



Evaluation of Sustainability in Sarab Seydali Watershed, Selseleh City

Kaka Shahedi¹ | Arman Kiani² | Fereshteh Bayati³

1. Corresponding Author, Department of Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran. E-mail: k.shahedi@sanru.ac.ir
2. Department of Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran. E-mail: arman.kiani1390@gmail.com
3. Department of Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran. E-mail: fafa70000@gmail.com

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received: 19 Nov 2022

Received in revised form:
29 Dec 2022

Accepted: 04 Jan 2023

Available online: 12 June
2023

Keywords:

Watershed Sustainability
Index,
HELP,
Pressure-State-Response,
Water usage, Sarab
Seydali Watershed.

ABSTRACT

Evaluating the sustainability of watersheds is important since it reveals the change in the status of ecosystems in spatial and temporal dimensions. Regarding this importance, current research focuses on sustainability in Sarab Seydali Watershed located in Lorestan province, Iran. For this reason, the Watershed Sustainability Index (WSI) and the conceptual framework of HELP, whose criteria are based on hydrology, environment, life and policy, were applied. Considering different variables such as water availability and its changes, acidity and electrical conductivity of water, development of sewage systems, environmental pressure index, vegetation cover, expansion of protected areas, net annual income, human development index and its related changes, level and progress of education, study and implementation of comprehensive water resource and watershed management plans and emphasis on an interactive and logical relationship with the indicators of pressure (P), state (S) and response (R), the sustainability level of the study area was evaluated. The average scores of pressure, state and response indices were estimated as 0.81, 0.6 and 0.37, respectively. Also, the average scores of hydrology, environment, life and policy criteria were 0.41, 0.58, 0.66 and 0.75, respectively. The results of index evaluation pressure, state and response showed that the watershed's stability score with a value of 0.6 is in the medium level of stability, that the two factors of hydrology and environment cause a weak level of stability, to improve and improve the stability. It is necessary to think of measures for water resources from increasing productivity, saving and building sewage systems and habitat management through extensive management of areas focusing on pressure, state and response indicators.

Cite this article: Shahedi, K. Kiani, A., Bayati, F. (2023). Evaluation of Sustainability in Sarab Seydali Watershed, Selseleh City. *Geography and Environmental Sustainability*, 13 (2), 39-57. DOI: 10.22126/GES.2023.8473.2599



© The Author(s).

DOI: 10.22126/GES.2023.8473.2599

Publisher: Razi University

ارزیابی پایداری آبخیز سراب صیدعلی شهرستان سلسله

کاکا شاهی^۱ | آرمان کیانی^۲ | فرشته بیاتی^۳

۱. نویسنده مسئول، گروه آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. رایانامه: k.shahedi@sanru.ac.ir
۲. گروه آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. رایانامه: arman.kiani1390@gmail.com
۳. گروه آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. رایانامه: fafa70000@gmail.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی تاریخچه مقاله: تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۲۸ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۰/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۱۴ دسترسی آنلاین: ۱۴۰۲/۰۳/۲۲ کلیدواژه‌ها: شاخص پایداری آبخیز (WSI)، HELP، فشار -حالت -پاسخ، سرانه آب، آبخیز سراب صیدعلی.	ارزیابی پایداری آبخیزها از آن جهت که بیانگر تغییر وضعیت زیست بومها در ابعاد مکانی و زمانی است دارای اهمیت می باشد. باتوجه به اهمیت موضوع پایداری، پژوهش حاضر به مطالعه پایداری آبخیز سراب صیدعلی واقع در استان لرستان می پردازد. با استفاده از شاخص پایداری آبخیز (WSI) و چهارچوب مفهومی HELP که معیارهای آن بر جنبه های هیدرولوژی (کمی و کیفی)، محیط زیست، حیات و سیاست گذاری و متغیرهایی مانند در دسترس بودن آب و تغییرات آن، اسیدیته و هدایت الکتریکی آب، توسعه سیستم های فاضلاب، شاخص فشار محیطی، پوشش گیاهی، گسترش مناطق حفاظت شده، درآمد سالانه خالص، شاخص توسعه انسانی و تغییرات مربوط به آن، سطح و پیشرفت آموزش، مطالعه و اجرای طرح های جامع مدیریت منابع آب و آبخیزها و تأکید بر یک رابطه تعاملی و منطقی با شاخص های فشار (P) حالت (S) و پاسخ (R) سطح پایداری آبخیز مورد ارزیابی قرار گرفت. میانگین امتیازات شاخص فشار، حالت و پاسخ به ترتیب ۰/۸۱، ۰/۶ و ۰/۳۷ برآورد گردید. همچنین میانگین امتیاز معیارهای هیدرولوژی، محیط زیست، حیات و سیاست گذاری به ترتیب ۰/۴۱، ۰/۵۸، ۰/۶۶ و ۰/۷۵ به دست آمد. نتایج ارزیابی شاخص فشار، حالت و پاسخ نشان داد که امتیاز شاخص پایداری آبخیز با مقدار ۰/۶ در سطح متوسطی از پایداری قرار دارد که دو عامل هیدرولوژی و محیط زیست باعث ایجاد سطح ضعیفی از پایداری شده اند، لذا برای ارتقای و بهبود پایداری لازم است تدابیری در جهت مدیریت جامع منابع آب از لحاظ افزایش بهره وری، صرفه جویی و احداث سیستم های فاضلاب و مدیریت زیستگاه از طریق گسترش مناطق حفاظت شده با تأکید بر شاخص های فشار، حالت و پاسخ اندیشیده شود.

استناد: شاهی، کاکا؛ کیانی، آرمان؛ بیاتی، فرشته (۱۴۰۲). ارزیابی پایداری آبخیز سراب صیدعلی شهرستان سلسله. *جغرافیا و پایداری محیط*، ۱۳، (۲)، ۵۷-۳۹. DOI: 10.22126/GES.2023.8473.2599



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه رازی

مقدمه

بهره‌برداری بی‌وقفه از منابع طبیعی، استفاده از آب‌های زیرزمینی، شیوه‌های ناکارآمد آبیاری، کمبود آب شیرین یا عدم دسترسی مناسب به آب شیرین و سالم منجر به افزایش بحران‌های محیط زیستی، اقتصادی و اجتماعی شده است (Pravalie, 2021؛ Bagheri Gavkosh et al., 2021) که پیامدهای آن باعث افزایش مصرف منابع و گسترش فقر است که به نوبه خود باعث ایجاد فشار شدیدی بر محیط زیست می‌شود. در بسیاری از مناطق جهان، وضعیت محیط زیست نسبت به چند دهه اخیر شکننده‌تر شده است. به‌رغم بهبود و اصلاح وضعیت رودخانه‌ها و کیفیت هوا در مناطقی مثل اروپا و شمال آمریکا، یک افول در مسائل زیست‌محیطی، به‌ویژه در بخش‌های وسیعی از مناطق در حال توسعه جهان وجود دارد (آهنی و افشار کاظمی، ۱۴۰۰).

در صورت تداوم این وضعیت، پیامدهای نامطلوب گریبان‌گیر بشر شده و حتی می‌تواند منجر به گرسنگی جهانی، ناآرامی‌های داخلی و درگیری شود. به همین دلیل، دانشمندان ضمن اعلام هشدارهای مکرر از این وضعیت نامطلوب، راه‌حل‌های امیدبخش از جمله جهت‌دهی فعالیت‌های متنوع انسانی به‌سوی استفاده پایدار از منابع طبیعی با برنامه‌های توسعه‌ای ارائه داده‌اند (Zhang et al., 2021). برای اینکه توسعه، پایدار باشد باید فاکتورهای اجتماعی و اکولوژی و اقتصادی را در منابع زنده و غیرزنده و فعالیت‌های مختلف را در نظر داشت (خیراندیش و همکاران، ۱۳۹۹). پایداری مفهومی است که توجه اساسی آن بر حفظ سرمایه‌های (طبیعی، اجتماعی و اقتصادی) در جهت عدالت بین‌نسلی است (Bensel, 2003; Remedio).

اهمیت پایداری در آبخیزها از آن جهت است که تمام جنبه‌های (طبیعی، اقتصادی، اجتماعی) یک آبخیز را به‌صورت جامع و یکپارچه مورد بررسی قرار داده و به شناسایی نقاط ضعف و قوت حوضه در راستای مدیریت آبخیز می‌پردازد. پایداری آبخیز چهار هدف مهم یعنی تنظیم رژیم جریان و آب، حفظ و بهبود کیفیت آب، حفظ کیفیت اکولوژیکی گیاهی و جانوری و منابع انرژی را مدنظر قرار می‌دهد (محمدی و دستورانی، ۱۳۹۶). ارزیابی پایداری با در نظر گرفتن تمامی عوامل مؤثر بر حوزه آبخیز کاری بسیار دشوار و پرهزینه و زمان‌بر است که به‌ناچار باید از بعضی عوامل که اثر کمتری دارند، صرف‌نظر کرد (خیراندیش و همکاران، ۱۳۹۹) لذا دانستن اینکه، کدام یک از اهداف پایداری آبخیز در اولویت قرار دارد ضروری است تا از اتلاف وقت، هزینه و انرژی جلوگیری و گام‌های توسعه در جهت پایداری سریع‌تر برداشته شود (خیراندیش و همکاران، ۱۴۰۰).

شناسایی عوامل مؤثر بر پایداری و تغییر وضعیت هر عامل یا معیار در سطح آبخیز در بعد مکان و زمان برای تصمیم‌گیران ضروری است، بنابراین لازم است برای ارزیابی سطوح پایداری و میزان دسترسی به توسعه پایدار از شاخص‌های پایداری استفاده شود (اسدی نلیوان، ۱۳۹۱: ۲۱). پایداری آبخیزها هم برای آبخیزنشینان و هم برای پایداری حیات در زیست‌بوم‌ها امری ضروری به شمار می‌آید، این در حالی است که به این مهم توجه کافی نشده است (Walmsley et al., 2001).

وجود بسیاری از عوامل باعث شده که مدیران منابع طبیعی، پژوهشگران، تصمیم‌گیران و جامعه به‌عنوان یک مجموعه کل به طور روزافزونی به مدیریت جامع آبخیزداری به‌عنوان رویکردی مشارکتی و کاربردی برای اداره مشکلات زمین، آب و سایر منابع طبیعی توجه کنند (خیراندیش و همکاران، ۱۳۹۹) که بیان‌کننده آن است که مدیریت جامع آبخیز در جهت توسعه پایدار گام بر می‌دارد در این بین در صورتی که هدف نهایی از برنامه‌ریزی، توسعه پایدار باشد، نیاز به ابزار و روش‌هایی است تا بتوان به کمک آن‌ها حرکت به‌سوی پایداری را در ابعاد مختلف آن (اکولوژیکی، اقتصادی و اجتماعی) اندازه‌گیری کرد (عربیون و عبدالله زاده، ۱۳۹۲: ۳۷). در سال‌های اخیر شاخص‌ها، متغیرها و رهیافت‌های متفاوتی برای ارزیابی پایداری متناسب با شرایط بوم‌شناختی، محیط زیستی، حاکمیتی و قابلیت دسترسی به داده‌های موردنیاز برای ارزیابی تبیین شده‌اند (حیرانی و همکاران، ۱۴۰۱). به‌طور کلی شاخص‌ها ابزار ایده‌آل به‌منظور پیگیری تغییرات در شرایط حوضه آبخیز به حساب می‌آیند و در نتیجه، اطلاعات برای تصمیم‌گیری را فراهم می‌کنند (Walmsley et al., 2001). 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 حوزه‌های آبخیز اندازه‌گیری کنند و قابل درک، در دسترس و معتبر باشند (Yilmaz & Harmancioglu, 2010). یکی از این شاخص‌ها، شاخص پایداری آبخیز (WSI) می‌باشد که شاخصی یکپارچه و تلفیقی از شرایط هیدرولوژی، محیط‌زیست، حیات و سیاست بوده و مدل HELP را در خود جای داده است (da Silva et al., 2020) همچنین این شاخص یکپارچه، رویکرد جامعی را برای مدیریت آبخیز از طریق به‌کارگیری چارچوب مفهومی فشار - حالت - پاسخ^۱ فراهم می‌نماید. ساختار رویکردی فشار - حالت - پاسخ مبتنی بر یک رابطه علت و معلولی است که علاوه بر در نظر گرفتن شرایط فعلی حوزه آبخیز، به شاخص‌های فشار و پاسخ هم توجه می‌کند (حیرانی و همکاران، ۱۴۰۱).

یونسکو در سال ۲۰۰۶ اعلام کرد که بیش از ۶۰ کاربرد این مدل برای ارزیابی آبخیزها در سراسر جهان به کار گرفته شده است (Chaves & Alipaz, 2007). محمدی و دستورانی (۱۳۹۶) به ارزیابی پایداری آبخیز زیدشت با استفاده از روش شاخص پایداری آبخیز (WSI) و مدل HELP پرداختند. مقدار شاخص پایداری برای آبخیز زیدشت در طول دوره ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۰، ۰/۶۵ که پایداری متوسط رو به ضعیف می‌باشد را برآورد نمود. کاظمی و کمالی مسکونی (۱۳۹۷) به بررسی پایداری آبخیز بهشت گمشده بر اساس مدل HELP در یک دوره ده ساله (۱۳۸۵-۱۳۹۵) پرداختند. نتایج نشان داد سطح پایداری آبخیز با امتیاز ۰/۶۷ در طبقه متوسط قرار دارد. زیرشاخص‌های هیدرولوژی کمی با امتیاز ۰/۲۵ و محیط‌زیست با امتیاز یک به ترتیب کمترین و بیشترین مقدار را دارند بر همین اساس زیر شاخص هیدرولوژی کمی در اولویت بهبود قرار می‌گیرد. خیراندیش و همکاران (۱۴۰۰) به بررسی پایداری آبخیز بختگان بر اساس مدل HELP در دوره ده ساله ۱۳۸۵-۱۳۹۵ پرداختند. سنجه فشار با امتیاز ۰/۷۵ و واکنش با امتیاز ۰/۴۵ به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین امتیاز را برای ارزیابی پایداری آبخیز بختگان داشتند. تراز پایداری آبخیز با امتیاز ۰/۶۱ متوسط رو به کم ارزیابی شد. حیرانی و همکاران (۱۴۰۱) به ارزیابی پایداری بوم‌شناختی آبخیز توتلی در استان خراسان شمالی با استفاده از چارچوب مفهومی (HELP) و محاسبه شاخص پایداری آبخیز (WSI) پرداختند. نتایج آنها نشان داد که امتیاز کلی شاخص WSI برابر ۰/۶۲ بوده و نشان‌دهنده سطح پایداری بوم‌شناختی متوسط است. چاوز و آلیپاز به‌منظور ارزیابی پایداری آبخیز وردادئیرو^۲ در برزیل از شاخص پایداری آبخیز (WSI) و مدل HELP استفاده کردند. معیار هیدرولوژی (H)، محیط‌زیست (E)، حیات (L) و سیاست‌گذاری (P) را به ترتیب امتیاز ۰/۶۷، ۰/۵۸، ۰/۷۵ و ۰/۵۸ را به دست آوردند. نتایج نشان از سطح متوسط پایداری می‌دهد (Chaves & Alipaz, 2007).

کالیزایا و همکاران به بررسی مدیریت یکپارچه منابع آب در آبخیز دریاچه پوپو^۳ با استفاده از مدل HELP و شاخص پایداری آبخیز (WSI) کردند. امتیازهای چهارگانه مدل HELP که شامل هیدرولوژی، محیط‌زیست، حیات و سیاست‌گذاری بودند به ترتیب ۰/۴۶، ۰/۴۱، ۰/۵۵ و ۰/۴۲ به دست آمدند. نتایج پژوهش نشان داد که وجود سد مخزنی در آبخیز مورد مطالعه حائز اهمیت بوده و باعث افزایش سطح پایداری از ضعیف به متوسط می‌شود (Calizaya et al., 2008). کورتز و همکاران به ارزیابی پایدار آبخیز الکوئی^۴ با استفاده از شاخص پایداری آبخیز WSI و مدل HELP پرداختند. نتایج آنها نشان داد که مقدار شاخص پایداری آبخیز ۰/۶۱ بود، نقاط قوت اصلی حوضه مربوط به شاخص‌های محیط‌زیست (E) و سیاست‌ها (P) بود. از سوی دیگر، ضعف مشاهده شده در آبخیز مربوط به شاخص هیدرولوژی (H) بود که عمدتاً به دلیل مسائل کم‌آبی بروز پیدا می‌کند (Cortes et al., 2012). فردوس و همکاران به ارزیابی پایداری آبخیز باتانگ مائو^۵ به‌عنوان منطقه حائل یک سایت میراث جنگل‌های بارانی استوایی یونسکو در کشور اندونزی با استفاده از شاخص‌های WSI و HELP پرداختند. نتایج بیان داشت بهبود برنامه‌های مدیریت یکپارچه آبخیزداری برای دستیابی به پایداری این آبخیز ضروری است

1- Pressure-State-Response (PSR)

2- Verdadeiro

3- Poopo

4- Elqui

5- Batang Merao

(Firdaus et al., 2014).

الفیتری و همکاران به ارزیابی آبخیز لنگات^۱ در کشور مالزی با استفاده از شاخص پایداری آبخیز (WSI) پرداختند. مقدار شاخص WSI برای آبخیز مورد مطالعه ۰/۶۸ به دست آمد، چند جنبه مدیریتی لازم است تا به بهبود پایداری آبخیز کمک کنند (Elfithri et al., 2018). دئسوئزا و پائولا با استفاده از شاخص پایداری آبخیز (WSI) سطح پایداری را در یک آبخیز فرعی در منطقه ریبیریا در کشور برزیل که دارای شهرنشینی بالا و آلودگی و کیفیت کم منابع آبی می باشد، مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد شاخص پایداری مقدار کمی ۰/۶۴ را نشان می دهد که بیان کننده سطح متوسط پایداری است، و معیار هیدرولوژی را عامل ناپایداری و معیار سیاست را عامل پایداری معرفی می کند (De Souza & Paula, 2019).

چاندنیها و همکاران چارچوبی برای ارزیابی پایداری آب در آبخیز پیپاریا چاتیسگار^۲، در کشور هند پیشنهاد دادند. پس از ارزیابی پایداری یک قاعده فازی جدید برای جمع آوری پارامترهای HELP و ارزیابی شاخص کلی پایداری آب برای حوزه پیشنهاد گردید (Chandniha et al., 2021). برانچی ارزیابی پایداری با استفاده از شاخص فشار - حالت - پاسخ و معیارهای مدل HELP در دو دوره زمانی ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۵ و ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۹ برای ۳ آبخیز در برزیل مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد توسعه شاخص های پایداری آبخیز با رویکرد ترکیبی فشار - حالت - پاسخ و معیارهای مدل HELP تجزیه و تحلیل، تفسیر و ارتباط نتایج را آسان تر می کند (Branchi, 2022).

مطالعه پایداری آبخیز این امکان را می دهد که از طریق تعیین شاخص ها و بررسی وضعیت پایداری حوزه، برنامه ریزی اصولی، علمی و منطقی برای آینده آبخیز و در جهت خروج از چالش های متنوع در آبخیز فراهم گردد. هدف از این تحقیق بررسی وضعیت پایداری آبخیز سراب صیدعلی در استان لرستان می باشد که به لحاظ آمایش، جمعیت و طوایف ساکن شرایط متنوعی دارد.

مواد و روش

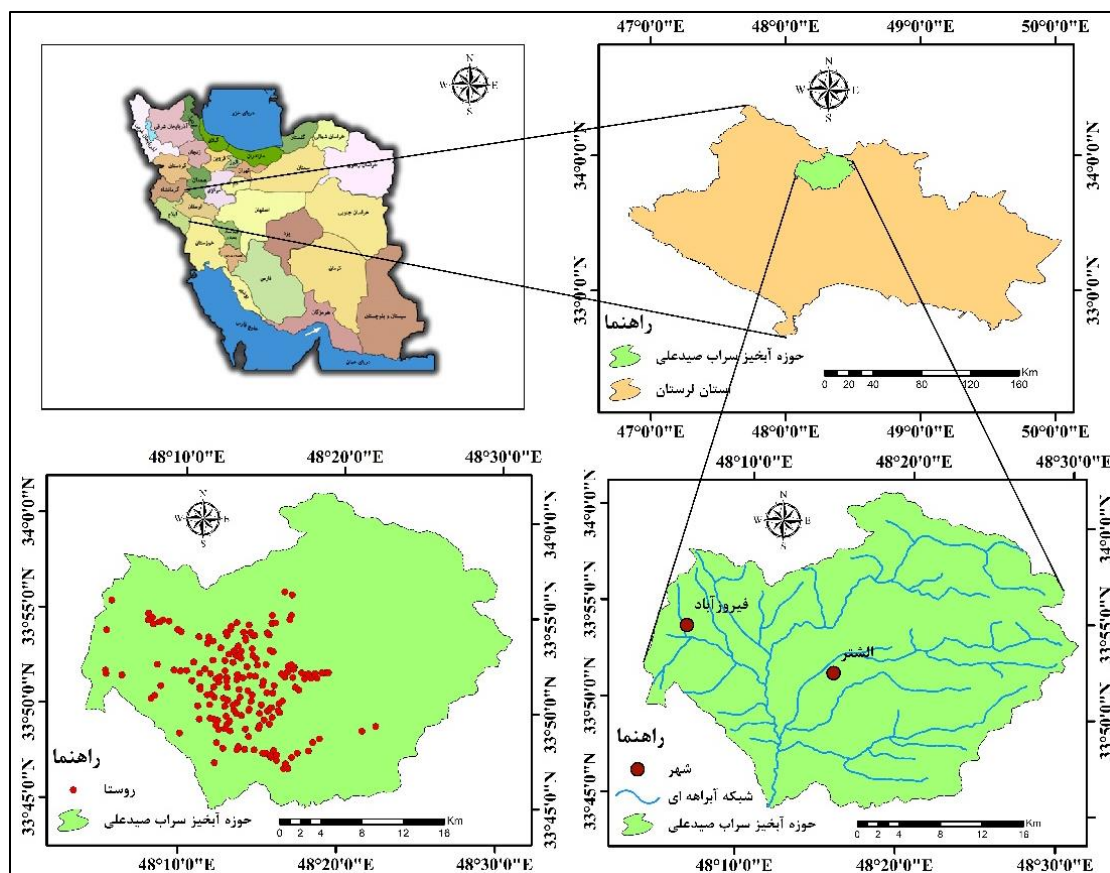
منطقه مورد مطالعه

در این پژوهش آبخیز سراب صیدعلی واقع در شهرستان سلسله در شمال استان لرستان به وسعت ۷۹۷/۵ کیلومتر مربع از زیرحوضه های کرخه که در موقعیت جغرافیایی ۳۹° ۰۳' ۴۸" تا ۴۸° ۳۰' ۴۸" طول شرقی و ۳۴° ۴۴' ۳۴" تا ۳۴° ۰۱' ۲۳" عرض شمالی قرار دارد به عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب گردید. برای دستیابی به نتایج منطقی لازم است منطقه ای مورد مطالعه قرار گیرد که هر یک از معیارهای چهارگانه هیدرولوژی، محیط زیست، حیات و سیاست گذاری در آن تأثیرگذار باشند، به طور کلی تغییر در میزان کمی منابع آبی در آن قابل مشاهده است، همچنین منابع آلوده کننده منابع آبی همچون فاضلاب های کشاورزی و شهری روز به روز در حال گسترش است، تغییر در بافت شهری و روستایی و جمعیتی در آن دیده می شود. معیارهای حیات و آموزش روز به روز در حال دگرگونی است و همچنین طرح های منابع آبی نیز در سطح آبخیز در حال اجرا شدن هستند که نشان از پویایی در چهار معیار گفته شده را می دهد.

میانگین پارامترهای هواشناسی این آبخیز برای دوره ۳۵ ساله از سال ۱۳۶۰ تا ۱۳۹۴ به صورت بارندگی سالانه ۵۰۴ میلیمتر، متوسط درجه حرارت سالانه ۱۷/۹ سانتی گراد است، همچنین میانگین ارتفاع منطقه ۲۰۹۸ متر از سطح دریا و شیب متوسط آن ۱۴/۵ درجه می باشد (شرکت مهندسی مشاور جاماب، ۱۳۹۸: ۱۴). دو شهر الشتر و فیروزآباد و تعداد ۱۸۱ روستا درون آن واقع شده اند، یک ایستگاه هیدرومتری در نزدیک خروجی آبخیز به نام سراب صیدعلی قرار دارد. به طور کلی در مرکز آبخیز یک دشت قابل کشاورزی با تمرکز روستا در آن دیده می شود و اطراف آن را مناطق مرتفع کوهستانی تشکیل می دهد (شرکت مهندسی مشاور جاماب، ۱۳۹۸: ۱۵). شکل ۱ شمای کلی و موقعیت آبخیز سراب صیدعلی در ایران و استان لرستان را نشان می دهد.

1- Langat

2- Piperiya Chhattisgarh



شکل ۱. موقعیت آبخیز سراب صیدعلی در ایران و استان لرستان

روش مطالعه

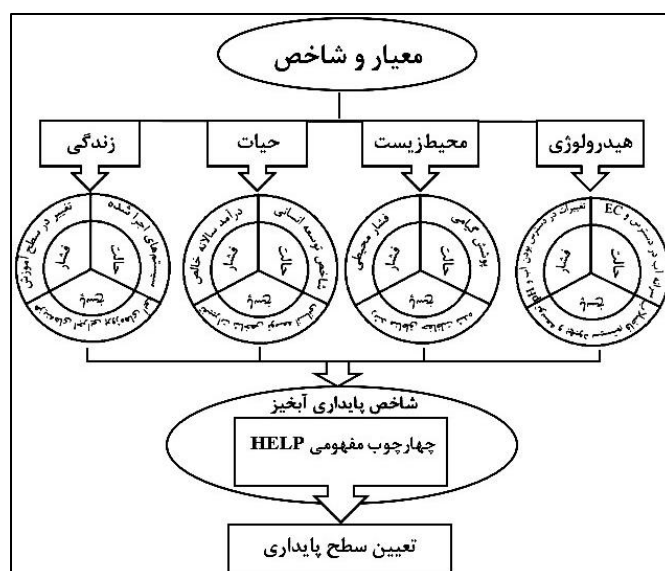
صندوق حفاظت از زیستگاه‌ها برای بررسی جامع تأثیر جنبه‌های هیدرولوژی، محیط زیستی، حیات و سیاست‌گذاری بر پایه آبخیز، شاخص پایداری آبخیز را با بهره‌گیری از راهبردهای HELP معرفی کرد (محمدی و دستورانی، ۱۳۹۶). رویکرد استفاده از شاخص پایداری آبخیز (WSI) یک دید فراگیر و جامعی نسبت به ارزیابی وضعیت منابع واقع در یک آبخیز را فراهم می‌کند؛ لذا این شاخص به‌عنوان تابعی از چهارچوب مفهومی HELP با چهار معیار هیدرولوژی (H)، محیط‌زیست (E)، حیات (L)، سیاست‌گذاری (P)، تعریف شده است. راهبرد HELP یک چهارچوب مفهومی و رویکردی است که در سال ۱۹۹۹ توسط سازمان آموزشی، علمی و فرهنگی ملل متحد (یونسکو) طرح‌ریزی و ابداع گردید (UNESCO, 2010: 7). باتوجه‌به اینکه مدیریت منابع آبخیز یک فرایند پویاست، بنابراین در فرایند ارزیابی، از شاخص‌های فشار (P)، حالت (S) و پاسخ (R) برای محاسبه هر کدام از معیارهای HELP استفاده می‌شود (OECD, 2003: 20). بر همین اساس، شاخص پایداری آبخیز که به‌اختصار با نماد WSI نشان داده می‌شود از رابطه (۱) محاسبه شد (Chaves & Alipaz, 2007; Elfithri et al., 2018; Firdaus et al., 2014).

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

به این شاخص مقادیر عددی بین صفر و یک تعلق می‌گیرد. به هر یک از متغیرهای مورداستفاده در سه شاخص فشار، حالت و پاسخ، امتیازاتی از صفر تا یک در قالب یک طرح ماتریسی اختصاص می‌شود. قابل ذکر است که در این رویکرد، شاخص و معیارها با وزن‌های یکسان امتیازبندی می‌شوند که در جدول ۱ امتیازبندی و سطح پایداری آبخیز بر اساس شاخص پایداری آبخیز WSI نشان داده شده است که در سه طبقه پایداری پایین، متوسط و بالا تعریف می‌شود. نمودار جریان از روند کلی انجام پژوهش در شکل ۲ نشان داده شده است.

جدول ۱. تعیین سطوح پایداری آبخیز با کمک شاخص پایداری آبخیز (Chaves & Alipaz, 2007)

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



شکل ۲. نمودار جریانی روند انجام پژوهش

معیار هیدرولوژی (H)

در معیار هیدرولوژی دو جنبه کمی و کیفی آب مورد نیاز ساکنین آبخیز به صورت جدول ۲ مورد بررسی قرار می گیرد. در مورد کمیت آب، متغیر مربوط به شاخص فشار مطابق رابطه (۲) از درصد تغییرات موجود در دسترس بودن آب در کوتاه مدت و درازمدت محاسبه شد (Chaves & Alipaz, 2007؛ حیرانی و همکاران، ۱۴۰۱). در این پژوهش در دسترس بودن آب بر اساس میانگین دبی های متوسط سالانه در فواصل زمانی بلندمدت ۱۳۶۱-۱۳۶۰ تا ۱۳۹۶-۱۳۹۵ و کوتاه مدت ۱۳۹۱-۱۳۹۰ تا ۱۳۹۶-۱۳۹۵ آبخیز برآورد می گردد.

$$\Delta I = \frac{SW_A - LW_A}{LW_A} \times 100 \quad \text{رابطه (۲)}$$

در این رابطه، منظور از SW_A ، متوسط کوتاه مدت در دسترس بودن آب، LW_A ، متوسط درازمدت در دسترس بودن آب، و ΔI نسبت تغییرات در دسترس بودن آب در درازمدت به کوتاه مدت است. همچنین، جنبه کمیت آب در شاخص حالت باتوجه به سرانه آب قابل دسترس (مترمکعب در سال) محاسبه شد. در دسترس بودن آب در هر سال برای هر نفر (WA)، با استفاده از رابطه (۳) به دست می آید (Chaves & Alipaz, 2007؛ مهری و همکاران، ۱۳۹۱؛ محمدی و دستورانی، ۱۳۹۶؛ خیراندیش و همکاران، ۱۳۹۹).

$$WA = \frac{\text{میانگین دراز مدت جریان رودخانه}}{\text{جمعیت آبخیز}} \quad \text{رابطه (۳)}$$

کمیت آب در شاخص پاسخ نیز شامل میزان بهبود در بهره وری و میانگین بلندمدت آب در دسترس برای هر نفر است (خیراندیش و همکاران، ۱۴۰۰) در مورد کیفیت آب در شاخص فشار از متغیرهای اسیدیته یا pH آب و شاخص حالت نیز میانگین EC در بازه زمانی ۱۳۶۱-۱۳۶۰ تا ۱۳۹۶-۱۳۹۵ آبخیز در نظر گرفته شد. متغیر مورد نظر برای محاسبه شاخص پاسخ از جنبه کیفیت آب شامل بهبود در سیستم دفع و انتقال فاضلاب یا نرخ متوسط سرمایه گذاری در تصفیه فاضلاب به

دست می‌آید (محمدی و دستورانی، ۱۳۹۶؛ خیراندیش و همکاران، ۱۳۹۹).

جدول ۲. ویژگی‌های کلی متغیرهای مورد استفاده در تحلیل معیار هیدرولوژی (Chaves & Alipaz, 2007)

شاخص	جنبه	متغیر	دامنه تغییرات	امتیاز
کمیت آب		تغییرات موجود در دسترس بودن آب	$\Delta 1 < -20\%$	۰
			$-20\% \Delta 1 < -10\%$	۰/۲۵
			$-10\% \Delta 1 < 0\%$	۰/۵۰
			$0\% \Delta 1 < +10\%$	۰/۷۵
			$\Delta 1 > +10\%$	۱
کیفیت آب		مقدار اسیدیته	pH < 5	۰
			5.9 > pH > 5	۰/۲۵
			6.4 > pH > 5	۰/۵۰
			8 > pH > 6.5	۰/۷۵
			9 > pH > 8.1	۱
کمیت آب		سرانه آب در دسترس به ازای هر نفر	WA ¹ < 1700	۰
			1700 < WA < 3400	۰/۲۵
			3400 < WA < 5100	۰/۵۰
			5100 < WA < 6800	۰/۷۵
			WA > 6800	۱
کیفیت آب		هدایت الکتریکی	EC ² > 2250	۰
			2250 > EC > 1600	۰/۲۵
			1600 > EC > 750	۰/۵۰
			750 > EC > 600	۰/۷۵
			EC < 600	۱
پاسخ		بهبود در سیستم دفع و انتقال فاضلاب با نرخ متوسط سرمایه‌گذاری در تصفیه فاضلاب	خیلی ضعیف	۰
			ضعیف	۰/۲۵
			متوسط	۰/۵۰
			خوب	۰/۷۵
			عالی	۱

معیار محیط‌زیست (E)

معیار محیط‌زیست بر اساس میانگین شاخص‌های فشار، حالت و پاسخ محاسبه شده به ترتیب از روی فشار محیطی، پوشش گیاهی و مناطق حفاظت شده در آبخیز با استفاده از جدول ۳ محاسبه می‌گردد. شاخص فشار محیطی (EPI) نسخه اصلاح شده از شاخص فشار انسانی (API) است و با استفاده از میانگین تغییرات کشاورزی آبخیز و جمعیت شهری به صورت درصدی مطابق با رابطه (۴) برآورد می‌شود (Chaves & Alipaz, 2007; Firdaus et al., 2014; Elfithri et al., 2018).

$$\text{رابطه (۴)} \quad \text{EPI} = \frac{\text{درصد تغییر در مساحت زمین‌های کشاورزی} + \text{درصد تغییرات جمعیت شهری در آبخیز}}{۲}$$

EPI یک روش مؤثر برای ارزیابی تعادل بین جمعیت شهری و مناطق کشاورزی است که وظیفه متعادل‌سازی این دو متغیر، رابطه مستقیمی با حفظ سلامت محیط‌زیست ناشی از فعالیت‌های انسانی دارد. برای دستیابی به یک امتیاز خوب برای شاخص فشار در آبخیز، نیازمند توسعه زمین‌های کشاورزی مازاد متناسب با جمعیت کاهش یافته است. مقادیر مثبت EPI نشان‌دهنده فشار زیاد بر پوشش گیاهی طبیعی حوضه است (Chaves & Alipaz, 2007; Firdaus et al., 2014; Elfithri et al., 2018). به منظور بررسی تغییرات در مساحت زمین‌های کشاورزی و پوشش گیاهی از نقشه کاربری/پوشش

اراضی آبخیز سراب صیدعلی استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای در سال ۱۳۸۵ و ۱۳۹۵ توسط ماهواره لندست استفاده می‌شود. شاخص حالت نیز باتوجه به وضعیت مراتع و جنگل‌های حوضه که معرف پوشش گیاهی آن است تعیین می‌گردد. این موضوع به ذینفعان این درک را می‌دهد که چگونه محیط‌زیست آبخیز در طول سال‌ها تحت تأثیر قرار گرفته است. بهترین حالت برای این شاخص، یک آبخیز با بیش از ۴۰ درصد پوشش گیاهی طبیعی است. شاخص پاسخ محیط‌زیست نیز رشد و پیشرفت در عملیات حفاظتی شامل توسعه ذخایر جنگل ملی و پارک‌های ملی را مورد بررسی قرار می‌دهد (محمدی و دستورانی، ۱۳۹۶؛ خیراندیش و همکاران، ۱۳۹۹).

جدول ۳. ویژگی‌های کلی متغیرهای مورد استفاده در تحلیل معیار محیط‌زیست (Chaves & Alipaz, 2007)

شاخص	متغیر	دامنه تغییرات	امتیاز
فشار	فشار محیطی	$EPI < 20\%$	۰
		$20\% > EPI > 10\%$	۰/۲۵
		$10\% > EPI > 5\%$	۰/۵۰
		$5\% > EPI > 0\%$	۰/۷۵
		$EPI < 0\%$	۱
حالت	پوشش گیاهی	$AV < 5$	۰
		$5 < AV < 10$	۰/۲۵
		$10 < AV < 25$	۰/۵۰
		$25 < AV < 40$	۰/۷۵
		$AV > 40$	۱
پاسخ	رشد و پیشرفت در مناطق حفاظتی	$\Delta < -10\%$	۰
		$-10\% < \Delta < 0\%$	۰/۲۵
		$0\% < \Delta < +10\%$	۰/۵۰
		$+10\% \Delta < +20\%$	۰/۷۵
		$\Delta > 20\%$	۱

معیار حیات (L)

معیار حیات، استاندارد زندگی و شاخص توسعه انسانی در آبخیز را مورد ارزیابی قرار می‌دهد. برای محاسبه شاخص فشار در این معیار از درآمد سرانه خالص مطابق با جدول ۴ استفاده می‌شود. این متغیر این شناخت را به ذینفعان می‌دهد که آیا کیفیت زندگی بهبود یافته است یا خیر. مقادیر منفی این متغیر حاکی از فقیرتر شدن جمعیت ساکن در آبخیز و مقادیر مثبت آن نشان‌دهنده تأثیرات معکوس آن است. برای کسب حداکثر امتیاز در شاخص فشار، رشد حداقل ۱۰ درصدی در درآمد سرانه نیاز است، زیرا رشد اقتصادی قابل توجهی را نشان می‌دهد. امتیاز شاخص حالت از طریق شاخص توسعه انسانی^۱ در آبخیز مورد مطالعه به صورت جدول ۵ برآورد می‌گردد. شاخص توسعه انسانی در واقع شاخصی است که دستاورد کشورها را در سه بعد اساسی توسعه شامل بهداشت و سلامت، آموزش و سطح استاندارد زندگی نشان می‌دهد (UNESCO, 2011: 19؛ محمدی و دستورانی، ۱۳۹۶).

در گزارش سال ۲۰۱۰ سازمان ملل متحد موضوع بهداشت با شاخص امید به زندگی در بدو تولد اندازه‌گیری می‌شود، در خصوص آموزش از دو شاخص متوسط طول دوره‌ای که صرف آموزش می‌شود و طول دوره مورد انتظار برای تحصیل در سن ورود به مدرسه استفاده شده است. از طرف دیگر برای موضوع سطح استاندارد زندگی از سرانه درآمد خالص ملی استفاده شد که معیارهای آن در جدول ۵ نشان داده شده است (UNDP, 2011: 28). برای شاخص پاسخ نیز تغییرات HDI به درصد در طی دوره مطالعاتی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. دلیل استفاده از HDI این است که در بسیاری از حوزه‌های آبخیز دنیا برای محاسبه پایداری کارایی دارد و به راحتی با سایر حوزه‌ها قابل مقایسه است (مهری و همکاران، ۱۳۹۱؛ محمدی و دستورانی، ۱۳۹۶؛ خیراندیش و همکاران، ۱۳۹۹؛ Chaves & Alipaz, 2007؛ Firdaus et al., 2014؛ Elfithri et al., 2018).

جدول ۴. ویژگی‌های کلی متغیرهای مورد استفاده در تحلیل معیار حیات (Chaves & Alipaz, 2007)

شاخص	متغیر	سطح	امتیاز
فشار	درآمد سرانه خالص	$\Delta < -20\%$	۰
		$-20\% < \Delta < -10\%$	۰/۲۵
		$-10\% < \Delta < 0\%$	۰/۵۰
		$0\% < \Delta < +10\%$	۰/۷۵
		$\Delta > +10\%$	۱
حالت	شاخص توسعه انسانی	HDI < 0.5	۰
		0.5 < HDI < 0.6	۰/۲۵
		0.6 < HDI < 0.75	۰/۵۰
		0.75 < HDI < 0.9	۰/۷۵
		HDI > 0.9	۱
پاسخ	تغییرات HDI	$\Delta < -10\%$	۰
		$-10\% < \Delta < 0\%$	۰/۲۵
		$0\% < \Delta < +10\%$	۰/۵۰
		$+10\% < \Delta < +20\%$	۰/۷۵
		$\Delta > +20\%$	۱

جدول ۵. متغیرهای سه‌گانه توسعه انسانی و مقادیر هدف (UNDP, 2011: 31)

ابعاد توسعه	متغیرها	حداقل	حداکثر
بهداشت و سلامت	امید به زندگی در بدو تولد	۸۳/۲	۲۰
آموزش	متوسط طول دوره‌ای که صرف آموزش می‌شود	۱۳/۲	۰
آموزش	مدت زمانی که برای تحصیل کودکان از بدو ورود به مدرسه پیش‌بینی می‌شود	۲۶/۶	۰
معیار زندگی	سرانه درآمد ناخالص ملی (GIN)	۲۰۱۱/۱۰۸	۱۶۳

معیار سیاست‌گذاری (P)

معیار سیاست، سطح آموزش و چارچوب‌های قانونی و مدیریت یکپارچه منابع آبخیز را مطابق با جدول ۶ ارزیابی می‌کند. مقدار شاخص فشار از طریق تغییر در سطح آموزش ساکنین آبخیز محاسبه می‌شود. این متغیر نرخ باسوادی بزرگسالان و همچنین نرخ ناخالص ثبت‌نام در برنامه‌های آموزش ابتدایی، متوسطه و عالی جمعیت هر بخش را در نظر می‌گیرد. این متغیر به دلیل تمایل مردم برای حمایت از پایداری آبخیز و فشار آوردن به مقامات دولتی و ذینفعان در این راستا استفاده می‌شود (The World Bank, 2003: 13). شاخص حالت به‌وسیله توانایی آبخیز در برقرار کردن اتحاد بین اهداف برای دستیابی به مدیریت یکپارچه منابع آبخیز در میان نهادها یا سازمان‌های مختلف تعیین می‌شود. اگر سیستم فعالی در وجود نداشته باشد، امتیاز بسیار ضعیف داده می‌شود، در حالی که برای سیستم‌های اجرا شده و در حال اجرا امتیاز عالی اختصاص داده می‌شود (Chaves & Alipaz, 2007). شاخص پاسخ به برآورد سیر تکاملی هزینه‌هایی که صرف ارتقا سطح آموزش، چارچوب‌های قانونی و مدیریت یکپارچه منابع آبخیز شده است، می‌پردازد که هدف آن تقویت تقسیم اراضی و منابع، ایجاد آگاهی اجتماعی در مورد مسائل محیط زیستی و تشویق همکاری بین نهادهاست. هرچه بودجه و مصارف اختصاص یافته برای مدیریت منابع آب آبخیز بیشتر باشد، احتمال تحقق اهداف پیشنهادی نیز بیشتر خواهد بود (Chaves & Alipaz, 2007).

جدول ۶. ویژگی‌های کلی متغیرهای مورد استفاده در تحلیل معیار سیاست‌گذاری (Chaves & Alipaz, 2007)

شاخص	متغیر	سطح	امتیاز
فشار	تغییر در سطح آموزش	$\Delta < -20\%$	۰
		$-20\% < \Delta < -10\%$	۰/۲۵
		$-10\% < \Delta < 0\%$	۰/۵۰
		$0\% < \Delta < +10\%$	۰/۷۵
		$\Delta > +10\%$	۱

ادامه جدول ۶.

شاخص	متغیر	سطح	امتیاز
حالت	سیستم‌های اجرا شده	خیلی ضعیف	۰
		ضعیف	۰/۲۵
		متوسط	۰/۵۰
		خوب	۰/۷۵
		عالی	۱
پاسخ	میزان صرف هزینه‌ها در اجرای طرح‌های مدیریت منابع آبی	$\Delta < -10\%$	۰
		$-10\% < \Delta < 0\%$	۰/۲۵
		$0\% < \Delta < 10\%$	۰/۵۰
		$+10\% < \Delta < 20\%$	۰/۷۵
		$\Delta > +20\%$	۱

نتایج

ارزیابی معیار هیدرولوژی (جنبه کمی)

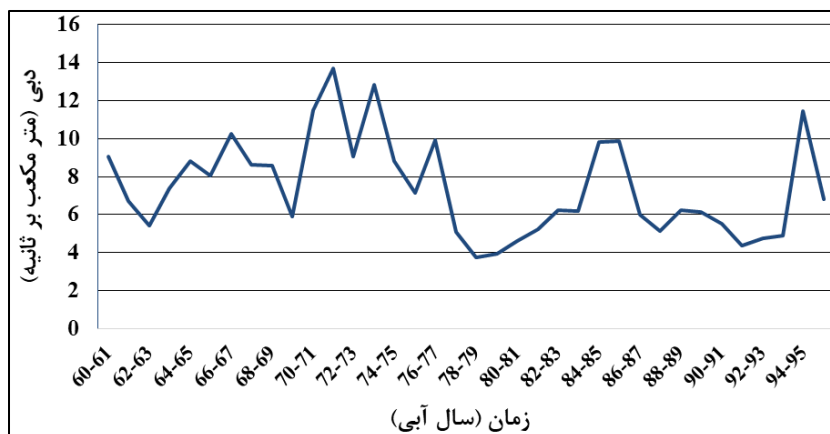
میانگین دبی متوسط سالانه درازمدت حوضه در دوره زمانی ۱۳۶۱-۱۳۶۰ تا ۱۳۹۶-۱۳۹۵ برابر ۷/۴۳ مترمکعب بر ثانیه می‌باشد که نمودار آن در شکل ۳ نشان داده شده است. سال ۱۳۹۵-۱۳۹۶ به آن دلیل انتخاب گردید که سال ۱۳۹۵ آخرین سال سرشماری نفوس و مسکن و آمار جمعیتی آن در دسترس بوده است تا بتوان با استفاده از آن آب در دسترس هر نفر را محاسبه کرد. آب در دسترس برای هر نفر از تقسیم آورد سالانه یا آب تولیدی سالانه بر جمعیت منطقه به دست می‌آید. مقدار میانگین بلندمدت سرانه آب در دسترس برای هر نفر (LW_A) در دوره زمانی ۱۳۶۱-۱۳۶۰ تا ۱۳۹۵-۱۳۹۶ در آبخیز مورد مطالعه ۳۵۵۹/۷۳ مترمکعب به‌ازای هر نفر در سال بوده است و مقدار میانگین کوتاه‌مدت مصرف سرانه آب (SW_A) در دوره زمانی ۱۳۹۱-۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵-۱۳۹۶ در این آبخیز ۳۰۱۳/۵۵ مترمکعب به‌ازای هر نفر در سال می‌باشد؛ بنابراین نسبت تغییرات در دسترس بودن آب در درازمدت به کوتاه‌مدت ($\Delta 1$)، ۱۵/۳۴- درصد برآورد شد که این مقدار درصد نشان‌دهنده این است که شاخص فشار در دامنه تغییرات $10\% < \Delta 1 < 20\%$ با امتیاز ۰/۲۵ قرار می‌گیرد. باتوجه به امتیاز ۰/۲۵ می‌توان دریافت که آب در دسترس اهالی کاهش یافته و در آینده ساکنان آبخیز را با مشکل جدی روبه‌رو می‌کند. نتایجی که باتوجه به سرانه آب قابل دسترس (WA) برای شاخص حالت به دست آمد به این صورت بود که با محاسبه آورد سالانه آبخیز مورد مطالعه در دوره زمانی ۱۳۶۱-۱۳۶۰ تا ۱۳۹۵-۱۳۹۶ به مقدار ۲۳۴۳۱/۲۴ میلیون مترمکعب، و باتوجه به جمعیت ۶۵۸۲۳ نفری حوضه، طبق آمار اخذ شده سال ۱۳۹۵ از مرکز آمار ایران، مقدار WA برابر ۳۰۱۳/۵۵ مترمکعب به‌ازای هر نفر در سال برآورد شد که در طبقه $WA < 5100$ با امتیاز ۰/۵ قرار گرفت، بنابراین می‌توان پی برد که در آبخیز بهبود راندمان مصرف آب در حالت متوسط قرار دارد و وابستگی شدید به منابع آبی برای کشاورزی دیده می‌شود، از سوی دیگر با وجود خشکسالی هیدرولوژیکی ۱۳ ساله بین سال‌های ۱۳۷۶-۱۳۷۵ تا ۱۳۹۶-۱۳۹۵ در آبخیز سراب صیدعلی‌الشر (حیدری مطلق و همکاران، ۱۳۹۷) می‌توان دریافت که بهبود راندمان آب صورت نپذیرفته است.

در منطقه مورد مطالعه کشاورزی مهم‌ترین شغل ساکنین منطقه و منبع درآمد آن‌ها بشمار می‌رود. زراعت و باغداری در منطقه از اهمیت بالایی برخوردار بوده و انواع محصولات زراعی همچون گندم، جو، نخود، عدس، کلزا، چغندرکند کشت می‌شود. از جمله محصولات باغی این منطقه می‌توان به گردو، سیب، هلو، زردآلو اشاره نمود که منبع درآمد بالایی برای ساکنان منطقه به ارمغان می‌آورد.

نتایج به‌دست‌آمده از مطالعات و بررسی‌های انجام شده در خصوص وضعیت کشاورزی و درآمدهای حاصل از آن در آبخیز سراب صیدعلی حاکی از این است که مشکلات عمده کشاورزی در منطقه شامل کمبود آب و استفاده کم از روش‌های نوین آبیاری، کمبود نهاده‌های کشاورزی و هزینه بالا و گران بودن آن‌ها، پایین بودن ضریب مکانیزاسیون کشاورزی شهرستان و

کمبود ماشین‌آلات مناسب، استفاده از روش‌های سنتی در کشت محصولات کشاورزی، سنتی، کمبود نقدینگی کشاورزان خصوصاً در سال‌های اخیر، سطح پایین سواد کشاورزان و عدم آگاهی کامل آنان از مسائل روز کشاورزی و کمبود انبارهای نگهداری محصولات کشاورزی می‌باشد.

شاخص پاسخ کمیت آب در این آبخیز در طبقه خیلی ضعیف و امتیاز صفر قرار دارد. با میانگین امتیازهای به‌دست‌آمده در شاخص‌های فشار، حالت و پاسخ، امتیاز کمیت آب ۰/۲۵ برآورد می‌شود که نتایج این معیار در جنبه کمی در جدول ۷ آورده شده است.



شکل ۳. تغییرات دبی متوسط سالانه آبخیز سراب صیدعلی

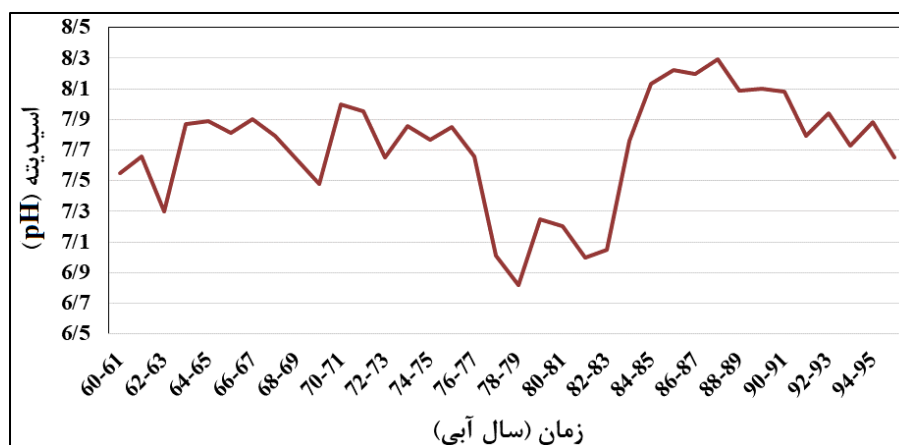
جدول ۷. امتیازهای معیار هیدرولوژی جنبه کمی در آبخیز سراب صید علی

فشار	حالت	پاسخ	هیدرولوژی (میانگین امتیاز)	
			مقدار	امتیاز
۱۵/۳۴	۰/۲۵	۳۰۱۳/۵۵	۰/۵	۰/۲۵
			مقدار	امتیاز
			خیلی ضعیف	۰

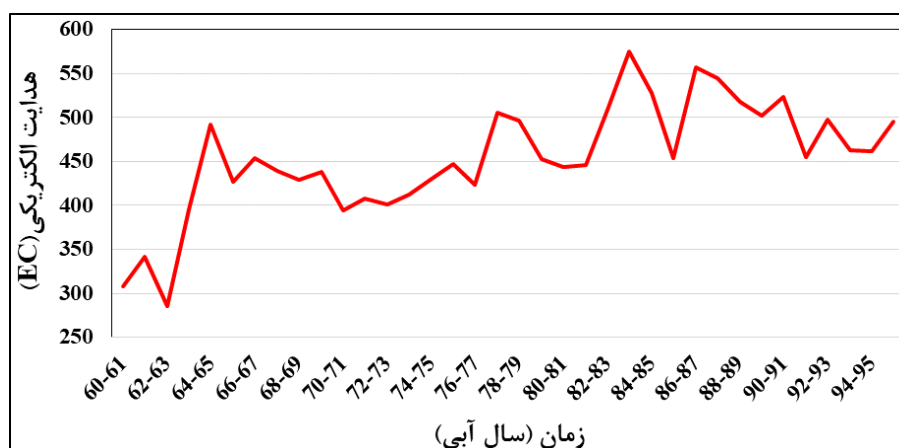
ارزیابی معیار هیدرولوژی (جنبه کیفی)

بر اساس داده‌های اخذ شده pH و EC از شرکت آب منطقه‌ای لرستان که تغییرات سالانه آن‌ها در شکل ۴ و ۵ نشان داده شده است، ابتدا اسیدیته آب منطقه ۷/۷ برآورد گردید و باتوجه به استانداردهای موجود در ایران اسیدیته یا pH برای آب شرب بین ۷ تا ۸/۵ متغیر است (حیرانی و همکاران، ۱۴۰۰)، لذا در محدوده مجاز قرار می‌گیرد. شاخص فشار کیفیت آب در آبخیز سراب صیدعلی به دلیل قرارگرفتن pH در طبقه $6/5 < pH < 8$ دارای امتیاز ۰/۷۵ است (جدول ۸). باتوجه به مقدار ۰/۷۵ شاخص فشار وضعیت کیفی منابع آبی، بیان‌کننده وضعیت متوسط تا خوب منابع آبی می‌باشد. EC یاهدایت الکتریکی در آب یک منطقه به عناصر محلول در آب بستگی دارد. هر چه عناصر محلول در آب بیشتر باشد هدایت الکتریکی نیز افزایش می‌یابد. EC محاسبه شده بر اساس داده‌های آماری منطقه مورد مطالعه، عدد ۴۵۴ میکروموس بر سانتی‌متر را نشان می‌دهد، لذا شاخص کیفیت آب آبخیز در طبقه $EC < 600$ با امتیاز ۱ قرار می‌گیرد که در جدول ۸ نشان داده شده است. باتوجه به امتیاز بالای شاخص‌های کیفی منابع آب در آبخیز سراب صیدعلی یکی از عوامل مؤثر در بالابودن کیفیت منابع آبی را نزدیک بودن سرشاخه‌های تأمین‌کننده منابع آب و خروجی آبخیز در نظر گرفت. باتوجه به اینکه بعد از سال ۱۳۸۰ لوله‌گذاری فاضلاب در شهر الشتر انجام گرفته است؛ ولی روش دفع فاضلاب به صورت سنتی می‌باشد. اما تاکنون شهر فیروزآباد و ۱۸۱ روستای موجود در آبخیز صیدعلی هنوز اقدام عملی در جهت احداث سیستم فاضلاب و یا تصفیه آن صورت نپذیرفته است و تخلیه فاضلاب به رودخانه و کانال‌های سنتی آب انجام می‌گیرد. در داخل آبخیز احتمال ورود فاضلاب‌های خانگی و شیرابه‌های ناشی از کودهای دامی به چاه‌ها و چشمه‌ها و منابع آب پایین‌دست روستاها وجود دارد. بعضی از اهالی روستا ممکن است دام‌های خود را به طور مستقیم از آب مسیر رودخانه‌ها و مسیل‌ها سیراب نمایند. زارعان برای تولید محصولات زراعی از سموم دفع آفات نباتی و کودهای شیمیایی استفاده می‌کنند که این مواد نیز باعث

آلودگی آب خواهند شد. در نتیجه با در نظر گرفتن این مسائل شاخص پاسخ در طبقه خیلی ضعیف با امتیاز صفر قرار می گیرد. از میانگین امتیاز شاخص های فشار، حالت و پاسخ می توان نتیجه گرفت که امتیاز کیفیت آب در آبخیز سراب صید علی ۰/۵۸ است که شاخص فشار و حالت به طور کلی در جهت پایداری گام بر می دارند؛ اما شاخص پاسخ باعث تضعیف پایداری بخش کیفی منابع آب شده است.



شکل ۴. تغییرات اسیدیته (pH) آبخیز سراب صیدعلی



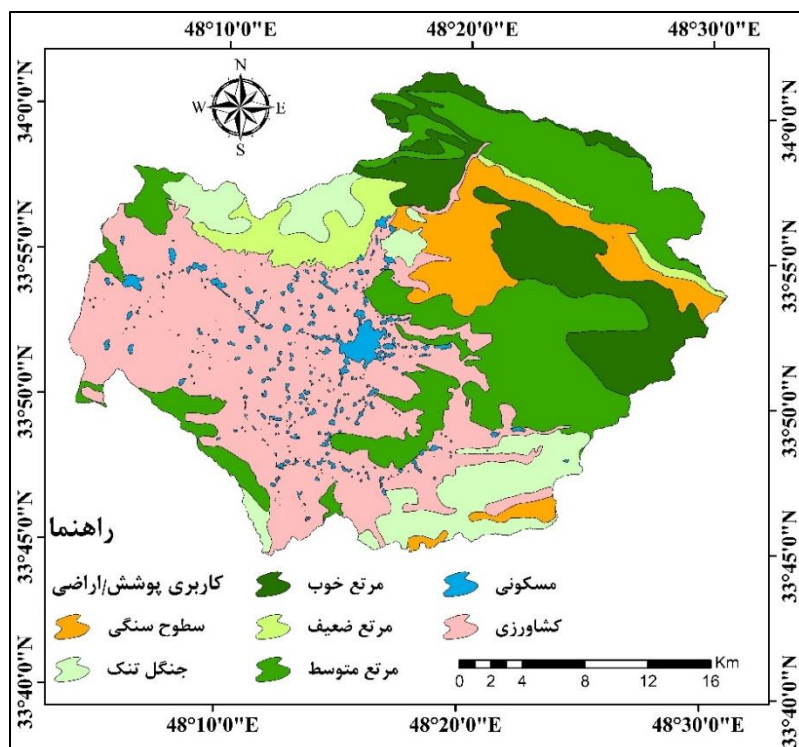
شکل ۵. تغییرات اسیدیته (EC) آبخیز سراب صیدعلی

جدول ۸. امتیازهای معیار هیدرولوژی جنبه کیفی در آبخیز سراب صیدعلی

فشار	حالت	پاسخ	هیدرولوژی (میانگین امتیاز)
مقدار	مقدار	مقدار	۰/۵۸
۷/۷	۴۵۴	خیلی ضعیف	۰
۰/۷۵	۱	امتیاز	

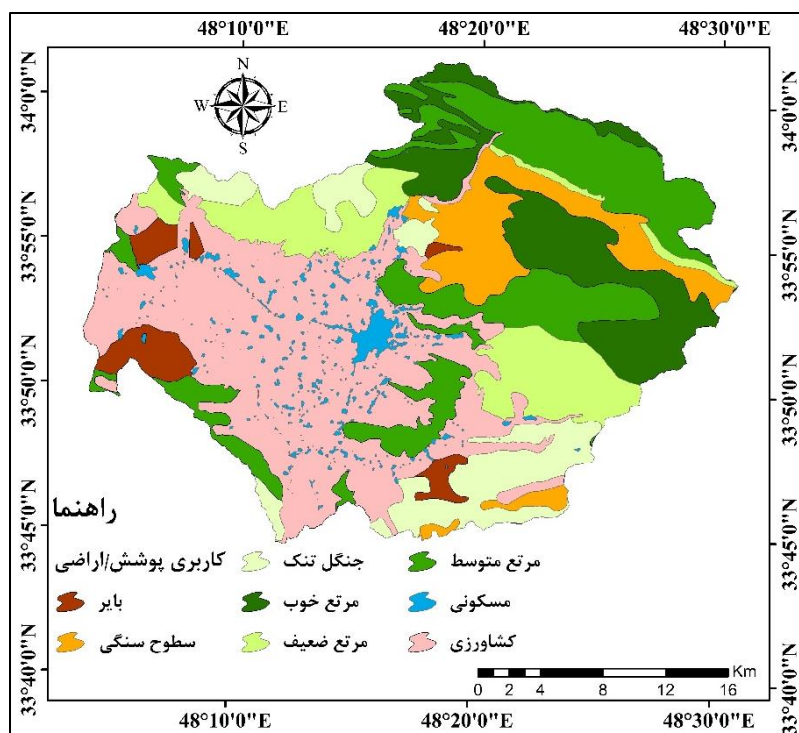
ارزیابی معیار محیط زیست

فشار محیط زیستی از میانگین تغییر جمعیت در دو دوره زمانی ۱۳۸۵ و ۱۳۹۵ و تغییر در سطح زمین های زراعی و پوشش طبیعی محاسبه شد. در مورد شاخص فشار بر اساس نقشه کاربری/پوشش اراضی سال ۱۳۸۵، درصد اراضی زراعی برابر ۳۶/۸۳ درصد و برای سال ۱۳۹۵ برابر ۳۳/۲۷ درصد بوده است. بر اساس نتایج به دست آمده از نقشه کاربری/پوشش اراضی سال ۱۳۸۵ که در شکل ۶ نشان داده شده است، کاربری/پوشش کشاورزی، سطوح سنگی، جنگل تنک، مرتع خوب، مرتع متوسط، مرتع ضعیف و مناطق مسکونی به ترتیب دارای مساحتی معادل ۲۹۳۷۶/۱، ۶۶۰۷/۳، ۷۸۴۱/۱، ۹۶۳۶/۳، ۲۰۶۶۷/۵، ۳۶۵۴/۴ و ۱۹۸۲/۵ هکتار هستند که به ترتیب ۳۶/۸۳، ۸/۲۸، ۹/۸۳، ۱۲/۰۸، ۲۵/۹۱، ۴/۵۸ و ۲/۴۹ درصد از سطح آبخیز را تشکیل می دهند.



شکل ۶. نقشه کاربری/پوشش اراضی آبخیز سراب صیدعلی در سال ۱۳۸۵ (شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران، ۱۳۸۹: ۲۲)

طبق نقشه کاربری/پوشش اراضی سال ۱۳۹۵ که در شکل ۷ نشان داده شده است، کاربری/پوشش کشاورزی، سطوح سنگی، جنگل تنک، مرتع خوب، مرتع متوسط، مرتع ضعیف، مناطق مسکونی و زمین بایر به ترتیب دارای مساحتی معادل ۲۶۵۳۵، ۶۶۰۷/۳، ۷۱۲۷/۳، ۹۵۱۶/۴، ۱۵۹۰۷، ۹۲۵۱، ۲۱۲۰/۲ و ۲۷۰۱ هکتار هستند که به ترتیب ۸/۲۸، ۸/۹۴، ۱۱/۹۳، ۱۹/۹۴، ۱۱/۶۰، ۲/۶۶، ۳/۳۹ درصد مساحت آبخیز را در این سال تشکیل می‌دهند.



شکل ۷. نقشه کاربری/پوشش اراضی آبخیز سراب صیدعلی در سال ۱۳۹۵ (شرکت مهندسی مشاور جاماب، ۱۳۹۸: ۲۴)

درصد تغییر در مساحت زمین‌های کشاورزی آبخیز برابر با ۳/۵۶ در جهت کاهش مساحت اراضی کشاورزی به دلیل مهاجرت، خشکسالی، کمبود منابع آب و همچنین ایجاد شهرک صنعتی و پروژه‌های صنعتی بوده است. درصد تغییرات و رشد جمعیت شهری برابر با ۱۵/۵۵ درصد برآورد شد که بر اساس رابطه ۴ مقدار EPI برای محدوده مطالعاتی ۹/۵۵ درصد به دست آمد که در طبقه $EPI > 10\%$ با امتیاز ۰/۲۵ همان‌طور که در جدول ۹ آورده شده است، قرار می‌گیرد. باتوجه به امتیاز این شاخص وضعیت پایداری حالت ضعیفی از خود نشان می‌دهد لذا می‌توان با استفاده از گسترش و احیای اراضی کشاورزی و رعایت الگوی کشت تاحدامکان اراضی کشاورزی را احیا نمود و با ایجاد زیرساخت‌های توسعه‌ای در مناطق روستایی مردم را به مهاجرت از شهرها به روستاها ترغیب نمود. در شاخص حالت در معیار محیط‌زیست، پوشش طبیعی حوضه در سال ۱۳۹۵ حدود ۵۲/۴ درصد مساحت آبخیز را به خود اختصاص داده است. در نتیجه شاخص حالت محیط‌زیست در طبقه $AV > 40$ با امتیاز ۱ قرار می‌گیرد که وضعیت آن در سطح عالی از پایداری قرار دارد. باتوجه به اینکه آبخیز سراب صیدعلی فاقد منطقه حفاظت شده است و مناطقی از این آبخیز باید به‌عنوان منطقه حفاظت شده معرفی شوند؛ اما معرفی نشده‌اند پس در شاخص پاسخ امتیاز صفر منظور می‌گردد؛ بنابراین از میانگین امتیاز سه شاخص فشار، حالت و پاسخ نتیجه گرفته می‌شود که امتیاز معیار محیط‌زیست باتوجه به جدول ۹ در آبخیز سراب صیدعلی برابر ۰/۵۸ می‌باشد.

جدول ۹. امتیازهای معیار محیط‌زیست در آبخیز سراب صید علی

فشار		حالت		پاسخ		محیط‌زیست (میانگین امتیاز)
مقدار	امتیاز	مقدار	امتیاز	مقدار	امتیاز	۰/۵۸
۳/۸۳	۰/۷۵	۵۲/۲٪	۱	< -/۱۰	۰	

ارزیابی معیار حیات

باتوجه به اینکه تمامی پارامترهای این شاخص وابسته به نشانگر توسعه انسانی (HDI) هستند، ابتدا به ارائه نتایج حاصل از محاسبات آن پرداخته می‌شود.

شاخص توسعه انسانی: برای محاسبه HDI با استفاده از داده‌های آماری مرکز آمار ایران برای کل آبخیز که هرکدام از اطلاعات سال‌های مختلف اما در داخل بازه زمانی تحقیق از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵ بودند، استفاده شد.

زیر شاخص سلامت: مقدار شاخص پایه برای امید به زندگی در سال ۱۳۸۵ و ۱۳۹۵ برای آبخیزنشینان آبخیز سراب صیدعلی به ترتیب ۰/۷۶ و ۰/۷۶۹ محاسبه شد که رشد کم میزان امید به زندگی را نشان می‌دهد.

زیر شاخص آموزش: این زیر شاخص خود از دو پارامتر میانگین درصد با سواد بزرگسالان و ترکیب ثبت‌نام ناخالص در سطوح مختلف آموزشی تشکیل شد. میزان با سواد در منطقه در سال ۱۳۸۵ معادل ۰/۵۱۲ و در سال ۱۳۹۵ برابر ۰/۶۹ محاسبه شد که این عامل رشد خوبی در بازه ۱۰ ساله از خود نشان داده که دلایل آن را می‌توان وجود مراکز آموزش عالی و مراکز آموزش آزاد قلمداد کرد.

زیر شاخص درآمد سرانه: این زیر شاخص از سرانه درآمد ناخالص ملی (GNI) محاسبه شد. رقم زیرشاخص درآمد سرانه با استفاده از شاخص دستیابی تولید ناخالص محاسبه گردید. شاخص ناخالص در سال ۱۳۸۵ معادل ۰/۶۷۹ بود که این رقم در سال ۱۳۹۵ به ۰/۵۲۳ رسید که یک نرخ رشد نزولی را نشان می‌دهد. بعد از محاسبه زیر شاخص‌های توسعه انسانی، مقدار شاخص آبخیز مدنظر در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۹۵ به ترتیب ۰/۶۴۱ و ۰/۶۵۴ به دست آمد که حکایت از رشد نه‌چندان زیاد این شاخص در منطقه دارد.

امتیاز شاخص فشار حیات باتوجه به اینکه میزان درآمدها در سال ۹۵ از میزان هزینه‌ها پیشی گرفته و درآمد خالص سالانه بالاتر از ۱۰+ شده است؛ لذا امتیاز ۱ در نظر گرفته می‌شود. به این ترتیب مقدار پارامترهای فشار، حالت و پاسخ حیات در آبخیز سراب صید علی به صورت جدول (۱۰) به دست آمد.

جدول ۱۰. امتیازهای معیار حیات در آبخیز سراب صیدعلی

فشار	مقدار	امتیاز	مقدار	حالت	پاسخ	حیات (میانگین امتیاز)
>۱۰	۱	۰/۶۴۵	۰/۵	امتیاز	درصد اختلاف	۰/۶۶
					۰/۵	
					۲٪	

ارزیابی معیار سیاست‌گذاری

با استفاده از داده‌های اخذ شده از مرکز ملی آمار، برآورد گردید که در سال ۱۳۸۵ از مجموع کل جمعیت آبخیز مورد مطالعه، ۵۴ درصد از افراد ساکن دو شهر الشتر و فیروزآباد بوده و ۴۶ درصد از افراد نیز در روستاها سکونت داشته‌اند؛ بنابراین تعداد مدارس راهنمایی، دبیرستان و هنرستان‌های کشاورزی بیشتری در سطح روستاها دایر بوده است. این در حالی است که در سال ۱۳۹۵ حدود ۵۷ درصد از افراد ساکن در دو شهر الشتر و فیروزآباد و دیگر افراد جمعیت یعنی ۴۳ درصد در روستاهای آبخیز سراب صیدعلی زندگی می‌کنند که نشان می‌دهد در مدت زمان ۱۰ ساله، افزایش ۳ درصدی مهاجرت به شهرها دیده می‌شود که علت آن نزدیکی روستاها به دو شهر الشتر و فیروزآباد، گسترش حمل‌ونقل جاده‌ای، وجود امکانات بیشتر در شهر الشتر و تمایل خانواده‌ها برای تحصیل فرزندان در مدارس شهری می‌باشد که تمامی این عوامل باعث شده اکثر مدارس روستایی به‌غیر از دبستان‌ها در بیشتر روستاها تعطیل گردند. با استفاده از آمار اخذ شده از فرمانداری شهرستان سلسله مشخص گردید که از سال ۱۳۹۰ به بعد تعداد ۴ مرکز آموزش عالی در سطح شهر الشتر شامل مرکز آموزش الشتر وابسته به دانشگاه لرستان، دانشگاه آزاد اسلامی مرکز الشتر، دانشگاه جامع علمی کاربردی شماره ۱ و دانشگاه پیام‌نور مرکز الشتر تأسیس و گسترش یافته‌اند. جوانان این منطقه به علت آنکه موفقیت در آینده را در ادامه تحصیلات می‌دانند؛ لذا تمایل زیادی برای تحصیلات از خود نشان می‌دهند. باتوجه به آنکه پارامتر فشار از زیر شاخه آموزش HDI در دوره مطالعاتی بیش از ۳۴ درصد رشد داشته است؛ لذا امتیاز ۱ تعلق می‌گیرد، بنابراین سطح آموزش در این آبخیز از وضعیت عالی برخوردار می‌باشد. امتیاز شاخص حالت، از وضعیت مطالعات جامع منابع آب، مدیریت جامع آبخیز و ظرفیت‌سازمانی منطقه مورد مطالعه نشئت می‌گیرد (Chaves & Alipaz, 2007). باتوجه به آنکه در سال ۱۳۹۵ عملاً مطالعات جامع و تفصیلی صورت نپذیرفته است و بیشتر مطالعات به‌صورت کلی و برای بخش‌های خاصی در شرکت آب منطقه‌ای لرستان و اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری انجام گرفته‌اند، لذا این شاخص در طبقه ضعیف و دارای امتیاز ۰/۲۵ می‌باشد.

شاخص پاسخ این معیار از میزان صرف هزینه‌ها در اجرای طرح‌های مدیریت یکپارچه منابع آب در حوزه به دست آمد (حیرانی و همکاران، ۱۳۹۱) باتوجه به مذاکرات شفاهی انجام‌گرفته با شرکت آب منطقه‌ای لرستان مشخص گردید در آبخیز سراب صیدعلی ۲۴۰۰ هکتار از اراضی با استفاده از ایستگاه پمپاژ و شبکه آبیاری مشروب شده‌اند، همچنین در مناطق مختلفی از آبخیز سیستم‌های آبیاری تحت فشار ایجاد شده و تعدادی از طرح‌ها به اتمام رسیده یا در دست اجراست، بنابراین امتیاز این شاخص مقدار ۱ می‌باشد که یک امتیاز مطلوب و عالی در زمینه پایداری در آبخیز مورد مطالعه می‌باشد. نتایج زیر شاخص سیاست‌گذاری در جدول ۱۱ به‌طور کلی آمده است.

جدول ۱۱. امتیازهای معیار سیاست‌گذاری در آبخیز سراب صیدعلی

فشار	مقدار	امتیاز	مقدار	حالت	پاسخ	سیاست‌گذاری (میانگین امتیاز)
۲۴٪	۱	۰/۲۵	> ۲۰٪	ضعیف	امتیاز	۰/۷۵
					۱	

ارزیابی پایداری با استفاده از شاخص پایداری آبخیز (WSI)

نتایج حاصل از ارزیابی شاخص پایداری آبخیز سراب صیدعلی در جدول ۱۲ آمده است. بررسی شاخص فشار حاصل از نتایج ارزیابی پایداری آبخیز برای چهار معیار هیدرولوژی، محیط‌زیست، حیات و سیاست‌گذاری نشان می‌دهد که کمترین امتیاز برای معیار هیدرولوژی (کمی و کیفی) با امتیاز ۰/۵، بیشترین امتیاز برای معیار حیات و سیاست‌گذاری با امتیاز ۱ می‌باشد، لذا امتیازات برای چهار معیار در شاخص فشار برابر ۰/۸۱ محاسبه گردید که بیان‌کننده پایداری بالایی در این شاخص

می باشد.

در بررسی شاخص حالت چهار معیار مدل HELP، مشخص شد که کمترین و بیشترین مقدار برای معیار سیاست گذاری و محیط با امتیاز ۰/۲۵ و ۱ می باشد، همچنین میانگین امتیاز ۰/۶۲ نشان دهنده پایداری متوسطی در این شاخص است. در شاخص پاسخ، معیار هیدرولوژی و محیط زیست دارای کمترین امتیاز یعنی صفر، معیار سیاست گذاری دارای بیشترین امتیاز یعنی ۱ و میانگین امتیازات این شاخص برای کل معیارها امتیاز ۰/۳۷ می باشد. شاخص پایداری آبخیز سراب صیدعلی با استفاده از معیارهای چهارچوب مفهومی HELP و شاخص های فشار، حالت و پاسخ عدد ۰/۶ برآورد گردید که نشان دهنده سطح متوسطی از پایداری می باشد. میانگین امتیازات سه شاخص فشار، حالت و پاسخ برای معیارهای هیدرولوژی (کمی و کیفی)، محیط زیست، حیات و سیاست گذاری به ترتیب ۰/۴۱، ۰/۵۸، ۰/۶۶ و ۰/۷۵ می باشد.

جدول ۱۲. امتیاز نهایی پایداری آبخیز (WSI) بر اساس چهارچوب مدل HELP آبخیز سراب صیدعلی

معیار	شاخص	فشار (P)	حالت (S)	پاسخ (R)	میانگین
هیدرولوژی (H)	۰/۵	۰/۷۵	۰	۰/۴۱	
محیط زیست (E)	۰/۷۵	۱	۰	۰/۵۸	
حیات (L)	۱	۰/۵	۰/۵	۰/۶۶	
سیاست گذاری (P)	۱	۰/۲۵	۱	۰/۷۵	
میانگین	۰/۸۱	۰/۶	۰/۳۷		

بحث

بررسی پایداری آبخیز از آن جهت مهم است که رابطه انسان، محیط، سیاست گذاری، برنامه ریزی و اقدامات اجرایی را مورد مطالعه و ارزیابی قرار می دهد، و به طور کلی می توان پی برد که یک نگرش سیستمی و گره خورده را بین تمام اجزا آشکار می کند که تغییر در هر شاخص و معیار بر شاخص یا معیار دیگر به صورت مستقیم یا غیرمستقیم اثر می گذارد. از آنجایی که معیار هیدرولوژی در شاخص فشار که از امتیاز قابل قبولی برخوردار نمی باشد، لازم است اقدامات فنی و اجرایی در جهت ارتقا صرفه جویی در مصرف منابع آبی، افزایش بهره وری از هرز آب های کشاورزی، استفاده از فاضلاب های تصفیه شده و اجرای شیوه های نوین آبیاری را در دستور کار قرار داد.

برای برطرف کردن ضعف های پایداری شاخص حالت آبخیز سراب صیدعلی در دو بخش سیاست گذاری و حیات لازم است با انجام مطالعات جامع آبخیزها و جامع منابع آب در جهت افزایش امنیت غذایی و ایجاد اشتغال اهتمام ورزید، زیرا که ایجاد رفاه عمومی، بهداشت، امید به زندگی و افزایش توسعه شاخص تابعی از اشتغال و درآمد می باشد؛ لذا با تأکید بر کشاورزی اصولی و منطقی، افزایش سطح زیر کشت، رعایت الگوی کشت و همچنین روش های نوین آبیاری تا حد زیادی می توان درآمد و اشتغال ساکنین را بیشتر نمود. از سوی دیگر یکی از نقاط قوت شاخص حالت در این منطقه معیار محیط زیست، سطح پوشش گیاهی آن می باشد که می توان با استفاده از ظرفیت های چرای و تأکید بر جنبه های حفاظت آبخاک، دامپروری را رونق بخشید و در جهت ایجاد اشتغال و امنیت غذایی گام های اصولی برداشت.

ارتقا معیار هیدرولوژی و افزایش پایداری در معیار پاسخ از طریق توسعه و احداث سیستم فاضلاب شهری و فاضلاب های روستایی امکان پذیر خواهد بود. برای افزایش پایداری در معیار محیط زیست و شاخص پاسخ می توان نسبت به ایجاد پاسگاه های محیط بانی، مناطق شکار ممنوع، حفاظت از گونه های جانوری و گیاهی اهتمام ورزید.

به طور کلی می توان گفت دو عامل هیدرولوژی (کمی و کیفی) و محیط زیست در سطح ضعیفی از پایداری قرار دارند که مهم ترین دلیل آن عدم وجود منابع مالی برای ارتقا شاخص پاسخ می باشد که باعث پایداری ضعیفی در این دو معیار شده است، همچنین معیار حیات، پایداری متوسط روبه پایین و معیار سیاست گذاری، پایداری متوسط روبه بالا را از خود نشان می دهند. در بهبود وضعیت پایداری محل مطالعه، معیارهای هیدرولوژی (کمی و کیفی)، محیط زیست، حیات و سیاست گذاری به ترتیب اولویت هستند که نشان دهنده نقش مهم منابع آب و محیط زیست در پایداری آبخیز می باشد.

نتایج این پژوهش با نتایج حاصل از بررسی پایداری در آبخیز توتلی که توسط حیرانی و همکاران (۱۴۰۱) انجام شده و معیار هیدرولوژی و محیط زیست را دو عامل اصلی در جهت تضعیف پایداری معرفی می کند، تطابق دارد. همچنین نتایج این تحقیق با یافته های محمدی و دستورانی (۱۳۹۶)، خیراندیش و همکاران (۱۴۰۰)، کاظمی و کمالی مسکونی (۱۳۹۷)، چاوز و آلپاز (Chaves & Alipaz, 2007)، فردوس و همکاران (Firdaus et al., 2014)، الفیتری و همکاران (Elfithri et al., 2018)، دسوزا و پائولا (de Souza & Paula, 2019)، برانچی (Branchi, 2022) از آن جهت که آبخیزهای مورد مطالعه در هر پژوهش در سطح متوسطی از پایداری قرار دارند و معیار هیدرولوژی را عامل ایجاد ناپایداری یا پایداری ضعیف بیان می کنند و بر رفع چالش های مرتبط به آن تأکید دارند مطابقت دارد.

نتیجه گیری

در بسیاری از کشورهای پیشرفته و توسعه یافته جهان مطالعه در زمینه ارزیابی پایداری و تأثیر بر مراحل تصمیم گیری بسیار تأثیرگذار می باشد، این در حالی است که در اکثر آبخیز کشور مطالعات کاربردی و اصولی در زمینه پایداری از جهت شناسایی نقاط ضعف و قوت صورت نپذیرفته است، تا بتوان بر اساس معیار و شاخص آن آبخیزها را جهت دهی و مدیریت نمود. از گذشته تا سال ۱۳۹۵ در آبخیز سراب صیدعلی، دبی متوسط سالانه به میزان ۱/۱ مترمکعب بر ثانیه کاهش یافته که آب در دسترس برای افراد را با چالش هایی روبه رو کرده، بنابراین لزوم توجه به حق آبه ها و حفاظت از منابع آبی دارای اهمیت می باشد. یکی از مهم ترین مواردی که می تواند توسعه پایدار در آبخیز سراب صیدعلی را ارتقا دهد، ایجاد و احداث شبکه فاضلاب می باشد که از یک سو باعث حفاظت از منابع آب از جهت آلودگی و از سوی دیگر استفاده بهینه از آب های قابل تصفیه و بازیافتی در جهت استفاده برای مصارف غیرشرب را فراهم می کند. از دیگر موارد ضروری که باید به آن توجه شود، لزوم ایجاد مناطق حفاظت شده در کوه های گرین و پرسک، برای حفاظت از گونه های گیاهی و جانوری کمیاب است. باتوجه به پتانسیل های کشاورزی و گردشگری و دامداری در جهت مهاجرت معکوس از شهر به روستا برای استفاده بهینه و منطقی از منابع طبیعی با تأکید بر مشاغل روستایی سازگار با محیط زیست و توأم با کارهای ترویجی و آموزشی تا حد زیادی می تواند بر معیار حیات و سیاست گذاری در این آبخیز اثرگذاری مثبت داشته باشد. به طور کلی شاخص پایداری آبخیز (WSI) با استفاده از مدل HELP می تواند با به کارگیری معیارهای ساده و تأثیرگذار درک و نگرشی منطقی و کارآمد را به مدیران و کارشناسان بدهد تا بتوانند برنامه ریزی و مدیریت آبخیزها را به صورت جامع و در راستای پایداری آبخیزها انجام دهند.

منابع

- آهنی، منا؛ افشار کاظمی، محمدعلی (۱۴۰۰). تبیین جایگاه ایران در جهان بر مبنای توسعه پایدار: با رویکرد زیست محیطی. پایداری، توسعه و محیط زیست، ۲ (۲)، ۳۵-۵۲.
- اسدی نلیوان، امید (۱۳۹۱). تعیین معیارها و شاخص های پایداری حوزه آبخیز با استفاده از روش IUCN مطالعه موردی طالقان - زیدشت ۱. پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
- حیدری مطلق، آرین؛ سبزواری، یاسر؛ نصراللهی، علی حیدر (۱۳۹۷). تحلیل روند خشکسالی هیدرولوژیکی با استفاده از شاخص SDI در حوزه آبریز رودخانه الشتر. هفتمین همایش ملی سامانه های سطوح آبگیر باران، تهران.
- حیرانی، امیررضا؛ بهزادفر، مرتضی؛ علائی، نازیلا؛ حزباوی، زینب (۱۴۰۱). ارزیابی پایداری بوم شناختی در حوزه آبخیز توتلی در استان خراسان شمالی. جغرافیا و مطالعات محیطی، ۱۱ (۴۲)، ۱۵۲-۱۶۹.
- خیراندیش، حامد؛ صادقی پور، احمد؛ محمدی کنگرانی، حنا (۱۴۰۰). ارزیابی پایداری آبخیز بختگان با کاربرد مدل اچ ای ال پی. پژوهش های آبخیزداری، ۳۴ (۲)، ۴۸-۶۰.
- خیراندیش، حامد؛ صادقی پور، احمد؛ محمدی کنگرانی، حنا (۱۳۹۹). مقایسه دو روش HELP و سازمان جنگل ها، مراتع و آبخیزداری در ارزیابی پایداری حوزه آبخیز (مطالعه موردی: حوزه بختگان استان فارس). نشریه مهندسی/کوسیستم بیابان، ۹ (۲۸)، ۱۰۳-۱۱۷.

عربیون، ابوالقاسم؛ عبدالله زاده، غلامحسین (۱۳۹۲). مقدمه ای بر توسعه پایدار کشاورزی. تهران: سمت.

شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران (۱۳۸۹). گزارش طرح سیستمی حوضه آبریز رودخانه کرخه. تهران.

شرکت مهندسين مشاور جاماب (۱۳۹۸). گزارش مدیریت یکپارچه بهره‌برداری و کنترل برداشت منابع آب استان لرستان. تهران. کاظمی، محمد؛ کمالی مسکونی، احسان (۱۳۹۷). ارزیابی پایداری حوزه آبخیز بر اساس مدل HELP (مطالعه موردی: حوزه آبخیز بهشت گمشده، استان فارس). ترویج و توسعه آبخیزداری، ۶ (۲۲)، ۷-۱۸.

محمدی، طاهره؛ دستورانی، محمدتقی (۱۳۹۶). ارزیابی پایداری حوزه با استفاده از روش شاخص پایداری آبخیز. هیدروژئومورفولوژی، ۴ (۱۰)، ۴۱-۶۴.

مهری، رضا؛ سعدالدین، امیر؛ اونی، مجید؛ حاج ملاحسینی، ابوالفضل (۱۳۹۱). توسعه و به کارگیری شاخص پایداری آبخیز (WSI) برای آبخیز چهل چای، رودخانه گرگان رود استان گلستان. اولین کنفرانس ملی راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار. تهران.

References

- Ahani, M. & Afsharkazemi, M. (2021). Expounding the Place of Iran in the World Based on the Sustainable Development: An Environmental Approach. *Sustainability, Development & Environment*, 2 (2), 35-52 (In Persian).
- Arabian, A. & Abdollahzadeh, G. (2013). *An introduction to sustainable agricultural development*. Tehran: Samat Publications (In Persian).
- Asadi Nalivan, O. (2012). *Criteria and indicators of watershed sustainability using the IUCN method, a case study of Talefan-Zidasht1*. Master Thesis, Department of Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Tehran of university (In Persian).
- Bagheri Gavkosh, M., Hosseini, S. M., Ataie Ashtiani, B., Sohani, Y., Ebrahimian, H., Morovat, F. & Ashrafi, S. (2021). Land subsidence: A global challenge. *Science of The Total Environment*, 778, 146193.
- Branchi, B. A. (2022). Watershed Sustainability and Composite Index: Application and Challenges. *Sociedade & Natureza*, 34.
- Calizaya, A., Chaves, H., Bengtsson, L., Berndtsson, R. & Hjorth, P. (2008). Application of the Watershed Sustainability Index to the Lake Poopo Watershed. *UNESCO/PHI International Conference on Water and Global Change*, Bolivia.
- Chandniha, S. K., Kansal, M. L. & Naidu, D. (2021). Watershed Sustainability for Agricultural Intensification. In *Sustainable Intensification for Agroecosystem Services and Management*, 743-778.
- Chaves, H. M. & Alipaz, S. (2007). An integrated indicator based on basin hydrology, environment, life, and policy: the watershed sustainability index. *Water Resources Management*, 21 (5), 883-895.
- Cortes, A. E., Oyarzún, R., Kretschmer, N., Chaves, H., Soto, G., Soto, M. & Maturana, H. (2012). Application of the watershed sustainability index to the Elqui river basin, North Central Chile. *Obras y Proyectos*, 12 (2), 57-69.
- da Silva, J., Fernandes, V., Limont, M., Dziedzic, M., Andreoli, C. V. & Rauen, W. B. (2020). Water sustainability assessment from the perspective of sustainable development capitals: Conceptual model and index based on literature review. *Journal of environmental management*, 254, 109750.
- de Souza, A. P. & de Paula, E. C. (2019). Application of the Watershed Sustainability Index (WSI) and Mandu River Sub-basin, Minas Gerais. *XIII BRAZILIAN SYMPOSIUM ON WATER RESOURCES*, Brasilia.
- Elfithri, R., Mokhtar, M., Abdullah, M. P., Taha, M. R., Toriman, M. E., Yasin, R. M. & Gasim, M. B. (2018). Watershed Sustainability Index for Langat UNESCO HELP River Basin, Malaysia. *International Journal of Engineering & Technology*, 7 (3.14), 187-190.
- Firdaus, R., Nakagoshi, N. & Idris, A. (2014). sustainability assessment of humid tropical watershed: a case of Batang Merao watershed, Indonesia. *Procedia Environmental Sciences*, 20, 722-731.
- Heidari Motlgh. A., Sabzevari, Y. & Nasrolahi, A., (2018). Analysis of the hydrological drought trend using the SDI index in the Alshtar River catchment area. *The 7th National Conference on Rain Catchment Surface Systems*, Tehran (In Persian).
- Heirany, A. R., Behzadfar, M., Alaei, N. & Hazbavi, Z. (2022). Ecological Sustainability

- Assessment in the Tutli Watershed, North Khorasan Province. *Journal of Geography and Environmental Studies*, 11 (42), 152-169 (In Persian).
- IWPCO. (2010). *System plan report of Karkhe River catchment area*. Tehran (In Persian).
- JCEC. (2019). *Report of integrated management of exploitation and investigation of water resources of Lorestan province*. Tehran (In Persian).
- Kazemi, M. & Kamali Maskooni, E. (2018). The Evaluation of the Watershed Sustainability Based on HELP Method (case study: Beheshte Gomshodeh Basin, Fars Province). *Promotion and Development of Watershed Management*, 6 (22), 7-18 (In Persian).
- Kheirandish, H., Sadeghipour, A. & Mohammadi Kangarani, H. (2020). Comparison of HELP and Forest, Rangeland and Watershed Management Methods on Watershed Sustainability Assessment: A Case Study of Bakhtegan, Fars Province. *Desert Ecosystem Engineering Journal*, 9 (28), 103-117 (In Persian).
- Kheirandish, H., Sadeghipour, A. & Mohammadi Kangarani, H. (2021). An Evaluation of the Bakhtegan Watershed Sustainability Using the HELP Model. *Watershed Management Research Journal*, 34 (2), 48-60 (In Persian).
- Mehri, R., Sadoddin, A., Ownegh, M. & Molahoseini, A. (2012). Development and application of watershed sustainability index (WSI) for Chehl Chai watershed, Gorganrud river, Golestan province. *The first national conference on ways to achieve sustainable development*. Tehran (In Persian).
- Mohamadi, T. & Dastorani, M. (2017). The Evaluation of the Sustainability of Watershed Using Watershed Sustainability Index. *Hydrogeomorphology*, 4 (10), 41-64 (In Persian).
- OECD. (2003). *OECD environmental indicators: development, measurement and use*. Paris, p 50.
- Pravalié, R. (2021). Exploring the multiple land degradation pathways across the planet. *Earth-Science Reviews*, 220, 103689.
- Remedio, E. M. & T. G. Bensen. (2003). *Socio Economic and Environmental impacts of Woodfuel Consumption and production in South Asia*. Philippines, 54 pp.
- The World Bank. (2003). *Water resources management strategies in Brazil: cooperation areas with The World Bank*. In: José Lobato Costa. Brasília, p 177.
- UNDP (United Nations Development Programme). (2011). *The HDI 2010: New Controversies, Old Critiques*. 49 p.
- UNESCO. (2010). *HELP Information Brochure*. Paris, 12 p.
- UNESCO. (2011). *School Life Expectancy*, 251p.
- Walmsley, J., Carden, M., Revenga, C., Sagona, F. & Smith, M. (2001). Indicators of sustainable development for catchment management in South Africa-Review of indicators from around the world. *Water Sa*, 27 (4), 539-550.
- Yilmaz, B. & Harmancioglu, N. B. (2010). An indicator-based assessment for water resources management in Gediz River Basin, Turkey. *Water Resources Management*, 24 (15), 4359-4379.
- Zhang, L., Godil, D. I., Bibi, M., Khan, M. K., Sarwat, S. & Anser, M. K. (2021). Caring for the environment: How human capital, natural resources, and economic growth interact with environmental degradation in Pakistan? A dynamic ARDL approach. *Science of The Total Environment*, 774, 145553.

