

ارزیابی آسیب‌پذیری محیط‌زیستی استان لرستان با استفاده از تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره

فاطمه حق‌ندری - کارشناس ارشد محیط‌زیست، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران
روح‌اله میرزایی* - استادیار محیط‌زیست، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران
افسانه افضلی - استادیار محیط‌زیست، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

وصول: ۱۳۹۶/۰۴/۲۶ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۷/۲۹

چکیده

محیط‌زیست و توسعه، دو موضوع اساسی از نگرانی‌های جهان هستند. تأثیرپذیری محیط‌زیست از فعالیت‌های انسان و افزایش تقاضا در استفاده از منابع، امری است که پژوهشگران را بر آن می‌دارد تا مناطق آسیب‌پذیر را شناسایی کرده و در صورت لزوم، اقدام لازم در راستای مدیریت و حفاظت محیط‌زیست و توسعه پایدار تبیین گردد. در این راستا، شاخص آسیب‌پذیری محیط‌زیستی استان لرستان با مشخصه‌هایی از شرایط طبیعی (توپوگرافی، اقلیم، زمین‌شناسی، شاخص نرمال پوشش گیاهی و تراکم آبراهه)، محیطی (کاربری سرزمین، شاخص آسیب‌پذیری دراستیک و فرسایش‌پذیری) و انسانی (تراکم جاذبه، تراکم جمعیت و محلّ انباشت زباله‌های شهری) ارزیابی شد. به این منظور، از دو فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی و ترکیب خطی وزنی استفاده شد. نقشه‌های شاخص آسیب‌پذیری محیط‌زیست حاصل از دو روش یادشده، در ۵ طبقه آسیب‌پذیری خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و شدید طبقه‌بندی شدند. بر پایه نتایج حاصل از روش تحلیل سلسله‌مراتبی، ۱/۷۶٪ استان با مساحت ۴۸۲/۱ کیلومتر مربع در طبقه آسیب‌پذیری شدید قرار گرفت؛ همچنین، بر پایه نتایج حاصل از روش ترکیب خطی وزنی، ۱۴/۱۸٪ با مساحت ۳۹۹۸/۴ کیلومتر مربع در طبقه آسیب‌پذیری شدید قرار گرفت. لکه‌های داغ در سطح استان، شامل مرکز و جنوب شهرستان الشتر، مرکز و شرق شهرستان خرم‌آباد، مرکز و شرق شهرستان بروجرد، مرکز دورد، شمال و شرق الیگودرز و شمال انا هستند. در شهرستان‌های کوهدشت، رومشکان و دوره به صورت پراکنده و در غرب شهرستان پلدختر و شمال غرب و جنوب غرب نورآباد، به عنوان لکه داغ شناخته شدند. در نهایت، اولویت آسیب‌پذیری منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی، پوشش گیاهی و خاک در سطح استان مشخص شد.

واژگان کلیدی: شاخص آسیب‌پذیری محیط‌زیست، لکه داغ، تحلیل سلسله‌مراتبی، ترکیب خطی وزنی، سیستم اطلاعات جغرافیایی، استان لرستان.

مقدمه

ارزیابی کیفیت محیط‌زیست برای مشخص کردن وضعیت مناطق و اقدام‌های مورد نیاز، به منظور حفاظت محیط‌زیست انجام می‌شود (ژیانگ^۱ و همکاران، ۲۰۰۷). با افزایش روابط میان مردم، منابع، محیط‌زیست و توسعه، معضلات محیط‌زیستی نیز برای اولین بار در سال ۱۹۵۰ ظاهر شده و در پی آن، پژوهش‌هایی که به موضوع جغرافیای طبیعت می‌پرداخت، به بحث تغییرات محیط‌زیستی تحت سلطه انسان تبدیل شد؛ از این رو، تعامل میان فعالیت‌های طبیعی، زیستی و انسان، توجه بیشتری می‌طلبد (لو^۲، ۲۰۱۱). در سال ۱۹۹۸، کمیسیون توسعه پایدار سازمان ملل متحد^۳، برای تدوین شاخص‌های آسیب‌پذیری محیط‌زیست^۴، با همکاری کمیسیون کاربردی علوم زمین حوزه اقیانوس آرام جنوبی^۵، تلاش‌هایی را آغاز کرد. ابتدا آرایه‌ای از شاخص آسیب‌پذیری انسان و جهان توسط کالی^۶ و همکاران (۲۰۰۴)، ارائه شد و از آن آرایه، شاخص آسیب‌پذیری محیط‌زیست توسعه یافت. در مقیاس جهانی، برای اولین بار در ۲۳۵ کشور، آسیب‌پذیری محیط‌زیستی ارزیابی شد که طبق این ارزیابی، ایران در زمره کشورهای آسیب‌پذیر طبقه‌بندی شده است (کالی و همکاران، ۲۰۰۴: ۱۹).

آسیب‌پذیری زیست‌محیطی، عبارت است از درجه‌ای که یک اکوسیستم را آماده آسیب کند و با تغییر شرایط محیطی، توانایی مقابله و سازش با اثرات را داشته باشد (ترنر^۷ و همکاران، ۲۰۰۳). به طور معمول، بررسی‌های ارزیابی آسیب‌پذیری که بیشتر در پی یافتن یک عامل تنش بودند، امروزه جنبه‌های دیگر سیستم، مانند اثر هم‌افزایی عوامل تنش‌زا از منابع متعدد را دنبال می‌کنند؛ افزون بر این، ساز و کارهایی که سبب افزایش یا محدود کردن توانایی یک سیستم برای مقابله با تنش، سازگاری و بهبود وضعیت می‌شود، نیز بررسی خواهند شد (کلارک و دیکسون^۸، ۲۰۰۳). معیارهای کلیدی آسیب‌پذیری، می‌تواند با تغییر مقیاس مکانی، تغییر کند (بیرکمن^۹، ۲۰۰۷). آسیب‌پذیری محیط‌زیست ناشی از فرایندهای پیچیده، از عوامل آب و هواشناسی، اقتصادی - اجتماعی، منابع زمین و توپوگرافی تأثیر می‌پذیرد (نگوین^{۱۰} و همکاران، ۲۰۱۶).

به هر حال ارزیابی آسیب‌پذیری محیط‌زیست، به یکی از کانون‌های پژوهش‌های تغییر و پایداری جوامع جهانی تبدیل شده است (ادگر^{۱۱}، ۲۰۰۶). امروزه با گسترش مفهوم آن در تجزیه و تحلیل چندمتغیره و ارزیابی اثرات متقابلی که بین فعالیت‌های انسان و طبیعت وجود دارد، لازم است محیط‌زیست به صورت چندبعدی بررسی شود (کاتر^{۱۲}، ۲۰۰۳). با استفاده از نتایج تحقیقات ارزیابی آسیب‌پذیری محیط‌زیستی، در برنامه‌ریزی منطقه‌ای، استراتژیک و محیطی می‌توان آسیب‌های ناشی از اجرای طرح‌های ملی را شناسایی و به حداقل رسانید، همچنین رویکردها و ملاحظات محیط‌زیستی و توسعه پایدار را در برنامه‌ریزی محقق ساخت

1- Xiong

2- Lu

3- Commission on Sustainable Development (CSD)

4- Environmental Vulnerability Index (EVI)

5- South Pacific Applied Geoscience Commission (SOPAC)

6- Kaly

7- Turner

8- Clark and Dickson

9- Birkmann

10- Nguyen

11- Adger

12- Cutter

(شریف‌زادگان و فتحی، ۱۳۸۴).

پژوهش‌های متعددی در مقیاس ملی، منطقه‌ای و محلی با انواع مختلفی از فنون تجزیه و تحلیل داده‌ها با کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی^۱ و سنجش از دور برای بررسی آسیب‌پذیری محیط‌زیستی انجام گرفته است. در مقیاس ملی، عوامل ارزیابی با توجه به ۵۰ شاخص تدوین شده توسط کمیسیون کاربردی علوم زمین حوزه آقینوس آرام جنوبی در گزارش سال ۲۰۰۴، در نظر گرفته شده است (کالی و همکاران، ۲۰۰۴؛ اسکوندراس^۲ و همکاران، ۲۰۱۱). در مقیاس منطقه‌ای نیز، بیشتر عواملی مانند منابع زمین (کاربری سرزمین و تپ خاک)، اقلیم (دما و بارش)، توپوگرافی (شیب و ارتفاع)، فرسایش و تراکم جمعیت استفاده شده است (ساهو^۳ و همکاران، ۲۰۱۶؛ نگوین و همکاران، ۲۰۱۶؛ لیو^۴ و همکاران، ۲۰۱۷؛ شریف‌زادگان و فتحی، ۱۳۸۴؛ کلوانی، ۱۳۹۳)؛ همچنین، در مقیاس محلی بیشتر اکوسیستم، واحد ارزیابی بوده و معیارهای محدودتری نسبت به مقیاس منطقه‌ای بررسی شده‌اند (لیائو^۵ و همکاران، ۲۰۱۳).

منابع غنی خاک و آب استان لرستان، به همراه ظرفیت‌های گردشگری و جاذبه‌های طبیعی کم‌نظیر آن، به صورت بسیار نامناسبی بهره‌برداری می‌شود. استمرار شیوه‌های نامطلوب، باعث تخریب پوشش گیاهی و نابودی منابع خاک و محیط‌زیست و همچنین اتلاف منابع آبی شده است (پژوهشکده اقتصاد دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۴). از آنجا که معمولاً واحدهای برنامه‌ریزی منطقه‌ای و آمایش سرزمین در سطح استان بررسی می‌شود، پژوهش حاضر در مقیاس منطقه‌ای با هدف تعیین سهم عوامل در آسیب‌پذیر کردن محیط و شناسایی لکه‌های داغ^۶ آسیب‌پذیر استان لرستان انجام گرفته است.

معرفی منطقه مورد بررسی

استان لرستان با مساحت ۲۸۲۹۴ کیلومتر مربع، در امتداد رشته‌کوه‌های زاگرس قرار گرفته (شکل ۱) و چهره غالب آن، دربرگیرنده مناطق کوهستانی است. مساحت جنگل‌های این استان حدود ۷۵۰۰۰ هکتار و وسعت مراتع آن حدود ۱۲۵۰۰۰ هکتار است. همه مراتع استان لرستان در ناحیه ایرانی و تورانی قرار دارند و مناطق بوم‌شناختی آن، ۱۷ تپ عمده را به خود اختصاص می‌دهد که مهم‌ترین تپ، گونه‌های گون است (پژوهشکده اقتصاد دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۴). جمعیت استان لرستان ۱۷۸۵۰۰۰ نفر و حدود ۲/۵٪ از کل جمعیت کشور را تشکیل می‌دهد.

اقلیم استان لرستان به چهار ناحیه طبقه‌بندی می‌شود که شامل ۱- نیمه‌مرطوب با تابستان گرم و زمستان معتدل که شهرستان‌های خرم‌آباد، الشتر و کوهدشت در این ناحیه قرار دارند؛ ۲- نیمه‌مرطوب با تابستان معتدل و زمستان سرد که شهرستان‌های نورآباد، بروجرد، ازنا و الیگودرز در این ناحیه قرار دارند؛ ۳- نیمه‌مرطوب با تابستان نسبتاً گرم و زمستان سرد که این اقلیم، ویژه شهرستان دورود است و ۴- نیمه‌خشک با تابستان بسیار گرم و زمستان نسبتاً سرد که شامل بخش وسیعی از جنوب استان لرستان یعنی پلدختر است (لشنی‌زند و همکاران، ۱۳۹۰).

1- Geographical Information System (GIS)

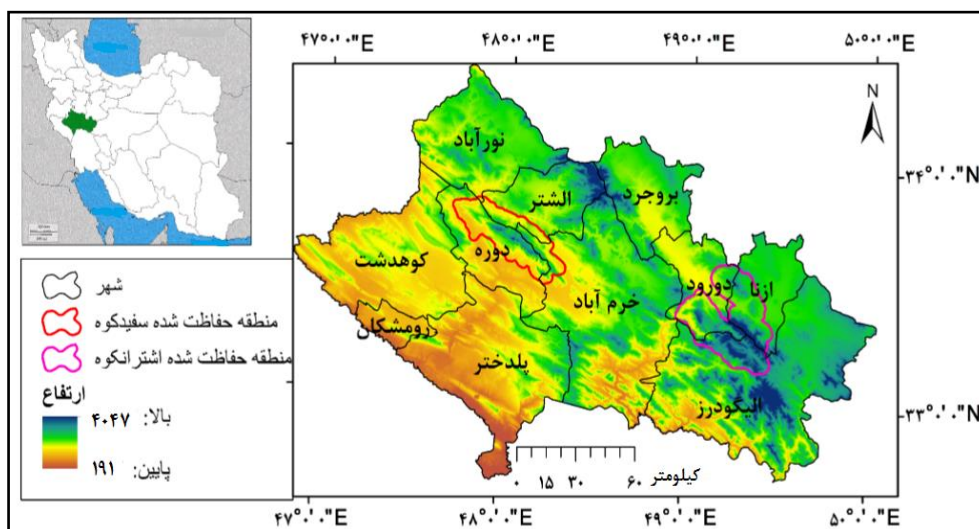
2- Skondras

3- Saho

4- Liu

5- Liao

6- Hot Spot



شکل ۱. نقشه ارتفاع استان لرستان و موقعیت جغرافیایی آن در کشور

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، مجموعه‌ای از ویژگی‌های شرایط طبیعی شامل: ارتفاع، شیب، میانگین دما، میانگین بارندگی، زمین‌شناسی، شاخص نرمال پوشش گیاهی^۱ و تراکم آبراهه؛ و شرایط محیطی شامل: فرسایش خاک، کاربری سرزمین و شاخص دراستیک^۲؛ و شرایط انسانی شامل: تراکم جمعیت، تراکم جاده و محل انباشت زباله‌های شهری بررسی شده‌اند (ساهو و همکاران، ۲۰۱۶؛ وانگ^۳ و همکاران، ۲۰۰۸ الف) (جدول ۱). برای اعمال فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی^۴، پرسشنامه‌ای به منظور اعمال مقایسه زوجی بین معیارها و طبقات هر کدام از آنها طراحی شد؛ سپس اهمیت نسبی عناصر، توسط ۱۵ نفر از کارشناسان محیط‌زیست مشخص شد و با استفاده از نرم‌افزار اکسپرت چویز^۵، وزن‌ها محاسبه شد، سپس نقشه آسیب‌پذیری طبق این روش تهیه شد؛ همچنین، برای روش ترکیب خطی وزنی^۶ همه نقشه‌ها با استفاده از منطق فازی استاندارد شده، سپس نقشه آسیب‌پذیری آن ترسیم شد.

فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی به طور کلی، از مراحل سه‌گانه، ۱- ایجاد درخت سلسله‌مراتب؛ ۲- مقایسه زوجی و ۳- تعیین امتیاز نهایی گزینه‌ها و سرانجام بررسی سازگاری قضاوت‌ها تشکیل می‌شود. برای تهیه ماتریس مقایسه در هر سلسله‌مراتب، ماتریس مقایسه‌های زوجی (D) در بردار وزن‌های نسبی ضرب می‌شود؛ سپس، عناصر بردار مجموع وزنی، در بردار وزن‌های نسبی شاخص‌ها تقسیم می‌شود تا بردار سازگاری (CV) به دست آید. در مرحله بعد، برای محاسبه بزرگ‌ترین مقدار ویژه ماتریس مقایسه‌های زوجی (λ_{max})، میانگین عناصر بردار سازگاری محاسبه می‌شود. مقایسه‌های زوجی توسط مقیاس ۱ تا ۹ اهمیت نسبی هر عنصر نسبت به عناصر دیگر مشخص می‌شود. برای تعیین درجه دقت و درستی وزندهی از شاخص ناسازگاری بر مبنای رویکرد بردار ویژه تئوری گراف محاسبه می‌شود. چنانچه شاخص، معادل ۰/۱ یا کمتر از آن باشد، وزندهی درست بوده است، در غیر این صورت، وزندهی باید دوباره انجام شود. شاخص ناسازگاری

1- Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

2- DRASTIC Index

3- Wang

4- Analytical Hierarchy Process (AHP)

5- Expert Choice 11

6- Weighted Linear Combination (WLC)

(I.I) از رابطه ۱ به دست می‌آید:

$$I.I = \lambda_{\max} - n/n-1 \quad \text{رابطه ۱}$$

که در این رابطه، منظور از n : تعداد معیار و $\lambda_{\max}$: بزرگ‌ترین مقدار ماتریس ویژه است (ساعتی^۱، ۱۹۸۰؛ وانگ و همکاران، ۲۰۰۸ الف).

روش ترکیب خطی وزنی مبتنی بر سیستم اطلاعات جغرافیایی با ضرب نقشه‌های استاندارد شده در وزن‌های متناظر بر آن‌ها حاصل می‌شود. روش ترکیب خطی وزنی از رابطه ۲ محاسبه می‌شود (کرم، ۱۳۸۳):

$$Fi = \sum_{i=1}^n WiXij \quad \text{رابطه ۲}$$

طبق رابطه بالا، W_j : وزن هر معیار j ام، X_{ij} : مقداری است که نقشه استاندارد شده i ام در رابطه با معیار j ام دارد.

با توجه به اهمیت طبقات معیارها و نظر کارشناسی در ارتباط با شرایط محدوده مطالعاتی، حد آستانه برای معیارها تعیین شده و با استفاده از مقیاس ۰-۲۵۵ در محیط نرم‌افزار ترست^۲ نقشه‌های معیار، استاندارد شدند. به منظور اتخاذ توابع فازی، محدوده‌هایی که محیط‌زیست را حساس و آسیب‌پذیر می‌کرد، مد نظر قرار گرفت. از تابع متقارن برای معیار ارتفاع، شیب و شاخص پوشش گیاهی استفاده شد. برای معیار میانگین بارندگی و محل انباشت زباله‌های شهری از تابع کاهشی و برای معیارهای زمین‌شناسی، میانگین دما، تراکم آبراهه، تراکم جاده، تراکم جمعیت، کاربری سرزمین، شاخص دراستیک و فرسایش‌پذیری از تابع افزایشی استفاده شد (جدول ۲).

با توجه به اینکه برای مقایسه نقشه‌های شاخص آسیب‌پذیری محیط‌زیستی حاصل از دو روش تحلیل سلسله‌مراتبی و ترکیب خطی وزنی لازم است ارزش پیکسلی یکسان داشته باشند؛ به این منظور، طبق رابطه ۳ نرمال شدند:

$$X'_i = (X_i - X_{\min} / X_{\max} - X_{\min}) * 100 \quad \text{رابطه ۳}$$

بر اساس رابطه بالا، X' : ارزش نرمال شده پیکسل X_i ؛ نقشه اصلی $X_{\min}$: حداقل ارزش پیکسل و $X_{\max}$: بیشینه ارزش پیکسل است (لیو و همکاران، ۲۰۱۷).

جدول ۱. منابع و مقیاس نقشه‌های معیار شاخص آسیب‌پذیری زیست‌محیطی استان لرستان

منبع	مقیاس	معیار
استانداردای استان لرستان، سال ۱۳۹۳	۱:۲۵۰۰۰	توپوگرافی، زمین‌شناسی، تراکم آبراهه، تراکم جاده، کاربری سرزمین و فرسایش‌پذیری
سازمان هواشناسی کشور، سال ۱۳۹۵	۱:۲۵۰۰۰	داده‌های بارندگی و دما
مرکز آمار ایران، سال ۱۳۹۵	۱:۲۵۰۰۰	تراکم جمعیت
اداره کل حفاظت محیط‌زیست استان لرستان، سال ۱۳۹۵	۱:۲۵۰۰۰	محل انباشت زباله‌های شهری
شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان لرستان، سال ۱۳۹۳	۱:۲۵۰۰۰	شاخص آسیب‌پذیری دراستیک
ماهواره لندست ۸، سنجنده اویل‌آی/تی‌آی/آر ^۳ در تاریخ ۲۰۱۶/۰۹/۰۷ ^۴	۱:۲۵۰۰۰	شاخص نرمال پوشش گیاهی

1- Saaty

2- TerrSet

3- OLI/TIR

4- <https://Earthexplorer.usgs.gov>

جدول ۲. حد آستانه و نوع تابع فازی برای استانداردسازی نقشه‌های معیار در منطق فازی

نقشه	محدوده	حد آستانه				نوع تابع فازی	شکل تابع
		a	b	c	d		
ارتفاع (متر)	۱۹۱-۴۰۴۷	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۳۰۰۰	۴۰۰۰	متقارن	S شکل
شیب (درصد)	۰-۸۱	۸	۲۰	۳۵	۴۰	متقارن	S شکل
زمین‌شناسی	۱-۲-۳-۴*	۲	۳	-	-	افزایشی	خطی
فاصله از محل آنباشت زباله‌های شهری (متر)	۱۰۰۰-۳۰۰۰<	-	-	۲۰۰۰	۳۰۰۰	کاهشی	S شکل
میانگین دما (درجه سلسیوس)	۱۱-۲۲.۸	۱۶	۲۰	-	-	افزایشی	S شکل
میانگین بارندگی (میلی‌متر)	۱۲۰۰-۴۰۰	-	-	۶۰۰	۱۲۰۰	کاهشی	S شکل
شاخص پوشش گیاهی	(-۱) - (+۱)	-۰/۵	۰/۲	۰/۶	۱	متقارن	S شکل
تراکم آبراهه (کیلومتر بر کیلومتر مربع)	۰-۱.۸۵	۰/۱	۱/۲	-	-	افزایشی	S شکل
تراکم جاده (کیلومتر بر کیلومتر مربع)	۰-۱.۷۵	۰/۲	۱/۲	-	-	افزایشی	S شکل
کاربری سرزمین	۱-۲-۳-۴**	۲	۳	-	-	افزایشی	خطی
تراکم جمعیت (نفر در کیلومتر)	۱۰-۹۰۰۰	۵۰۰	۵۰۰۰۰	-	-	افزایشی	S شکل
شاخص دراستیک	۲۳-۱۷۸	۶۰	۱۳۸	-	-	افزایشی	S شکل
فرسایش‌پذیری	۱-۲-۳-۴***	۳	۴	-	-	افزایشی	خطی

* شماره ۱ و ۲، مربوط به سنگ‌هایی است که مقاومت زیادی به هواز دگی و فرسایش دارند؛ مانند گرانیت، گابرو، کوارتندیریت، آهک‌های رادیولاریتی، آندزیت، آهک رودسیت‌دار و اربیتولین‌دار؛ شماره ۳، مربوط به سنگ‌هایی است که به هواز دگی و فرسایش، نیمه‌مقاوم هستند؛ مانند آهک نازک لایه‌دار، دولومیت قهوه‌ای، ولکانیک، اسلیت، آهک مرجانی، آهک و شیل دولومیتی؛ شماره ۴، مربوط به سنگ‌هایی است که به هواز دگی و فرسایش مقاومت ضعیف دارند؛ مانند آهک مارنی، شیل مارنی، ماسه‌سنگ، کنگلومرا، مارن، آهک رسی، برش رادیولاریت‌دار، تراس، تله‌زنگ، تناوب آهک نازک لایه‌دار.

** شماره ۱ و ۲، به ترتیب مربوط به کاربری جنگل و مرتع؛ شماره ۳ و ۴ به ترتیب مربوط به کاربری زراعت، شهر و مسیل و تالاب است.

*** شماره ۱، ۲ و ۳ به ترتیب مربوط به فرسایش‌پذیری خیلی کم، کم و متوسط؛ شماره ۴، مربوط به فرسایش‌پذیری زیاد و شدید است.

نتایج

وزن‌دهی معیارها و طبقات آنها، با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی محاسبه شد (جدول ۳). تراکم جمعیت با مقدار ۰/۲۰۲ و ارتفاع از سطح دریا با مقدار ۰/۰۱۲، به ترتیب، بیشترین و کمترین وزن را به خود اختصاص دادند و میزان ناسازگاری وزن معیارها ۰/۰۹ محاسبه شد.

طبق فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، با تلفیق نقشه‌های معیار، نقشه شاخص آسیب‌پذیری محیط‌زیستی در پنج طبقه آسیب‌پذیری خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و شدید تهیه شد (شکل ۳). بر اساس یافته‌ها، ۲/۱۵٪ از وسعت استان در طبقه آسیب‌پذیری خیلی کم، ۴۴/۳۸٪ در طبقه آسیب‌پذیری کم، ۴۲/۲۰٪ در طبقه آسیب‌پذیری متوسط، ۹/۵۱٪ در طبقه آسیب‌پذیری زیاد و ۱/۷۶٪ در طبقه آسیب‌پذیری شدید قرار دارد؛ بنابراین، بیشتر وسعت استان در طبقه آسیب‌پذیری کم قرار دارد (جدول ۴).

طبق فرایند ترکیب خطی وزنی، نقشه شاخص آسیب‌پذیری محیط‌زیستی در پنج طبقه خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و شدید تهیه شد (شکل ۳). در جدول ۴، مساحت طبقات آسیب‌پذیری ذکر شده است. به این ترتیب، ۱/۹۴٪ از مساحت استان در طبقه آسیب‌پذیری خیلی کم، ۱۲/۲۵٪ در طبقه آسیب‌پذیری کم، ۳۰/۵۰٪ در طبقه آسیب‌پذیری متوسط، ۴۱/۱۴٪ در طبقه آسیب‌پذیری زیاد و ۱۴/۱۸٪ در طبقه آسیب‌پذیری شدید قرار دارند؛ بنابراین، بر اساس این روش، بیشتر وسعت استان در طبقه آسیب‌پذیری زیاد

قرار دارد و لگه‌های داغ در آن، در مقایسه با روش تحلیل سلسله‌مراتبی وسعت بیشتری از استان را دربر می‌گیرد (جدول ۴).

جدول ۳. وزن و میزان ناسازگاری طبقات معیارهای شاخص آسیب‌پذیری محیط‌زیستی به روش تحلیل سلسله‌مراتبی

ردیف	معیار	وزن معیار	طبقات معیار	وزن طبقات معیار
۱	ارتفاع	۰/۰۱۲	(۱) ۱۰۰-۱۰۰۰	۰/۱۱۳
			(۲) ۱۰۰۰-۲۰۰۰	۰/۲۵۴
			(۳) ۲۰۰۰-۳۰۰۰	۰/۴۸۱
			(۴) ۳۰۰۰-۴۰۴۷	۰/۱۵۲
			میزان ناسازگاری ۰/۰۶	
۲	شیب	۰/۰۱۸	(۱) ۰-۸	۰/۱۲۸
			(۲) ۸-۲۰	۰/۲۵۱
			(۳) ۲۰-۳۵	۰/۳۸۵
			(۴) ۳۵-۸۰	۰/۲۳۶
			میزان ناسازگاری ۰/۰۹	
۳	زمین‌شناسی	۰/۰۲۲	(۱) خیلی مقاوم به هوازدگی و فرسایش	۰/۰۶۲
			(۲) مقاوم به هوازدگی و فرسایش	۰/۱۳۳
			(۳) نیمه مقاوم به هوازدگی و فرسایش	۰/۳۲۵
			(۴) مقاومت ضعیف به هوازدگی و فرسایش	۰/۴۷۹
			میزان ناسازگاری ۰/۰۴	
۴	میانگین دما	۰/۰۲۳	(۱) ۱۱-۱۴	۰/۱۹۱
			(۲) ۱۴-۱۶	۰/۱۷۱
			(۳) ۱۶-۱۸	۰/۱۷۱
			(۴) ۱۸-۲۲/۸	۰/۴۶۷
			میزان ناسازگاری ۰/۰۱	
۵	میانگین بارندگی	۰/۰۳۲	(۱) <۵۰۰	۰/۳۳۰
			(۲) ۵۰۰-۷۰۰	۰/۲۰۷
			(۳) ۷۰۰-۸۵۰	۰/۱۷۵
			(۴) >۸۵۰	۰/۲۸۸
			میزان ناسازگاری ۰/۰۷	
۶	شاخص نرمال پوشش گیاهی	۰/۰۴۲	(۱) ۰/۵-۱	۰/۲۹۹
			(۲) ۰/۵-۰/۱	۰/۲۵۳
			(۳) ۰/۱-۰/۲	۰/۲۰۹
			(۴) ۰/۲-۱	۰/۲۳۹
			میزان ناسازگاری ۰/۰۷	
۷	فاصله از محل انباشت زباله‌های شهری	۰/۰۴۶	(۱) فاصله ۱۰۰۰ متری از محل	۰/۵۵۴
			(۲) فاصله ۲۰۰۰ متری از محل	۰/۲۳۷
			(۳) فاصله ۳۰۰۰ متری از محل	۰/۱۲۲
			(۴) فاصله بیش از ۳۰۰۰ متری از محل	۰/۰۸۷
			میزان ناسازگاری ۰/۰۸	
۸	تراکم آبراهه	۰/۰۷۴	(۱) ۰-۰/۱	۰/۰۸۱
			(۲) ۰/۱-۰/۵	۰/۱۵۴
			(۳) ۰/۵-۱	۰/۲۸۸
			(۴) ۱-۱/۸۵	۰/۴۷۷
			میزان ناسازگاری ۰/۰۱	

ادامه جدول ۳. وزن و میزان ناسازگاری طبقات معیارهای شاخص آسیب پذیری محیط زیستی به روش تحلیل سلسله مراتبی

ردیف	معیار	وزن معیار	طبقات معیار	وزن طبقات معیار
۹	شاخص دراستیک	۰/۱۲۳	(۱) ۲۳-۴۷	۰/۱۶۱
			(۲) ۶۰-۹۲	۰/۱۶۹
			(۳) ۹۳-۱۳۷	۰/۲۳۸
			(۴) ۱۳۸-۱۷۸	۰/۴۳۳
			میزان ناسازگاری ۰/۰۸	
۱۰	تراکم جاده	۰/۱۲۸	(۱) ۰-۰/۲	۰/۰۵۴
			(۲) ۰/۲-۰/۶	۰/۱۲۲
			(۳) ۰/۶-۱	۰/۲۴۵
			(۴) ۱-۱/۷۵	۰/۵۷۹
			میزان ناسازگاری ۰/۰۷	
۱۱	فرسایش پذیری	۰/۱۳۳	(۱) خیلی کم	۰/۰۹۵
			(۲) کم	۰/۱۶۰
			(۳) متوسط	۰/۲۷۷
			(۴) زیاد	۰/۴۶۷
			میزان ناسازگاری ۰/۰۱	
۱۲	کاربری اراضی	۰/۱۴۶	(۱) مرتع	۰/۰۹۵
			(۲) جنگل	۰/۱۶۰
			(۳) زراعت	۰/۲۷۷
			(۴) شهر، تالاب و مسیل	۰/۴۶۷
			میزان ناسازگاری ۰/۰۱	
۱۳	تراکم جمعیت	۰/۲۰۲	(۱) <۵۰۰	۰/۰۹۵
			(۲) ۵۰۰-۵۰۰۰	۰/۱۶۰
			(۳) ۵۰۰۰-۵۰۰۰۰	۰/۲۷۷
			(۴) >۵۰۰۰۰	۰/۴۶۷
			میزان ناسازگاری ۰/۰۱	

نقشه های شاخص آسیب پذیری محیط زیستی حاصل از دو روش تجمیع شد تا به کمک لگه های داغ در دو روش یادشده، بتوان به نقاط مشترکی دست یافت. به این ترتیب، در جدول ۵، وسعت طبقات آسیب پذیری محیط زیستی به تفکیک طبقات ارتفاعی ذکر شده است که نشان می دهد طبقه ارتفاعی ۱۰۰۰-۱۹۱ نسبت به محدوده ای از استان بیشترین میزان از لگه های داغ را دارد. پس از آن، طبقه ارتفاعی ۲۰۰۰-۱۰۰۰ و ۳۰۰۰-۲۰۰۰ به ترتیب در رتبه دوم و سوم قرار دارند. در جدول ۶ نیز، وسعت طبقات آسیب پذیری به تفکیک شهرستان های استان لرستان آورده شده که نسبت به محدوده هر شهرستان، الشتر بیشترین میزان آسیب پذیری را دارد؛ پس از آن، شهرستان های بروجرد، دورود، خرم آباد، پلدختر، الیگودرز، نورآباد، ازنا، دوره، رومشکان و کوهدشت به ترتیب، در رده های بعدی قرار دارند.

جدول ۴. وسعت طبقات نقشه شاخص آسیب پذیری محیط زیستی حاصل از دو روش تحلیل سلسله مراتبی و ترکیب خطی وزنی (کیلومتر مربع)

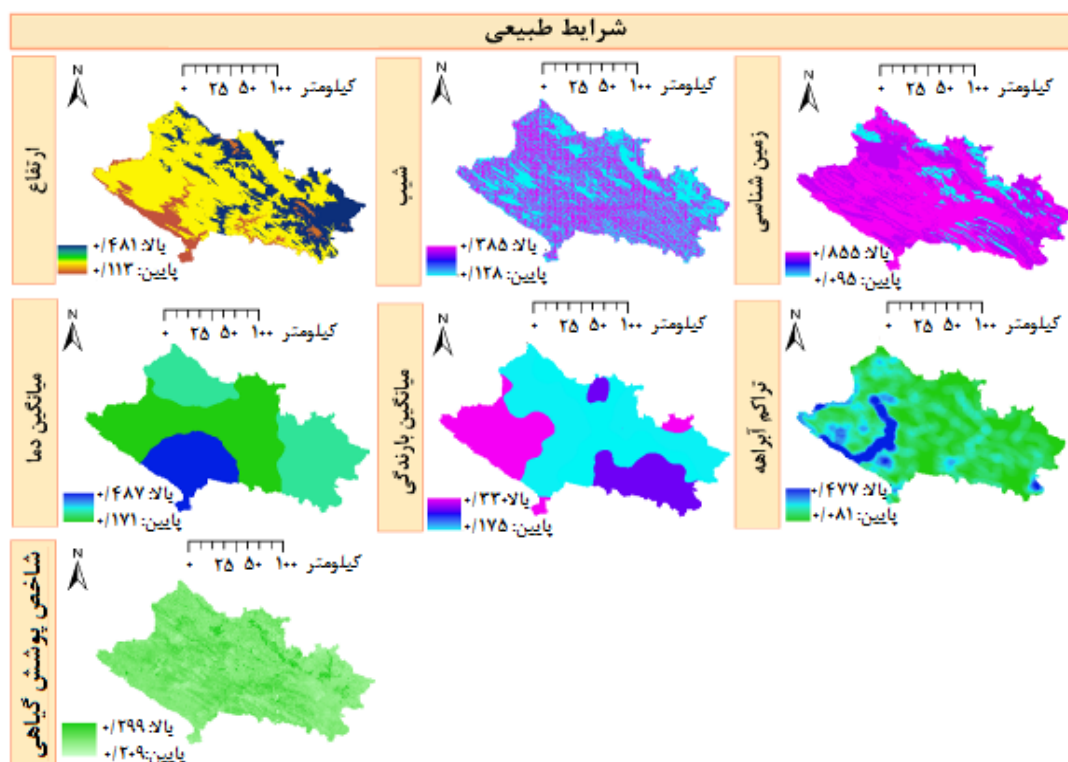
روش	خیلی کم		کم		متوسط		زیاد		شدید	
	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد
تحلیل سلسله مراتبی	۵۸۷/۵	۲/۱۵	۱۲۱۴۱/۲	۴۴/۳۸	۱۱۵۴۴/۵	۴۲/۲۰	۲۶۰۰/۹	۹/۵۱	۴۸۲/۱	۱/۷۶
ترکیب خطی وزنی	۵۴۶/۸	۱/۹۴	۳۴۵۳/۷	۱۲/۲۵	۸۵۹۹/۲	۳۰/۵۰	۱۱۵۹۹/۲	۴۱/۱۴	۳۹۹۸/۴	۱۴/۱۸

جدول ۵. وسعت طبقات بر اساس نقشه شاخص آسیب‌پذیری محیط‌زیستی تجمیع‌شده دو روش تحلیل سلسله‌مراتبی و ترکیب خطی وزنی به تفکیک طبقات ارتفاعی (کیلومتر مربع)

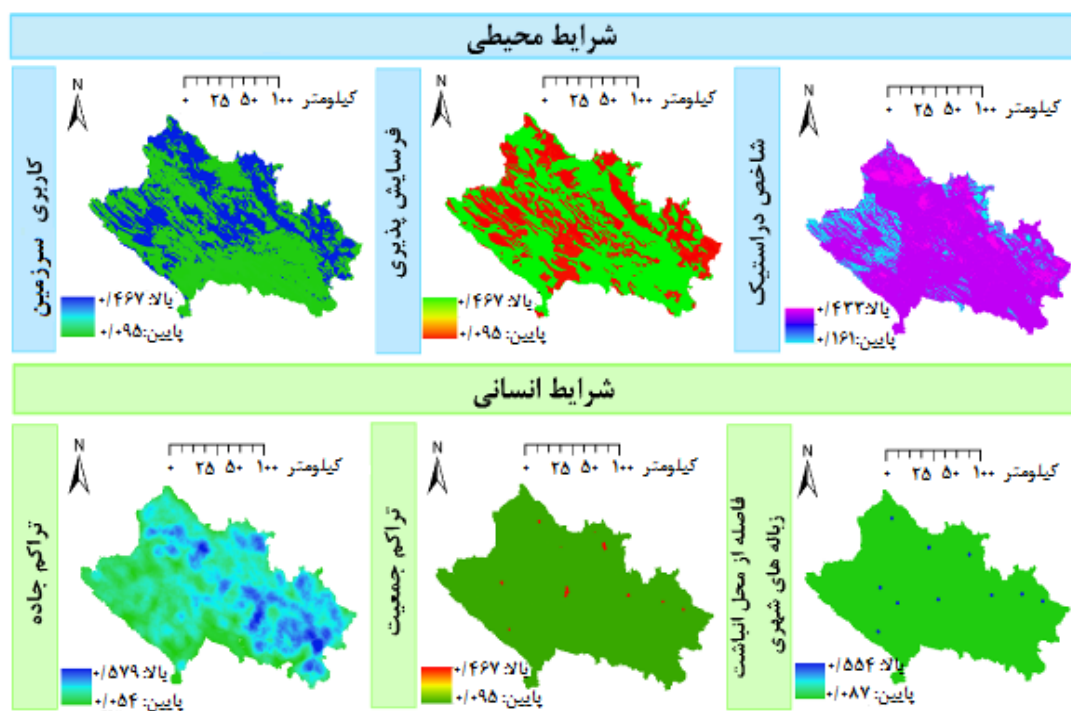
طبقات ارتفاع	خیلی کم		کم		متوسط		زیاد		شدید	
	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد
۱۹۱-۱۰۰۰	۱۸/۹	۱/۴۶	۲۷۷/۹	۲۱/۴۶	۱۰۸/۲	۸/۳۴	۷۸۶/۴	۶۰/۶۱	۱۰۶/۱	۸/۱۸
۱۰۰۰-۲۰۰۰	۹۲/۶	۰/۵۴	۳۲۸۸/۸	۱۹/۰۴	۹۱۹۲/۳	۵۳/۲۱	۴۲۲۰/۵	۲۴/۴۳	۴۸۱/۵	۲/۷۹
۲۰۰۰-۳۰۰۰	۴۲/۵	۰/۵۷	۱۰۷۱/۳	۱۴/۴۶	۴۲۴۳/۵	۵۷/۲۹	۱۸۵۳/۵	۲۵/۰۲	۱۹۵/۸	۲/۶۴
۳۰۰۰-۴۰۴۷	۰/۷	۰/۱۷	۹۰/۹	۲۲/۶۲	۲۸۶/۱	۷۱/۱۹	۲۳/۹	۵/۹۵	۰/۳	۰/۰۷

جدول ۶. وسعت طبقات شاخص آسیب‌پذیری محیط‌زیست بر اساس نقشه تجمیع‌شده دو روش تحلیل سلسله‌مراتبی و ترکیب خطی وزنی به تفکیک شهرستان‌های استان لرستان (کیلومتر مربع)

نام شهرستان	خیلی کم		کم		متوسط		زیاد		شدید	
	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد
ازنا	۱/۲	۰/۰۹	۱۴۰/۷	۱۰/۷۱	۸۴۷/۶	۶۴/۵۱	۳۱۲/۹	۲۳/۸۱	۱۱/۶	۰/۸۸
الیگودرز	۴۴/۱	۰/۸۵	۸۰۸/۱	۱۵/۴۹	۲۹۱۰/۶	۵۵/۷۸	۱۳۰۵/۷	۲۵/۰۲	۱۴۹/۳	۲/۸۶
الشتر	۰	۰	۱۵۵/۳	۱۰/۳۷	۶۳۸/۱	۴۲/۶۱	۵۵۰/۵	۳۶/۷۶	۱۵۳/۶	۱۰/۲۶
بروجرد	۱۳/۵	۰/۸۱	۲۰۲/۵	۱۲/۱۴	۹۳۸/۶	۵۶/۲۹	۴۴۷/۹	۲۶/۸۶	۶۴/۹	۳/۸۹
پلدختر	۲/۵	۰/۰۷	۸۰۸/۶	۲۲/۱۹	۱۷۱۹/۸	۴۷/۲۱	۹۹۰/۲	۲۷/۱۸	۱۲۲/۱	۳/۳۵
خرم‌آباد	۵/۱	۰/۱۱	۶۷۲	۱۴/۱۹	۲۶۴۳/۹	۵۵/۸۲	۱۲۵۲/۲	۲۶/۴۴	۱۶۳/۳	۳/۴۵
دورود	۰/۱	۰/۰۱	۱۱۹/۵	۸/۹۴	۸۶۲/۹	۶۴/۵۴	۳۰۸/۱	۲۳/۰۴	۴۶/۵	۳/۴۸
دوره	۴/۵	۰/۲۸	۳۱۶/۴	۱۹/۵	۹۳۵/۲	۵۷/۶۳	۳۶۰/۶	۲۲/۲۲	۵/۹	۰/۳۷
رومشکان	۰	۰	۳۱/۶	۶/۸۳	۳۰۸/۵	۶۶/۷۲	۱۲۱/۸	۲۶/۳۴	۰/۵	۰/۱۱
کوهدشت	۴۵/۱	۱/۳۲	۱۰۶۸/۷	۳۱/۱۹	۱۹۴۹/۶	۵۶/۹۱	۳۵۹/۲	۱۰/۴۸	۳/۴	۰/۱
نورآباد	۳۵/۵	۱/۴۶	۴۰۵/۱	۱۶/۴۹	۱۰۴۹/۵	۴۳/۲۴	۸۷۴/۸	۳۶/۰۴	۶۲/۳	۲/۵۷

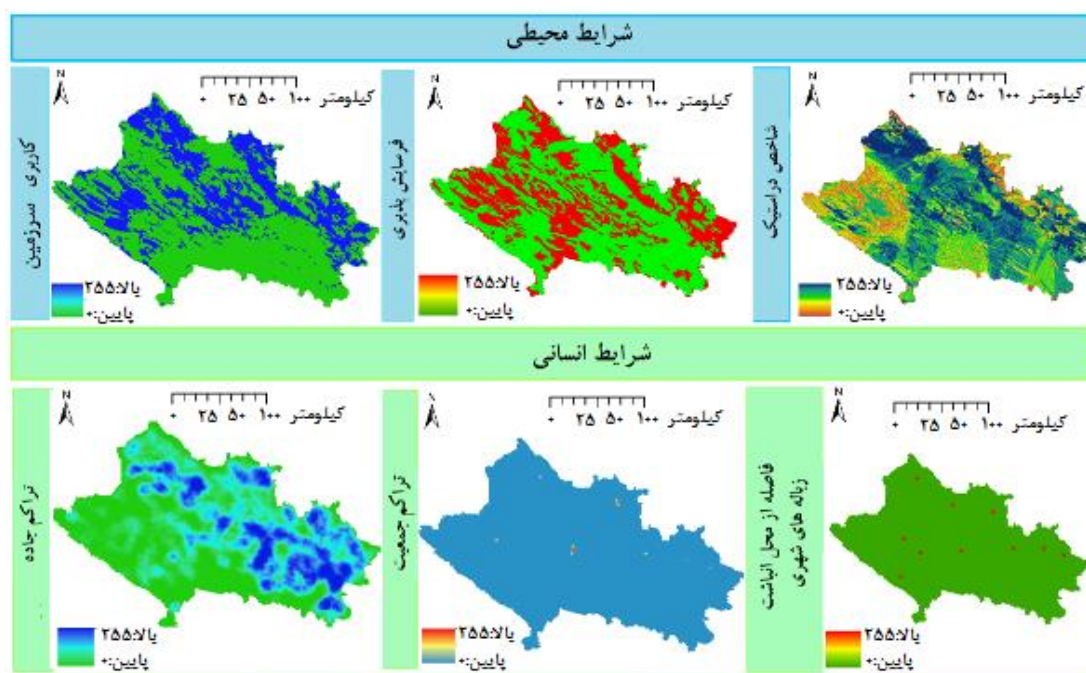


شکل ۲. نقشه‌های وزن‌دهی‌شده معیارهای شاخص آسیب‌پذیری محیط‌زیست به روش تحلیل سلسله‌مراتبی

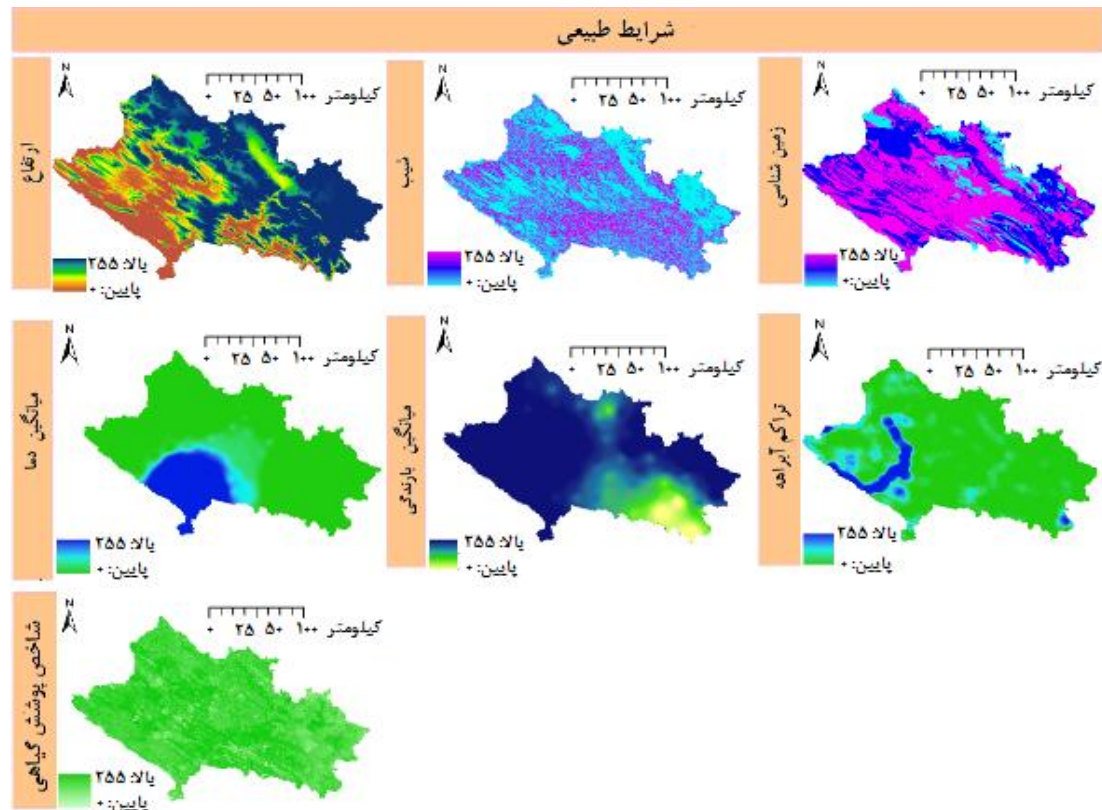


ادامه شکل ۲. نقشه های وزن دهی شده معیارهای شاخص آسیب پذیری محیط زیست به روش تحلیل سلسله مراتبی

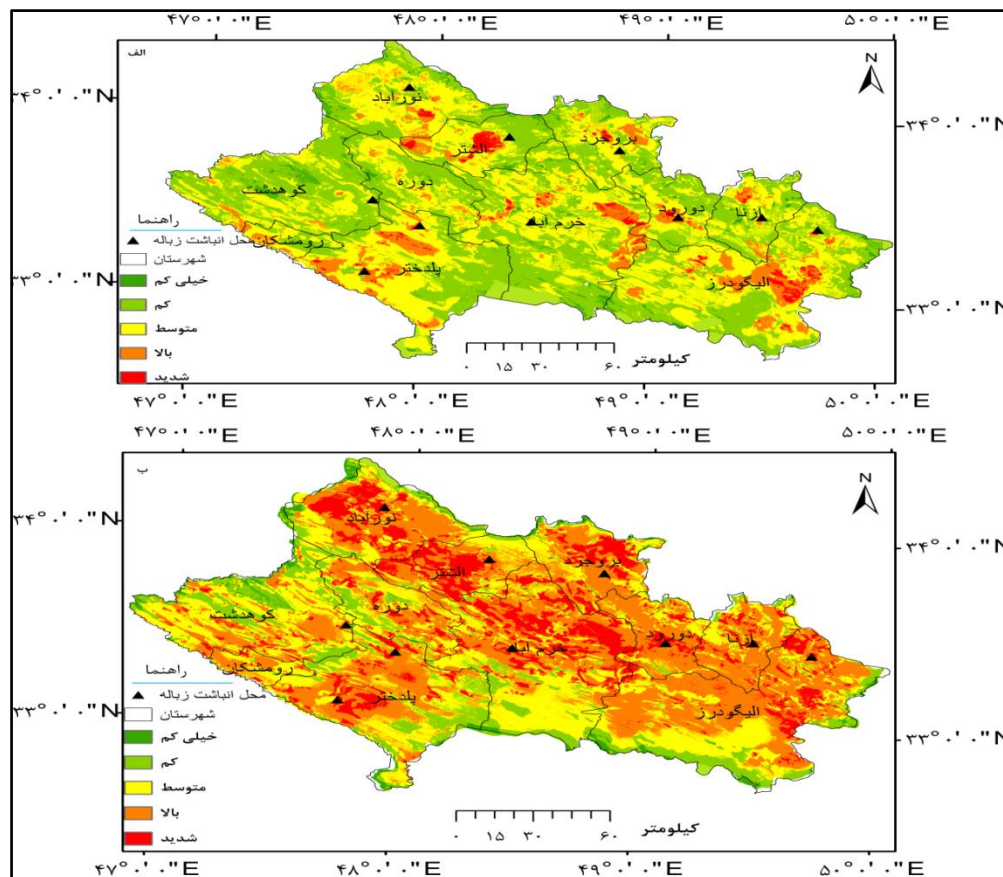
تصاویر استخراج شده لگه های داغ از گوگل ارث^۱ نشان می دهد که کاربری های اصلی در شهرستان های الشتر، خرم آباد، بروجرد، دورود، الیگودرز و ازنا، کشاورزی و شهری هستند. در کوهدشت، رومشکان و دوره، جنگل های بلوط ارتفاعات دچار آسیب پذیری شدید هستند. در پلدختر و نورآباد، کشتزارهای با شیب زیاد به همراه ساختار زمین شناسی حساس به فرسایش به عنوان لگه داغ شناخته شدند (شکل ۵).



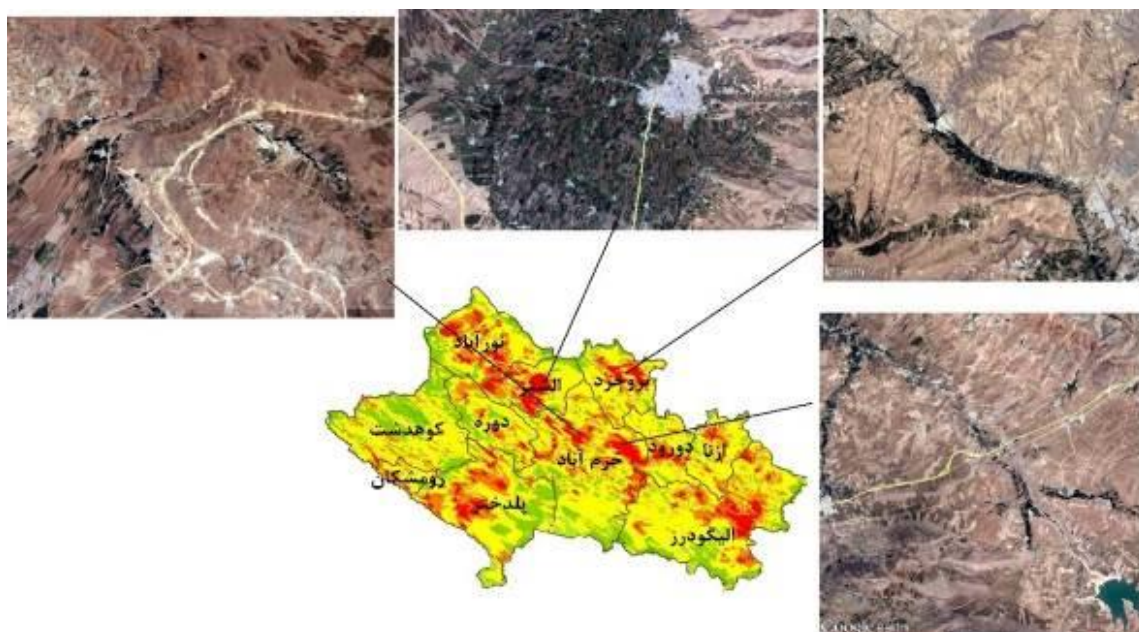
شکل ۳. نقشه های استاندارد شده معیارهای شاخص آسیب پذیری محیط زیست به روش منطق فازی



شکل ۳. نقشه‌های استاندارد شده معیارهای شاخص آسیب‌پذیری محیط‌زیست به روش منطق فازی



شکل ۴. نقشه‌های شاخص آسیب‌پذیری محیط‌زیست به روش الف: تحلیل سلسله‌مراتبی و ب: روش ترکیب خطی وزنی



شکل ۵. تصویر لکه‌های داغ بر اساس نقشه تجميع شده دو روش تحليل سلسله‌مراتبی و تركيب خطی وزنی

بحث

آسیب‌پذیری زیست‌محیطی، در معرض خطر قرار گرفتن نهادهایی مانند اکوسیستم، جمعیت و فرایندهای فیزیکی و زیستی را نشان می‌دهد که این موارد، خود از فعالیت‌های انسانی تأثیر می‌پذیرند (کالی و همکاران، ۲۰۰۴)؛ بنابراین، لازم است بسیاری از مشخصه‌ها که بیانگر شرایط طبیعی و انسانی باشند، بررسی شوند. انتخاب عوامل، با توجه به شرایط منطقه مطالعاتی، متفاوت خواهد بود، به طوری که عواملی مورد بررسی قرار می‌گیرند که در وهله اول در محدوده مطالعاتی موجود بوده، دوم اینکه تأثیر چشمگیری بر محیط‌زیست منطقه داشته باشند. در این پژوهش، با جمع‌بندی نظرات کارشناسی برای انتخاب معیارها و اختصاص وزن به آنها، نتایج بر اهمیت سه منبع مهم زیست‌محیطی تأکید داشتند. این منابع، شامل پوشش گیاهی، منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی و فرسایش خاک منطقه هستند. برای انتخاب معیارهای ارزیابی آسیب‌پذیری زیست‌محیطی تلاش بر این بوده است که جنبه‌های مختلف شرایط طبیعی و انسانی پوشش داده شود. با این وجود، برخی معیارها دارای وجوه اشتراک اجتناب‌ناپذیری از لحاظ اهمیت زیست‌محیطی هستند؛ به عنوان مثال، معیار شیب از جنبه فرسایش نواحی با شیب بالا و معیار زمین‌شناسی از جنبه مقاومت سنگ‌ها به فرسایش و هوازدگی نقطه مشترکی با معیار فرسایش‌پذیری دارند؛ همچنین اهمیت معیار ارتفاع از سطح دریا به واسطه پوشش گیاهی نواحی مرتفع زاگرس وجه مشترکی با شاخص پوشش گیاهی دارد (وانگ و همکاران، ۲۰۰۸ الف؛ لی^۱ و همکاران، ۲۰۰۹؛ نگوین و همکاران، ۲۰۱۶). اهمیت معیار ارتفاع از سطح دریا به واسطه پوشش گیاهی نواحی مرتفع استان لرستان (رشته‌کوه زاگرس) نقطه مشترکی با شاخص پوشش گیاهی دارد؛ به طوری که در ناحیه زاگرس، از ارتفاع ۱۰۰۰ متری از سطح دریا رویش بلوط، از ارتفاع ۱۲۰۰ متری رویش بادام و بته و از ارتفاع ۲۱۰۰ متری رویش گلایی وحشی آغاز می‌شود (مخدوم فرخنده، ۱۳۸۷: ۱۱۵). نبود پوشش گیاهی با کاهش تنوع زیستی و یکپارچگی اکوسیستم، می‌تواند بر تعاملات پیچیده زیست‌محیطی اثرگذار باشد. پوشش گیاهی، به عنوان پناهگاهی برای گونه‌های در معرض تهدید، تولیدکننده دی‌اکسید کربن

و اکسیژن، کاهش اثرات آلودگی هوا، تولید خاک و حفظ ذخایر آب زیرزمینی عمل می‌کند. در نتیجه، با مقاومت محیط در برابر خطرات زیست‌محیطی، می‌تواند در کاهش اثرات منفی مؤثر واقع شود (کالی و همکاران، ۲۰۰۴: ۲۷). معیار تراکم آبراهه و شاخص دراستیک نیز اهمیت منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی را ظاهر می‌سازند (ساهو و همکاران، ۲۰۱۶؛ نگوین و همکاران، ۲۰۱۶). به‌علاوه، مشخصه‌های شرایط انسانی مانند تراکم جمعیت، تراکم جاده و محل‌انباشت زباله‌های شهری، سه منبع زیست‌محیطی یادشده را تحت تأثیر قرار می‌دهند (لیو و همکاران، ۲۰۱۷). تراکم جمعیت، پتانسیل خسارت به واسطه توسعه انسانی را نشان می‌دهد. در پی افزایش جمعیت، نرخ بهره‌برداری از منابع طبیعی و تولید پسماند افزوده می‌شود؛ در نتیجه، تقاضا برای مسائل مربوط به دفع پسماند، زیرساخت‌ها را با خطر آسیب مواجه می‌سازد. محل‌انباشت زباله‌های شهری نیز خطری برای اکوسیستم‌های آبی و خشکی، گونه‌های در معرض خطر انقراض و حساس محسوب می‌شوند (کالی و همکاران، ۲۰۰۴: ۳۹).

تعیین وزن عوامل مختلف یکی از مهم‌ترین چالش‌ها در ارزیابی به شمار می‌رود (لی و همکاران، ۲۰۰۹). بسیاری از پژوهش‌ها در این زمینه از جمله ساهو و همکاران (۲۰۱۶)، نگوین و همکاران (۲۰۱۶) و لیو و همکاران (۲۰۱۷) برای وزن‌دهی به معیارها، از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده کرده‌اند. در صورتی که هدف از ارزیابی، بررسی تغییرات زمانی آسیب‌پذیری باشد، از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی مکانی^۱ بهره برده‌اند که می‌توان به مطالعات ناندی^۲ و همکاران (۲۰۱۵)، وانگ و همکاران (۲۰۰۸) ب و لی و همکاران (۲۰۰۶) اشاره کرد.

در این پژوهش نیز، برای وزن‌دهی عوامل از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده شد که تراکم جمعیت، به عنوان یک ویژگی انسانی، بیشترین وزن را به خود اختصاص داد و کمترین وزن به معیار ارتفاع اختصاص یافت. تراکم جمعیت، به عنوان یک عامل در افزایش روند اثرات نامطلوب بر محیط‌زیست در بسیاری از مطالعات ثابت شده است (ناندی و همکاران، ۲۰۱۵؛ لی و همکاران، ۲۰۰۶؛ لی و همکاران، ۲۰۰۹) که این امر، منجر به کاهش عرصه‌های منابع طبیعی، تغییرات سریع کاربری اراضی و فرسایش خاک می‌شود (وانگ و همکاران، ۲۰۰۸ الف).

در پژوهش ساهو و همکاران (۲۰۱۶)، در منطقه ساحلی اودیشا هند، بیشترین وزن، به شاخص دراستیک و کمترین وزن، به معیار زمین‌شناسی تعلق گرفته است. این امر، ممکن است به سبب اهمیت آب شیرین این منطقه که از منابع آب‌های زیرزمینی تأمین می‌شود، باشد. در مطالعه لی و همکاران (۲۰۰۹)، در حوزه دانجیانگ‌کو چین، بیشترین وزن، به معیار ارتفاع و کمترین وزن، به معیار شاخص خشکی تعلق گرفته است. منطقه مطالعاتی ایشان از ارتفاع ۱۵۰ آغاز و تا ۳۶۱۲ متری ادامه می‌یابد. این محدوده تا ارتفاع ۱۵۰۰ متری دارای پوشش گیاهی از نوع جنگل‌های سوزنی‌برگ بوده و تا ارتفاع ۲۵۰۰ متری نیز دارای مخلوط جنگل‌های همیشه‌سبز و پهن‌برگ است؛ همچنین، آب‌وهوای موسمی نیمه‌گرمسیری با میانگین بارش ۸۷۳ میلی‌متر و درجه حرارت ۱۳/۷ درجه سانتی‌گراد است؛ بنابراین، پوشش گیاهی محدوده مطالعاتی برای ایشان مهم بوده و با وجود بارندگی زیاد، معیار شاخص خشکی، کمترین اهمیت را داشته است.

طبق نتایج حاصل از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، حدود ۱۰٪ از وسعت استان نیاز به توجه جدی برای کاهش آسیب را دارد. اگرچه در انجام این فرایند، از فازی‌سازی آن اجتناب شده، اما با اعمال وزن به طبقات

1- Spatial Principal Component Analysis (SPCA)

2- Nandy

معیارها، تلاش شده است دقت ارزیابی بیشتر شود. به طوری که وزن‌های بیشتری به طبقاتی که از جهت آسیب رساندن به محیط‌زیست و یا در معرض آسیب بودن مورد توجه قرار گرفتند، اختصاص یافت. نقشه حاصل از فرایند ترکیب خطی وزنی، وسعت بیشتری از استان را در طبقات آسیب‌پذیری زیاد و شدید قرار داده است که بر اساس آن، حدود نیمی از وسعت استان به توجه جدی نیاز دارد.

در مجموع می‌توان گفت لکه‌های داغ در سطح استان، به طور عمده تحت کاربری کشاورزی و شهری هستند. بدیهی است که کاربری کشاورزی و شهری با تراکم زیادی از جاده و جمعیت همراه هستند؛ به این ترتیب، فعالیت‌های انسانی، نقش عمده‌ای در آسیب‌پذیر کردن مناطق دارند. در برخی مناطق، مانند شهرستان‌های نورآباد و پلدختر، زمین‌های با شیب زیاد، در طبقه آسیب‌پذیری شدید قرار گرفته‌اند که این موضوع، حساسیت زمین‌شناسی این مناطق از نظر فرسایش را نشان می‌دهد. در کوهدشت، رومشکان و دوره، جنگل‌های بلوط دچار آسیب‌پذیری شدید هستند.

دو منطقه حفاظت‌شده سفیدکوه و اشترانکوه در استان لرستان قرار دارند. در محدوده سفیدکوه، لکه داغ شناسایی نشد؛ اما در منطقه حفاظت‌شده اشترانکوه، لکه داغ شناسایی شد که این موضوع، باید مورد توجه متولیان امر قرار گیرد. پژوهش حاضر، می‌تواند به منظور اختصاص اعتبار توسط سازمان‌های دارای صلاحیت در امر حفاظت و احیاء منابع طبیعی و محیط‌زیست راهگشا باشد. اگرچه ارزیابی آسیب‌پذیری زیست‌محیطی به طور دقیق نمی‌تواند با اطمینان، مناطق در معرض آسیب را نشان دهد؛ اما بر اساس تعداد زیادی از مشخصه‌ها، می‌تواند به نتیجه‌گیری غیرمستقیم مناطق آسیب‌پذیر کمک کند (ساهو و همکاران، ۲۰۱۶). دقت و قابلیت اطمینان از نتایج ارزیابی به بسیاری از پارامترها از جمله کیفیت اطلاعات اولیه، وزن عوامل، روش وزن‌دهی عوامل و پردازش صحیح اطلاعات در سیستم اطلاعات جغرافیایی بستگی دارد (وانگ و همکاران، ۲۰۰۸ ب).

نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه لکه‌های داغ در شهرستان‌های الشتر، خرم‌آباد، بروجرد، دورود، الیگودرز و ازنا با کاربری کشاورزی و شهری، در شهرستان‌های کوهدشت، رومشکان و دوره جنگل‌های بلوط و در شهرستان‌های پلدختر و نورآباد، زمین‌های کشاورزی با ساختار زمین‌شناسی حساس به فرسایش به عنوان لکه داغ شناخته شدند، منابعی که در بخش قبل ذکر شد (پوشش گیاهی، منابع آب‌های زیرزمینی و سطحی و خاک)، مشخص شد که در چه بخش‌هایی از استان، اولویت آسیب‌پذیر بودن را دارند. به این معنا که کاربری کشاورزی و شهری، آب‌های زیرزمینی و سطحی شهرستان‌های الشتر، خرم‌آباد، بروجرد، دورود، الیگودرز و ازنا را تحت تأثیر قرار می‌دهند. پوشش گیاهی (جنگل‌های بلوط) در کوهدشت، رومشکان و دوره؛ فرسایش‌پذیری خاک در پلدختر و نورآباد، اولویت آسیب‌پذیری و سیاست‌های مدیریتی را تعیین می‌کنند.

ممکن است دلیل آنکه زمین‌هایی که کاربری کشاورزی دارند، در بیشتر شهرستان‌ها به عنوان لکه داغ شناخته شدند، این باشد که عوامل انسانی بیش از عوامل طبیعی بررسی شده باشند. در توجیه این امر می‌توان گفت: شرایط طبیعی با وضعیت موجود سازگار بوده و حساسیت را نشان می‌دهند و این شرایط انسانی هستند که تأثیر بسزایی در آسیب‌پذیر کردن محیط دارند که وزن‌دهی معیارها توسط کارشناسان گواهی بر این مدعاست. با این وجود، در پژوهش حاضر، عوامل انسانی مانند صنایع و معادن استان می‌توانست در نظر گرفته شود که دسترسی به اطلاعات آنها میسر نبود؛ بنابراین، پیشنهادی که در این زمینه می‌توان داد این

است که شرایط طبیعی به عنوان واحد در معرض خطر^۱ در نظر گرفته شوند. در این صورت، می‌توان با بررسی خطرهای موجود برای محیط‌زیست، یک ارزیابی ریسک صورت گیرد؛ چراکه در یافته‌های پژوهشگران با وجود سه عامل شامل واحد در معرض خطر و خطر^۲ و آسیب‌پذیری، می‌توان به میزان ریسک دست یافت (کاردونا^۳ و همکاران، ۲۰۱۲؛ کارو^۴ و همکاران، ۲۰۱۶).

منابع

اداره کل حفاظت محیط‌زیست استان لرستان (۱۳۹۵) **موقعیت جغرافیایی محل‌های انباشت زباله‌های شهری استان لرستان**.

استانداری استان لرستان (۱۳۹۳) **نقشه زمین‌شناسی، فرسایش‌پذیری، جاده و آبراهه استان لرستان**.
پژوهشکده اقتصاد دانشگاه تربیت مدرس (۱۳۸۴) **طرح جامع توسعه استان لرستان**. سازمان مدیریت برنامه‌ریزی استان لرستان.

شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان لرستان (۱۳۹۳) **گزارش مطالعات منابع آب و زمین‌شناسی، دشت‌های استان لرستان**.

شریف‌زادگان، محمدحسین؛ فتحی، حمید (۱۳۸۴) **ارزیابی آسیب‌پذیری زیست‌محیطی برای برنامه‌ریزی منطقه‌ای در حوزه‌های سه‌گانه زیست‌محیطی البرز به روش سلسله‌مراتبی، علوم محیطی، ۱۰، صص. ۲۰-۱**.

کاویانی، عذرا (۱۳۹۳) **کاربرد و مقایسه روش‌های فراترته‌ای پرومته II و الکتور III در شناسایی و اولویت‌بندی نواحی بحرانی حوزه آبخیز دینور استان کرمانشاه**. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، استاد راهنما: مهدی عرفانیان، دانشگاه ارومیه، ارومیه.

کرم، عبدالامیر (۱۳۸۳) **کاربرد مدل خطی وزن (WLC) در پهنه‌بندی وقوع پتانسیل زمین‌لغزش مطالعه موردی؛ منطقه سرخون در استان چهارمحال و بختیاری، جغرافیا و توسعه، ۲ (۴)، صص. ۱۴۶-۱۳۱**.

لشنی‌زند، مهران؛ پروانه، بهروز؛ بیرانوند، فتانه (۱۳۹۰) **پهنه‌بندی اقلیمی استان لرستان با استفاده از روش‌های آماری و تعیین مناسب‌ترین روش تجربی، جغرافیای طبیعی، ۴ (۱۱)، صص. ۸۹-۱۰۵**.

مخدوم فرخنده، مجید (۱۳۸۷) **شالوده آمایش سرزمین**، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.

- Adger, W. N. (2006) Vulnerability, **Global Environment Change**, 16 (3), pp. 268-281.
Birkmann, J. (2007) Risk and Vulnerability Indicators at Different Scales. Applicability, usefulness and policy implications, **Environment Hazards**, 7, pp. 20-31.
Cardona, O., van Aalst, M., Birkmann, J., Fordham, M., McGregor, G., Perez, R., Pulwarty, R., Schipper, E., Sinh, B. (2012) **Determinants of risk: exposure and vulnerability. In: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation**, Field, C., Barros, V., Stocker, T., Qin, D., Dokken, D., Ebi, K., Mastrandrea, M., Mach, K., Plattner, G. K., Allen, S., Tignor, M., Midgley, P. (Eds.), Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation, Cambridge University Press.
Carrao, H., Naumann, G., Barbosa, P. (2016) Mapping Global Patterns of Drought Risk: An Empirical Framework Based on Sub-National Estimates of Hazard, Exposure and Vulnerability, **Global Environmental Change**, 39, pp. 108-124.
Clark, W. C., Dickson, N. M. (2003) Sustainability Science: The Emerging Research Program,

- Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States America**, 100 (14), pp. 8059-8061.
- Cutter, S. L. (2003) The Vulnerability of Science and the Science of Vulnerability, **Annals of the Association of American Geographers**, 93 (1), pp. 1-12.
- Kaly, U., Pratt, C., Mitchell, W. (2004) **The Environmental Vulnerability Index (EVI)**, SOPAC, Technical Report 384.
- Li, A., Wang, A., Liang, S., Zhou, W. (2006) Eco-Environmental Vulnerability Evaluation in Mountainous Region Using Remote Sensing and GIS, Case Study in the Upper Reaches of Minjiang River, China, **Ecological Modelling**, 192, pp. 175-187.
- Li, L., Shi, Z. H., Yin, W., Zhu, D., Ng, S. L., Cai, C., Lei, A. (2009) A Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) Approach to Eco-Environmental Vulnerability Assessment for the Danjiangkou Reservoir Area, China, **Ecological Modelling**, 220, pp. 3439-3447.
- Liao, X., Li, W., Hou, J. (2013) Application of GIS Based Ecological Vulnerability Evaluation in Environmental Impact Assessment of Master Plan of Coal Mining Area, **Procedia Environmental Sciences**, 18, pp. 271-276.
- Liu, D., Cao, Ch., Dubovyk, O., Tian, R., Chen, W., Zhuang, Q., Zhao, Y., Menz, G. (2017) Using Fuzzy Analytic Hierarchy Process for Spatio-Temporal Analysis of Eco-Environmental Vulnerability Change During 1990-2010 in Sanjiangyuan Region, **Ecological Indicators**, 73, pp. 612-625.
- Lu, D. (2011) Development of Geographical Sciences and Research on Global Change in China, **Acta Geographica Sinica**, 66 (2), pp. 147-156.
- Nandy, S., Singh, C., Das, K. K., Kingma, N. C., Kushwaha, S. P. S. (2015) Environmental Vulnerability Assessment of Eco-Development Zone of Great Himalayan National Park, Himachal Pradesh, India, **Ecological Indicators**, 57, pp. 182-195.
- Nguyen, A. K., Liou, Y. A., Li, M. H., Tran, T. A. (2016) Zoning Eco-Environmental Vulnerability for Environmental Management and Protection, **Ecological Indicators**, 69, pp. 100-117.
- Saaty, T. L. (1980) **The Analytic Hierarchy Process**, McGraw-Hill, New York.
- Sahoo, S., Dhar, A., Kar, A. (2016) Environmental Vulnerability Assessment Using Grey Analytic Hierarchy Process Based Model, **Environmental Impact Assessment Review**, 56, pp. 145-154.
- Skondras, N. A., Karavitis, Ch. A., Gkotsis, I. I., Scott, P. J. B., Kaly, U. L., Alexandris, S. G. (2011) Application and Assessment of the Environmental Vulnerability Index in Greece, **Ecological Indicators**, 11 (6), pp. 1699-1706.
- Turner, B. L., II., Kasperson, R. E., Matson, P. A., McCarthy, J. J., Corell, R. W., Christensen, L., Eckley, N., Kasperson, J. X., Luers, A., Martello, M. L., Polsky, C., Pulsipher, A., Schiller, A. (2003) A Framework for Vulnerability Analysis in Sustainability Science, **Proc. Natl. Academic. Science. Pnas**, 100 (14), pp. 8074-8079.
- Wang, S. Y., Liu, J. Sh., Yang, C. J. (2008 A) Eco-Environmental Vulnerability Evaluation in the Yellow River Basin, China, **Pedosphere**, 18 (2), pp. 171-182.
- Wang, X. D., Zhong, X. H., Liu, S. Z., Liu, J. G., Wang, Z. Y., Li, M. H. (2008 B) Regional Assessment of Environmental Vulnerability in the Tibetan Plateau: Development and Application of a New Method, **Arid Environments**, 72, pp. 1929-1939.
- Xiong, Y., Zeng, G. M., Chen, G. Q., Tang, L., Wang, K. L., Huang, D. Y. (2007) Combining AHP with GIS in Synthetic Evaluation of Eco-Environment Quality-A Case Study of Hunan Province, China, **Ecological Modeling**, 209 (2-4), pp. 97-109.