عباس راهدان[1]، مژگان یاراحمدی[2]،لیلا قاسمی[3]

۱.دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیز، دانشکده منابع‌طبیعی، دانشگاه تهران.

۲. دانشجوی کارشناسی‌ارشد علوم و مهندسی آبخیز، دانشکده منابع‌طبیعی، دانشگاه تهران.

۳. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد اکوهیدرولوژی، دانشکده علوم و فنون نوین، دانشگاه تهران.

Abasrahdan1993@ut.ac.ir

توسعه و بکارگیری شاخص پایداری WSI در حوزه آبخیز طالقان، استان البرز

چکیده

ارزیابی پایداری حوزه‌های آبخیز براساس شاخص‌های پایداری به منظور نیل به رهیافت توسعه‌ی پایدار که تضمین‌کننده‌ی حفظ و بقای حوزه‌های آبخیز است، امری ضروری است. هدف از این پژوهش ارزیابی پایداری حوزه طالقان با استفاده از شاخص پایداری WSI می‌باشد. باتوجه به شاخص WSI، از طریق امتیازدهی در محدوده صفر تا یک به هرکدام از زیرشاخص‌های هیدرولوژی، محیطزیست، معیشت، سیاست‌گذاری و با لحاظ نمودن میانگین امتیازهای کسب‌شده درجه پایداری آبخیز تعیین می‌شود. در این پژوهش، با میانگین‌گیری از ۴ زیرشاخص این روش که امتیاز شاخص هیدرولوژی ۰/۴۵، شاخص زندگی ۰/۵۸، شاخص محیطزیست ۰/۵۸ و شاخص سیاست ۰/۶۶ به‌دست‌آمده و عدد WSI=۰/۵۶ محاسبه شد که نشان‌دهنده این است که میزان پایداری از سطح متوسط پایین‌تر است. نتایج این پژوهش می‌تواند به برنامه‌ریزان و مدیران آبخیز در تعیین اولویت‌ها و اقدامات مدیریتی در راستای حفظ و یا بهبود شاخص‌های پایداری کمک نماید.

کلمات کلیدی:

شاخص پایداری، حوزه آبخیز، شاخص WSI، توسعه.

مقدمه

مفهوم آبخیزداری، فراهم نمودن امکان بهره‌برداری است که براساس اصول و الگوهای توسعه پایدار صورت می‌گیرد. با تبدیل حوزه‌های آبخیز غیرشهری به شهری، درنتیجه تغییر کاربری اراضی از حالت طبیعی (کشاورزی، مرتعی و جنگلی) به شهری (مسکونی، صنعتی، تجاری، ورزشی، جاده‌ها و معابر) موضوع پیچیده‌ای تحت عنوان آبخیزداری شهری به وجود آمده است (نعمت‌الله، ۱۳۹۰). نتیجه نهایی این اقدامات بهره‌برداری بهینه از سدها و امکان مدیریت بهتر منابع آب در هنگام بروز خشک‌سالی‌ها می‌باشد. یکی از اهداف مهم آبخیزداری، تولید آب است. با اجرای طرح‌های آبخیزداری ضمن کاهش حجم و شدت سیلاب‌ها، می‌توانیم به منابع آب دائمی بیشتری اعم از آب‌های سطحی و زیرزمینی دست‌یابیم و از این منابع ارزشمند در هنگام کم‌آبی و وقوع خشک‌سالی‌ها به نحو مناسب‌تری بهره‌برداری کنیم .(Plivar and Rajabi,۲۰۱۹)

درواقع می‌توان گفت که شناسایی اولویت‌ها در بخش آبخیزداری از اهمیت زیادی برخوردار است. به‌عنوان نمونه حوزه آبخیز سدها، حوزه‌های بحرانی و در معرض خطر کم‌آبی و خشک‌سالی، حوزه‌های با فرسایش‌پذیری زیاد و مناطق در معرض خطر سیلاب‌ها جزو اولویت‌های آبخیزداری تلقی می‌شوند؛ و اما جهت نیل به اهداف مزبور و شناسایی دقیق اولویت‌های این بخش و افزایش راندمان پروژه‌های آبخیزداری، تهیه طرح‌های مطالعاتی آبخیزداری دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشند؛ زیرا که با انجام مطالعات جامع و همه‌جانبه می‌توان اولویت‌ها را به‌طور علمی و دقیق مشخص نمود و بعلاوه هر پروژه‌ای را در جای مناسب خود و با کمترین هزینه و بیشترین راندمان به مرحله اجرا درآورد (Bank, ۲۰۰۳).

باتوجه به این امر که آبخیزهای سالم خدمات اکوسیستمی بسیاری در زمینه‌های مختلف چون زمینه اجتماعی و رفاه اقتصادی را ارائه می‌دهند، می‌بایست روش‌هایی توسعه یابند که بتوان براساس آن‌ها درجه سلامت و سطح پایداری آبخیزها را تعیین نمود. در این راستا شاخص‌هایی که به‌طور مناسب وضعیت آبخیز را در شرایط مختلف مورد ارزیابی قرار می‌دهند، مورداستفاده قرار می‌گیرد. یکی از مهم‌ترین و کاربردی‌ترین شاخص‌های مورداستفاده برای ارزیابی پایداری حوضه آبخیز شاخص WSI می‌باشد (DECC, ۲۰۰۷).

آژانس‌های محیط‌زیستی، مدل‌هایی را برای بررسی تغییرات به وجود آمده در محیط‌زیست با رویکرد روابط انسان-محیط‌زیست تدوین نموده‌اند که ساده‌ترین آن‌ها مدل فشار-وضعیت-واکنش می‌باشد که توسط سازمان توسعه و همکاری اقتصادی به‌عنوان چارچوب اساسی برای ارزیابی محیط‌زیستی در مطالعات پیشاهنگ مورداستفاده قرار می‌گیرد (بدری، ۱۳۹۰). در این مدل، منظور از فشار عوامل تأثیرگذار است که باعث ایجاد تغییراتی در عرصه و وضعیت آن می‌شود. پس از ایجاد تغییر در عرصه و برهم خوردن وضعیت و انتقال به وضعیتی جدید، عکس‌العمل سیستم به این تغییر تفاوت یافته و خود این تغییر باعث تغییری در عامل و یا عوامل فشار شده و مجدداً تغییراتی در سیستم ایجاد می‌شود (بدری، ۱۳۹۰).

از طریق روند تغییرات پارامترهای زیر شاخص‌های منتخب می‌توان تحولات صورت گرفته در آبخیز در طول یک دوره را مشخص و مورد پایش قرارداد (DECC, ۲۰۰۷). بسیاری از فعالیت‌های فردی و گروهی در آبخیزها تأثیر مستقیمی بر سلامت محیط‌زیست و انسان دارند (OECD, ۲۰۰۳). به همین دلیل پرداختن به مسائل اجتماعی و بهبود معیشت و رفاه آبخیزنشینان در برآورد شاخص پایداری حوزه آبخیز ضروری به نظر می‌رسد. شاخص‌ها راه مؤثر و ساده را برای مرتبط کردن اطلاعات با مراحل مختلف حرکت به‌سوی هدف مشخص فراهم می‌کنند (OECD, ۲۰۰۳). همچنین جایگاه سلامت حوضه در توسعه پایدار و اولویت‌بندی مسائل و چالش‌های آبخیز با استفاده از شاخص‌ها فراهم خواهد شد.

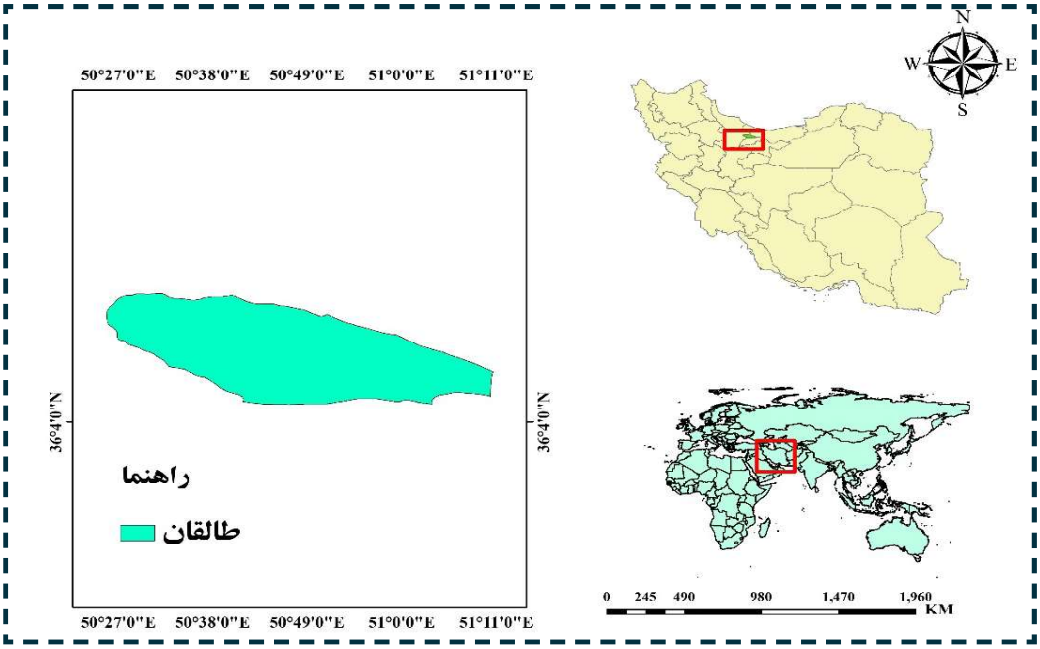
کاتانو و همکاران (۲۰۰۹) در قالب یک کمیسیون منتخب حفاظت و مدیریت آبخیز رودخانه رونتازون در کاستاریکا گزارشی را در مورد پایداری این آبخیز منتشر کردند. در این پژوهش برای محاسبه WSI از جداولی که توسط چاوز و آلیپاز تهیه‌شده بود، استفاده‌شده است و منطقه موردمطالعه به علت وسعت زیاد به سه بخش تقسیم‌شده و شاخص پایداری برای برآورد گردیده است و مشخص شد که آبخیز موردنظر ازلحاظ پایداری در سطح هر بخش جداگانه محاسبه‌شده و درنهایت مقدار آن برای کل حوضه ۰.۷۴ متوسط قرار دارد (Catano, et al, ۲۰۰۹). کورتز و همکاران (۲۰۰۸) طی یک دوره مطالعاتی چهارساله مقدار WSI را برای حوزه آبخیز رودخانه‌ای در شیلی برآورد کردند که مانند مطالعات قبلی این حوضه هم ازنظر پایداری در حد متوسط قرار گرفت (Chaves, ۲۰۰۶).

ازآنجایی‌که حوزه طالقان از روستاها و شهرهای بسیار زیادی برخوردار می‌باشد یکی از حوزه‌های مهم کشور محسوب می‌گردد. لذا با توجه به اهمیت آن، این پژوهش با هدف ارزیابی پایداری حوزه طالقان با استفاده از شاخص پایداری WSI صورت می‌گیرد.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه

شهرستان طالقان با وسعت ۱۱۲۳۶۳ هکتار (۲۲ درصد وسعت استان) تنها ۰/۵ درصد از جمعیت استان را دارد. به لحاظ مورفولوژی استان البرز در یک نگاه کلان به محدوده این استان، نمایانگر وجود ارتفاعات بلند و نواحی پست و همواری است که پهنه استان را پوشش داده‌اند. ارتفاعات که بلندی آن‌ها در برخی نقاط بیش از ۴۰۰۰ متر است، اغلب در قسمت‌های شمالی استان به‌صورت شرقی-غربی گسترش‌یافته‌اند. پست‌ترین نقطه استان البرز در غرب استان است. این پست‌ترین ناحیه، ناحیه‌ای است باتلاقی و ماندابی که حدود ۱۰۰۰ متر ارتفاع دارد. در برابر این ناحیه پست، بلندترین نقطه استان با ارتفاع ۴۱۰۴ متر در ارتفاعات شمالی کرج-طالقان واقع‌شده است.



شکل ۱) موقعیت استان البرز در کشور

شاخص WSI

شاخص پایداری آبخیز (WSI) شاخص خاصی از آبخیز است که روابط علت و معلولی و سیاست های پاسخگویی در یک دوره فرضی را به عنوان پایداری حوزه در نظر می‌گیرد.

زیرشاخص‌های موردمطالعه

باتوجه به اینکه مدیریت آبخیز فرایند کل‌نگر و پویایی است، در این تحقیق پایداری آبخیز تابعی از هیدرولوژی، محیط‌زیست، معیشت و سیاست‌گذاری در نظر گرفته شده است که براساس رویکرد فشار-وضعیت-واکنش تعیین می‌شود. در واقع برای محاسبه شاخص پایداری آبخیز از پلاتفرم H.E.L.P که به‌وسیله برنامه بین‌المللی هیدرولوژی PIH یونسکو در سال ۲۰۰۵ تصویب شد، استفاده شده است. شاخص پایداری آبخیز که به‌اختصار با WSI نشان داده می‌شود از رابطه زیر قابل‌محاسبه خواهد بود:

$$WSI = (H+E+L+P) / ۴ \quad (۱)$$

که در آن L، E، H و P به ترتیب امتیاز زیر شاخص هیدرولوژی، محیط‌زیست، معیشت و سیاست‌گذاری می‌باشند، که دامنه همه آن‌ها بین صفر تا یک تغییر می‌نماید. به این صورت که در بهترین وضعیت امتیاز یک و در بدین وضعیت امتیاز صفر در نظر گرفته می‌شود (Chaves, ۲۰۰۶).

مقدار کلی WSI بین صفرتا یک به دست می‌آید و در سه‌طبقه به شرح زیر تقسیم می‌شود:

۱. پایداری پایین WSI<۰.۶
۲. پایداری متوسط WSI≤۰.۸≥۰.۶
۳. پایداری بالا WSI>۰.۸

همان‌طور که در جدول شماره (۱) ملاحظه می‌شود برای تعیین امتیاز هرکدام از زیرشاخص‌ها پارامترهایی در قالب فشار-وضعیت-واکنش در نظر گرفته‌شده‌اند.

جدول شماره ۱) پارامترهای مربوط به زیر شاخص‌ها

زیر شاخص	فشار	وضعیت	واکنش
هیدرولوژی	تغییرات در سرانه آب قابل در دسترس در حوضه طی مدت مطالعاتی تغییر در BOD5 حوضه طی مدت مطالعاتی	سرانه آب قابل در دسترس در حوضه (میانگین بلندمدت) BOD5 حوضه (میانگین بلندمدت)	بهبود در راندمان مصرف آب بهبود در سیستم دفع فاضلاب
محیط‌زیست	EPI حوضه طی مدت مطالعاتی	درصد مناطق با پوشش طبیعی در حوضه	تحول در حفاظت از حوضه (درصد مناطق حفاظت‌شده BMPs طی مدت مطالعاتی)
معیشت	تغییرات در سرانه درآمد در حوضه طی مدت مطالعاتی	HDI حوضه (توسط وزن جمعیت شهرستان)	تحول در HDI حوضه طی مدت مطالعاتی
سیاست گذاری	تغییر در زیر شاخص HDI در حوضه طی مدت تعیین‌شده	ظرفیت سازمانی حوضه جهت تحقق IWRM	تحول در هزینه‌های اعمال IWRM در حوضه طی مدت مطالعاتی

با در نظرگیری وزن مساوی برای هر یک از شاخص‌ها، ساده‌ترین شکل خطی که WSI را تشکیل می‌دهد به‌صورت زیر است:

(۲) $$WSI= H+E+L+P/4$$

WSI از اساسی‌ترین پارامترها که به طورکلی برای تمام حوزه‌های رودخانه‌ای موجود هستند، با اعمال مقیاس صفر (بسیار ضعیف) تا ۱۰۰ (عالی)، مانند شاخص توسعه انسانی، تقاضای نیاز بیوشیمیایی به اکسیژن در طی یک دوره ۵ روزه (BOD5) و شاخص فشار محیط‌زیستی استفاده می‌کند. به‌منظور تسهیل تخمین سطوح پارامتر توسط کاربران، هر دو پارامترهای کمی و کیفی به‌صورت ۵ درجه (۰، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱) تقسیم شدند. این پارامترها می‌توانند براساس موارد زیر باشد:

شاخص هیدرولوژی (H): شاخص هیدرولوژی شاخص اصلی WSI است زیرا این شاخص خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب آبخیز را مورد ارزیابی قرار می‌دهد. این شاخص حاوی ۲ مجموعه از زیرشاخص‌هاست: کیفیت آب و کمیت آب. میانگین این ۲ زیر شاخص؛ شاخص هیدرولوژی کلی را مشخص می‌نماید. در رابطه با کمیت آب، پارامتر آب قابل‌دسترس سرانه به‌صورت سالانه به ازای هر نفر (WA)، شامل آب سطحی و زیرزمینی است. مقدار WA برای سال پایه، پارامتر حالت بوده و تغییر درصدی WA از سال پایه تا پایان سال دوره موردمطالعه، پارامتر فشار است. پارامتر پاسخ تنها پارامتر کیفی از این زیر شاخص است. این پارامتر بهبود کارایی مصرف آب در طول دوره مطالعه را مورد بررسی قرار می‌دهد. پارامتر وضعیت، BOD5 حوزه رودخانه در سال پایه است، شرایط عالی در یک BOD5، کمتر از ۱ بود. همان‌طور که قبلاً گفته شد به‌جای این پارامتر در این مطالعه موردی طالقان پارامتر رسوب را برای بررسی کیفیت آب در نظر گرفتیم. در این شاخص برای به دست آوردن شاخص کمی سه پارامتر P1,S1,R1 را اندازه‌گیری می‌کنیم؛ و برای به دست آوردن شاخص کیفی سه پارامتر P2.S2,R2 را اندازه‌گیری می‌کنیم.

شاخص زندگی (L): جهت تعیین پارامتر زندگی از شاخص توسعه انسانی (HDI) بهره گرفته شد. برای مشخص نمودن این شاخص از تفاوت جمعیت شهری و روستایی در واحد سطح استفاده شد که این میزان در سطوح مختلف فشار، حالت و پاسخ بررسی شد.

از این نمرات میانگین گرفته شد که درنهایت میانگین این نمرات به‌عنوان امتیاز پایداری حوضه در بخش زندگی تعیین می‌شود که مقدار نهایی این پارامتر بین ۰ و ۱ می‌باشد.

شاخص محیط‌زیست: زیر شاخص محیط‌زیست همانند زیر شاخص هیدرولوژی از میانگین پارامترهای فشار، وضعیت و واکنش محاسبه می‌شود. در پارامتر فشار درصد برآورد ۲ درصد و تغییر در جمعیت شهری حوضه ۲۸ محاسبات انجام‌شده تغییر در زمین‌های کشاورزی در طی دوره ده‌ساله انتخاب‌شده برابر با ۱۳ گردید. EPI میزان فشار فعالیت‌های کشاورزی بر روی آبخیز را نشان می‌دهد.

پارامتر فشار: این پارامتر فشار فعالیت کشاورزی و انسان بر محیط‌زیست را ارزیابی می‌کند که با EPI آن را نشان می‌دهند

(۳) $$EPI = (\% VAA - \% VUP)/2$$

پارامتر حالت: بیان‌کننده میزان پوشش فعلی طبیعی است و درک درستی از چگونگی تغییرات محیط‌زیست در طی سال‌های موردمحاسبه به دست می‌دهد.

پارامتر پاسخ: فعالیت‌های حفاظتی حوزه را مشخص می‌کند که شامل ذخایر جدید یا گسترش جنگل‌های ملی و پارک‌های محلی است.

شاخص سیاست (P): شاخص سیاست؛ سطوح تعلیم و تربیت، چارچوب‌های قانونی و دخالت نهادی مدیریت تلفیقی منابع آب (IWRM) در حوزه رودخانه را مورد بررسی قرار می‌دهد. زیر شاخص HDI تعلیم و تربیت، برای محاسبه پارامتر فشار مورد استفاده قرار گرفته است. این زیر شاخص به دلیل ارتباط آن با تمایل مردم برای پشتیبانی از پایداری آبخیز و تحت‌فشار قرار دادن مقامات دولتی و ذینفعان/ سهامداران، مورداستفاده قرارگرفته است. پارامتر وضعیت توسط قابلیت حوزه برای مشارکت اهداف IWRM، میان مؤسسات یا سازمان‌های مختلف موجود مشخص می‌شود (IWRM،۲۰۰۴). پارامتر وضعیت کیفی؛ جامعیت و وسعت سیستم‌های سازمانی و قانونی موجود در آبخیز را بررسی نموده و وضعیت (بسیار ضعیف، ضعیف، متوسط، خوب یا عالی) آن‌ها را مشخص می‌نماید. پارامتر پاسخ در طول دوره تجزیه و تحلیل برای تعیین میزان تلاش‌های دولت و سازمان‌ها برای رسیدگی به مسائل مالی در آبخیز، از هزینه‌های IWRM استفاده کرده است.

برای محاسبه شاخص سیاست از پارامترهای سطح سواد و توسعه سکونت‌گاهی استفاده شده است که با استفاده از اطلاعات موجود در جداول یک عدد برای شاخص سیاست به دست می‌آید و با استفاده از امتیازبندی این عدد در پارامترهای حالت و پاسخ و فشار وضعیت مشخص می‌شود که با میانگین‌گیری از این سه پارامتر جواب نهایی برای شاخص سیاست به دست می‌آید.

پارامتر فشار: تغییر در زیر شاخص HDI (آموزش) حوضه در طی مدت مطالعاتی نسبت به دوره گذشته را بیان می‌کند.

پارامتر حالت: HDI حوضه (توسط وزن جمعیت شهرستان) که برابر با ۰/۱۸ می‌باشد.

پارامتر پاسخ: تحول در هزینه‌های اعمال WRM در حوضه طی مدت مطالعاتی را بیان می‌کند.

بحث و نتایج

هیدرولوژی: در این حوضه باتوجه به میانگین سرعت جریان بلندمدت که از میانگین بلندمدت دبی‌ها و جمعیت کل شامل جمعیت روستایی بعلاوه جمعیت شهری و براساس تطبیق با جداول P1=۰.۷۵ به‌دست‌آمده است.

براساس ضریب تغییرات میزان رسوب یا TDS و با استفاده از جداول، P2=۰.۵ به دست آمده است. درصد تغییرپذیری بین آب در دسترس کوتاه‌مدت و بلندمدت که پارامتر Pressure است، محاسبه‌شده است. براساس درصد تغییرات جریان کمینه یا دبی حداقل و براساس جدول زیر S1=۰.۲۵ به‌دست‌آمده است.

باتوجه به تنوع در رسوب حوضه در دوره مطالعه شده برحسب میلی‌گرم بر لیتر S2=۰.۷۵ به‌دست‌آمده است.

برحسب میزان آب در دسترس که از معادله بیلان آبی به دست می‌آید تقسیم بر جمعیت R1=۰.۲۵ به‌دست‌آمده است.

R2=۰.۲۵ به‌دست‌آمده است.

جمعیت کل=جمعیت شهری+جمعیت روستایی

جمعیت کل=۲۴۱۲۵۱۳

مساحت کل=۵۱۴۱۸۷

مدل‌های شبیه‌سازی حوزه آبخیز با سطح پیچیدگی مختلف عمدتاً در تخمین بار آلودگی کاربرد زیادی دارد که درنتیجه در قسمت هیدرولوژی در بخش کیفی میانگین ۰/۵ به دست آمد و در بخش کمی میانگین ۴۱ به دست آمد و درنهایت امتیاز کل در بخش هیدرولوژی برابر ۰/۴۵۵ به دست آمد.

زندگی: جهت تعیین پارامتر زندگی از شاخص توسعه انسانی (HDI) بهره گرفته شد. برای مشخص نمودن این شاخص از

تفاوت جمعیت شهری و روستایی در واحد سطح استفاده شد و میزان آن برابر ۱۸. یا ۱۸ درصد به دست آمد که این میزان در سطوح مختلف فشار، حالت و پاسخ بررسی شد.

HDI= (شهری جمعیت-روستایی جمعیت) / (مطالعاتی منطقه سطح) = (۲۳۷۶۵-۳۲۱۱)/۱۱۲۳۶۳.۱ = ۰.۱۸=٪۱۸

در سطح فشار به خاطر این‌که ٪۰ > Δ<٪۱ امتیاز پارامتر فشار ۱ به دست می‌آید.

در سطح حالت با توجه به اینکه ۰/۵>Δ امتیاز پارامتر حالت صفر به دست می‌آید.

در سطح پاسخ با توجه به این‌که ٪۱۰>Δ>٪۲۰ می‌باشد، امتیاز پارامتر پاسخ ۰/۷۵ به دست می‌آید.

از این نمرات میانگین گرفته شد که درنهایت میانگین این نمرات به‌عنوان امتیاز پایداری حوضه در بخش زندگی تعیین شد که مقدار آن برابر ۰/۵۸ محاسبه شد. باتوجه به این‌که مقدار نهایی این پارامتر بین ۰ و ۱ می‌باشد، می‌توان گفت که وضعیت حوزه در محدوده متوسط و نزدیک به خوب می‌باشد.

محیط‌زیست: هدف از انجام این بررسی برآورد شاخص پایداری حوزه بوده و برای انجام این کار ما نیاز به برآورد زیر شاخص‌های هیدرولوژی، محیط‌زیست، زندگی و سیاست داشتیم. برای برآورد زیر شاخص محیط‌زیست امتیاز مربوط به فشار در زیر شاخص محیط‌زیست برابر عدد ۰ شد، یعنی سطح EPI بیشتر از ۲۰ درصد شد.

جدول ۲) محاسبه پارامتر وضعیت در زیر شاخص محیط‌زیست

شاخص	پارامتر حالت	سطح	امتیاز
محیط‌زیست	درصد مساحت پوشش طبیعی AV	Av<5	0
		5<Av<10	0.25
		10<Av<25	0.5
		25<Av<40	0.75
		25<Av<40	1

امتیاز مربوط واکنش در حوزه طالقان با توجه به جدول (۳) برابر با ۱ شد؛ یعنی تحول در وضعیت مناطق حفاظت‌شده بیشتر از ۲۰ درصد می‌باشد.

جدول ۳) محاسبه پارامتر واکنش در زیر شاخص محیط‌زیست

شاخص	پارامتر حالت	سطح	امتیاز
محیط‌زیست	تحول در وسعت مناطق حفاظت‌شده حوضه طی مدت مطالعاتی	Δ<-10%	0
		-10%<Δ<0%	0.25
		0<Δ<10%	0.5
		10%>Δ<20%	0.75
		Δ>20%	1

در حوزه طالقان در حدود ۲۹۳۴۷۲ هکتار سطح مناطق شهری می‌باشد و سطح مناطق روستایی در حدود ۱۹۸۱۷۹ هکتار برآورد گردید و سطح کل حوزه در حدود ۱۳۲۵۰۰ هکتار می‌باشد. با این اعداد و ارقام ما توانستیم درصد هرکدام از مناطق شهری و روستایی را نسبت به سطح کل منطقه محاسبه نماییم و این اعداد یعنی درصد مناطق روستایی و درصد مناطق شهری در محاسبه زیر شاخص محیط‌زیست مورداستفاده قرار گرفت. برای محاسبه زیر شاخص محیط‌زیست در حوزه آبخیز طالقان و این پژوهش، وضعیت پوشش طبیعی حوزه طالقان باتوجه به جداول مربوطه برابر با ۰/۷۵ شد، پوشش در منطقه طالقان ۲۵ تا ۴۰ درصد می‌باشد، عدد یا امتیاز مربوط به فشار وارده بر حوزه آبخیز برابر با ۰ گردید، یعنی فشار در حوزه طالقان بیشتر از ۲۰ درصد بوده است و همچنین در بخش پاسخ یعنی کارهای حفاظتی انجام‌شده در حوزه عدد ۱ را به خود اختصاص داد، یعنی عملیات حفاظتی در این منطقه در حالت بسیار خوبی وجود دارد و طرح‌های حفاظتی در این منطقه اجرا شده است و با میانگین‌گیری از این اعداد زیر شاخص محیط‌زیست برای حوزه آبخیز طالقان برابر با ۰/۵۸ شد؛ باتوجه به عدد به‌دست‌آمده می‌توان نتیجه‌گیری نمود که وضعیت محیط‌زیستی حوزه طالقان در رنج متوسط قرار دارد.

سیاست: برای برآورد زیر شاخص سیاست از هر سه پارامتر فشار، حالت و پاسخ میانگین می‌گیریم که امتیاز مربوط به پارامتر پاسخ براساس جدول (۴) برابر با ۰/۵ به دست می‌آید که تا ۱۰ درصد تحول در هزینه‌های مربوط به اعمال مدیریت جامع در طی دوره مطالعاتی بوده است.

جدول ۴) محاسبه پارامتر پاسخ در زیر شاخص سیاست

امتیاز	سطح	پارامتر حالت	شاخص
0	Δ<-10%	Evol تکامل مدیریت منابع آب آبخیز و مخارج صرف شده برای حوضه در دوره مطالعاتی	سیاست
0.25	-10%<Δ<0%		
0.5	0<Δ<10%		
0.75	10%>Δ<20%		
1	Δ>20%		

فشار بر اساس جدول ۱۰ برابر با ۰/۷۵ می‌باشد که تغییر در آموزش طی دوره مطالعاتی می‌باشد که نسبت به گذشته پیشرفت داشته است. امتیاز مربوط به حالت در منطقه موردنظر بر اساس جدول (۶) برابر با ۰/۷۵ که نشان‌دهنده‌ی ظرفیت نهادی در منطقه می‌باشد که وضعیت خوب است.

پارامتر وضعیت توسط قابلیت حوزه برای مشارکت اهداف IWRM، میان مؤسسات یا سازمان‌های مختلف موجود مشخص می‌شود (IWRM،۲۰۰۴). پارامتر وضعیت کیفی؛ جامعیت و وسعت سیستم‌های سازمانی و قانونی موجود در آبخیز را بررسی نموده و وضعیت (بسیار ضعیف، ضعیف، متوسط، خوب یا عالی) آن‌ها را مشخص می‌نماید.

شاخص سیاست سعی در شناخت میزان توسعه آموزشی و میزان جمعیت شهری و روستایی دارد که سیر آموزش در چه جهتی می‌باشد. پیشنهادهایی که در این مورد مطرح است مقاوم‌سازی و احیای صنایع و اشتغال متناسب با استعداد منطقه و کمک از ساکنین خود منطقه می‌باشد که با این کار هم از مهاجرت‌هایی که امروزه خیلی افزایش‌یافته جلوگیری می‌شود و هم به پایداری حوزه کمک می‌کند.

جدول ۵) محاسبه پارامتر فشار در زیر شاخص سیاست‌گذاری

امتیاز	سطح	پارامتر فشار	شاخص
0	Δ<-20%	تغییرات در شاخص توسعه انسانی و آموزش در دوره مطالعاتی، در ارتباط بامطالعه قبلی	سیاست
0.25	-20%<Δ<-10%		
0.5	-10%<Δ<0		
0.75	0<Δ<10%		
1	Δ>10%		

جدول ۶) محاسبه پارامتر حالت در زیر شاخص سیاست‌گذاری

امتیاز	سطح	پارامتر حالت	شاخص
0	خیلی ضعیف	ظرفیت بنیادی حوضه در IWRM به‌صورت حقوقی و سازمانی	سیاست
0.25	ضعیف		
0.5	متوسط		
0.75	خوب		
1	عالی		

جدول ۷) نتایج شاخص و زیرشاخص‌ها

هیدرولوژی					
	فشار	حالت	پاسخ	میانگین	امتیاز
کمیت	۰/۷۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۴۱	۰/۴۵
کیفیت	۰/۵	۰/۷۵	۱	۰/۵	
محیط‌زیست					
E.P.I	۱	۰	۰/۷۵	۰/۵۸	۰/۵۸
زندگی					
H.D.I	۱	۰	۰/۷۵	۰/۵۸	۰/۵۸
سیاست					
E.D.I	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۵	۰/۶۶	۰/۶۶
WSI=0/56					

نتیجه‌گیری

در مفهوم پایداری توجه اصلی بر حفظ‌کردن سرمایه‌های طبیعی، اقتصادی و اجتماعی برای نسل‌های آینده است. توسعه‌ی پایدار در بستر حوزه‌ی آبخیز ایجاد می‌شود و به‌منظور ارزیابی سطوح پایداری و همچنین میزان دسترسی به توسعه‌پایدار، از شاخص‌های پایداری بهره گرفته می‌شود. برای ارزیابی حوزه روش‌های مختلفی همچون روش IUCN، WSI، ایران، WHAF، ESI و... وجود دارد که در این پژوهش از روش WSI استفاده‌شده است.

شاخص پایداری آبخیز (WSI) شاخص خاصی از آبخیز است که روابط علت و معلولی و سیاست‌های پاسخگویی در یک دوره فرضی را به‌عنوان پایداری حوزه در نظر می‌گیرد.

در این پژوهش، با میانگین‌گیری از ۴ زیر شاخص این روش که امتیاز شاخص هیدرولوژی ۰/۴۵، شاخص زندگی ۰/۵۸ شاخص محیط‌زیست ۰/۵۸ و شاخص سیاست ۰/۶۶ به‌دست‌آمده و عدد WSI=۰/۵۶ محاسبه شد که نشان‌دهنده این است که میزان پایداری از سطح متوسط پایین‌تر است و در برنامه‌ریزی‌های آینده باید به این نکته توجه شود. در بحث پایداری باید بر مدیریت جامع تأکید کرد تا به توسعه پایدار که هدف اصلی است دست پیدا کرد.

منابع

۱. امیری، نعمت اله؛ روش محاسبه شاخص توسعه انسانی، ماهنامه بررسی مسائل و سیاست‌های اقتصادی، شماره ۵۲، اسفند ۵۳۲۲، صفحات ۵۳۵- ۵۳۸.

۲. بدری پور، حسین؛ نگارش مقاله برای همایش، لرستان، ۲۷ و ۲۸ اردیبهشت ۱۳۹۰.

3. Pilvar, R., & Rajabi, M. (2019). Property rights of water wells; the arena of transformation from private law to public law. Legal Encyclopedias, 2(2), 67-91.
4. Catano, N., Marchand, M., Staley, S., Wang, Y., Development and Validation of the Watershed Sustainability Index (WSI) for the Watershed of the Reventazón River. Tech. rep., Comcure. (2009).
5. Chaves, H.M., Alipaz, S., An integrated indicator based on basin hydrology, environment, life, and policy: the watershed sustainability index. Water Resources Management 21, 883-895. (2007).
6. Commission, B., Commission, B., Our common future. Oxford: Oxford University Press. (1987).
7. Gregersen, H.M., Lundgren, A.L., Linking monitoring and assessment to sustainable Development. Forestry for Sustainable Development Program, Department of Forest Resources, College of Natural Resources, University of Minnesota. (1989).
8. India, U., Results from 2010–Empowered Lives, Resilient Nations. UNDP India. (2010).
9. Kang, M.G., Lee, G.M., Multicriteria Evaluation of Water Resources Sustainability in the Context of Watershed Management1. JAWRA Journal of the American Water Resources Association 47, 813-827. (2011).
10. Kansal, M., Gaur, A., Expert System Based Water Sustainability Index, Reston, VA: ASCE copyright Proceedings of the 2011 World Environmental and Water Resources Congress; May 22. 26, 2011, Palm Springs, California| d 20110000. American Society of Civil Engineers. (2011).
11. Lawrence, P.R., Meigh, J., Sullivan, C., The water poverty index: an international comparison. (2002).
12. Loucks, D.P., Gladwell, J.S., Sustainability criteria for water resource systems. Cambridge University Press. (1999).
13. Nyerges, T., Jankowski, P., Drew, C., Data-gathering strategies for social-behavioural research about participatory geographical information system use. International Journal of Geographical Information Science 16, 1-22. (2002).
14. Raskin, P.D., Hansen, E., Margolis, R.M., Water and sustainability, Natural Resources Forum. Wiley Online Library, pp. 1-15. (1996).
15. Reddy, V.R., Sustainable watershed management: Institutional approach. Economic and Political Weekly, 3435-3444. (2000).