

مقدمه

افزایش مصرف منابع طبیعی تجدیدشونده و فقر باعث فشار شدید و شکننده‌تر شدن اکوسیستم‌ها در مناطق در حال توسعه‌ی جهان، خصوصاً سال‌های اخیر شده است [۹]. بدیهی است که توسعه اقتصادی می‌تواند اثرات ناخواسته اجتماعی و زیست‌محیطی، شامل تغییرات آب و هوا، استفاده مضاعف منابع آبی، کاهش تنوع زیستی و افزایش نابرابری‌ها را به دنبال داشته باشد [۲]. پیش‌حوزه‌های آبخیز و تعیین وضعیت سلامت آنها در امر برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری به منظور مدیریت سازگار اجتناب‌ناپذیر است [۱۰]. پایداری مفهومی است که توجه اصلی آن بر حفظ سرمایه‌های طبیعی، اجتماعی و اقتصادی برای نسل‌های آینده می‌باشد. این مهم زمانی محقق می‌گردد که توجه آن به همپوشانی بین لایه‌های بوم‌شناختی، اقتصادی و اجتماعی باشد [۱۷]. در این بین عدم توجه به مسائل حوزه‌ی آبخیز علت شکست طرح‌های اقتصادی می‌باشد [۲۳]. بنابراین توسعه پایدار در بستر حوزه آبخیز شکل می‌گیرد و برای ارزیابی سطوح پایداری و میزان دسترسی به توسعه پایدار، از شاخص‌های پایداری استفاده می‌شود [۱]. این شاخص‌ها باید ارتباطات جنبه‌های زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی پایداری را نشان دهند. همچنین این شاخص‌ها بایستی بازتاب تغییرات مدیریتی و فعالیت‌های انسانی را در گذر زمان در حوزه آبخیز اندازه‌گیری کنند و قابل درک، در دسترس و معتبر باشند [۲۵]. مک لارن و سیمونویچ [۱۱] معتقدند بطور کلی شاخص‌ها با مدیریت متغیرها برای پایش و اندازه‌گیری وضعیت پایداری مفید است. به عبارت دیگر شاخص‌ها به تنهایی مفید نیستند بلکه آنها با نشان دادن تغییرات وضعیت محیط و اکوسیستم، مورد توجه قرار می‌گیرند [۸]. امروزه پایداری آبخیز چهار هدف مهم تنظیم رژیم جریان آب، حفظ و بهبود کیفیت آب، حفظ کیفیت اکولوژیکی گیاهی و جانوری و منابع انرژی را در نظر می‌گیرد [۱۳]. سولیوان [۱۸] و چاوز و آلیپاژ [۵] در مؤسسه تحقیقاتی سیاست‌گذاری برای رسیدن به پایداری، تشخیص تمام فاکتورهای شرکت‌کننده در پایداری منابع آبی را امری بسیار ضروری می‌دانند. وایسمن [۲۲] معتقد است که اغلب پایداری منابع آبی، مسائل اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی به شکل جداگانه‌ای بررسی می‌شوند، در حالی که این مسائل باید به شکل جامع و یک پروسه دینامیک بررسی شوند. با توجه به جمیع مطالب بالا

 ارزیابی پایداری حوزه آبخیز بر اساس مدل HELP
 (مطالعه موردی: حوزه آبخیز بهشت گمشده،
 استان فارس)
محمد کاظمی^{۱*} و احسان کمالی مسکونی^۲

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۷/۲۹ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۴/۱۳

چکیده

برای دستیابی به رهیافت توسعه پایدار که ضامن حفظ و بقای حوزه‌های آبخیز می‌باشد، ارزیابی پایداری آنها بر اساس شاخص‌های پایداری ضروری به نظر می‌رسد. هدف از تحقیق حاضر، بررسی پایداری حوزه آبخیز بهشت گمشده بر اساس مدل (HELP) در یک دوره ده‌ساله (۱۳۹۵-۱۳۸۵) می‌باشد. مدل مذکور بر اساس چهار مقوله‌ی هیدرولوژی (کمی و کیفی)، محیط‌زیست، حیات آبخیز‌نشینان، سیاست‌گذاری و سه پارامتر فشار، وضعیت و واکنش و تحت عنوان شاخص پایداری حوزه (WSI) به بررسی پایداری حوضه در سه سطح پایین، متوسط و بالا می‌پردازد. نتایج نشان داد پارامتر فشار با امتیاز ۰/۷۸ و پارامتر واکنش با امتیاز ۰/۵۳ بهترین امتیاز را برای ارزیابی پایداری حوزه آبخیز بهشت گمشده به خود اختصاص داده‌اند که حکایت از واکنش مناسب جهت کاهش فشار وارده بر اکوسیستم را دارد. همچنین نتایج نشان داد زیرشاخص‌های هیدرولوژی کمی با امتیاز ۰/۲۵ و محیط‌زیست با امتیاز یک به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین اولویت را جهت مدیریت (خصوصاً مدیریت و حفاظت از منابع آبی موجود) حوزه آبخیز به خود اختصاص داده‌اند. بطورکلی نتایج نشان داد سطح پایداری حوضه با امتیاز ۰/۶۷ متوسط رو به پایین در دوره مورد مطالعه ارزیابی شد که توجه بیشتری را برای ارتقای سطح پایداری منطقه طلب می‌کند.

واژه‌های کلیدی: برنامه‌ریزی سرزمین، بهشت‌گمشده، سطح پایداری، سرانه آب، شاخص پایداری آبخیز.

۱- دکتری آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان و نویسنده مسئول: Email: mohamad.kazemi86@gmail.com

۲- دانشجوی دکتری آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان

مواد و روشها

مشخصات منطقه‌ی مورد مطالعه

حوزه مورد مطالعه در این بررسی، تحت عنوان حوزه آبخیز تنگ بستانک در حدود ۸۰ کیلومتری شمالغرب شهرستان شیراز و در موقعیت جغرافیایی "۳۳° ۵۲' تا ۳۶° ۱۳' ۵۲" شرقی و "۳۳° ۱۶' تا ۱۸° ۲۵' ۳۰" شمالی واقع شده است. این حوزه از نظر تقسیمات حوزه‌های آبخیز کشوری، جزء زیرحوزه آبخیز نیریز و شیراز بوده که آب‌های آن پس از وارد شدن به رودخانه کر، وارد دریاچه بختگان می‌شود. میانگین بارش سالانه این حوزه ۶۰۹ میلیمتر می‌باشد، این حوزه طبق روش اقلیم‌نمای دومارتن اصلاح شده دارای اقلیم مدیترانه‌ای سرد می‌باشد. شکل ۱ موقعیت منطقه و راههای دسترسی به آن را نشان می‌دهد.

روش تحقیق

به منظور بررسی جامع جنبه‌های هیدرولوژی، زیست‌محیطی، حیات و سیاست‌گذاری بر پایداری یک حوزه آبخیز، شاخص پایداری حوزه با بهره‌گیری از استراتژی‌های مدل HELP توسط صندوق حفاظت از زیستگاه‌ها ارائه شد [۱۴]. در مدل HELP حوزه‌ی آبخیز به عنوان واحد سیاست‌گذاری در بحث مدیریت و برنامه‌ریزی مد نظر قرار گرفته است و به نوعی این تقیصه را در مورد حوزه‌های آبخیز مرتفع ساخته است. مدل HELP با استفاده از شاخص WSI (شاخص پایداری حوزه، رابطه ۱) در غالب چهار زیرشاخص هیدرولوژی (کمی و کیفی) (H)، زیست‌محیطی (E)، حیات آبخیزنشینان (L) و سیاست‌گذاری (P) و در غالب سه پارامتر فشار، وضعیت و واکنش در دامنه امتیازات صفر تا یک و با وزن برابر به بررسی شرایط پایداری در حوزه آبخیز می‌پردازد.

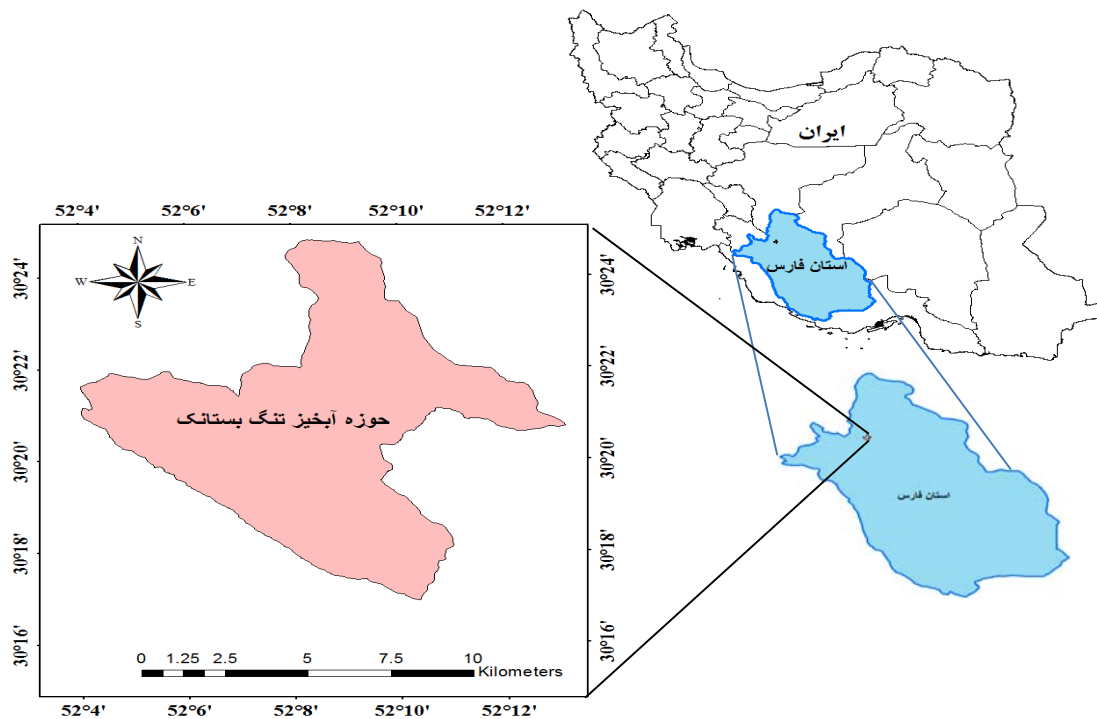
$$WSI = (H + E + L + P) / 4 \quad \text{رابطه (۱)}$$

زیرشاخص هیدرولوژی (H)

این زیرشاخص شامل دو قسمت کمی و کیفی می‌باشد که خود به سه پارامتر فشار، وضعیت و واکنش تقسیم می‌شود. برای بررسی این زیرشاخص در پارامتر فشار ابتدا در مورد قسمت کمی، به بررسی میزان تغییرات سرانه آب در دسترس برای بازهی زمانی مورد نظر پرداخته شده‌است و برای قسمت کیفی به میزان تغییرات بدنه‌های فیزیکی آب (اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی) در بازهی زمانی مورد نظر (متوسط بلند مدت موارد یاد شده) پرداخته می‌شود. در پارامتر وضعیت برای قسمت کمی، میانگین بلند مدت سرانه آب در دسترس و برای قسمت کیفی، میانگین بلند مدت بدنه‌های آبی محاسبه می‌شود. در پارامتر واکنش به وجود و یا میزان تأثیر برنامه‌هایی که باعث بهبود میزان مصرف و یا کاهش اثرات هرزآب‌ها بر طبیعت منطقه مورد مطالعه می‌شوند، توجه و امتیازبندی شده است (جداول ۲، ۳ و ۵). مقدار زیرشاخص هیدرولوژی از میانگین دو متغیر کمیّت و کیفیت آب به دست می‌آید.

مدل HELP، از طریق شاخص پایداری آبخیز (WSI) در دو جنبه انسانی و اکوسیستمی به شکل جامع به بررسی تغییرات متغیرها در یک دوره زمانی بر اساس شاخص‌های منابع آبی، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی جهت تعیین میزان پایداری حوزه می‌پردازد. اساس این مدل برنامه‌های هیدرولوژیکی یونسکو (Unesco's IHP) می‌باشد که شامل چهارچوب مسائل هیدرولوژی، زیست‌محیطی، حیات و سیاست‌گذاری است [۲۱]. یونسکو در سال ۲۰۰۶ اعلام کرد که بیش از ۶۰ کاربرد از این مدل برای ارزیابی پایداری حوزه‌های آبخیز در سراسر جهان به کار رفته است [۵]. کالیزایا و همکاران [۴] در مطالعه‌ای به منظور مدیریت یکپارچه منابع آبی در حوزه آبخیز دریاچه پوپو با استفاده از مدل HELP به محاسبه WSI پرداختند. نتایج نشان داد وجود سد ذخیره‌ی آب در آبخیز پوپو و ارتقاء سطح پایداری آن از ضعیف به متوسط مؤثر بوده است. کورتز و همکاران [۶] طی برنامه‌ای چهارساله مقدار شاخص WSI را برای رودخانه‌ای در شیلی ۰/۶۷ به دست آوردند. در تحقیق آن‌ها که برای یک دوره چهارساله انجام شده است کم‌ترین امتیاز را زیرشاخص هیدرولوژی با امتیاز ۰/۵ و بیشترین امتیاز را زیرشاخص سیاست‌گذاری با امتیاز ۰/۶۸ به دست آوردند. اسدی نلیوان و همکاران [۳] علاوه بر تعیین معیارها و نشانگرهای پایداری به ارزیابی و اندازه‌گیری پایداری با استفاده از دستورالعمل پایش و ارزیابی طرح‌های مدیریت منابع طبیعی و آبخیزداری [۱۶] در حوزه آبخیز طالقان زیدشت پرداختند. نتایج نشان داد پایداری حوزه مذکور در سطح متوسط قرار دارد که با ارتقاء شاخص‌های حفاظت از اکوسیستم و سطح زندگی آبخیزنشینان، بهبود خواهد یافت. مهری [۱۲] با ارزیابی شاخص پایداری آبخیز در حوزه‌ی چهلچای در استان گلستان مقدار ۰/۶۶۷ را به دست آورد که نشان از سطح متوسط پایداری در این حوزه دارد. اسدی نلیوان و همکاران [۲] با استفاده از مدل IUCN به بررسی وضعیت پایداری حوزه آبخیز طالقان پرداخت. نتایج تحقیق نشان داد که حوزه مذکور مطابق با این مدل و نشانگرهای آن در سطح متوسطی از پایداری قرار دارد که با حفاظت از اکوسیستم و بهبود سطح زندگی مردم ارتقاء می‌یابد. محمدی و دستورانی [۱۳] با استفاده از شاخص WSI به بررسی سطح پایداری حوزه آبخیز زیدشت پرداختند. نتایج مقدار این شاخص را در حوزه زیدشت ۰/۶۵ نشان داد که حکایت از سطح متوسط رو به پایین برای پایداری دارد. در تحقیق حاضر ضمن استفاده از استراتژی مدل HELP (شاخص‌ها و زیر شاخص‌های هیدرولوژی کمی و کیفی، محیط زیست، حیات آبخیزنشینان و سیاست‌گذاری) و شاخص پایداری آبخیز به ارزیابی سطح پایداری در یک دوره‌ی ده ساله (۱۳۹۵-۱۳۸۵) برای حوزه آبخیز بهشت گمشده استان فارس پرداخته شد.

- 1- Hydrology for the Environment, Life and Policy
- 2- Integrated Watershed Sustainability Index
- 3- International Union for Conservation of Nature



شکل ۱: موقعیت حوزه آبخیز بهشت گمشده (تنگ بستانک)

مورد مطالعه نشان می‌دهد. برای محاسبه بارندگی سالانه از رابطه ۶ استفاده شد:

$$P = 0.2788H - 0.00146L - 0.00188Z + 7234 \quad \text{رابطه (۶)}$$

$$r^2 = 0.95$$

P: متوسط بارش سالانه (میلی‌متر)، H: ارتفاع ایستگاه‌ها (متر)، L: طول جغرافیایی در سیستم UTM، Z: عرض جغرافیایی در سیستم UTM. برای محاسبه دمای متوسط سالانه منطقه مورد مطالعه از رابطه ۷ استفاده شد که در آن H ارتفاع می‌باشد.

$$T = -0.0076H + 29.233 \quad \text{رابطه (۷)}$$

مطابق با رابطه ۲، تنش آبی زمانی اتفاق می‌افتد که به ازای هر نفر در سال سرانه‌ی آبی کمتر از ۱۷۰۰ مترمکعب باشد.

جدول ۱: طبقه‌بندی سرانه آب با توجه به حداقل استاندارد

وضعیت	سرانه آب (مترمکعب/نفر در سال)	کلاس
بسیار ضعیف	سرانه آب در دسترس > ۱۷۰۰	A
ضعیف	۳۴۰۰ < سرانه آب در دسترس < ۱۷۰۰	B
متوسط	۵۱۰۰ < سرانه آب در دسترس <	C
خوب	۶۸۰۰ < سرانه آب در دسترس < ۵۱۰۰	D
عالی	سرانه آب در دسترس > ۶۸۰۰	E

متغیر کیفیت آب: برای این متغیر از میانگین بلند مدت میزان BOD^۳ (اکسیژن محلول در آب) استفاده می‌شود. کورتز و همکاران

متغیر کمیّت آب از طریق محاسبه سرانه‌ی آب در دسترس به ازای هر نفر با استفاده از رابطه ۲ به دست می‌آید.

$$AW = \frac{\text{میانگین بلند مدت جریان رودخانه}}{\text{جمعیت حوضه}} \quad \text{رابطه (۲)}$$

جهت محاسبه جریان رودخانه (آبدهی سالانه) از فرمول تجربی کتاین^۲ استفاده شد. اساس کار روش کتاین بر مبنای میزان کمبود جریان (D) در یک حوضه استوار می‌باشد؛

$$D = P - \lambda P^2 \quad \text{رابطه (۳)}$$

$$R = P - D \quad \text{رابطه (۴)}$$

D: کمبود جریان سالانه (متر)، P: بارندگی سالانه واحد کاری (متر)، R: رواناب (متر)، T: دمای متوسط حوضه (سانتیگراد).

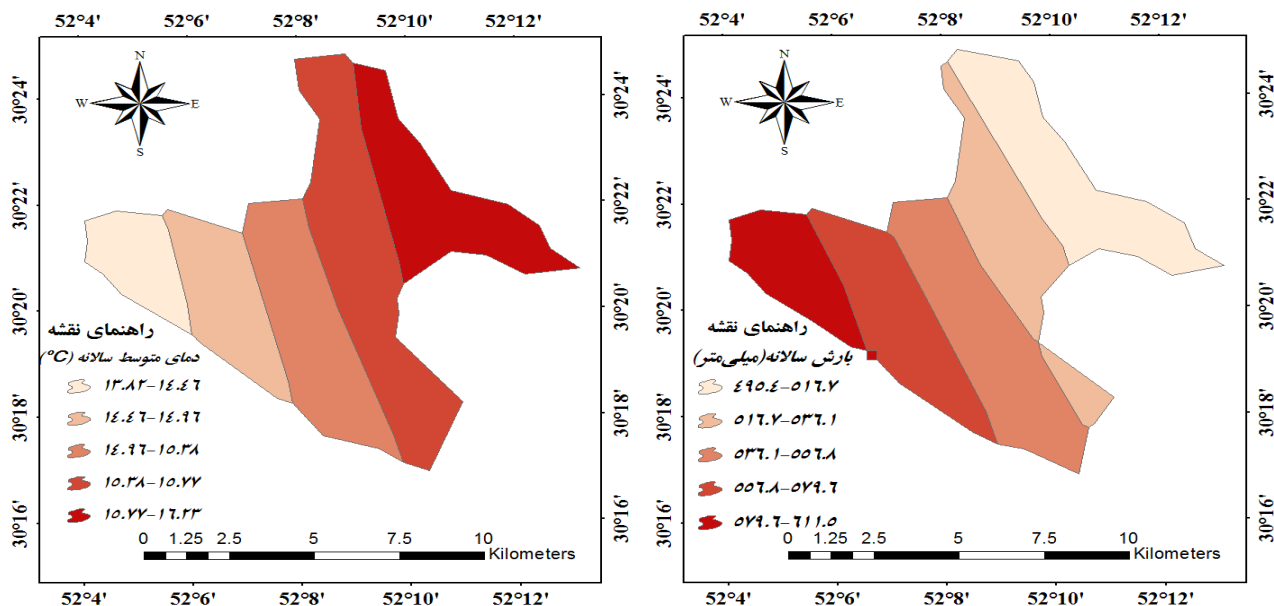
$$\lambda = \frac{1}{0.8 + 0.14T} \quad \text{رابطه (۵)}$$

با توجه به روابط ارائه شده می‌توان متوسط رواناب حاصل از واحدهای کاری را بر حسب متر محاسبه و سپس با در دست داشتن مساحت واحدهای کاری حجم متوسط رواناب سالانه حاصل از واحدهای کاری را به دست آورد. شکل ۲ به ترتیب نقشه‌های هم‌دمای متوسط سالانه و هم‌باران متوسط سالانه را برای منطقه مورد مطالعه بر اساس رابطه رگرسیونی بین دما، بارش، ارتفاع و طول و عرض جغرافیایی ایستگاه‌های هواشناسی و باران‌سنجی محدوده‌ی

1- Available Water

2- Cotaigne

3- Biochemical Oxygen Demand



شکل ۲: نقشه هم دما و همباران حوزهی آبخیز بهشت گمشده (تنگ بستانک)

جدول ۲: توضیحات محاسبه پارامتر فشار (شاخص WSI)، مراحل و امتیازات [۵]

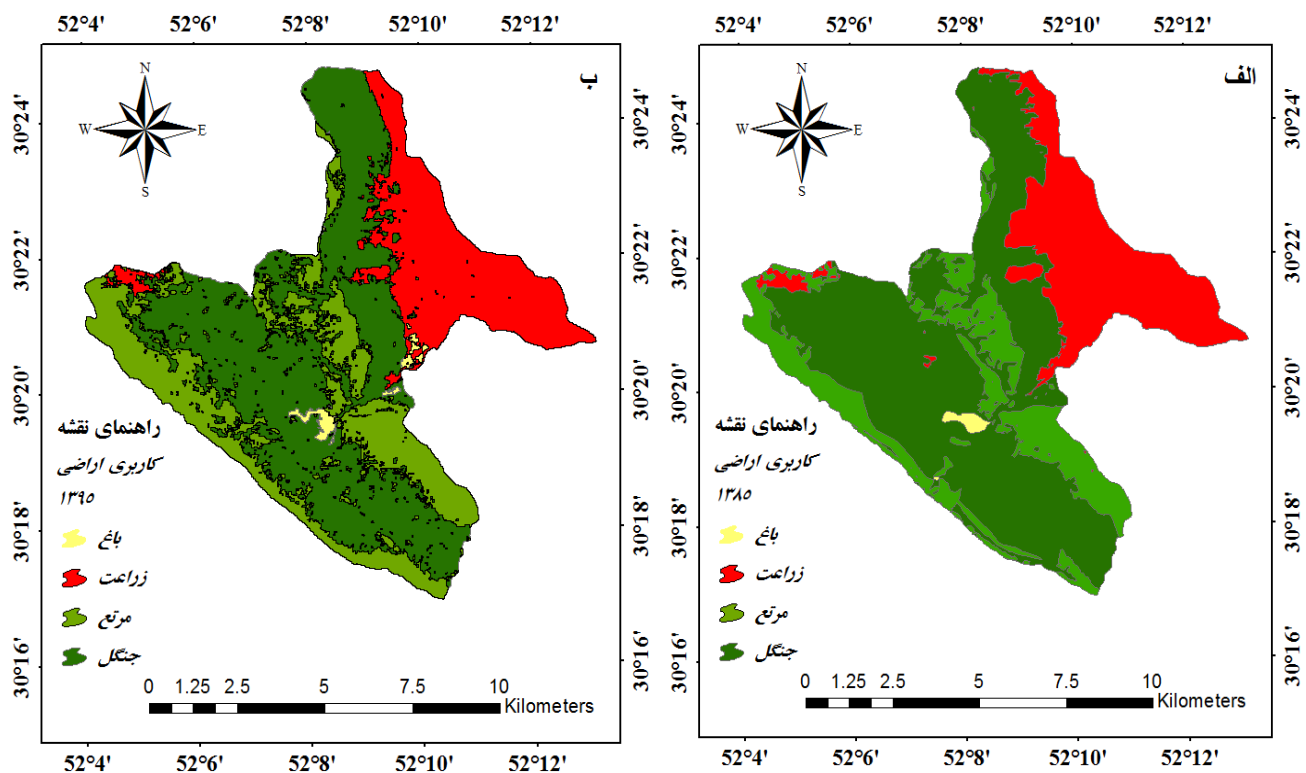
امتیاز	سطح	پارامترهای فشار	شاخص
۰	$\Delta < -0.20$	تغییر میانگین بلند مدت مصرف سرانه آب در حوزهی آبخیز (مترمکعب/فرد درسال)	هیدرولوژی
۰/۲۵	$-0.20 < \Delta < -0.10$		
۰/۵	$-0.10 < \Delta < 0$		
۰/۷۵	$0 < \Delta < 0.10$		
۱	$\Delta > 0.10$		
۰	$\Delta > 0.20$	تغییر میانگین بلند مدت BOD یا TDS در حوزهی آبخیز	
۰/۲۵	$0.20 > \Delta > 0.10$		
۰/۵	$0 < \Delta < 0.10$		
۰/۷۵	$-0.10 < \Delta < 0$		
۱	$\Delta < -0.10$		
۰	$EPI > 0.20$	شاخص فشار محیط زیست در دوره مورد مطالعه (درصد)	محیط زیست
۰/۲۵	$0.20 < EPI > 0.10$		
۰/۵	$0.20 < EPI < 0.5$		
۰/۷۵	$0.5 < EPI < 1$		
۱	$EPI < 1$		

TDS استفاده شد. پارامتر فشار کیفیت آب، تغییرات میانگین کوتاه مدت TDS را نسبت به میانگین بلند مدت به درصد نشان می‌دهد. پارامتر وضعیت میانگین طولانی مدت مقدار TDS را به میلیگرم بر لیتر نشان می‌دهد. پارامتر واکنش، پارامتر توصیفی است که با توجه به میزان بهبود در روش‌های تصفیه فاضلاب، هدایت و یا هدروری

[۶] EC (هدایت الکتریکی) را جایگزین BOD کردند و محمدی و دستورانی [۱۳] TDS^۱ (مقدار کل جامدات محلول) را جایگزین BOD کردند. در تحقیق حاضر به دلیل فقدان داده به جای BOD از

1- Total dissolved solids

شاخص	پارامترهای فشار	سطح	امتیاز
حیات	تغییرات شاخص توسعه‌ی انسانی - درآمد سرانه در دوره مطالعاتی نسبت به دوره قبل در واحد آبخیز	$\Delta < -0.20$	0
		$-0.20 < \Delta < -0.10$	0.25
		$-0.10 < \Delta < 0$	0.5
		$0 < \Delta < 0.10$	0.75
		$\Delta > 0.10$	1
سیاست‌گذاری	تغییرات شاخص توسعه‌ی انسانی - سرانه آموزش در دوره مطالعاتی نسبت به دوره قبل در واحد آبخیز	$\Delta < -0.20$	0
		$-0.20 < \Delta < -0.10$	0.25
		$-0.10 < \Delta < 0$	0.5
		$0 < \Delta < 0.10$	0.75
		$\Delta > 0.10$	1



شکل ۳. نقشه‌های کاربری اراضی سال‌های ۱۳۹۵ (الف) و ۱۳۸۵ (ب) حوزه‌ی آبخیز بهشت گمشده

شهری (به درصد) در طول دوره مطالعاتی به شکل رابطه‌ی (۸) قابل محاسبه می‌باشد [۵]:

$$EPI = \frac{(\text{تغییر در جمعیت شهری} + \text{تغییر در مساحت زمین‌های کشاورزی}(\%))}{2} \quad \text{رابطه (۸)}$$

مقادیر مثبت EPI نشان‌دهنده‌ی فشار مضاعف بر روی پوشش گیاهی است. پارامتر پاسخ محیط‌زیست، رشد و پیشرفت در عملیات‌های حفاظتی در حوضه شامل توسعه ذخایر جنگل ملی و پارک‌های ملی را مورد بررسی قرار می‌دهد. به منظور بررسی تغییرات مساحت مناطق حفاظت‌شده را مورد بررسی قرار می‌دهد. به منظور بررسی تغییرات در مساحت زمین‌های کشاورزی و پوشش

هرزآب‌های کشاورزی، صنعتی و خانگی در بازه زمانی مورد نظر به پنج سطح خیلی ضعیف، ضعیف، متوسط، خوب و خیلی خوب تقسیم می‌شود.

زیر شاخص محیط زیست (E)

پارامتر فشار این زیرشاخص (EPI) نسخه‌ی اصلاح شده شاخص فشار آنتروپیک (API) می‌باشد و از طریق میانگین تغییرات مساحت زمین‌های کشاورزی در حوضه و تغییرات جمعیت

- 1- Environmental Performance Index
- 2- Modified version of the Anthropoc Pressure Index

جدول ۳: توضیحات محاسبه پارامتر وضعیت (شاخص WSI)، مراحل و امتیازات [۵]

شاخص	پارامترهای وضعیت	سطح	امتیاز
هیدرولوژی	سرانه آب (آب در دسترس) در حوزهی آبخیز (مترمکعب/فرد در سال)	$AW < 1700$	۰
		$1700 < AW < 3400$	۰/۲۵
		$3400 < AW < 5100$	۰/۵
		$5100 < AW < 6800$	۰/۷۵
		$AW > 6800$	۱
میانگین بلند مدت BOD یا TDS در حوزهی آبخیز (میلیگرم/لیتر)		$BOD > 10$	۰
		$10 > BOD > 5$	۰/۲۵
		$5 < BOD < 3$	۰/۵
		$3 < BOD < 1$	۰/۷۵
		$BOD < 1$	۱
محیطزیست	درصد پوشش گیاهی در حوزه مورد مطالعه (درصد)	$AV < 5$	۰
		$5 < AV < 10$	۰/۲۵
		$10 < AV < 25$	۰/۵
		$25 < AV < 40$	۰/۷۵
		$AV > 40$	۱
حیات	شاخص توسعهی انسانی در واحد آبخیز	$HDI < 0.5$	۰
		$0.5 < HDI < 0.6$	۰/۲۵
		$0.6 < HDI < 0.75$	۰/۵
		$0.75 < HDI < 0.9$	۰/۷۵
		$HDI > 0.9$	۱
سیاست گذاری	دستورالعملها و هزینهها برای مدیریت جامع منابع آبی (قانونی و سازمانی)	خیلی ضعیف	۰
		ضعیف	۰/۲۵
		متوسط	۰/۵
		خوب	۰/۷۵
		عالی	۱

وضعیت، شاخص توسعهی انسانی حوضه با توجه به اطلاعات در دسترس برای آخرین سال از دورهی مطالعاتی به کار می‌رود و پارامتر پاسخ، تغییرات HDI (به درصد) در حوضه در طی دوره مطالعاتی را مورد ارزیابی قرار می‌دهد. بیشترین امتیاز ممکن برای پارامترهای وضعیت و پاسخ حیات به ترتیب زمانی به دست می‌آید که مقدار HDI بیشتر از ۹ درصد و تغییرات HDI بیشتر از ۲۰ درصد در طی دورهی مطالعاتی باشد.

شاخص توسعهی انسانی HDI

معیار کلی از وضعیت توسعه انسانی است که دستاورد کشورها را در بعد اساسی توسعه شامل بهداشت و سلامت، آموزش و سطح استاندارد زندگی نشان می‌دهد. در گزارش سال ۲۰۱۰ سازمان ملل متحد موضوع بهداشت با شاخص امید به زندگی در بدو تولد

گیاهی، از نقشه‌ی کاربری اراضی آبخیز بهشت گمشده در ۱۳۸۵ و ۱۳۹۵ استفاده شد و همچنین از جمعیت روستایی در سرشماری‌های سال ۱۳۸۵ و ۱۳۹۵ برای بخش تغییرات جمعیت حوضه استفاده شد. شکل ۳ نقشه‌ی کاربری اراضی آبخیز بهشت گمشده در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۹۵ را نشان می‌دهد.

زیرشاخص حیات (L)

در این زیرشاخص، پارامتر فشار به وسیله‌ی تغییرات درآمد سرانه در طول دورهی مطالعه بیان می‌شود. این پارامتر در واقع با محاسبه‌ی تغییر در زیرشاخص درآمد HDI^۱ طی دورهی مطالعاتی به دست می‌آید. مقادیر منفی این پارامتر حاکی از فقیرتر شدن جمعیت ساکن در حوضه طی دورهی مطالعاتی است و بالعکس [۱۹]. در پارامتر

1- Human Development Index

جدول ۴: متغیرهای سه‌گانه توسعه انسانی و مقادیر حد اکثر و حداقل آنها [۱۹]

ابعاد توسعه	متغیرها	حد اکثر	حداقل
الف بهداشت و سلامت	امید به زندگی در بدو تولد	۸۳/۲	۲۰
	متوسط طول دوره‌های که صرف آموزش می‌شود	۱۳/۲	۰
ب آموزش	طول متوسط دوره‌ی مورد انتظار برای تحصیل کودکان در سن ورود به مدرسه	۲۶/۶	۰
ج استاندارد زندگی	GNI سرانه (PP\$4)	۲۰۱۱/۱۱	۱۶۳

[۵]. ج: استاندارد زندگی: سرانه درآمد ناخالص ملی (GNI) عبارت است از، درآمد کل حاصل شده از اقتصاد تولیدی ناشی از تولید محصولات داخلی و مالکیت عوامل تولیدکننده منهای درآمدی که صرف پرداخت هزینه بابت واردات عوامل تولیدی از سایر جهان شده است. این مقدار با استفاده از نرخ برابری قدرت خرید (PPP) به دلار بین‌المللی تبدیل شده و سپس بر جمعیت کشور در اواسط سال مورد نظر تقسیم می‌شود [۱۹]. شاخص توسعه انسانی از میانگین هندسی مقادیر به دست آمده (رابطه‌ی ۱۱) برای دو سال متفاوت محاسبه گردید (برنامه‌ی توسعه سازمان ملل متحد، ۲۰۱۰):

$$HDI = (LEI \times EI \times Log II)^{1/3} \quad \text{رابطه (۱۱)}$$

در این رابطه LEI شاخص امید به زندگی، EI شاخص آموزش و شاخص درآمد است. شاخص امید به زندگی (یک شاخص آماری است که نشان می‌دهد متوسط طول عمر در یک جامعه چقدر است و هرچه شاخص‌های بهداشتی و درمانی بهبود یابد امید به زندگی افزایش می‌یابد و این شاخص یکی از شاخص‌های پیشرفت و عقب‌ماندگی کشورهاست). برای این شاخص‌ها مقدار حداقل ۲۵ سال و مقدار حداکثر ۸۵ سال توسط سازمان ملل پیشنهاد شده است. رابطه (۱۲) نحوه محاسبه این شاخص را نشان می‌دهد.

$$\text{رابطه (۱۲)} \quad \frac{\text{حداقل مقدار} - \text{استان واقعی مقدار}}{\text{حداکثر مقدار} - \text{حداقل مقدار}} = \text{ماندن زنده به امید شاخص}$$

برای محاسبه شاخص درآمد، از شاخص GDP یا شاخص درآمد سرانه استفاده می‌شود. بدین منظور از محصول ناخالص داخلی و اطلاعات حساب‌های منطقه‌ای مرکز آمار ایران استفاده شد. رابطه ۱۲ نحوه محاسبه این شاخص را نشان می‌دهد. حداکثر میزان تولید ناخالص سرانه ۴۰۰۰۰ دلار و حداقل تولید ناخالص سرانه ۱۰۰ دلار توسط سازمان ملل متحد تعیین شده است. رابطه (۱۳)

$$\text{رابطه (۱۳)} \quad \frac{\text{حداقل لگاریتم} - \text{استان واقعی مقدار لگاریتم}}{\text{حداکثر لگاریتم} - \text{حداقل لگاریتم}} = \text{استان سرانه درآمد شاخص}$$

برای محاسبه شاخص آموزش و تحصیلات نیاز به شاخص‌های سواد بزرگسالان و شاخص ثبت‌نام دوره‌های آموزشی می‌باشد.

اندازه‌گیری می‌شود، در خصوص موضوع آموزش از دو شاخص متوسط طول دوره‌ای که صرف آموزش می‌شود و طول دوره‌ی مورد انتظار برای تحصیل کودکان در سن ورود به مدرسه استفاده شده است. از طرف دیگر برای موضوع سطح استاندارد زندگی از سرانه‌ی درآمد ناخالص ملی (GNI) استفاده شده است (جدول ۴). مقدار نهایی HDI از طریق میانگین هندسی زیرشاخص‌ها محاسبه می‌شود.

استاندارد سازی: برای اینکه بتوان از ترکیب شاخص‌های فوق به یک شاخص واحد رسید، ابتدا هر یک از سه شاخص فوق با استفاده از فرمول شاخص پایه (رابطه ۹) که مقدار آن بین صفر و یک می‌باشد، تبدیل می‌شوند.

$$\text{رابطه (۹)} \quad \frac{\text{کمترین مقدار} - \text{متوسط شاخص در کشور}}{\text{کمترین مقدار} - \text{بیشترین مقدار}} = \text{شاخص پایه}$$

برای اینکه هر یک از شاخص‌ها به شاخص نرمال تبدیل شوند، لازم است برای هر یک از آنها مقادیر حداقل و حداکثر (مقادیر هدف) در نظر گرفته شود. (جدول ۳ و الف، ب و ج به ترتیب ابعاد توسعه در برآورد شاخص توسعه‌ی انسانی می‌باشد). الف: بهداشت و سلامت: سازمان بهداشت جهانی از این شاخص در کنار دیگر شاخص‌های ذکر شده به برآورد شاخص توسعه‌ی انسانی مبادرت می‌نماید که از مهمترین شاخص‌های ارزشیابی جوامع کنونی است [۲۰].

ب: آموزش: این شاخص از دو پارامتر طول دوره مورد انتظار برای تحصیل کودکان در سن ورود به مدرسه و متوسط طول دوره‌ای که صرف آموزش شده است محاسبه می‌شود. اولی تعداد سال‌های تحصیلی مورد انتظار یک کودک از سن ورود به مدرسه است و پارامتر دوم میانگین تعداد سال‌هایی است که صرف آموزش افراد ۲۵ سال و بالاتر شده است [۲۰]. از رابطه‌ی (۱۰) مقدار نهایی این زیرشاخص محاسبه شد:

$$\text{رابطه (۱۰)} \quad EI = \frac{(MYSI * EYSI)^{1/2}}{0.951}$$

که در آن: EI شاخص آموزش، MYSI شاخص میانگین سال‌های تحصیل، EYSI شاخص سال‌های مورد انتظار برای تحصیل می‌باشند

1- Gross National Income per capita

رابطه ۱۴ این مهم را نشان می‌دهد.

رابطه (۱۴)

شاخص ثبت‌نام دوره‌های آموزشی + شاخص سواد بزرگسالان = شاخص آموزشی و تحصیلات

شاخص سواد بزرگسالان از رابطه ۱۵ و شاخص ثبت‌نام دوره‌های تحصیلی از رابطه ۱۶ محاسبه می‌گردد [۱۴].

رابطه (۱۵)

(میزان سواد بزرگسالان) $\times 2/3 =$ شاخص سواد بزرگسالان

رابطه (۱۶)

(ثبت‌نام خام) $\times 1/32 =$ شاخص ثبت‌نام دوره‌های آموزشی

در زیرشاخص حیات، پارامتر فشار از طریق محاسبه تغییرات درآمد سرانه، پارامتر وضعیت از طریق محاسبه شاخص توسعه انسانی و پارامتر واکنش از طریق محاسبه تغییرات اخص توسعه انسانی به درصد در طی دوره مورد مطالعه محاسبه می‌گردد.

زیرشاخص سیاست‌گذاری (P)

پارامتر فشار سیاست‌گذاری تغییر در زیرشاخص آموزش شاخص توسعه انسانی حوضه در طول مدت مطالعه را در نظر می‌گیرد. پارامتر وضعیت به وسیله‌ی توانایی حوضه در برقرار کردن اتحاد بین اهداف رسیدن به مدیریت یکپارچه منابع آب، در میان نهادها

جدول ۵: توضیحات محاسبه پارامتر واکنش (شاخص WSI)، مراحل و امتیازات [۵]

شاخص	پارامترهای واکنش	سطح	امتیاز
هیدرولوژی	بهبود مؤثر میزان مصرف آب در منطقه مورد مطالعه در بازهی زمانی مورد نظر	خیلی ضعیف	۰
		ضعیف	۰/۲۵
		متوسط	۰/۵
		خوب	۰/۷۵
		عالی	۱
پیشرفت مناسب در تصفیه، هدایت هرزآبها و فاضلاب در حوزه و در بازهی زمانی مورد مطالعه		خیلی ضعیف	۰
		ضعیف	۰/۲۵
		متوسط	۰/۵
		خوب	۰/۷۵
		عالی	۱
محیط‌زیست	تکامل تدریجی (میزان افزایش سطح) در سیطره‌ی مناطق حفاظت شده در حوزه و بازهی زمانی مورد مطالعه	$D < -10\%$	۰
		$-10\% < \Delta < 0\%$	۰/۲۵
		$0\% < \Delta < 10\%$	۰/۵
		$10\% < \Delta < 20\%$	۰/۷۵
		$D > 20\%$	۱
حیات	سیر تکاملی (میزان پیشرفت) شاخص توسعه‌ی انسانی در واحد آبخیز در بازهی زمانی مورد مطالعه	$D < -10\%$	۰
		$-10\% < \Delta < 0\%$	۰/۲۵
		$0\% < \Delta < 10\%$	۰/۵
		$10\% < \Delta < 20\%$	۰/۷۵
		$\Delta > 20\%$	۱
سیاست‌گذاری	میزان هزینه‌ها برای مدیریت جامع منابع آبی در حوزه مورد مطالعه و بازهی زمانی مورد نظر	$\Delta < -10\%$	۰
		$-10\% < \Delta < 0\%$	۰/۲۵
		$0\% < \Delta < 10\%$	۰/۵
		$10\% < \Delta < 20\%$	۰/۷۵
		$D > 20\%$	۱

بحث و نتایج

زیرشاخص هیدرولوژی

امتیاز زیرشاخص هیدرولوژی از میانگین قسمت کمی و کیفی این زیرشاخص به دست می‌آید. آب در دسترس برای هر نفر از تقسیم آب خروجی بر جمعیت حوضه برای پارامتر وضعیت به دست می‌آید. میانگین بارندگی متوسط سالانه حوضه ۶۰/۹ (cm) می‌باشد. حجم آب خروجی از حوضه در سال ۱۳۸۵ برابر ۱۸۶۱۷۷۸۰/۹۹ (m³) بوده است که سرانه آب در دسترس در آن سال معادل ۴۹۴۸/۹ (مترمکعب/نفردرسال) می‌باشد. همانگونه که جدول ۷ نشان می‌دهد حجم آب خروجی حوضه در طی بازه زمانی ده ساله کاهش پیدا کرده است و سرانه آب در دسترس نیز به طبع آن کاهش نشان می‌دهد. مقدار این سرانه برای سال ۱۳۹۵ معادل ۳۵۵۹/۴۵ (مترمکعب/نفردرسال) می‌باشد.

مقدار پارامتر فشار و وضعیت کمی هیدرولوژی حوضه مطابق با جدول ۸ به دست آمد. این حوضه از لحاظ متغیر WA در طبقه (C) یعنی $3400 < WA < 5100$ قرار دارد که متوسط تلقی می‌شود. در این حوضه بهبود راندمان مصرف آب بسیار کم و به دلیل وابستگی شدید آبخیزنشینان به کشاورزی (خصوصاً کاشت برنج در منطقه) و هم چنین خشکسالی‌های اخیر در این منطقه، بهبود بهره‌وری مصرف آب صورت نگرفته است و می‌توان گفت آبخیز مورد مطالعه از این نظر در شرایط عادی قرار ندارد (جدول ۶). روش‌های دفع زباله و تخلیه فاضلاب در حوضه مورد مطالعه سنتی بوده و نسبت به گذشته تغییر نکرده است. نتایج و امتیازات برای قسمت کیفی آب در جدول ۸ آمده است. میانگین امتیازها برای قسمت کیفی آب (۰/۵۸۳) به دست آمد که وضعیت متوسط رو به پایینی را نشان می‌دهد. همچنین میانگین امتیازها برای قسمت کمی آب (۰/۲۵) را نشان می‌دهد که وضعیت ضعیفی را برای این قسمت حکایت می‌کند. میانگین امتیاز برای زیرشاخص هیدرولوژی ۰/۴۱۶ بود که نشان‌دهنده وضعیت ضعیفی در این منطقه هست، مدیریت یکپارچه

یا سازمان‌های مختلف تعیین می‌شود. پارامتر پاسخ به برآورد سیر تکاملی هزینه‌هایی که صرف اعمال مدیریت یکپارچه منابع آب (IWRM) طی دوره مطالعاتی شده است می‌پردازد [۵]. به عبارتی برای محاسبه این زیرشاخص دسترسی به اطلاعات جزئی هزینه طرح‌ها و بودجه‌های اختصاصی داده شده به حوزه‌ی مورد مطالعه نیاز می‌باشد که در صورت میسر نبودن این مهم به شکل کیفی و بازدید میدانی از عرصه می‌توان ارزیابی لازم را به عمل آورد.

محاسبه‌ی شاخص پایداری آبخیز

پس از اینکه امتیازهای نهایی برای هر زیرشاخص از میانگین پارامترهای فشار- وضعیت- پاسخ به دست آمد، مقدار WSI از طریق میانگین حسابی زیرشاخص‌ها به صورت رابطه‌ی (۱۷) قابل محاسبه می‌باشد [۵]:

$$WSI = \frac{H+E+L+P}{4} \quad \text{رابطه (۱۷)}$$

محدوده امتیازات آنها از بازهی صفر تا یک به پنج کلاس تقسیم می‌شود (صفر، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱) به این صورت که در بهترین وضعیت امتیاز یک و در بدترین وضعیت امتیاز صفر را تلقی می‌کنند. خطی بودن ساختار رابطه (۱۱) و میانگین‌گیری در مراحل مختلف کار باعث کاهش تأثیر خطاها و جبران اشتباهات احتمالی در روند محاسبه پارامترها می‌شود [۵]. پایداری آبخیز در سه سطح، پس از محاسبه WSI (بازه صفر تا یک) با استفاده از جدول (۵) به دست می‌آید.

جدول ۶: تعیین سطوح پایداری آبخیز به کمک WSI [۵]

سطح پایداری آبخیز	شاخص پایداری آبخیز (WSI)
پایین	$WSI < 0.6$
متوسط	$0.6 \leq WSI \leq 0.8$
بالا	$WSI > 0.8$

جدول ۷: حجم آب و سرانه آب در دسترس

حوضه	جمعیت (نفر)	حجم آب (m ³)	سرانه آب در دسترس (مترمکعب/نفردرسال)	تغییر WA (%)
بهشت گمشده	۳۷۶۲	۱۳۳۹۰۶۱۴	۳۵۵۹/۴۵	۱۳/۸۹

جدول ۸: مقادیر و امتیازات زیرشاخص‌ها در حوزه آبخیز بهشت گمشده

زیرشاخص‌ها	فشار		وضعیت		واکنش		میانگین امتیاز
	مقدار	امتیاز	مقدار	امتیاز	مقدار	امتیاز	
کمی هیدرولوژی	۱۳/۸۹	۰/۲۵	۳۵۵۹/۴۵	۰/۵	خیلی ضعیف	۰	۰/۲۵
کیفی هیدرولوژی	۰/۰۸	۰/۵	۶۹۳/۶	۱	ضعیف	۰/۲۵	۰/۵۸۳
محیط زیست	-۱/۴	۱	۷۷/۰۵	۱	>۲۰	۱	۱
حیات	۱۶/۸۶	۱	۷۶۲۶	۰/۷۵	۷/۸۳	۰/۵	۰/۷۵
سیاست‌گذاری	۱/۱	۰/۷۵	ضعیف	۰/۲۵	۱۰ تا ۱۰	۰/۵	۰/۵

منابع آب نیازمند یک روش فکری چند بعدی است که وابستگی‌های بین طبیعت، اجتماع و سیستم‌های زیستی را در نظر بگیرد. طرح جامع مدیریت کمی و کیفی منابع آب سطحی و زیرزمینی بایستی با هدف توسعه پایدار مورد نظر قرار گیرد که توجه بیش از پیش را به برآورد سطح پایداری در این موضوع نشان می‌دهد.

زیرشاخص محیط زیست

شاخص فشار محیط زیستی از میانگین تغییرات جمعیت در دوره مطالعاتی و نیز تغییر سطح زمین‌های زراعی و پوشش طبیعی محاسبه می‌شود. درصد مساحت زمین‌های زراعی در سال ۱۳۸۵، ۲۳/۴۱٪ بوده است و این رقم برای سال ۱۳۹۵ به ۲۱/۳۱٪ از سطح حوضه رسیده است. همانگونه که مشاهده می‌شود از وسعت زمین‌های کشاورزی کاسته شده است (۲/۱٪-) که قاعدتاً مربوط به دیمزارها و موضوع خشکسالی‌های اخیر می‌باشد. پوشش گیاهی عمده منطقه بیشتر جنگل و مرتع می‌باشد و مساحت کمی نیز باغات هستند که در سال‌های اخیر رشد سطح نشان می‌دهند. نرخ تغییر جمعیت روستایی حوضه در بازه زمانی مربوطه نیز ۰/۷٪- بوده است. همانگونه که در جدول ۸ مشاهده می‌شود EPI برای آبخیز بهشت گمشده یک به دست آمده است. پوشش طبیعی حوضه شامل جنگلها و مراتع ۷۷/۰۵٪ از سطح حوضه را به خود اختصاص داده و پوشش طبیعی مساحتی بیش از ۴۰ درصد از سطح حوضه را به خود اختصاص داده و در وضعیت عالی از لحاظ پایداری قرار دارد. میانگین پارامترهای فشار، وضعیت و واکنش برای کل حوضه یک به دست آمد که شرایط عالی را برای این زیرشاخص در منطقه نشان می‌دهد.

زیرشاخص حیات

شاخص دستیابی امید به زنده ماندن (زیرشاخص سلامت) در استان فارس در سال ۱۳۸۵ معادل ۰/۷۶۱۳ [۱۴] و در سال ۱۳۹۵ این رقم معادل ۰/۸۱۶۶ می‌باشد که رشد میزان امید به زندگی را نشان می‌دهد. مقدار شاخص پایه در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۹۵ به ترتیب ۰/۷۱ و ۰/۷۴ برای کل کشور بوده است. زیرشاخص آموزش خود از دو پارامتر درصد باسواد بزرگسالان و ترکیب ثبت‌نام ناخالص در سطوح مختلف آموزشی تشکیل می‌گردد. میزان باسواد در استان فارس در سال ۱۳۸۵ معادل ۸۶/۶٪ و در سال ۱۳۹۵ معادل ۸۸/۸٪ اعلام شده است. نتیجه زیرشاخص آموزش برای سال ۱۳۸۵ معادل ۰/۷۹۲۸ [۱۴] و برای سال ۱۳۹۵ معادل ۰/۸۰۳۸ محاسبه شد [۲۴]. رقم زیرشاخص درآمد سرانه با استفاده از شاخص دستیابی تولید ناخالص ۱ محاسبه شد. شاخص تولید ناخالص در استان فارس در سال ۱۳۸۵ معادل ۰/۴۹۹ بوده [۱۴] که این رقم در سال ۱۳۹۵ به میزان ۰/۶۶۷۶ رسیده است که یک نرخ رشد صعودی را نشان می‌دهد. بعد از محاسبه زیرشاخص‌های شاخص توسعه انسانی، مقدار این شاخص برای حوضه مدنظر در

1- GDP

سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۹۵ به ترتیب ۰/۶۸۴۳ و ۰/۷۶۲۶ به دست آمد که حکایت از رشد این شاخص در منطقه دارد. به این ترتیب مقدار پارامترهای فشار، وضعیت و واکنش برای زیرشاخص حیات در حوزه آبخیز بهشت گمشده در جدول ۸ آورده شده است.

میانگین امتیازات برای این زیرشاخص (۰/۷۵) بعد از زیرشاخص محیط‌زیست (۱) بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده است. این رقم حکایت از قرار گرفتن حوضه در رده متوسط رو به بالا یا به عبارتی خوب از لحاظ شاخص توسعه انسانی است. همانطور که جدول ۱۰ نشان می‌دهد پارامتر فشار بهترین امتیاز و پارامتر واکنش کم‌ترین امتیاز را در زیرشاخص توسعه انسانی به خود اختصاص داده‌اند که با بهبود پارامتر واکنش می‌توان به سوق دادن زیرشاخص توسعه انسانی به سمت عالی قدم برداشت.

زیرشاخص سیاست‌گذاری

برای پارامتر فشار از این زیرشاخص باید زیرشاخص آموزش و تغییرات آن را محاسبه نمود. میزان تغییرات این مهم ۱/۱٪ می‌باشد. امتیاز پارامتر وضعیت از قوانین، هزینه‌ها و مطالعات پایه و اجرایی (مطالعات جامع منابع آب و مدیریت جامع حوزه آبخیز) یا به عبارتی از میزان صرف هزینه‌ها در اجرای طرح‌های مدیریت یکپارچه منابع آب در حوضه نشأت می‌گیرد. مقدار امتیاز این قسمت ۰/۲۵ محاسبه شد. در قسمت پارامتر واکنش، تغییرات در بحث مدیریت منابع آب و بهبود مدیریت آب در حوضه را مدنظر قرار داده. جدول شماره ۸ جزئیات امتیازبندی زیرشاخص سیاست‌گذاری را در حوزه مربوطه نشان می‌دهد. واکنش با مقدار میانگین امتیازات، رقم ۰/۵ در حوزه مورد مطالعه به دست آمد که ضعیف ارزیابی می‌شود.

نتایج نشان داد در پارامتر فشار برای زیرشاخص هیدرولوژی (کمی و کیفی) با امتیازات ۰/۲۵ و ۰/۵ کم‌ترین مقدار و برای زیرشاخص‌های محیط‌زیست و حیات با امتیاز یک بیش‌ترین مقدار را دارد. میانگین امتیازات برای این قسمت ۰/۷۸ محاسبه شد که پایداری متوسط رو به بالایی را در این پارامتر برای کل حوضه نشان می‌دهد. جهت ارتقاء این زیرشاخص توجه به بحث هیدرولوژی کمی (مقدار سرانه آب در دسترس) و کیفی (کیفیت آب) در منطقه خودنمایی می‌کند و سیاست‌ها در این قسمت باید در جهت صرفه‌جویی آب و افزایش بهره‌وری از هرزآب‌های کشاورزی و فاضلاب‌ها پیش رود. در پارامتر وضعیت برای زیرشاخص سیاست‌گذاری و سپس هیدرولوژی کمی به ترتیب با امتیازات ۰/۲۵ و ۰/۵ کم‌ترین مقدار و برای زیرشاخص محیط‌زیست با امتیاز ۱ بیش‌ترین مقدار را دارد. این مهم حکایت از توجه بیشتر به جنبه‌های اجرایی و مدیریت یکپارچه منابع آب را نشان می‌دهد. همچنین در قسمت واکنش به ترتیب زیرشاخص هیدرولوژی کمی و کیفی با امتیازات ۰ و ۰/۲۵ و زیرشاخص محیط‌زیست با امتیاز ۱ کم‌ترین و بیش‌ترین امتیازات را به خود اختصاص دادند که این مهم پایداری زیرشاخص محیط‌زیست را در این قسمت نشان می‌دهد و ناپایداری

متفاوت است و آگاهی از این مهم که، ابتدا کدام زیرشاخص باید بهبود پیدا کند و توجه تصمیم‌گیران روی کدام پارامتر باشد از اتلاف وقت، هزینه و انرژی جلوگیری کرده و گام‌های توسعه در یک ناحیه سریع‌تر برداشته می‌شود. نرخ جمعیت روستایی در حوزه‌ی مذکور به دلیل مهاجرت با رشد منفی روبه‌رو شده و همچنین به دلیل خشکسالی‌های اخیر با کم شدن میزان بارش و حجم رواناب مواجه بوده است. سرانه آب قابل دسترس به ازاء هر نفر در سال در این حوزه امتیاز ۰/۵ را به خود اختصاص داد که شرایط پایداری را نشان نمی‌دهد. با توجه به کشاورزی مستمر (کاشت توأم گندم و برنج در منطقه) و شرایط ناپایدار برای زیرشاخص هیدرولوژی (کمّی و کیفی) انجام سیستم‌های آبیاری نوین، تصفیه هرزآب کشاورزی و فاضلاب‌ها و بازیافت آب به چرخه تولید بیش از پیش مهم جلوه می‌کند خصوصاً اینکه امتیاز پارامتر واکنش در این قسمت ضعیف (۰/۱۲۵) است. فشار وارده آبخیزنشینان بر اراضی مرتعی و جنگلی با وجود تخریب‌هایی که اتفاق می‌افتد کم بوده و سطح پایداری راه، از لحاظ حفاظت از گونه‌های جنگلی و مرتعی در حوزه‌ی آبخیز بهشت گمشده نشان می‌دهد. حوزه بهشت گمشده در زیرشاخص حیات و شاخص توسعه انسانی وضعیت مناسبی دارد (امتیاز یک) و این مهم اذعان به رشد درک، آگاهی و در نتیجه بهبود مشارکت آبخیزنشینان با مدیران در راستای ارتقاء زیرشاخص سیاست‌گذاری خواهد بود. شاخص WSI یک شاخص ساده، مفید و سازگار برای ارزیابی وضعیت نسبی پایداری آبخیز در یک بازه‌ی زمانی خاص می‌باشد. این شاخص کمک شایانی به شناسایی اولویت‌های هر آبخیز در راستای توسعه پایدار و ارزیابی عملکرد در این راستا می‌کند.

منابع

- 1-Asadi Nalivan, O., Determination the sustainability criteria and indices with IUCN method, MSC thesis, Tehran University, Faculty of Agriculture and Natural Resources, 2012, 105 p. (In Persian)
- 2-Asadi Nalivan, O., Mohseni Saravi, M., Zahedi Amiri, G.A., Nazari Samani, A.A., Comparison of Two Methods of IUCN and Watershed, Range and Forest Management in Assessing Watershed Sustainability (Case study: Talleghan-Zeidast), Journal of Watershed Management Research. 2015; 6(11); 73-89. (In Persian)
- 3-Asadi Nalivan, O., Nazari Samani, A.A., Mohseni Saravi, M., Zahedi Amiri, G.A., Determination and Assessment the sustainability criteria and indices in Taleghan Catchment- Zeidasht1, journal of Town and Country Planning, 2013; 5 (1); 133-154. (In Persian)
- 4-Calizaya, A., Chaves, H., Bengtsson, L., and

را برای زیرشاخص هیدرولوژی در منطقه حکایت می‌کند. در بین پارامترهای مدل PSR در بخش تلفیق همانگونه که قبلاً گفته شد پارامتر فشار بیش‌ترین و پارامتر واکنش کم‌ترین امتیاز را به خود اختصاص داده‌اند. میزان شاخص WSI برای کل حوضه رقم ۰/۶۷ را نشان داد که در سطح متوسط رو به پایین پایداری قرار دارد. همچنین مجموع امتیازات سه قسمت فشار، وضعیت و واکنش برای زیرشاخص‌های هیدرولوژی (کمّی و کیفی)، محیط زیست، حیات آبخیزنشینان و سیاست‌گذاری به ترتیب ۰/۲۵، ۰/۵۸۳، ۱، ۰/۷۵ و ۰/۵ می‌باشد که نشان می‌دهد حوزه مورد مطالعه در قسمت محیط‌زیست و پوشش گیاهی طبیعی در شرایط پایداری قرار دارد و بعد از آن زیرشاخص حیات آبخیزنشینان از لحاظ پایداری در سطح متوسط رو به بالایی بوده و برای زیرشاخص‌های سیاست‌گذاری و هیدرولوژی سطح مناسبی از پایداری وجود ندارد و ضعیف هستند. بنابراین اولویت اول و دوم در مدیریت و توسعه پایدار حوضه به زیرشاخص هیدرولوژی (نخست کمّیت و سپس کیفیت آب) شامل زیرشاخص‌های کمّی و کیفی و سیاست‌گذاری، اولویت سوم مربوط به زیرشاخص حیات و اولویت چهارم مربوط به زیرشاخص محیط‌زیست می‌باشد. بدیهی است که در حوزه‌ی آبخیز بهشت گمشده مدیریت جامع منابع آب و سیاست‌گذاری در این راستا از اولویت‌های توسعه پایدار و رسیدن به سطح خوب و عالی از پایداری در منطقه می‌باشد. نتایج مطالعات چاوز و آلیپاژ [۵] نشان داد نتایج امتیازات برای زیرشاخص‌های هیدرولوژی، محیط‌زیست، حیات و سیاست‌گذاری به ترتیب ۰/۶۷، ۰/۵۸، ۰/۷۵ و ۰/۵۸ بود که حکایت از توجه به مسائل حفاظت از پوشش جنگلی، بهبود و پیشرفت در سیاست‌های اتخاذ شده در مدیریت منابع آب و تلاش برای کاستن از آلودگی‌های ناشی از فاضلاب‌ها دارد. در این تحقیق اولویت نخست مسائل محیط‌زیستی و حفاظت از جنگل‌ها بوده در صورتی که در تحقیق حاضر این اولویت نخست نبوده و مسائل مدیریت آب و بهبود سیاست‌گذاری پیرامون مدیریت منابع آب و تصفیه هرزآب‌های کشاورزی و فاضلاب در اولویت نخست قرار دارد. نتایج تحقیقات محمدی و دستورانی [۱۳] نیز نشان داد شاخص پایداری برای حوزه آبخیز زیداشت ۰/۶۵ است که سطح پایداری متوسط رو به پایین را نشان می‌دهد و اولویت نخست در توسعه پایدار این حوضه پیرامون مسائل کیفی هیدرولوژی، مطالعات و طرح‌های جامع در راستای مدیریت و حفاظت از منابع آبی موجود انجام گیرد و سپس به اولویت‌هایی از قبیل حیات آبخیزنشینان، محیط‌زیست و کمّیت آب پرداخته شود. اما در تحقیق حاضر ابتدا نیاز است تا بهبود در بخش هیدرولوژی (کمّی و کیفی) صورت گیرد و سپس به اولویت‌های دیگر پرداخته شود.

نتیجه‌گیری

اولویت‌های رسیدن به توسعه پایدار (اولویت نخست در بهبود شرایط جهت ارتقای سطح پایداری و رسیدن به توسعه پایدار)

- 13-Mohamadi, T., Dastorani, M. T. The Evaluation of the Sustainability of Watershed Using Watershed Sustainability Index, *Journal of Hydrogeomorphology*, 2017 3 (10), 41-64. (In Persian)
- 14-Neisi, A. A survey on the human development index in the Provinces of Iran, *Jundishapur Journal of Health Sciences*, 2011; 2(2); 55-63. (In Persian)
- 15-Nyerges T. Linked visualizations in sustainability modeling: an approach using participatory GIS for decision support. *Assoc Am Geog Illust*, Los Angeles, CA, 2002; p 18.
- 16-Range, Forest and Watershed Organization of Iran. *Guideline for Monitoring and Evaluation of Natural Resources and Watershed Management Plans*, 2010; 505: 196. (In Persian)
- 17-Remedio, E.M. and T.G. Bensen. Socio-Economic and Environmental impacts of Woodfuel Consumption and production in South Asia, 2003; 54 pp.
- 18-Sullivan, C. Calculating a Water Poverty Index. *World Development*, 2002; 30 (7), 1195-1210.
- 19-UNDP (United Nations Development Programme), 2011; the HDI 2010: New Controversies, Old Critiques, P. 49.
- 20-UNESCO Institute for Statistics, 2011, *School-Life Expectancy*, P. 251.
- 21-UNESCO, 2005, *Hydrology for the Environment, Life and Policy HELP*, Paris, P. 20.
- 22-Viessmann W. Water management issues for the nineties. *Water Resour Bull*, 1990; 26(6):886-891.
- 23-World Bank, *Water Resources Management Strategies in Brazil: Cooperation Areas with the World Bank*, JosE Lobato Costa (Ed.). Brasilia, 2003; P. 177.
- 24-www.amar.org.ir, *Areas Accounts (1395)*. (In Persian)
- 25-Yilmaz, B., Harmancioglu. N. An Indicator Based Assessment for Water Resources Management in Gediz River Basin, Turkey, *Water Resources Management*, 2010; 24 (15) ; 4359-4379, doi:10.1007/s11269-010-9663-3.
- Berndtsson, R. Application of the WSI to the Lake Poopo Watershed, Bolivia, *Hydrology Journal*, 2008; p.22.
- 5-Chaves, H., and Alipaz, S. Integrate Basin Hydrology, Environment, Life, and Policy the Watershed Sustainability Index, *Water Resource Management*, 2007, 21:PP. 883-895.
- 6-Cortes, A.E., Oyarzun, R., Kretschmer, N., Chaves, H., Soto, G., Soto, M., Amezagó, J., Oyarzu, J., Rotting, T., Senoret, M. and Maturana, H. Application of the Watershed Sustainability Index to the Elqui River Basin, North-Central Chile, *ObrasProyectos* 12, 2012; PP. 57-69.
- 7-Falkenmark, B. Fresh Water-Time for a Modified Approach. *AMBIO*. 1986; 15; 192-200.
- 8-Hafezparast, M. and Fatemi, S.E. Calculating Sustainability Indices of Water and Basin to Maintain Sustainability Development (Case Study: Gamasiab Basin Watershed), *Journal of Geography and Sustainability of Environment*, 2016; 6 (18), 21-33. (In Persian)
- 9-Harris, M.J. *Basic Principles of Sustainable Development*, Global Development and Environment institute, Tufts University Medford MA 02155, USA, 2000; 26 pp.
- 10-Hazbavi, Z. Sadeghi, S. H.R. Watershed Health (Part three): Vigor, Organization and Resilience Conceptual Model, *Journal of Extension and Development of Watershed Management*, 2017; 5(16); pp 21-33. (In Persian)
- 11-McLaren, R. A., Simonovic, S. P. Evaluating Sustainability Criteria for Water Resources Decision Making: Assiniboine Delta Case Study, *Canadian Water Resources Journal*, 1999; 24 (2), pp. 147-163.
- 12-Mehri, R. Development and Application of WSI Sustainability Index (WSI) for Chehel-Chai Watershed, Golestan Province, Master's thesis for Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 2013; p. 130. (In Persian)



Abstract

The Evaluation of the Watershed Sustainability Based on HELP Method (case study: Beheshte Gomshodeh Basin, Fars Province)

M. Kazemi^{1*} and E. Kamali Maskooni²

Received: 2017/10/21 Accepted: 2018/07/04

In order to achieve a sustainable development approach that guarantees the preservation and survival of watersheds, evaluation of the sustainability of watershed using watershed sustainability Indexes it seems necessary. The aim of this research was the evaluation of the sustainability of Beheshte Gomshodeh watershed Using watershed sustainability index (WSI) in the period of ten years (2006 to 2016). The UNESCO – HELP demonstration was proposed an integrated watershed sustainability index (WSI), based on four criteria of hydrologic (quantity and quality), environmental, life, water policy issues and three parameters of pressure, state, response were used in order to achieve low, medium, and high levels of basin sustainability. The results showed that the pressure parameter with the score of 0.7812 and the response parameter with the score of 0.5312 had the highest and lowest scores for the assessment of the watershed sustainability. Also the results showed that the criteria of quantity hydrology with the score of 0.25 and the environment with the score of 1 are the most and least priorities for management. The value obtained for WSI was 0.6665, which represents an intermediate level of basin sustainability Which pays more attention to the region's sustainability level.

Keywords: Environment indicator, Future planning, Hydrology indicator, Life indicator, sustainability

1. Phd Graduate Watershed Management Science University of Hormozgan, Iran , Corresponding Author, Email: mohamad.kazemi86@gmail.com

2. PhD student of Watershed Management Science, University of Hormozgan, Iran