2023, Vol.10, No.1, Pages 45 to 56
Journal of Water and Sustainable Development

سال دهم، شماره ۱، ۱۴۰۲، صفحات ۴۵ تا ۵۶
نشریه آب و توسعه پایدار

Article Type: Applied Article

نوع مقاله: پژوهش کاربردی

Evaluation of Agricultural Water Poverty Index in Hamadan Province and Identification of Critical Components

A. Damavandi[1], H. Saadi[2*], K. Naderi Mahdi-e[3], A. Malekian[4]

1, 2, 3- PhD Student of Agricultural Extension and Education, Associate Professor and Professor, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran. 4- Assistant Professor, Nahavand Higher Education Complex, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

*(Corresponding Author Email: h.saadi@basu.ac.ir)

Received: 26-07-2022 Revised: 24-11-2022
Accepted: 03-12-2022 Available Online: 20-06-2023

ارزیابی شاخص فقر آب کشاورزی استان همدان و شناسایی مولفه‌های بحرانی

عاطفه دماوندی[۱]، حشمت‌الله سعدی[۲*]، کریم نادری مهدیی[۳]، عاطفه ملکیان[۴]

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانشجوی دکتری ترویج و آموزش کشاورزی، دانشیار و استاد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران. ٤- استادیار مجتمع آموزش عالی نهاوند، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

*(نویسنده مسئول، E-Mail: h.saadi@basu.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۰٤ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۹/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۱۲ تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۳/۳۱

Abstract

Attention to the increase in population, the limited capacity of water resources and climate change, the occurrence of drought will be inevitable. This issue has led to the sensitivity of development specialists regarding this life-giving resource and the regulation of the framework for the supply of water resources. In this regard, the multi-dimensional index in the form of five main axes, including resources, access, consumption, capacity and environment, would be beneficial for examining the effective factors contributing to the agricultural water crisis. in order to evaluate the access to agricultural water resources and investigate water scarcity at the trans-regional level. In this paper, with the aim of calculating the agricultural water poverty index, various dimensions affecting water poverty were investigated and then the critical indicators were explained in each city. Therefore, this article aims to calculate the agricultural water poverty index by examining various dimensions contributing to water poverty. Afterwards, critical indicators were explained in the studied cities to address the issue thoroughly. The research results showed that due to the weaknesses in two environmental components (high consumption of poisons and fertilizers and low water quality) and access (farmer's access to water and land potential) Kaboodarahang county has a more critical agricultural water scarcity situation of 42.06 compared to other counties. Malayer city has a more favorable situation due to better access to resources and higher scores in the environmental component from the point of view of the water poverty index, also the findings of the weak management of water resource consumption and the low human and real capacity (Farmer's ability to manage agricultural water at farm level), in the studied areas.

Keywords: Drought Crisis, Access to Water Resources, Water Poverty, Water Scarcity.

چکیده

باتوجه‌به افزایش جمعیت، محدود بودن ظرفیت منابع آبی و تغییر اقلیم بروز خشکسالی اجتناب ناپذیر خواهد بود، این مهم سبب ایجاد حساسیت متخصصان توسعه درباره این منبع حیات بخش و تنظیم چهارچوب عرضه منابع آبی شده است. در این راستا بهره‌گیری شاخصی چند بعدی در قالب پنج محور اصلی در برگیرنده منابع، دسترسی، مصرف، ظرفیت و محیط‌زیست، به‌منظور بررسی عوامل موثر در بحران آب کشاورزی ارزیابی دسترسی به منابع آب کشاورزی و همچنین بررسی کمبود آب در سطح فرامنطقه‌ای سودمند خواهد بود. بنابراین در این مقاله با هدف محاسبه شاخص فقر آب کشاورزی ابعاد مختلف موثر بر فقر آبی بررسی و سپس به تبیین شاخص‌های بحرانی در شهرستان‌های مورد مطالعه پرداخته شد. نتایج پژوهش نشان داد، شهرستان کبودراهنگ به دلیل ضعف در دو مولفه محیط‌زیست (مصرف زیاد سموم و کود و کیفیت پایین آب) و دسترسی (دسترسی کشاورز به آب و پتانسیل زمین) با فقر آب کشاورزی معادل ۴۲/۰۶ وضعیت بحرانی‌تری نسبت به سایر شهرستان‌ها دارد. شهرستان ملایر به دلیل دسترسی بهتر به منابع و کسب امتیاز بالاتر در مولفه محیط‌زیست از دیدگاه شاخص فقر آبی وضعیت مطلوب‌تری دارد. همچنین یافته‌ها نشان‌دهنده ضعف مدیریت مصرف منابع آب و پایین بودن ظرفیت انسانی و واقعی (توان کشاورز برای مدیریت کردن آب کشاورزی در سطح مزرعه) در شهرستان‌های مورد مطالعه است.

واژه‌های کلیدی: بحران خشکسالی، دسترسی به منابع آبی، فقر آبی، کمبود آب.

HomePage: https://jwsd.um.ac.ir

How to cite this article: Damavandi A., Saadi H., Naderi Mahdi-e K. and Malekian A. 2023. Evaluation of Agricultural Water Poverty Index in Hamadan Province and Identification of Critical Components. Journal of Water and Sustainable Development, 10(1): 45-56. doi: http://dx.doi.org/10.22067/jwsd.v10i1.2207-1165

مقدمه

آب در بسیاری از جوامع بشری با اهمیت و مقدس است و کالایی با ارزش شناخته می‌شود به‌طوری‌که آن را سرچشمه حیات و آبادانی می‌دانند (شهرکی و بذر افشان، ۱۳۹۸). در دهه‌های اخیر، وقوع کم آبی‌های شدید مستمر، در دوره‌های زمانی مختلف بسیاری از نقاط کره زمین را مورد تهدید قرار داد و موجب ویرانی و تخریب شده است (طهان و خیری، ۱۳۸۸). هم‌چنین کم‌آبی، آسیب‌های اجتماعی، تنش جسمی و روانی، اضطراب و افسردگی، درگیری‌های خانوادگی، کاهش کیفیت زندگی، افزایش مهاجرت، افزایش فقر عمومی و تنش اقتصادی، کاهش عملکرد محصول تولیدی، کاهش توان اقتصادی کشاورز، کاهش توان تولیدی آتی کشاورز و خروج از بخش کشاورزی محیطزیستی، کاهش تنوع زیستی، تضعیف خاک، کاهش پوشش گیاهی، کاهش رطوبت خاك و افزایش وقوع طوفان‌های شن و ماسه فراوانی به همراه داشته است (آشتاب و شریف زاده، ۱۳۹۵). یکی از مسایلی که بحران آب در ایران را تشدید کرده است؛ توزیع نامتقارن منابع آبی در فضای کشور است به‌طوری‌که موقعیت رشته کوه‌های البرز و زاگرس سبب شده ۷۰ درصد بارندگی‌ها تنها در ۲۷ درصد مساحت کشور اتفاق بیافتد همچنین حدود نیمی از منابع آب تجدید شونده در ایران در حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان قرار دارد که یک چهارم از مساحت کشور را شامل می‌شود. سهم ایران از منابع آب شیرین جهان نسبت به مناطق دیگر در سطح پایین‌تری قرار دارد درحالی‌که یک درصد از جمعیت جهان در ایران زندگی می‌کند سهم آن از منابع آب شیرین تنها ۳ درصد است. از مجموع ۳۹۷/۹ میلیارد متر مکعب بارندگی سالانه در کشور ۶۶ درصد آن قبل از رسیدن رودخانه‌ها تبخیر می‌شود (Mokhtari Hashi و Moradi، ۲۰۲۱). میزان وابستگی زمین‌های کشاورزی تجهیز شده برای آبیاری به منابع آب زیرزمینی به‌طور متوسط در دنیا ۳۷/۸ درصد است، این ضریب در منطقه خاورمیانه ۴۶/۲ درصد و در کشور ایران برابر ۶۲/۱ درصد است. این موضوع، تأییدی بر سهم بالای بخش کشاورزی از مصرف آب‌های زیرزمینی در ایران در مقایسه با کشورهای دیگر و حتی منطقه خاورمیانه است (سواری و همکاران، ۱۳۹۷؛ محمد جانی و یزدانیان، ۱۳۹۳؛ قربانی سپهر، ۱۳۹۸). از آنجایی‌که در ایران، کشت آبی جزء اصلی‌ترین فاکتورهای تولید غذا محسوب می‌شود، تأمین غذای آینده مردم کشور به شدت به کشت آبی متکی خواهد بود. به‌طوری‌که این میزان در برخی موارد تا ۹۰ درصد کل سطح زیرکشت و بیش از ۹۰ درصد تولیدات خام محصولات کشاورزی را شامل می‌شود (حسین‌زاد و همکاران، ۱۳۹۳). باتوجه‌به اینکه آب کشاورزی استفاده شده در ایران از ۴۴ بیلیون متر مکعب در سال ۱۹۶۱ به ۸۰ بیلیون متر مکعب در ۲۰۰۱ و ۸۶/۵ بیلیون مترمکعب در سال ۲۰۱۱ افزایش یافته است براساس شاخص ملل متحد، ایران در شرایط بحرانی قرار دارد (Moridi، ۲۰۱۷). جهت بررسی شدت کم آبی شاخص‌های زیادی مطرح شده است از جمله شاخص سازمان ملل، شاخص موسسه بین‌المللی آب که دو عامل درصد برداشت کنونی نسبت به کل منابع آب سالانه و درصد میزان برداشت آب در آینده نسبت به برداشت آب در حال حاضر را هم زمان مورد استفاده قرار می‌دهد (بزی و همکاران، ۱۳۸۹). شاخص فقر آبی (WPI)[1] از دید صاحب نظران مختلف (EL-Din EL-Gafy، ۲۰۱۸؛ Komnenica و همکاران، ۲۰۰۹؛ Sullivan و همکاران، ۲۰۰۲؛ بزی و همکاران، ۱۳۸۹)، یکی از معیارهای جامع در فقر آبی محسوب می‌شود، Maheswari و همکاران (۲۰۱۷)، Mlote و همکاران (۲۰۰۲)، شریف‌زادگان و همکاران (۱۳۹۶) از جمله محققانی هستند که از این شاخص برای بررسی وضعیت آب کشاورزی و رفع بحران کم آبی استفاده نمودند. برای بررسی فقر آب در بعد کشاورزی شاخص کامل‌تر فقرآبی کشاورزی (AWPI)[2] مطرح شده است، این شاخص را اولین بار در ایران Forouzani و همکاران (۲۰۱۲) استفاده نمودند و برای ارزیابی وضعیت آب در بخش کشاورزی مورد استفاده قرار گرفت، در واقع این شاخص معیاری است که فراوانی یا فقر منابع آب موجود در یک منطقه را برای نیازهای خانگی و تقاضا برای تولیدات غذایی متناسب با اندازه جمعیت نشان می‌دهد. از آنجایی‌که ریشه‌های فقر آبی کشاورزی نه تنها از عوامل طبیعی و فیزیکی، بلکه از عوامل اجتماعی، اقتصادی و عوامل نهادی در بخش کشاورزی می‌تواند نشأت گرفته باشد، شاخص فقر آبی کشاورزی به‌عنوان ابزار میان رشته‌ای در برگیرنده ابعاد کلیدی یک سیستم کشاورزی می‌باشد (همتی و همکاران، ۱۳۹۸). فقر آب کشاورزی به‌عنوان یک شاخص سودمند هم به‌منظور نظارت بر پیشرفت و هم شناسایی مناطق کشاورزی یا جوامعی با بیشترین نیاز آبی، کاربرد دارد. بنابراین تصمیم‌گیران را قادر می‌سازد که اقدامات و طرح‌های مربوط به مصرف بهینه آب را اولویت‌بندی نموده و به مرحله اجرا درآورند. رتبه‌بندی مناطق کشاورزی براساس این معیار، منجر به اتخاذ سیاست‌هایی با اثربخشی بیشتر می‌شود (Forouzani و Karami، ۲۰۱۱). بنابراین هدف از این مطالعه سنجش وضعیت منابع آبی در بخش کشاورزی شهرستان‌های همدان، کبودراهنگ و ملایر باتوجه‌به شاخص فقر آب کشاورزی AWPI به‌عنوان یک ابزار جدید و کاربردی است. همچنین در این مطالعه سطح‌بندی شهرستان‌های ملایر، کبودراهنگ و همدان و شناسایی مولفه‌های بحرانی در این شهرستان‌ها انجام گرفت. شاخص AWPI پنج جزء منابع، دسترسی، مصرف، ظرفیت و محیط‌زیست و همچنین تمامی عواملی که بر وضعیت منابع آبی در بخش کشاورزی موثر می‌باشند را در نظر دارد، بنابراین نتایج حاصل می‌تواند تحلیل جامعی از وضعیت منابع آبی در بخش کشاورزی مناطق مورد مطالعه فراهم کند و در تصمیمات بعدی برنامه‌ریزان مورد توجه قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه به‌منظور بررسی وضعیت منابع آب از شاخص فقر آب کشاورزی بر مبنای پنج مولفه منابع، ظرفیت، دسترسی، محیط زیست و مصرف استفاده شد. رابطه ریاضی این شاخص بر مبنای مولفه‌ها به‌صورت رابطه (۱) است.

$$WPI=W_R R+W_A A+W_C C+W_U U+W_E \quad (۱)$$

که برای ارزیابی وضعیت واقعی منابع و مصارف آبی در بخش کشاورزی از داده‌های آماری بانک‌های اطلاعاتی ادارات، سازمان جهاد کشاورزی، شرکت آب منطقه‌ای استان همدان اداره آب و فاضلاب، اداره هواشناسی، بانک کشاورزی استان همدان و اداره تعاون روستایی و آمارنامه‌ها، استفاده شد (جدول ۱).

جدول ۱- تاریخ و محل جمع آوری اطلاعات هر مولفه

ردیف	مولفه‌ها	اداره مربوطه	سال
۱	منابع (آب سطحی و زیرزمینی)	اداره آب منطقه‌ای استان همدان	۱۴۰۰
۲	دسترسی (دسترسی کشاورز به آب و پتانسیل زمین)	اداره آب منطقه‌ای، سازمان جهاد کشاورزی، مرکز تحقیقات کشاورزی	۱۳۹۹-۱۴۰۰
۳	مصرف (مصرف آب، میزان عملکرد محصول به ازای هر واحد آب مصرف شده، نسبت اراضی مکانیزه و ...	سازمان جهاد کشاورزی (آب و خاک، زراعت، باغبانی، مکانیزاسیون کشاورزی)	۱۳۹۹-۱۴۰۰
۴	ظرفیت (انسانی و واقعی)	سازمان جهاد کشاورزی،بانک کشاورزی، اداره تعاون روستایی	۱۳۹۹-۱۴۰۰
۵	محیط‌زیست	کمیسیون محصول سالم، حفظ نباتات، آمار نامه	۱۳۹۹-۱۴۰۰

• مولفه‌های شاخص فقر آب

۱- مولفه‌ی منابع

منظور از این مولفه، میزان دسترسی طبیعی به آب کشاورزی است که بر مبنای حجم آب قابل دسترس سنجیده می‌شود، این مولفه شامل دو زیر مولفه منابع آب سطحی و منابع آب زیرزمینی (Forouzani و Karami، ۲۰۱۱) است. ارزش زیر مولفه‌های آب سطحی (R_1) شامل سنجه‌های آب کانال، آب رودخانه، باران و زیر مولفه آب زیرزمینی (R_2) شامل آب چاه، چشمه و قنات می‌باشد، به ترتیب از طریق رابطه (۲) و (۳) محاسبه شد.

$$R_1=(\Sigma(W_{R1i}\times X_n\times R_{1i}))/(\Sigma W_{R1i}) \quad (۲)$$

$$R_2=(\Sigma(W_{R2i}\times X_n\times R_{2i}))/(\Sigma W_{R2i}) \quad (۳)$$

جهت استانداردسازی از رابطه (۴) استفاده شد.

$$X_n\ X_i=X_i-X_{min}/X_{max}-X_{min} \quad (۴)$$

استفاده شد.(همتی و همکاران، ۱۳۹۸)

X_n: مقادیر استانداردشده هر نشانگر در مولفه‌ی منابع، R_1: مقدار زیرمولفه‌ی منابع آب سطحی، R_2: مقدار زیرمولفه‌ی منابع آب زیرزمینی، W_{R1}: وزن عددی زیرمولفه‌ی منابع آب سطحی، W_{R2}: وزن عددی زیرمولفه‌ی منابع آب زیرزمینی است.

مولفه منابع (R) براساس میانگین وزنی دو زیرمولفه محاسبه شده است (رابطه ۵).

$$R=\{W_{R1}\times R_1+W_{R2}\times R_2\}/(W_{R1}+W_{R2}) \quad (۵)$$

۲- مولفه دسترسی

این مولفه نشان‌دهنده میزان دسترسی مناسب به مقدار آب کافی برای استفاده‌های کشاورزی است دارای دو زیرمولفه دسترسی کشاورز به آب (A_1)، با شاخصه‌های (درصد چاه‌های کشاورزی خشک شده، تعداد چاه‌های کشاورزی غیرمجاز مسدود شده، حجم آب صرفه‌جویی شده، درصد و طول قنوات احیا شده، زمین‌های زراعی کشت نشده به دلیل کم آبی) و زیر مولفه پتانسیل زمین در دسترسی به آب (A_2)، با شاخصه‌های (نوع بافت خاک، درصد عملکرد کم خاک‌ورزی (آبی و دیم)، درصد عملکرد بی‌خاک‌ورزی (آبی و دیم) و اراضی دارای تناوب زراعی در محصولات دیم) است. مقادیر دو زیرمولفه A_1 و A_2 از رابطه (۶) و (۷) محاسبه شد:

$$A_1=(\Sigma(W_{A1i}\times X_n\times A_{1i}))/(\Sigma W_{A1i}) \quad (۶)$$

$$A_2=(\Sigma(W_{A2i}\times X_n\times A_{2i}))/(\Sigma W_{A2i}) \quad (۷)$$

Xn: مقادیر استاندارد شده هر نشانگر در مولفه دسترسی، A_1: مقدار زیرمولفه دسترسی کشاورز به آب، A_2: مقدار زیرمولفه پتانسیل زمین برای دسترسی به آب، W_{A1}: وزن عددی زیرمولفه دسترسی کشاورز به آب، W_{A2}: وزن عددی زیرمولفه پتانسیل زمین برای دسترسی به آب.

برای دستیابی به مقدار نهایی مولفه دسترسی برای هر کشاورز، از رابطه (۸) استفاده شد:

$$A=\{W_{A1}\times A_1+W_{A2}\times A_2\}/(W_{A1}+W_{A2}) \quad (۸)$$

۳- مولفه مصرف

این مولفه به توانایی کشاورزان برای استفاده از آب به‌طور کارا مرتبط است و در واقع، حد مفید و مؤثر بودن استفاده از آب در کشاورزی را نشان می‌دهد؛ شامل: کارایی فیزیکی مصرف آب، میزان عملکرد محصول به‌ازای هر واحد آب مصرف شده، نسبت اراضی زیر کشت کشاورزان تحت کشت به کل زمین‌های آبیاری شده، نسبت اراضی کشاورزان تحت آبیاری مدرن به کل زمین‌های آبی با اثرگذاری مثبت بر فقر آب کشاورزی. پس از استانداردسازی زیر مولفه‌ها باتوجه‌به وزن‌های اختصاص یافته مقدار نهایی مولفه‌ی مصرف با رابطه (۹) محاسبه شد (Zarafshani و Saadvandi، ۲۰۱۷).

$$U=(\Sigma W_{ui}\times X_n\times U_i)/(\Sigma W_{ui}) \quad (۹)$$

X_n: مقادیر استانداردشده‌ی هر نشانگر در مولفه مصرف، U: مقدار مولفه مصرف، W_u: وزن عددی مولفه مصرف.

۴- مولفه ظرفیت

این مولفه به بررسی توان کشاورز برای مدیریت کردن آب کشاورزی در سطح مزرعه به‌طور موثر می‌پردازد به‌گونه‌ای که این توانایی موجب دسترسی پایا و مصرف بهینه‌تر منابع آبی شود. این مولفه شامل دو زیر مولفه سرمایه انسانی، اجتماعی و سرمایه واقعی است. مانند مولفه‌های قبل، ارزش نهایی مولفه ظرفیت از محاسبه ارزش‌های فردی شاخصه‌های مربوطه، سپس نرمال‌سازی آن ارزش‌ها صورت گرفت. ارزش نهایی مولفه ظرفیت با استفاده از رابطه‌های (۱۰)، (۱۱) و (۱۲) محاسبه شد.

$$C_1=(\Sigma(W_{C1i}\times X_n\times C_{1i}))/(\Sigma W_{C1i}) \quad (۱۰)$$

$$C_2=(\Sigma(W_{C2i}\times X_n\times C_{2i}))/(\Sigma W_{C2i}) \quad (۱۱)$$

$$C=\{W_{C1}\times C_1+W_{C2}\times C_2\}/(W_{C1}+W_{C2}) \quad (۱۲)$$

X_n: مقادیر استانداردشده‌ی هر نشانگر در مولفه ظرفیت، C_1: مقدار زیرمولفه سرمایه‌ی واقعی، C_2: مقدار زیرمولفه سرمایه‌ی اجتماعی و انسانی، C: مقدار مولفه ظرفیت، W_{C1}: وزن عددی زیرمولفه سرمایه‌ی واقعی، W_{C2}: وزن عددی زیرمولفه سرمایه‌ی اجتماعی و انسانی.

۵- مولفه محیط‌زیست

این مولفه عوامل محیط‌زیستی موثر بر کیفیت و کمیت آب کشاورزی را نشان می‌دهد. مولفه محیط‌زیست از عوامل موثر بر کیفیت آب مصرف شده در بخش کشاورزی تشکیل شده است. شاخصه‌های این مولفه عبارتند از: کیفیت آب از نظر شوری، مصرف کود و سموم شیمیایی که همه سنجه‌های این مولفه، دارای تأثیر مثبت بر فقر آبی کشاورزی هستند، به‌عبارت‌دیگر، مصرف بالاتر کود و سموم شیمیایی منجر به آلودگی بیشتر آب‌های زیرزمینی می‌شود و یا افزایش شوری آب باعث افزایش فقر آبی کشاورزی می‌شود. پس از محاسبه مقادیر استاندارد این چهار شاخصه و باتوجه‌به وزن‌های اختصاص یافته به آن‌ها، برای محاسبه مقدار نهایی مولفه محیط‌زیست (E) از رابطه (۱۳) استفاده شد.

$$E=\Sigma(W_{Ei}\times X_n\times E_i)/(\Sigma W_{Ei}) \quad (۱۳)$$

X_n: مقادیر استانداردشده هر نشانگر در مولفه محیط‌زیست، E: مقدار مولفه محیط‌زیست، W_E: وزن عددی مولفه محیط‌زیست.

مقدار شاخص AWPI از طریق میانگین وزنی پنج مولفه اصلی محاسبه شد و سپس در عدد ۱۰۰ ضرب شد. بر این اساس از رابطه (۱۴) مقدار شاخص AWPI محاسبه شد:

$$AWPI=\{(W_R\times R)+(W_A\times A)+(W_U\times U)+(W_C+C)+(W_E\times E)\}/(W_R+W_A+W_U+W_C+W_E)\times 100 \quad (۱۴)$$

W: وزن هر یک از مولفه‌ها.

امتیازات نهایی شاخص فقر آبی ما بین (۱۰۰-۰) قرار می‌گیرد که ۱۰۰ نشان‌دهنده بهترین وضعیت و صفر نشان‌دهنده فقر آبی کشاورزی مطلق است(Matshe و همکاران، ۲۰۱۳).

• وزن‌دهی شاخص‌ها

به‌منظور وزن‌دهی مولفه‌ها، زیرمولفه‌ها و شاخص‌های فقر آبی کشاورزی از تحلیل سلسله مراتبی[۳] استفاده شد. در این روش متغیرهای موجود در یک فضای چند حالته همبسته به یک مجموعه از مولفه‌های غیرهمبسته خلاصه می‌شوند که به این مولفه‌های غیرهمبسته به‌دست آمده، مولفه‌های اساسی می‌گویند و از بردارهای ماتریس کوواریانس همبستگی متغیرهای اصلی به‌دست می‌آیند. مراحل وزن‌دهی شامل مراحل زیر است:

سطح اول: هدف اصلی ساختار سلسله مراتبی (وزن‌دهی به مولفه‌های اصلی، زیر مولفه‌ها و ملاک‌های فقر آب کشاورزی).

سطح دوم: تعیین وزن هر یک از مولفه‌های اصلی سنجش فقر آب کشاورزی. سطح سوم: تعیین وزن هر یک از زیر مولفه‌های سنجش فقر آب کشاورزی. سطح چهارم: تعیین وزن هر یک از ملاک‌های سنجش فقر آب کشاورزی.

برای مقایسات زوجی عناصر از یک مقیاس ۹ سطحی استفاده شده است. روش کار به‌این صورت است که به هر یک مقایسه زوجی، یک عدد از ۱ تا ۹ داده شود (Saaty، ۱۹۸۰؛ ابراهیمی، ۱۳۷۴؛ قدسی پور، ۱۳۸۷) (جدول ۲).

جدول ۲- مقادیر عددی قضاوت‌ها برای مقایسات زوجی

قضاوت‌ها	امتیازات (مقادیر عددی)
اهمیت یکسان	۱
اهمیت، اندکی بیشتر	۳
اهمیت بیشتر	۵
اهمیت، خیلی بیشتر	۷
اهمیت مطلق	۹
ترجیحات بین فاصله ارزش‌گذاری	۲،۴،۶،۸

• واحد تحلیل و مناطق مورد مطالعه

استان همدان دارای ۱۰ شهرستان، ۲۶ بخش، ۳۲ شهر و ۷۵ دهستان است که به تفکیک در جدول (۳) آورده شده است.

در این مطالعه واحد تحلیل شهرستان می‌باشد. بر اساس آمار و اطلاعات آب منطقه‌ای استان همدان (۱۴۰۰) از هفت دشت مورد مطالعه در استان، چهار محدوده مطالعاتی شامل دشت‌های کبودراهنگ، رزن-قهاوند، اسدآباد و ملایر در وضعیت ممنوعه بحرانی، و سه محدوده مطالعاتی همدان- بهار، نهاوند و تویسرکان در وضعیت ممنوعه قرار دارند که این مسئله نشان دهنده وضعیت بحرانی دشت‌های استان همدان است.بر اساس میزان افت متوسط درازمدت، دشت‌های استان همدان به چهار طبقه بحرانی شدید، بحرانی، نیمه بحرانی، بحرانی خفیف طبقه‌بندی شد (جداول ۴ و ۵).

جدول ۳- تعداد شهرها و آبادی‌های استان برحسب شهرستان (سالنامه آماری، ۱۴۰۰)

عنوان	استان	همدان	ملایر	نهاوند	تویسرکان	کبودراهنگ	اسدآباد	بهار	رزن	درگزین	فامنین
شهرستان	۱۰	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
تعداد شهر	۳۲	۴	۶	۴	۳	۳	۳	۴	۲	۲	۱
تعداد بخش	۲۶	۲	۴۱	۴	۲	۳	۲	۳	۲	۲	۲
تعداد دهستان	۷۵	۹	۱۵	۹	۷	۱۰	۶	۶	۲	۴	۴
تعداد آبادی	۱۰۷۱	۱۰۴	۲۱۳	۱۶۹	۱۰۴	۱۲۹	۱۰۱	۶۸	۸۳	۳۸	۶۲

جدول ۴- تقسیم بندی براساس میانگین و انحراف معیار

ردیف	وضعیت	شرایط	مقدار
۱	بحرانی شدید	$x < \bar{x} + \sigma$	-۱/۳۲
۲	بحرانی	$\bar{x} < x < \bar{x} + \sigma$	(-۱/۳۲) -(-۰/۹۶)
۳	نیمه بحرانی	$\bar{x} - \sigma < x < \bar{x}$	(-۰/۶)-(-۰/۹۶)
۴	بحرانی خفیف	$x \leq \bar{x} + \sigma$	-۰/۶

براساس جدول (۵) شهرستان‌های استان همدان از نظر وضعیت افت آب به چهار طبقه بحرانی شدید، بحرانی، نیمه بحرانی و بحرانی ضعیف طبقه‌بندی شدند. از طبقه بحرانی شدید با بالاترین افت آبی منطقه کبودراهنگ، از طبقه بحرانی، شهرستان ملایر و از طبقه نیمه بحرانی با افت متوسط، شهرستان همدان انتخاب شدند و مورد مطالعه قرار گرفتند. باتوجه‌به اینکه هدف از مطالعه بررسی فقر آبی کشاورزی مناطق در معرض بحران می‌باشد، از طبقه بحرانی ضعیف شهرستانی انتخاب نشده است.

جدول ۵- تقسیم‌بندی شهرستان‌های استان همدان بر اساس افت متوسط دراز مدت (۱۳۹۰-۱۴۰۰)

ردیف	نام محدوده مطالعاتی	افت متوسط درازمدت	وضعیت
۱	همدان-بهار	-۰/۸۴	نیمه بحرانی
۲	کبودراهنگ	-۱/۵۳	بحرانی شدید
۳	رزن-قهاوند	-۰/۸۴	نیمه بحرانی
۴	ملایر	-۱/۱۷	بحرانی
۵	نهاوند	-۰/۴۸	بحرانی ضعیف
۶	تویسرکان	-۰/۶۶	نیمه بحرانی
۷	اسدآباد	-۱/۲۲	بحرانی

یافته‌های تحلیل سلسله مراتبی(مقایسات زوجی)

از آنجایی‌که این فاز از مطالعه دارای پنج مولفه اصلی و ۴۹ مولفه فرعی برای سنجش فقر آبی کشاورزی است، ابتدا تمامی مولفه‌ها و زیرمولفه‌ها از طریق کارشناسان آب منطقه‌ای، مرکز تحقیقات و سازمان جهاد کشاورزی وزن‌دهی شد. مشخصات کارشناسان در جدول (۶) ارائه شده است. نتایج حاصل از مقایسات زوجی نیز در جدول (۷) آورده شده است.

جدول۶- مشخصات کارشناسان در تهیه ماتریس مقایسه زوجی و وزن‌دهی

ردیف	تعداد کارشناسان	محل خدمت	میزان تحصیلات
۱	۶	آب منطقه‌ای استان	کارشناسی ۴ نفر، کارشناسی ارشد ۲ نفر
۲	۹	جهاد کشاورزی استان	دکتری ۲ نفر، کارشناسی ارشد ۵ نفر، کارشناسی ۲ نفر
۳	۳	مرکز تحقیقات	دکتری ۳ نفر
۴	۳	اداره تعاونی روستایی	کارشناسی ۲ نفر، کارشناسی ارشد ۱ نفر

نتایج به‌دست آمده از تجزیه و تحلیل مولفه‌های شاخص فقر آبی کشاورزی، به تفکیک شهرستان‌های مورد مطالعه (کبودراهنگ، ملایر و همدان) در جدول (۸) ارائه شده است. در ادامه، ابتدا فقر آب کشاورزی شهرستان‌ها تحلیل و سپس هر شهرستان براساس مولفه‌ها و زیرمولفه‌های شاخص فقر آب کشاورزی بررسی شده‌اند.

جدول ۷- نتایج حاصل وزن‌دهی ماتریس زوجی و مقدار عددی به‌دست آمده زیر مولفه و شاخص‌ها

زیر مولفه	شاخصه‌ها	کبودراهنگ	ملایر	همدان	وزن
آب سطحی (۰/۴۲۸)	متوسط بارندگی	۶/۷۳۴	۵۱/۸	۰	۰/۵۱۸
	افزایش میزان بارندگی طی ۵ سال گذشته	۲۷/۸	۰	۱۹/۴۶	۰/۲۷۸
	آب حاصل از چشمه بخش کشاورزی به آب های قابل تجدید	۰	۲۰/۴	۰	۰/۲۰۴
	تخلیه از چاه‌های کشاورزی به کل حجم آب‌های قابل تجدید	۱۹/۸	۲۰	۰	۰/۲۰۰
	میزان آب استحصال شده از قنوات در بخش کشاورزی	۰	۱۱/۱	۲/۷۷	۰/۱۱۱
آب زیرزمینی (۰/۵۷۲)	متوسط کسری حجم مخزن زیرزمینی طی دوره طولانی	۰	۱۹/۴۰	۱۹/۶	۰/۱۹۶
	درصد چاه‌های کشاورزی غیرمجاز	۰	۱۳/۵۷	۱۸/۱	۰/۱۸۱
	تعداد چاه‌های عمیق و نیمه عمیق به ازای هر ۱۰۰ هکتار آبی	۱۹/۳	۱/۷۳	۰	۰/۱۹۳
	درصد قنات‌های خشک شده طی ۵ سال گذشته	۳/۶۸	۱۱/۹	۰	۰/۱۱۹
دسترسی کشاورز به آب (۰/۵۶۳)	نسبت اراضی آیش به کل اراضی زراعی دیم	۱۲/۴	۱۰/۶۶	۰	۰/۱۲۴
	درصد سیستم‌های آبیاری فرسوده شده	۰	۱۲/۲	۲/۴۴	۰/۱۲۲
	آیش زمین به دلیل کم آبی (در ۵ سال گذشته)	۰	۱۳/۸	۴/۵۵	۰/۱۳۸
	زمین‌های آبی تبدیل شده به دیم (در ۵ سال گذشته)	۰	۱۴	۱۲/۴۶	۰/۱۴۰۰
	طول قنوات احیا شده	۱۳/۳۱	۱۳/۸	۰	۰/۱۳۸
	درصد قنوات احیا شده	۰	۰	۱۵	/۱۵۰
	درصد چاه‌های کشاورزی مجاز خشک شده در دوره ۵ ساله	۰	۱۸/۸	۶/۰۱	۰/۱۸۸
پتانسیل زمین برای دسترسی به آب (۰/۴۳۷)	بافت خاک	۰	۲۶/۱	۰	۰/۲۶۱
	درصد عملکرد کم خاک‌ورزی (آبی و دیم)	۰	۱۸/۹	۹/۴۵	۰/۱۸۹
	درصد عملکرد بی‌خاک‌ورزی (آبی و دیم)	۱۵	۲/۵۵	۰	/۱۵۰
	اراضی دارای تناوب زراعی در محصولات دیم ۴۰۰-۹۹	۸/۱۲	۱۸/۹	۰	۰/۱۸۹
	فاصله منبع آبی تا مزرعه	۲/۷۴	۲۱/۱	۰	۰/۲۱۱
مصرف (۰/۱۴۷)	میزان عملکرد محصول به ازای هر واحد آب مصرف شده	۱۸/۵	۰	۱۶/۸۳	۰/۱۸۵
	نسبت اراضی زیر کشت کشاورزان به کل زمین‌های آبیاری	۰	۱/۷۶	۱۲/۶	۰/۱۲۶
	نسبت اراضی آبیاری مدرن به کل زمین‌های آبی کشت شده	۱۵/۹	۰	۶/۹۹	۰/۱۵۹
	مساحت کشت در گلخانه نسبت به اراضی آبی	۰	۰	۲۰/۴	۰/۲۰۴
محیط‌زیست (۰/۰۸۸)	کیفیت آب‌های سطحی از نظر شوری	۰	۱۵/۸۴	۱۷/۸	۰/۱۷۸
	کیفیت آب‌های زیرزمینی از نظر شوری	۰	۲۳/۳	۱۱/۴۱	۰/۲۳۳
	مصرف انواع کود شیمیایی در مزارع و باغات کشاورزی	۶/۲۹	۲۳/۳	۰	۰/۲۳۴
	مصرف سموم شیمیایی (مقدار سموم شیمیایی فروخته شده)	۸/۶	۱۷/۲	۰	۰/۱۷۳
	میزان مصرف کودهای مرغی در مزارع و باغات کشاورزی	۵/۸۸	۱۸/۴	۰	۰/۱۸۴
سرمایه انسانی و اجتماعی (۰/۴۳۲)	نرخ با سوادی کشاورزان در مناطق مورد مطالعه	۰/۴۴	۰	۱۴/۷	۰/۱۴۷
	کلاسهای برگزار شده مدیریت آب نسبت به کل کلاس‌ها	۱۱/۷	۰	۵/۸۵	۰/۱۱۷
	تعداد تعاونی‌های تولید کشاورزی در منطقه	۰/۴۹	۰	۱۲/۳	۰/۱۲۳
	تعداد تعاونی‌های روستایی در منطقه	۰	۳/۹۵	۹/۹	۰/۰۹۹
	سطح زیر کشت اراضی کشت شده توسط تعاونی‌های تولید	۱۳/۵	۱۰/۸	۰	۰/۱۳۵
	درصد کشاورزان عضو در تعاونی کشاورزی به کل جمعیت	۱۱/۹	۵/۲۳	۱۱/۹	۰/۱۱۹
	کشاورزان عضو تعاونی روستایی نسبت به کل جمعیت روستا	۰/۷۶	۱۰/۹	۰	۰/۱۰۹
	تعداد تشکل‌های آب بران	۳/۰۲	۱۵/۱	۰	۰/۱۵۱

زیر مولفه	شاخصه‌ها	کبودراهنگ	ملایر	همدان	وزن
سرمایه واقعی (۰/۵۶۸)	اراضی مجهز به سیستم‌های آبیاری به کل اراضی کشت شده	۸/۸۵	۰	۱۲/۳	۰/۱۲۳
	اراضی تسطیح شده به کل اراضی کشاورزی	۰	۱۰/۸	۰	۰/۱۰۸
	اراضی دارای سیستم زهکشی نسبت به کل اراضی	۰	۰	۰	۰/۰۸۲
	اراضی لوله‌گذاری شده برای انتقال آب	۶/۵۵	۱۳/۱	۰	۰/۱۳۱
	تعداد چاه‌های با نصب کنتور هوشمند	۰	۱۱/۵	۱۰/۴۶	۰/۱۱۵
	سطح اراضی کشاورزی بیمه شده نسبت به خشکسالی	۸/۲۴	۰	۸/۵	۰/۰۸۵
	طول نهرهای آبیاری سیمانی نسبت به طول کل نهرهای آبیاری	۱۲/۸	۰	۱۲/۸	۰/۱۲۸
	تعداد استخر ذخیره آب موجود به ازای هر ۱۰۰۰ بهره‌بردار	۰	۱/۰۵	۱۰/۵	۰/۱۰۵
	اراضی زراعی مکانیزه شده (دیم و آبی) نسبت به کل اراضی	۱۲/۳	۰	۱۲/۳	۰/۱۲۳

جدول ۸- مقادیر مولفه‌ها و زیرمولفه‌های شاخص فقر آب کشاورزی به تفکیک شهرستان‌ها

شهرستان	منابع				دسترسی			ظرفیت			محیط زیست	فقر آب کشاورزی
	آب سطحی	آب زیرزمینی	کل منابع	دسترسی کشاورز	پتانسیل زمین	کل دسترسی	مصرف	واقعی	انسانی و اجتماعی	کل ظرفیت		
کبودراهنگ	۱۴/۸	۲۴/۴۷	۳۹/۲۷	۱۱/۴	۲۲/۷۱	۳۴/۱۱	۶۷	۲۷/۶۹	۱۸/۰۶	۴۵/۷۵	۲۹/۳۷	۴۲/۰۶
ملایر	۳۰/۹	۴۴/۴۵	۷۵/۳۵	۳۵/۱۶	۲۶/۸۵	۶۲/۰۱	۱۸/۵	۲۰/۷۰	۲۰/۳	۴۱	۸۰/۸۴	۵۸/۱۳
همدان	۸/۴	۲۳/۱۵	۳۱/۵۵	۲۸/۸۵	۱۵/۵۳	۴۴/۳۸	۷۱/۲۰	۳۷/۹۷	۲۳/۶۰	۶۱/۵۷	۴۶/۴۱	۴۷/۱۸

میزان فقر آبی کشاورزی در شهرستانهای مورد مطالعه بر اساس جدول (۹) شهرستان کبودراهنگ با مقدار ۴۲/۰۶ بیشترین میزان فقر آب کشاورزی را در بین شهرستان‌های مورد مطالعه داشته و از فقر آبی متوسط به بالا رنج می‌برد، همچنین شهرستان همدان با فقر آب کشاورزی معادل ۴۶/۴۱ نیز در طبقه فقر آبی کشاورزی متوسط به بالا قرار دارد و شهرستان ملایر با فقر آب کشاورزی معادل۵۸/۱۳ در طبقه فقر آبی کشاورزی متوسط به پایین قرار گرفت.

جدول ۹- طبقه‌بندی شاخص فقر آب کشاورزی (Forouzani و همکاران، ۲۰۱۲)

ردیف	دامنه	طبقه فقر آب کشاورزی
۱	۰-۳۰	فقر آب کشاورزی شدید
۲	۳۰/۰۱-۴۰	فقر آب کشاورزی بالا
۳	۴۰/۰۱-۵۰	فقر آب کشاورزی متوسط به بالا
۴	۵۰/۰۱-۶۰	فقر آب کشاورزی متوسط به پایین
۵	۶۰/۰۱-۷۰	فقر آب کشاورزی کم
۶	۷۰/۰۱-۱۰۰	نبود فقر آب کشاورزی

• تحلیل مولفه منابع در شاخص فقر آب کشاورزی

همانگونه که در جدول (۱۰) نشان داده شده است کمترین و بیشترین ارزش زیر مولفه منابع آب سطحی متعلق به شهرستان همدان و ملایر است به‌طوری‌که شهرستان ملایر با مقدار ۳۰/۹ در جایگاه بهتری از نظر آب سطحی قرار گرفت. شایان ذکر است شهرستان ملایر کمترین افت بارندگی بلند مدت در این شاخص را داشته است. بیشترین و کمترین منابع آب زیرزمینی به ترتیب ۴۴/۴۵ و ۱۵/۲۳ متعلق به شهرستان‌های ملایر و همدان می‌باشد. این مولفه شامل شش شاخص میزان تخلیه از چاه‌های کشاورزی و آب استحصال شده از قنوات در بخش کشاورزی به کل حجم آب‌های قابل تجدید، متوسط کسری حجم مخزن زیرزمینی طی دوره آماری طولانی، درصد چاه‌های کشاورزی غیرمجاز و تعداد چاه‌های عمیق و نیمه عمیق، درصد قنات‌های خشک شده طی ۵ سال گذشته می‌باشد. لازم به ذکر است این شاخص نیز برای هر سه شهرستان زیر حد متوسط است و نشان دهنده فقر آبی در شهرستان‌های مورد مطالعه می‌باشد. بررسی شاخص‌های مختلف این زیر مولفه در شهرستان ملایر نشان می‌دهد که شاخص‌های درصد قنات‌های خشک شده، نسبت چاه‌های کشاورزی غیرمجاز، میزان تخلیه چاه‌های کشاورزی و میزان آب استحصالی از قنوات در وضعیت بهتری نسبت به شهرستان‌های همدان و کبودراهنگ قرار دارند.

جدول ۱۰- توزیع مقادیر مولفه منابع (آب سطحی و آب زیر زمینی)

متغیر	کمترین	بیشترین
منابع آب سطحی	شهرستان همدان-۸/۴	ملایر - ۳۰/۲
منابع آب زیر زمینی	شهرستان همدان-۱۵/۲۳	ملایر – ۴۴/۴۵
مولفه منابع	شهرستان همدان- ۳۱/۵۵	ملایر – ۷۵/۳۵

• تحلیل مولفه دسترسی در شاخص فقر آب کشاورزی

مولفه دسترسی دارای دو زیر مولفه دسترسی کشاورز به آب و پتانسیل زمین برای دسترسی به آب می‌باشد. این مولفه علاوه‌بر میزان دسترسی کشاورز به آب عوامل دیگری که بر این دسترسی موثر می‌باشند را نیز محاسبه می‌کند. همانطور که جدول (۱۱) نشان می‌دهد، شهرستان ملایر با کسب نمره ۳۵/۱۶ به لحاظ زیر مولفهی دسترسی کشاورزان به آب در بهترین جایگاه و شهرستان کبودراهنگ نیز با کسب نمره ۱۱/۴ کمترین مقدار را از نظر زیر مولفه دسترسی کشاورزان به آب است در شهرستان کبودراهنگ اکثر کشاورزان از آب چاه برای کشاورزی استفاده می‌کنند و چون میزان چاه‌ها محدود است میزان دسترسی کمتری به آب دارند. شهرستان ملایر در سه شاخص طول قنوات احیا شده با نمره ۱۳/۸، درصد چاه‌های کشاورزی مجاز خشک شده در دوره ۵ ساله، با نمره ۱۳/۸ و درصد سیستم‌های آبیاری فرسوده شده با نمره ۱۲/۲ رتبه اول را به خود اختصاص داده و بالاتر از شهرستان‌های همدان و کبودراهنگ قرار گرفته است. بیشترین طول قنوات احیا شده، کمترین میزان فرسودگی سیستم‌های آبیاری و کمترین چاه‌های خشک شده مجاز در طی دوره ۵ ساله در شهرستان ملایر اتفاق افتاده است. در زیر مولفه دوم که همان (پتانسیل زمین برای دسترسی به آب) است. شهرستان ملایر با نمره ۲۶/۸۵ در بهترین و شهرستان همدان با نمره ۱۵/۲۳ در بدترین وضعیت قرار دارند، به این معنی است که پتانسیل زمین‌های شهرستان ملایر شرایط بهتری برای نفوذپذیری و نگهداری آب دارند. مولفه دسترسی بیشترین مقدار در مولفه دسترسی مربوط به شهرستان ملایر با نمره ۶۲/۰۱ و کمترین مقدار با کسب نمره ۳۴/۱۱ متعلق به شهرستان کبودراهنگ می‌باشد.

جدول ۱۱- توزیع مقادیر مولفه دسترسی

متغیر	کمترین	بیشترین
دسترسی کشاورز	شهرستان کبودراهنگ-۱۱/۴	ملایر – ۳۵/۱۶
پتانسیل زمین برای دریافت آب	شهرستان همدان-۱۵/۵۳	ملایر – ۲۶/۸۵
مولفه دسترسی	شهرستان کبودراهنگ - ۳۴/۱۱	ملایر – ۶۲/۰۱

• تحلیل مولفه مصرف در شاخص فقر آب کشاورزی

مولفه مصرف دارای شش شاخص میزان عملکرد محصول به ازای هر واحد آب مصرف شده، نسبت اراضی کشت شده به کل زمین‌های آبیاری شده، نسبت اراضی آبیاری مدرن، زمین‌های آبی تحت پوشش گلخانه و نسبت استفاده از بذور اصلاح شده به کل بذور مورد استفاده می‌باشد. همان‌طور که یافته‌های جدول (۱۲) نشان می‌دهد، شهرستان همدان با نمره ۷۱/۲۰ بیشترین و شهرستان ملایر با نمره ۱۸/۵ کمترین ارزش مولفه مصرف را دارد. بررسی نشانگرهای این مولفه بیانگر آن بود که شهرستان همدان در نسبت اراضی زیر کشت کشاورزان به کل زمین‌های آبیاری شده با نمره ۱۲/۶ و مساحت کشت در گلخانه با نمره ۲۰/۴ در جایگاه اول قرار دارد. شهرستان کبودراهنگ نیز با نمره ۶۷ در رتبه دوم از مولفه مصرف قرار دارد.

جدول ۱۲- توزیع مقادیر مولفه مصرف

متغیر	کمترین	بیشترین
مولفه مصرف	شهرستان ملایر- ۱۸/۵	شهرستان همدان- ۷۱/۲۰

• تحلیل مولفه ظرفیت در شاخص فقر آب کشاورزی

مولفه ظرفیت خود دارای دو زیر مولفه سرمایه‌ی انسانی و اجتماعی و سرمایه واقعی می‌باشد. زیر مولفه انسانی و اجتماعی شامل هشت شاخص: نرخ باسوادی کشاورزان، کلاس‌های برگزار شده در زمینه مدیریت آب، تعداد تعاونی‌های تولید کشاورزی در منطقه، تعداد تعاونی‌های روستایی، سطح زیر کشت اراضی تعاونی‌های تولید، درصد بهره‌برداران کشاورزی عضو تعاونی‌های تولید کشاورزی، درصد بهره‌برداران کشاورزی عضو تعاونی روستایی، تعداد کشاورزان عضو در تشکل‌های آب‌بران می‌باشد. نتایج محاسبه در جدول (۱۳) نشان داد شهرستان همدان با نمره ۲۳/۶۰ بیشترین مقدار و شهرستان ملایر با نمره ۱۸/۰۶ کمترین مقدار را دارد. نتایج به‌دست آمده نشانگر این است که شهرستان همدان از نظر سرمایه‌های اجتماعی و انسانی وضعیت بهتری در زمینهی مدیریت بهینه‌ی منابع آبی برخوردار است. سرمایه واقعی دارای نه شاخص (اراضی مجهز به سیستم‌های آبیاری به کل اراضی، اراضی تسطیح شده، اراضی دارای سیستم زهکشی، اراضی لوله‌گذاری شده، تعداد چاه‌های با نصب کنتور هوشمند، سطح اراضی بیمه شده، طول نهرهای آبیاری سیمان شده به طول کل نهرها، تعداد استخر ذخیره آب) است. شهرستان همدان با نمره ۳۷/۹۷ بیشترین امتیاز را دارد و از نظر سرمایه واقعی در شرایط بهتری نسبت به شهرستان ملایر با نمره ۲۰/۷۰ که کمترین نمره را کسب کرده است، قرار دارد. در شهرستان ملایر از مجموع ۱۳۷۳ حلقه چاه کشاورزی دارای پروانه بهره‌برداری ۶۶۰ حلقه معادل ۴۸ درصد از چاه‌ها دارای کنتور هوشمند می‌باشند که این تعداد در شهرستان همدان از مجموع ۲۰۱۷ چاه کشاورزی دارای پروانه‌ی بهره‌برداری ۹۲۰ حلقه چاه کشاورزی دارای کنتور هوشمند معادل ۴۵/۶ درصد واز مجموع ۳۶۵۷ حلقه چاه کشاورزی دارای پروانه بهره‌برداری در شهرستان کبودراهنگ ۴۸۰ حلقه چاه دارای کنتور هوشمند می‌باشد که معادل ۲۰ درصد و رتبه آخر را به خود اختصاص داده است. میزان اراضی بیمه شده در شهرستان همدان در پنج سال گذشته از۲۷۶۲۰ هکتار به ۱۹۹۰۸ هکتار و در شهرستان کبودراهنگ

از ۷۸۵۰۰ هکتار به ۳۲۳۱۲ هکتار کاهش داشته است. در کل شهرستان همدان با ۶۱/۵۷ بیشترین مقدار در مولفه ظرفیت را دارد و در واقع، کشاورزان این منطقه سرمایه انسانی بالایی داشتند، شهرستان ملایر با نمره ۴۱ کمترین امتیاز در مولفه ظرفیت را دارد.

جدول ۱۳- توزیع مقادیر مولفه ظرفیت

متغیر	کمترین	بیشترین
ظرفیت انسانی و اجتماعی	شهرستان کبودراهنگ- ۱۸/۰۶	شهرستان همدان- ۲۳/۶۰
ظرفیت واقعی	شهرستان ملایر- ۲۰/۷۰	شهرستان همدان- ۳۷/۹۷
مولفه ظرفیت	شهرستان ملایر- ۴۱	شهرستان همدان- ۶۱/۵۷

• تحلیل مولفه محیط‌زیست در شاخص فقر آب کشاورزی

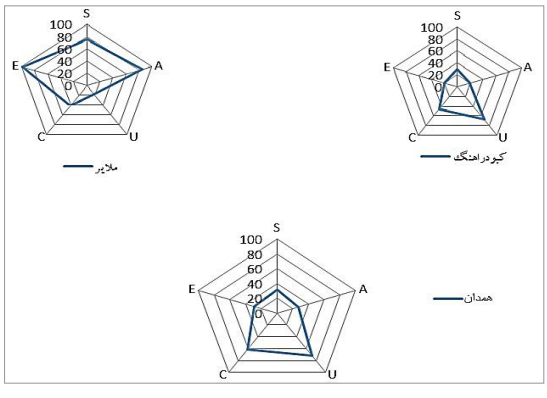
مولفه محیط‌زیست علاوه‌بر بررسی کیفیت آب عواملی را هم که بر کیفیت منابع آبی موثرند مورد توجه قرار می‌دهد. این مولفه شامل پنج شاخص: کیفیت آب‌های سطحی و آب‌های زیرزمینی از نظر شوری، مصرف کود و سموم شیمیایی و مصرف کودهای مرغی می‌باشد. نتایج مربوط به مولفه محیط‌زیست نشان داد شهرستان ملایر با نمره ۸۰/۸۴، بیشترین مقدار و شهرستان کبودراهنگ با ۲۹/۳۷ کمترین مقدار را به خود اختصاص داده است. بررسی شاخص‌های این مولفه بیانگر آن بود که شهرستان ملایر در شاخص کیفیت آب‌های سطحی از نظر شوری با EC =۵۱۸/۲ جایگاه دوم، در شاخص کیفیت آب‌های زیرزمینی از نظر شوری با EC =۸۹۵ جایگاه اول، در شاخص مصرف کود شیمیایی با کمترین میزان مصرف در جایگاه نخست قرار دارد. بالاترین ظرفیت محیط‌زیست را نسبت به شهرستان همدان و کبودراهنگ را دارد (جدول ۱۴).

جدول ۱۴- توزیع مقادیر مولفه محیط‌زیست

متغیر	کمترین	بیشترین
مولفه محیط‌زیست	شهرستان کبودراهنگ- ۲۹/۳۷	شهرستان ملایر- ۸۰/۸۴

• شناسایی مولفه‌های بحرانی و مطلوب شاخص فقر آب کشاورزی در شهرستان‌های مورد مطالعه

بحرانی‌ترین مولفه در شهرستان کبودراهنگ مولفه ظرفیت با نمره‌ی ۲۷/۶۹ است، به‌طوری‌که نمره به‌دست آمده برای این مولفه در محدوده فقر شدید قرار گرفته است، بنابراین شهرستان کبودراهنگ به لحاظ ظرفیت‌های انسانی و واقعی در وضعیت نامطلوبی قرار دارد. مطلوب‌ترین مولفه در این شهرستان مولفه مصرف با نمره ۶۷ می‌باشد. شهرستان ملایر در مولفه مصرف با نمره ۱۸/۵ در شرایط تنش شدید قرار گرفته است، یعنی کارآیی مصرف آب در این شهرستان بسیار پایین است. این شهرستان از نظر مولفه محیط‌زیست با نمره ۸۰/۸۴ در شرایط مطلوبی قرار دارد. بحرانی‌ترین مولفه در شهرستان همدان مولفه منابع با نمره ۳۱/۵۵ می‌باشد. یعنی شهرستان همدان از نظر منابع آب سطحی و زیرزمینی در وضعیت بحرانی قرار دارد، بهترین مولفه در این شهرستان مولفه مصرف با نمره ۷۱/۲۰ است. اثر مولفه‌ها در فقر آبی کشاورزی شهرستان‌های کبودراهنگ، ملایر و همدان در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل ۱- اثر مولفه‌ها در فقر آبی کشاورزی شهرستان‌های کبودراهنگ، ملایر و همدان

S: منابع، A: دسترسی، U:مصرف، E: محیط زیست، C: ظرفیت

نتیجه‌گیری و بحث

در تحقیق حاضر مقادیر شاخص فقر آب کشاورزی شهرستان‌های همدان، ملایر و کبودراهنگ استان همدان با در نظر گرفتن معیارهای موثر بر آن محاسبه شد. در شاخص فقر آب کشاورزی ابعاد مختلفی تأثیرگذار است و این شاخص ابزار موثر و جامعی برای تحلیل موجودیت منابع آب سطحی و ارتباط آن با نیازهای انسان و محیط‌زیست است. شاخص نهایی فقر آب کشاورزی AWPI نشان داد شهرستان کبودراهنگ بیشترین میزان فقر آب کشاورزی را در بین شهرستان‌های مورد مطالعه داشته و از فقر آبی متوسط به بالا رنج می‌برد، همچنین شهرستان همدان فقر آبی کشاورزی متوسط به بالا را تجربه می‌کند، ولی شهرستان ملایر در وضعیت فقر آبی کشاورزی متوسط به پایین قرار گرفت. سعدوندی و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهش مشابهی برای دشت ماهیدشت استان کرمانشاه، در محدوده مطالعاتی مرکزی و کوزران به ترتیب بیشترین و کمترین فقر آبی کشاورزی را گزارش کرده‌اند.

مولفه ظرفیت واقعی در شهرستان کبودراهنگ که در ارتباط با اراضی مجهز به سیستم‌های آبیاری به کل اراضی، اراضی تسطیح

شده، اراضی دارای سیستم زهکشی، اراضی لوله‌گذاری شده، تعداد چاه‌های با نصب کنتور هوشمند، سطح اراضی بیمه شده، طول نهرهای آبیاری سیمان شده به طول کل نهرها، تعداد استخر ذخیره آب است در وضعیت نامناسبی ارزیابی شد است. انجام سیاست‌گذاری‌های مناسب در این زمینه، حمایت‌های مالی صحیح و آموزش‌های به موقع و تأثیرگذار می‌تواند اهمیت توجه به سیستم‌های آبیاری نوین، زهکشی مناسب و غیره را برای کشاورزان روشن نموده و با اثرگذاری بر دانش و نگرش آنها زمینه ساز رفتارهای مناسب شود. همچنین باتوجه‌به اینکه شهرستان کبودراهنگ دارای سطح بالایی از کشت محصولات زراعی آبی است و بر اساس آمار شرکت آب منطقه‌ای (استان همدان ۱۴۰۰) فقط ۲۰ درصد از چاه‌ها دارای کنتور هوشمند می‌باشند، نصب کنتور هوشمند و نظارت دقیق آب منطقه‌ای بر عملکرد آنها می‌تواند در کنترل مصرف آب در شهرستان مذکور ضروری به نظر می‌رسد. با توجه به ابعاد چندگانه در این پژوهش (اجتماعی، فیزیکی، انسانی و زیربنایی) مدیریت هماهنگی ترویج می‌تواند از طریق آموزش‌های اثر بخش و شبکه‌سازی و تقویت جایگاه تشکل‌ها و تعاونی‌ها در این شهرستان، سرمایه انسانی و اجتماعی را تقویت کند که این امر موجب تقویت سرمایه‌های فیزیکی، طبیعی و زیربنایی نیز خواهد شد، ثابتی و همکاران (۱۳۹۴) با استفاده از شاخص فقر آب با بررسی وضعیت حوزه آبریز کارون و استان‌های این محدوده نیز شاخص ظرفیت در وضعیت نامطلوبی گزارش شده است. در شهرستان کبودراهنگ مولفه مصرف در بهترین شرایط با کسب نمره‌ی ۷۱/۲۰ می‌باشد که این مولفه در تحقیق زلیخایی و همکاران (۱۳۹۸) نیز شناسایی شده است.

شهرستان ملایر در مولفه مصرف با نمره ۱۸/۵ در شرایط تنش شدید قرار گرفته است، یعنی کارآیی مصرف آب در این شهرستان بسیار پایین است. این مولفه در تحقیق آسیایی هیر و همکاران (۱۳۹۵) نیز به‌عنوان مولفه بحرانی در شهرستان‌های اکبر داوود، گیلانده، پل الماس و احمدکندی به عنوان مولفه بحرانی شناسایی شده است. کارایی مصرف در این پژوهش در ارتباط با میزان عملکرد محصول به ازای هر واحد آب مصرف شده، نسبت اراضی کشت شده به کل زمین‌های آبیاری شده، نسبت اراضی آبیاری مدرن، زمین‌های آبی تحت پوشش گلخانه و نسبت استفاده از بذور اصلاح شده به کل بذور مورد استفاده سنجیده شد. بنابراین به‌منظور بهبود کارایی مصرف توصیه می‌شود در کلیه شهرستان‌های استان همدان به‌خصوص شهرستان ملایر تناوب زراعی، گسترش سطح کشت گلخانه‌ای و الگوی کشت متناسب با شرایط اقلیمی رعایت شود که مراکز تحقیقات، مدیریت هماهنگی ترویج کشاورزی می‌توانند در زمینه کاهش فقر آبی موثر باشند. لازم به ذکر است که جهت موفقیت در اجرای الگوی کشت باید کشتی جایگزین شود که با شرایط کشاورزان منطقه سازگار باشد. در ضمن ارائه تسهیلات لازم نیز بسیار حائز اهمیت است. این شهرستان در مولفه محیط‌زیست در شرایط بهتری در مقایسه با سایر شهرستان‌ها قرار گرفت که در ارتباط با میزان بهینه مصرف نهاده‌های شیمیایی و تأثیر آن بر کیفیت منابع آب کشاورزان است.

شهرستان‌های همدان و کبودراهنگ از نظر مولفه محیط‌زیست وضعیت نامطلوبی دارند که با ترویج استفاده از سموم بیولوژیک، حمایت دولت از تولید محصول سالم و ملزم کردن کشاورزان به دریافت نسخه کلینیک‌های گیاه‌پزشکی در استفاده از سموم کشاورزی در این راستا می‌تواند موثر باشد. بحرانی‌ترین مولفه در شهرستان همدان نیز مولفه منابع با نمره ۳۱/۵۵ می‌باشد. یعنی شهرستان همدان از نظر منابع آب سطحی و زیر زمینی در وضعیت بحرانی قرار دارد. این مولفه در ارتباط با میزان تخلیه از چاه‌های کشاورزی و آب استحصال شده از قنوات در بخش کشاورزی به کل حجم آب‌های قابل تجدید، متوسط کسری حجم مخزن زیرزمینی طی دوره آماری طولانی، درصد چاه‌های کشاورزی غیرمجاز و غیره می‌باشد. اگر چه کاهش شدید منابع آبی در سال‌های اخیر در ارتباط با وقوع خشکسالی‌های مستمر بوده، اما در این بین مدیریت صحیح منابع آبی بسیار اهمیت دارد. ایجاد درک صحیح در کشاورزان از وضعیت فعلی منابع آب و دوری جستن از رفتارهای طمع ورزانه و منفعت گرایانه بسیار مهم می باشد. ارائه آموزش‌های مناسب با بهره‌گیری از همه رسانه ها در زمینه بحران آب، اثرات آن و نحوه صحیح مدیریت و مصرف آب در بخش کشاورزی به همراه توسعه تکنولوژی‌های جدید و حمایت‌های مالی مناسب می‌تواند در این زمینه راهگشا باشد. مولفه مصرف در شهرستان همدان در وضعیت بهتری نسبت به شهرستان‌های دیگر قرار دارد و کشاورزان این منطقه از ظرفیت‌ها و توانمندی‌های بیشتری برای مصرف بهینه آب برخوردارند وضعیت موجود نشان می‌دهد حیات فعالیت کشاورزی در شهرستان‌ها با فقر آبی بالا نیازمند همکاری کشاورزان و سازمان‌های مربوطه (جهاد کشاورزی، شرکت آب منطقه‌ای، بانک‌ها و موسسات مالی) و سیاست‌های خرد و کلان در راستای بهبود وضعیت آب کشاورزی می‌باشد. در مجموع می‌توان گفت شاخص فقر آب کشاورزی می‌تواند به‌عنوان ابزاری کاربردی جهت تعیین اولویت‌ها در برنامه‌ریزی کاهش عوامل موثر بر فقر آب کشاورزی و پایش تغییرات وضعیت منابع آب مورد استفاده قرار بگیرد.

سپاس‌گزاری

نهایت سپاس و قدردانی خود را از مسئولین و کارشناسان محترم اداره جهاد کشاورزی استان همدان، تعاونی روستایی، اداره آب منطقه‌ای استان و بانک کشاورزی که در این مطالعه ما را یاری کردند ابراز می‌دارد.

پی‌نوشت‌ها

1-Water Poverty Index
2-Agricultural Water Poverty Index
3-Analytical Hierarchy Process

منابع

آشتاب، ع. و شریف‌زاده، م. ۱۳۹۵. آسیب‌پذیری معیشت کشاورزان بر اثر پدیده خشکسالی: مورد مطالعه شهرستان هیرمند. فصلنامه علوم ترویج و آموزش کشاورزی ایران، ۱۳(۱): ۷۵-۸۸.

آسیایی هیر، ر.، مصطفی‌زاده، ر.، رئوف، م. و امامعلی عوری، ا. ۱۳۹۵. شاخص فقر آب و اهمیت آن در مدیریت منابع آب. نشریه ترویج و توسعه آبخیزداری، ۳(۱۱): ۱۷-۲۲.

ابراهیمی، ح. و کرمی، ع. ۱۳۷۴. واکاوی گزینش روش‌های آبیاری، کاربرد AHP. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد. دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز. ایران.

بزی، خ.، خسروی، س.، جوادی، م. و حسین‌نژاد، م. ۱۳۸۹. بحران آب در خاورمیانه (چالش‌ها و راهکارها). چهارمین کنگره بین‌المللی جغرافیدانان جهان اسلام. زاهدان، ایران.

ثابتی، م.، جمالی، س. و غیاثوند، غ. ۱۳۹۴. به‌کارگیری شاخص فقر آبی در قیاس محلی مطالعه موردی حوضه آبریز کارون بزرگ. دهمین کنگره بین‌المللی مهندسی عمران. دانشگاه تبریز. تبریز، ایران.

حسین‌زاد، ج.، کاظمیه، ف.، دشتی، ق. و غفوری، ه. ۱۳۹۳. تحلیل شاخص‌های مؤثر در توسعه کشاورزی و مدیریت منابع آب سکونتگاه‌های روستایی، مورد: دشت تبریز. اقتصاد فضا و توسعه روستایی، ۳(۲): ۱-۱۸.

زلیخایی، ل.، نادری مهدیی، ک. و موحدی، ر. ۱۳۹۸. راهکارهای مدیریت پایدار آب کشاورزی (مورد مطالعه استان همدان). پژوهش‌های کشاورزی، ۱۰(۱): ۶۴-۷۷.

سالنامه آماری، ۱۴۰۰، آمار پایه‌ای سال ۱۴۰۰ . سایت سازمان جهاد کشاورزی استان همدان. اطلاع‌رسانی به آدرس: https://hm.agri-jahad.ir

سواری، م.، شعبانعلی فمی، ح.، ایروانی، ه. و اسدی، ع. ۱۳۹۷. تدوین راهبردهای پایدار سازی معیشت کشاورزان کوچک مقیاس و آموزش مسیر راهبردهای معمول از گذرگاه پایداری و آسیب‌پذیری در شرایط خشکسالی. آموزش محیط‌زیست و توسعه پایدار، ۶(۳): ۱۳۷-۱۵۶.

سعدوندی، م.، زرافشانی، ک.، علی‌بیگی، ا. و فرهادی، ب. ۱۳۹۳. سطح‌بندی دشت ماهیدشت بر مبنای شاخص فقر آبی: دستاوردهایی برای مدیریت هماهنگی ترویج استان کرمانشاه. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه رازی کرمانشاه، دانشکده کشاورزی، ایران.

شهرکی، ع. و بذرافشان، ا. ۱۳۹۸. مدیریت یکپارچه منابع آب با تأکید بر جنبه‌های اقتصادی- زیست محیطی در سد کهیر. مجله اکوهیدرولوژی، ۶(۲): ۲۶۷-۲۷۹.

شریف‌زادگان، م.، طوسی، ن. و جمالی، ف. ۱۳۹۶. شناسایی موانع توسعه منطقه‌ای با بکارگیری شاخص فقر آبی. نمونه موردی: استان قزوین. نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۶۵(۱): ۱۵۱-۱۷۰.

قدسی‌پور، ح. ۱۳۹۸. مباحثی در تصمیم‌گیری چند معیاره فرآیند تحلیل سلسله مراتبی. انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر. چاپ اول. تهران. ایران.

طهان، ف. و خیری، ش. ۱۳۸۸. مدیریت بحران خشکسالی و راهکارهای مقابله با خشکسالی. همایش ملی مدیریت بحران آب. دوره ۱. دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت. مرودشت. ایران.

قربانی سپهر، آ. ۱۳۹۸. تحلیل بحران آب در ایران و راه‌های مقابله با آن. چهارمین کنگره انجمن جغرافیایی ایران. دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب. تهران. ایران.

محمدجانی، ا. و یزدانیان، ن. ۱۳۹۳. تحلیل وضعیت بحران آب در کشور و الزامات مدیریت آن. نشریه روند پژوهش‌های اقتصادی، ۲۱: ۱۱۷-۱۴۴.

همتی، ب.، فروزانی، م.، یزدان‌پناه، م. و خسروی‌پور، ب. ۱۳۹۸. مقایسه کاربرد فرآیند تحلیل شبکه (ANP) و تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در تحلیل شاخص فقر آبی کشاورزی: مورد مطالعه شهرستان دزفول. نشریه علوم ترویج و آموزش کشاورزی ایران، ۱۱(۲): ۲۰۳-۲۲۱.

El-Din El-Gafy k. 2018. The water poverty index as an assistant tool for drawing strategies of the Egyptian water sector. Ain Shams Engineering Journal, 9(2): 173–186.

Forouzani M. and Karami E. 2011. Agricultural water poverty index and sustainability. Agronomy for Sustainable Development, 31: 415-432.

Forouzani M., Karami E., Zibaei M. and Zamani GH. 2012. Agricultural water poverty index for a sustainable world. Sustainable Agriculture Reviews, 10: 127-155.

Komnenica V., Ahlersb P. and vander Z. 2009. Assessing the usefulness of the water poverty index by applying it to a special case: Can one be water

poor with high levels of access, Physics and Chemistry of the Earth, 34: 219–224.

Matshe I., Moya-Maposa S. and Zikhali P. 2013. Water poverty and rural development: Evidence from South Africa. African Journal of Agricultural and Resource Economics, 8(2): 136-156.

Mokhtari Hashi H. and Moradi A. 2021. Environmental Consequences of the Water Crisis in Iran. Political Spatial Planning, 3(2): 117-131.

Maheswari U., Bukke S. and Sudha C .2017. Water Poverty Index as a water management tool –A micro level study in Tamil Nadu, India. 6th International Conference on Water & Flood Management. Nadu, India.

Mlote S., Sullivan C. and Meigh J. 2002. Water Poverty Index: a Tool for Integrated Water Management. 3rd WaterNet/Warfsa Symposium 'Water Demand Management for Sustainable Development', Dar es Salaam, 30-31.October 2002.

Moridi A. 2017. State of water resources in iran. International Journal of Hydrology. Medcrave. Issue 4. volume1. See discussions, stats, and author profiles for this publication at: https://www.researchgate.net/publication/323774773

Saaty T. 1980. The Analytical Hierarchy Process. New york, McGraw Hill. Mathematical Modelling, 9(3–5): 161-176.

Sullivan C., Meigh J. and Mlote S. 2002. Developing a Water Poverty Index for Tanzania. Conference paper for the Water Experts Conference. Arusha. January. Elsevier Science Ltd.

Zarafshani k. and Saadvandi M. 2017. Determining Agricultural Water Poverty Index in Kermanshah Province: The Case of Mahidasht Basin, Iran. Agricultural Water Poverty Index in Kermanshah, 19: 541-552.