری (۲۰۰۷)، منصوری (۲۰۱۰) و فرج‌الهی (۲۰۱٦) در پژوهش‌های خود به پیشرفت بیابان‌زایی طی سال‌های اخیر در مناطق مورد مطالعه اشاره داشتند (۱، ۳ و ۱٤).

با بررسی نتایج حاصل از اجرای سناریوهای مدیریت پوشش مشاهده می‌شود که اگر ۱۰ و ۲۰ درصد تغییر در پوشش گیاهی و پوشش حفاظتی در برابر فرسایش رخ دهد، شاخص حساسیت‌پذیری بعد از ۳۰ سال به‌ترتیب به حدود ۱/۲۵ و ۱/۱۸ خواهد رسید که این نشان از اهمیت مدیریت پوشش در برابر مقابله با بیابان‌زایی به‌ویژه در حوزه آبخیز جازموریان دارد که با نتایج پژوهش‌های همتی (۱۳۸۰) در بیجار و سپهر و همکاران (۲۰۰۷) در جنوب ایران مطابقت دارد (۸ و ۱۹). با بررسی سناریو اقلیمی در منطقه مورد مطالعه نتیجه‌گیری می‌شود که رخداد این سناریو در طی ۳۰ سال شبیه‌سازی، اثر مثبتی را در کاهش شاخص حساسیت‌پذیری بیابان‌زایی خواهد داشت که این با نتایج جیاردانو و همکاران (۲۰۰۳) هم‌راستا است (٦). نتایج حاصل از اجرای سناریوی تغییر سیاست و مدیریت اعمال‌شده، بیش‌ترین تأثیر را در کاهش شاخص حساسیت‌پذیری بیابان‌زایی پس از ۳۰ سال نشان داد که نتیجه‌گیری می‌شود که اقدامات مدیریتی در ایران و به‌ویژه در حوزه آبخیز جازموریان می‌توانند روند بیابان‌زایی را متوقف و وضعیت موجود را به‌سوی بهبودی سوق دهند. به‌طورکلی نتایج این مطالعه نشان داد که مدل پویایی سیستم می‌تواند امکان پیش‌بینی نتایج سناریوهای مدیریتی مختلف را برای مدیران و تصمیم‌گیران در طی زمان فراهم کند. با بررسی ابعاد مختلف فیزیکی، اقتصادی و اجتماعی در ارزیابی و مقابله با بیابان‌زایی و انتخاب سناریوهای مدیریتی برتر، رویکردی همه‌جانبه و فرابخشی جهت رسیدن به اهداف مدیریت جامع بیابان و در نتیجه توسعه پایدار فراهم خواهد شد.

منابع

1. Afkhami Ardesiri, S. 2007. Comparison the Effect of Land-use Changes on Desertification Risk in the Gorgan Plain at Past 50 Years using ICD & ESAs Desertification Assessment Methods (Case study: Gorgan-Aq-Qala, Inche Borun), M.Sc. Thesis. Dissertation, Gorgan University of Agriculture Sciences and Natural Resources. Iran. 174p. (In Persian)
2. Ekhtesasi, M.R., and Sepehr, A. 2011. Methods and Models of Desertification Assessment and Mapping, Yazd University Press, First Edition, 312p. (In Persian)
3. Farajollahi, A. 2016. Socio-Economic Factors Influencing Land Use Changes and Desertification Hazard in Maraveh Tappeh Region, Golestan Province. PhD Thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. 213p. (In Persian)
4. Farajollahi, A., Asgari, H.R., Ownegh, Mahboubi, M.R., and Mahini, A.S. 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. (In Persian)
5. Farmahini Farahani, A., and Darvish, M. 2012. Assessment and Generating Desertification Map Using FAO and UNEP Method Kavire-e-meighan Basin. Iran. J. Range Des. Res. 19: 4. 547-556. (In Persian)
6. Giordano, L., Giordano, F., Grauso, S., Iannetta, M., Sciortino, M., Rossi, L., and Bonati, G. 2003. Identification of Areas Sensitive to Desertification in Sicily Region. ENEA, Rome, Italy. Pp: 1-16.
7. Goudie, A.S. 2011. Desertification, In: J.O. Nriagu (ed.) Encyclopedia of Environmental Health, Burlington: Elsevier, 2: 30-35.
8. Hemmati, N. 2001. Analysis of Factors Influencing Desertification and Introducing a Predictive Model in Nemmat Abad Bijar Region. M.Sc. Thesis. University of Tehran. 150p. (In Persian)
9. Karimi Sangchini, E., Ownegh, M., Sadoddin, A., Tahmasebi Pur, N., and Rezaee, H. 2017. A system dynamics model to predict the effects of vegetation-based management scenarios on structural landscape ecology in Hablehrud River Basin. J. Water. Engin. Manage. 9: 1. 58-70. (In Persian)
10. Kelly, R.A., Jakeman, A.J., Barreteau, O., Borsuk, M.E., Elsawah, S., Hamilton, S.H., Sakari K., Holger, R.M., Rizzoli, A.E., Van Delden, H., and Voinov, A.A. 2013. Selecting among Five Common Modelling Approaches for Integrated Environmental Assessment and Management. Environmental Modelling & Software, 47: 159-181.
11. Kosmas, C., Kirkby, M., and Geeson, N. 1999. European Commission the Medalus project-Mediterranean Desertification and Land Use, Manual on Key Indicators of Desertification and Mapping Environmentally Sensitive Areas to Desertification. 87p.
12. Kotir, J.H., Smith, C., Brown, G., Marshall, N., and Johnstone, R. 2016. A System Dynamics Simulation Model for Sustainable Water Resources Management and Agricultural Development in the Volta River Basin, Ghana. Science of the Total Environment, 573: 444-457.
13. Li, X.Y., Ma, Y.J., Xu, H.Y., Wang, J.H., and Zhang, D.S. 2009. Impact of Land Use and Land Cover Change on Environment Degradation in Lake QINGHAI Watershed, Northeast, QINGHAITIBET Plateau. Land Degrade and Development. Catena. 20: 69-83.
14. Mansouri, K. 2010. Assessment of Land use Change Effects on Desertification Hazard and Risk. M.Sc. Thesis. Gorgan University of Agriculture Sciences and Natural Resources. Iran. 153p. (In Persian)
15. Mavrommati, G., Bithas, K., and Panayiotidis, P. 2013. Operationalizing Sustainability in Urban Coastal Systems: A system Dynamics Analysis, Water research, Pp: 1-16.

16.Parvari Asl, S.H., Pahlavanravi, A., and Moghaddam Nia, A.R. 2010. Classification of Desertification Intensity Using ESAs Model in Niyatak Region (Sistan, Iran). J. Range Water. Manage. Iran. J. Natur. Resour. 63: 2. 149-163. (In Persian)
17.Rasmy, M., Gad, A., Abdelsalam, H., and Siwailam, M. 2010. A Dynamic Simulation Model of Desertification in Egypt. Egypt. J. Rem. Sens. Space Sci. 13: 101-111.
18.Reynolds, J.F., Stafford and Smith, D.M. 2002. Global Desertification: Do Humans Cause Deserts? Dahlem University Press, Berlin, 437p.
19.Sepehr, A., Hassanli, A.M., Ekhtesasi, M., and Jamali, J. 2007. Quantitative assessment of desertification in south of Iran using MEDALUS method. Environmental Monitoring and Assessment. 134: 1-3. 243-254. (In Persian)
20.Simonovic, S.P., and Ahmad, S. 2000. System Dynamics Modeling of Reservoir Operation for Flood Management. J. Comp. Civil Engin. 14: 3. 190-199.
21.Soltani, M., and Alizadeh, H.A. 2018. Integrated Water Resources Management at Basin Scale (IWMsim) Using a System Dynamics Approach. J. Water Soil Resour. Cons. 7: 2. 69-90. (In Persian)
22.UN (United Nations). 1994. UN Earth Summit, Convention on Desertification, UN Conference in Environment and Development, Rio de Janeiro. Brazil, June 3-14, 1992. United Nations, New York.
23.Zehtabian, Gh.R., and Rafiei Emam, A. 2003. ESAs, a New for Assessment and Mapping of Areas Sensitive to Desertification. J. Des. 8: 1. 120-126. (In Persian)

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 26(2), 2019
http://jwsc.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwsc.2019.15565.3076

Assessment of land Sensitivity to Desertification Hazard Using System Dynamics Approach in the Jazmourian basin

H. Ahmadi[1], *Y. Esmaeilpour[2], A. Moradi[3] and H. Gholami[2]
[1]Ph.D. Student, Dept. of Natural Resources Engineering, University of Hormozgan,
[2]Assistant Prof., Dept. of Natural Resources Engineering, University of Hormozgan,
[3]Assistant Prof., Dept. of Geography, University of Hormozgan
Received: 08.27.2018; Accepted: 01.22.2019

Abstract

Background and Objectives: Desertification relates to the both the process and end state of drylands degradation. This process, with an impact range in more than 100 countries has affected about one billion people in the world and is the result of complex interactions among various factors, such as climate change and human activities. The objective of this study is to forecast effects of climatic and management scenarios on the desertification phenomena in the Jazmourian catchment, located in the Kerman and Sistan and Baluchistan provinces, using system dynamic modeling approach.

Materials and Methods: Required information and basic data were collected and desertification factors were identified based on previous research and field observations. In the next step, reference diagrams were created to present the causal relationships and feedback based on which the conceptual model for the desertification of the Jazmourian catchment has been developed. The conceptual model was then converted into a model of stocks and flows and run in the Vensim software environment. Verification of the Model was carried out through behavior reproduction tests. Different scenarios of vegetation management and climate were simulated and the outputs of each scenario were compared to the outputs of existing condition.

Results: Based on the results, soil criteria, with a score of 1.73, is the most effective factor for land sensitivity to desertification in the Jazmourian catchment. Desertification Sensitivity Index was in critical class with a score of 1.37. The results of scenario analyses for a 30-year period showed that, change in policy and management (1), management of land cover (1.18 and 1.25) and climate change (1.25) are the preferred scenarios for decreasing the Desertification Sensitivity Index.

Conclusion: Based on the evaluations and studies, the average weight of the desertification intensity for the current state of desertification based on four factors was 1.37. By comparing this value with the ESAs, desertification intensity class for the entire area is estimated between the fragile and critical (a). Examining the results of implementing the cover management scenarios is observed that if 10 and 20 percent change in vegetation cover and protection against erosion occurs, the sensitivity index after 30 years will reach about 1.25 and 1.18, respectively, which shows the importance of managing coverage to combat desertification, especially in the watershed Jazmourian. Also, management actions in the study area can stop the desertification process and improve the current situation. The research indicates that the system dynamic approach, as one of the integrating approaches for the assessment of desertification sensitivity in the Jazmourian catchment, is a useful and efficient approach which helps stakeholders enhance their understanding of the causal relationships and feedback in the system.

Keywords: Behavior reproduction tests, Desertification Sensitivity Index, Jazmourian watershed, Management scenario, System dynamics method

* Corresponding Author; Email: y.esmaeilpour@hormozgan.ac.ir