

ارائه سیستم هشدار اولیه، برای تأمین امنیت اکولوژیکی مناطق حفاظت شده (مطالعه موردی: منطقه حفاظت شده درمیان، شرق ایران)

میثم بهرامی نژاد- کارشناس ارشد آمایش سرزمین، دانشکده محیط‌زیست کرج، کرج، ایران.
بهزاد رایگانی^۱- استادیار سنجش‌ازدور، دانشکده محیط‌زیست کرج، کرج، ایران.
باقر نظامی بلوچی- استادیار تنوع زیستی، دانشکده محیط‌زیست کرج، کرج، ایران.
علی جهانی- استادیار ارزیابی و برنامه‌ریزی، دانشکده محیط‌زیست کرج، کرج، ایران

تاریخ تصویب: ۱۳۹۶/۱۲/۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۲۳

چکیده

سیستم هشدار اولیه (EWS) یک مفهوم جامع است که می‌تواند به‌عنوان یک ابزار مفید و ارزان برای تسهیل دستیابی به هدف‌های عمده استراتژیک جهانی حفاظت و حفظ توسعه پایدار عمل کند. این سامانه قبل از بحرانی شدن شرایط، اطلاعات مؤثر را از طریق منابع شناخته شده برای آگاهی از خطرات احتمالی و انجام اقدامات لازم و ضروری تأمین می‌کند. نشانگرها، آشکارکننده این اطلاعات مؤثر برای سیستم هشدار اولیه هستند. این مقاله بر روی کمبودهای موجود در بخش مدیریت مناطق حفاظت شده در قسمت هزینه، نیروی انسانی و زمان متمرکز شده است. این مطالعه موردی بر روی منطقه حفاظت شده درمیان واقع در شرق ایران صورت گرفت، که در طی آن با توجه به رویکرد فشار-حالت-واکنش (P-S-R)، و شاخص امنیت اکولوژیکی (ESI)، سیستم هشدار اولیه برای کمک به مدیریت منطقه مورد مطالعه پیشنهاد داده شد. ۱۲ نشانگر محیطی در قالب سه معیار متفاوت ($R=3$ و $S=5$, $P=4$) انتخاب و شاخص امنیت اکولوژیکی منطقه به دست آمد. با توجه به تحلیل آماری و نظرات کارشناسان، سه نشانگر مجموع بارش سالانه، وضعیت پوشش گیاهی و روشنایی خاک به عنوان نشانگرهای اصلی و پایانی برای عمل در سیستم هشدار اولیه انتخاب شدند. در نهایت با به دست آوردن میانگین سی‌ساله سه نشانگر انتخاب شده در منطقه مورد مطالعه، فاصله اطمینان برای هر یک از این نشانگرها با ضریب اطمینان ۹۵ درصد به دست آمد. نتایج نشان داد که شاخص امنیت اکولوژیکی از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ از ۰/۳۱ به ۰/۵۱ رسیده بود. بهبود در تمام سطح منطقه حفاظت شده درمیان در گذر ۱۴ سال مثبت ارزیابی شد، که نشان دهنده اثر مثبت حفاظت در

کل منطقه مورد مطالعه است. سیستم هشدار دهی اولیه در سال ۲۰۱۴ بر روی منطقه مورد مطالعه بکار گرفته شد. براساس نتایج بخش‌هایی از جنوب غرب و چند بخش از شرق منطقه در معرض خطر قرار گرفته‌اند. بعد از مشخص شدن نواحی در خطر، با بازدید میدانی صحت عملکرد سیستم هشدار پیشنهاد شده ارزیابی شد. این سیستم از دقت بسیار خوبی برخوردار بود. با رویکرد ارائه شده، می‌توان پایش منظم و مستمری بر روی مناطق دارای اهمیت و غیرقابل دسترس داشت. این رویکرد با حداقل هزینه در مدیریت بهینه و جهت‌دار مناطق حفاظت شده مؤثر است. باین حال انتخاب نشانگرهای جامع و مؤثر در امنیت اکولوژیکی مهم‌ترین بخش از این رویکرد است.

کلیدواژه‌ها: سیستم هشدار اولیه، منطقه حفاظت شده در میان، امنیت اکولوژیکی، مدل PSR

۱- مقدمه

پایه و اساس حفاظت از تنوع زیستی، مناطق حفاظت شده دریایی و خشکی هستند. این مناطق شامل پارک‌های ملی، سیمای سرزمین حفاظت شده و انواع بیشمار ذخیره‌گاه‌ها هستند (Leverington et al., 2010). از نقش‌های مناطق حفاظت شده می‌توان به حفظ تنوع زیستی، حفاظت از میراث فرهنگی، نگهداری از خدمات حیاتی اکوسیستم و فایده‌های اجتماعی-اقتصادی اشاره کرد (Li et al., 2013). جامعه با سرمایه‌گذاری پول، سرزمین و نیروی کار به دنبال استفاده، مدیریت و حفظ نقش‌های مناطق حفاظت شده است، از طرفی در نیمه دوم قرن اخیر، بیشتر کشورها به عنوان هسته مرکزی استراتژی حفاظت از تنوع زیستی و محیط‌زیست، مناطق حفاظت شده خود را از لحاظ تعداد و اندازه افزایش داده‌اند (Leverington et al., 2010). بنابراین با افزایش تعداد و سطح مناطق حفاظت شده، انجام برنامه‌های مدیریتی نیاز به صرف وقت، هزینه و نیروی کار بیشتری دارد.

در این پژوهش، به دنبال رفع این مشکلات و مدیریت بهتر مناطق حفاظت شده و حفظ توسعه پایدار، مفهوم امنیت اکولوژیکی^۱ توسعه پیدا کرده است. مفهوم امنیت اکولوژیکی اولین بار توسط دولت ایالت متحده مطرح شد که توجه قابل ملاحظه‌ای از تحقیقات بین‌المللی را به خود اختصاص داد (Xiuping et al., 2000). ارزیابی امنیت اکولوژیکی شامل سه هدف است: (۱) شناسایی پایداری در رابطه بین اکوسیستم‌ها و اعضای آن. (۲) مشخص کردن قابلیت پایداری و سلامتی اکوسیستم‌ها. (۳) نشان دادن چگونگی رفع مشکلات اکوسیستم توسط خود اعضای آن اکوسیستم (Yu et al., 2014). برای ارزیابی امنیت اکولوژیکی نشانگرها مهم‌ترین نقش را بازی می‌کنند. اکوسیستم‌های متفاوت در بعدهای مختلف زمان-مکان مستلزم داشتن سیستم‌های شاخص منحصر به خود هستند (Zhao et al., 2006). سیستم هشدار اولیه، برای اجرا به موقع و صحیح مفهوم امنیت اکولوژیکی، در شناسایی نشانه‌های "هشدار اولیه"، تخریب‌های اکولوژیکی یا محیط‌زیستی مورد استفاده قرار می‌گیرد. سیستم هشدار اولیه^۲ تسهیل کننده جمع

1 Ecological Security

2 Early Warning System

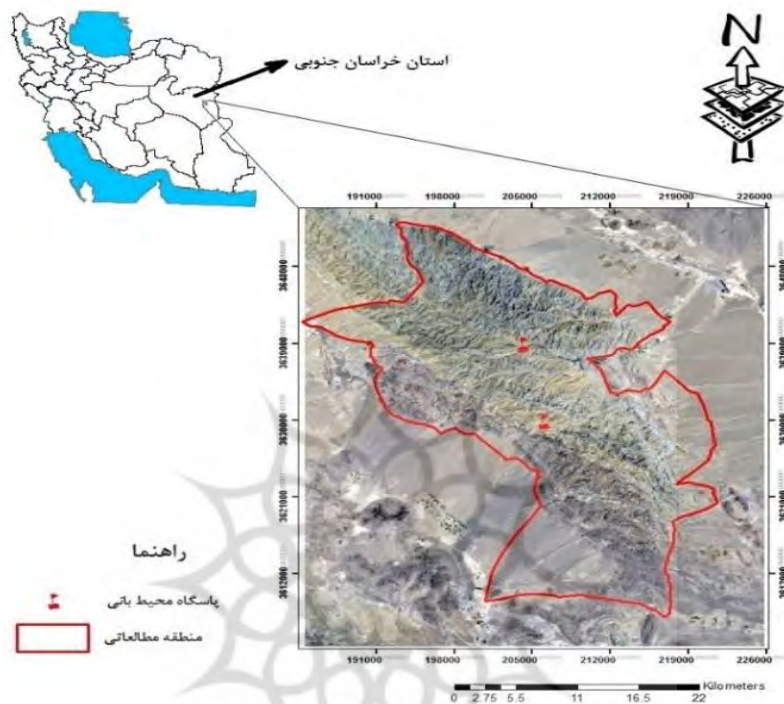
آوری سیستماتیک اطلاعاتی است که می‌تواند علت‌ها و پویایی‌های فجایع طبیعی را روشن کنند (Li et al., 2013). اولین بار Ansoff در سال ۱۹۷۵ در مورد هشدار اولیه بحث کرد، و بعدها توسط Nikander در سال ۲۰۰۲ این واژه توسعه یافت (Haji-kazemi et al., 2015). تاکنون در برخی مطالعات سعی شده است برای توصیف پویایی‌های زیست‌شناختی، عناصر محیط‌زیستی مرتبط با امنیت اکولوژیکی (Barlindhaug et al., 2007; Hockey & Curtis, 2008; Tegler et al., 2001; Williams et al., 2007)، جلوگیری از دست رفتن منابع در فجایع محیط‌زیستی (Iverson & Prasad, 2007) و کاهش خسارات سیل (Badji and Dautrebande, 1997) از سیستم هشدار اولیه استفاده شود. در پژوهشی در چین نیز به دنبال پیشنهاد یک روش هشدار دهنده برای تأمین امنیت اکولوژیکی سیمای سرزمین در طول هر مرحله از برنامه‌ریزی شهری بودند (Li et al., 2010). تاکنون در ایران هیچ‌گونه مطالعه‌ای در این زمینه صورت نگرفته است. با توجه به استفاده از سیستم هشدار اولیه در زمینه‌های مختلف اکولوژیکی و نیاز به پویایی عناصر محیط‌زیستی در داخل مناطق حفاظت شده، کمبود یک سیستم پیشگیری در این مناطق احساس می‌شود. این مطالعه براساس یک پژوهش برپایه RS_GIS و مدل (Pressure_Status_Responses) PSR، در مورد وضعیت امنیت اکولوژیکی در منطقه حفاظت شده در میان در شرق ایران صورت گرفته است. در کشورهای درحال توسعه مانند ایران وقت و هزینه کمتری در قبال مدیریت و بازرسی مناطق حفاظت شده صرف می‌شود، لذا کمک به امر مدیریت مناطق حفاظت شده در چنین کشورهایی ضروری به نظر می‌رسد. هدف اصلی این مقاله ارائه سیستم هشدار اولیه برای پیش به موقع و مناسب، حفظ پویایی روابط و سلامت اکوسیستم مناطق حفاظت شده است. منطقه حفاظت شده در میان، در حفظ سیمای طبیعی منطقه و همچنین قوچ و میش اورپال (*Ovis vignei*) که در آینده می‌تواند به سرمایه‌های طبیعی خوبی برای منطقه تبدیل شوند، نقش مهم و ویژه‌ای دارد. این سیستم هشدار یک ابزار مفید و ارزان برای حفظ توسعه پایدار در منطقه، تسهیل دستیابی به هدف‌های عمده استراتژیک جهانی حفاظت و کمک‌رسانی به سیاست‌های منطقه‌ای و ملی خواهد بود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

منطقه حفاظت شده در میان با وسعت 7931.1 km^2 ، بین $59^{\circ}40'00''$ تا $60^{\circ}01'00''$ طول شرقی و بین $32^{\circ}36'00''$ و $32^{\circ}58'00''$ عرض شمالی در شرق ایران قرار دارد (شکل ۱). این منطقه کوهستانی دارای اقلیم نیمه خشک است. میانگین دمای منطقه ۲۵ درجه سانتی گراد و میانگین بارندگی سالانه ۱۷۰ میلی‌متر می‌باشد. میانگین ارتفاع منطقه ۱۹۵۰ متر، حداکثر ارتفاع در داخل حوزه ۲۸۷۰ و حداقل آن ۱۶۱۹ در خروجی حوزه می‌باشد. دامداری و کشاورزی اصلی‌ترین فعالیت اقتصادی مردم است. این منطقه از تنوع گیاهی و جانوری بالایی برخوردار است. یک زیستگاه بین‌المللی (ایران و افغانستان) برای قوچ و میش اورپال و همچنین شاخص‌ترین زیستگاه این گونه در شرق

ایران به حساب می‌آید. از جمله تعارضات و تهدیدهایی که نیاز منطقه را به پایش توسط یک سیستم مؤثر و پویا روشن می‌سازد می‌توان به خشکسالی‌های سال‌های اخیر، تخریب و تصرف اراضی توسط مردم محلی، چرای بی‌رویه، شکار غیر مجاز، وزش بادهای ۱۲۰ روزه، جاده‌سازی و نصب دکل‌های مخابراتی و ماهواره‌ای اشاره کرد.



شکل ۱- موقعیت منطقه مطالعاتی

۲-۲- روش پژوهش

اطلاعات مربوط به پوشش زمین (در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۴)، پوشش گیاهی و روشنایی خاک (در ۱۰ مقطع زمانی در ۳۰ سال گذشته) از تصاویر سنجنده‌های TM و OLI ماهواره لندست به دست آمدند. این اطلاعات در ماه‌های اردیبهشت، تیر و شهریور استخراج شدند. تصاویر ماهواره‌ای LAND SAT و DEM Aster از مرکز علمی مشاهده منابع زمینی USGS به دست آمدند (EarthExplorer, 2015). به کمک فن سنجنش‌ازدور تصحیحات لازم بر روی این تصاویر انجام شد. داده‌های دمایی سطح زمین (LST) از سنجنده Modis و با کد MOD11 استخراج شد (LAADS DAAC, 2015). داده‌های بارندگی منطقه، اطلاعات آماری مربوط به سرشماری حیات وحش، نقاط حضور قوچ و میش اورپال در فصل‌های بهار، تابستان و زمستان در منطقه (به دست آمده با GPS)، میزان سرمایه گذاری دولت در منطقه مطالعاتی، نوع و تعداد ابزار و وسایل استفاده شده جهت حفاظت از منطقه، از سازمان‌های محیط‌زیست و هواشناسی خراسان جنوبی به دست آمد. نقشه‌های میانگین بارش در منطقه در ۱۰ مقطع زمانی در ۳۰

سال گذشته تهیه شدند. با توجه به نیاز پژوهش، داده‌های به دست آمده به نقشه‌هایی با قدرت تفکیک مکانی 30×30 متر در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۴ تبدیل شدند. هر سلول 30 متری به عنوان واحد همگن برای هر نشانگر عمل می‌کند. در دو دهه گذشته، تغییرات قابل توجهی از لحاظ آب و هوایی، جمعیتی، حمل و نقل و تغییر مشاغل در شرق استان خراسان جنوبی بوجود آمده است. با توجه به اینکه منطقه مورد مطالعه در سال ۲۰۰۷ منطقه حفاظت شده اعلام شد و قبل از آن شکار ممنوع بوده است، بررسی تغییرات در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۴، وضعیت امنیت اکولوژیکی منطقه را قبل از حفاظت و چند سال پس از آن نشان خواهد داد، علاوه بر این ضعف‌های مدیریتی را در کل منطقه روشن خواهد شد و سیستم پیشگیری براساس وضعیت منطقه پیشنهاد داده خواهد شد.

۲-۲-۱- سیستم شاخص برای امنیت اکولوژیکی

مفهوم امنیت اکولوژیکی مفهوم جامع و ماکروسکوپی است، و بایستی به یک مفهوم قابل اندازه‌گیری و کوچک‌تر تقسیم شود (Yu et al., 2014). لذا در این مطالعه از سیستم شاخص فشار-حالت-واکنش (P-S-R)، برای ارزیابی مفهوم امنیت اکولوژیکی در منطقه حفاظت شده در میان استفاده شد. با توجه به شرایط توپوگرافی، اقلیمی، اقتصادی-اجتماعی و تعارضات موجود در منطقه مورد مطالعه، ۱۲ نشانگر در سه عامل فشار (B₁) [متوسط درجه حرارت سالیانه (C₁₁)، (Zhao et al., 2006)، مجموع بارش سالیانه (C₁₂)، (Zhao et al., 2006)، تکه‌تکه شدن سرزمین (C₁₃)، (Li et al., 2010)، خطر حضور شکارچی (C₁₄)، حالت (B₂) [فاصله از مناطق انسان ساخت (C₂₁)، فاصله از زمین کشاورزی (C₂₂)، وضعیت پوشش گیاهی (C₂₃)، (Wang et al., 2014)، روشنایی خاک (C₂₄)، (Saadat et al., 2014)، نرخ محدود افزایش جمعیت حیات وحش (C₂₅)، (Sinclair et al., 2006)] و واکنش (B₃) [نرخ رشد سرمایه گذاری دولت در منطقه (C₃₁)، (Hua et al., 2011)، درصد ناسازگاری منطقه با کاربری حفاظت (C₃₂)، کاربرد و توسعه تکنولوژی در حفاظت (C₃₃)، (Zhao et al., 2006)] برای ارزیابی امنیت اکولوژیکی منطقه مورد مطالعه پیشنهاد داده شدند (جدول ۱). روند کار در شکل شماره ۲ نشان داده شده است.

۲-۲-۲- اندازه‌گیری شاخص امنیت اکولوژیکی

همه نشانگرها بر اساس قواعد علمی، برای سال‌های مورد مطالعه اندازه‌گیری و نقشه‌رس‌تری آن‌ها به صورت پیکسل‌های 30×30 به دست آمد. در اینجا برخی از این نشانگرها تشریح خواهند شد.

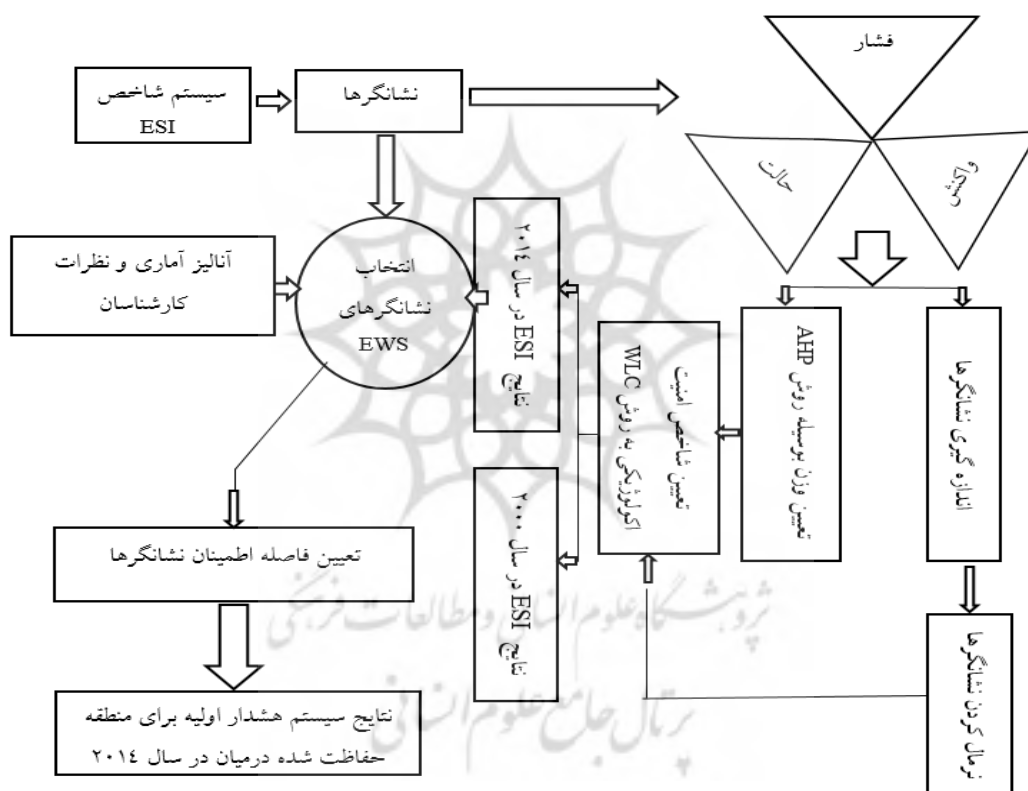
۲-۲-۲-۱- نشانگر تکه‌تکه شدن سرزمین

تکه‌تکه شدن سیمای سرزمین با توجه به جاده‌ها، پراکندگی مراکز شهری و دیگر آثار کشف شده از توسعه شهری رخ داده و به شدت امنیت اکولوژیکی و چرخه زندگی حیات وحش اطراف آن را تحت تأثیر قرار داده است؛ تکه‌تکه شدن سیمای سرزمین یکی از غالب‌ترین جنبه‌های ساختار اکوسیستم‌ها می‌باشد (Giulio et al., 2009). بعد از تهیه

نقشه کاربری زمین منطقه مورد مطالعه در سال‌های مورد بررسی به کمک طبقه‌بندی نظارت نشده، نشانگر تکه‌تکه شدن سرزمین در قسمت‌های مختلف منطقه محاسبه شد. در ابتدا نمونه استاندارد بلوک‌های ۱*۱ کیلومتر ایجاد شدند سپس نشانگر تکه‌تکه شدن سرزمین با استفاده از معادله ۱ محاسبه شد (Li et al., 2010).

$$FL_i = \frac{Ni}{TA_i}$$

در معادله (۱) FL_i نشانگر تکه‌تکه شدن سرزمین برای بلوک نمونه i است، Ni تعداد لکه‌ها برای تمام انواع کاربری زمین در یک بلوک نمونه داده شده i است، TA_i مساحت کل بلوک نمونه i است.



شکل ۲- روند کار در ارزیابی شاخص امنیت اکولوژیکی و سیستم هشدار اولیه

۲-۲-۲-۲- نشانگر خطر حضور شکارچی

در مناطق حفاظت شده حضور شکارچی‌های غیرقانونی از معضلات اصلی منطقه به حساب می‌آید، که تأثیر مستقیمی بر روی امنیت اکولوژیکی و تنوع زیستی این مناطق دارد. در این پژوهش به علت اینکه آمار دقیقی از شکارچی‌های غیرقانونی یا تعداد شکار ضبط شده از این شکارچی‌ها در دسترس نبود، از سه سنجه که در حضور

شکارچی غیرقانونی در منطقه مطالعاتی بیشترین اثر را داشتند استفاده شد، تا خطر حضور شکارچی در منطقه بررسی شود. این سه سنجه عبارتند از: (۱) نزدیکی به مراکز جمعیتی با جمعیت بیشتر از ۵۰۰ نفر (در جمعیت کمتر از ۵۰۰ نفر در این منطقه، شکارچی غیرقانونی به آسانی قابل شناسایی است). (۲) نزدیکی به راه‌های دسترسی به منطقه. (۳) تعداد محیط بانان منطقه.

جدول ۱- سیستم شاخص در اندازه گیری شاخص امنیت اکولوژیکی

شاخص	معیار (P)	وزن معیار	نشانگر (I)	وزن نشانگر	وزن پایانی (W _p *W _i)	منبع
			C ₁₁	۰/۲۲۶	۰/۰۸۳۸۴۶	داده‌های Modis
	فشار	۰/۳۷۱	C ₁₂	۰/۴۳۰	۰/۱۵۹۵۳	داده‌های آماری
	(B ₁)	CR=0.02	C ₁₃	۰/۲۱۵	۰/۰۷۹۷۶۵	داده‌های Landsat
			C ₁₄	۰/۱۲۹	۰/۰۴۷۸۵۹	داده‌های آماری
شاخص امنیت			C ₂₁	۰/۴۰۷	۰/۱۲۰۸۷۹	داده‌های Landsat
اکولوژیکی	حالت	۰/۲۹۷	C ₂₂	۰/۱۵۷	۰/۰۴۶۶۲۹	داده‌های Landsat
(ESI)	(B ₂)	CR=0.03	C ₂₃	۰/۱۶۷	۰/۰۴۹۵۹۹	داده‌های Landsat
			C ₂₄	۰/۱۸۹	۰/۰۵۶۱۳۳	داده‌های Landsat
			C ₂₅	۰/۰۸۰	۰/۰۲۳۷۶	داده‌های آماری
			C ₃₁	۰/۴۵۸	۰/۱۵۲۰۵۶	داده‌های آماری
	واکنش	۰/۳۳۲	C ₃₂	۰/۴۱۶	۰/۱۳۸۱۱۲	داده‌های Landsat
	(B ₃)	CR=0.01	C ₃₃	۰/۱۲۶	۰/۰۴۱۸۳۲	داده‌های آماری

در این مقاله وزن سنجه‌های مربوط به این نشانگر برابر در نظر گرفته شد، بعد از استاندارد سازی این سه سنجه طبق فرمول (۹ و ۱۰)، نقشه خطر حضور شکارچی با استناد به معادله ۲ به دست آمد:

$$D = \sum_{i=1}^3 C_i$$

که در این معادله، D نشانگر خطر حضور شکارچی و C_i مقدار سنجه I نشانگر خطر حضور شکارچی می‌باشد

۲-۲-۳- نشانگر وضعیت پوشش گیاهی

شاخص‌های زیادی به دنبال بیان وضعیت پوشش گیاهی هستند و شاخص نرمال شده پوشش گیاهی^۱ (NDVI)، یکی از رایج‌ترین شاخص‌های مورد استفاده در زمینه‌های گوناگون است (Wang et al., 2014). شاخص NDVI در یک دوره 28 ساله با استفاده از ۱۰ تصویر ماه آوریل ماهواره LANDSAT و سنجنده‌های TM (۱۹۸۶، ۱۹۸۷،

1 normalized-difference vegetation index

۱۹۹۰، ۱۹۹۱، ۱۹۹۳، ۱۹۹۸، ۲۰۰۰، ۲۰۱۱، ۲۰۰۹ (OLI و (۲۰۱۴) به دست آمد. به دلیل استفاده از دو سنجنده با محدوده حساسیت باندهای متفاوت، در ابتدا داده‌های به دست آمده با توجه به معادله ۳ نرمال شدند:

$$NDVI_n = \frac{NDVI - \mu}{\delta}$$

که در این معادله، $NDVI_n$ نشان دهنده $NDVI$ نرمال شده، μ میانگین $NDVI$ به دست آمده از هر تصویر و δ انحراف معیار $NDVI$ آن تصویر می‌باشد. وضعیت پوشش گیاهی با استفاده از داده‌های $NDVI$ برای سال‌های مورد بررسی به صورت زیر محاسبه شد (Wang et al., 2014):

$$F = [(NDVI_n - NDVI_{min})] / [(NDVI_{max} - NDVI_{min})]$$

که در آن F وضعیت پوشش گیاهی، $NDVI_{min}$ میزان حداقل $NDVI$ در مناطق بدون پوشش گیاهی و $NDVI_{max}$ میزان حداکثر $NDVI$ در زمان حداکثر پوشش گیاهی است.

۲-۲-۴-۴- نشانگر روشنایی خاک

مقدار فرسایش آبی شیاری و آبراه‌های در کاربری زمین جنگل و مراتع که انسان کمترین دخل و تصرف را داشته است، با میزان روشنایی خاک رابطه مستقیم دارد (Saadat et al., 2014). از آنجایی که بیش از ۸۰ درصد منطقه مورد مطالعه ما را مراتع در بر گرفته‌اند، از نشانگر روشنایی خاک به عنوان نماینده فرسایش آبی جویباری و شیاری در منطقه مورد مطالعه استفاده شد. در ابتدا روشنایی خاک با استفاده از الگوریتم تبدیل کلاهیک منگوله‌ای^۱ برای ۱۰ تصویر ماه آوریل ماهواره LANDSAT و سنجنده‌های TM (۱۹۸۶، ۱۹۸۷، ۱۹۹۰، ۱۹۹۱، ۱۹۹۳، ۱۹۹۸، ۲۰۰۰، ۲۰۰۹، ۲۰۱۱) و OLI (۲۰۱۴) به دست آمد. مشابه نشانگر پوشش گیاهی به دلیل استفاده از دو سنجنده با محدوده حساسیت باندهای متفاوت، در ابتدا داده‌های به دست آمده با توجه به معادله ۵ نرمال شدند:

$$B_n = \frac{Bright - \mu}{\delta}$$

که در این معادله، B_n نشان دهنده نقشه روشنایی خاک نرمال شده، μ میانگین روشنایی خاک به دست آمده از هر تصویر و δ انحراف معیار آن تصویر می‌باشد. میانگین روشنایی خاک نرمال شده ۱۰ تصویر در دوره زمانی ۲۸ ساله به دست آمد تا با استفاده از آن و معادله ۶ نشانگر وضعیت روشنایی خاک برای سال‌های مورد مطالعه به دست آید.

$$B_s = [(B_n - Bright_{min})] / [Bright_{max} - Bright_{min}]$$

1 Tasseled cap

که در آن B_s نشان دهنده میزان روشنایی خاک، $Bright_{min}$ میزان حداقل روشنایی خاک، $Bright_{max}$ میزان حداکثر آن است. با افزایش میزان روشنایی خاک فرسایش شیاری و آبراهه‌ای نیز بیشتر خواهد شد (Saadat et al., 2014).

۲-۲-۵- نرخ محدود افزایش جمعیت

گونه شاخص منطقه حفاظت شده در میان قوچ و میش اورپال می‌باشد، که در دامنه‌های منطقه سکنی گزیده است. در این پژوهش نرخ محدود افزایش جمعیت گونه قوچ و میش اورپال به عنوان نماینده‌ای برای بیان وضعیت زیستگاه‌های منطقه و همچنین وضعیت حیات وحش منطقه حفاظت شده در میان به دست آمد. نرخ محدود افزایش جمعیت از نسبت دو سرشماری به دست می‌آید (Sinclair et al., 2006):

$$e^r = N_{t+1}/N_t$$

که در این معادله، e^r نرخ محدود افزایش جمعیت، N_{t+1} جمعیت سرشماری شده سال مورد نظر و N_t جمعیت سرشماری شده سال گذشته آن است.

۲-۲-۶- توسعه و کاربرد تکنولوژی در حفاظت

تکنولوژی مانند پلی برای رسیدن به اهداف عمل می‌کند. وسیله‌های تأثیر گذار در امر حفاظت از منطقه مورد مطالعه، که بتوان از آنها به نام تکنولوژی یاد کرد شناسایی، و وزن و اهمیت هر وسیله در امر حفاظت توسط روش تحلیل سلسه مراتبی^۱ تعیین شد. در این روش از نظرات ۱۵ کارشناس استفاده شد. با استفاده از معادله ۸ میزان کاربرد تکنولوژی در هر سال به دست می‌آید:

$$T_p = \sum_{i=1}^n V_i * W_i$$

در این معادله، T_p میزان کاربرد تکنولوژی در امر حفاظت، V_i تعداد وسیله i و W_i وزن وسیله i و n تنوع وسیله به کار برده شده می‌باشد.

۲-۲-۳- استاندارد سازی داده‌ها

نشانه‌های تأثیر گذار در امنیت اکولوژیکی منطقه مورد مطالعه دارای ابعاد متفاوتی هستند، برای مقایسه آنها با هم و به دست آوردن شاخص امنیت اکولوژیکی منطقه باید بُعد در آنها حذف شود (Yu et al., 2014). در بیشتر مطالعات از روش نرمالیزه کردن و استانداردسازی برای از بین بردن بُعد استفاده شده است (Yu et al., 2014; Zhao et al., 2006; Wang et al., 2014).

در استاندارد سازی نشانگرها و سنجه‌ها، آن‌ها را به دو گروه مثبت و منفی تقسیم می‌کنیم. نشانگر و سنجه‌هایی که با زیاد شدن مقدار آنها تأثیر مثبتی بر امنیت اکولوژیکی دارند را نشانگرها و سنجه‌های مثبت و آنهایی که با زیاد شدن آنها تأثیر منفی بیشتری بر امنیت اکولوژیکی دارند را نشانگرها و سنجه‌های منفی می‌نامیم. برای استاندارد سازی نشانگرها و سنجه‌های مثبت از معادله ۹ که برپایه معادله تبدیل فازی خطی می‌باشد استفاده شد (Hua et al., 2011):

$$P_i = \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}$$

و برای استاندارد سازی نشانگرها و سنجه‌های منفی از معادله ۱۰ استفاده شد:

$$P_i = \frac{X_{\max} - X_i}{X_{\max} - X_{\min}}$$

در این معادلات X_i مقدار واقعی نشانگر یا سنجه، X_{\max} حداکثر مقدار اندازه گیری شده از سنجه یا نشانگر، و X_{\min} حداقل مقدار اندازه گیری شده از سنجه یا نشانگر است.

در این مطالعه از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) برای وزن‌دهی معیارها و نشانگرها استفاده شد. در رویکرد AHP از نظرات ۱۵ کارشناس سازمان محیط‌زیست تهران و دانشکده محیط‌زیست کرج برای امتیازدهی به معیارها و نشانگرها استفاده شد. نرخ سازگاری (CR) در سطح معیارها ۰/۰۱ و برای نشانگرهای عوامل فشار، حالت و واکنش به ترتیب برابر با ۰/۰۲، ۰/۰۳ و ۰/۰۱ بود. چون کمتر از ۰/۱ هستند، بنابراین سازگاری تأیید می‌شود (جدول ۱).

۲-۲-۴- تعیین شاخص امنیت اکولوژیکی (ESI)

روش ارزیابی چند متغیره^۱ (MCE)، آنالیز تصمیم‌گیری است و در ارزیابی میزان تناسب کاربری زمین کاربرد دارد. این روش می‌تواند پس از اینکه داده‌ها استاندارد شدند، برای ارزیابی متغیرهای مکانی نیز استفاده شود (Li et al., 2010). برای تعیین شاخص امنیت اکولوژیکی برای هر کدام از پیکسل‌های ۳۰ متری منطقه از روش ارزیابی چند متغیره (MCE) به صورت وزن دهی خطی^۲ (WLC) در معادله ۱۱ استفاده شد (Li et al. 2010):

$$ESI = \sum_{i=1}^{12} A_i * W_i$$

که در این معادله A_i مقدار استاندارد شده نشانگر i و W_i وزن نشانگر i است. با توجه به طبقه بندی Natural Breaks در شاخص امنیت اکولوژیکی سال ۲۰۱۴ و نظر کارشناسان، منطقه حفاظت شده درمیان به پنج طبقه با میزان

1 Multi-Criteria Evaluation

2 Weighted Linear Combination

حساسیت مختلف (حساسیت خیلی زیاد، حساسیت زیاد، حساسیت متوسط، حساسیت کم، حساسیت بسیار کم) تقسیم بندی شدند (جدول ۲).

۲-۲-۵- سیستم هشدار اولیه

به طور کلی مفهوم هشدار اولیه یک مفهوم جامع است و در بیشتر مناطقی که توسعه و تجاوز به محیط سبب اختلال در محیط شده است، قابل استفاده است (Haji-kazemi et al., 2015). نشانگرها می‌توانند تغییرات را در پارامترهای محیطی پیش‌بینی کنند (Clarke, 1995). اما نشانگرهای استفاده شده در یک سیستم هشدار اولیه، اولاً باید مخصوص منطقه‌ای باشند که سیستم هشدار اولیه در آنجا بکار برده شده است، دوماً این نشانگرها بایستی دارای ویژگی‌هایی باشند تا سیستم هشدار، کارآمد جلوه نماید. مهم‌ترین ویژگی‌ها عبارتند از: الف) نسبت به تغییرات محیط حساس باشند، ب) اطلاعات به نسبت صحیح و دقیقی از وضعیت امنیت اکولوژیکی منطقه در اختیار ما قرار بدهند، ج) اطلاعات آنها در هر زمانی که سیستم نیاز به پایش داشت، در دسترس باشند، د) بتوان آنها را به صورتی اندازه‌گیری کرد که نیاز به صرف زمان، هزینه و نیروی انسانی کمی باشد. در انتخاب نشانگر برای سیستم هشدار منطقه مطالعاتی همه ویژگی‌های بالا در نظر گرفته شدند. برای اعمال ویژگی (ب) از روابط آماری در دو مرحله استفاده گردید. در فاز اول؛ با استفاده از آنالیز تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، نشانگرهایی که اطلاعات به نسبت دقیقی از امنیت اکولوژیکی منطقه را در اختیار ما قرار می‌دهند جدا شدند، در فاز دوم برای به حداقل رساندن تعداد نشانگرهای استفاده شده در سیستم هشدار مد نظر، از رگرسیون چند متغیره استفاده شد و نشانگرهایی که بیشترین همبستگی را با امنیت اکولوژیکی منطقه داشتند انتخاب شدند. در نهایت با به دست آوردن میانگین ۳۰ ساله نشانگرهای انتخاب شده برای سیستم هشدار اولیه منطقه حفاظت شده درمیان، فاصله اطمینان برای هر یک از این نشانگرها با استفاده از قاعده ۱۲ با ضریب اطمینان ۹۵ درصد به دست آمد (جدول ۳)، (میرزا قادری و همکاران، ۱۳۸۹):

$$P(\bar{X} - 2\delta_{\bar{X}} < \mu < \bar{X} + 2\delta_{\bar{X}}) = 0.954$$

که در این رابطه \bar{X} میانگین ۳۰ ساله نشانگرهای انتخاب شده برای پیشنهاد سیستم هشدار اولیه در هر پیکسل، δ انحراف معیار پیکسل‌های میانگین و μ میانگین همه پیکسل‌های میانگین منطقه مورد مطالعه است.

۳- نتایج

۳-۱- امنیت اکولوژیکی در منطقه حفاظت شده درمیان

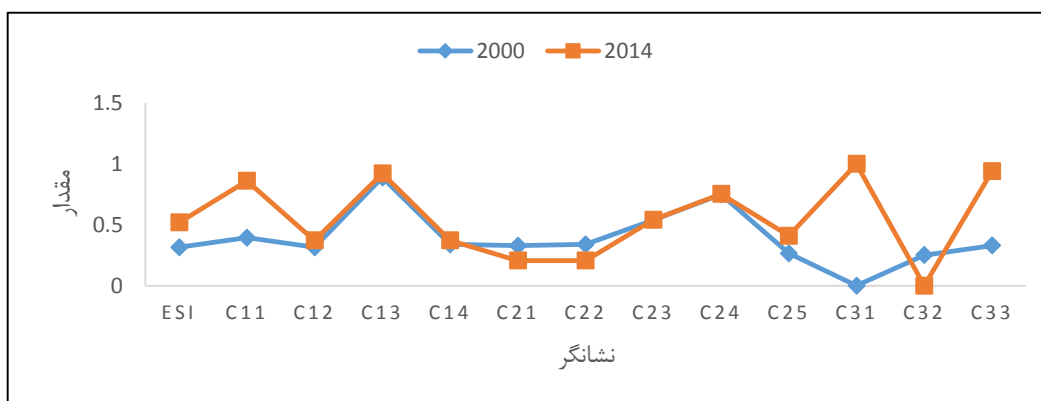
بوسیله معادله ۱۱، شاخص امنیت اکولوژیکی برای هر کدام از پیکسل‌های منطقه مورد مطالعه در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۴ محاسبه شد، مقدار میانگین این شاخص در سال ۲۰۰۰، برابر با ۰/۳۱۵ و در سال ۲۰۱۴ به ۰/۵۱۸ رسیده

بود. یا توجه به جدول ۲، این منطقه حفاظت شده در سال ۲۰۰۰ در طبقه ۱ با حساسیت خیلی زیاد و در سال ۲۰۱۴ در طبقه ۳ با حساسیت متوسط قرار گرفت، که نشان دهنده بهبود امنیت اکولوژیکی در سال ۲۰۱۴ نسبت به سال ۲۰۰۰ است.

در نمودار شکل ۳، تغییرات مقدار استاندارد نشانگرهای تأثیر گذار در شاخص امنیت اکولوژیکی، از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ به نمایش گذاشته شده است. با توجه به این نمودار به جز سه نشانگر فاصله از مناطق انسان ساخت (C₂₁)، فاصله از زمین کشاورزی (C₂₂) و درصد ناسازگاری منطقه با کاربری حفاظت (C₃₂)، سایر نشانگرها در سال ۲۰۱۴ از وضعیت بهتری نسبت به سال ۲۰۰۰ برخوردار هستند. این نتیجه بیانگر تأثیر مثبت حفاظت و مدیریت منطقه است. اما کاهش مقدار استاندارد شده سه نشانگر C₂₁، C₂₂ و C₃₂ نشان دهنده عدم توجه به مستثنیات منطقه حفاظت شده و روند رو به رشد تصرف اراضی در منطقه مورد مطالعه است.

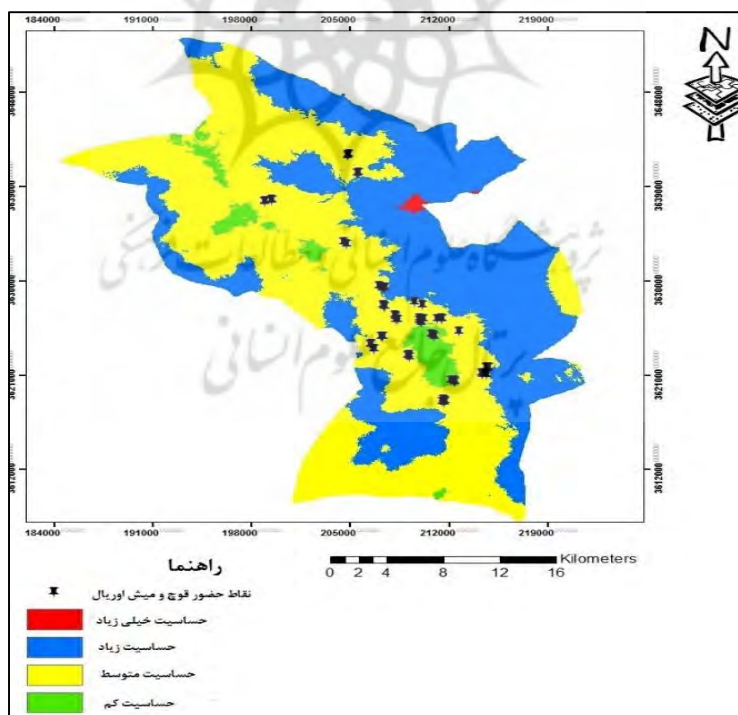
جدول ۲- طبقه بندی میزان حساسیت در نقاط مختلف منطقه حفاظت شده در میان در سال ۲۰۱۴

طبقه	امنیت اکولوژیکی (ESI)	بیان حالت (بیان زبانی)	درصد هر کلاس در منطقه	توضیحات
۱	۰-۰/۴۳۱	حساسیت خیلی زیاد	۰/۲۸۳٪	مرتفع از بین رفته و فرسایش زیاد است. محیط زیست به صورت جدی تخریب شده، احتمال حضور گونه‌های جانوری مهم خیلی کم است. فشردگی خاک خیلی زیاد است.
۲	۰/۴۳۱-۰/۵۱۳	حساسیت زیاد	۴۲/۴۹٪	محیط زیست رو به تخریب است، ساختار اکوسیستم در خطر است و چرای دام به منطقه ضرر زده است. تعداد گونه‌های جانوری و گیاهی کم است. خاک منطقه فشرده و مهر موم شده است.
۳	۰/۵۱۳-۰/۵۷۳	حساسیت متوسط	۵۳/۴۹٪	چرای دام در حال تخریب مرتع است و فرسایش در منطقه شروع در شرف وقوع است، بخش‌هایی از ساختار اکوسیستم عوض شده، تعداد گونه‌های جانوری از متوسط خود در دوره‌های زمانی مختلف کمتر شده است. خاک منطقه در حال از بین رفتن است.
۴	۰/۵۷۳-۰/۷۶۹	حساسیت کم	۳/۷۳٪	در محیط زیست حداقل تخریب وجود دارد. ساختار اکوسیستم تقریباً کامل و چرای دام به منطقه ضرر نرساند و وجود ندارد و عملکرد خوب است. گونه‌های جانوری مختلف در منطقه وجود دارند. این محیط به مداخله‌های معمولی حساس نیست و قابلیت بازگشت دارد.
۵	۰/۷۶۹-۱	حساسیت خیلی کم	۰٪	خدمات اکوسیستم کامل است. ساختار اکوسیستم کامل است. چرای دام وجود ندارد. خاک منطقه کامل است. فرسایش وجود ندارد. از لحاظ تنوع زیستی منطقه در شرایط عالی به سر می‌برد. قابلیت بازگشت سیستم خوب است.

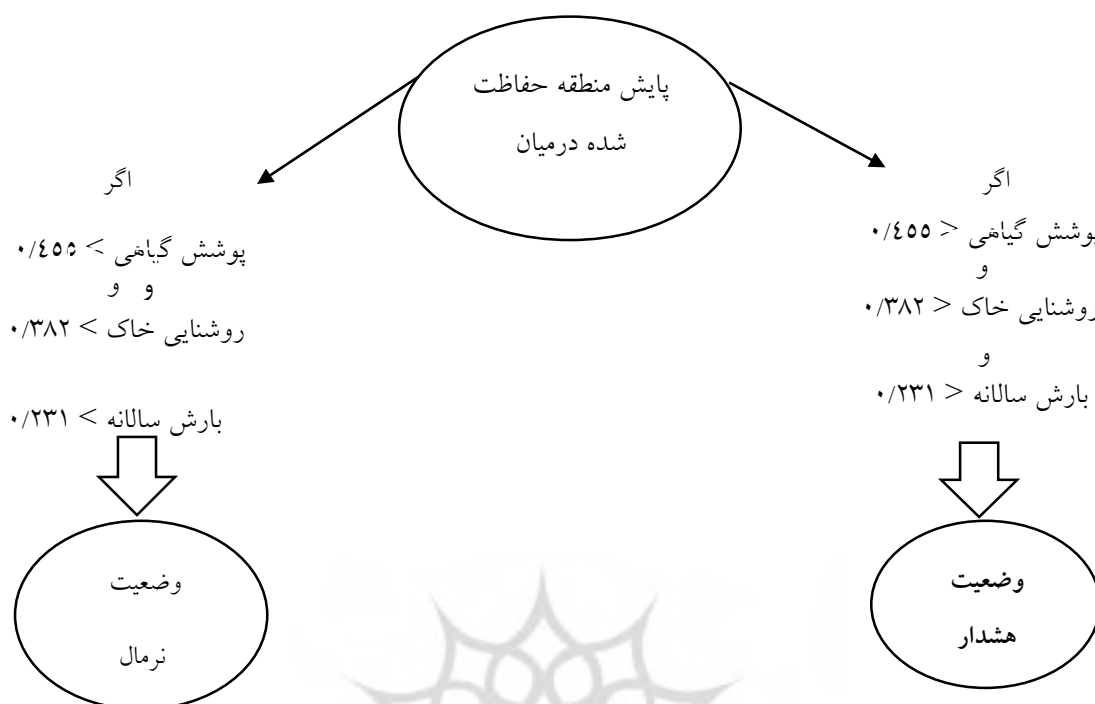


شکل ۳- تغییرات نشانگرها و شاخص امنیت اکولوژیکی از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴

در شکل ۴، نقشه طبقه بندی حساسیت منطقه حفاظت شده در میان در سال ۲۰۱۴ به نمایش گذاشته شده است. با توجه به جدول ۲، حدود ۹۵ درصد از منطقه مورد مطالعه در طبقات با حساسیت متوسط و حساسیت زیاد قرار دارد. در این شکل، علاوه بر طبقه بندی حساسیت، نقاط پراکندگی قوچ و میش اورپال را می توان مشاهده کرد. با توجه به شکل ۴، این گونه، مناطق با حساسیت متوسط و کم که مناطق تپه ماهوری با امنیت اکولوژیکی بالا هستند را برای زندگی انتخاب کرده است، همچنین سعی کرده که در اطراف مناطق با حساسیت کم حضور داشته باشند.



شکل ۴- طبقه بندی حساسیت منطقه حفاظت شده در سال ۲۰۱۴



شکل ۵- عملکرد سیستم هشدار اولیه در منطقه حفاظت شده درمیان

۳-۲- سیستم هشدار اولیه در منطقه مورد مطالعه

با توجه به ویژگی‌های تعریف شده برای نشانگرهای مناسب در یک سیستم هشدار اولیه، آنالیزهای آماری و نظرات کارشناسان، در نهایت سه نشانگر مجموع بارش سالانه (C₁₂)، وضعیت پوشش گیاهی (C₂₃) و روشنایی خاک (C₂₄) به عنوان نشانگرهای مناسب برای استفاده در سیستم هشدار اولیه منطقه حفاظت شده درمیان انتخاب شدند. در مواقع استفاده از سیستم هشدار برای پایش منطقه مورد مطالعه، در پیکسل‌هایی که مقدار استاندارد شده نشانگرهای این سیستم، در وضعیت هشدار (جدول ۳)، قرار داشته باشند، منطقه دارای حالت هشدار یا وضعیت قرمز است، که توجه مدیران منطقه را به خود جلب می‌کند (شکل ۵). با توجه به ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه و اطلاعات به دست آمده برای این پژوهش، بهترین زمان برای پایش منطقه، اردیبهشت ماه می‌باشد.

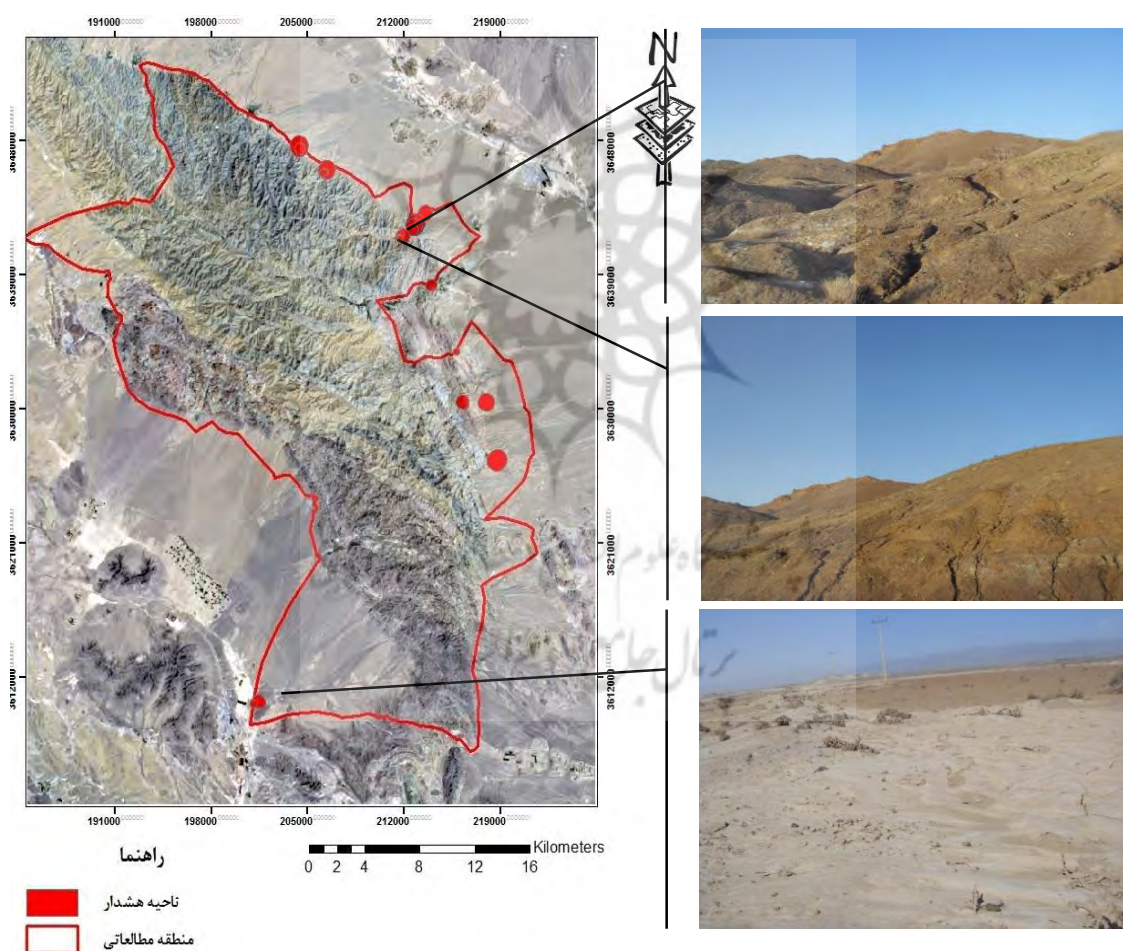
۳-۲-۱- استفاده از سیستم هشدار اولیه در منطقه حفاظت شده درمیان

سیستم هشدار اولیه پیشنهاد شده، در سال ۲۰۱۴ بر روی منطقه مورد مطالعه بکاربرده شد. با توجه به اطلاعات به دست آمده از نشانگرهای این سیستم هشدار در سال ۲۰۱۴، مناطقی که سیستم در آنها اعلام خطر کرد مشخص شدند. با توجه به حساسیت این مناطق، حاشیه آنها به فاصله ۱۰۰ متر، در خطر معرفی شد، بنابراین با یک بافر ۱۰۰ متری به نمایش گذاشته شده‌اند. بعد از مشخص شدن نواحی در خطر، با بازدید میدانی صحت عملکرد سیستم

هشدار پیشنهاد شده ارزیابی شد. این سیستم از دقت بسیار خوبی برخوردار بود و تمامی نقاط بازدید شده‌ای که توسط این سیستم معرفی شده بود از لحاظ فرسایش و وضعیت پوشش گیاهی نامناسب بودند (شکل ۶).

جدول ۳- اعلام وضعیت نشانگرهای سیستم هشدار اولیه در منطقه حفاظت شده درمیان

وضعیت هشدار	وضعیت نرمال	فاصله اطمینان	نشانگر
$0.455 > F$	$0.455 < F$	$0.455 < F < 0.558$	پوشش گیاهی (F)
$0.382 > B_s$	$0.382 < B_s$	$0.382 < B_s < 0.489$	روشنایی خاک (B _s)
$0.231 > R$	$0.231 < R$	$0.231 < R < 0.455$	مجموع بارش سالانه (R)



شکل ۶- وضعیت هشدار در منطقه حفاظت شده درمیان در سال ۲۰۱۴

۴- بحث

۴-۱- کاربری زمین، شکل زمین و شاخص امنیت اکولوژیکی

در جدول ۴، آمار امنیت اکولوژیکی در کاربری‌های مختلف منطقه حفاظت شده درمیان در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۴ به نمایش گذاشته شده است. بزرگ‌ترین میانگین امنیت اکولوژیکی مربوط به کاربری مرتع است. با توجه به تغییرات مساحت کاربری مرتع در بین سال‌های مورد مطالعه (افزایش حدود ۲۰ درصدی) و تغییرات شاخص امنیت اکولوژیکی، این چنین به نظر می‌رسد که جلوگیری از عوامل تخریب مرتع مانند چرای بی رویه دام، از جمله عوامل اصلی تأثیر گذار بر روی شاخص امنیت اکولوژیکی این منطقه بوده است.

از آنجایی که حدود ۸۰ درصد از منطقه مورد مطالعه را مراتع در بر گرفته‌اند، نشانگرهای پوشش گیاهی و روشنایی خاک تأثیر بیشتری بر روی امنیت اکولوژیکی منطقه دارند، لذا فعالیت‌های مدیریتی مانند نظارت بر تعداد دام در منطقه، ترویج دامداری صنعتی و آموزش شیوه‌های درست کشاورزی پیشنهاد داده می‌شود.

جدول ۴- شاخص امنیت اکولوژیکی در کاربری‌های مختلف منطقه حفاظت شده درمیان

		زمین کشاورزی	مناطق انسان ساخت	مرتع	مناطق بایر
۲۰۰۰	حداقل	۰/۳۸	۰/۳۶	۰/۴۱	۰/۴۱
	حداکثر	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۱۹
	میانگین	۰/۲۸	۰/۲۶	۰/۳۱	۰/۳۰
۲۰۱۴	حداقل	۰/۵۷	۰/۵۳	۰/۶۱	۰/۶۰
	حداکثر	۰/۳۸	۰/۳۸	۰/۳۸	۰/۳۹
	میانگین	۰/۴۸	۰/۴۶	۰/۵۲	۰/۵۱
میانگین کلی		۰/۳۸	۰/۳۶	۰/۴۱۵	۰/۴۰۵

تغییر مکانی در شاخص امنیت اکولوژیکی در یک سال مشخص، با شکل زمین رابطه بسیار نزدیکی دارد. در منطقه مورد مطالعه هر چه از مناطق مسطح به سمت ارتفاعات در حرکت هستیم، به مقدار شاخص امنیت اکولوژیکی افزوده می‌شود.

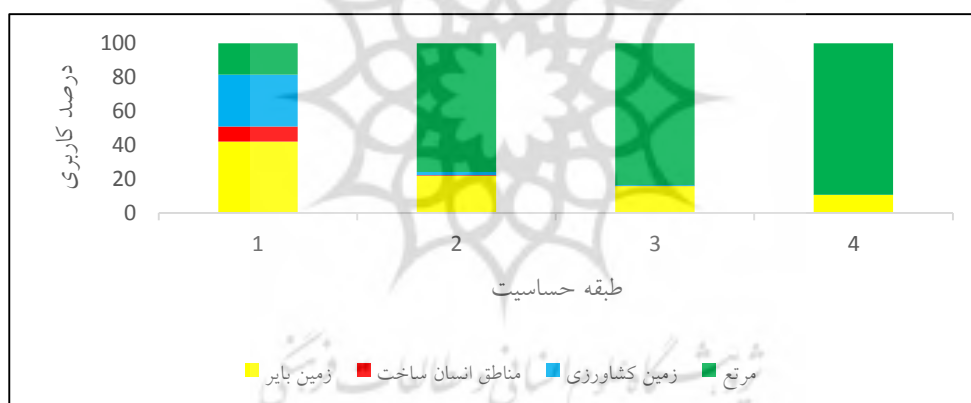
۴-۲- تغییرات آب و هوایی و شاخص امنیت اکولوژیکی

میزان تغییرات دمایی در منطقه حفاظت شده درمیان در طی ۱۴ سال مورد بررسی، ناچیز بوده است این در حالی است که میزان بارندگی در این مدت، تغییرات فراوانی داشته است. میزان بارندگی در سال ۲۰۱۴ نسبت به ۲۰۰۰، ۲۰ میلی متر افزایش داشته است. در طی همین ۱۴ سال امنیت اکولوژیکی منطقه نیز ۰,۲ افزایش داشته است. لذا در

مناطق که از لحاظ اقلیمی مشابه منطقه حفاظت شده در میان می‌باشند، محدودیت اقلیمی اصلی آنها میزان بارندگی است و تأثیر آن بیشتر از دما است. این اطلاعات می‌تواند در انتخاب نشانگر برای این مناطق مفید واقع شود.

۴-۳- طبقه بندی حساسیت و کاربری زمین

در شکل ۷، مساحت هر کاربری در هر یک از طبقات درجه حساسیت مشخص شده است. با توجه به این نمودار در طبقه ۴ که حساسیت کم است، درصد حضور کاربری مناطق انسان ساخت صفر می‌باشد، شاید دلیل اصلی قرار گرفتن این مناطق در این طبقه همین امر باشد. در این نمودار هر چه از سمت طبقه ۱ درجه حساسیت به طبقات بالاتر می‌رویم، از میزان مساحت کاربری‌های مناطق انسان ساخت، زمین کشاورزی و زمین‌های بایر کاسته می‌شود و به مساحت مرتع افزوده می‌شود. پس رابطه مستقیمی بین کاهش حساسیت در منطقه و کاهش مساحت کاربری‌های ناسازگار وجود دارد. به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت، مساحت کاربری‌های هر منطقه در انتخاب نشانگر تأثیر گذار بر امنیت اکولوژیکی آن منطقه مؤثر هستند. با توجه به کاربری که یک نشانگر از آن نشأت می‌گیرد، هر چه مساحت کاربری و به طبع فراوانی نشانگر بیشتر باشد، تأثیر آن نشانگر بر اکوسیستم منطقه بیشتر خواهد بود.



شکل ۷- درصد کاربری زمین در هر طبقه از حساسیت منطقه مطالعاتی

۴-۴- مدیریت منطقه حفاظت شده در میان و سیستم هشدار اولیه

استقرار سیستم هشدار اولیه در منطقه حفاظت شده در میان در سال ۲۰۱۴، با استفاده از نشانگرهای پایه و ابزار سنجش‌ازدور، با ارزان‌ترین راه ممکن و بدون استفاده از نیروی انسانی و کار میدانی فراوان، مناطقی که با توجه به شرایط اکولوژیکی، اقلیمی و توپوگرافی منطقه امکان بروز بحران در آنها زیاد بود را مشخص کرد. بیشتر این مناطق در خروجی‌های حوزه و مناطقی که شدت فرسایش بالا بود قرار داشتند. در واقع علت اصلی تخریب در این مناطق، بوته کنی، چرای بیش از حد دام، تصرف اراضی و تبدیل آن به زمین کشاورزی بود. داده‌های حاصل از این سیستم

ضعف‌های اصلی مدیریتی منطقه را مانند عدم توجه به مستثنیات در منطقه و عدم وجود پاسگاه‌های محیط بانی در مرزهای جنوبی و شرقی را مشخص کرد.

روشن شدن ضعف‌های مدیریتی در تدوین برنامه‌های مدیریتی جامع، هدفمند و جهت‌دار برای مناطق مهم اکولوژیکی مفید خواهد بود. از سویی دیگر تقویت اکوسیستم، حفظ امنیت اکولوژیکی، افزایش تنوع زیستی و حفظ توسعه پایدار را سبب می‌شود، که باعث افزایش سطح رفاه اجتماعی و اقتصادی مردم در این مناطق خواهد شد.

۵- جمع‌بندی

این تحقیق بر پایه مطالعات سنجش‌ازدور و نشانگرها و تأثیرات محیط اطراف بر روی آن‌ها صورت گرفته است. در این تحقیق تلاش شده است که با استفاده از اجزای کوچک اکوسیستم، نتایج قابل اطمینان به دست آید. سعی شده است که هزینه‌های پایش یک اکوسیستم را به حداقل رسیده شود، بنابراین از فناوری‌های نوین و تصاویر ماهواره‌ای به شکل حرفه‌ای بهره برداری شده است. روش کشف شده در این مقاله، با مشخص کردن نقاط خطر در مناطق تحت مدیریت به سرعت تصمیم‌گیری و عملیات احیاء مناطقی که از نظر استانداردهای منطقه در وضعیت مناسبی قرار ندارند، کمک خواهد کرد. این مطالعه زمینه ایجاد مدیریت‌های جایگزین را در یک منطقه فراهم و اثرات این تغییر را نیز مشخص خواهد کرد. منطقه حفاظت شده در میان با داشتن اقلیمی نیمه خشک جهت نشان دادن چگونگی کاربرد سیستم هشدار اولیه در یک منطقه تحت مدیریت انتخاب شد. این تحقیق به حفظ اکوسیستم منطقه‌ای که زیستگاه گونه‌ای بین‌المللی به حساب می‌آید، کمک می‌کند و نشانگرهای مؤثر بر روی امنیت اکولوژیکی برای یک منطقه با اقلیم نیمه خشک معرفی شده‌اند که قابل تعمیم به مناطق مشابه می‌باشند.

تحقیق در زمینه سیستم هشدار اولیه می‌تواند در مورد سایر مناطق چهارگانه صورت پذیرد. در رابطه با موضوع این پژوهش نکته مهم استفاده از نشانگرها با توجه به شرایط اکولوژیک خاص هر منطقه است. در این مطالعه حداقل تعداد نشانگر برای یک سیستم هشدار استفاده شد، جای تحقیق بر روی یک سیستم هشدار با تعداد نشانگر بیشتر وجود دارد که نتایج آن با تحقیق حاضر مقایسه شود. در مطالعات بعدی در این زمینه می‌توان اهمیت هر یک از نشانگرهای سیستم هشدار را تعیین و مناطق هشدار را به سه زیر شاخه، تهدید پذیر در معرض هشدار، و هشدار تقسیم کرد. در سایر تحقیق‌ها بایستی سعی شود که نشانگرهای انتخاب شده برای سیستم هشدار، حداقل همپوشانی را از لحاظ اطلاعاتی باهم داشته باشند تا سیستم هشدار، مناطق را از همه ابعاد مورد بررسی قرار دهد. ما معتقدیم که این مطالعه، می‌تواند یک نقطه شروع مناسب برای بحث بر روی کاربرد سیستم هشدار برای مناطق مهم و غیرقابل دسترس در نقاط مختلف جهان باشد.

۶ - تشکر و قدردانی

بدینوسیله نویسندگان مقاله، از همکاری مدیریت و کارکنان اداره محیطزیست خراسان جنوبی، بویژه آقایان مهندس آرامش و مهندس مستقیم، و کارمندان سازمان حفاظت محیطزیست تهران بویژه دکتر گشتاسب میگوینی نهایت سپاس را به عمل می‌آورند.

کتابنامه

- میرزا قادری، قادر. مرادی، محمد. فلاح، افشین؛ ۱۳۸۹. مقدمه‌ای بر آمار و احتمال. چاپ. سنندج: انتشارات دانشگاه کردستان
- Badji, M., & Dautrebande, S., 1997. Characterization of flood inundated areas and delineation of poor drainage soil using ERS-1 SAR imagery. *Hydrological Processes*, 11(10), 1441–1450. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1085\(199708\)11:10<1441::AID-HYP527>3.0.CO;2-Y](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1085(199708)11:10<1441::AID-HYP527>3.0.CO;2-Y).
- Barlindhaug, S., Holm-olsen, I. M., & Tømmervik, H., 2007. Monitoring archaeological sites in a changing landscape-using multitemporal satellite remote sensing as an “Early Warning” method for detecting regrowth processes. *Archeological Prospection*, 244(May), 231–244. <https://doi.org/10.1002/arp>.
- Clarke, G. M., 1995. Relationships between developmental stability and fitness: Application for conservation biology. *Conservation Biology*, 9(1), 18–24. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1995.09010018.x>.
- EarthExplorer., n.d.. Retrieved April 17, 2015, from <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Forleo, M. B., & Palmieri, N., 2018. A framework for assessing the relational accessibility of protected areas. *Journal of Cleaner Production*, 194, 594–606. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.149>.
- Giulio, M. Di, Holderegger, R. & Tobias, S. (2009). Effects of habitat and landscape fragmentation on humans and biodiversity in densely populated landscapes. *Journal of Environmental Management*, 90(10), 2959–2968. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.05.002>.
- Haji-kazemi, S., Andersen, B., Eleftheriadis, R., & Capellan, A., 2015. The early warning procedure in an international context. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 194(1877), 85–95. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.06.122>. Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G., & Jarvis, A., 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *Int. J. Climatol.* 25(15), 1965–1978.
- Hockey, P. A. R., & Curtis, O. E., 2009. Use of basic biological information for rapid prediction of the response of species to habitat loss. *Conservation Biology*, 23(1), 64–71. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2008.01028.x>.
- Hua, Y.E., Yan, M.A., & Limin, D., 2011. Land ecological security assessment for Bai autonomous Prefecture of Dali based using PSR model-with data in 2009 as Case, 5, 2172–2177.
- Iverson, L. R., & Prasad, A. M., 2007. Using landscape analysis to assess and model tsunami damage in Aceh province, Sumatra. *Landscape Ecology*, 22(3), 323–331. <https://doi.org/10.1007/s10980-006-9062-6>.
- LAADs DAAC., n.d.. Retrieved July 8, 2015, from <https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/>Leverington, F., Costa, K. L., Courrau, J., Pavese, H., Nolte, C., Marr, M., et al.,

2010. Management effectiveness evaluation in protected areas – A global study. 87. <https://doi.org/10.1007/s00267-010-9564-5>.
- Li, X., Lao, C., Liu, Y., Liu, X., Chen, Y., Li, S., et al., 2013. Early warning of illegal development for protected areas by integrating cellular automata with neural networks. *Journal of Environmental Management*, 130, 106–116. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.08.055>.
- Li, Y., Sun, X., Zhu, X., & Cao, H., 2010. An early warning method of landscape ecological security in rapid urbanizing coastal areas and its application in Xiamen, China. *Ecological Modelling*, 221(19), 2251–2260. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2010.04.016>.
- Saadat, H., Adamowski, J., Tayefi, V., Namdar, M., Sharifi, F., & Ale-Ebrahim, S., 2014. A new approach for regional scale interrill and rill erosion intensity mapping using brightness index assessments from medium resolution satellite images. *Catena*, 113, 306–313. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2013.08.012>.
- Sinclair, A. R. E., Fryxell, J. M., & Caughley, G., 2006. *Wildlife Ecology, Conservation, and Management*. Management.
- Tegler, B., Sharp, M., & Johnson, M. A., 2001. Ecological monitoring and assessment network's proposed core monitoring variables: An early warning of environmental change. *Environmental Monitoring and Assessment*, 67(1–2), 29–56. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0035075092&partnerID=40&md5=fd2a7670c7620e7f07fc7d883982890>.
- Wang, H., Long, H., Li, X., & Yu, F., 2014. Evaluation of changes in ecological security in China's Qinghai Lake Basin from 2000 to 2013 and the relationship to land use and climate change. *Environmental Earth Sciences*, 72(2), 341–354. <https://doi.org/10.1007/s12665-013-2955-1>
- Williams, D.G., Evans, R.D., West, J.B., & Ehleringer, J.R., 2007. Applications of stable isotope measurements for early [hyphen(true graphic)] warning detection of ecological change, 383–398.
- Xiuping, Z., Shaofeng, C., & Qingwen, Q., 2000. A research on the assessment of regional ecological security. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*.
- Yu, G., Zhang, S., Yu, Q., Fan, Y., Zeng, Q., Wu, L., et al., 2014. Assessing ecological security at the watershed scale based on RS/GIS: A case study from the Hanjiang River Basin. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 28(2), 307–318. <https://doi.org/10.1007/s00477-013-0750-x>.
- Zhao, Y. Z., Zou, X. Y., Cheng, H., Jia, H. K., Wu, Y. Q., Wang, G. Y., et al., 2006. Assessing the ecological security of the Tibetan plateau: Methodology and a case study for Lhaze County. *Journal of Environmental Management*, 80(2), 120–131. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2005.08.019>.